[최종보고서 전체 목차]

1. 총괄과제

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· I권-1

제 1 절 연구개발의 목적 ····· 1
제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 1
제 3 절 연구개발의 범위 ····· 1

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· 1권-3

제 1 절 국내·외 기술 개발의 환경 변화 ····· 3

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· I권-21

제 1 절 연구목표 및 연구내용 ····· 21
제 2 절 연구내용 및 연구결과 ····· 27
제 3 절 연차별 세부연구내용 ····· 39
[1차년도 세부연구내용] ····· 39
[2차년도 세부연구내용] ····· 63
[3차년도 세부연구내용] ····· 83
[4차년도 세부연구내용] ····· 102
[5차년도 세부연구내용] ····· 152
[6차년도 세부연구내용] ····· 235
[7차년도 세부연구내용] ····· 317
[7차년도(추가세부과제) 세부연구내용] ····· 501
가. 자기부상철도 선로시설물 자동화 점검시스템 개발에 관한 연구 ····· 501
나. 인천공항 자기부상철도 선로구조물 성능평가 ····· II권-681
다. 도시형자기부상열차 추진시스템 성능향상 및 고속화 설계 개발 ····· 857

라. 도시형자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축 ····· 1167
마. 자기부상철도등특수철도의합리적운영을위한법제도마련 ···· III권-1653

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련 분야의 기여도 ····· III권-2185

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 2185
제 2 절 관련 분야 기여도 ····· 2190

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· III권-2191

제 1 절 연구성과의 활용방안 ····· 2191
제 2 절 연구성과의 기대효과 ····· 2196

2. 1핵심과제

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· Ⅳ권-1

제 1 절 연구개발의 목적 ····· 1
제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 4

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· Ⅳ권-7

제 1 절 국내·외 기술 개발의 환경 변화 ····· 7

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· Ⅳ권-21

제 1 절 연구목표 및 연구내용 ····· 21
제 2 절 단계별 세부연구내용 ····· 32
1. 1단계 세부연구내용 ····· 32
[1-0과제] ····· 32
[1-1과제] ····· 58
[1-2과제] ····· 137
[1-3과제] ····· 757
[1-4과제] ····· 813
2. 2단계 세부연구내용 ····· Ⅴ권-967
[1-0과제] ····· 967
[1-1과제] ····· 1239
[1-2과제] ····· 1320
[1-3과제] ····· 1389
[1-4과제] ····· 1434
3. 3단계 세부연구내용 ····· 1477
[1-0과제] ····· 1477

[1-1과제] ····· 1531
[1-2과제] ····· 1567
[1-4과제] ····· 1733

제 4 장 연구개발목표 달성도 ····· V권-1805

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 1805

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· V권-1815

제 1 절 연구성과의 활용방안 ····· 1815
제 2 절 연구성과의 기대효과 ····· 1818

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· V권-1825

제 7 장 참고문헌 ····· V권-1859

3. 2핵심과제

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· VI권-1

제 1 절 연구개발의 목적 ····· 1
제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 3
제 3 절 연구개발의 범위 ····· 6

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· VI권-15

제 1 절 국내·외 기술 개발의 환경 변화 ····· 15

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· VI권-31

제 1 절 연구목표 및 연구내용 ····· 31
제 2 절 단계별 세부연구내용 ····· 36
1. 1단계 세부연구내용 ····· 36
[2-0과제] ····· 36
[2-1과제] ····· 66
[2-2과제] ····· 377
[2-3과제] ····· VII권-594
2. 2단계 세부연구내용 ····· 736
[2-0과제] ····· 736
[2-1과제] ····· 759
[2-3과제] ····· 961
3. 3단계 세부연구내용 ····· 986
[2-1과제] ····· 986

제 4 장 연구개발목표 달성도 ····· VII권-1051

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 1051

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· VII권-1069

제 1 절 연구성과의 활용방안 ····· 1069
제 2 절 연구성과의 기대효과 ····· 1073

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· VII권-1079

제 7 장 참고문헌 ····· VII권-1099

4. 3핵심과제

제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· VIII권-1

제 1 절 연구개발의 목적 ····· 1
제 2 절 연구개발의 범위 ····· 5

제 2 장 국내·외 기술개발 현황 ····· VIII권-11

제 1 절 국내·외 기술 개발의 환경 변화 ····· 11

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과 ····· VIII권-35

제 1 절 연구목표 및 연구내용 ····· 35
제 2 절 단계별 세부연구내용 ····· 42
1. 1단계 세부연구내용 ····· 42
[3-0과제] ····· 42
[3-1과제] ····· 513
[3-2과제] ····· IX권-1184
2. 2단계 세부연구내용 ····· 1482
[3-0과제] ····· 1482
[3-2과제] ····· 1659
3. 3단계 세부연구내용 ····· X권-1944
[3-0과제] ····· 1944
[3-2과제] ····· 2223

제 4 장 연구개발목표 달성도 ····· X권-2549

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 2549

제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· X권-2563

제 1 절 연구성과의 활용방안 ····· 2563

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보 ····· X권-2565

제 7 장 참고문헌 ····· X권-2575

사업단과제 목차

제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적 ····· 1
제 2 절 연구개발의 필요성 ····· 1
제 3 절 연구개발의 범위 ····· 1

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 기술 개발의 환경 변화 ····· 3

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구목표 및 연구내용 ····· 21
제 2 절 연구내용 및 연구결과 ····· 27
제 3 절 연차별 세부연구내용 ····· 40
[1차년도 세부연구내용] ····· 40
[2차년도 세부연구내용] ····· 64
[3차년도 세부연구내용] ····· 83
[4차년도 세부연구내용] ····· 102
[5차년도 세부연구내용] ····· 152
[6차년도 세부연구내용] ····· 235
[7차년도 세부연구내용] ····· 317
[7차년도(추가세부과제) 세부연구내용] ····· 501
가. 자기부상철도 선로시설물 자동화 점검시스템 개발에 관한 연구 ····· 501
나. 인천공항 자기부상철도 선로구조물 성능평가 ····· 681
다. 도시형자기부상열차 추진시스템 성능향상 및 고속화 설계 개발 ····· 857
라. 도시형자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축 ····· 1167

마. 자기부상철도등특수철도의합리적운영을위한법제도마련 ····· 1653

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련 분야의 기여도

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 2185
제 2 절 관련 분야 기여도 ····· 2190

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구성과의 활용방안 ····· 2191
제 2 절 연구성과의 기대효과 ····· 2196

<표 목차>

[표 1]시제차량 주요 시험결과 ····· 5
[표 2]고가궤도식 경전철 건설비 비교 ····· 8
[표 3]종합시험운행 마스터 스케쥴 ····· 9
[표 4]시범노선 시설물 검증시헝 항목 ····· 10
[표 5]중저속형 자기부상 열차의 주요 사양 ····· 12
[표 6]당산 시험선의 주요 사양 ····· 14
[표 7]모노레일과 자기부상열차 비교자료 ····· 274
[표 8]각시스템별 구조물 단면 ····· 276
[표 9]차량 정상주행중 정거장 PSD 간섭여부 1차 측정결과 ····· 366
[표 10]차량 정상주행중 정거장 PSD 간섭여부 2차 측정결과 ····· 367
[표 11]차량 상태변화(에어백변화)에 따른 변위 측정 결과 ····· 368
[표 12]차량 정상주행중 정거장 PSD 간섭여부 4차 측정결과 ····· 369
[표 13]분기기 구간 소음 측정 결과 ····· 372
[표 14]B-type 유간장치 재시공 일정표 ····· 381
[표 15]레일제동면 관리장비 규격 ····· 382
[표 16]중앙 고정금구 사진 및 인장시험 결과 ····· 436
[표 17]1편성(만차) 측정 결과 ····· 449
[표 18]3편성(공차) 측정 결과 ····· 450
[표 19]주행시험 결과 데이터 ····· 452
[표 20]자기부상열차 환경 조건에 따른 검토 ····· 455
[표 21]차량이름 공모 선정 심사 결과 ····· 492
[표 22]경전철(K-AGT) 건설비 비교표 (18.18km건설) ····· 495
[표 23]경전철(K-AGT) 차량구입비 비교표 (16편성, 2량 1편성) ····· 495
[표 24]트램 건설비 비교표 (5km건설) ····· 496
[표 25]트램 차량구입비 비교표 (16편성, 5량 1편성) ····· 496
[표 26]자기부상열차 건설비 비교표 (6.11km건설) ····· 496
[표 27]자기부상열차 차량구입비 비교표 (16편성, 2량 1편성) ····· 497
[표 28]경전철 유도급전 적용 시나리오별 경제성 분석 결과 ····· 497
[표 29]무가선 트램 유도급전 적용 시나리오별 경제성 분석 결과 ····· 497
[표 30]자기부상열차 유도급전 적용 시나리오별 경제성 분석 결과 ····· 497
[표 31]부상방식에 따른 분류 ····· 501
[표 32]부상방식별 장단점 비교 ····· 503
[표 33]추진방식별 장단점 비교 ····· 505
[표 34]속도에 따른 분류 ····· 506

[표 35]철제차륜열차와 자기부상열차의 차량비교 ····· 506
[표 36]인천공항 자기부상열차 차량 제원 ····· 507
[표 37]자기부상열차 이음매단차 관리기준 ····· 510
[표 38]인천자기부상열차 시범노선 개요 ····· 510
[표 39]교량구조물 형식별 특성 ····· 511
[표 40]레일이음매 종류 및 제원 ····· 516
[표 41]인천 자기부상열차 분기기 설치 현황 ····· 517
[표 42]인천 자기부상열차 분기기 형식별 특징 ····· 517
[표 43]2way / 3way 분기기 제원 ····· 518
[표 44]2-2way / 2-3way 분기기 제원 ····· 519
[표 45]SCISSORS 분기기 제원 ····· 520
[표 46]관절식분기기 구성품 ····· 521
[표 47]SCO 및 건넘선분기기 구성품 ····· 522
[표 48]무전원지상자 설치현황 ····· 531
[표 49]토목분야 안전점검 종류 ····· 533
[표 50]궤도 점검방법 및 주기 ····· 537
[표 51]궤도 점검항목 및 시행주기 비교 ····· 538
[표 52]선로순회시 주요 점검내용 ····· 539
[표 53]전차선로 점검항목 및 시행주기 비교 ····· 541
[표 54]선로변 신호설비 점검항목 및 시행주기 비교 ····· 542
[표 55]점검시스템 요구사항 분석 ····· 545
[표 56]궤도분야 점검항목 도출 ····· 548
[표 57]전기분야 점검항목 도출 ····· 550
[표 58]신호분야 점검항목 도출 ····· 551
[표 59]Encoder 특성 ····· 581
[표 60]점검항목 및 처리방법 ····· 598
[표 61]선로 점검 모니터링 프로그램 디렉토리 구조 설명 ····· 607
[표 62]선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조 설명 ····· 608
[표 63]선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조 설명 Ⅱ ····· 608
[표 64]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 688
[표 65]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 처짐 ····· 689
[표 66]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 693
[표 67]직선 최고속도 구간 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 697
[표 68]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 중앙부 최대처짐 ····· 698

[표 69]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 이음부 최대 꺾임각 ····· 699
[표 70]직선 최고속도 구간 73km/h 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 700
[표 71]직선 최고속도 구간 열차 주행시(73kmh) 거더 중앙부 최대처짐 ····· 701
[표 72]직선 최고속도구간 73km/h 주행시 거더 이음부 최대 꺾임각 ····· 702
[표 73]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(73kmh) 하선 거더 중앙부 최대 처짐 ····· 703
[표 74]직선구간 73km/h(만차, 상선, (-)방향) 운행시 하선 거더 이음부 최대 꺾임각 ····· 703
[표 75]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선거더 중앙부 최대처짐 ····· 704
[표 76]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선 거더 이음부 최대 꺾임각 ····· 704
[표 77]110mR 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 709
[표 78]110mR 열차 주행시 거더 중앙부 최대처짐 ····· 710
[표 79]110mR 열차 주행시 거더 이음부 최대 꺾임각 ····· 711
[표 80]800mR 열차 주행시 거더 측경간 중앙부 가속도 응답 ····· 714
[표 81]800mR 열차 주행시 거더 중앙부 최대처짐 ····· 716
[표 82]800mR 열차 주행시 거더 이음부 최대 꺾임각 ····· 717
[표 83]인천공항 시범노선 승차감 평가결과 요약 ····· 730
[표 84]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 중앙부 최대 가속도 ····· 736
[표 85]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 최대처짐 ···· 738
[표 86]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 최대꺾임각 ····· 740
[표 87]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 중앙부 최대 가속도 ····· 744
[표 88]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 최대처짐 ··· 746
[표 89]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 최대꺾임각 ···· 748
[표 90]거더 중앙부 처짐 결과 ····· 752
[표 91]거더 중앙부 처짐 결과 ····· 753
[표 92]동적/정적 거더 중앙부 처짐 해석 결과 ····· 755
[표 93]처짐 한계에 따른 가이드웨이 물성치 ····· 756
[표 94]한국기계연구원 직선부 거더 물성치 ····· 760
[표 95]유한요소해석 결과와 현장시험 고유진동수 결과 비교 ····· 761
[표 96]재료물성치 보정을 통한 거더 고유진동수 비교 ····· 761
[표 97]3경간 직선부 거더 동특성 해석 결과 비교 ····· 762
[표 98]지점별 변위 및 비틀림 해석 결과 ····· 763

[표 99]가로보에 의한 중앙부 변위 및 비틀림 해석 결과 비교 ····· 764
[표 100]가로보에 의한 고유진동수 해석 결과 비교] ····· 764
[표 101]처짐비 조건에 따른 프리 스트레스 콘크리트 박스형 거더의 최적화 결과 ····· 770
[표 102]단/장경간 거더의 고유 진동 수 및 감쇠비 ····· 774
[표 103]분기 전 직선구간의 속도별 분기기 최대 수직 가속도 ····· 780
[표 104]분기 후 곡선구간의 속도별 분기기 최대 수직 가속도 ····· 781
[표 105]분기 전 직선구간의 속도별 부상공극 변위 ····· 783
[표 106]분기 후 곡선구간의 속도별 부상공극 변위 ····· 784
[표 107]분기기 통과시 차량 속도별 부상공극 측정결과 ····· 789
[표 108]분기기 곡선 통과 시 횡공극, 횡 스키드 접촉, 승차감 분석 ····· 790
[표 109]도상형식 및 노반형식에 따른 중위 온도(일반철도 기준) ····· 796
[표 110]온도차 ±40℃ 일 때 레일의 자유 신축량 ····· 797
[표 111]온도차 ±50℃ 일 때 레일의 자유 신축량 ····· 797
[표 112]인천 자기부상열사 시범노선의 레일볼트 규격 ····· 809
[표 113]인천 자기부상열차 시범노선구간 체결장치의 구성 및 재료규격 810
[표 114]국내 경전철 설계최고속도 및 운행최고속도 ····· 811
[표 115]최대캔트 및 최대부족캔트 고려시 최소곡선반경 ····· 812
[표 116]열차성능 검토서상 곡선반경별 속도제한 ····· 812
[표 117]완화곡선 설치 최소 곡선반경 ····· 813
[표 118]캔트 및 부족캔트 변화량의 시간변화율 최대값 ····· 814
[표 119]최소 종곡선 반경 산정 ····· 816
[표 120]하중의 종류 및 등분포하중 ····· 822
[표 121]경전철 시스템별 건설비 비교 ····· 825
[표 122]기 시공된 인천 자기부상철도 곡선현황 ····· 829
[표 123]기 시공된 인천 자기부상철도의 직선 및 곡선 비율 ····· 829
[표 124]제안된 설계기준 적용시 인천 자기부상철도 구간의 곡선변경 현황 · 829
[표 125]제안된 설계기준 적용시 인천 자기부상철도 구간의 변경된 직 · 곡선 비율 ····· 830
[표 126]당초 및 제안된 설계기준 적용시 곡선연장 비교 ····· 830
[표 127]인천 자기부상철도 시범노선 부상안내레일 및 추진도체판 공사비 ··· 830
[표 128]설계기준(안) 적용시 부상레일 및 추진도체판 공사비 ····· 831
[표 129]부상레일 및 추진도체판 공사비 비교 결과 ····· 831
[표 130]인천 시범노선 비교 대상과 설계기준(안)의 거더 처짐비 ····· 832
[표 131]인천 자기부상철도 시범노선 구간 교량형식, 경간구성, 연장 ····· 833
[표 132]시범노선과 제안된 설계기준(안) 적용시 거더 본당 공사비 ····· 833

[표 133]상부 공사비 비교 결과 ····· 834
[표 134]국내 및 일본 자기부상철도의 현황 ····· 837
[표 135]자기부상철도 유지보수기준 수립 필요성 ····· 838
[표 136]선로점검 체계 ····· 839
[표 137]선로점검 종류 및 방법 ····· 840
[표 138]선로점검 종류 및 내용 ····· 840
[표 139]궤도틀림 용어 개선(안) ····· 844
[표 140]궤도틀림 기준점 선정(안) ····· 845
[표 141]일본의 유지보수 기준 ····· 846
[표 142]자기부상철도 유지보수 기준 ····· 846
[표 143]시범노선구간 궤도틀림 측정방법 ····· 849
[표 144]시범노선구간 궤도정정 순서 및 방법 ····· 849
[표 145]자기부상열차의 하중 ····· 854
[표 146]응력검토 결과 ····· 855
[표 147]응력검토 결과 ····· 855
[표 148]차량 비교 및 주요 사양 선정 ····· 858
[표 149]Slip=12.5Hz일 때 임피던스 ····· 867
[표 150]선형 전동기 기본설계 설계사양 ····· 868
[표 151]개선 모델의 설계 사양 ····· 872
[표 152]입력 전류에 따른 정격추력 유한요소 해석 결과 ····· 874
[표 153]2P2S의 LIM 정격 특성 해석 결과 ····· 878
[표 154]극수에 따른 회전형 모델 해석 ····· 883
[표 155]극수에 따른 추력 특성 해석 결과 ····· 884
[표 156]차량 비교 및 주요 사양 선정 ····· 886
[표 157]SIV 현차적용을 위한 세부 시험항목 ····· 886
[표 158]절연저항 측정개소 및 규정치 ····· 887
[표 159]절연내압 측정개소 및 규정치 ····· 888
[표 160]효율시험 규정치 ····· 888
[표 161]순시부하 변동시험기준 ····· 888
[표 162]특성시험 규정치 ····· 889
[표 163]보호장치 동작확인시험 기준치 ····· 889
[표 164]자기부상열차용 보조전원장치의 사양 ····· 891
[표 165]외관 구조검사 측정결과 ····· 891
[표 166]보조전원장치 치수 및 중량 측정 결과 ····· 892
[표 167]보조전원장치 절연 저항 측정 결과 ····· 893
[표 168]보조전원장치 내전압 측정 결과 ····· 893

[표 169]보조전원장치 보호회로 동작 시험 결과 ····· 893
[표 170]Gate 파형 측정 결과 ····· 894
[표 171]보조전원장치 무부하 기동 시험 결과 ····· 894
[표 172]보조전원장치 부하시험(경부하) 측정 결과 ····· 894
[표 173]보조전원장치 부하시험(정격부하) 측정결과 ····· 895
[표 174]입력전압 변동 시험 측정 결과 ····· 895
[표 175]부하급변시험 결과 ····· 896
[표 176]보조전원장치 온도 상승 시험 측정 결과 ····· 896
[표 177]보조전원장치 효율 측정 결과 ····· 896
[표 178]보조전원장치 소음 측정결과 ····· 896
[표 179]계측 시험 장비 사양 ····· 897
[표 180]속도/노치별 운행조건 ····· 898
[표 181]속도/노치별 전력량 분석 ····· 899
[표 182]속도/노치별 제동특성 ····· 905
[표 183]역간 소비전력량(하선) ····· 909
[표 184]역간 소비전력량(상선) ····· 911
[표 185]전구간 운행 소비전력 ····· 912
[표 186]K-AGT 사양 ····· 913
[표 187]K-AGT 소비전력 및 운행시간 ····· 917
[표 188]자기부상열차 소비전력 ····· 917
[표 189]K-AGT와 자기부상열차 소비전력 비교분석 ····· 918
[표 190]자기부상열차 소비전력 비교 ····· 919
[표 191]APU장치 효율 및 왜율 분석(부하별) ····· 920
[표 192]TPS 상선 데이터 ····· 924
[표 193]TPS 하선 데이터 ····· 925
[표 194]추종속도 변화에 따른 전력량 분석 ····· 927
[표 195]타행운행에 따른 전력량 분석 ····· 927
[표 196]구배에 따른 전력량 분석 ····· 927
[표 197]감,가속도 변화에 따른 전력량 분석 ····· 928
[표 198]자기부상열차 소비전력 비교 ····· 930
[표 199]상하선 재설계 TPS 소비전력 및 운행시간 ····· 931
[표 200]상하선 제안 TPS(1안) 소비전력 및 운행시간 ····· 932
[표 201]재설계/제안(1안) TPS 소비전력량비교 (하선) ····· 933
[표 202]재설계/제안 TPS(1안) 소비전력량비교 (상선) ····· 933
[표 203]상하선 제안 TPS(2안) 소비전력 및 운행시간 ····· 934
[표 204]재설계/제안 TPS(2안) 소비전력량비교 (하선) ····· 935

[표 205]재설계/제안 TPS(2안) 소비전력량비교 (상선) ····· 935
[표 206]제안 TPS(1안)와 실제 소비전력과 운행시간(하선) ····· 937
[표 207]제안 TPS(1안)와 실제 소비전력과 운행시간(상선) ····· 938
[표 208]재설계/제안 TPS 소비전력량비교 (결론) ····· 939
[표 209]추진력과 수직력의 관계와 관련한 제원 ····· 949
[표 210]추진, 제동 노치별 추진력과 제동력의 비율 ····· 950
[표 211]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph ->50kph) ····· 976
[표 212]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P3, 0kph ->50kph) ····· 977
[표 213]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph ->70kph) ····· 979
[표 214]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B7, 50kph -> 5kph) ····· 980
[표 215]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B6, 50kph -> 5kph) ····· 982
[표 216]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B5, 50kph -> 5kph) ····· 984
[표 217]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B4, 50kph -> 5kph) ····· 986
[표 218]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B3, 50kph -> 5kph) ····· 988
[표 219]운전모드에 따른 50km/h 가감속시 해석 결과 ····· 989
[표 220]50km/h 가감속시 운전모드별 가감속시간, 입력에너지, 이동거리, 가속도 ····· 990
[표 221]가속도 3.0km/h/sec 이상인 경우 운전 특성 ····· 993
[표 222]가속도 3.0km/h/sec 이상인 경우 운전효율 비교 ····· 993
[표 223]가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 경우 운전 특성 ····· 994
[표 224]가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 경우 운전효율 비교 · 994
[표 225]가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하인 경우 운전 특성 ····· 995
[표 226]가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하인 경우 운전효율 비교 ····· 995
[표 227]효율 운전 모드(공차조건, 19.8ton) ····· 996
[표 228]2차측 도체판의 온도변화에 따른 특성 ····· 1006
[표 229]등가회로 정수를 이용한 전류지령값 계산 예 ····· 1009
[표 230]인버터 주파수 지령 ····· 1017
[표 231]추진시스템의 소비 에너지 비교(최고속도 50km/h, P4-B7, 2량기준) ·· 1021
[표 232]추진시스템의 소비 에너지 비교(최고속도 110km/h, P4-B7, 2량 기준) 1025
[표 233]기존 알고리즘 적용시 추진시스템의 소비전력량(kWh) 실측결과 ···· 1032
[표 234]개선된 알고리즘 적용시 추진시스템의 소비전력량(kWh) 실측결과 ·· 1032
[표 235]도시형 자기부상열차의 유한요소모델의 제원 ····· 1049
[표 236]AL6005A 알루미늄 압출재의 기계적 성질 ····· 1050
[표 237]도시형 자기부상열차의 계산 중량 ····· 1050
[표 238]하중조건 및 하중크기 ····· 1051
[표 239]설계변수 설정 ····· 1052

[표 240]수직하중시험조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교 ····· 1052
[표 241]수평압축하중시험조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교 ····· 1053
[표 242]비틀림 하중조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교 ····· 1054
[표 243]3점지지 하중시험조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교 ····· 1054
[표 244]치수최적화 전과 후 모델의 유한요소해석결과 비교 ····· 1057
[표 245]치수최적화 해석결과에 따른 경량화비율 ····· 1057
[표 246]차종별 전두부 유리창 크기와 중량비교(유리비중 2.5 참고치) ····· 1063
[표 247]제동시스템 외형 및 중량 비교 ····· 1066
[표 248]Heat sink 크기 및 중량 비교 ····· 1074
[표 249]초기 모델 해석 결과 ····· 1077
[표 250]최종 모델 해석 결과 ····· 1092
[표 251]LIM 제정수 (KIMM설계) ····· 1145
[표 252]SOC사업/기술사업화 우수사례조사 인터뷰 수행 프로세스 ····· 1168
[표 253]SOC사업/기술사업화 우수사례조사 전문가 인터뷰 실시항목 작성 ··· 1169
[표 254]프로젝트 파이낸스와 기업금융의 비교 ····· 1174
[표 255]원전과 일반 발전소의 주요 차이점 ····· 1176
[표 256]철도사업의 추진 단계별 세부 활동 ····· 1180
[표 257]철도시스템의 사업화 단계별 주요 검토항목 ····· 1181
[표 258]건설사업 EPC/EPCM 모델과 Vendor ····· 1182
[표 259]10대 타깃국가 선정 프로세스 ····· 1185
[표 260]타깃시장 도출 프로세스 ····· 1194
[표 261]10대 타깃시장 심화조사 수행 프로세스 ····· 1195
[표 262]10대 타깃시장별 전문가 인터뷰 실시항목 작성 ····· 1196
[표 263]타깃도시 선정 프로세스 ····· 1202
[표 264]타깃시장 도출 프로세스 ····· 1209
[표 265]핵심타깃시장 도출 수행 프로세스 ····· 1210
[표 266]국가별 추가 인터뷰 수행 전문가 ····· 1211
[표 267]핵심타깃시장 도출 지표항목 설정(안) ····· 1212
[표 268]핵심타깃시장 도출 수행 프로세스 ····· 1218
[표 269]기업 및 전문가인력 조사 프로세스 ····· 1224
[표 270]3대 핵심타깃시장별 추가조사항목 ····· 1224
[표 271]기업 및 전문가인력 조사 프로세스 ····· 1238
[표 272]기술문헌조사를 이용한 기업 및 전문인력 조사방법 ····· 1238
[표 273]기술분류별 관련기업DB(요약) ····· 1240
[표 274]기술분류별 핵심인력DB(요약) ····· 1241
[표 275]경제성 분석 프로세스 ····· 1244

[표 276]열차 차륜방식별 경제성 분석(km당 건설비) ····· 1245
[표 277]열차 차륜방식별 경제성 분석(km당 건설비) ····· 1245
[표 278]리니모, 실용화차량 경쟁력 비교 ····· 1246
[표 279]독일 고속전철과 자기부상열차 운영비 비교 ····· 1246
[표 280]차량 시스템별 교통체계 적용방안 비교 ····· 1247
[표 281]차량 시스템별 환경적 측면 비교 ····· 1248
[표 282]경제적 파급효과 추정 결과 ····· 1248
[표 283]자기부상열차 국내외 수요 및 매출발생액 예측자료 ····· 1249
[표 284]국내외 기술・제품수준 조사 프로세스 ····· 1250
[표 285]차륜방식별 특성 비교 ····· 1251
[표 286]경량전철 시스템별 특성 비교 ····· 1252
[표 287]도시형 자기부상열차 실용화 목표 성능 및 규격 ····· 1253
[표 288]자기부상열차 기술・제품 분류 ····· 1253
[표 289]한국 자기부상열차 개발역사 ····· 1254
[표 290]민간기업 주도 자기부상열차 연구개발 추진현황 ····· 1256
[표 291]정부주도 자기부상열차 연구개발 추진현황 ····· 1257
[표 292]국내 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용 ····· 1258
[표 293]자기부상열차 설치사업(국립중앙과학관~엑스포과학공원) 개요 ····· 1259
[표 294]자기부상열차 실용화 설치사업 ····· 1260
[표 295]미국 자기부상열차 개발역사 ····· 1261
[표 296]미국 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용 ····· 1263
[표 297]미국 자기부상열차 사업정리 ····· 1263
[표 298]볼티모어-워싱턴 DC 프로젝트(볼티모어 시내~워싱턴 DC) 개요 ···· 1264
[표 299]피츠버그 프로젝트(랜드사이드 터미널~그린즈버그) 개요 ····· 1264
[표 300]라스베이거스 프로젝트(라스베이거스~프림) 개요 ····· 1265
[표 301]애틀랜타-채터누가 프로젝트 개요 ····· 1265
[표 302]오렌지 라인~오렌지카운티 ····· 1266
[표 303]샌디에이고 프로젝트 노선도 ····· 1266
[표 304]남부캘리포니아정부연합회 프로젝트 ····· 1267
[표 305]영국 자기부상열차 개발역사 ····· 1268
[표 306]영국 Ultraspeed 기본계획 ····· 1268
[표 307]영국 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용 ····· 1269
[표 308]독일 TVE 시험소 선로 사양 ····· 1270
[표 309]독일 자기부상열차 개발역사 ····· 1271
[표 310]독일 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용 ····· 1273
[표 311]뮌헨 프로젝트 개요 ····· 1274

[표 312]일본 HSST 시스템 시험선로 및 설비운영 사양 ····· 1275
[표 313]일본 자기부상열차 개발역사-중・저속형(HSST) ····· 1275
[표 314]일본 MLU 차량 사양비교 ····· 1276
[표 315]일본 야마나시 시험선로 설립 목적 ····· 1276
[표 316]일본 MLX 차량 사양 ····· 1276
[표 317]일본 자기부상열차 개발역사-초고속형(MLX) ····· 1277
[표 318]일본 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용 ····· 1278
[표 319]리니모(Linimo) 자기부상열차 개요 ····· 1279
[표 320]추오 신칸센 자기부상열차 노선도 ····· 1280
[표 321]중국 자기부상열차 개발역사 ····· 1280
[표 322]중국 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용 ····· 1282
[표 323]상하이 프로젝트 개요 ····· 1282
[표 324]북경 프로젝트 개요 ····· 1283
[표 325]기술 Gap Board ① _ 한국・미국・영국 ····· 1284
[표 326]기술 Gap Board ② _ 독일・일본・중국 ····· 1285
[표 327]시장진출 로드맵 수립 프로세스 ····· 1289
[표 328]네트워크 관점별 시장진입 시나리오 ····· 1290
[표 329]이슈사항별 시장진입 시나리오 ····· 1292
[표 330]제품사업화 유형별 시장진입 시나리오 ····· 1293
[표 331]핵심타깃시장 사업화 시나리오 활용방안(예) ····· 1294
[표 332]사업화전략 수립 프로세스 ····· 1295
[표 333]러시아 타깃시기별 시장기회적 특성 ····· 1296
[표 334]러시아 제품분류별 수출전략 ····· 1296
[표 335]러시아 철도관련 산ㅡ학ㅡ연 협력 인프라 ····· 1298
[표 336]아랍에미리트연합(UAE) 타깃시기별 시장기회적 특성 ····· 1300
[표 337]아랍에미리트연합(UAE) 제품분류별 수출전략 ····· 1301
[표 338]터키 타깃시기별 시장기회적 특성 ····· 1304
[표 339]터키 제품분류별 수출전략 ····· 1304
[표 340]국내 기술이전·사업화 촉진계획 비교 ····· 1409
[표 341]국내 R&D 투자의 경제성장 기여도 ····· 1409
[표 342]기술이전·사업화 성과 현황(2012년) ····· 1410
[표 343]기술사업화의 정의 ····· 1411
[표 344]기술사업화의 유형별 주요 내용 및 특성 ····· 1412
[표 345]기술사업화 전문기관 유형 ····· 1413
[표 346]제3섹터 참여 주체들의 혜택 ····· 1414
[표 347]섹터별 장·단점 비교 ····· 1414

[표 348]기술사업화 선순환 생태계 조성을 위한 4대 핵심과제·14개 세부과제 1416
[표 349]주요 지표의 국가 간 비교 ····· 1418
[표 350]국내 공공연구기관의 기술사업화 계획 및 전략 ····· 1419
[표 351]주요국의 기술이전·사업화 지원 프로그램 ····· 1420
[표 352]SOC 예산 규모 ····· 1426
[표 353]SOC 분야 예산 현황 ····· 1427
[표 354]주요국의 SOC 예산 ····· 1430
[표 355]사회간접자본 시설 유형 ····· 1432
[표 356]사회간접자본 사업추진 방식 ····· 1437
[표 357]사회간접자본 건설추진 현황(2011) ····· 1437
[표 358]특수목적회사(SPC)의 종류 및 형태 ····· 1440
[표 359]경부축의 수송력 확충방안 3개 대안 ····· 1444
[표 360]고속철도 관련법령 ····· 1446
[표 361]고속철도 사업 단계별 재원조달 비율 ····· 1446
[표 362]고속철도 사업 단계별 재원조달 비율 ····· 1449
[표 363]한전컨소시엄 구성 및 역할 ····· 1450
[표 364]사회간접자본(SOC) 프로젝트 성공영향 요인 ····· 1452
[표 365]사회간접자본(SOC) 프로젝트 성공적 수행을 위한 요인 ····· 1453
[표 366]국가 및 국제기구 별 공공-민간 파트너십(PPP)의 정의 ····· 1457
[표 367]국내 PPP사업 발전 단계 ····· 1461
[표 368]각 분야별 PPP사업 가능 시설에 대한 규정 ····· 1462
[표 369]공공-민간 협업체계(PPP) 지역별 프로젝트 현황 ····· 1464
[표 370]민간참여에 의해 이루어진 전 세계 사회기반시설사업 규모 ····· 1465
[표 371]Jacobson의 PPP 성공요인 연구 ····· 1466
[표 372]Zhang의 인프라 개발에서의 PPP 성공요인 연구 ····· 1467
[표 373]Chen의 대만에서 건설 PPP 프로젝트의 성공요인 연구 ····· 1468
[표 374]JARTS 주요 업무 및 제공 서비스 ····· 1473
[표 375]JARTS 컨설팅 사업양도 배경 ····· 1474
[표 376]JARTS 주요 연혁 및 주요 사업 실적 ····· 1476
[표 377]SYSTRA 주요 현황 ····· 1478
[표 378]SYSTRA 핵심 업무 체계 ····· 1482
[표 379]스페인 철도 현대화 사업 컨소시엄 구성 및 주요역할 ····· 1483
[표 380]SYSTRA 대표 사업 실적 및 주요 업무 ····· 1484
[표 381]Transrapid International 주요 업무 ····· 1486
[표 382]상하이 자기부상열차 건설사업 컨소시엄 비율 ····· 1486
[표 383]Munich 사업 컨소시엄 구성 및 주요 역할 ····· 1487

[표 384]Munich 프로젝트 내 Transrapid 상세 업무 ····· 1488
[표 385]참여 기관 역할 및 책임 ····· 1491
[표 386] 프로젝트 수행 내역 ····· 1492
[표 387]인천국제공항철도 프로젝트 성공요인 ····· 1498
[표 388]KTX 브라질 수출 사업단 구성 및 역할 ····· 1500
[표 389]해외진출 촉진을 위한 분야별 역할과 지원방안 ····· 1501
[표 390]브라질고속철도사업의 타당성 조사/분석(2006년) ····· 1502
[표 391]브라질고속철도사업의 제안 수립(2007년) ····· 1502
[표 392]브라질 고속철도사업의 한국제안 채택(2008년) ····· 1503
[표 393]브라질 고속철도사업의 한국수주를 위한 노력(2009년) ····· 1504
[표 394]브라질고속철도 프로젝트 성공요인 ····· 1504
[표 395]SMRT 해외진출 실적 ····· 1507
[표 396]재원조달 기본원칙 ····· 1509
[표 397]해외철도사업 수주실적 ····· 1510
[표 398]한국철도시설공단 해외 진출 사례 ····· 1511
[표 399]철도산업 전문기관 수행 프로젝트 ····· 1513
[표 400]JARTS : 남아공 고속철도 타당성 프로젝트 주요 수행 업무 ··· 1514
[표 401]남아프리카공화국 환경 고려요인 및 대책 제시안 ····· 1515
[표 402]JARTS의 일본 내 협력기관의 프로젝트 지원내용 ····· 1516
[표 403]철도산업 전문기관 수행 프로젝트 ····· 1517
[표 404]JARTS : 베트남 철도 프로젝트 주요 수행 업무 ····· 1520
[표 405]철도산업 전문기관 수행 프로젝트 ····· 1521
[표 406]JARTS : 인도 화물 철도 프로젝트 주요 수행 업무 ····· 1522
[표 407]JARTS : 우즈베키스탄 철도 프로젝트 주요 수행 업무 ····· 1525
[표 408]우즈베키스탄 철도 차량 현황 분석 ····· 1525
[표 409]우즈베키스탄 철도 기업 경제성 분석 ····· 1526
[표 410]우즈베키스탄 철도 개선의 사회적 파급효과 분석 ····· 1527
[표 411]SYSTRA : 영국 고속철 수용량 분석 수행업무 ····· 1528
[표 412]HS2의 차량 운행 방법 분석 ····· 1529
[표 413]HS2 신뢰성 분석 ····· 1529
[표 414]SYSTRA : 영국 고속철 채널 터널 프로젝트 ····· 1530
[표 415]철도 기술사업화 전문기관 핵심 업무 분석 결과 ····· 1531
[표 416]철도부문 기술사업화 사례 시사점 ····· 1532
[표 417]준정부조직의 4가지 유형 분류 ····· 1543
[표 418]공공부문과 민간부문을 구성하는 제도단위 ····· 1544
[표 419]전문기관 Mapping 분류 기준 ····· 1545

[표 420]조직형태 비교 검토-기술 사업화 사업단 ····· 1548
[표 421]조직형태 비교 검토-정부산하의 공공기관 설립(안)] ····· 1550
[표 422]조직형태 비교 검토-신설법인 설립(안) ····· 1551
[표 423]조직형태 비교 검토-정부출연기관 업무 위탁(안) ····· 1552
[표 424]조직형태 비교 검토-민간기업 업무 위탁(안) ····· 1553
[표 425]조직형태 비교 검토-연구조합 설립(안) ····· 1555
[표 426]전문기관 설립 형태의 법률적 가능성 분석 ····· 1555
[표 427]전문기관 초기 설립 단계 핵심성공요인 ····· 1557
[표 428]전문기관 운영 단계 핵심성공요인 ····· 1561
[표 429]국내 네트워킹 파트너 대상 기관 ····· 1588
[표 430]타겟 국가 주요 수집 정보 ····· 1590
[표 431]타겟 국가 주요 수집 정보 분석 Tool ····· 1591
[표 432]국내외 주요 글로벌 철도 컨퍼런스 ····· 1592
[표 433]자기부상열차 철도 전문 인력 양성 교육 프로그램 ····· 1595
[표 434]사업화 전문기관 단계별 구분 및 조직 주요 수행 과제 ····· 1600
[표 435]사업화 기반 구축 단계 주요활동 ····· 1602
[표 436]사업화 기반 구축 단계에 따른 전문기관 업무 ····· 1602
[표 437]사업화 기반 구축 단계 사업화 전문기관 인원구성 ····· 1603
[표 438]상용화/수출 초기 지원 단계 주요활동 ····· 1606
[표 439]상용화/수출 초기 지원 단계에 따른 전문기관 업무 - 사단법인 ····· 1607
[표 440]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 사단법인 ·· 1608
[표 441]상용화/수출 초기 지원 단계에 따른 전문기관 업무 - 연구조합 ····· 1608
[표 442]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 연구조합 ·· 1609
[표 443]지속적 사업화 고도화 단계 주요활동 ····· 1613
[표 444]지속적 사업화 고도화 단계에 따른 전문기관 업무 - 사단법인 ····· 1613
[표 445]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 사단법인 · 1614
[표 446]지속적 사업화 고도화 단계에 따른 전문기관 업무 - 연구조합 · 1615
[표 447]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 연구조합 · 1616
[표 448]직급별 기본연봉 기준표 ····· 1619
[표 449]평가등급별 인원비율 및 성과포인트 예시 ····· 1619
[표 450]2014년 인건비 추정 - 업무위탁 ····· 1619
[표 451]2015년 인건비 추정 - 사단법인 ····· 1620
[표 452]2015년 인건비 추정 - 연구조합 ····· 1620
[표 453]2016년 인건비 추정 - 사단법인 ····· 1621
[표 454]2016년 인건비 추정 - 연구조합 ····· 1622
[표 455]과목별 세부 내역 ····· 1623

[표 456]연도별 운영비 예산 ····· 1624
[표 457]사업화 전문기관 연도별 전체 예산 ····· 1624
[표 458]사회간접자본 기술사업화 종합지원센터 핵심 업무 ····· 1646
[표 459]일본의 연구조합 주요 특징 ····· 1648
[표 460]서울메트로 운영현황 ····· 1667
[표 461]서울도시철도 운영현황 ····· 1667
[표 462]서울메트로 9호선 운영현황 ····· 1668
[표 463]부산교통공사 운영현황 ····· 1668
[표 464]대구도시철도공사 운영현황 ····· 1669
[표 465]도시철도 운영기관 현황 종합표 ····· 1669
[표 466]도시철도망에서의 경전철 비중 ····· 1676
[표 467]철도구분에 따른 철도 관련 법체계 ····· 1678
[표 468]국내 중전철, 경전철 및 외국 경전철 정거장 규모 비교 ····· 1681
[표 469]일본의 철도 사업주체 ····· 1686
[표 470]간선철도의 보조사업 제도 ····· 1688
[표 471]화물철도의 수송력증강에 관한 보조사업제도 ····· 1688
[표 472]도시철도 편리성 증진사업에 관한 보조제도 ····· 1691
[표 473]주요 간선철도 정비에 대한재정지원 조치 ····· 1693
[표 474]도시철도 정비 등에 대한 재정지원 조치 ····· 1693
[표 475]대기업 민철16사의 설비투자실적 ····· 1694
[표 476]지방철도 정비 등에 대한 재정지원 조치 ····· 1695
[표 477]지하철의 정비에 관한 보조제도 ····· 1699
[표 478]뉴타운 철도, 공항 억세스 철도의 정비에 관한 보조제도 ····· 1700
[표 479]화물철도의 여객선화에 관한 보조제도 ····· 1701
[표 480]기타 사업 등에 대한 재정지원 조치 ····· 1701
[표 481]각 교통시설 정비재원의 부담자 ····· 1707
[표 482]일본의 철도 법체계 ····· 1710
[표 483]Berlin 노면전철 현황 ····· 1739
[표 484]Berlin 노면전철 운임구조 ····· 1740
[표 485]Berlin 노면전철 노선 정보 ····· 1741
[표 486]Berlin 노면전철 차량정보 ····· 1741
[표 487]Karlsruhe Stadtbahn 현황 ····· 1746
[표 488]Karlsruhe Stadtbahn 이용 시 운임요금 ····· 1746
[표 489]Karlsruhe Stadtbahn 노선 정보 ····· 1747
[표 490]Karlsruhe Stadtbahn 차량정보 ····· 1747
[표 491]Chemnitz 노면전철 현황 ····· 1751

[표 492]레일유형별 기준 - Chemnitz ····· 1752
[표 493]Chemnitz 노면전철 운임 요금표 ····· 1753
[표 494]Chemnitz 노선정보 ····· 1754
[표 495]Chemnitz 차량정보 ····· 1755
[표 496]Cologne 노면전철 현황 ····· 1757
[표 497]Cologne 운임구조 ····· 1758
[표 498]Cologne 노선정보 ····· 1759
[표 499]Cologne 차량정보 ····· 1760
[표 500]독일의 도로교통 분야 관련법 ····· 1769
[표 501]독일의 철도부문 관련법 ····· 1770
[표 502]독일의 연방도로 관련 법 ····· 1770
[표 503]독일의 항공교통법 ····· 1770
[표 504]독일의 해양수송 관련법 ····· 1770
[표 505]일반철도법(AEG 1994) 주요내용 ····· 1776
[표 506]일반 자기부상열차법(AMbG) 주요내용 ····· 1778
[표 507]노면전차(BOStrab) 주요내용 ····· 1779
[표 508]Croydon Tramlink 현황 ····· 1783
[표 509]Croydon Tramlink 노선 및 배차시간표 ····· 1784
[표 510]Croydon Tramlink 운임 요금표 ····· 1784
[표 511]Croydon Tramlink 열차정보 ····· 1785
[표 512]Dockland Light Railway현황 ····· 1787
[표 513]Dockland Light Railway 운임 요금표 ····· 1788
[표 514]Dockland Light Railway 노선 정보 ····· 1788
[표 515]Dockland Light Railway 열차정보 ····· 1791
[표 516]Metrolink 현황 ····· 1797
[표 517]Metrolink City Zone노선 이용 시 운임요금 ····· 1798
[표 518]Metrolink 노선별 현황 ····· 1799
[표 519]Metrolink 노선 정보 ····· 1799
[표 520]Metrolink 차량정보 ····· 1805
[표 521]Supertram 현황 ····· 1807
[표 522]Supertram 운임 요금표 ····· 1807
[표 523]Super tram 열차정보 ····· 1808
[표 524]Midland Metro 현황 ····· 1811
[표 525]Midland Metro 운임 요금표 ····· 1811
[표 526]Midland Metro 열차정보 ····· 1812
[표 527]Thameslink Programme 현황 ····· 1815

[표 528]Thameslink Programme 사업 구조 현황 및 장래 목표 ····· 1816
[표 529]Crossrail 구조 ····· 1822
[표 530]2013년 Crossrail사업 건설 계획표 ····· 1827
[표 531]Crossrail 현황 ····· 1827
[표 532]노선시간표 ····· 1830
[표 533]영국 주요 철도관련법 ····· 1833
[표 534]Railways Act 1993 주요내용 ····· 1834
[표 535]Railways Act 2005 주요내용 ····· 1835
[표 536]Railways and Transportation Safety Act 2003 주요내용 ····· 1836
[표 537]Transport Act 2000 주요내용 ····· 1837
[표 538]Tramways Act 1870 주요내용 ····· 1838
[표 539]Light Railways Act 1912 주요내용 ····· 1839
[표 540]외국의 철도관련 법체계 비교 ····· 1842
[표 541]시나리오 검토결과 ····· 1850
[표 542]국내 경량전철 추진현황 ····· 1954
[표 543]대구도시철도 3호선 승강장 폭 산정 ····· 1956
[표 544]무인운전 관련 규정과 그에 따른 요구사항 ····· 1964
[표 545]국내 도시철도의 무인운전 도입 현황 ····· 1965
[표 546]무인운전 전동차의 출고절차 ····· 1967
[표 547]업무 흐름도에서 사용하는 기호의 종류와 의미 ····· 1973
[표 548]무인운전 전동차의 역 도착 및 출발 절차 ····· 1974
[표 549]무인운전 전동차의 회차 절차 ····· 1976
[표 550]신호 정지점에서의 정비 및 재출발 절차 ····· 1978
[표 551]무인운전 전동차의 유치선 입고절차 ····· 1981
[표 552]유치선 내 차량 이동절차 ····· 1984
[표 553]차상장치 고장 발생 시 확인 및 대처방법] ····· 1990
[표 554]이상발생 시 상황에 따른 조치기준 ····· 1995
[표 555]지상장치 고장발생 시 확인 및 대처방법 ····· 2064
[표 556]철도부문 사업의 비용 분류 ····· 2139
[표 557]운임제도의 형태별 종류 ····· 2141
[표 558]운임제도 비교 ····· 2142
[표 559]선행연구 내용 ····· 2143
[표 560]운행계획 분석부분의 기존연구와의 차이점 ····· 2144
[표 561]운임제도의 형태별 종류 ····· 2162
[표 562]도시철도 단계별 사업의 개요 ····· 2165
[표 563]경량전철 친환경성 비교 ····· 2192

[표 564]차량사양 비교결과 ····· 2193
[표 565]사업비 비교결과 ····· 2193
[표 566]운영비 비교결과(년간) ····· 2194
[표 567]시나리오별 국내 경전철 시장 연간 규모 전망 ····· 2198
[표 568]시나리오별 해외 경전철 시장 연간 규모 전망 ····· 2199
[표 569]낙관적 시나리오의 국내시장 파급효과 ····· 2200
[표 570]비관적 시나리오의 국내시장 파급효과 ····· 2200
[표 571]낙관적 시나리오의 국외시장 파급효과 ····· 2201
[표 572]비관적 시나리오의 국외시장 파급효과 ····· 2201
[표 573]실용화사업 경제적 타당성 분석(B/C) ····· 2201

<그림 목차>

[그림 1]도시형자기부상열차 시제차량 제작과정 ····· 3
[그림 2]도시형자기부상열차 대차단위 정지부상 시험 ····· 4
[그림 3]시험선 시험중인 도시형자기부상열차 시제차량 ····· 4
[그림 4]시범노선 차량 입고 사진 ····· 5
[그림 5]시범노선 종합시험운행 및 차량성능시험 ····· 6
[그림 6]시범노선 조감도 ····· 7
[그림 7]시범노선 역사 조감도 ····· 7
[그림 8]도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 특징 ····· 8
[그림 9]도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 비교 ····· 8
[그림 10]시범노선 완공 사진 ····· 9
[그림 11]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 기공식 ····· 11
[그림 12]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 노선도 ····· 11
[그림 13]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 추정 차량 ····· 12
[그림 14]중국 Tanshang(당산) 도시형 자기부상열차 시험선(1.547km) ···· 14
[그림 15]MagneMotion사의 M3 도시형 자기부상열차 모듈 ····· 15
[그림 16]MagneMotion사의 M3 도시형 자기부상열차 모듈 세부 사진 ···· 16
[그림 17]MagneMotion사의 도시형 자기부상열차 궤도 PSC 빔 ····· 16
[그림 18]GA사의 도시형 자기부상열차 모듈 세부 사진 ····· 17
[그림 19]Old Dominion University의 981m 시험선 ····· 17
[그림 20]GA사의 도시형 자기부상열차 시험구간 ····· 18
[그림 21]세부과제별 인터페이스 도표 양식 ····· 40
[그림 22]세부과제별 인터페이스 표기 형식 ····· 40
[그림 23]저주파 교류자석밀도 측정 시험성적서 ····· 43
[그림 24]전기장의 세기 측정 ····· 43
[그림 25]영종도 및 인천공항 지형도 ····· 51
[그림 26]시범노선 건물배치 및 선로 도면 ····· 51
[그림 27]인천공항공사 시범노선 건설계획 ····· 51
[그림 28]영종도 정밀 항공 사진 ····· 51
[그림 29]인천공항주변 3DS MAX 모델(1) ····· 52
[그림 30]인천공항주변 3DS MAX 모델(2) ····· 52
[그림 31]인천공항주변 3DS MAX 모델(3) ····· 52
[그림 32]교통센터 내부 (승차장 주변) ····· 53
[그림 33]국제업무지역 ····· 53
[그림 34]교통센터 외부 ····· 53

[그림 35]UTM-02 차량 DMU ····· 54
[그림 36]UTM-02 대차 DMU ····· 54
[그림 37]실용화차량 개념모델 ····· 54
[그림 38]실용화차량 개념모델과 가상도시 이미지조화성 평가 ····· 54
[그림 39]국제업무지역 주변 선로 구축물(1) ····· 55
[그림 40]국제업무지역 주변 선로 구축물(2) ····· 55
[그림 41]기계연구원 시험노선 주행 ····· 56
[그림 42]실내 탑승체험 장면 ····· 56
[그림 43]동역학 시뮬레이션기반 주행 모사 ····· 57
[그림 44]주행성능 표현 인터페이스 개발 ····· 57
[그림 45]가상역사 정차 모습 ····· 58
[그림 46]가상도시 주행 애니메이션 ····· 58
[그림 47]시범지역 주행 애니메이션(1) ····· 59
[그림 48]시범지역 주행 애니메이션(2) ····· 59
[그림 49]차량/대차 분해조립 시뮬레이션 가시화 ····· 60
[그림 50]정밀 대차 DMU기반 부상/추진 시뮬레이션 가시화 ····· 60
[그림 51]공청회 개최 사진 ····· 67
[그림 52]WCRR 2008 전시회사진 ····· 68
[그림 53]차량디자인 설문조사 결과 ····· 69
[그림 54]실용화사업 시범노선건설 대안노선도 (2008.04.15.) ····· 71
[그림 55]시범노선 종단면도 (2008.06.18) ····· 71
[그림 56]시범노선 평면도 (2008.06.18.) ····· 71
[그림 57]영종도 지형(Terrain) 3D 모델링 ····· 72
[그림 58]시범지역 건축구조물 3D 모델링 ····· 72
[그림 59]조형물 및 구조물 3D 모델링 ····· 72
[그림 60]시범선로 상세 3D 모델링 ····· 72
[그림 61]비상대피선로 3D 모델링 ····· 72
[그림 62]역사 3D 모델링 ····· 72
[그림 63] 차량디자인렌더링-A타입 ····· 72
[그림 64] 차량디자인렌더링-B타입 ····· 72
[그림 65] 차량디자인렌더링-C타입] ····· 72
[그림 66]차량 일반도 (2008.06.03) ····· 73
[그림 67]A-Type 차량 실외 3D 모델링 ····· 73
[그림 68]A-Type 차량 실내 3D 모델링 ····· 73
[그림 69]B-Type 차량 실외 3D 모델링 ····· 73
[그림 70]B-Type 차량 실내 3D 모델링 ····· 73

[그림 71]C-Type 차량 실외 3D 모델링 ····· 73
[그림 72]C-Type 차량 실내 3D 모델링 ····· 73
[그림 73]대차 (산자부 차량) 3D 모델링 ····· 74
[그림 74]대차 (실용화 차량) 3D 모델링 ····· 74
[그림 75]시범노선 정점기반의 Spline 생성 ····· 74
[그림 76]Spline 보간에 의한 궤도추종 시뮬레이션 ····· 74
[그림 77]Free-Navigation 시점모드 ····· 75
[그림 78]Track-Ball 시점모드 ····· 75
[그림 79]Indoor 시점모드 ····· 75
[그림 80]Train-Follow 시점모드 ····· 75
[그림 81]Fixed-Track 시점모드 ····· 75
[그림 82]A-Type 차량형상 ····· 76
[그림 83]B-Type 차량형상 ····· 76
[그림 84]C-Type 차량형상 ····· 76
[그림 85]차량색상 - Blue ····· 76
[그림 86]차량색상 - Red ····· 76
[그림 87]차량색상 - Yellow ····· 76
[그림 88]A-Type 실내배치 ····· 76
[그림 89]B-Type 실내배치 ····· 76
[그림 90]C-Type 실내배치 ····· 76
[그림 91]비상대피로 설치모습 ····· 77
[그림 92]비상대피로 선로구조물 ····· 77
[그림 93]비상상황 시 대피 모습 ····· 77
[그림 94]비상사다리 및 대피로 탈출모습 ····· 77
[그림 95]비상상황 차량 정차 모습 ····· 77
[그림 96]부스 기본 설계도 ····· 78
[그림 97]정부과천청사 시연회 ····· 78
[그림 98]정부과천청사 시연회 ····· 78
[그림 99]인천국제공항 시연회 ····· 79
[그림 100]디스플레이 시스템 Array 구성 ····· 79
[그림 101]설치 평면도 ····· 79
[그림 102]설치 배선도 ····· 80
[그림 103]10채널 DLP Cube 하드웨어 ····· 80
[그림 104]10채널 통합디스플레이 시스템 제어콘솔 ····· 80
[그림 105]10채널 병렬처리 그래픽 워크스테이션 ····· 81
[그림 106]10채널 Windows 화면 표출 ····· 81

[그림 107]자기부상열차 주행시뮬레이터 구동 ····· 81
[그림 108]10채널 비동기화 영상 ····· 81
[그림 109]10채널 동기화 영상 (1) ····· 81
[그림 110]10채널 동기화 영상 (2) ····· 81
[그림 111]10채널 동기화 영상 (3) ····· 82
[그림 112]10채널 동기화 영상 (4) ····· 82
[그림 113]시험선 개보수 계획 ····· 93
[그림 114]역사 2D AutoCAD 도면 및 조감도 ····· 94
[그림 115]선로 및 선로구조물 2D AutoCAD 도면 ····· 94
[그림 116]대피로 및 관련 구조물 2D AutoCAD 도면 ····· 95
[그림 117]104 역사 MAX 모델 ····· 95
[그림 118]104 역사 MAX 모델 ····· 95
[그림 119]선로 및 교각 MAX 모델 ····· 96
[그림 120]차량 2D AutoCAD 도면 및 색상표 ····· 96
[그림 121]차량 및 대차 3D CATIA모델(STP변환) ····· 96
[그림 122]차량 및 대차 MAX 모델 ····· 97
[그림 123]차량 테스트 렌더링 이미지 ····· 97
[그림 124]대차 테스트 렌더링 이미지 ····· 97
[그림 125]A-Type 대피로 형상 및 비상탈출 연출 ····· 98
[그림 126]B-Type 대피로 형상 및 비상탈출 연출 ····· 98
[그림 127]MonoBlock 및 TwinBlock 형상 평가 ····· 99
[그림 128]104 역사 실외 및 실내 모델 ····· 99
[그림 129]104 역사 혼잡도 평가 (좌:92명 / 우:140명) ····· 99
[그림 130]104 역사 혼잡도 평가 (좌/우:200명) ····· 100
[그림 131]시범노선지역 자료수집 및 분석 ····· 145
[그림 132]시범노선 지역 건축구조물 DMU 모델 ····· 146
[그림 133] 자기부상열차 차량 및 대차 상세 도면 ····· 147
[그림 134]자기부상열차 차량 및 대차 DMU 모델 ····· 148
[그림 135]자기부상열차 렌더링 이미지 ····· 148
[그림 136]차량 자동 운행 과정의 개념 모델 ····· 150
[그림 137]열차 주행 연속 운동 방정식 ····· 150
[그림 138]시험선 선형 및 궤도구조 적용 도면 ····· 170
[그림 139] Maglev2011 포스터 ····· 207
[그림 140]Maglev 2011 리플렛 ····· 207
[그림 141]Maglev2011 홈페이지 ····· 207
[그림 142]사업단 영문브로슈어 ····· 209

[그림 143]사업단 홍보동영상(영문) ····· 209
[그림 144]사업단 홍보동영상(국문) ····· 217
[그림 145]사업단 국문브로슈어 ····· 218
[그림 146]시범노선지역 건축구조물 DMU 개발 결과 ····· 226
[그림 147]분기기 도면 및 DMU 모델링 결과 ····· 228
[그림 148]키보드 입력에 의한 분기기 작동 및 궤도 변경 ····· 228
[그림 149]자기부상열차 홍보관 VR 시뮬레이터 설치 모습 ····· 230
[그림 150]자동운행 모듈을 위한 파라메터 설정 파일 ····· 232
[그림 151]자동운행 모듈이 적용된 VR 시뮬레이터 ····· 234
[그림 152]중간성과 발표회 사진 ····· 239
[그림 153]전문기관 연구관리시스템 입력 결과 ····· 243
[그림 154]전차선 극성 관련 인터페이스 결과 ····· 249
[그림 155]서류 점검 ····· 263
[그림 156]현장 점검 ····· 263
[그림 157]시험1 구성도 ····· 265
[그림 158]시험2 구성도 ····· 265
[그림 159]시험3 구성도 ····· 265
[그림 160]시험4 구성도 ····· 266
[그림 161]승강장방향 50km/h 정속 주행 시 속도 그래프 ····· 266
[그림 162]궤도분야 LCC 분석 결과 도출 화면(10년 운영결과) ····· 268
[그림 163]견인용 모터카 건축한계 검토 ····· 287
[그림 164]지자체 후보노선 지역 자료수집 및 분석 ····· 310
[그림 165]지자체 후보노선 3DS MAX 모델링 ····· 311
[그림 166]지자체 후보노선 VR 시뮬레이터 개발 ····· 311
[그림 167]네비게이션 모드 추가개발 (도로 차량 주행 모드) ····· 313
[그림 168]네비게이션 모드 추가개발 (차량 품평 단독 모드) ····· 313
[그림 169]창문 흐림 장치 시뮬레이션 모듈 개발 ····· 313
[그림 170]시범노선 경관개선 품평 모듈 개발(교각 및 거더) ····· 313
[그림 171]지자체 실사합성 노선품평 동영상 제작 ····· 315
[그림 172]러시아 지하철 자기부상화 시뮬레이션 동영상 제작 ····· 316
[그림 173]101역사 홍보관 부스시안 렌더링 스틸 제작 ····· 316
[그림 174]지자체 대주민 홍보용 렌더링 스틸 제작 ····· 316
[그림 175]중간성과 발표회 사진 ····· 321
[그림 176]전문기관 연구관리시스템 입력 창 ····· 329
[그림 177]B-type 유간장치 설치현황 ····· 336
[그림 178]레일 유간장치와 차량 갭 센서 설치 단면 ····· 338

[그림 179]갭 센서에서 측정되는 갭파형 및 차량가속도 현황 ····· 338
[그림 180]갭센서 대향면 철판 부착 시험 전후 사진 ····· 339
[그림 181]갭 변동에 따른 가속도 변화 그래프 ····· 339
[그림 182]B-type 유간장치 밀착시험 사진 ····· 340
[그림 183]B-type 유간장치 형상변경 개념도 ····· 340
[그림 184]B-type 유간장치 확폭 용접에 따른 갭/가속도 파형 ····· 342
[그림 185]B-type 유간장치 신규제작에 따른 갭/가속도 파형 ····· 342
[그림 186]전차선 일부구간 집전부위 스파크 발생 사진 ····· 343
[그림 187]전차선 스파크 발생 부위 ····· 347
[그림 188] 차량 및 열차제어 분야별 Noise 측정 결과 ····· 348
[그림 189]B-type 유간장치 설치 현황 ····· 356
[그림 190]A-type 유간장치 사진 ····· 356
[그림 191]B-type 유간장치와 차량 갭 센서 상호 관계 ····· 357
[그림 192]차량이 B-type 유간장치 주행시 발생 파형 ····· 357
[그림 193]일본 리니모에 설치된 유간조정장치 ····· 358
[그림 194]레일유간장치 개념도 ····· 358
[그림 195]레일유간장치 시제품 ····· 358
[그림 196]B-type 유간장치 대향면 철판 시험부착 ····· 360
[그림 197]B-type 유간장치 대향면 철판 시험부착 계측 결과 ····· 361
[그림 198]B-type 유간장치 밀착시험 사진 ····· 362
[그림 199]B-type 유간장치 형상변경 개념도 ····· 362
[그림 200]B-type 유간장치 확폭 용접에 따른 시험 결과 ····· 363
[그림 201]B-type 유간장치 신규 제작에 따른 시험 결과 ····· 364
[그림 202]레일 도장면 제거전(소요시간 :9.9 Sec) ····· 365
[그림 203]레일 도장면 제거후(소요시간 7.905 Sec) ····· 365
[그림 204]105역사 차량변위 1차 측정시험 측정위치 평면그림 ····· 366
[그림 205]105역사 차량변위 단면 세부측정 위치 ····· 366
[그림 206]105역사 차량변위 측정 사진 ····· 366
[그림 207]검수고 차량변위 측정 시험 ····· 367
[그림 208]검수고 변위측정 단면 세부측정 위치 ····· 368
[그림 209]105역사 차량변위 4차 측정시험 측정위치 평면그림 ····· 369
[그림 210]105역사 차량변위 단면 세부측정 위치 ····· 369
[그림 211]경정훈련원 옥상 소음 측정 위치 ····· 371
[그림 212]경정훈련원 숙소 소음 측정 위치 ····· 371
[그림 213]5km 400 부근 소음측정 위치 ····· 371
[그림 214]101 정거장 진입소음 측정 위치 ····· 371

[그림 215]기계연 시험선로 소음 측정 시험 ····· 373
[그림 216]시범노선 소음 측정 시험 사진 ····· 373
[그림 217]시험선과 시범노선 소음측정 위치 비교 사진 ····· 373
[그림 218]시험선과 시범노선 소음측정 결과비교 ····· 374
[그림 219]105역사 경정훈련장 소음 측정 결과 ····· 374
[그림 220]측정장비 및 측정사진 ····· 375
[그림 221]전차선 집전슈가 신축이음부 통과중 소음도 ····· 375
[그림 222]전차선 집전슈가 분기기 단경간 통과중 소음도 ····· 375
[그림 223]차량 본선 구간 통과 소음 분석 ····· 376
[그림 224]영상제작 기술설명 자료 ····· 378
[그림 225]레일제동면 관리장비 본체 제작도면 ····· 381
[그림 226]레일제동면 관리장비 본체 조립도 ····· 382
[그림 227]제동면관리장비 본체 ····· 383
[그림 228]제동면 관리 장비 구성 ····· 383
[그림 229]본선 작업 진행중 ····· 383
[그림 230]궤도단차 측정 장비 및 측정방법 ····· 384
[그림 231]궤도이음매 단차 측정 결과 양식 ····· 385
[그림 232]검수고 전력 섹션 단전 표시등 설치 ····· 435
[그림 233]분기기 전차선 간섭 ····· 435
[그림 234]전차선 애자 파손 사진 ····· 438
[그림 235]애자파괴 시험기 ····· 440
[그림 236]파손된 애자 분석 ····· 441
[그림 237]분기기 모터 동결에 대한 보완 ····· 443
[그림 238]유치선 승강대 ····· 444
[그림 239]애자파손에 따른 차량 집전슈 소손 ····· 446
[그림 240]전차선 편위에 의한 1편성 집전슈 소손 ····· 447
[그림 241]시운전선 분기기 끝단 애자 파손 ····· 448
[그림 242]주행 Noise 관련 시험 결과 ····· 451
[그림 243]비상대피 사다리 충돌 사진 ····· 454
[그림 244]자기부상열차의 대차와 선로구조물 ····· 508
[그림 245]부상레일 단면도 ····· 508
[그림 246]자기부상열차 기계제동 장치(브레이크 슈) ····· 509
[그림 247]선로시설물 표준단면도 ····· 513
[그림 248]부상레일 ····· 513
[그림 249]추진레일 ····· 513
[그림 250]침목의 형상 및 제원 ····· 514

[그림 251]자기부상열차 침목 ····· 514
[그림 252]침목 체결장치 구성도 ····· 515
[그림 253]침목체결장치 정면부 ····· 515
[그림 254]침목체결장치 측면부 ····· 515
[그림 255]A-TYPE 이음매 ····· 516
[그림 256]B-TYPE 이음매 ····· 516
[그림 257]제3궤조(전차선) 시설물 구성도 ····· 523
[그림 258]전차선(파워레일) ····· 524
[그림 259]전차선 편위 설정 ····· 524
[그림 260]지지애자(지지금구) ····· 524
[그림 261]엔드 어프로치 ····· 525
[그림 262]신축흡수장치(Expansion Joint) ····· 525
[그림 263]미드포인트 앵커 ····· 526
[그림 264]레일조인트 플레이트 ····· 526
[그림 265]FRP Section ····· 526
[그림 266]케이블 터미널 플레이트 ····· 527
[그림 267]신호설비 설치도 ····· 529
[그림 268]ATP/TD, VEL Loop 패턴벨트 ····· 529
[그림 269]Loop 케이블 보호관 ····· 529
[그림 270]VEL MT-BOX ····· 530
[그림 271]ATP/TD MT-BOX ····· 530
[그림 272]유전원지상자 ····· 530
[그림 273]무전원지상자 ····· 530
[그림 274]유전원지상자 동작구성도 ····· 531
[그림 275]무전원지상자 동작구성도 ····· 532
[그림 276]ATO DATA AP ····· 532
[그림 277]신호기장치 ····· 532
[그림 278]토목분야 시설물 유지관리 흐름도 ····· 536
[그림 279]일본 궤도순회차 ····· 540
[그림 280]캐나다 궤도순회차 ····· 540
[그림 281]대전도시철도 궤도순회차 ····· 540
[그림 282]부산-김해경전철 궤도순회차 ····· 540
[그림 283]레이저스캐너 적용가능성 테스트 ····· 547
[그림 284]선로점검시스템 기본개념 설계도 ····· 552
[그림 285]트레일러 차량 설계도(1차) ····· 555
[그림 286]트레일러 상부 CAB Ass'y 제작 ····· 556

[그림 287]트레일러 하부 본체구조 제작 ····· 556
[그림 288]트레일러 차량 설계도(2차) ····· 557
[그림 289]트레일러 차량 시제품(2차) ····· 558
[그림 290]카메라 부착 ····· 558
[그림 291]엔코더 부착 ····· 558
[그림 292]상부 카메라 부착 ····· 558
[그림 293]상부 조명 부착 ····· 558
[그림 294]트레일러 차량 설계도(3차) ····· 559
[그림 295]트레일러 차량 설계도(4차) ····· 560
[그림 296]본체구조 개선 ····· 561
[그림 297]진동방지 천정 개선 ····· 561
[그림 298]진동방지 구동휠 개선 ····· 561
[그림 299]카메라 변경 및 취부방법개선 ····· 561
[그림 300]이물질 제거장치 개념설계 ····· 562
[그림 301]이물질 제거장치 모델링 ····· 562
[그림 302]추진레일 상부 이물질 제거방안 상세설계도 ····· 563
[그림 303]전차선 상부 이물질 제거방안 상세설계도 ····· 563
[그림 304]레일상부 이물질 제거장치 설치] ····· 563
[그림 305]전차선 상부 이물질 제거장치 설치] ····· 563
[그림 306]결빙방지제 도포장치 설계도 ····· 564
[그림 307]결빙방지제 도포장치 상세설계도 ····· 564
[그림 308]노즐부위 상세도 ····· 564
[그림 309]결빙방지제 공급장치 상세도] ····· 564
[그림 310]결빙방지제 공급장치 시제품 ····· 565
[그림 311]분사노즐 시제품 ····· 565
[그림 312]Balise 안테나 ····· 566
[그림 313]무선 레인징 방식 ····· 567
[그림 314]GPS TRAIN 모니터링 시스템 ····· 567
[그림 315]위치기반서비스 ····· 568
[그림 316]위치정보 측위기술 분류 ····· 569
[그림 317]실측차량을 이용한 Wi-Fi AP 수집 ····· 572
[그림 318]실시간 위치추적 시스템 구성도 ····· 574
[그림 319]ETRI의 RTLS 태그 및 기준태그, 리더, 서버 ····· 575
[그림 320]코리아컴퓨터 RTLS 서비스 구성도 ····· 576
[그림 321]Zebra의 RTLS 서비스 접속도 ····· 576
[그림 322]위치정보 검측 시스템 구성도 ····· 577

[그림 323]위치정보 검측 시스템 세부구성도 ····· 578
[그림 324]Control Board ····· 578
[그림 325]DGPS 안테나 ····· 579
[그림 326]DGPS 모듈 (AsecenKorea 사) ····· 579
[그림 327]System Block Diagram (AsecenKorea 사) ····· 579
[그림 328]Mechanical Dimension (AsecenKorea 사) ····· 579
[그림 329]Encoder ····· 581
[그림 330]제어용 Box 외함 ····· 582
[그림 331]제어용 Box 내부 ····· 582
[그림 332]Sensor Box ····· 583
[그림 333]Encoder Box ····· 583
[그림 334]Power Supply ····· 584
[그림 335]위치정보 검측 시스템 설치 도면 ····· 584
[그림 336]Sensors ····· 585
[그림 337]Sensor box 설치 ····· 586
[그림 338]제어용 Box 설치 ····· 586
[그림 339]메인 분전함 ····· 587
[그림 340]선로 점검시스템 구성도 ····· 590
[그림 341]선로점검 모니터링 프로그램 구성도 ····· 591
[그림 342]선로 분석/점검 프로그램 구성도 ····· 591
[그림 343]계층적 검출법 설명 ····· 595
[그림 344]선택적 ROI 설명 ····· 596
[그림 345]볼트 검출 결과 설명 ····· 596
[그림 346]점검 카메라 배치도 ····· 598
[그림 347]선로 점검 모니터링 프로그램 화면 ····· 600
[그림 348]선로 점검 모니터링 프로그램 1분할 화면 ····· 601
[그림 349]선로 점검 모니터링 프로그램 설정 화면 ····· 601
[그림 350]선로 분석/점검 프로그램 “시작”화면 ····· 602
[그림 351]선로 분석/점검 프로그램 “선로분석점검”화면 ····· 602
[그림 352]선로 분석/점검 프로그램 “분석검토” 화면 ····· 603
[그림 353]선로 분석 / 점검 프로그램 “점검결과관리” 화면 ····· 603
[그림 354]선로 분석 / 점검 프로그램 “통합결과관리” 화면 ····· 604
[그림 355]선로 분석/점검 프로그램 “설정” 화면 ····· 604
[그림 356]선로 점검 시스템 구성도 ····· 605
[그림 357]선로점검 모니터링 프로그램 구성도 ····· 606
[그림 358]선로 분석/점검 프로그램 구성도 ····· 606

[그림 359]선로 점검 모니터링 프로그램 디렉토리 구조 ····· 607
[그림 360]선로 분석 / 점검 프로그램 디렉토리 구조 ····· 607
[그림 361]선로 분석 / 점검 프로그램 디렉토리 구조 예제 ····· 608
[그림 362]선로 점검 모니터링 프로그램 이용절차 ····· 609
[그림 363]선로 분석/점검 프로그램 이용절차 ····· 611
[그림 364]선로분석점검 분석실행 절차 화면 ····· 612
[그림 365]선로 점검 시스템 구성도 ····· 652
[그림 366]선로점검 모니터링 프로그램 구성도 ····· 653
[그림 367]선로 분석 / 점검 프로그램 구성도 ····· 654
[그림 368]자기부상열차 궤도 단면 및 기존 계측방법의 문제점 ····· 681
[그림 369]자기부상열차용 궤도틀림 계측장치의 구성 ····· 682
[그림 370]궤도틀림 계측장치를 이용한 수직/수평 궤도틀림 계측순서 ···· 682
[그림 371]기계연구원 시험선 궤도틀림 시험 측정구간 ····· 683
[그림 372]기계연구원 시험선 직선구간 수평틀림 계측결과 ····· 683
[그림 373]기계연구원 시험선 직선구간 수직틀림 계측결과 ····· 684
[그림 374]궤도틀림 계측절차(제안) ····· 684
[그림 375]기계연구원 시험선 직선구간 센서설치 위치 ····· 685
[그림 376]기계연구원 시험선 직선구간 계측전경 ····· 686
[그림 377]기계연구원 시험선 직선구간 수직방향 동특성 분석결과 ····· 686
[그림 378]기계연구원 시험선 직선구간 수평방향 동특성 ····· 687
[그림 379]기계연구원 시험선 직선구간 ODS분석결과 ····· 687
[그림 380]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 688
[그림 381]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 최대 가속도 변화 ····· 688
[그림 382]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 처짐 ····· 689
[그림 383]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 꺾임각 ····· 689
[그림 384]기계연구원 180mR 구간 센서설치 위치 및 계측 전경 ····· 690
[그림 385]기계연구원 시험선 180mR구간 40km/h열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 691
[그림 386]기계연구원 시험선 60mR구간 센서 설치 위치 및 계측전경 ··· 691
[그림 387]기계연구원 시험선 60mR구간 수직방향 동특성 분석결과 ····· 692
[그림 388]기계연구원 시험선 60mR구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 692

[그림 389]주행속도에 따른 거더 최대가속도 비교 ····· 693
[그림 390]직선 최고속도 구간 센서설치 위치 및 측정전경 ····· 694
[그림 391]8번위치 수직방향 가진시 응답 ····· 695
[그림 392]직선 최고속도 구간 수직방향 동특성 분석결과 ····· 695
[그림 393]직선 최고속도 구간 수직방향 동특성 분석결과 ····· 696
[그림 394]직선 최고속도 구간 수직방향 ODS 분석결과 ····· 696
[그림 395]직선 최고속도 구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답 697
[그림 396]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 중앙부 처짐 ····· 698
[그림 397]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 ····· 699
[그림 398]직선 최고속도 구간 73km/h 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 700
[그림 399]직선 최고속도 구간 열차 주행시(73kmh) 거더 중앙부 처짐 ····· 701
[그림 400]직선 최고속도구간 73km/h 주행시 거더 이음부 꺾임각 ····· 701
[그림 401]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(73kmh) 하선 거더 중앙부 처짐 ····· 702
[그림 402]직선구간 73km/h(만차, 상선, (-)방향) 운행시 하선 거더 이음부 꺾임각 ····· 703
[그림 403]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선 거더 중앙부 처짐 ····· 703
[그림 404]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선 거더 이음부 꺾임각 ····· 704
[그림 405]110mR 센서설치 위치 및 측정전경 ····· 705
[그림 406]110mR 구간 동특성 계측 수직방향 응답검토 및 가진위치에서의 응답 ····· 706
[그림 407]110mR구간 수직방향 동특성 계측결과 ····· 706
[그림 408]110mR구간 동특성 계측 수평방향 응답검토 및 가진위치에서의 응답 ····· 707
[그림 409]110mR구간 수평방향 동특성 계측결과 ····· 707
[그림 410]110mR 열차 주행시 주파수 응답 ····· 708
[그림 411]110mR 열차 주행시 ODS분석을 통한 모드형상 ····· 708
[그림 412]110mR 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 709
[그림 413]110mR 열차 주행속도별 거더 중앙부 처짐 ····· 710
[그림 414]110mR 열차 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 ····· 711
[그림 415]800mR 센서설치 위치 및 측정전경 ····· 712
[그림 416]110mR 열차 주행시 주파수 응답 ····· 713
[그림 417]800mR 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답 ····· 713
[그림 418]800mR 열차 주행속도별 측경간 거더 중앙부 처짐 ····· 715

[그림 419]800mR 열차 주행속도별 중앙경간 거더 중앙부 처짐 ····· 715
[그림 420]800mR 열차 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 ····· 716
[그림 421]기계연구원 시험선 직선구간 열차 비상낙하시 주행속도/낙하방법에 따른 거더영향평가 ····· 718
[그림 422]기계연구원 시험선 직선구간 열차 전기제동시 거더영향평가 · 719
[그림 423]기계연구원 시험선 직선구간 열차 기계제동시 거더영향평가 · 720
[그림 424]차량 내부 진동영향평가를 위한 센서 설치위치 ····· 721
[그림 425]기계연구원 시험선 주행시 ODS분석 ····· 721
[그림 426]인천공항 시범노선 수평방향 인력가진을 통한 ODS분석 ····· 722
[그림 427]인천공항 시범노선 주행시 ODS분석 ····· 723
[그림 428]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 1 ····· 724
[그림 429]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 2 ····· 724
[그림 430]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 3 ····· 725
[그림 431]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 4 ····· 725
[그림 432]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 5 ····· 726
[그림 433]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 6 ····· 726
[그림 434]인천공항 시범노선 정지부상시 승차감 평가 ····· 727
[그림 435]인천공항 시범노선 외부가진시 승차감 평가 ····· 727
[그림 436]인천공항 시범노선 분기기 주행시 승차감 평가 ····· 728
[그림 437]인천공항 시범노선 직선 및 곡선구간 주행시 승차감 평가 ····· 728
[그림 438]인천공항 시범노선 전체노선 주행시 승차감 평가 ····· 729
[그림 439]인천공항 시범노선 전체노선 주행시 승차감 평가2 ····· 729
[그림 440]최적화 설계에 따른 신설거더 시공 사진 ····· 731
[그림 441]최적화 설계 거더 최종 제작 도면 ····· 732
[그림 442]기계연구원 최적화 설계 신설거더(U type) 센서 설치위치 ····· 733
[그림 443]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 수직방향 동특성 분석결과 ·· 734
[그림 444]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 수평방향 동특성 분석결과 ·· 734
[그림 445]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 중앙부 가속도 비교 ····· 735
[그림 446]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 처짐 비교 ·· 737
[그림 447]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 비교 ····· 739
[그림 448]기계연구원 최적화 설계 신설거더(Box type) 센서 설치위치 ····· 741
[그림 449]기계연구원 시험선 신설거더(Box type, 2차 긴장력 0tonf) 수직방향 동특성 ····· 742
[그림 450]기계연구원 시험선 신설거더(Box type, 2차 긴장력 18tonf) 수직방향

동특성 ····· 742
[그림 451]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 중앙부 가속도 비교 ····· 743
[그림 452]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 처짐 비교 745
[그림 453]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 비교 ····· 747
[그림 454]시스템 통합 모델 ····· 751
[그림 455]거더 중앙부 처짐 시험 결과 ····· 752
[그림 456]시험 및 해석을 통한 부상공극 응답 비교 ····· 753
[그림 457]인천공항 시범노선 속도별 부상공극 응답 비교 ····· 754
[그림 458]시험 및 해석을 통한 부상공극 응답 비교 ····· 754
[그림 459]시험 및 해석을 통한 부상공극 응답 비교 ····· 754
[그림 460]처짐한계에 따른 가이드웨이 중앙부 처짐 ····· 756
[그림 461]처짐한계에 따른 부상공극 최대값, 110km/h ····· 757
[그림 462]한계에 따른 차체가속도 최대값, 110km/h ····· 758
[그림 463]기계연구원 시험노선 해석 거더 위치도 ····· 759
[그림 464]기계연구원 직선부 거더 단면 ····· 759
[그림 465]레일과 침목을 제외한 모델(좌) 포함한 모델(우) ····· 760
[그림 466]인천 자기부상철도 3경간 거더 도면 ····· 762
[그림 467]열차가 3경간 거더 중앙부를 지나가는 경우 ····· 763
[그림 468]압전센서와 구조물의 상관 모델 ····· 766
[그림 469]자기부상열차 거더의 임피던스 계측 ····· 767
[그림 470]긴장력 손실에 따른 Channel 별 임피던스 계측값 ····· 767
[그림 471]긴장력 변화에 따른 Channel 별 RMSD 및 CC) ····· 768
[그림 472]최적설계를 위한 거더 단면 설계 인자 ····· 769
[그림 473]처짐비 변화에 따른 거더 최적 단면의 총 재료비용 ····· 771
[그림 474]L/1500 거더 주행 공극 시뮬레이션 결과, 110km/h ····· 772
[그림 475]L/1500 거더 주행 처짐 시뮬레이션 결과, 110km/h ····· 772
[그림 476]분기기 거더 임팩트 테스트 ····· 773
[그림 477]분기기 거더 고유진동수 ····· 774
[그림 478]관절식 분기기 구조 ····· 774
[그림 479]처짐 측정 위치 ····· 775
[그림 480]속도별 분기기 장경간 거더의 처짐 ····· 775
[그림 481]속도별 분기기 끝단 처짐 ····· 776
[그림 482]차량의 진동 측정 ····· 776
[그림 483]분기 전 직선구간에서 속도별 차량 가속도 ····· 777

[그림 484]분기 후 곡선구간에서 속도별 차량 가속도 ····· 778
[그림 485]UIC-513 R 승차감 지수 ····· 779
[그림 486]분기 후 곡선구간의 차량의 UIC-513 승차감 지수 분석 ····· 779
[그림 487]분기 전 직선구간의 속도별 분기기 가속도 ····· 780
[그림 488]분기 전 직선구간의 속도별 가속도의 FFT결과 ····· 781
[그림 489]분기 후 곡선구간의 속도별 분기기 가속도 ····· 782
[그림 490]분기 후 곡선구간의 속도별 가속도의 FFT결과 ····· 783
[그림 491]분기 전 직선구간의 속도별 부상 공극 ····· 784
[그림 492]분기 후 곡선구간의 속도별 부상 공극 ····· 785
[그림 493]횡 공극 측정을 위한 갭센서 위치 ····· 785
[그림 494]분기 전 직선구간의 속도에 따른 횡 공극 ····· 786
[그림 495]분기 전 직선구간의 속도에 따른 횡 공극 ····· 786
[그림 496]자기부상열차의 횡 스키드 ····· 787
[그림 497]대차 사이드 프래임의 토폴로지 ····· 787
[그림 498]횡 스키드의 기구적 운동 방정식 개념 ····· 788
[그림 499]차량 속도에 따른 횡 스키드 변위 ····· 788
[그림 500]부상안내레일의 형상 및 제원 ····· 791
[그림 501]추진도체판의 형상 및 제원 ····· 791
[그림 502]레그 끝단형상 R3,C3,C4에 대한 부상력 및 안내력 시험 ····· 791
[그림 503]부상안내레일 형상 및 제원 ····· 792
[그림 504]10m 궤광조립 상세 ····· 793
[그림 505]곡선부 롤벤딩 개요 ····· 794
[그림 506]곡선부 롤벤딩 시제품 단면치수 측정 위치 및 밴딩 면적 ····· 794
[그림 507]R=200m 인 경우 좌·우 레일 곡선반경 및 길이 ····· 795
[그림 508]Twin-block 침목 ····· 799
[그림 509]Mono-block 침목 ····· 799
[그림 510]10m 궤광의 침목배치 예 ····· 800
[그림 511]15m 궤광의 침목배치 예 ····· 800
[그림 512]Twin-block 침목 하중전달 양상 ····· 801
[그림 513]Mono-block 침목 하중전달 양상 ····· 801
[그림 514]트윈블럭 침목 격벽 보강 형상 ····· 801
[그림 515]10m 궤광의 침목배치 예 ····· 802
[그림 516]과학관 및 기계연구원에 설치된 레일이음매 ····· 803
[그림 517]인천 시험노선에 설치된 레일 이음매 ····· 804
[그림 518]부상안내레일 모따기 ····· 804
[그림 519]레일 모따기 위치 및 범위 ····· 805

[그림 520]레일 유간장치 형상 ····· 805
[그림 521]레일 유간장치와 갭센서 상호작용 ····· 806
[그림 522]레일 유간장치 중앙부를 당초 200mm에서 260mm로 확대 제작 ···· 807
[그림 523]과학관, 기계연 시험선 추진도체판 연결방법 일본 리니모 ····· 808
[그림 524]추진도체판 상면 볼팅 ····· 808
[그림 525]추진도체판 측면 볼팅 ····· 808
[그림 526]차량한계 ····· 818
[그림 527]자기부상열차의 하중분포 ····· 822
[그림 528]차량 횡하중 ····· 823
[그림 529]스키드 하중의 횡방향 작용위치 ····· 824
[그림 530]인천 자기부상철도 시범노선 구간 평면선형 현황 ····· 828
[그림 531]인천 자기부상열차 시범노선구간 교량 현황 ····· 832
[그림 532]궤도틀림의 종류 ····· 841
[그림 533]궤간틀림 개요 ····· 841
[그림 534]수평, 수직 틀림 개요 ····· 841
[그림 535]이음매 단차 개요 ····· 842
[그림 536]레일 상·하 단차 개요 ····· 842
[그림 537]평면성 틀림 개요 ····· 842
[그림 538]면 틀림 개요 ····· 842
[그림 539]줄 틀림 개요 ····· 843
[그림 540]수평 틀림 개요 ····· 843
[그림 541]평면성 틀림 개요 ····· 843
[그림 542]궤간틀림 개요 ····· 844
[그림 543]줄틀림 개요 ····· 844
[그림 544]면틀림 개요 ····· 844
[그림 545]이음매 단차 개요 ····· 845
[그림 546]수평틀림 개요 ····· 845
[그림 547]레일 뒤틀림 개요 ····· 845
[그림 548]차량의 부상센서 신호 ····· 848
[그림 549]자기부상열차의 하중분포 ····· 854
[그림 550]처짐해석 결과 ····· 856
[그림 551]25m PC BOX 설계도 ····· 856
[그림 552]200kh급 자기부상열차 예(3량 1편성 구조) ····· 857
[그림 553]차량 구성(4대차 구조) ····· 858
[그림 554]주행저항 성분(편성) ····· 859
[그림 555]구배에 따른 주행저항(차량) ····· 860

[그림 556]LIM 특성 곡선(1대차 8 LIM model) ····· 861
[그림 557]SINGLE SIDED LIM Geometry ····· 862
[그림 558]SINGLE SIDED LIM Equivalent circuit ····· 863
[그림 559]SINGLE SIDED LINEAR INDUCTION MOTOR (SLIM)
Design Procedure ····· 863
[그림 560]선형 유도기 기초 설계안 추력해석 ····· 864
[그림 561]선형 유도기 기초 설계안 수직력 해석 ····· 864
[그림 562]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 추력 및 부상력 특성 ····· 865
[그림 563]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 전류 특성 ····· 866
[그림 564]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 전압 특성 ····· 866
[그림 565]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 임피던스 특성 ····· 867
[그림 566]200kph 급 선형 유도 전동기 기본설계안 ····· 868
[그림 567]선형 유도 전동기 요소분할도 ····· 869
[그림 568]선형 유도 전동기 자속선도 ····· 869
[그림 569]선형 유도 전동기 자속 밀도 분포도 ····· 869
[그림 570]선형 유도 전동기 2차측 와전류 분포도 ····· 870
[그림 571]시간에 따른 추력 해석 결과 ····· 870
[그림 572]슬립 주파수에 따른 LIM의 흡인력과 추진력 해석 결과 ····· 871
[그림 573]200km/h 급 LIM 개선 모델 ····· 872
[그림 574]2D FULL MODEL ANALYSIS RESULT ····· 873
[그림 575]슬립에 따른 추력 및 흡인력 해석 결과 ····· 873
[그림 576]일정주파수·일정전압별 속도에 따른 추력특성 ····· 875
[그림 577]주파수별 속도에따른 추력특성 ····· 876
[그림 578]주파수별 슬립에따른 추력특성 ····· 876
[그림 579]도시형LIM, 고속LIM과 차량 주행저항의 특성 비교 ····· 877
[그림 580]인버터 시스템 구성 ····· 877
[그림 581]속도에 따른 추력 특성 해석(V/f 일정 제어) ····· 879
[그림 582]구속 조건에서의 슬립주파수에 따른 추력 특성(250Arms) ····· 879
[그림 583]구속 조건에서의 슬립주파수에 따른 추력 특성(280Arms) ····· 880
[그림 584]운전 주파수별 속도에 따른 추력 특성 해석 ····· 880
[그림 585]운전 주파수별 슬립 주파수에 따른 추력 특성 해석 ····· 881
[그림 586]차량당 속도에 따른 추력 특성 곡선의 비교 ····· 881
[그림 587]설계된 선형 유도 전동 ····· 882
[그림 588]회전형 시험기 ····· 882
[그림 589]12극 Arc type LIM CAD 도면 ····· 883
[그림 590]회전형 시험기 3D 도면 ····· 885

[그림 591]보조전원장치 치수 측정 항목 ····· 892
[그림 592]인천공항 시범노선 시험장소 ····· 897
[그림 593]자기부상열차 주회로 회로도면 ····· 898
[그림 594]계측기 설치 사진 ····· 899
[그림 595]노치별 전력량 계측 (60Km/h) ····· 902
[그림 596]노치별 전력량 계측 (80Km/h) ····· 905
[그림 597]본선 전력량 계측(하선) ····· 908
[그림 598]본선 속도 프로파일(하선) ····· 909
[그림 599]본선 전력량 계측(상선) ····· 911
[그림 600]본선 속도 프로파일(상선) ····· 911
[그림 601]경산 K-AGT 시험선 (A역↔B역 왕복주행) ····· 913
[그림 602]경산 K-AGT 시험선 선로조건 ····· 913
[그림 603]경산 K-AGT 전력시스템 구성 ····· 914
[그림 604]경산 K-AGT 전력량 계측방법 ····· 914
[그림 605]경산 K-AGT 시험선 역간 운행패턴 ····· 915
[그림 606]ESS 동작 시 변전소 소비전력 측정파형 ····· 915
[그림 607]ESS 동작 시 운행패턴 곡선 ····· 915
[그림 608]ESS 정지 시 변전소 소비전력 측정파형 ····· 916
[그림 609]ESS 정지 시 운행패턴 곡선 ····· 916
[그림 610]자동/수동운전 시험 운전 패턴 ····· 918
[그림 611]자동/수동운전 인버터 전류패턴 ····· 918
[그림 612]신규 보조전원장치 왜율 및 효율 ····· 919
[그림 613]신호 운전그래프 ····· 921
[그림 614]토목 운전그래프 ····· 921
[그림 615]차량 운전그래프 ····· 922
[그림 616]TPS 데이터 베이스 ····· 923
[그림 617]상선 TPS 그래프 ····· 924
[그림 618]하선 TPS 그래프 ····· 925
[그림 619]실제 자동운전(ATO) 운행 속도프로파일(104-105역) ····· 928
[그림 620]TPS 자동운전(ATO) 운행속도프로파일(104-105역) ····· 928
[그림 621]수동운전 속도 5km/h 재추정 운행 속도프로파일(104-105역) · 929
[그림 622]TPS 수동운전 속도 5km/h 재추정 운행 속도프로파일(104-105역) · 929
[그림 623]실제 Full Coast 속도프로파일(104-105역) ····· 929
[그림 624]Full Coast 추정 운행 속도프로파일(104-105역) ····· 930
[그림 625]하선 재설계 TPS 운전 패턴 ····· 931
[그림 626]상선 재설계 TPS 운전 패턴 ····· 931

[그림 627]하선 제안 TPS(1안) 운전 패턴 ····· 932
[그림 628]상선 제안 TPS(1안) 운전 패턴 ····· 932
[그림 629]하선 제안 TPS(2안) 운전 패턴 ····· 934
[그림 630]상선 제안 TPS(2안) 운전 패턴 ····· 934
[그림 631]제안 TPS(1안)와 실제 운행데이터(하선) ····· 936
[그림 632]제안 TPS(1안)와 실제 운행데이터(상선) ····· 938
[그림 633]선형유도전동기의 코어 제원 ····· 939
[그림 634]선형유도전동기의 권선 분포 ····· 939
[그림 635]선형유도전동기의 FEM 모델링 ····· 940
[그림 636]선형 유도전동기의 전압, 전류 운전특성 ····· 940
[그림 637]정토크영역에서의 슬립에 따른 추진력 해석 결과 ····· 942
[그림 638]정토크영역에서의 속도에 따른 추진력 해석 결과 ····· 942
[그림 639]정토크영역에서의 슬립에 따른 수직력 해석 결과 ····· 943
[그림 640]정출력영역에서의 슬립에 따른 추진력 해석 결과 ····· 943
[그림 641]정출력영역에서의 속도에 따른 추진력 해석 결과 ····· 944
[그림 642]단측식 선형유도전동기의 해석 모델 ····· 945
[그림 643]2공극과 Rotor의 인터페이스 ····· 947
[그림 644]고정자와 회전자의 형상 및 재질 ····· 948
[그림 645]슬립주파수에 따른 추진력과 수직력의 비 ····· 949
[그림 646]노치에 따른 슬립주파수의 변경 가능 범위 ····· 951
[그림 647]선형 유도전동기 모델 ····· 952
[그림 648]회로와 수식을 기반으로 한 선형 전동기 모델 ····· 952
[그림 649]기계 부하 시스템 모델 ····· 953
[그림 650]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 블록도 ····· 955
[그림 651]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어시뮬레이션 프로그램 ····· 955
[그림 652]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 시뮬레이션 결과 예 ····· 956
[그림 653]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과 957
[그림 654]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과 958
[그림 655]유도 전동기의 간접벡터 제어방식 ····· 959
[그림 656]슬립 주파수 일정제어에 기반 간접 벡터 제어 알고리즘 ····· 959
[그림 657]슬립주파수 일정 벡터제어 시뮬레이션 프로그램 ····· 960
[그림 658]슬립주파수 및 전류실효치 지령에 따른 슬립주파수 일정제어를 위한 d,q축 전류지령 계산 ····· 960
[그림 659]슬립주파수 일정 벡터제어 시뮬레이션 결과 예 ····· 961
[그림 660]슬립주파수 일정 벡터제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과 … 961
[그림 661]슬립주파수 일정 벡터제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과 … 962

[그림 662]슬립주파수 일정 실효치 전류제어방식 ····· 964
[그림 663]백터제어 동기좌표계 PI 전류제어방식 ····· 965
[그림 664]전류제어방식의 성능비교 ····· 966
[그림 665]전류제어방식의 성능비교 ····· 966
[그림 666]벡터제어, 추진제어시 슬립주파수와 속도에 따른 수직력 ····· 967
[그림 667]벡터제어, 추진제어시 임계수직력 이하의 슬립주파수별 가능 운전 영역 ····· 968
[그림 668]벡터제어, 제동제어시 슬립주파수와 속도에 따른 수직력 ····· 969
[그림 669]벡터제어, 제동제어시 임계수직력 이하의 슬립주파수별 가능 운전 영역 ····· 971
[그림 670]운전 효율의 평가 방법 (공차조건 19.8톤/량) ····· 972
[그림 671]회생제동과 플러깅제동 ····· 973
[그림 672]가속운전 속도 프로파일(P4) ····· 975
[그림 673]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph->50kph) ····· 975
[그림 674]가속운전 속도 프로파일(P3) ····· 976
[그림 675]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P3, 0kph->50kph) ····· 977
[그림 676]가속운전 속도 프로파일(P4) ····· 978
[그림 677]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph->70kph) ····· 978
[그림 678]감속운전 속도 프로파일(B7) ····· 979
[그림 679]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B7, 50kph->5kph) ····· 980
[그림 680]감속운전 속도 프로파일(B6) ····· 981
[그림 681]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B6, 50kph->5kph) ····· 982
[그림 682]감속운전 속도 프로파일(B5) ····· 983
[그림 683]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B5, 50kph->5kph) ····· 983
[그림 684]감속운전 속도 프로파일(B4) ····· 985
[그림 685]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B4, 50kph->5kph) ····· 985
[그림 686]감속운전 속도 프로파일(B4) ····· 987
[그림 687]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B3, 50kph->5kph) ····· 987
[그림 688]50km/h 주행 패턴(공차조건, 19.8톤/량) ····· 988
[그림 689]운전모드별 가감속시간 ····· 991
[그림 690]운전모드별 입력에너지 ····· 991
[그림 691]운전모드별 가감속 이동거리 ····· 992
[그림 692]운전모드별 가속도 ····· 992
[그림 693]LIM 요구성능 ····· 997
[그림 694]4S2P 결선된 LIM ····· 997
[그림 695]슬립주파수 제어 개념도 ····· 998

[그림 696]HSST 05 차량의 제어 개념도 ····· 999
[그림 697]HSST 05 차량의 전류제어, PWM 제어 개념도 ····· 1000
[그림 698]HSST-05 주행시험결과 ····· 1000
[그림 699]일본 CHUBU HSST-100S 인버터 및 LIM 결선 ····· 1001
[그림 700]일본 CHUBU HSST-100S 추력제어 블록선도 ····· 1001
[그림 701]일본 CHUBU HSST-100S 주행 시험 결과(full load, 1992) · 1002
[그림 702]HSST 100L 주요 회로도(MC1-M-MC2 편성) ····· 1003
[그림 703]시제차량 제어시의 성능 시험 결과 ····· 1004
[그림 704]기존 제어 알고리즘의 문제점 ····· 1005
[그림 705]개선된 추진 제어 알고리즘 ····· 1007
[그림 706]역행단 추력 지령 패턴 ····· 1010
[그림 707]제동단 제동력 지령 패턴 ····· 1010
[그림 708]역행단 전류 지령 패턴 ····· 1010
[그림 709]제동단 전류 지령 패턴 ····· 1011
[그림 710]역행단 인버터 전압 패턴 ····· 1011
[그림 711]제동단 인버터 전압 패턴 ····· 1011
[그림 712]전류 특성(FEM해석) ····· 1012
[그림 713]추력 특성(FEM해석) ····· 1012
[그림 714]수직력 특성(FEM해석) ····· 1012
[그림 715]LIM 출력 특성(FEM해석) ····· 1013
[그림 716]Inverter 입력전력(FEM해석) ····· 1013
[그림 717]인버터 입력전류 특성(FEM해석) ····· 1013
[그림 718]제동시 제동력, 수직력, 전류 특성(FEM해석, B7(100%)) ····· 1014
[그림 719]제동시 인버터 입력전력(FEM해석) ····· 1014
[그림 720]제동시 전차선 전류 및 전력(FEM해석) ····· 1015
[그림 721]도시형 자기부상열차용 LIM의 결선 ····· 1016
[그림 722]슬립 주파수 제어 패턴 ····· 1017
[그림 723]LIM의 등가회로 ····· 1017
[그림 724]속도 패턴 ····· 1021
[그림 725]거리-속도 패턴 ····· 1022
[그림 726]LIM 추력 및 제동력 패턴 ····· 1022
[그림 727]차량의 가속도 및 감속도 패턴 ····· 1022
[그림 728]LIM 1차측 전류 ····· 1023
[그림 729]LIM 효율 ····· 1023
[그림 730]LIM 1대 전압 특성 ····· 1023
[그림 731]인버터 주파수 특성 ····· 1024

[그림 732]인버터 입력 전력 특성 ····· 1024
[그림 733]인버터 입력 에너지 누적 곡선 ····· 1024
[그림 734]속도 패턴 ····· 1025
[그림 735]거리-속도 패턴 ····· 1026
[그림 736]LIM 추력 및 제동력 패턴 ····· 1026
[그림 737]차량의 가속도 및 감속도 패턴 ····· 1026
[그림 738]LIM 1차측 전류 ····· 1027
[그림 739]LIM 효율(P4-B7) ····· 1027
[그림 740]LIM 1대 전압 특성 ····· 1027
[그림 741]인버터 주파수 특성 ····· 1028
[그림 742]인버터 입력 전력 특성 ····· 1028
[그림 743]인버터 입력 에너지 누적 곡선 ····· 1028
[그림 744]운전효율 향상을 위한 슬립주파수의 설정 ····· 1029
[그림 745]기존의 역상제동 구간 ····· 1030
[그림 746]역상제동 구간 축소를 통한 LIM 소비전력 절감 ····· 1030
[그림 747]기존 알고리즘 적용시(P1-P2-P3-P4, B7) ····· 1034
[그림 748]개선 알고리즘 적용시(P1-P2-P3-P4, B7) ····· 1035
[그림 749]기존 알고리즘 적용시(P4, B1-B3-B5-B7) ····· 1036
[그림 750]개선 알고리즘 적용시(P4, B1-B3-B5-B7) ····· 1037
[그림 751]기존 알고리즘 적용시(P4, B2-B4-B6) ····· 1038
[그림 752]개선 알고리즘 적용시(P4, B2-B4-B6) ····· 1039
[그림 753]기존 알고리즘 적용시(P4, B7) ····· 1040
[그림 754]개선 알고리즘 적용시(P4, B7) ····· 1041
[그림 755]기존 알고리즘 적용시 인버터 입력 전력량[kWh] 측정을 위한 시험 1042
[그림 756]개선 알고리즘 적용시 인버터 입력 전력량[kWh] 측정을 위한 시험 1045
[그림 757]도시형 자기부상열차의 유한요소모델 (shaded view) ····· 1050
[그림 758]설계변수 정의 ····· 1051
[그림 759]수직하중시험조건에서의 설계변수의 변화 ····· 1052
[그림 760]수평압축하중시험조건에서 설계변수의 변화 ····· 1053
[그림 761]비틀림 하중조건에서 설계변수의 변화 ····· 1053
[그림 762]3점지지 하중시험조건에서 설계변수의 변화 ····· 1054
[그림 763]최적화 된 모델의 수직하중시험조건에서의 응력분포 ····· 1055
[그림 764]최적화 된 모델의 수평압축 하중시험조건에서의 응력분포 ··· 1055
[그림 765]최적화 된 모델의 비틀림 하중시험조건에서의 응력분포 ····· 1056
[그림 766]최적화 된 모델의 3점지지 하중시험조건에서의 응력분포 ····· 1056
[그림 767]최적화 된 모델의 굽힘 고유진동수 (deformed shape) ····· 1057

[그림 768]차체 주요 부재 두께 감소 가능 부위 ····· 1058
[그림 769]출입문 형상 및 동작방식 비교 ····· 1059
[그림 770]도어포켓 구조 설치 위치(차량 상면도) ····· 1060
[그림 771]도어포켓 적용에 따른 차량 외형 변경 부위 ····· 1060
[그림 772]포켓 슬라이딩 도어 구성품 배치도 ····· 1061
[그림 773]전두부 및 전면창의 형상 ····· 1063
[그림 774]기존 제어시스템 블록 다이어그램 ····· 1065
[그림 775]유압제동시스템 블록 다이어그램 ····· 1065
[그림 776]외부수전 커넥터 위치 ····· 1067
[그림 777]단로기 위치 위치 ····· 1068
[그림 778]자기부상열차 추진제어장치 손실계산 시뮬레이션 ····· 1071
[그림 779]자기부상열차 추진제어장치 열해석 결과 ····· 1072
[그림 780]자기부상열차 리액터 설계 및 해석모델(위측) ····· 1075
[그림 781]자기부상열차 리액터 설계 및 해석모델(단측) ····· 1076
[그림 782]공심형 리액터 3-d 유한요소 해석 모델 ····· 1076
[그림 783]공심형 리액터 자속밀도 분포(해석시 전류 : 40[A]) ····· 1077
[그림 784]외반경에 따른 인덕턴스(Inductance) ····· 1078
[그림 785]외반경에 따른 중량(weight) ····· 1078
[그림 786]외반경에 따른 중량당 인덕턴스(Inductance/weight) ····· 1079
[그림 787]턴 수 및 축방향 길이에 따른 인덕턴스(Inductance) ····· 1080
[그림 788]턴 수 및 축방향 길이에 따른 중량(Weight) ····· 1080
[그림 789]턴 수 및 축방향 길이에 따른 중량당 인덕턴스 ····· 1081
[그림 790]코일 단 수에 따른 인덕턴스(Inductance) ····· 1082
[그림 791]코일 단 수에 따른 인덕턴스(Weight) ····· 1082
[그림 792]코일 단 수에 따른 중량당 인덕턴스(Inductance/Weight) ····· 1083
[그림 793]코일 20kHa, 0.05T[W/kg]에서의 코어 손실 비교 ····· 1084
[그림 794]고주파수 코어손실 곡선 ····· 1084
[그림 795]철심형 리액터의 해석사양 ····· 1084
[그림 796]철심 두께에 따른 인덕턴스(Inductance) ····· 1085
[그림 797]철심 두께에 따른 중량(Weight) ····· 1085
[그림 798]철심 두께에 따른 중량대비 인덕턴스(Inductance/Weight) ···· 1086
[그림 799]철심과 코일 내경의 거리에 따른 인덕턴스(Inductance) ····· 1087
[그림 800]철심과 코일 내경의 거리에 따른 중량(Weight) ····· 1087
[그림 801]철심과 코일 내경의 거리에 따른 중량 대비 인덕턴스 ····· 1088
[그림 802]외반경에 따른 인덕턴스(Inductance) ····· 1089
[그림 803]외반경에 따른 중량(Weight) ····· 1089

[그림 804]외반경에 따른 중량대비 인덕턴스(Inductance/Weight) ····· 1090
[그림 805]최종 모델 ····· 1092
[그림 806]자기부상용 인버터 구조 ····· 1099
[그림 807]VCT00178B_MAIN_FUSE_BOX_ARRANGEMENT ····· 1102
[그림 808]VCT01577D_INVERTER_BOX_ARRANGEMENT ····· 1103
[그림 809]VCT01685E_LB_BOX_ARRANGEMENT ····· 1104
[그림 810]VCT01750D_INVERTER_BOX_OUTLINE ····· 1105
[그림 811]VCT01751B_IGBT_STACK_ASSEMBLY ····· 1106
[그림 812]VCT01752A_HEAT_SINK ····· 1107
[그림 813]VCT01756_GDU_INVERTER ····· 1108
[그림 814]VCT01761C_IGBT_STACK_ASSEMBLY ····· 1109
[그림 815]VCT01762B_HEAT_SINK ····· 1110
[그림 816]VCT01767_FILTER_CAPACITOR ····· 1111
[그림 817]VCT01781C_FL_BOX_ARRANGEMENT ····· 1112
[그림 818]VCT01785E_LB_BOX_OUTLINE ····· 1113
[그림 819]OVRE_BOX_ARRANGEMENT ····· 1114
[그림 820]VCT01883B_MAIN_FUSE_BOX_OUTLINE ····· 1115
[그림 821]VCT01933C_OVRE_OUTLINE ····· 1116
[그림 822]일반 유도전동기 MATLAB 모델(고정자 정지좌표계) ····· 1119
[그림 823]전류모델 자속관측기의 구현(회전자 좌표계) ····· 1122
[그림 824]LIM 수직력/추진력 특성 예 ····· 1126
[그림 825] 슬립주파수 가변제어 ····· 1130
[그림 826] 공간전압벡터PWM 전압제한. ····· 1131
[그림 827]전압제한 하에서의 전압벡터도 ····· 1132
[그림 828]상전도식 LIM 구조 ····· 1134
[그림 829]LIM의 와전류 형성 ····· 1135
[그림 830]일반 유도전동기의 상당 등가회로 ····· 1137
[그림 831]단위 와전류 및 단위 공극자속의 시간적 변화 ····· 1138
[그림 832]1차/2차 자속분전류(MMF) ····· 1139
[그림 833]자속감소를 고려한 LIM의 상당 등가회로 ····· 1140
[그림 834]출력기준 LIM의 상당 등가회로 ····· 1141
[그림 835]단부효과를 고려한 LIM의 상당 등가회로(Ducan모델) ····· 1143
[그림 836]유효 등가인덕턴스를 고려한 LIM의 dq 등가회로 ····· 1143
[그림 837]단부효과 Q팩터 및 F(Q) 연산회로 ····· 1144
[그림 838]단부효과를 고려한 LIM MATLAB 모델 ····· 1144
[그림 839]LIM벡터제어 메인 알고리즘 블록 ····· 1146

[그림 840]LIM벡터제어 메인 알고리즘 블록 ····· 1147
[그림 841]LIM벡터제어 슬립-기준값 발생부 ····· 1147
[그림 842]LIM벡터제어 일정슬립주파수 벡터제어부 ····· 1148
[그림 843]LIM벡터제어 약계자제어부 ····· 1149
[그림 844]LIM벡터제어 자속제어기 ····· 1150
[그림 845]LIM벡터제어 단부효과 보정부 ····· 1151
[그림 846]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V,자속제어하지 않은 경우) ···· 1154
[그림 847]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V, 자속제어 함) ····· 1158
[그림 848]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V, 단부효과있음, 보상 않함) ·· 1160
[그림 849]속도변화에 따른 상호인덕턴스의 변화 ····· 1162
[그림 850]LIM 단부효과 ····· 1162
[그림 851]LIM벡터제어 시뮬레이션
(750V, 단부효과있음, 보상기적용, D=2.3m) ····· 1163
[그림 852]일반 발전소 프로젝트파이낸스 기본구조 ····· 1175
[그림 853]KOTRA 해외프로젝트 정보제공 메일서비스 예시 ····· 1178
[그림 854]국내 고속철도의 해외진출 추진체계 ····· 1183
[그림 855]경전철의 운영비 구조 ····· 1247
[그림 856]Y자형 자기부상열차 노선도 ····· 1270
[그림 857]기술 History Board ····· 1288
[그림 857]러시아 네트워크 연계방안 ····· 1299
[그림 858]아랍에미리트연합(UAE) 네트워크 연계방안 ····· 1303
[그림 859]터키 네트워크 연계방안 ····· 1306
[그림 860]자산 기반의 브랜드 가치 제공 모델 ····· 1337
[그림 861]C-E-D 모델을 활용한 브랜드 아이덴티티 수립 프로세스 ···· 1339
[그림 862]타깃 전략 - 그룹별 대응 ····· 1356
[그림 863]커뮤니케이션 전략 - 단계적 접근 ····· 1357
[그림 864]기술사업화 핵심 성공요인 도출 ····· 1423
[그림 865]SOC 분야 재원배분 추이 ····· 1426
[그림 866]SOC 재정투자 대비 SOC 민간투자 비중(%) ····· 1428
[그림 867]사업부문별 BTO 사업 건수 ····· 1428
[그림 868]사업부문별 BTO 사업 투자금액 ····· 1429
[그림 869]국가간 총 지출 대비 SOC 비중 추이 ····· 1430
[그림 870]사회간접자본 발주형태별 특징 ····· 1432
[그림 871]민간참여의 정도에 따른 사업추진방식 ····· 1435
[그림 872]BTO와 BTL의 차이 ····· 1438
[그림 873]프로젝트 파이낸싱 투자회사의 구조도(SPC 경우) ····· 1440

[그림 874]사회간접자본 민간투자사업 시 SPC 역할 ····· 1441
[그림 875]SPC 수행업무 체계도 ····· 1441
[그림 876]시기별 주요 사회간접자본 추진현황 ····· 1442
[그림 877]국내 사회간접자본 시장에서 민간투자 ····· 1443
[그림 878]고속철도 사업 도입과 운영단계에서 기관역할 ····· 1445
[그림 879]고속철도 사업 시사점 ····· 1448
[그림 880]UAE원전 수출 사업 시사점 ····· 1451
[그림 881]사회간접자본 성공요인 도출 (안용선 외2, 2011) ····· 1453
[그림 882]사회간접자본 핵심성공요인 도출 ····· 1454
[그림 883]PPP vs PW 계약 및 운영 차이 ····· 1458
[그림 884]사업 속성별 수익성-공익성에 따른 포지셔닝 ····· 1459
[그림 885]분야별 국내 PPP사업 투자 현황 ····· 1463
[그림 886]사회간접자본 국내 PPP 투자 비율 변화 ····· 1463
[그림 887]산업별 PPP 적용 현황 ····· 1465
[그림 888]공공-민간협업체계 핵심성공요인 도출 ····· 1469
[그림 889]JARTS 설립 배경 및 참여 구조 ····· 1470
[그림 890]JARTS 설립 출자 참여 기관 및 조직도 ····· 1471
[그림 891]JARTS의 해외 사업 수주 현황 ····· 1472
[그림 892]JIC 설립출자 구성 및 구조도 ····· 1474
[그림 893]JARTS 컨설팅 사업 양도 후 업무체계 ····· 1475
[그림 894]JARTS 내용요약 및 시사점 ····· 1477
[그림 895]SYSTRA 지역별 매출 비율 ····· 1479
[그림 896]SYSTRA 조직 체계 ····· 1480
[그림 897]SYSTRA 주주 현황 ····· 1480
[그림 898]SYSTRA 서비스 프레임워크 ····· 1481
[그림 899]Transrapid International ····· 1485
[그림 900]뮌헨중앙역 - 뮌헨공항 프로젝트 계획도 ····· 1487
[그림 901]계획 및 설계 단계 프로젝트 조직 체계 ····· 1488
[그림 902]California-Nevada Maglev Project Team 구성도 및 기술 지원 ··· 1490
[그림 903]프로젝트 파이낸싱 재무 구조 ····· 1490
[그림 904]인천국제공항철도 프로젝트 개요 ····· 1493
[그림 905]프로젝트 추진 참여구조 변화 ····· 1495
[그림 906]프로젝트 수행 단계별 조직 체계 ····· 1495
[그림 907]인천공항철도 프로젝트 참여 민/관 역할 ····· 1496
[그림 908]해외진출 추진체계의 구성요소와 협력관계 ····· 1499
[그림 909]한국제안계획(철도연 2007)과 브라질 PAC 채택 공고 ····· 1503

[그림 910]SMRT 조직 체계 ····· 1506
[그림 911]철도기관간 업무관계 ····· 1508
[그림 912]해외 철도사업 수행조직 ····· 1509
[그림 913]남아프리카공화국 대중교통 이용현황 ····· 1514
[그림 914]남아프리카공화국 철도관련 기관 구조 ····· 1516
[그림 915]남아프리카공화국 고속철도 프로젝트 설계(안) ····· 1518
[그림 916]인도 화물 철도 복선화 사업 타당성 분석(2007) ····· 1522
[그림 917]인도 교통 계획 흐름도 ····· 1523
[그림 918]사업 추진 단계별 조직 구성 ····· 1524
[그림 919]TGV 운영에 따른 마진율 계산 ····· 1528
[그림 920]사회간접자본 기술사업화 핵심성공요인 ····· 1535
[그림 921]철도 사례 분석 기반 핵심성공요인 ····· 1536
[그림 922]자기부상열차 설립 및 운영 단계 핵심 성공요인 ····· 1538
[그림 923]전문기관 설립 방향 정립 Framework ····· 1540
[그림 924]Gill의 중앙정부부문 기관 유형 분류체계 ····· 1542
[그림 925]국민계정체계 기반 부문 및 제도단위 구분 ····· 1542
[그림 926]전문기관 설립(안) Positioning Map ····· 1546
[그림 927]전문기관 설립(안) 비교 : 1차 정량적 분석 ····· 1557
[그림 928]전문기관 설립(안) 비교 : 2차 현실가능 측면 정성적 분석 ··· 1558
[그림 929]사업 운영 시 적합 전문기관(안) 비교 ····· 1562
[그림 930]사업 운영 시 적합 전문기관(안) 비교 ····· 1563
[그림 931]단계별 전문기관 설립 후보군 도출(안) ····· 1567
[그림 932]단계별 최적 전문기관(안) 특성 ····· 1568
[그림 933]자기부상열차 기술사업화 전문기관 비전 및 목표 ····· 1570
[그림 934]자기부상열차 기술사업화 단계별 수행 목표 ····· 1572
[그림 935]자기부상열차 기술사업화 단계별 전략 및 주요 활동 ····· 1573
[그림 936]기술사업화 전문기관 협력 기업 간 서비스 체계도 ····· 1575
[그림 937]사업화 기반 구축 단계 조직의 서비스 체계도 ····· 1576
[그림 938]지속적 운영단계 서비스 체계도 : 사단법인 +영리법인 ····· 1578
[그림 939]지속적 운영단계 서비스 체계도 : 연구조합 ····· 1579
[그림 940]사전 시장 조사 분석 단계 전문기관 서비스 체계도 ····· 1581
[그림 941]프로젝트 기획 단계 전문기관 서비스 체계도 ····· 1582
[그림 942]프로젝트 기획 단계 전문기관 서비스 체계도 ····· 1583
[그림 943]핵심 수행업무 도출 Framework ····· 1583
[그림 944]Rail 분야 전문기관 사업화 주요 업무 체계 ····· 1584
[그림 945]기술사업화 핵심 수행 업무 도출 ····· 1585

[그림 946]네트워킹 및 파트너십 주요 내용 ····· 1587
[그림 947]타겟 국가 한경 및 정보 수집 주요 내용 ····· 1589
[그림 948]타겟 국가 마케팅 주요 내용 ····· 1592
[그림 949]사업 개발 및 컨설팅 주요 내용 ····· 1593
[그림 950]전문가 양성 교육 및 지원 주요 내용 ····· 1594
[그림 951]기술사업화 전문기관 단계별 실행 업무 ····· 1596
[그림 952]사업화 기반 구축 단계 사업화 전문기관 조직도 ····· 1603
[그림 953](사)한국철도신호기술협회 조직도 및 수행 위탁업무 ····· 1604
[그림 954]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 조직도 - 사단법인 · 1607
[그림 955]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 조직도 - 연구조합 · 1609
[그림 956](사)한국철도협회 조직도 및 참여기관 구조 ····· 1610
[그림 957]철도신호사업연구조합 조직도 및 회비 ····· 1611
[그림 958]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 조직도 - 사단법인 ··· 1614
[그림 959]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 조직도 - 연구조합 ··· 1616
[그림 960]JARTS와 JIC의 업무체계 변화와 JIC 출자구조 ····· 1617
[그림 961]업무위탁 재원조달 체계 ····· 1625
[그림 962]사단법인+민간기업 재원조달 체계 ····· 1627
[그림 963]연구조합 재원조달 체계 ····· 1629
[그림 964]국내·외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십 체계 ····· 1630
[그림 965]타겟 국가 환경 및 정보수집 체계 ····· 1632
[그림 966]타겟 국가에 대한 마케팅 체계 ····· 1632
[그림 967]사업 개발 및 컨설팅 체계 ····· 1633
[그림 968]전문가 양성 교육 및 지원 체계 ····· 1634
[그림 969]전문기관 운영 단계별 발전 방안 ····· 1636
[그림 970]R&D 기술의 민간 전이 이후 상용화 어려움 ····· 1644
[그림 971]기술사업화 기업 환경 생태계 활성화 기반 조성 방향 ····· 1646
[그림 972]일본 기술연구조합 제도 개요 ····· 1649
[그림 973]일본 기술연구조합 제도 신설 후 현황 ····· 1650
[그림 974]연구조합과 기술사업화 조합을 통한 지속적 기술 개발 발전 모델 1651
[그림 975]R&D 추진 시 사업화 방안 사전 기획 추가 방안 ····· 1652
[그림 976]도시철도법의 체계 ····· 1653
[그림 977]철도 관련 법들의 변천 ····· 1654
[그림 978]도시철도의 기능에 따른 철도법적용 체계 ····· 1660
[그림 979]도시철도 사업의 추진 절차 ····· 1671
[그림 980]도시철도와 궤도운송법의 사업추진 절차 ····· 1677
[그림 981]사업주체의 선택요인 ····· 1686

[그림 982]도시철도 등 편리성 증진법의 개요 ····· 1692
[그림 983]속도향상 시책의 유형화 ····· 1692
[그림 984]특정도시철도정비적립금 제도의 활용 예 ····· 1696
[그림 985]제도의 개요 ····· 1697
[그림 986]특정도시철도정비사업의 스킴 ····· 1697
[그림 987]특정도시철도정비 특별적립금제도에 의한 공사 현황 ····· 1698
[그림 988]사업의 주체와 부담자 ····· 1703
[그림 989]사업주체별 조달자금의 종류와 부담자 ····· 1708
[그림 990]Berlin의 Zone구분 ····· 1740
[그림 991]Chemnitz의 Zone 구분 ····· 1754
[그림 992]Metrolink 노선현황 ····· 1799
[그림 993]Metrolink 노선현황 ····· 1803
[그림 994]Super tram 노선현황 ····· 1809
[그림 995]Key output 0 사업현황 ····· 1817
[그림 996]Themeslink Progremme 노선현황 ····· 1818
[그림 997]Crossrail 노선현황(전체 및 상세도) ····· 1829
[그림 998]영국 철도법 체계 ····· 1832
[그림 999]도시철도법 전부개정 방향 ····· 1848
[그림 1000]특수철도법안 신설 방향 ····· 1849
[그림 1001]대구도시철도 3호선 정거장 평면도 ····· 1955
[그림 1002]대구도시철도 3호선 정거장 종단면도 ····· 1955
[그림 1003]대구도시철도 3호선 승강장 폭 산정 단면 ····· 1956
[그림 1004]화장실 과대 예(대구도시철도 3호선) ····· 1957
[그림 1005]화장실 최소 예(광주도시철도 2호선) ····· 1957
[그림 1006]열차 출고절차 (1/4) ····· 1970
[그림 1007]열차 출고절차 (2/4) ····· 1971
[그림 1008]열차 출고절차 (3/4) ····· 1972
[그림 1009]열차 출고 시 예외처리 절차 (4/4) ····· 1973
[그림 1010]열차 출고 시 장소별 업무 ····· 1973
[그림 1011]일반 역에서의 열차 출발 및 도착 업무흐름도 ····· 1975
[그림 1012]일반 역에서 열차 출발 및 도착 시 장소별 업무 ····· 1975
[그림 1013]단말(회차)역에서 열차 출발 및 도착 업무흐름도 ····· 1977
[그림 1014]단말(회차)역에서 열차 출발 및 도착 시 장소별 업무 ····· 1977
[그림 1015]신호 정지점에서의 열차 정지 및 재출발 절차 ····· 1979
[그림 1016]전방열차에 의한 신호 정지점에서의 정지 및 재출발 ····· 1980
[그림 1017]진로개통 신호에 따른 신호 정지점에서의 정지 및 재출발 · 1980

[그림 1018]유치선 입고절차 (1/2) ····· 1982
[그림 1019]유치선 입고절차 (2/2) ····· 1983
[그림 1020]차량기지 입환 절차(1/2) ····· 1985
[그림 1021]차량기지 입환 절차(2/2) ····· 1985
[그림 1022]임시 속도제한 설정 업무절차 ····· 1986
[그림 1023]임시 속도제한 해제 업무절차 ····· 1986
[그림 1024]회복운전 업무절차 ····· 1987
[그림 1025]열차 종별 변경 업무절차 ····· 1987
[그림 1026]비상정지버튼 동작 시 업무절차 ····· 1988
[그림 1027]비상정지버튼 작동 시 업무절차 ····· 1989
[그림 1028]개발 범위 ····· 2127
[그림 1029]개발 절차 ····· 2128
[그림 1030]열차운영 스케줄 결과로 형성된 열차운영 DIA 도표 ····· 2131
[그림 1031]기본 네트워크 모형(예) ····· 2131
[그림 1032]Multicommodity 네트워크모형 ····· 2131
[그림 1033]검수조건 완화 시 실험결과 ····· 2132
[그림 1034]주행/시간 곡선 ····· 2132
[그림 1035]열차 운행시뮬레이터의 기본 구성도 ····· 2133
[그림 1036]연구 흐름도 ····· 2134
[그림 1037]호남고속철도 열차운영계획 방법론 ····· 2135
[그림 1038]열차운행시간예측 시뮬레이션 흐름도 ····· 2137
[그림 1039]비용 추정방법 ····· 2140
[그림 1040]비용 추정과정 ····· 2140
[그림 1041]철도 운영 효율성 평가 시스템 흐름도 ····· 2145
[그림 1042]철도운영 효율성 평가 시스템의 전체 구성도 ····· 2146
[그림 1043]공차운행이 없는 운행형태의 노선 운행 일정 수립 ····· 2148
[그림 1044]공차운행이 있는 운행형태의 노선 운행 일정 수립 ····· 2149
[그림 1045]모형 Graph 구축 1단계 : 노선 표현 ····· 2150
[그림 1046]모형 Graph 구축 2단계 : 가상 통행 설정 ····· 2150
[그림 1047]모형 Graph 구축 3단계 : 차고지 가상 통행 설정 ····· 2151
[그림 1048]모형 Graph 구축 4단계 : Node 정리 ····· 2152
[그림 1049]모형 Graph 구축 5단계 : 정류장 대기시간 표현 ····· 2152
[그림 1050]모형 Graph 구축 6단계 : 가상통행 정리 ····· 2153
[그림 1051]노선 운행계획 수립 Graph ····· 2155
[그림 1052]개별 차량 운행계획 수립 Graph-1 ····· 2155
[그림 1053]개별 차량 운행계획 수립 Graph-2 ····· 2156

[그림 1054]A회사의 3개의 운영 노선 ····· 2156
[그림 1055]A회사의 노선 운영 시공도 ····· 2157
[그림 1056]노선별 차량 일정 수립 ····· 2157
[그림 1057]통합 노선 차량 일정 수립(공차운행 없음) ····· 2158
[그림 1058]통합 노선 차량 일정 수립(공차운행 있음) ····· 2158
[그림 1059]철도 비용 구조 ····· 2160
[그림 1060]거리에 따른 적용 요금 비율 그래프 ····· 2163
[그림 1061]Zone Based 요금제 적용 예 ····· 2164
[그림 1062]대구도시철도 Network 구축 화면 ····· 2165
[그림 1063]대구도시철도 역명 및 역간 거리(1호선) ····· 2166
[그림 1064]대구도시철도 역명 및 역간 거리(2호선) ····· 2167
[그림 1065]대구도시철도 운행 계획 ····· 2168
[그림 1066]대구도시철도 1호선 운행시간표 ····· 2169
[그림 1067]대구도시철도 2호선 운행시간표 ····· 2170
[그림 1068]대곡역-안심역 1호선 운행시공도 분석 화면 ····· 2172
[그림 1069]세부일정 분석 ····· 2173
[그림 1070]차량별 Block Diagram 분석화면 ····· 2174
[그림 1071]Case 1(차량 1대 편성) 분석 화면 ····· 2175
[그림 1072]Case 2(차량 2대 편성) 분석 화면 ····· 2175
[그림 1073]Case 3(차량 3대 편성) 분석 화면 ····· 2175
[그림 1074]차량운행 유형에 따른 차량투입대수 분석 ····· 2176
[그림 1075]차량운행계획 분석 ····· 2176
[그림 1076]철도운영비용 구조 ····· 2177
[그림 1077]철도운영비용 분석 ····· 2177
[그림 1078]대구도시철도 운임제도 ····· 2178
[그림 1079]철도수익분석 ····· 2179
[그림 1080]대전 도시철도 2호선 노선계획 ····· 2203

제3장 연구개발수행내용 및 결과

제3절 연차별 세부연구내용

7차년도(추가세부과제) 세부연구내용



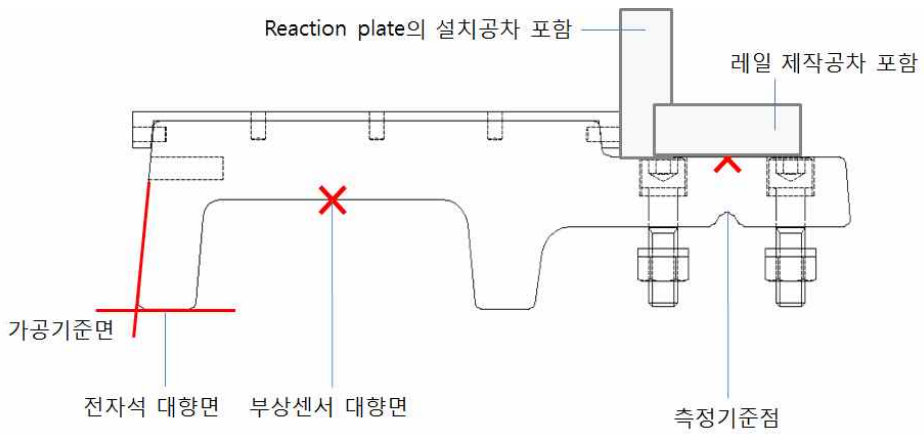
나. 인천공항 자기부상철도 선로구조물 성능평가

(1) 선로 구조물 시험에 의한 성능평가

(가) 궤도틀림 측정 및 차량영향평가

1) 자기부상열차 궤도 분석

- 궤도틀림은 자기부상열차의 부상안정성과 밀접한 관계가 있으며, 차량의 승차감과 관련이 있으므로 보다 정확하고 신속하게 계측할 수 있는 장비가 필요함
- 지금까지의 궤도틀림 계측방법은 그림과 같이 레일 상부에서 계측하였으나, 레일 제작공차와 Reaction Plate 설치공차 등을 포함하게 되어 정확도가 떨어짐.
- 한국의 자기부상열차 궤도는 그림과 같이 측정기준면이 레일 하부에 숨어있음
- 따라서 측정기준점을 직접적으로 계측하는 것은 불가능하며, 주행에 영향을 미치는 부상센서 대향면을 기준으로 계측하는 것이 바람직함.
- 부상센서 대향면의 틀림을 효과적으로 묘사하기 위해서는 가공 및 설치시에 오차가 가장 적은 가공기준면을 계측하는 것이 정확도를 향상시킬 수 있음



[그림 368]자기부상열차 궤도 단면 및 기존 계측방법의 문제점

2) 자기부상열차 용 궤도틀림 계측장비 개발

- 기존 자기부상열차 궤도틀림 계측방법의 오류를 개선하여, 측정기준면을

새롭게 선정하고 이를 측정할 수 있는 계측장비를 개발함

- 기존장비에 비해 정확도를 향상시키고, 작업자가 손쉽게 운반할 수 있도록 휴대성을 고려함
- 궤도 하부에 기준면으로 붙어야 하므로 자석을 이용하여 탈부착 용이
- 눈금자, 기포를 이용한 편의성 향상
- 수직/수평틀림, 궤간틀림 및 좌우평면성까지 계측가능



(a) String Block (2EA)



(b) Indicator Block (1EA)



(c) 장력계 (1EA)



(d) 궤간측정용 bar (1EA)



(e) 경사계 (1EA)

[그림 369]자기부상열차용 궤도틀림 계측장치의 구성



(a) Block 부착



(b) 현 거치 및 장력 인장(3kgf)



(c) Indicator Block 눈금 읽기



(d) 궤간 측정용 bar 거치

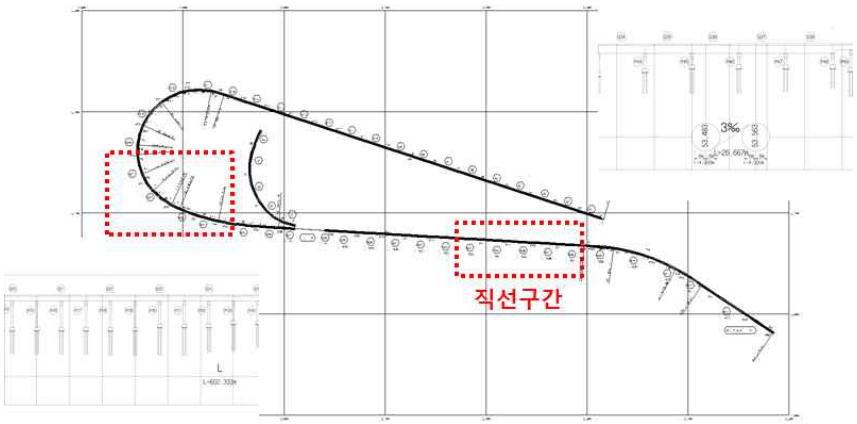


(e) 경사계 설치

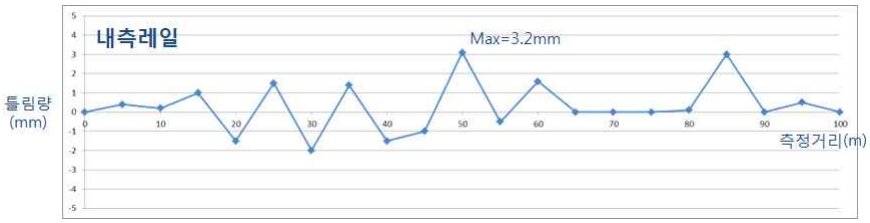
[그림 370]궤도틀림 계측장치를 이용한 수직/수평 궤도틀림 계측순서

3) 기계연구원 궤도틀림 시험계측

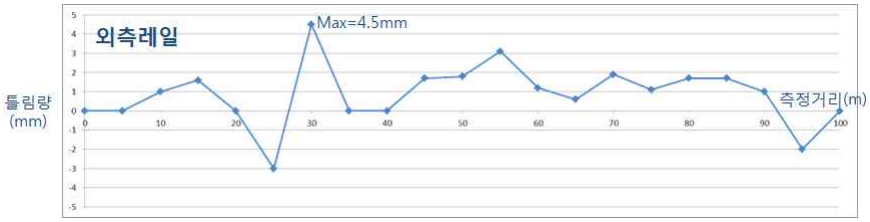
- 기계연구원 자기부상열차 시험선에서의 시험계측을 통해 장비의 정확성 및 재현성을 검증함
- 기계연구원 시험선의 직선구간 및 60mR구간에 대해 시험계측을 수행함
- 직선구간의 경우 10m 현거법을 이용하고, 60mR의 경우 곡률반경으로 인해 5m 현거법을 이용함
- 특정구간에 대해 2회 이상 동일한 계측을 수행한 결과, 동일한 결과를 얻음으로서 측정장비의 재현성 확보



[그림 371]기계연구원 시험선 궤도틀림 시험 측정구간

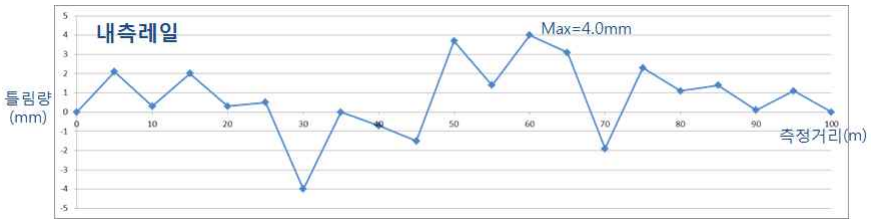


(a) 기계연구원 수평틀림 내측레일 계측결과

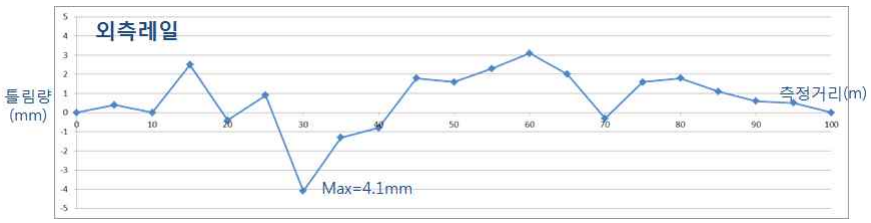


(b) 기계연구원 수평틀림 외측레일 계측결과

[그림 372]기계연구원 시험선 직선구간 수평틀림 계측결과



(a) 기계연구원 수직틀림 내측레일 계측결과



(b) 기계연구원 수직틀림 외측레일 계측결과

[그림 373]기계연구원 시험선 직선구간 수직틀림 계측결과

4) 소결

- 자기부상열차 유지보수 단계에서의 궤도틀림 계측 시 계측절차를 그림과 같이 제안함
- 기관사들이 매일 운행 전 순회운행을 통해 주행성능을 통한 구간 감지
- 열차 내 저장된 Gap Sensor 데이터를 통한 이상신호 검사
- 전용 검측차를 이용한 개략적인 검사 (오차 포함)
- 개발된 궤도틀림 계측장치를 통해 문제개소에 대한 정밀검사 및 궤도수정



[그림 374]궤도틀림 계측절차(제안)

(나) 기계연구원 시험선 기존 거더 동특성 평가 및 차량 주행성능평가

1) 기계연구원 시험선 열차주행시험(직선구간, P46~47, 공차)

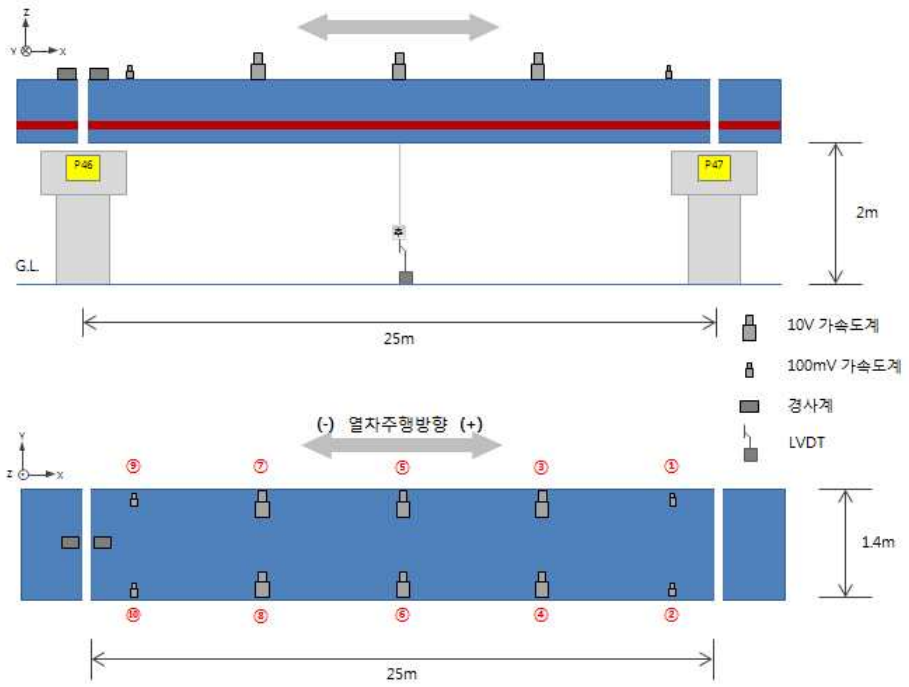
- 기계연구원 시험선의 직선구간(PC Box), 60mR구간(Steel Box), 180mR 구간(Steel Box)구간에 대해 구조물의 동특성을 계측함.
- 직선구간 계측항목 : 거더 동특성, 중앙부 가속도, 중앙부 처짐, 이음부 꺾임각
- 곡선구간 계측항목 : 거더 동특성, 중앙부 가속도
- 주행속도별 계측된 데이터를 바탕으로 거더-열차 상호작용 해석모델에 적용

가) 계측개요

① 기계연구원 직선구간은 P46~47구간에 대해그림과 같이 가속도계를 10개소에 수직/수평으로 부착함

② 처짐은 중앙부에서 가장 크게 발생하지만 시험에 대한 확인을 위하여 중앙부 1개소, 1/4지점 1개소, 교각부 1개소에서 처짐을 계측함

③ 경사계는 P46 이음부에 양쪽거더에 설치함



[그림 375]기계연구원 시험선 직선구간 센서설치 위치



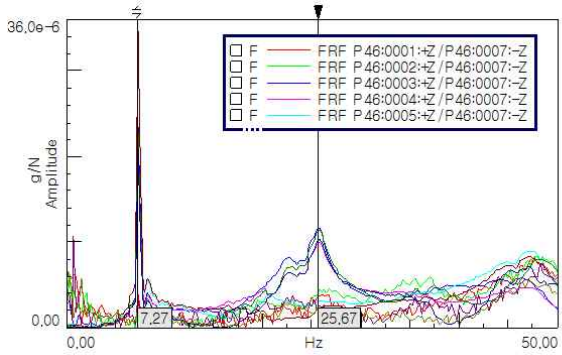
[그림 376]기계연구원 시험선 직선구간 계측전경

나) 동특성 계측결과

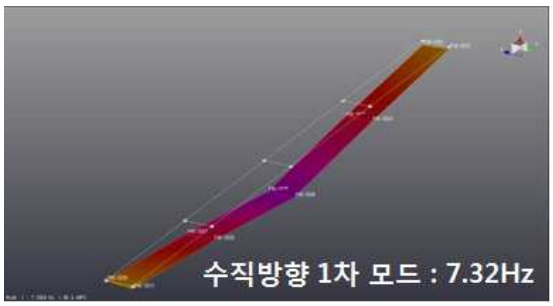
① 경계조건의 영향 : 교량 받침의 영향으로 단부에서 수평으로 거동이 발생하므로, 해석시 고려해야 함

② 수평방향 1차모드 가진을 위해서 중앙부 및 1/4 지점을 각각 가진하여 분석

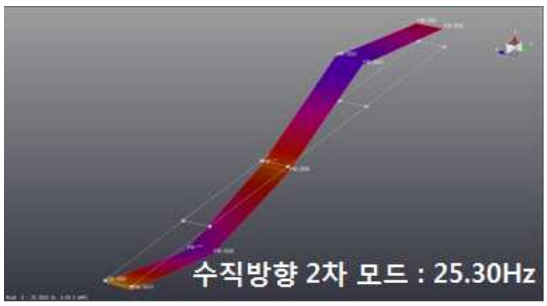
③ 수직방향 모드는 2011년 9월에 실시하였을 때와 거의 유사하며, 비틀림 모드가 나타나지 않음



(a) 수직방향 1/4지점 가진시 응답

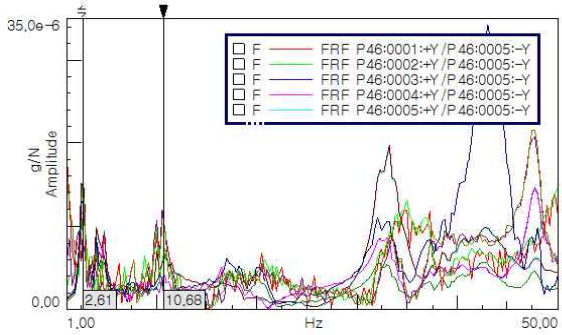


(b) 수직방향 1차모드 : 7.32Hz

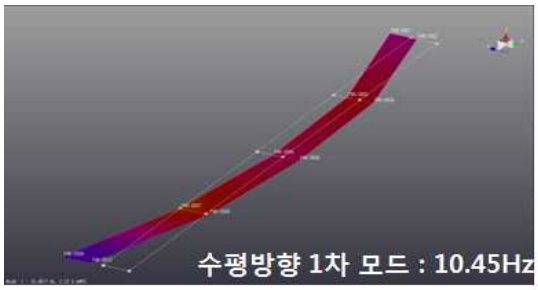


(c) 수직방향 1차모드 : 25.30Hz

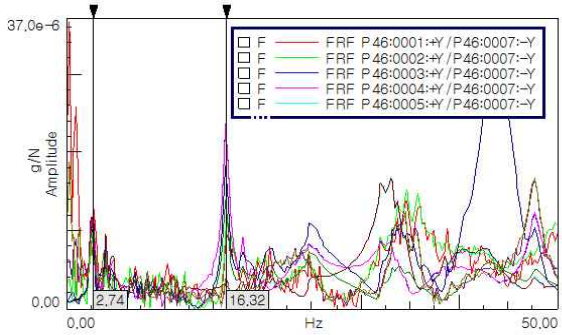
[그림 377]기계연구원 시험선 직선구간 수직방향 동특성 분석결과



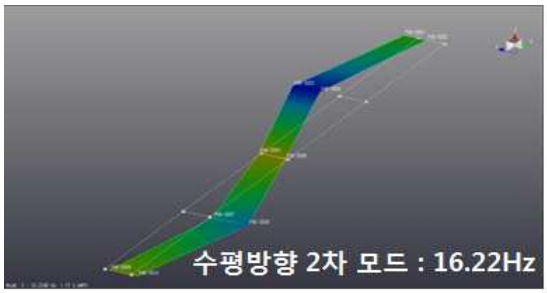
(a) 수평방향 중앙지점 가진시 응답



(c) 수평방향 1차모드 : 10.45Hz



(b) 수평방향 1/4지점 가진시 응답



(d) 수평방향 2차모드 : 16.22Hz

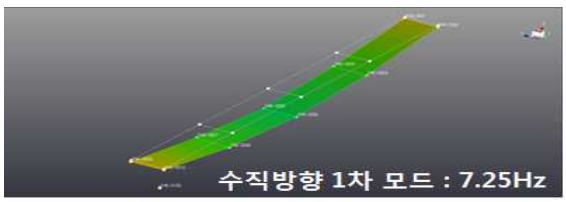
[그림 378]기계연구원 시험선 직선구간 수평방향 동특성

다) ODS 계측결과

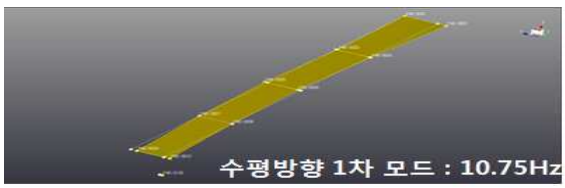
① 열차 하중에 의해 가진되었을 때 거더의 동적특성을 살펴보기 위하여 ODS (Operational Deflection Shape) 분석을 수행함

② 거더의 단부가 수직/수평으로 진동하는 것을 규명하기 위해 교각부에도 가속도계를 설치하여 계측한 결과, 교각도 수직/수평으로 진동함.

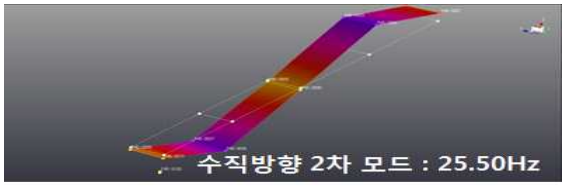
③ 열차주행에 따른 교각의 거동으로 인한 경계조건의 불확실성을 해석에 반영해야 함



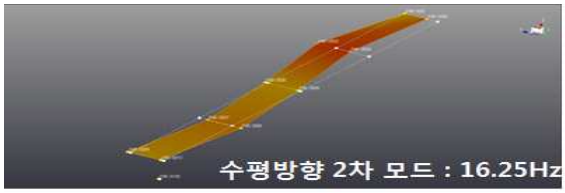
(a) 수직방향 1차 모드 : 7.25Hz



(b) 수평방향 1차 모드 : 10.75Hz



(c) 수직방향 2차 모드 : 25.50Hz



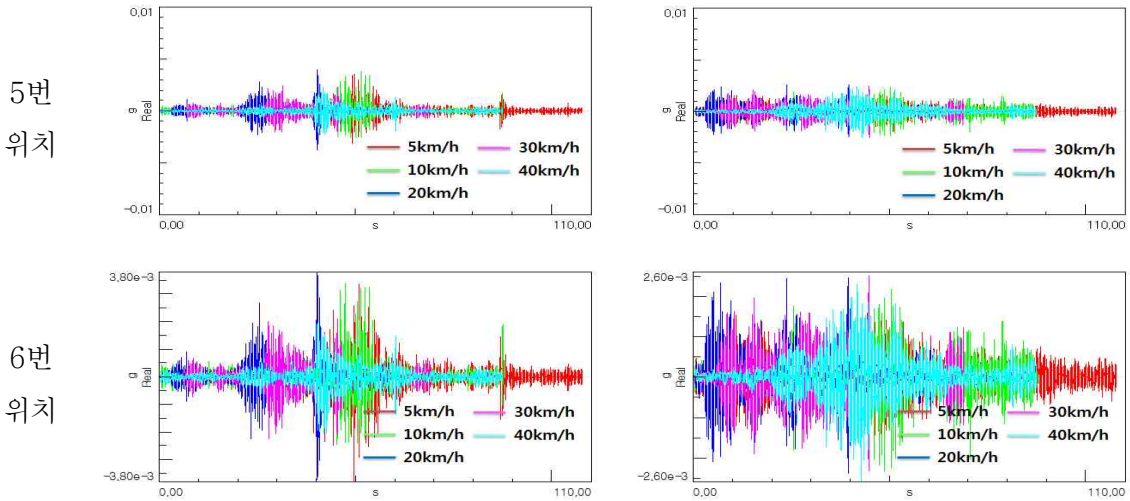
(d) 수평방향 2차 모드 : 16.25Hz

[그림 379]기계연구원 시험선 직선구간 ODS분석결과

라) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 가속도

① 열차 주행시 거더 중앙부(5번, 6번 가속도계 위치)에서의 가속도를 ERRI D214 RP9(1999) 보고서에 따라 30Hz Low Pass Filter를 사용하여 분석함

② 주행속도와 최대가속도는 상밀접한 상관관계가 없는 것으로 나타났으며, 궤도의 특성이나 열차의 가감속 등으로 인한 일시적인 영향이 더 크게 나타남

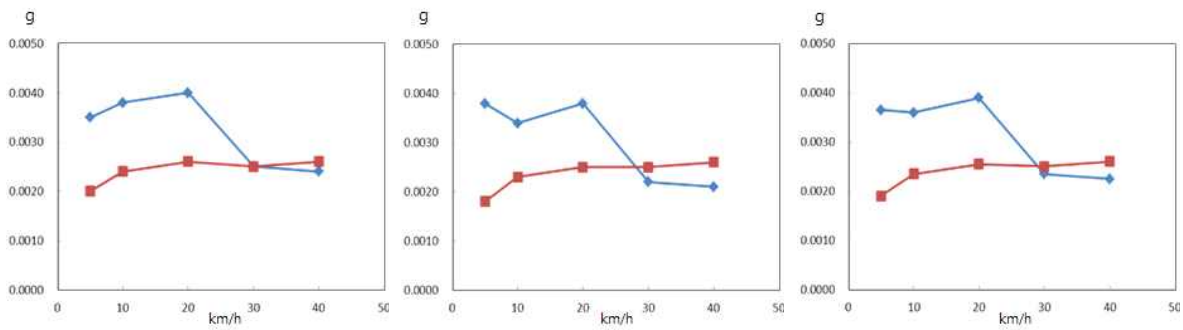


(a) 수직방향 가속도 응답 (b) 수평방향 가속도 응답

[그림 380]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답

[표 64]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답

가속도(g)		5km/h	10km/h	20km/h	30km/h	40km/h
수직	5번위치	0.0035	0.0038	0.0040	0.0025	0.0024
	6번위치	0.0038	0.0034	0.0038	0.0022	0.0021
수평	5번위치	0.0020	0.0024	0.0026	0.0025	0.0026
	6번위치	0.0018	0.0023	0.0025	0.0025	0.0026



(a) 5번위치 (b) 6번위치 (c) 평균

[그림 381]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 최대가속도 변화

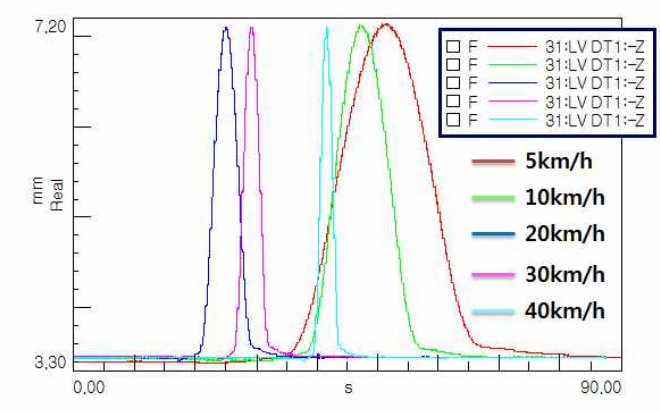
마) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 처짐

① 교각부, 1/4지점, 중앙부의 처짐을 동시에 계측

② 거더 중앙부 수직처짐은 최대 3.77mm로 나타남

(기준 L/2000=12.5mm)

③ 교량 거더의 처짐은 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움



[그림 382]기계연구원 시험선 직선구간 열차
주행시 속도별 거더 중앙부 처짐

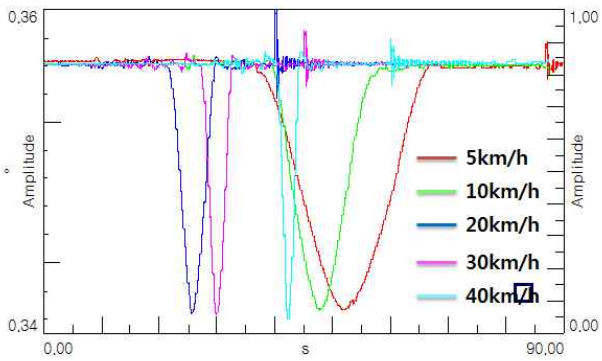
[표 65]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 처짐

최대처짐(mm)	5km/h	10km/h	20km/h	30km/h	40km/h
중앙부	3.77	3.71	3.69	3.69	3.70
1/4지점	2.83	2.79	2.78	2.77	2.78
교각부	0.48	0.47	0.47	0.47	0.47

바) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 꺾임각

① 거더 꺾임각은 최대 0.0181°로 나타남. (기준 2.5m rad=0.1432°)

② 교량 거더의 꺾임각은 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움



[그림 383]기계연구원 시험선 직선구간 열차
주행시 속도별 거더 중앙부 꺾임각

사) 소결

① 기계연구원 직선구간에 대한 시험결과, 수직 1차 고유진동수는 7.32Hz로 나타남

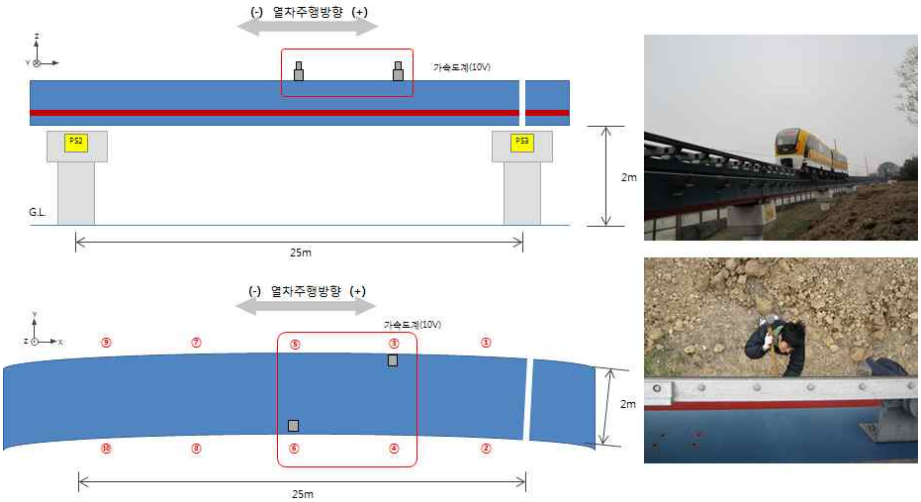
② ODS 분석결과, 열차하중으로 인한 거더의 고유진동수 변화는 거의 없는 것으로 나타남

③ 속도별 주행시험결과, 최대가속도는 주행속도보다 일시적인 주행환경에 더 많은 영향을 받았으며 최대처짐과 꺾임각은 주행속도와 관계없이 일정하게 나타남

2) 기계연구원 시험선 열차주행시험(180mR, P52~53, 공차)

가) 시험개요

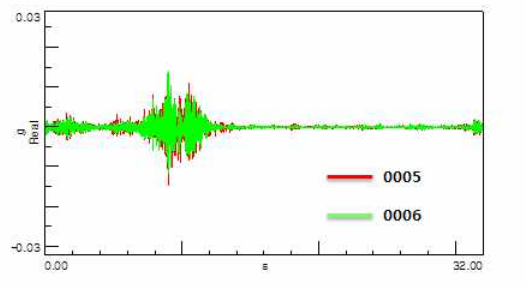
- 기계연구원 시험선 180mR 구간에 대해 다음과 같이 가속도계 2개소를 설치하고 간략시험을 수행함
- 열차 40km/h 주행에 따른 주행안정성 평가를 수행함



[그림 384]기계연구원 180mR 구간 센서설치 위치 및 계측 전경

나) 열차 주행시험

- 40km/h 열차 주행시 가속도는 그림과 같이 나타났으며, 이는 콘크리트 거더인 직선구간에 비해 4~5배 정도 큰 값임
- 기준 0.5g는 충분히 만족하며, 고유진동수가 12Hz 이상으로 높고 진동가진성분이 고주파수에 있으므로 구조적인 문제는 없음



(a) 수직방향 가속도 응답

- 40km/h 주행

위치	0005	0006
수직 최대가속도(g)	0.0146	0.0139

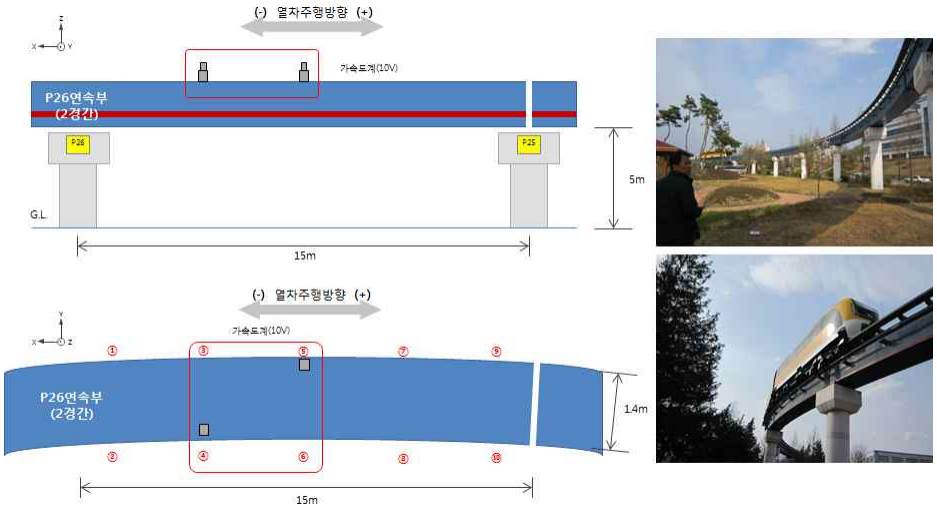
(b) 수직방향 최대가속도

[그림 385]기계연구원 시험선 180mR구간 40km/h열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

3) 기계연구원 시험선 열차주행시험(60mR, P25~26, 공차)

가) 시험개요

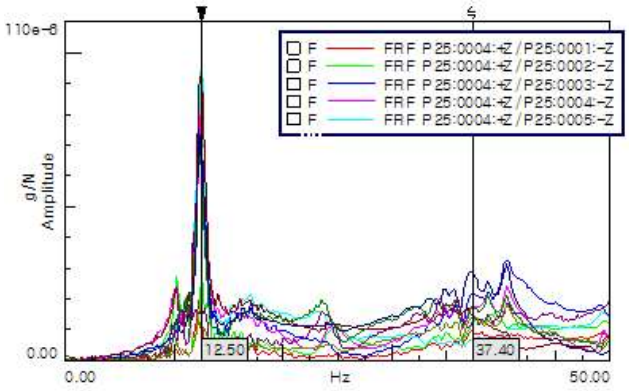
- 60mR구간은 Steel Box 구간으로서, 인천공항과 기계연구원을 통틀어 최급기울기 구간임
- 구간 특성상 처짐계측과 꺾임각 계측은 생략하고, 거더 동특성 시험과 속도별 주행시험을 수행함



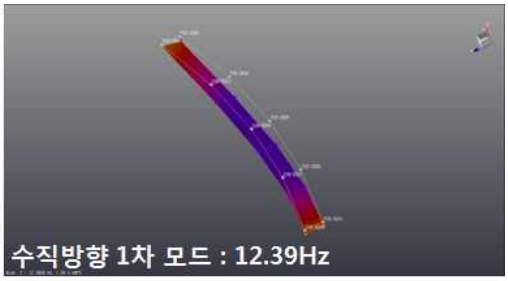
[그림 386]기계연구원 시험선 60mR구간 센서 설치 위치 및 계측전경

나) 동특성 계측결과

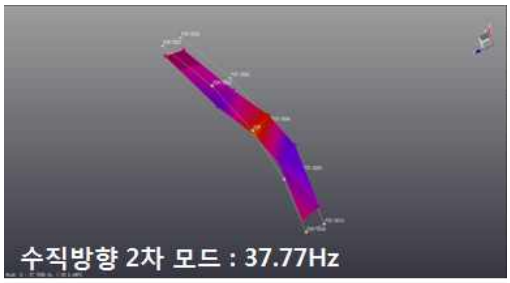
- Impact Roving Hammer 방식을 이용하여 동특성 계측결과, 수직방향 1차 모드가 12.39Hz로 콘크리트 거더에 비해 매우 높게 나타남
- 2차모드는 37.77HZ에서 나타났으며, 거더가 짧고 비교적 강성이 강하여 열차 주행에 따른 가진은 어려울 것으로 판단됨



(a) 수직방향 1/4지점 가진시 응답



(b) 수직방향 1차모드 : 12.39Hz

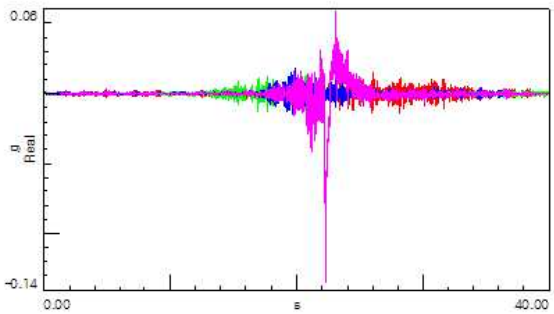


(c) 수직방향 1차모드 : 37.77Hz

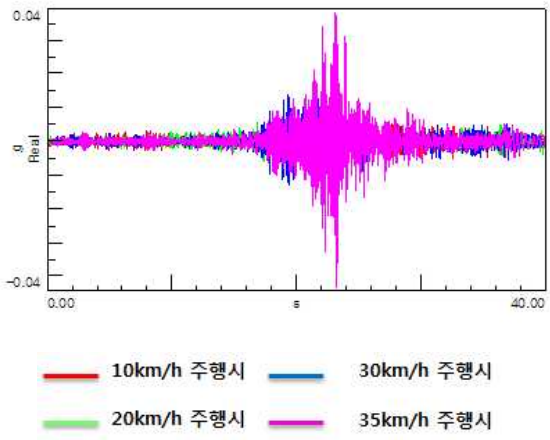
[그림 387]기계연구원 시험선 60mR구간 수직방향 동특성 분석결과

다) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 가속도

- 주행속도 30km/h 이내에서는 거더의 가속도가 직선구간과 마찬가지로 주행에 따라 안정적으로 나타났으며 속도에 따른 경향성은 없음
- 주행속도 35km/h에서는 측면의 스키드가 레일과 접촉되어 수직/수평 가속도가 크게 나타남



(a) 수직방향 가속도 응답

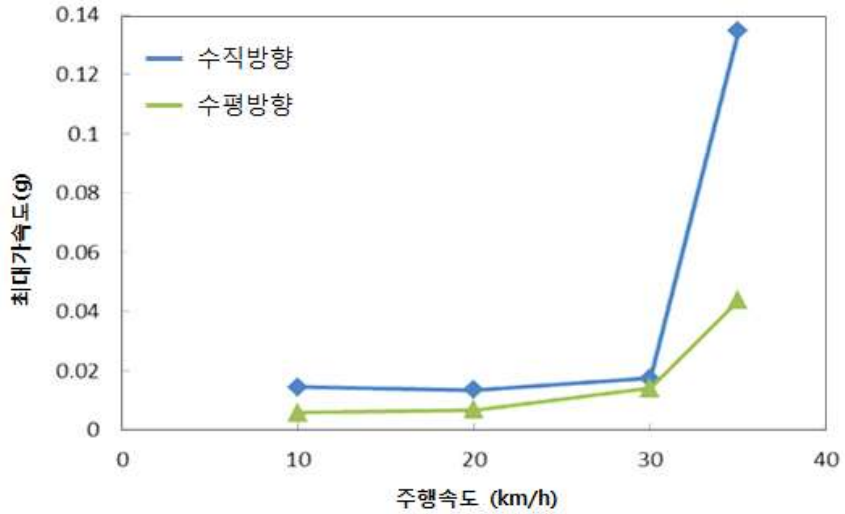


(b) 수평방향 가속도 응답

[그림 388]기계연구원 시험선 60mR구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답

[표 66]기계연구원 시험선 직선구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답

가속도(g)	10km/h	20km/h	30km/h	35km/h (스키드 접촉)
수직	0.0145	0.0135	0.0174	0.1346
수평	0.0059	0.0068	0.0140	0.0438



[그림 389]주행속도에 따른 거더 최대가속도 비교

라) 소결

- 이상에서 기계연구원 시범노선 거더에 대한 시험 및 분석결과를 제시함
- 기본적으로 현재 설계기준으로의 최대가속도, 꺾임각, 처짐 등을 모두 만족함
- 콘크리트 거더(7.32Hz)에 비해 곡선부의 Steel Box 거더(12.4Hz)의 고유진동수가 매우 높게 나타났으며, 열차 주행시 최대가속도도 크게 나타남
- 최대처짐 및 꺾임각 등은 열차주행속도와 관계없이 일정하게 나타났으며, 이들은 거더의 정적인 특성으로서 열차의 하중과만 연관이 있음
- 60mR 구간에서는 30km/h 이상의 속도로 달릴 경우 횡방향 스키드가 레일에 접촉할 수 있으므로 제한속도 유지 필요함

(다) 인천공항 시범노선 기존 거더 동특성 평가 및 차량 주행성능평가

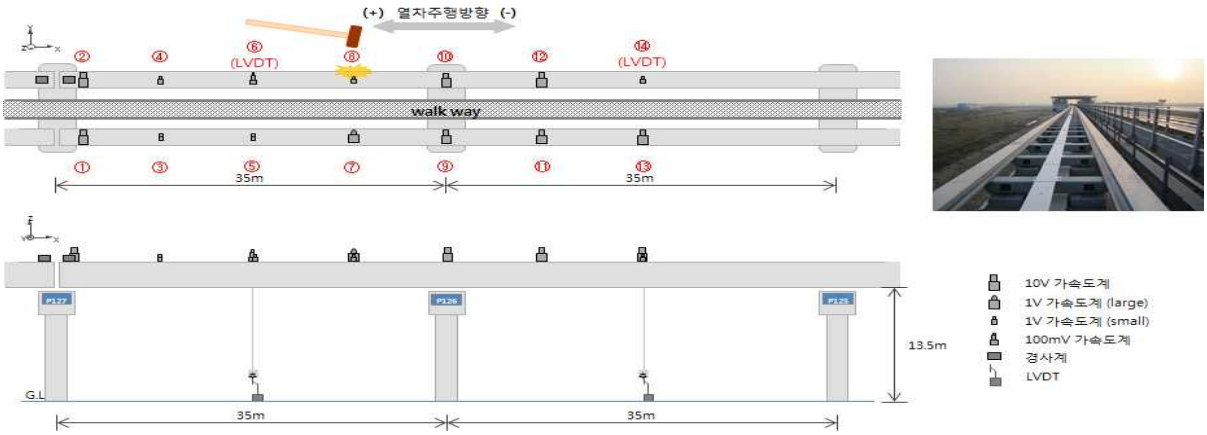
1) 인천공항 시범노선 열차주행시험 개요

- 인천공항 시범노선의 직선구간(PC Box), 110mR구간(PC Box)구간에 대해 구조물 의 동특성을 계측함
- 계측항목 : 거더 동특성, 중앙부 가속도, 중앙부 처짐, 이음부 꺾임각
- 기계연구원 시험선과의 계측 데이터 비교
- 주행속도별 계측된 데이터를 바탕으로 거더-열차 상호작용 해석모델에 적용

2) 직선 최고속도 구간 열차 주행 시험(P125~127, 만차)

가) 계측개요

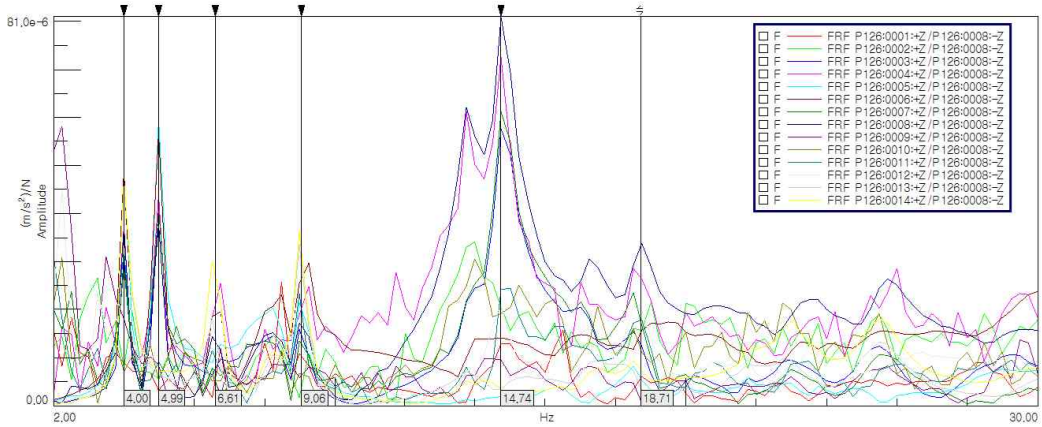
- P125~P127 직선 최고속도 구간 (PC Box, 3경간 연속)은 좌우 대칭이므로 P127 측 52.5m 구간에 대해 계측
- 그림과 같이 8번위(측경간의 1/4지점)을 수직으로 가진하여 구조물 동특성 평가 수행
- 열차 주행속도별 거더 영향 평가(만차시, 20~80km/h 각 1회씩)



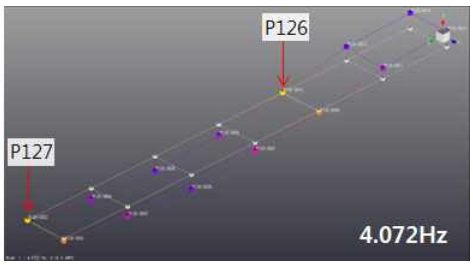
[그림 390]직선 최고속도 구간 센서설치 위치 및 측정전경

나) 수직방향 동특성 계측

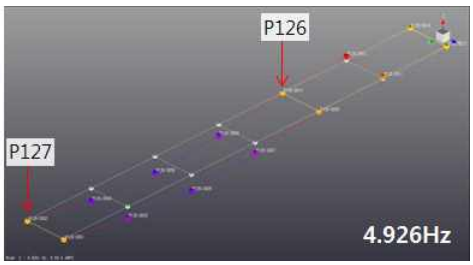
- 구조물 동특성 평가결과 수직방향1차 휨 고유진동수는 4.072Hz로 나타났으며, 가로보의 영향으로 인해 뒤틀림모드 등이 나타남
- 그림 (c)의 6.579Hz 모드는 하선만 진동하는 모드로 하선과는 독립적으로 거동함



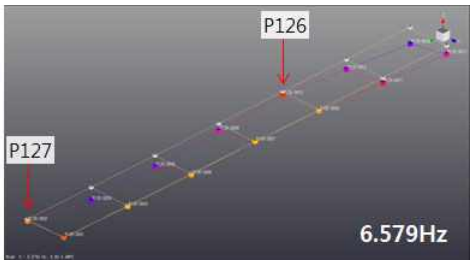
[그림 391]8번위치 수직방향 가진시 응답



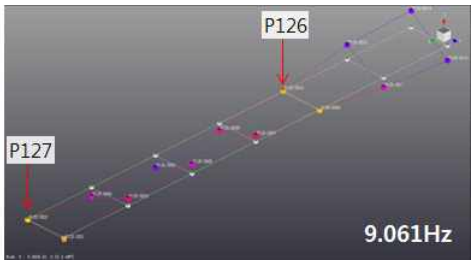
(a) 1st bending : 4.072Hz



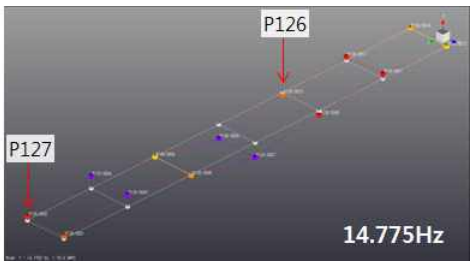
(b) 2nd bending(중앙부) : 4.926Hz



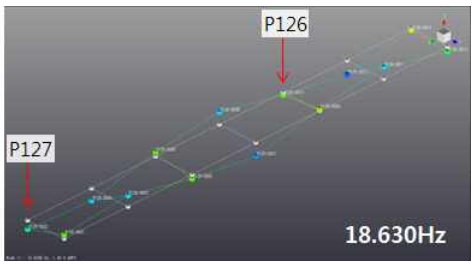
(c) inline independent : 6.579Hz



(d) 1st twist : 9.061Hz



(e) 2nd bending(3경간 전체) : 14.775Hz



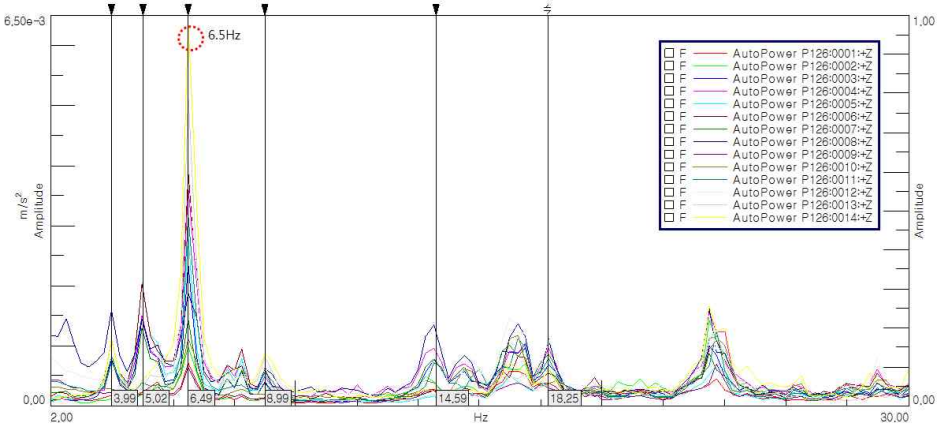
(f) 2nd twist : 18.630Hz

[그림 392]직선 최고속도 구간 수직방향 동특성 분석결과

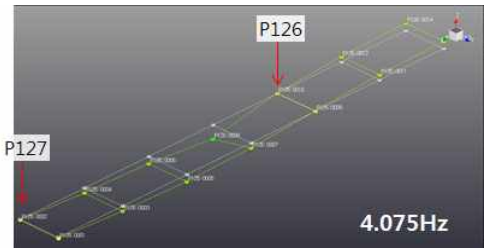
다) ODS 분석결과(만차시, 60kmh 주행 기준)

- ODS 분석결과, 동특성 시험에서 나온 6.5Hz 의 하선 독립적인 모드가 가장 크게 가진되었으며 그 후로 1차, 2차 휨 모드 및 뒤틀림 모드가 가진됨

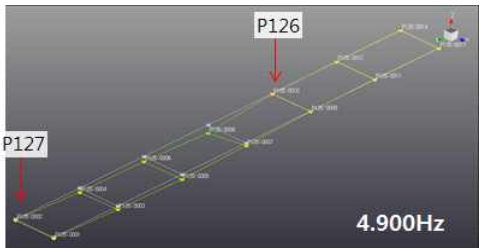
- 이는 열차가 한방향으로 주행을 하며 가진을 하기 때문에 발생하는 것으로서 가로보의 영향 때문에 발생하는 비대칭 모드 중 하나로 볼 수 있음



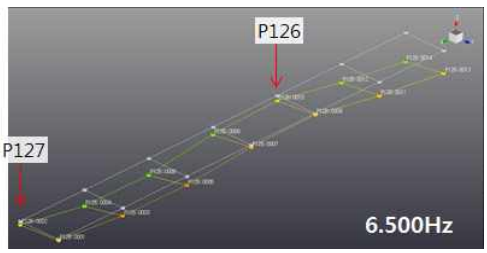
[그림 393]직선 최고속도 구간 수직방향 동특성 분석결과



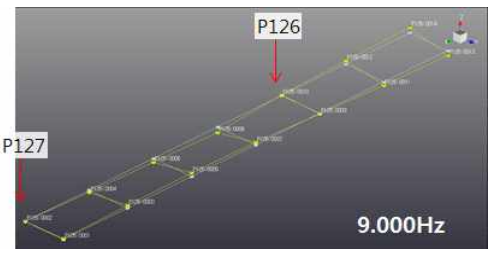
(a) 1st bending : 4.075Hz



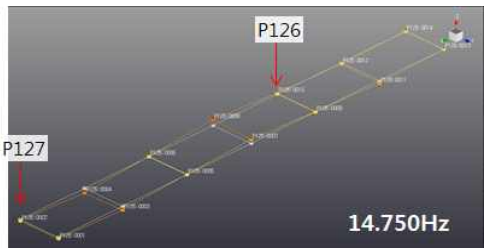
(b) 2nd bending(중앙부) : 4.900Hz



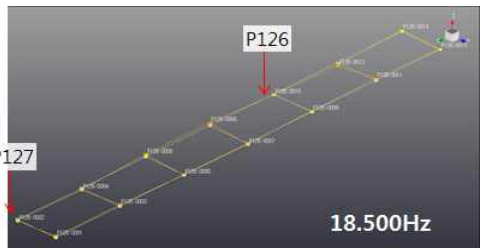
(c) inline independent : 6.500Hz



(d) 1st twist : 9.000Hz



(e) 2nd bending(3경간 전체) : 14.750Hz

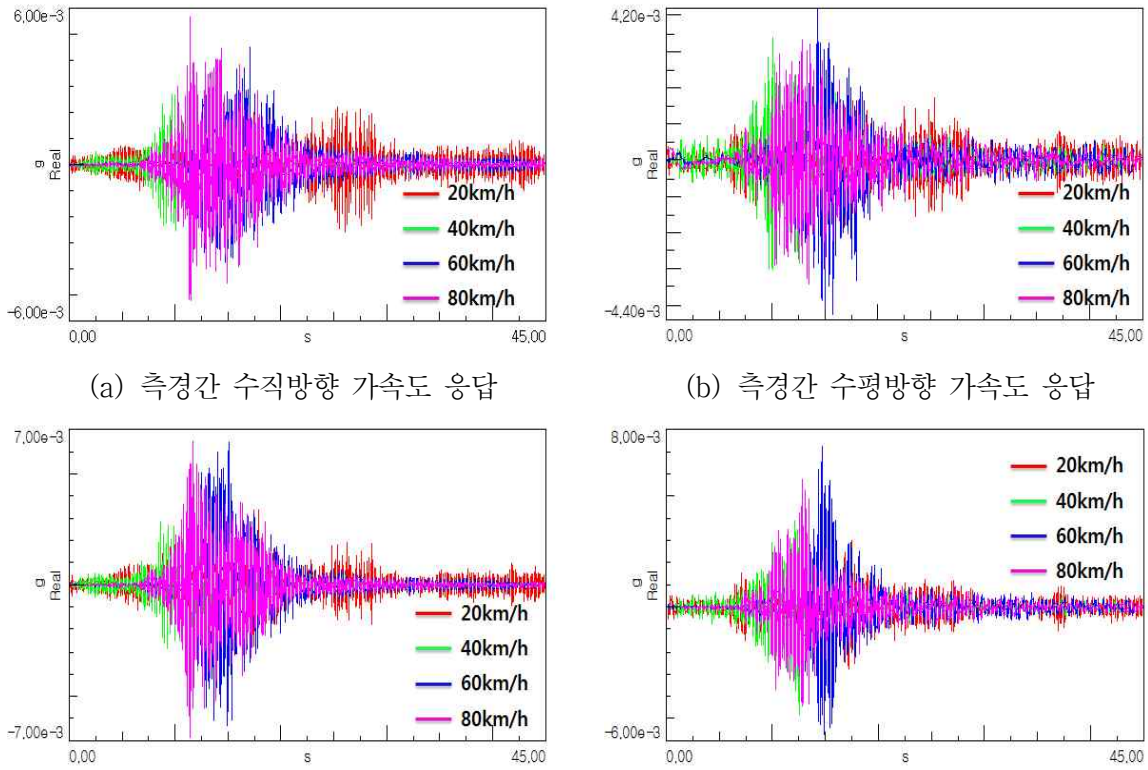


(f) 2nd twist : 18.500Hz

[그림 394]직선 최고속도 구간 수직방향 ODS 분석결과

라) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 가속도

- 열차 주행시 측경간 및 중앙경간의 거더 중앙부에서의 가속도를 ERRI D214 RP9(1999) 보고서에 따라 30Hz Low Pass Filter를 사용하여 분석함
- 열차주행에 따른 최대가속도 평가 결과, 수직방향의 경우 속도가 증가함에 따라 증가하는 추세를 보임
- 이는 열차가 고속으로 주행할 경우 꾸준히 가속을 하기 때문인 것으로 판단됨
- 수평방향의 경우에는 60km/h일 때 최대로 나타남



(a) 측경간 수직방향 가속도 응답

(b) 측경간 수평방향 가속도 응답

(c) 중앙경간 수직방향 가속도 응답

(d) 중앙경간 수평방향 가속도 응답

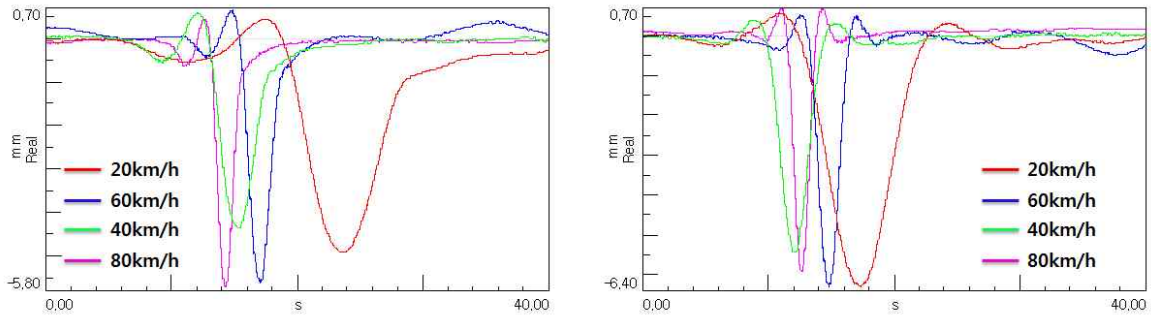
[그림 395]직선 최고속도 구간 열차 주행시 속도별 거더 중앙부 가속도 응답

[표 67]직선 최고속도 구간 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

가속도(g)		20km/h	40km/h	60km/h	80km/h
측경간	수직방향	0.0026	0.0027	0.0045	0.0057
	수평방향	0.0020	0.0034	0.0043	0.0034
중앙경간	수직방향	0.0034	0.0038	0.0064	0.0069
	수평방향	0.0030	0.0048	0.0072	0.0058

마) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 처짐

- 측경간과 중앙경간의 중앙부에서 열차 주행에 따라 발생하는 최대처짐을 계측함
- 직선 최고 속도구간은 상대적으로 교각의 높이가 높아서 환경에 의한 오차가 다소 포함됨
- 측경간(P126-127) 중앙부 수직처짐은 최대 5.72mm
- 중앙경간(P125-126) 중앙부 수직처짐은 최대 6.32mm(기준 L/3000=11.67mm)
- 교량 거더의 처짐은 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움.



(a) 측경간(P126-P127) 중앙부 처짐 (b) 중앙경간(P125-P126) 중앙부 처짐

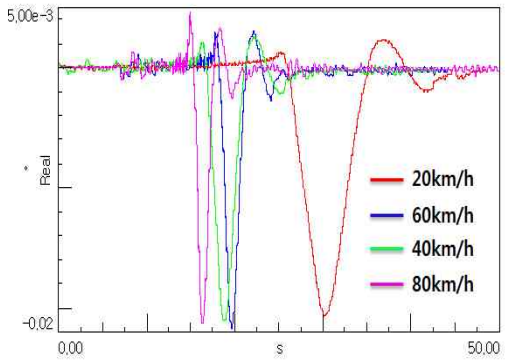
[그림 396]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 중앙부 처짐

[표 68]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 중앙부 최대처짐

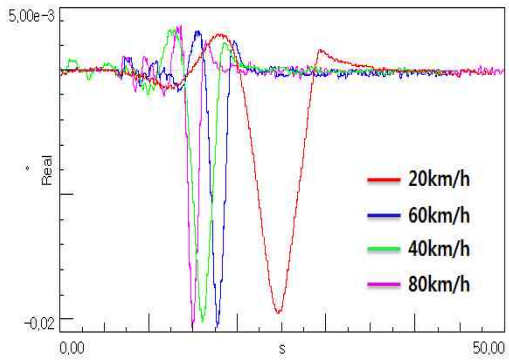
최대처짐(mm)	20km/h	40km/h	60km/h	80km/h
측경간	4.91	4.35	5.63	5.72
중앙경간	6.31	5.44	6.32	5.93

바) 열차 주행속도에 따른 거더 이음부 꺾임각

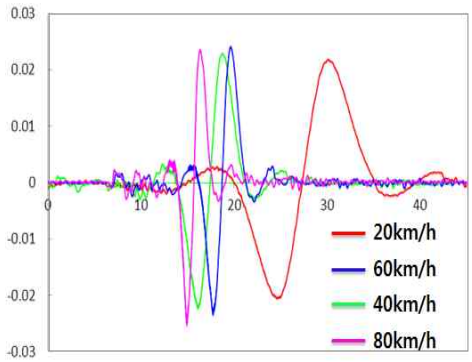
- P127 위의 이음부에서 이음부 최대 꺾임각을 계측함
- 거더의 최대 꺾임각은 최대 0.0218°로 나타남. (기준 2.5mrad=0.1432°)
- 교량 거더의 꺾임각은 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움



(a) 경사계1의 경사응답



(b) 경사계2의 경사응답



(c) 이음부 꺾임각

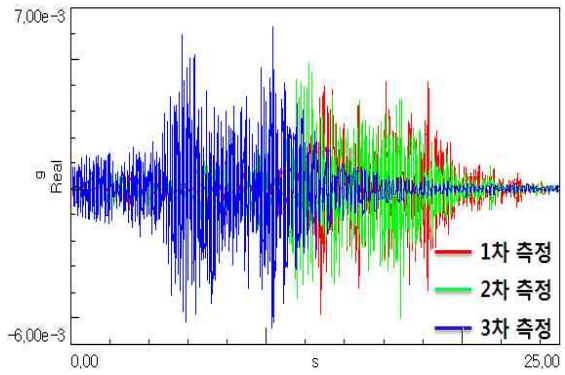
[그림 397]직선 최고속도 구간 열차
주행속도별 거더 이음부 꺾임각

[표 69]직선 최고속도 구간 열차 주행속도별 거더 이음부 최대 꺾임각

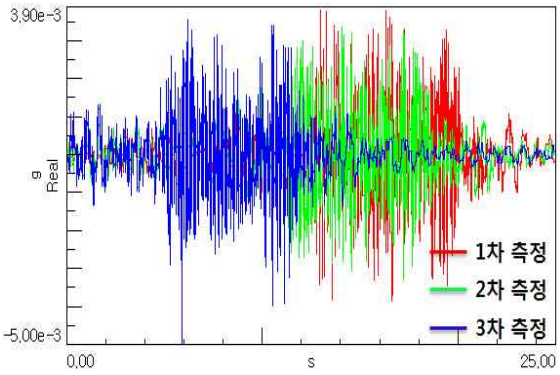
꺾임각(°)	20km/h	40km/h	60km/h	80km/h
경사계1	0.0206	0.0211	0.0218	0.0214
경사계2	0.0195	0.0203	0.0207	0.0209
최대꺾임각	0.0219	0.0230	0.0241	0.0254

바) 직선구간 73km/h 운행시 거더 중앙부 가속도

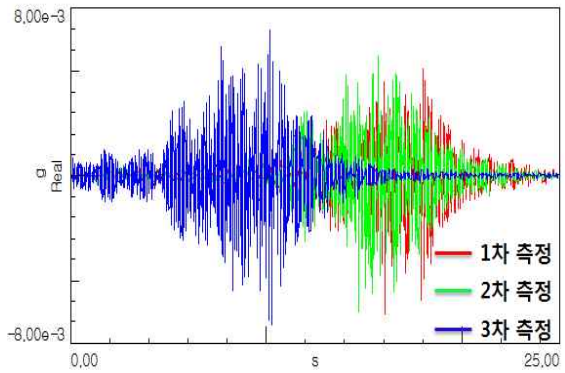
- 시험의 재현성을 확인하기 위해 다음과 같이 만차시 최고속도로 3회 주행하여 동일한 데이터를 계측함
- 아래 그림 및 표와 같이 동일한 속도로 주행함에도 최대 가속도의 차이는 최대 30%까지 차이를 보임
- 이는 거더의 가속도가 열차의 주행속도보다는 특수한 주행조건에 따른 영향과 가감속에 대한 영향으로 볼 수 있음



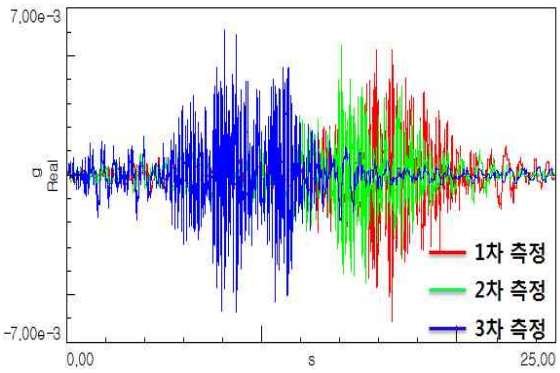
(a) 측경간 수직방향 가속도 응답



(b) 측경간 수평방향 가속도 응답



(c) 중앙경간 수직방향 가속도 응답



(d) 중앙경간 수평방향 가속도 응답

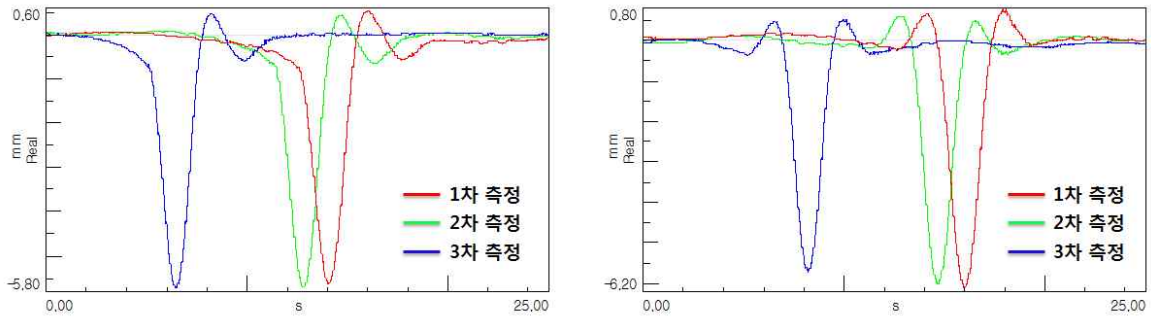
[그림 398]직선 최고속도 구간 73km/h 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

[표 70]직선 최고속도 구간 73km/h 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

가속도(g)		1차	2차	3차	Avg
측경간	수직방향	0.0049	0.0051	0.0063	0.0054
	수평방향	0.0039	0.0034	0.0050	0.0041
중앙경간	수직방향	0.0066	0.0065	0.0071	0.0068
	수평방향	0.0061	0.0054	0.0061	0.0059

사) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 처짐

- 3회의 반복시험을 통해 거의 유사한 데이터를 얻음
- 중앙경간(P126-127) 중앙부 수직 최대처짐은 최대 5.76mm
- 측경간(P125-126) 중앙부 수직 최대처짐은 최대 6.22mm(기준 L/3,000=11.67mm)



(a) 측경간(P126-P127) 중앙부 처짐 (b) 중앙경간(P125-P126) 중앙부 처짐

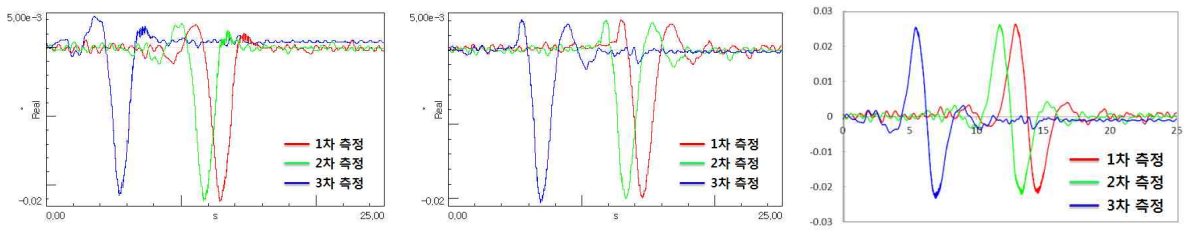
[그림 399]직선 최고속도 구간 열차 주행시(73kmh) 거더 중앙부 처짐

[표 71]직선 최고속도 구간 열차 주행시(73kmh) 거더 중앙부 최대처짐

최대처짐(mm)	1차	2차	3차	Avg
측경간	5.618	5.695	5.706	5.673
중앙경간	6.127	6.017	5.710	5.951

아) 73km/h 열차 주행에 따른 거더 이음부 꺾임각

- 거더의 최대 꺾임각은 최대 0.0264°로 나타남 (기준 2.5m rad=0.1432°)
- 교량 거더의 꺾임각은 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움



(a) 경사계1의 경사응답 (b) 경사계2의 경사응답 (c) 이음부 꺾임각

[그림 400]직선 최고속도구간 73km/h 주행시 거더 이음부 꺾임각

[표 72]직선 최고속도구간 73km/h 주행시 거더 이음부 최대 꺾임각

꺾임각(°)	1차	2차	3차	Avg
Incl01	0.0224	0.0223	0.0215	0.0221
Incl02	0.0200	0.0200	0.0206	0.0202
최대상대꺾임각	0.0264	0.0262	0.0255	0.0260

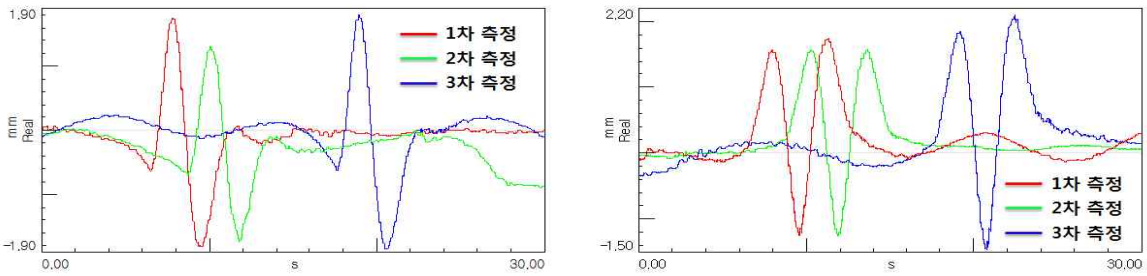
자) 소결

- 인천공항 직선구간에 대한 가속도 및 처짐, 꺾임각 평가결과, 모두 현재 자기부상열차 설계기준을 만족함
- 거더의 동특성 계측결과와 ODS분석결과를 비교해보았을 때, 고유진동수의 차이가 없으므로 열차하중이 거더의 동특성에 미치는 영향(mass effect)은 미미한 것으로 판단됨
- 거더 최대가속도 분석결과, 열차의 주행속도와는 관련이 없으며 열차의 가감속으로 인한 일시적인 영향이 더 큰 것으로 판단됨
- 주행속도에 따른 분석결과, 주행속도와 최대처짐, 꺾임각 등 정적인 요소는 밀접한 관련이 없는 것으로 나타남

3) 직선 최고속도 구간 상선 열차 주행시 하선 영향평가

가) 직선구간 73km/h(만차, 상선, (-)방향) 운행시 하선 거더 중앙부 처짐

- 상선으로 만차가 주행할 때 하선에서의 처짐을 검토함
- 가로보의 영향으로 상선의 하중이 하선에 전달됨
- 측경간(P126-127) 중앙부 수직처짐은 최대 1.85mm
- 중앙경간(P125-126) 중앙부 수직처짐은 최대 1.46mm(기준 L/3,000=11.67mm)



(a) 측경간(P126-P127) 중앙부 처짐 (b) 중앙경간(P125-P126) 중앙부 처짐

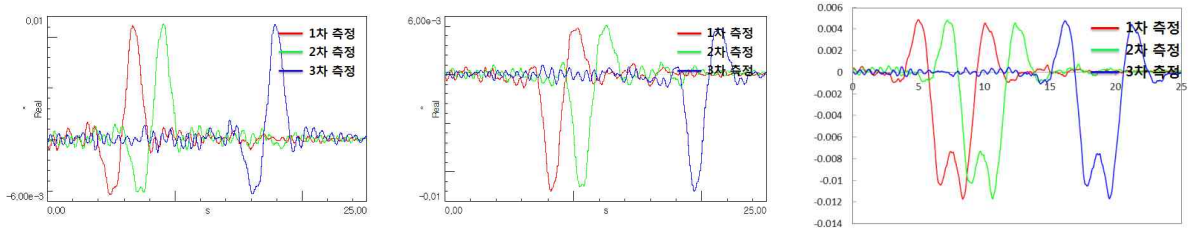
[그림 401]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(73kmh) 하선 거더 중앙부 처짐

[표 73]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(73kmh) 하선 거더 중앙부 최대처짐

최대처짐(mm)	1차	2차	3차	Avg
측경간	1.817	1.741	1.853	1.804
중앙경간	1.256	1.259	1.462	1.326

나) 직선구간 73km/h(만차, 상선, (-)방향) 운행시 하선 거더 이음부 꺾임각

- 상선으로 만차가 주행할 때 하선에서의 꺾임각을 검토함
- 거더 꺾임각은 최대 0.0117°로 나타남. (기준 2.5mrad=0.1432°)



(a) 경사계1의 경사응답 (b) 경사계2의 경사응답 (c) 이음부 꺾임각

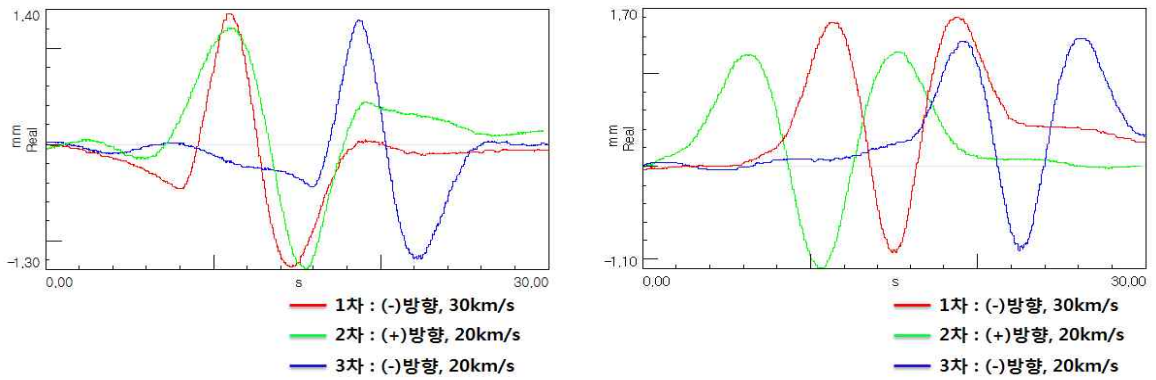
[그림 402]직선구간 73km/h(만차, 상선, (-)방향) 운행시 하선 거더 이음부 꺾임각

[표 74]직선구간 73km/h(만차, 상선, (-)방향) 운행시 하선 거더 이음부 최대 꺾임각

꺾임각(°)	1차	2차	3차	Avg
Incl01	0.0054	0.0052	0.0053	0.0053
Incl02	0.0120	0.0115	0.0120	0.0118
최대상대꺾임각	0.0117	0.0117	0.0117	0.0117

다) 직선구간 20~30km/h(공차, 상선) 운행시 하선 거더 중앙부 처짐

- 상선으로 공차가 서행(20~30km/h)할 때 하선 거더의 영향을 평가함
- P126-127구간 중앙부 수직처짐은 최대 1.28mm
- P125-126구간 중앙부 수직처짐은 최대 1.10mm (기준 L/3000=11.67mm)



(a) 측경간(P126-P127) 중앙부 처짐 (b) 중앙경간(P125-P126) 중앙부 처짐

[그림 403]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선 거더 중앙부 처짐

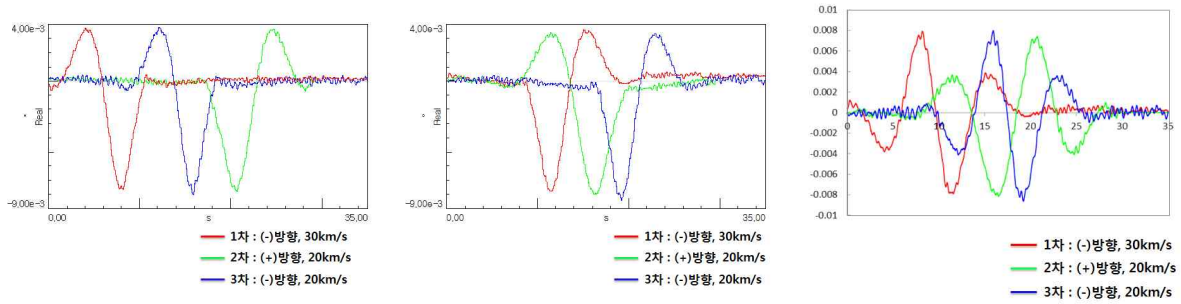
[표 75]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선거더 중앙부 최대처짐

최대처짐(mm)	1차	2차	3차	Avg
측경간	1.281	1.287	1.196	1.255
중앙경간	0.932	1.096	0.911	0.980

라) 직선구간 20~30km/h(공차, 상선) 운행시 하선 거더 이음부 꺾임각

-상선으로 공차가 서행(20~30km/h)할 때 하선 거더의 영향을 평가함

-거더 꺾임각은 최대 0.0086°로 나타남.



(a) 경사계1의 경사응답 (b) 경사계2의 경사응답 (c) 이음부 꺾임각

[그림 404]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선 거더 이음부 꺾임각

[표 76]직선 최고속도 구간 상선열차 주행시(20~30kmh) 하선 거더 이음부 최대 꺾임각

꺾임각(°)	1차	2차	3차	Avg
Incl01	0.0077	0.0078	0.0080	0.0078
Incl02	0.0078	0.0080	0.0084	0.0081
최대상대꺾임각	0.0079	0.0082	0.0086	0.0082

마) 소결

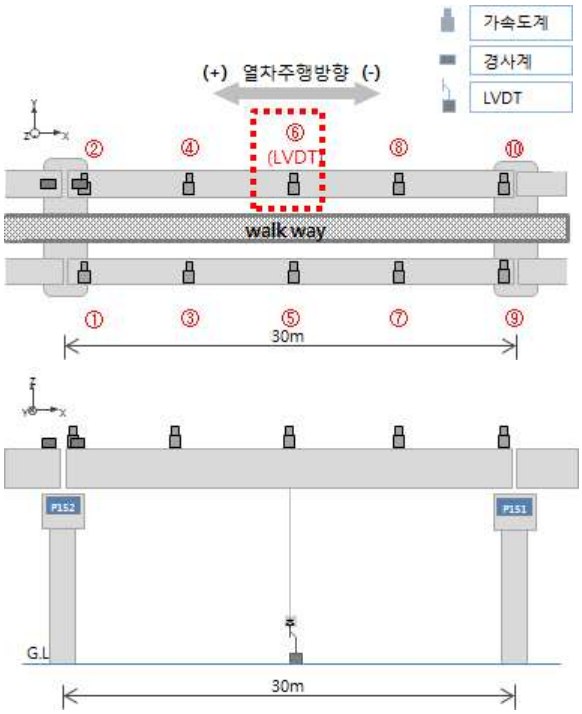
- 상선으로 주행시 하선의 거더의 가속도, 처짐 및 꺾임각을 살펴본 결과, 가로보를 통한 하중의 전달이 발생하는 것으로 판단됨
- 앞서 열차 주행시 ODS분석 결과의 Twist 모드가 주로 나타나는 것과 연관지어 볼때, 열차 하중이 한쪽 노선에 작용할 경우 양쪽 거더의 처짐이 다르게 되어 비틀림이 발생함
- 이러한 거더의 비틀림은 차량의 진동에도 영향을 미치게 되어, 차량내부

승차감에도 영향을 미칠 것으로 판단됨

4) 110mR 구간(P151~P152, 공차주행) 계측결과

가) 계측개요

- 인천공항 자기부상열차 노선 중 최급구배 구간인 110mR구간에 대한 동특성 시험 및 주행성능 평가 수행
- 110mR 구간은 30m의 콘크리트 박스 단경간 거더임
- 그림과 같이 10개소에 대해 가속도계를 설치하고 P152의 이음부에 경사계 및 중앙부에 LVDT를 이용한 처짐계를 설치함



(a) 110mR구간 센서설치 위치
(편의상 직선으로 도시)

- P151~P152 110mR 최급구배 곡선구간
- 구조물 동특성 평가
- 주행속도별 거더 영향 평가(10~35km/h)
- 공차시 / 하선 양방향 주행



(b) 110mR구간 측정전경

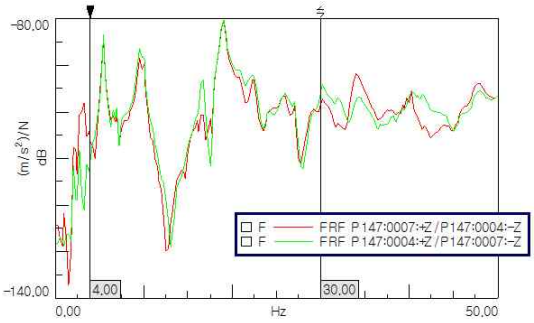
[그림 405]110mR 센서설치 위치 및 측정전경

나) 수직방향 동특성 계측

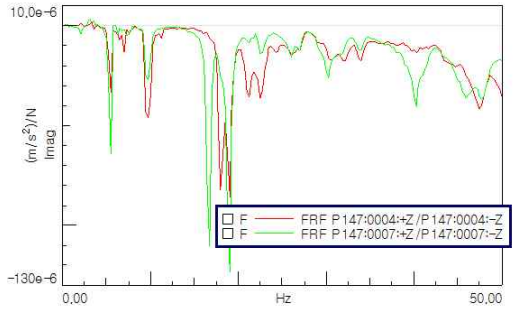
- 110mR 구간의 동특성을 계측하기 위하여 1/4 위치(4번, 7번)를 가진함
- 그림은 동특성 계측에 대해 Reciprocity check(구조물이 선형인지를 판별하는 것)과 Driving Point FRF(가진 위치에서의 응답)을 확인한 것을 나타냄
- 동특성 계측결과 1차 휨모드는 약 5.398Hz로 나타났으며, 110mR구간 역

시 비틀림 모드와 상/하선의 독립적인 모드가 나타남

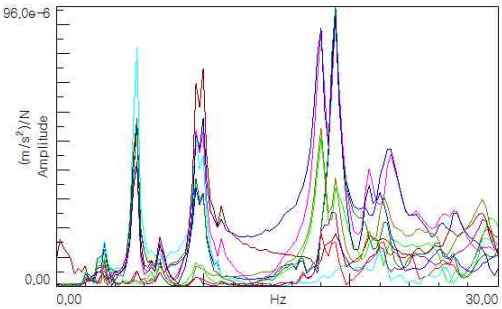
- 상/하선 독립모드의 경우 곡선구간 거더 길이는 상/하선의 연장 차이가 있으므로 고유진동수가 다르게 나타남



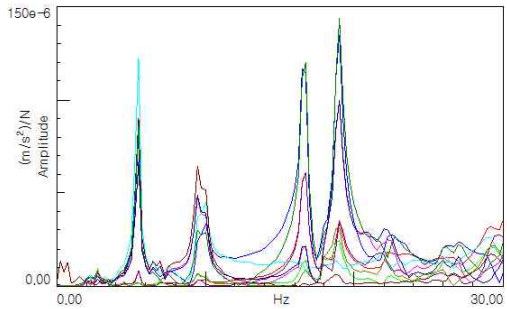
(a) Reciprocity Check



(b) Driving Point FRF

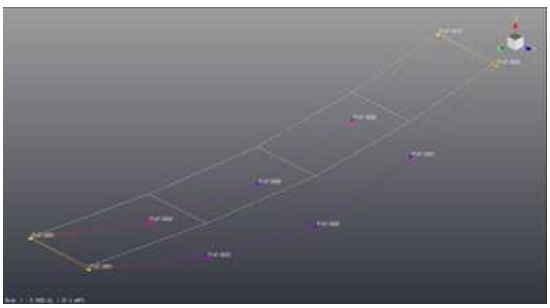


(c) 4번위치 가진시 응답

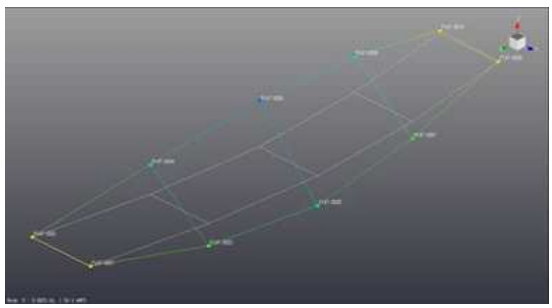


(d) 7번 위치 가진시 응답

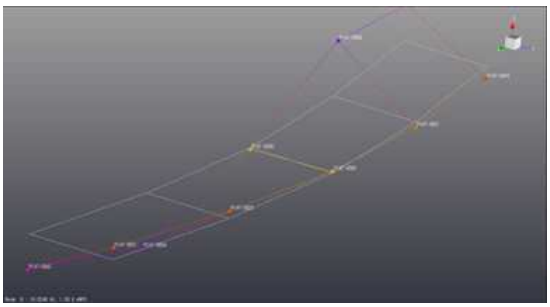
[그림 406]110mR 구간 동특성 계측 수직방향 응답검토 및 가진위치에서의 응답



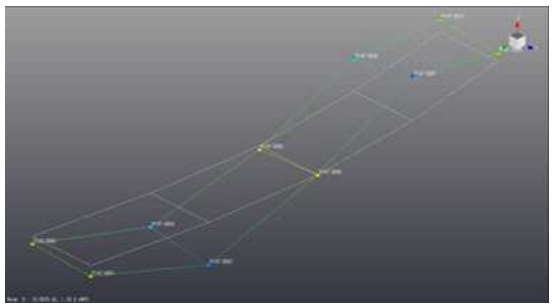
(a) 1st bending : 5.398Hz



(b) 1st twist : 9.882Hz



(c) In-line Independent : 18.025Hz
*Out-line Independent : 16.640Hz

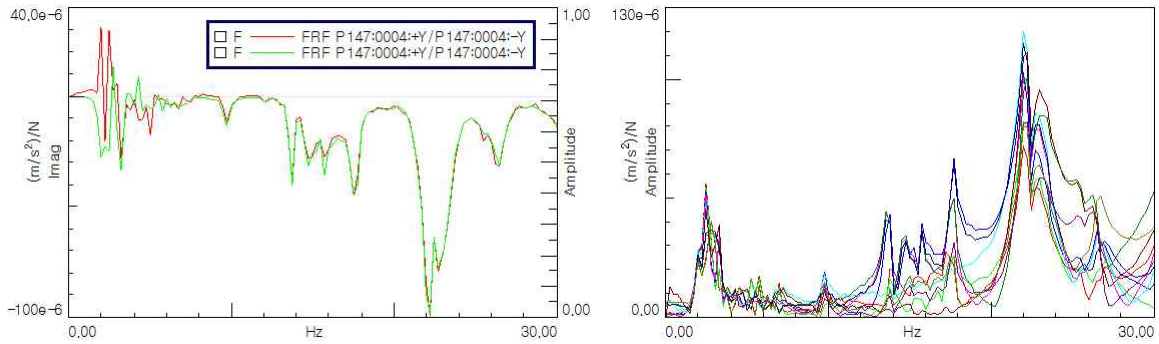


(d) 2nd bending : 18.898Hz

[그림 407]110mR구간 수직방향 동특성 계측결과

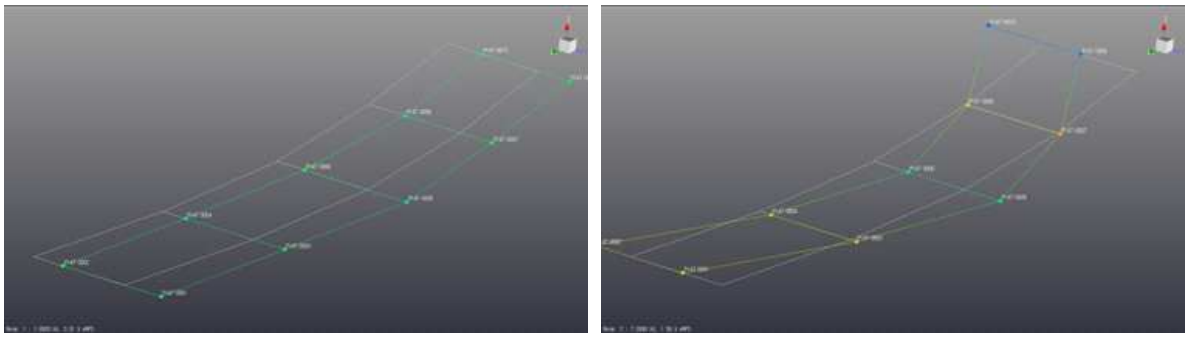
다) 수평방향 동특성 계측

- 수평방향 동특성을 구하기 위해 1/4위치(4번)의 박스 옆면을 가진함
- 1차 휨모드는 약 7Hz에서 나타났으며, 기계연 시험선과 마찬가지로 받침의 영향에 따라 경계조건이 움직임

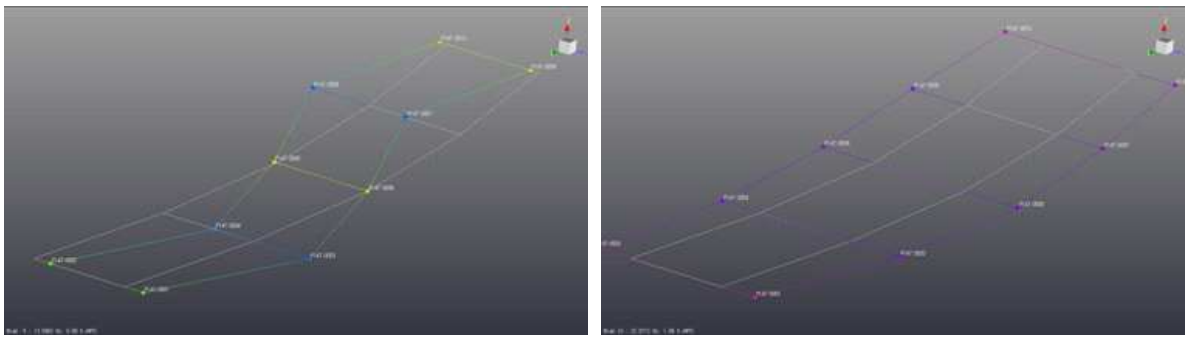


(a) Driving Point FRF (b) 4번위치 가진시 응답

[그림 408]110mR구간 동특성 계측 수평방향 응답검토 및 가진위치에서의 응답



(a) Rigid body : 5.398Hz (b) 1st bending : 7.099Hz

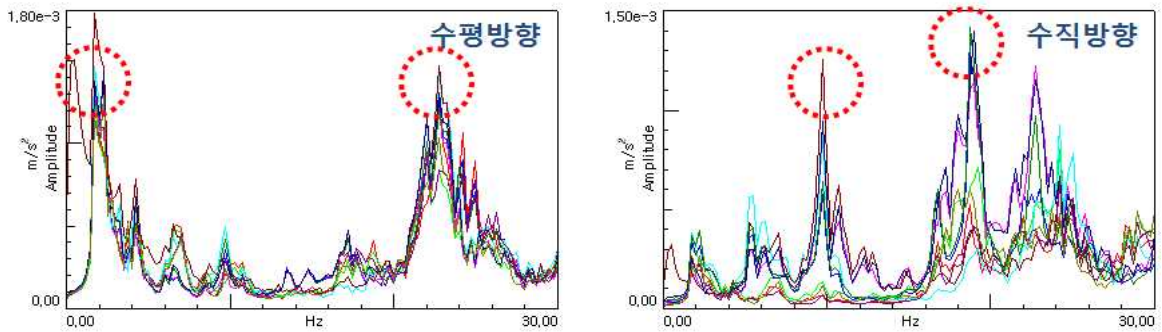


(c) 2nd bending : 13.696Hz (d) Link beam : 22.071Hz
(수직방향 2nd twist)

[그림 409]110mR구간 수평방향 동특성 계측결과

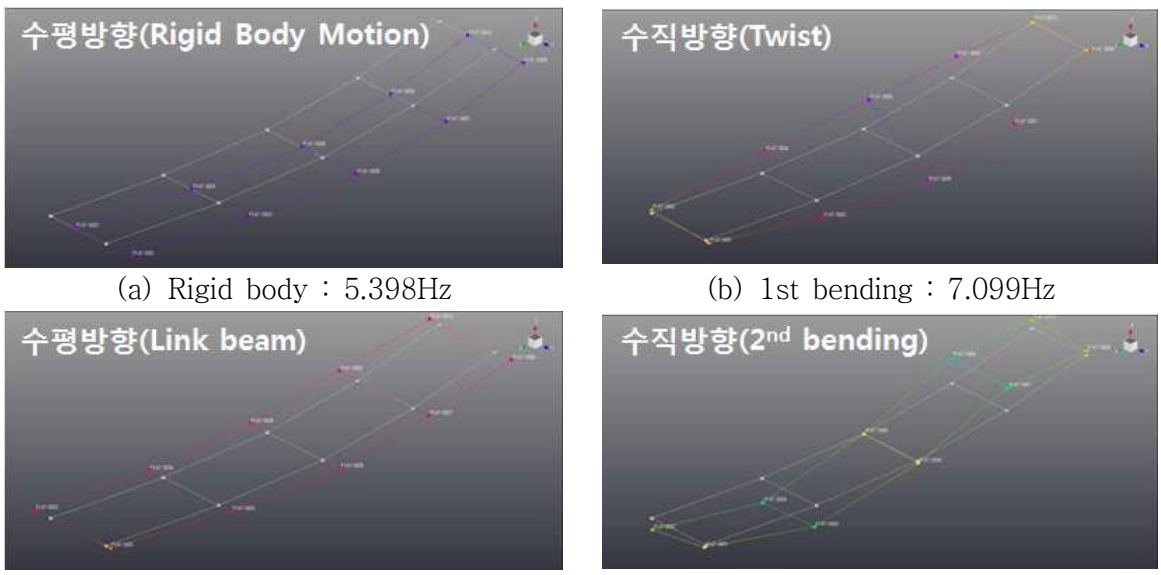
라) 열차 주행시 ODS분석결과 (공차/20kmh/하선주행 기준)

- 동특성 결과와 비교하여 열차 주행에 따라 가진되는 모드를 알아보기 위해 20km/h로 공차가 하선 주행시 ODS 분석을 수행함
- 수평방향은 2Hz 근처의 Rigid Body mode(교량 받침의 영향)와 가로보의 mode(수직방향 2차 비틀림 모드)가 주로 가진됨
- 수직방향은 주행의 영향으로 인해 Twist Mode(9.8Hz)와 2차 휨모드(18.898Hz)가 주로 가진됨
- 직선구간과 비교하여 상선/하선의 독립적인 모드가 가진되는 폭은 적으며, 이는 비교적 경간장이 짧고 단경간으로 이루어져 있기 때문인 것으로 판단됨



(a) 수평방향 주파수 응답 (b) 수직방향 주파수 응답

[그림 410]110mR 열차 주행시 주파수 응답



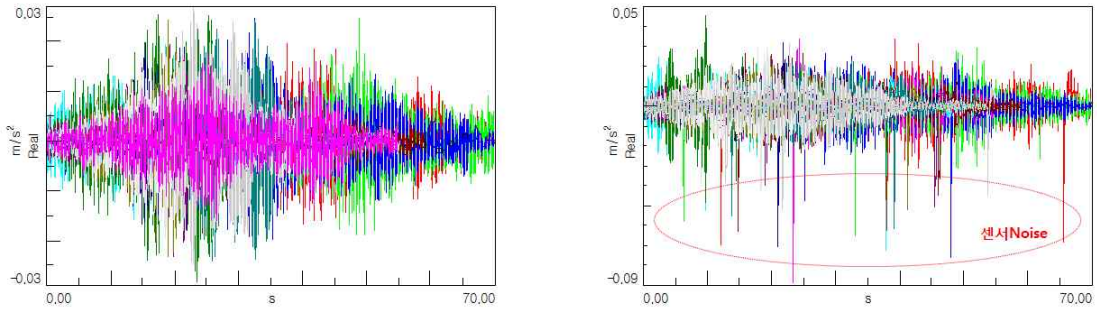
(a) Rigid body : 5.398Hz (b) 1st bending : 7.099Hz

(c) 2nd bending : 13.696Hz (d) Link beam : 22.071Hz (수직방향 2차 twist)

[그림 411]110mR 열차 주행시 ODS분석을 통한 모드형상

마) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 가속도

- 열차 주행에 따른 중앙부 최대가속도를 다음과 같이 얻어냄
- 수평방향의 경우 센서의 노이즈를 제거 후 최대값을 산정함
- 주행속도에 따른 최대가속도 비교 결과, 직선구간 계측과 마찬가지로 주행속도에 따른 영향을 찾아볼 수 없음



(a) 수직방향 가속도 응답 (b) 수평방향 가속도 응답

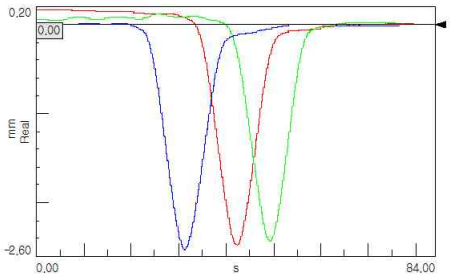
[그림 412]110mR 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

[표 77]110mR 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

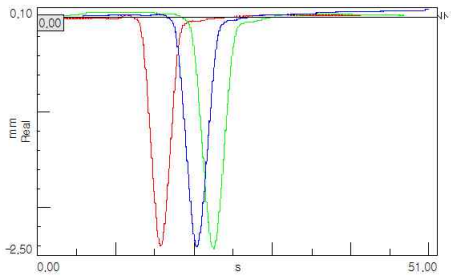
Run name	주행방향	주행속도	거더 중앙부 최대가속도 (30Hz Low Pass Filtering(m/s²))			
			수직방향		수평방향	
			최대가속도	평균	최대가속도	평균
Run 1	-	10	0.019683	0.0230	0.033995	0.0299
Run 2	-	10	0.024601		0.028785	
Run 3	+	10	0.024599		0.026884	
Run 4	-	20	0.017315	0.0193	0.034148	0.0276
Run 5	+	20	0.020543		0.022115	
Run 6	-	20	0.019959		0.026507	
Run 7	+	33	0.028342	0.0238	0.045157	0.0344
Run 8	-	28	0.019886		0.031882	
Run 9	+	30	0.023302		0.026108	
Run 10	-	33	0.024528	0.0245	0.025422	0.0276
Run 11	+	33	0.02428		0.022758	
Run 12	-	35	0.022363		0.030724	
Run 13	+	32	0.026851		0.031653	

바) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 처짐

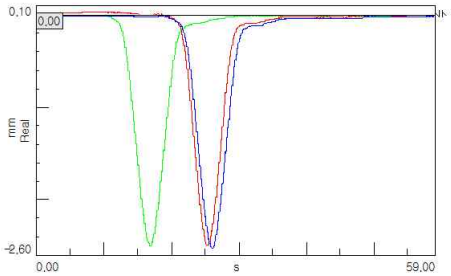
- 110mR 구간에서 열차 주행속도에 따른 중앙부 처짐을 계측함
- 공차를 주행하였으며, 110mR의 경우 직선구간 거더와 거더 단면은 같은 반면에 경간장은 짧으므로 강성이 더 크며, 최대처짐이 2.52mm로 기준을 충분히 만족함



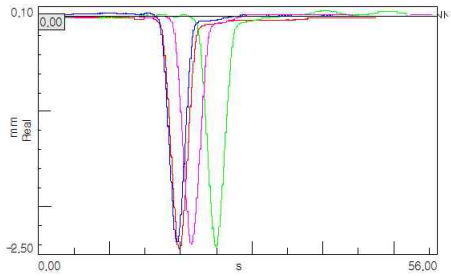
(a) 10kmh 주행시



(b) 20kmh 주행시



(c) 30kmh 주행시



(d) 35kmh 주행시

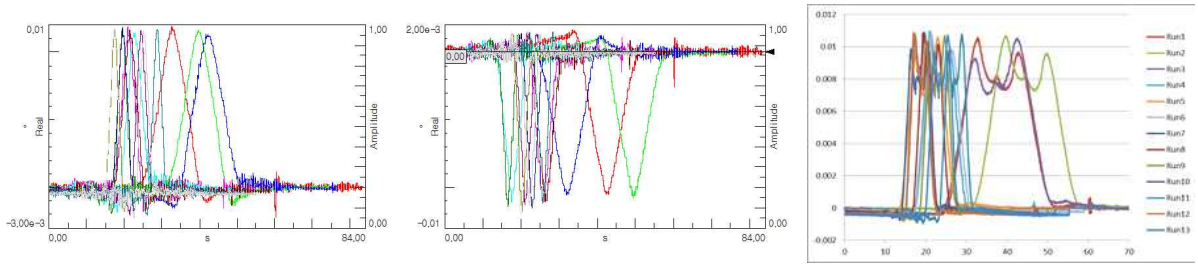
[그림 413]110mR 열차 주행속도별 거더 중앙부 처짐

[표 78]110mR 열차 주행시 거더 중앙부 최대처짐

Run Name	주행방향	주행속도	최대처짐(mm)	평균
Run 1	-	10	2.48	2.48
Run 2	-	10	2.43	
Run 3	+	10	2.53	
Run 4	-	20	2.49	2.50
Run 5	+	20	2.50	
Run 6	-	20	2.52	
Run 7	+	33	2.40	2.42
Run 8	-	28	2.44	
Run 9	+	30	2.41	
Run 10	-	33	2.45	2.41
Run 11	+	33	2.42	
Run 12	-	35	2.38	
Run 13	+	32	2.39	

사) 열차 주행속도에 따른 거더 이음부 꺾임각

- 110mR구간의 거더 이음부 최대 꺾임각은 다음과 같이 나타남



(a) 경사계1의 경사응답 (b) 경사계2의 경사응답 (c) 이음부 최대꺾임각

[그림 414]110mR 열차 주행속도별 거더 이음부 꺾임각

[표 79]110mR 열차 주행시 거더 이음부 최대 꺾임각

Run Name	방향	주행속도	최대 꺾임각	평균	Run Name	방향	주행 속도	최대 꺾임각	평균
Run 1	-	10	0.0106	0.0106	Run 7	+	33	0.0109	0.0108
Run 2	-	10	0.0107		Run 8	-	28	0.0109	
Run 3	+	10	0.0105		Run 9	+	30	0.0107	
Run 4	-	20	0.0110	0.0108	Run 10	-	33	0.0108	0.0108
Run 5	+	20	0.0106		Run 11	+	33	0.0108	
Run 6	-	20	0.0109		Run 12	-	35	0.0109	
					Run 13	+	32	0.0107	

아) 소결

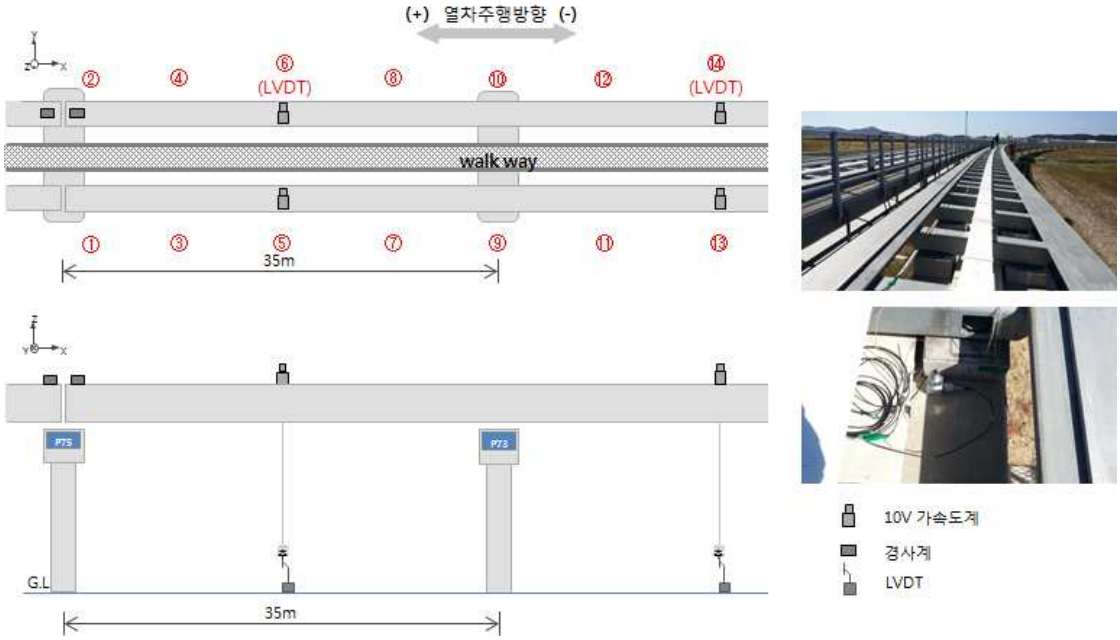
- 시험에 대한 신뢰성을 확보하기 위해, 공차 운행에 대해 각 속도별로 3회이상 시험을 반복하여 평균값을 산정함.
- 열차 주행시, 수평방향으로는 Rigid body motion과 가로보의 모드(2차 twist)가 주로 가진되었으며, 수직방향으로는 1차 twist 및 2차 bending 모드가 가진됨.
- 110mR 구간은 직선구간과 동일한 단면인데 비해 경간장이 짧으므로, 상대적으로 강성이 커서 고유진동수가 높게 나타나고 처짐 및 꺾임각도 작게 나타남

- 거더 중앙부의 가속도 및 단부 최대꺾임각, 중앙부 처짐 분석결과, 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움.
- 브이테크 시험(공차)과 철기연 시험결과(만차)와 비교하였을 때, 차량의 하중을 고려하면 고유진동수를 제외한 나머지 항목에서 유사성을 찾을 수 있음.

5) 800mR구간 (P73-P75, 만차주행) 계측결과

가) 계측개요

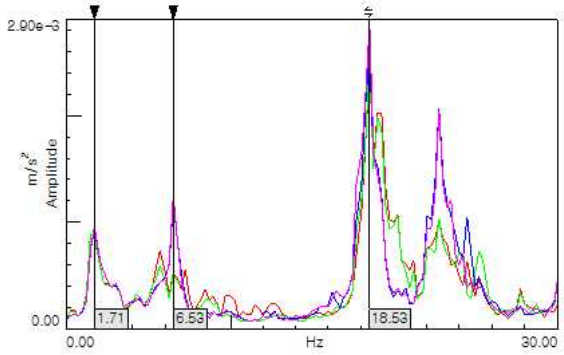
- 거더 구성 및 연장이 직선구간 3경간과 유사하므로 동특성 시험 및 ODS 분석은 생략함
- 그림과 같이 중앙부 가속도계, 처짐계 및 이음부 경사계 설치함



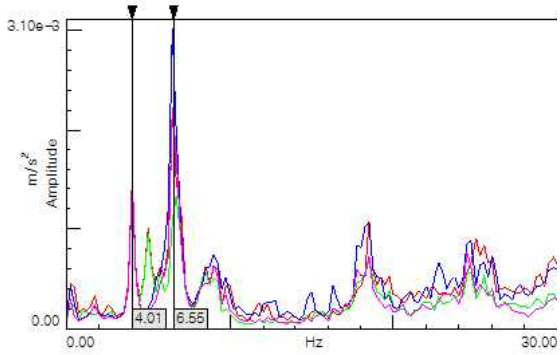
[그림 415]800mR 센서설치 위치 및 측정전경

나) 열차 주행시 주파수 분석결과

- 수평방향은 1.71Hz에서 Rigid Body mode(교량 받침의 영향)이 나타났으며, 6.5Hz는 수직방향 비대칭모드, 18.5Hz는 2차 비틀림모드로 나타남.
- 수직방향은 직선최고속도구간과 마찬가지로 4Hz에서 1차모드가 나타났으며, 주행중에는 6.5Hz의 비대칭 모드가 가장 크게 가진되는 것으로 나타났다.



(a) 수평방향 주파수 응답

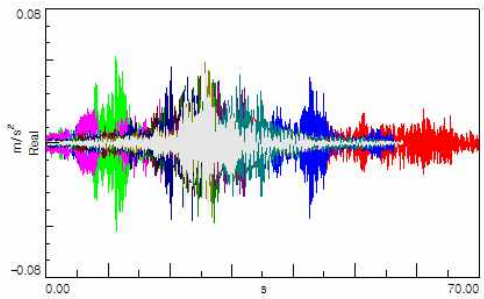


(b) 수직방향 주파수 응답

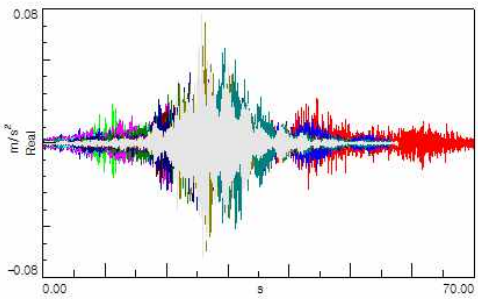
[그림 416]110mR 열차 주행시 주파수 응답

다) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 가속도

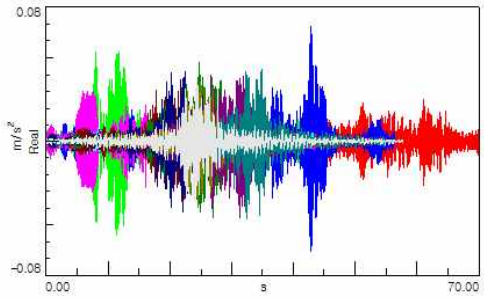
- 거더 가속도는 열차주행시에 동일한 속도에서도 최대값의 편차가 크게 나타났으며, 이는 가속 및 감속 등의 주행조건에 따른 영향이 있는 것으로 판단됨.
- 수평 가속도는 열차 주행에 속도와의 관계는 없으며, 곡선부 주행에 따라 열차가 거더에 진입/진출할 때 발생하는 일시적인 충격(이음매, 유간장치 등)으로 인해 최대가속도가 결정됨
- 수직 가속도는 수평 가속도에 비해 비교적 열차 하중의 영향을 많이 받으며, 60km/h 이상에서는 속도가 빨라질수록 최대가속도가 증가하는 경향을 보임



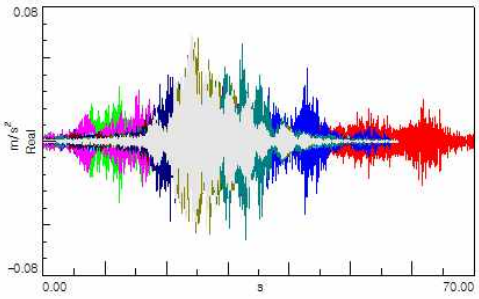
(a) 측경간 수평방향 가속도 응답



(b) 측경간 수직방향 가속도 응답



(c) 중앙경간 수평방향 가속도 응답



(d) 중앙경간 수직방향 가속도 응답

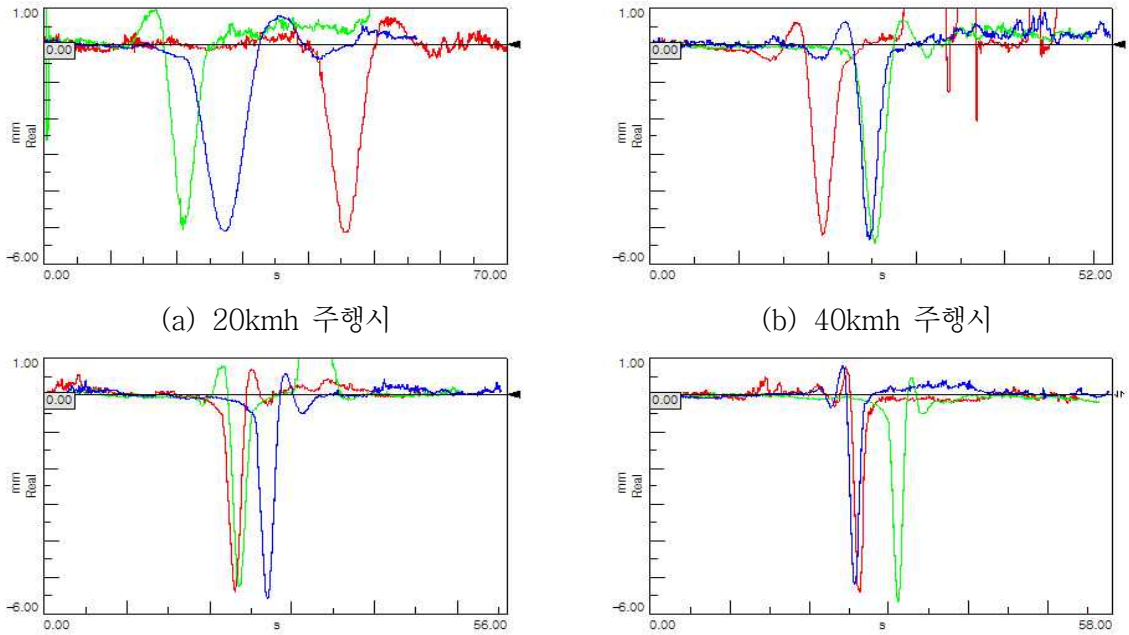
[그림 417]800mR 열차 주행시 거더 중앙부 가속도 응답

[표 80]800mR 열차 주행시 거더 측경간 중앙부 가속도 응답

Run name	주행방향	주행속도	거더 중앙부 최대가속도 (30Hz Low Pass Filtering(m/s^2))							
			측경간				중앙경간			
			수평가속도		수직가속도		수평가속도		수직가속도	
			최대	평균	최대	평균	최대	평균	최대	평균
Run 1	-	20	0.0524	0.0411	0.0274	0.0288	0.0261	0.0502	0.0263	0.0356
Run 2	+		0.0447		0.0314		0.0559		0.0366	
Run 3	-		0.0261		0.0275		0.0686		0.0439	
Run 4	+	40	0.0233	0.0372	0.0289	0.0282	0.0305	0.0301	0.0310	0.0285
Run 5	-		0.0404		0.0249		0.0240		0.0226	
Run 6	+		0.0479		0.0307		0.0358		0.0319	
Run 7	-	60	0.0464	0.0440	0.0371	0.0404	0.0473	0.0450	0.0474	0.0447
Run 8	+		0.0373		0.0424		0.0421		0.0480	
Run 9	-		0.0484		0.0416		0.0457		0.0388	
Run 10	+	80	0.0407	0.0393	0.0721	0.0688	0.0395	0.0408	0.0614	0.0613
Run 11	-		0.0499		0.0566		0.0463		0.0586	
Run 12	+		0.0274		0.0778		0.0365		0.0640	

라) 열차 주행속도에 따른 거더 중앙부 처짐

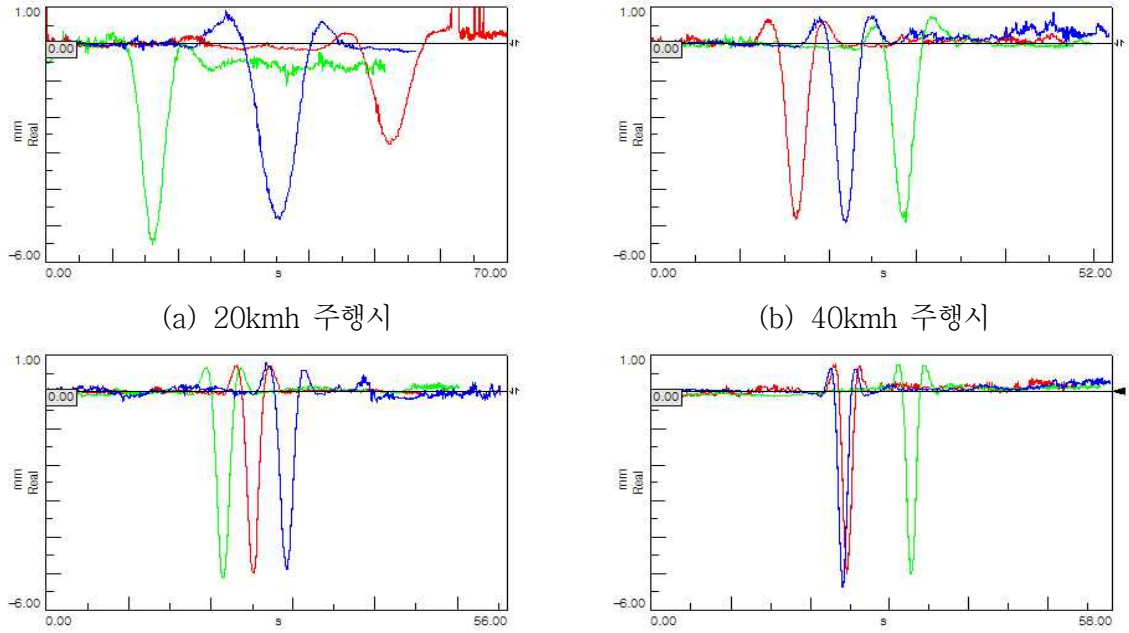
- 시험당일 풍속이 빨라서 추의 흔들림으로 인해 결과 데이터에 영향이 있음
- 최대처짐량은 직선구간 시험결과와 유사함



(a) 20kmh 주행시 (b) 40kmh 주행시

(c) 60kmh 주행시 (d) 80kmh 주행시

[그림 418]800mR 열차 주행속도별 측경간 거더 중앙부 처짐



(a) 20kmh 주행시 (b) 40kmh 주행시

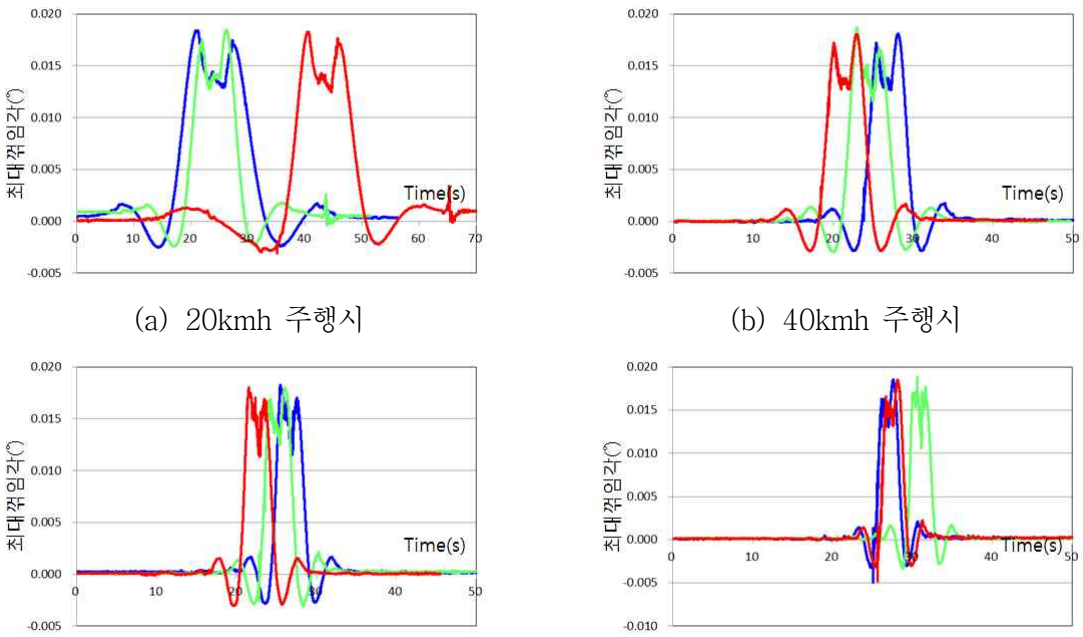
(c) 60kmh 주행시 (d) 80kmh 주행시

[그림 419]800mR 열차 주행속도별 중앙경간 거더 중앙부 처짐

[표 81]800mR 열차 주행시 거더 중앙부 최대처짐

Run Name	주행방향	주행속도	측경간 최대처짐(mm)		중앙경간 최대처짐(mm)	
			최대처짐	평균	최대처짐	평균
Run1	-	20	5.14	5.10	2.77	4.37
Run 2	+	20	5.06		5.51	
Run 3	-	20	5.10		4.83	
Run 4	+	40	5.21	5.33	4.82	4.88
Run 5	-	40	5.44		4.91	
Run 6	+	40	5.33		4.91	
Run 7	-	60	5.40	5.42	4.97	4.99
Run 8	+	60	5.26		5.11	
Run 9	-	60	5.59		4.89	
Run 10	+	80	5.40	5.42	5.00	5.13
Run 11	-	80	5.68		5.02	
Run 12	+	80	5.17		5.37	

마) 열차 주행속도에 따른 거더 이음부 꺾임각



(a) 20kmh 주행시 (b) 40kmh 주행시

(c) 60kmh 주행시 (d) 80kmh 주행시

[그림 420]800mR 열차 주행속도별 거더 이음부 꺾임각

[표 82]800mR 열차 주행시 거더 이음부 최대 꺾임각

Run name	주행방향	주행속도	최대경사		최대꺾임각(°)	
			경사계1	경사계2	최대꺾임각	평균
Run 1	-	20	0.0191	0.0177	0.0183	0.0184
Run 2	+		0.0189	0.0180	0.0185	
Run 3	-		0.0188	0.0176	0.0184	
Run 4	+	40	0.0192	0.0182	0.0180	0.0183
Run 5	-		0.0196	0.0181	0.0187	
Run 6	+		0.0192	0.0184	0.0181	
Run 7	-	60	0.0199	0.0191	0.0180	0.0181
Run 8	+		0.0194	0.0192	0.0180	
Run 9	-		0.0199	0.0191	0.0183	
Run 10	+	80	0.0193	0.0198	0.0185	0.0186
Run 11	-		0.0200	0.0205	0.0189	
Run 12	+		0.0194	0.0199	0.0185	

바) 소결

- 시험에 대한 신뢰성을 확보하기 위해, 각 속도별로 3회 시험을 반복하여 평균값을 산정함.
- 거더의 고유진동수 및 열차 주행에 따른 주요 가진모드는 직선구간과 거의 동일함
- 수평방향 가속도의 경우 시험대상거더에 열차가 진입/진출 하는 등의 주행조건에 따라 최대가속도가 나타나며, 수직가속도는 열차의 가감속에 많은 영향을 받음
- 거더 중앙부의 가속도 및 단부 최대꺾임각, 중앙부 처짐 분석결과, 주행속도에 따른 경향성을 찾기 어려움.

(라) 열차 비상정지 시험 및 열차내부 영향평가

1) 기계연구원 시험선 비상정지/낙하시험

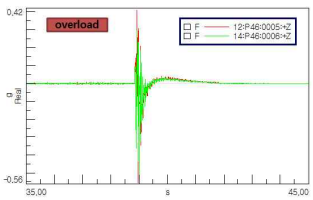
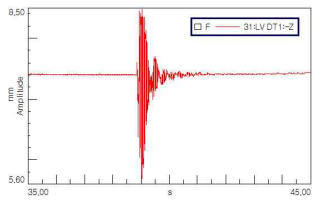
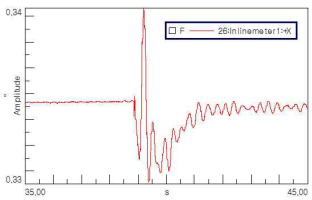
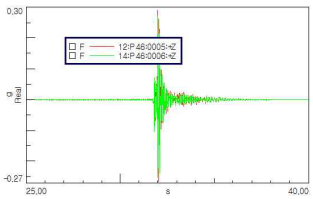
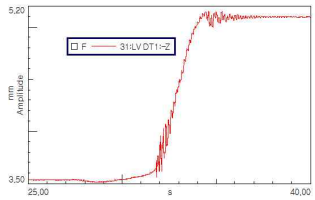
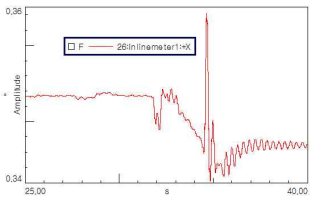
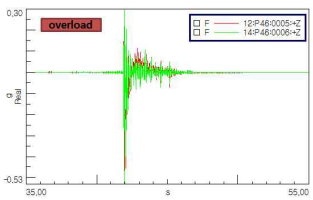
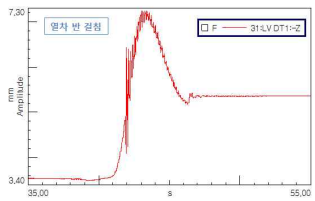
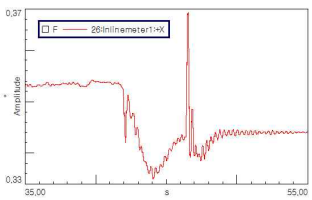
가) 시험개요

- 기계연구원 시험선 구간에서 주행중 비상정지 / 비상낙하시 거더에 미치는 영향을 평가함

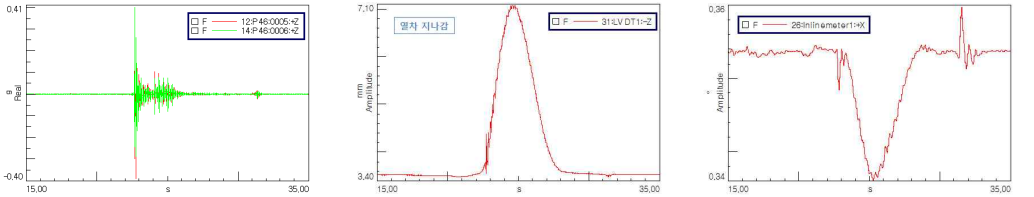
- 직선구간, 곡선구간, 분기기 구간에서 수행함
- 시험결과는 인천공항 자기부상열차 사업단 측에 제공함
- 본 시험으로 레일 이음매에 따른 주행성능 평가 시험을 대체함

나) 직선구간(P46~P47) 비상낙하시험

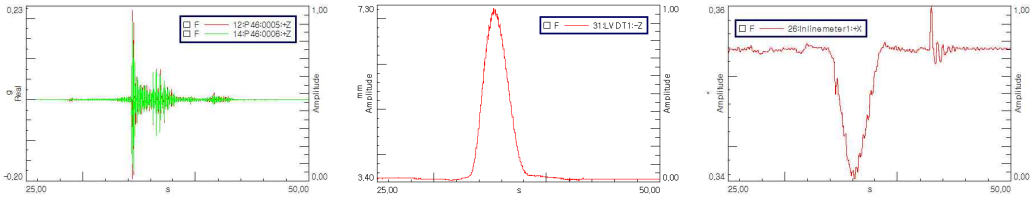
- 부상상태에서 갑자기 열차의 전원을 끊어서 궤도에 낙하함
- 20km/h 주행시 낙하할 경우 거더의 가속도는 0.3g 이하, 변위는 1.7mm, 꺾임각은 0.09°로 나타남
- 40km/h 주행 중 전원을 끊어서 궤도에 낙하함(전체/전방대차/후방대차 낙하)
- 40km/h 주행시 전방대차로 낙하할 경우 거더의 가속도는 0.4g 이하, 변위 3.7mm, 꺾임각은 0.0178°로 나타남
- 40km/h 주행시 후방대차로 낙하할 경우 거더의 가속도는 0.22g 이하, 변위 3.76mm, 꺾임각은 0.0182°로 나타남
- 낙하에 따른 영향은 충격으로 인한 최대가속도의 증가 외에는 기존 직선구간의 시험결과와 유사함

	중앙부 가속도	중앙부 최대처짐	단부 꺾임각
정지낙하			
20km/h 주행낙하			
40km/h 주행낙하 (전체)			

40km/h
주행낙하
(전방)



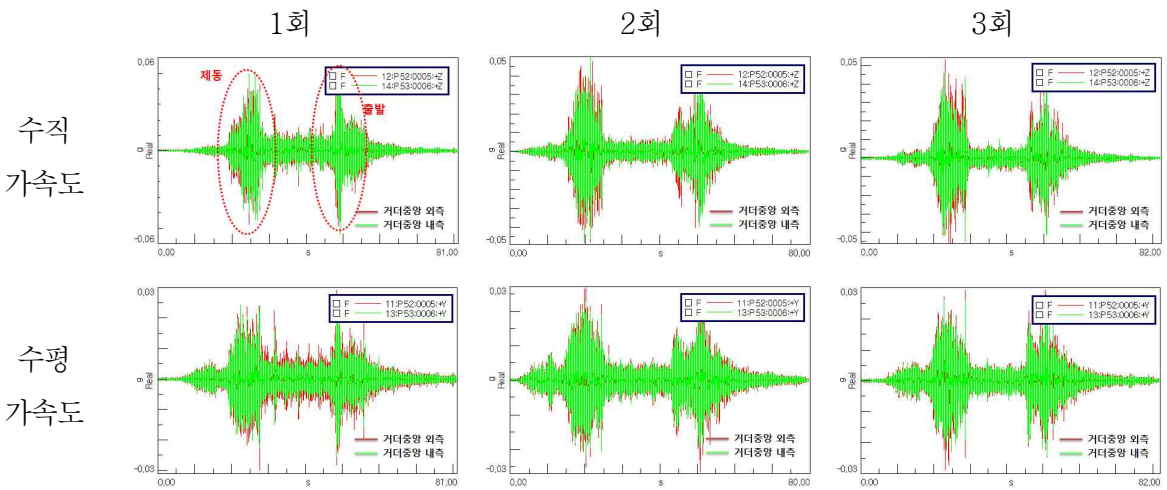
40km/h
주행낙하
(후방)



[그림 421]기계연구원 시험선 직선구간 열차 비상낙하시 주행속도/낙하방법에 따른 거더영향평가

다) 180mR 구간(P52~P53) 비상정지시험(전기제동)

- 열차의 비상정지는 전기제동과 기계 제동으로 나눌 수 있음
- 제동에 따른 거더의 진동영향 평가를 수행하기 위해 기계연구원 180mR 곡선구간 중앙부에 가속도계 2개를 설치하여 거더 중앙부 가속도를 계측함
- 시험거더 위에서 전기제동을 실시하여 열차가 멈춘 후 반대방향으로 출발함.
- 거더 중앙부 가속도는 0.0515g(수직), 0.0291g(수평) 이하로 나타남. (기준 0.5g)
- 전기를 이용한 제동의 경우, 열차 출발시의 거더 가속도와 큰 차이가 없음

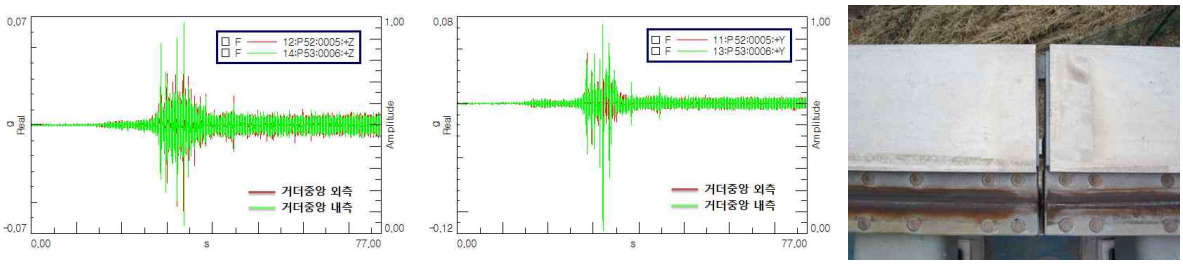


[그림 422]기계연구원 시험선 직선구간 열차 전기제동시 거더영향평가

라) 180mR 구간(P52~P53) 비상정지시험(기계제동)

- 30km/h 주행 후에 시험거더 위에서 기계제동(스키드)을 실시하여 열차가 완전히 정지할 때까지 계측함
- 거더 중앙부 가속도는 0.0663g(수직), 0.0472g(수평) 이하로 나타남. (기준 0.5g)
- 레일이음매와 유간장치의 단차로 인해 교량에 충격요소로 작용 (가속도계 overload)

수직가속도 수평가속도 유간장치



[그림 423]기계연구원 시험선 직선구간 열차 기계제동시 거더영향평가

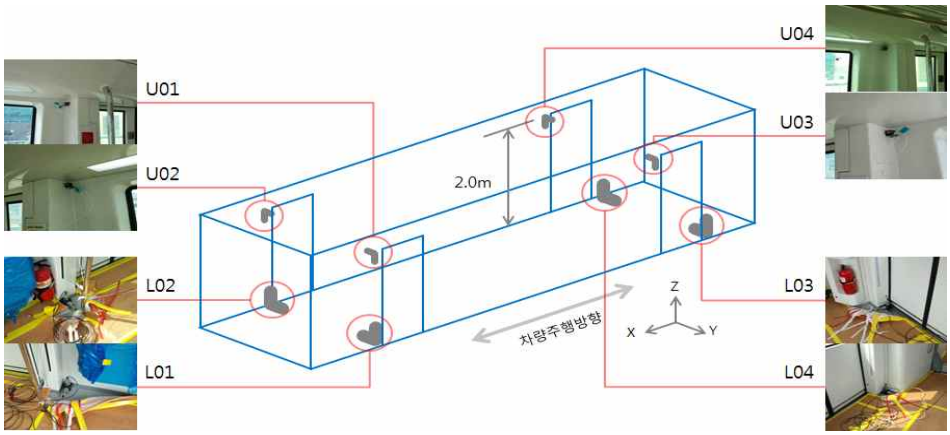
마) 소결

- 기계연구원 시험선에서 비상낙하 및 비상정지에 대한 시험을 수행함
- 비상정지 및 비상낙하 시에 정적인 요소는 기존 주행시와 큰 차이가 없음
- 거더의 가속도가 충격으로 인해 증가하지만, 비상낙하나 정지가 지속적으로 발생하는 상황이 아니기 때문에 거더에 구조적인 문제는 없을 것으로 판단됨

2) 열차내부 진동영향평가

가) 시험개요

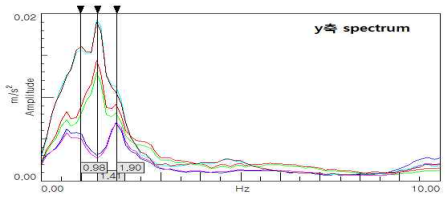
- 선로 주행에 따른 열차내 영향 평가 목적
- 인천공항선로 가로보의 영향으로 인한 차량내 rolling 발생 영향평가
- 인천공항 전구간에 대한 열차내부 진동계측 및 모드분석
- 차량 정지시 진동계측 : 정지부상시 암진동 계측, 인력가진을 통한 차량 모드 분석
- 직선구간, 110mR구간, 800mR구간 등 주행시 차량 동특성 계측 및 평가
- 주행속도별 분기기 구간 차량 동특성 계측 및 평가



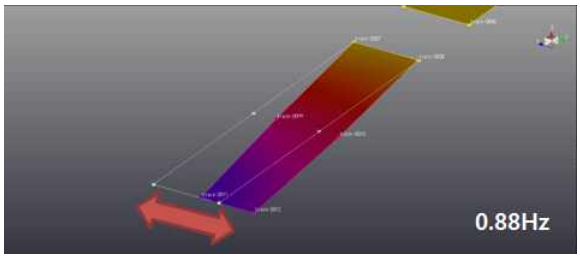
[그림 424]차량 내부 진동영향평가를 위한 센서 설치위치

나) 기계연구원 시험선 노선 열차 내부 계측결과

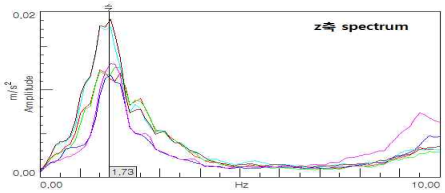
- 기계연구원에서 차량을 주행할 때 ODS 분석을 통해서 차량의 모드를 분석함
- Air Spring의 영향으로 인해 0.75~2Hz 사이에 대부분의 모드들이 나타남
- 0.88Hz는 수평, 1.5Hz 는 차의 앞부분이 수직으로 나타남
- Rolling 모드는 나타나지 않음



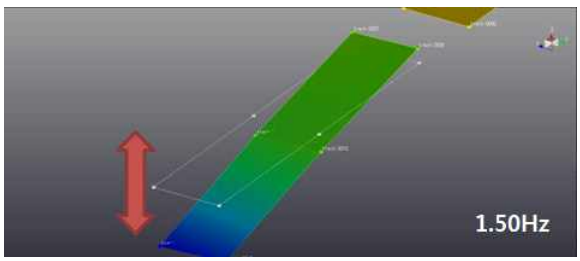
(a) 열차주행 중 수평방향 spectrum



(b) 열차주행 중 열차 수평모드형상 (0.88Hz)



(c) 열차주행 중 수직방향 spectrum



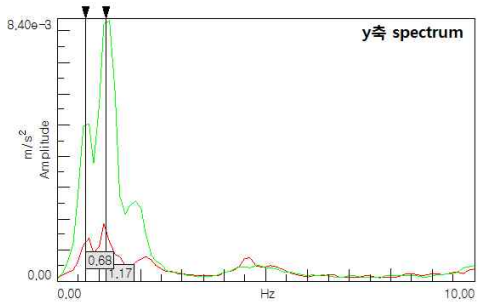
(d) 열차주행 중 열차 수직모드형상 (1.50Hz)

[그림 425]기계연구원 시험선 주행시 ODS분석

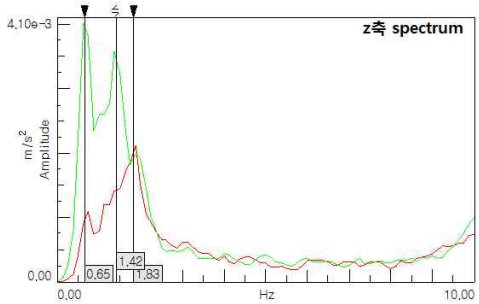
다) 인천공항 시범노선 차량영향평가

- 차량 에어스프링의 모드를 알아보기 위해 정지부상상태에서 횡방향으로 인력가진 후 자유진동을 계측함

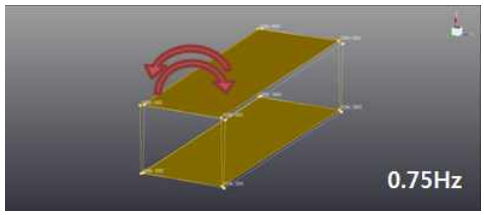
- 기계연과 마찬가지로 Air Spring의 영향으로 인해 0.75~2Hz 사이에 대부분의 모드들이 나타남
- 횡방향 인력가진에 의한 차량내부의 모드를 분석해본 결과, 0.75~1.13Hz에서 rolling mode가 나타났으며, 수직모드는 1.88Hz에서 나타남



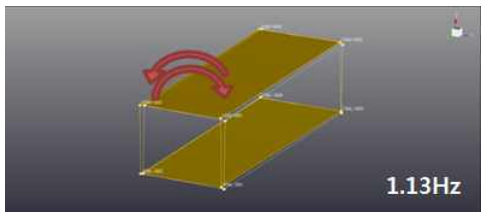
(a) 횡방향 인력가진 수평방향 spectrum



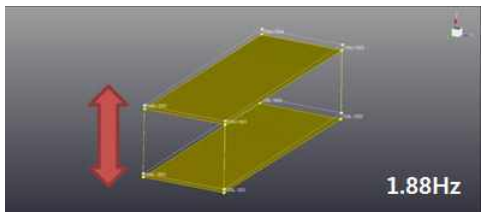
(b) 횡방향 인력가진 수직방향 spectrum



(c) 횡방향 인력가진 모드형상 (rolling, 0.75Hz)



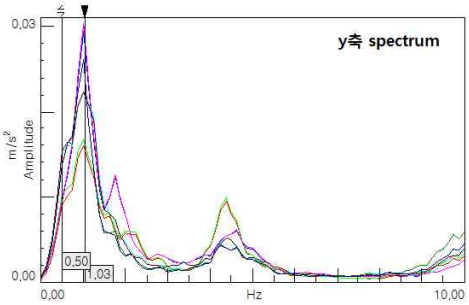
(d) 횡방향 인력가진 모드형상 (rolling, 1.13Hz)



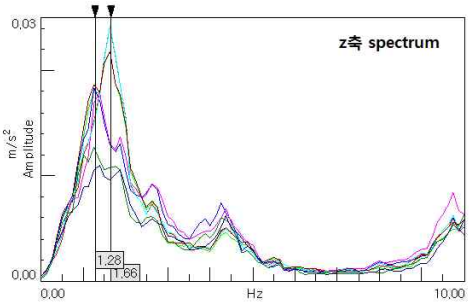
(e) 횡방향 인력가진 모드형상 (수직, 1.88Hz)

[그림 426]인천공항 시범노선 수평방향 인력가진을 통한 ODS분석

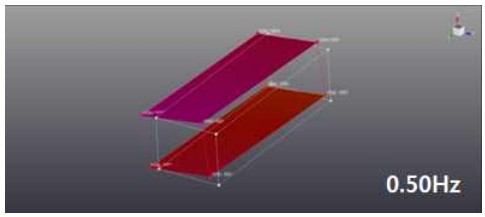
- 인천공항 시범노선 주행시 계측 데이터의 ODS 분석을 통해 인천공항 노선 주행시 차량의 가진 주파수를 분석함
- 직선구간 주행시 열차내부의 모드 분석을 통해 차량의 rolling 모드를 찾음
- 직선구간 주행시 모드 분석결과, 0.5Hz에서 순수 rolling 모드가 나타났으며 1.00Hz에는 수직모드와 rolling가 혼합되어 나타남
- Air Spring의 영향으로 인해 열차 주행속도 및 주행구간에 따라, 모드의 주파수가 조금씩 변화함



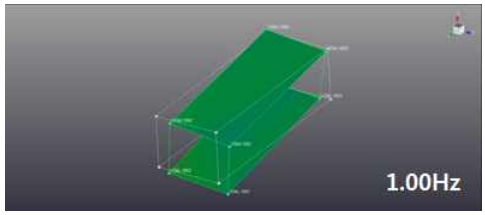
(a) 직선구간 주행시 수평방향 spectrum



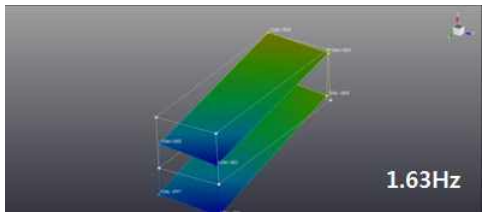
(b) 직선구간 주행시 수직방향 spectrum



(c) 직선구간 주행시 모드형상 (rolling, 0.50Hz)



(d) 직선구간 주행시 모드형상 (rolling+수직, 1.00Hz)



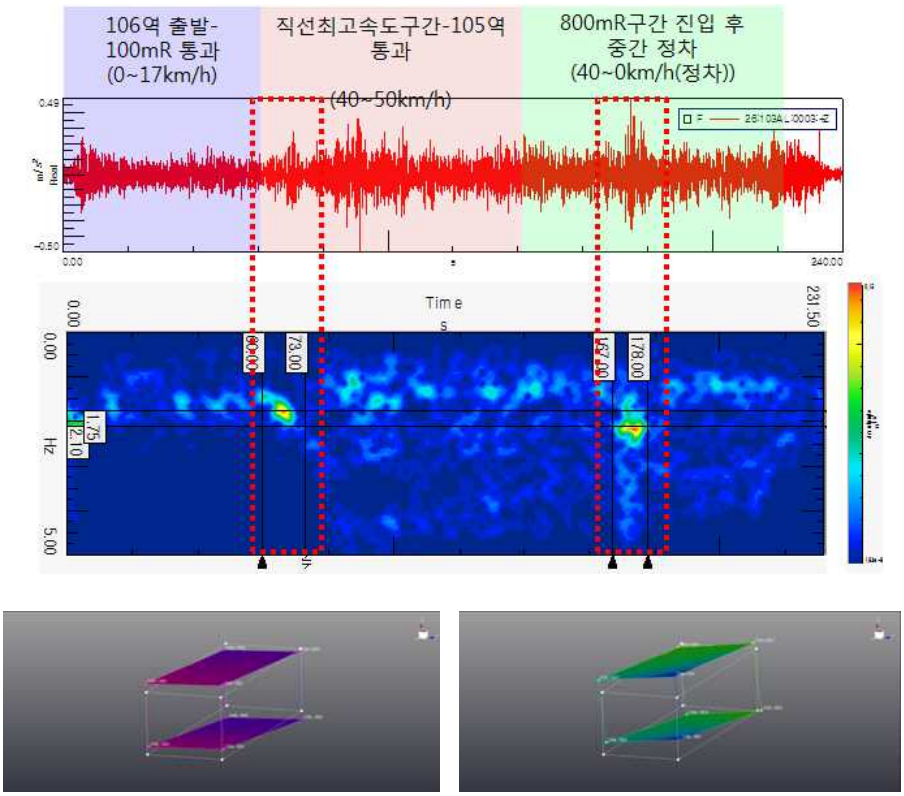
(e) 직선구간 주행시 모드형상 (수직, 1.63Hz)

[그림 427]인천공항 시범노선 주행시 ODS분석

라) Colormap을 이용한 인천공항 시범노선 차량영향평가

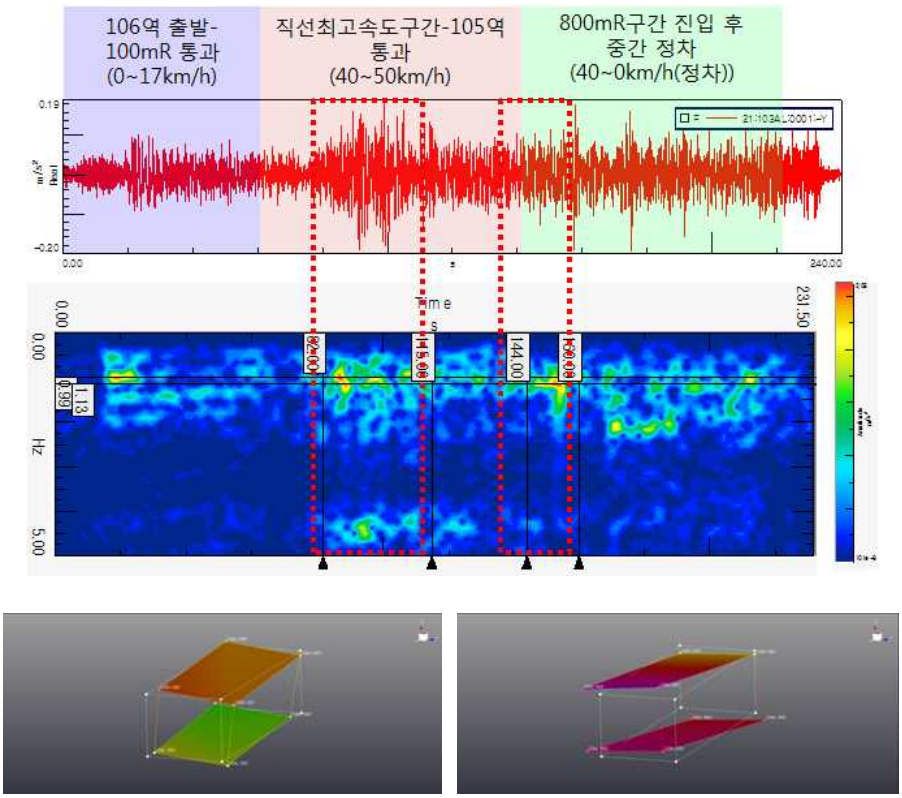
- 주행구간에 따른 열차의 진동영향을 알아보기 위해 colormap을 이용하여 각 구간을 지날 때의 진동영향에 대해 살펴봄
- 거의 모든 모드가 2Hz 이하의 영역에서 나타났으며, 주행구간에 따라 rolling과 수직, 수평모드가 혼재되어 나타남
- 특정 곡선구간이나 직선구간에 의한 차량의 진동이 커지지는 않았으며, 국부적인 영향으로 인해 차량이 가진될 경우에 진동레벨이 커지는 것으로 판단됨

Run 1 ((−)주행)
103AL:0003 +z



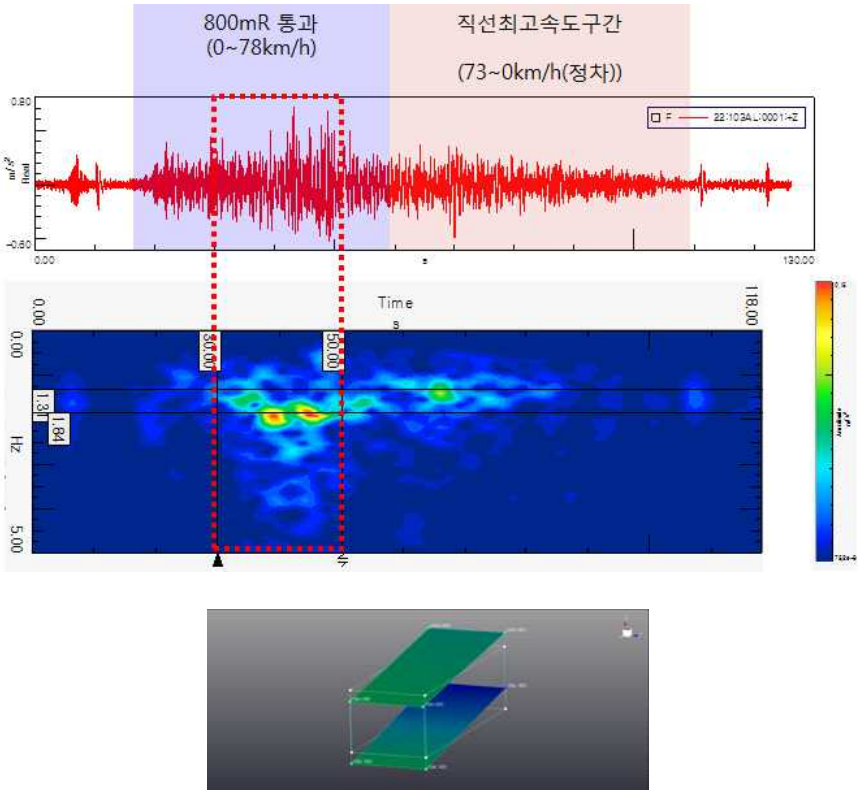
[그림 428]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 1

Run 1
((−)주행)
103AL:0001
−y



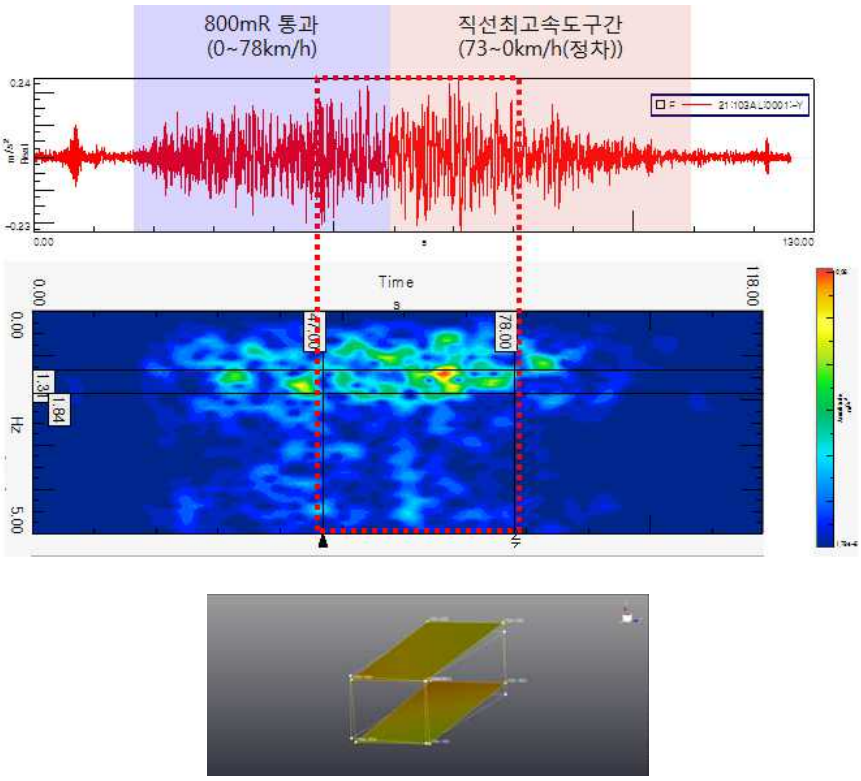
[그림 429]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 2

Run 5
((+)주행)
103AL:0001 +z



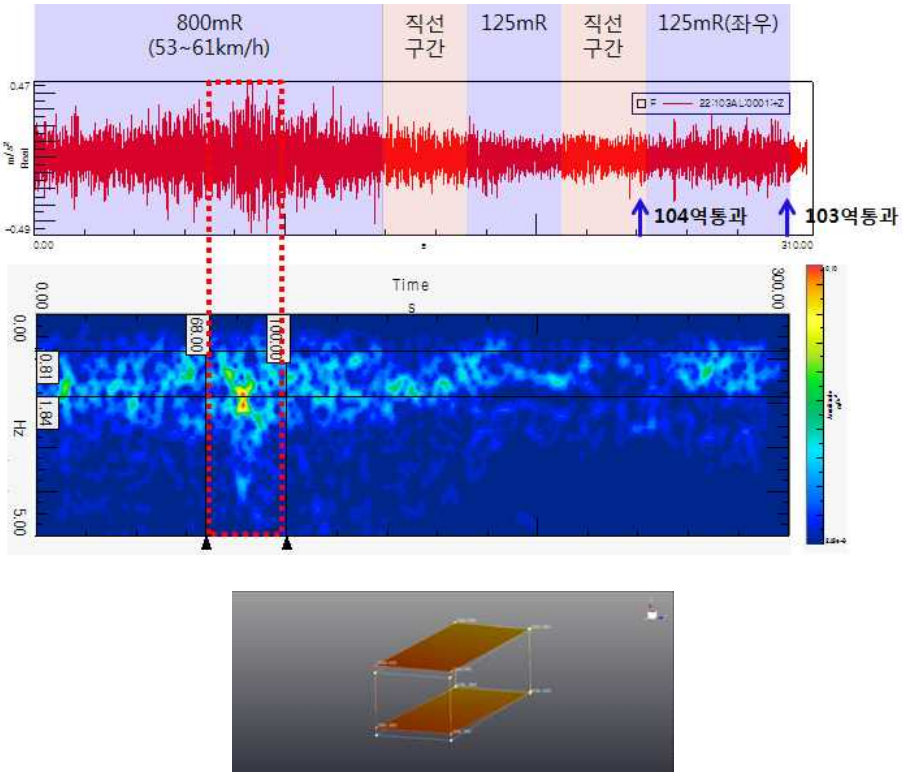
[그림 430]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 3

Run 5
((+)주행)
103AL:0001 −y



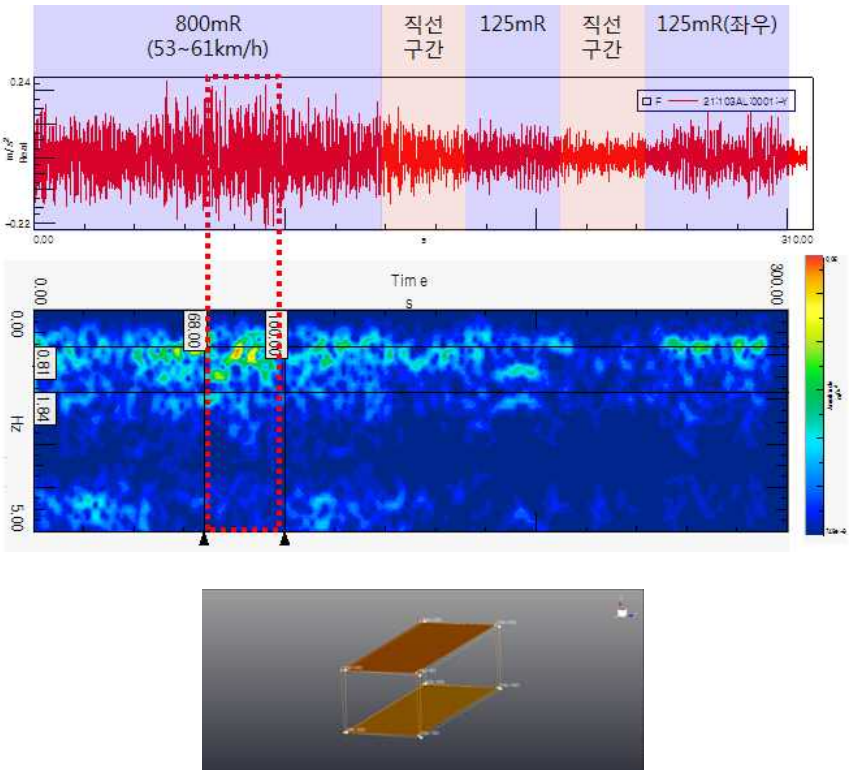
[그림 431]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 4

Run 10
((−)주행)
103AL:0001 +z



[그림 432]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 5

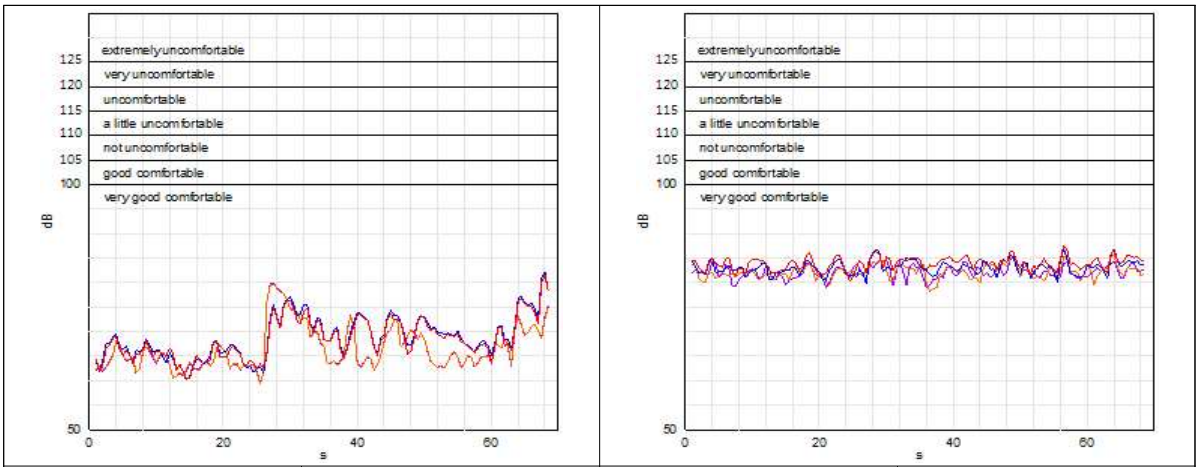
Run 10
((−)주행)
103AL:0001 −y



[그림 433]인천공항 시범노선 주행시 colormap 분석 6

마) 열차 승차감 평가

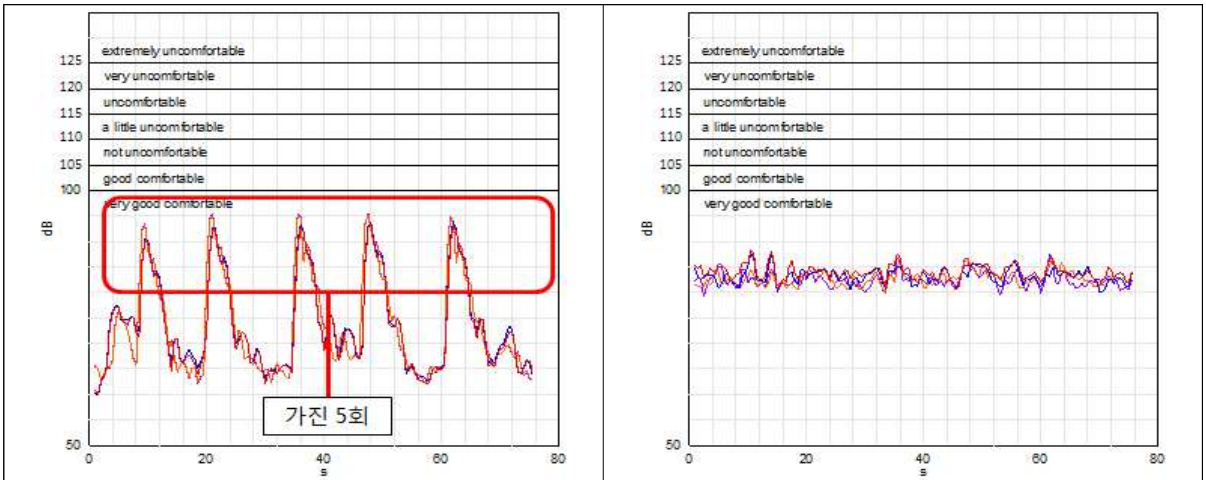
- 인천공항 시범노선에서 열차주행에 따른 승차감 영향을 평가하기 위해 다양한 운행 속도와 최고 운행 속도에 대해 열차내부에서 계측된 데이터를 바탕으로 다음과 같이 분석함
- 총 20여회 이상의 계측 중 승차감이 비교적 진동레벨이 큰 주행을 중점적으로 분석함
- 이를 KS R 9216의 약식법에 맞추어 승차감 평가 실시(ISO 2631 인체감각보정 사용)
- Ambient(정지부상시) : 열차 출발전 차고지에서 정지부상 되어 있는 상태



Overall RMS(dB)	Max (dB)	Overall RMS(dB)	Max (dB)
71.78	82.11	84.18	87.57
(a) y방향(수평방향)		(b) z방향(수직방향)	

[그림 434]인천공항 시범노선 정지부상시 승차감 평가

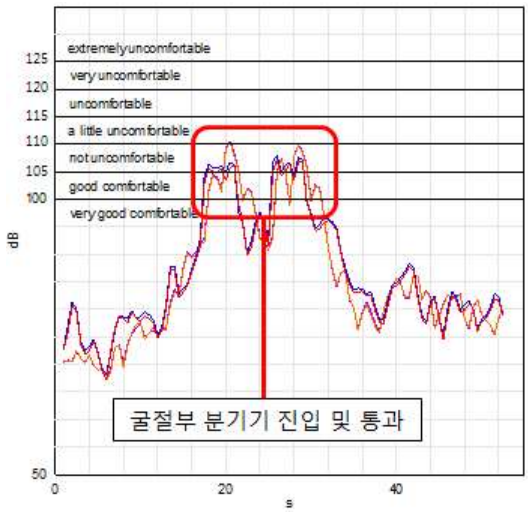
- Push Test(외부 가진시) : 열차가 정지부상 되어 있는 상태에서, 외부에서 인력으로 수평방향으로 5회 가진함

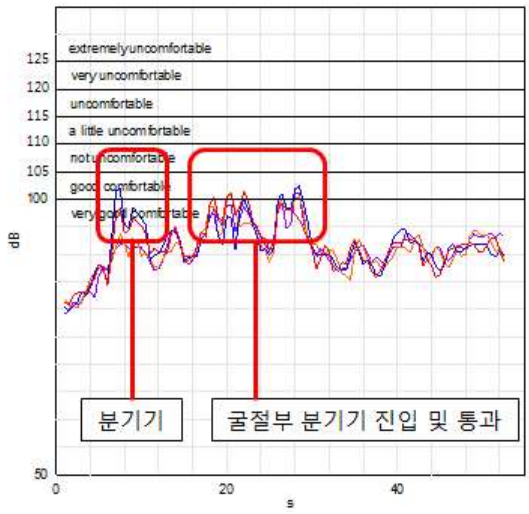


Overall RMS(dB)	Max (dB)	Overall RMS(dB)	Max (dB)
84.62	95.54	84.24	88.32
(a) y방향(수평방향)		(b) z방향(수직방향)	

[그림 435]인천공항 시범노선 외부가진시 승차감 평가

- Run 15 : 분기기(하선->상선) 위를 20km/h로 주행 후 정차함

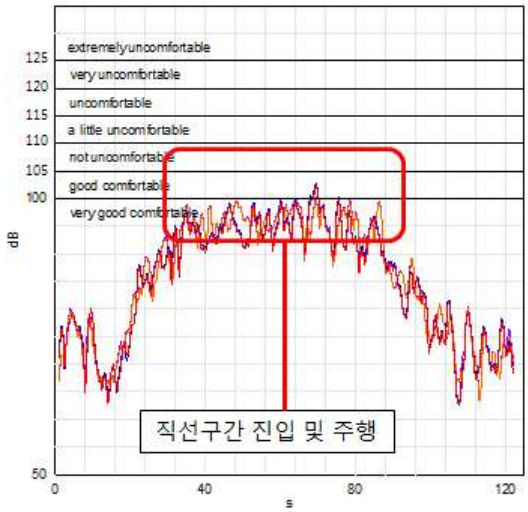


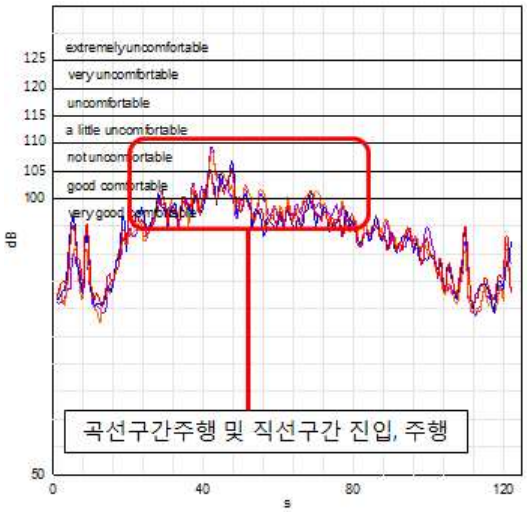


Overall RMS(dB)	Max (dB)	Overall RMS(dB)	Max (dB)
99.03	110.60	93.96	102.40
(a) y방향(수평방향)		(b) z방향(수직방향)	

[그림 436]인천공항 시범노선 분기기 주행시 승차감 평가

- Run 5 : 800mR 구간에서 출발하여 직선구간을 80km/h로 주행한 후 정차

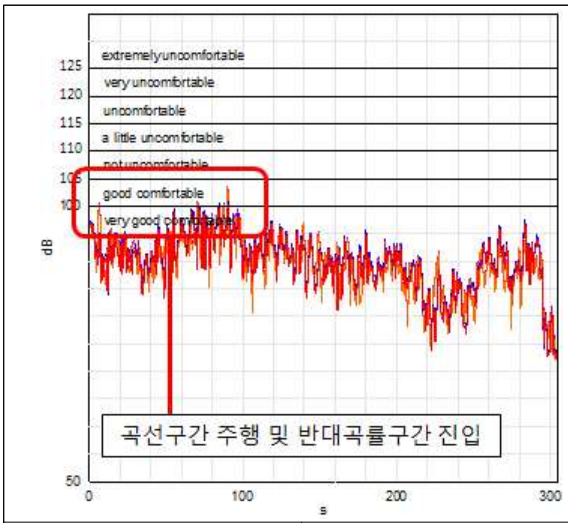


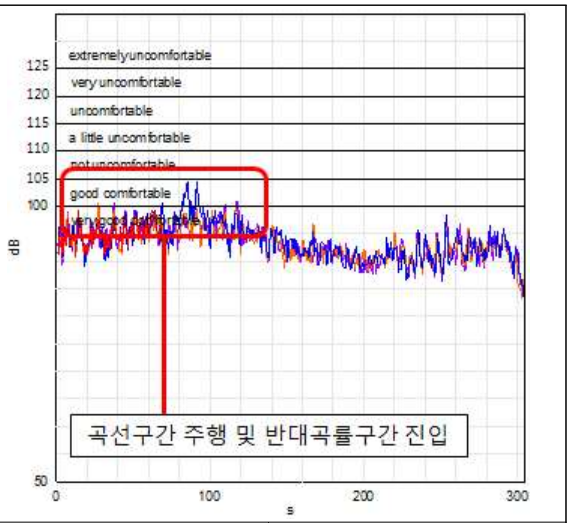


Overall RMS(dB)	Max (dB)	Overall RMS(dB)	Max (dB)
93.21	102.84	97.20	109.36
(a) y방향(수평방향)		(b) z방향(수직방향)	

[그림 437]인천공항 시범노선 직선 및 곡선구간 주행시 승차감 평가

- Run 10 : 102 역사부터 105역사까지 역사에서 정차하지 않고 주행함

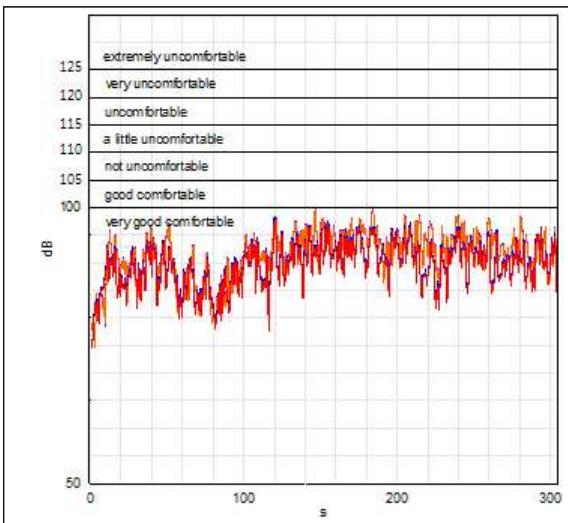


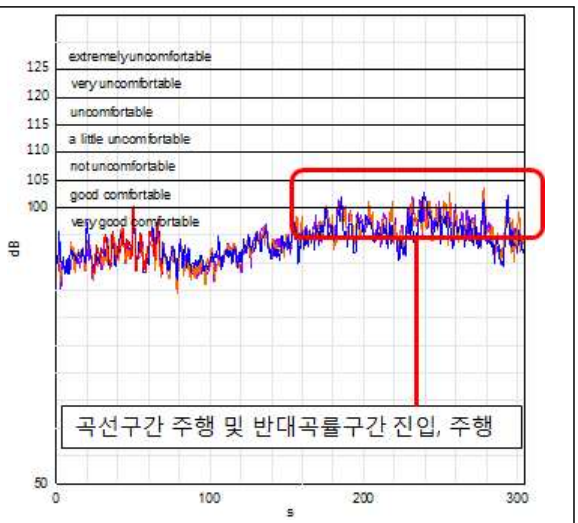


Overall RMS(dB)	Max (dB)	Overall RMS(dB)	Max (dB)
92.30	103.66	94.92	104.42
(a) y방향(수평방향)		(b) z방향(수직방향)	

[그림 438]인천공항 시범노선 전체노선 주행시 승차감 평가

- Run 21 : 105 역사부터 102역사까지 역사에서 정차하지 않고 주행함





Overall RMS(dB)	Max (dB)	Overall RMS(dB)	Max (dB)
93.26	99.85	95.38	104.01
(a) y방향(수평방향)		(b) z방향(수직방향)	

[그림 439]인천공항 시범노선 전체노선 주행시 승차감 평가2

- KS R 9216 승차감 평가 기준을 통해 평가한 결과, Overall에서는'매우 우수'등급을 만족함
- Running RMS분석 결과, 주행 선로에 따라 순간적으로 조금불편함 수준의 승차감 저하가 나타나긴 했으나 대체적으로 양호 등급 이상을 만족함

[표 83]인천공항 시범노선 승차감 평가결과 요약

Run name	특이사항	Overall RMS(dB)				Running RMS Max(dB)			
		Y direction		Z direction		Y direction		Z direction	
		값	평가	값	평가	값	평가	값	평가
Ambient	정지부상	71.78	매우 우수	84.18	매우 우수	82.11	매우 우수	87.57	매우 우수
Push Test	정지부상, 인력가진	84.62	매우 우수	84.24	매우 우수	95.54	매우 우수	88.32	매우 우수
Run15	분기기 (하선->상선) 20km/h 주행 후 정차	99.03	매우 우수	93.96	매우 우수	110.60	조금 불편함	102.40	양호
run5	800mR 출발 직선구간 80km/h 주행 후 정차	93.21	매우 우수	97.20	매우 우수	102.84	양호	109.36	보통
Run10	800mR 출발, 103역 정차 5분 측정	92.30	매우 우수	94.92	매우 우수	103.66	양호	104.42	양호
Run21	125mR 진입, 105역 직선구간 5분 측정	93.26	매우 우수	95.38	매우 우수	99.85	매우 우수	104.01	양호

바) 소결

- 열차내부 측정결과, Air spring의 영향으로 인해 대부분의 모드들이 2Hz 미만에서 나타나며 특정한 주파수에서 모드 shape이 발견되지 않음
- 기계연구원 시험선 주행에서는 열차의 Rolling Mode가 나타나지 않았으나, 인천공항 시범노선 주행에서는 직선구간 주행에서 Rolling모드가 나타남
- 이는 가로보의 영향으로 볼 수도 있으며, 가로보와 승차감의 관계를 규명하기 위해서는 추후 연구가 더 필요함
- Color map 분석을 통해 알 수 있듯이 열차의 진동은 특정한 구간이 아닌, 지엽적인 선로의 영향이나 외부가진(바람 등)로부터 기인함
- 승차감 평가 결과, 5분 계측을 통한 Overall RMS를 분석하면 모두“매우 양호” 수준으로 나오지만 Running RMS를 통한 순간적인 승차감 평가 결과 특정한 구간에서 “조금 불편함” 수준이 나타나기도 함

(마) 최적화 설계 거더 제작 및 평가 시험

1) 최적화 설계개요

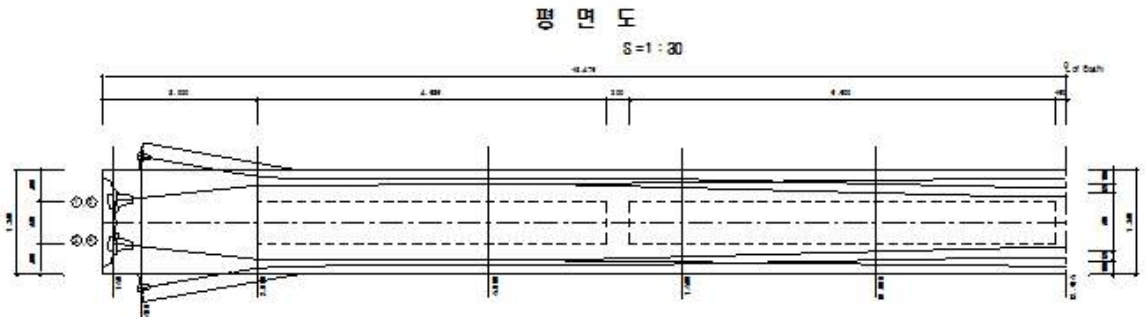
가) 개요

- 기존 기계연구원은 L/4,000 의 설계기준에 맞추어 설계하였으나, 최적화 설계 시험거더는 L/1,500로 설계 및 시공함
- 기존 거더에 비해 거더의 높이가 약 60cm 이상 감소함
- 기존 거더와의 레일 높이를 맞추기 위하여 교각에 높임 콘크리트를 타설하고 받침을 거치한 후 신규 거더를 거치함
- U type과 Box type 두 가지 case에 대해 시험을 수행하기 위해 그림 (d)의 빨간색 네모 부분을 추후 거더 거치 후 U type 시험을 거친 후에 타설함

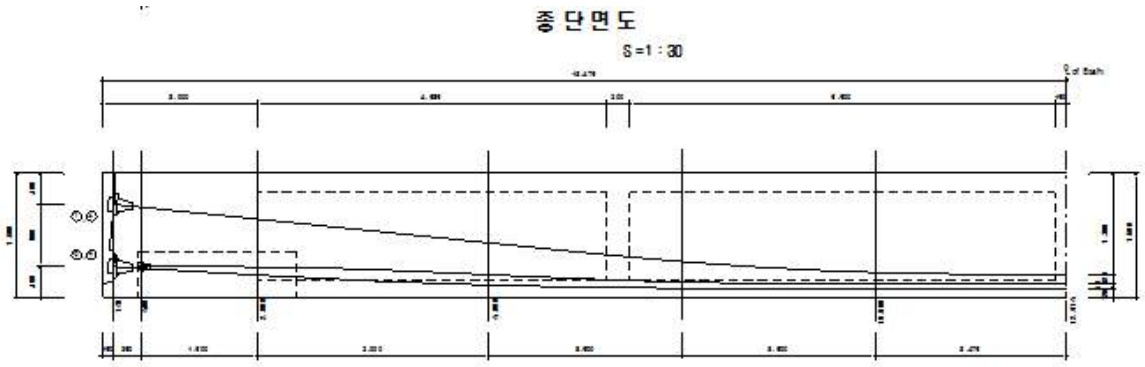


[그림 440]최적화 설계에 따른 신설거더 시공 사진

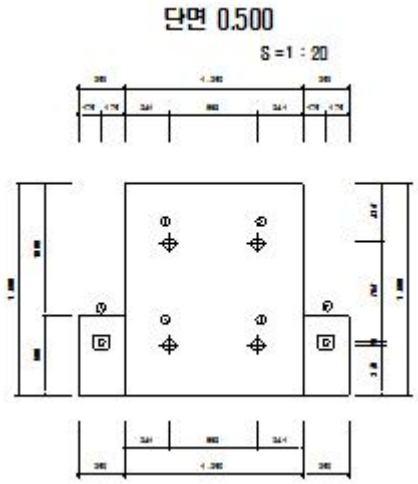
나) 설계도면



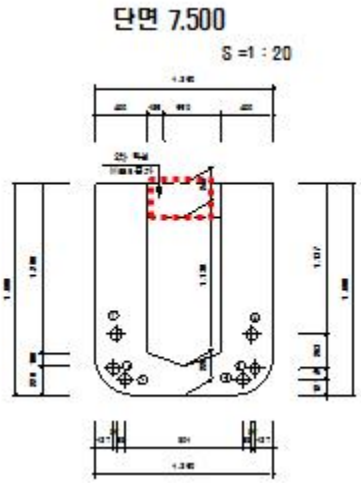
(a) 최적화 설계 평면도



(b) 최적화 설계 종단면도



(c) 최적화 설계 단부 단면



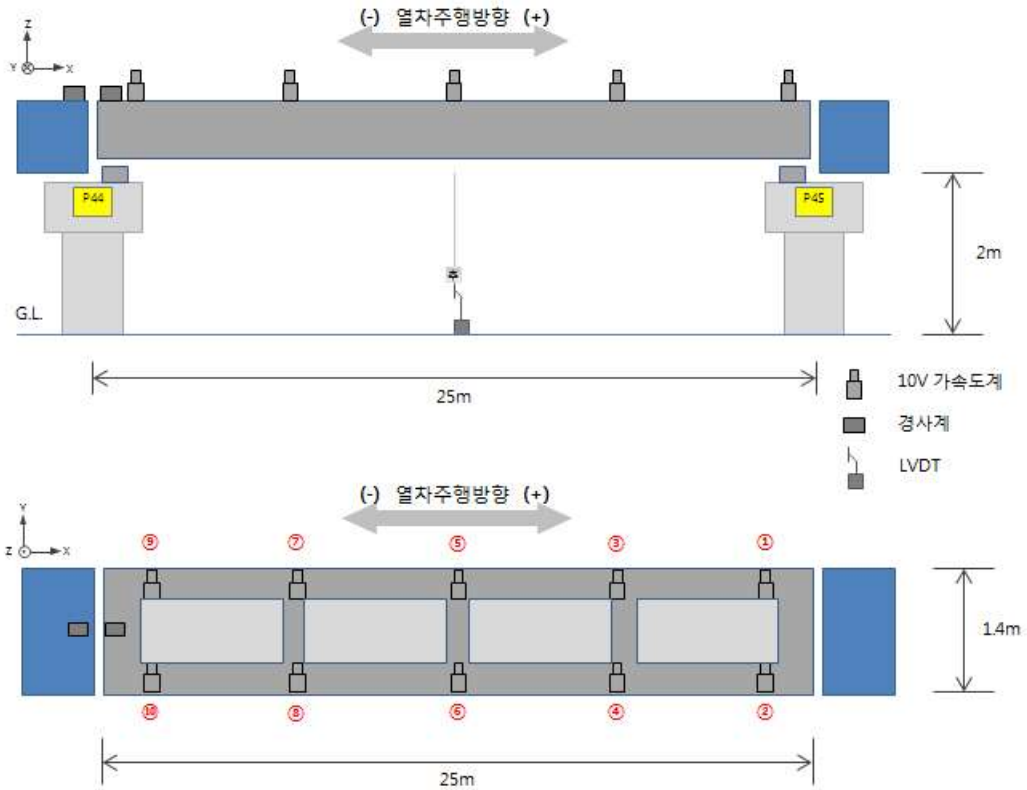
(d) 최적화 설계 이음부 단면

[그림 441]최적화 설계 거더 최종 제작 도면

2) 직선구간(P44-P45, 공차주행) U type 거더 계측결과

가) 개요

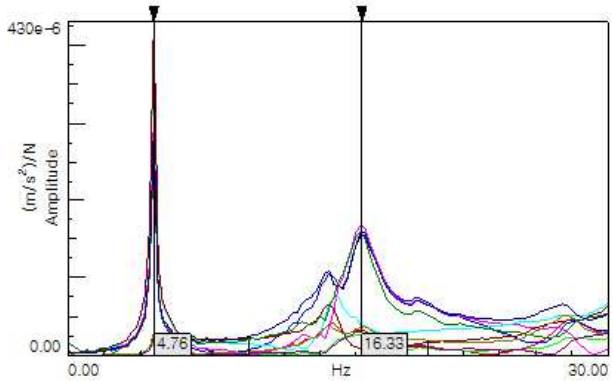
- U type 거더 형태로서 강선으로 초기 긴장을 줌
- 중앙부 강선 4개소는 긴장 후 좌우 측면 강선의 긴장은 안한 상태임
- 받침은 높이 보강 후 새 제품으로 교체함
- 그림과 같이 10개소에 대해 가속도계를 수평/수직으로 설치함
- P44 측 이음부에 경사계를 설치하고 중앙부 1개소에만 처짐계를 설치함
- 공차시 열차 주행시험을 수행함



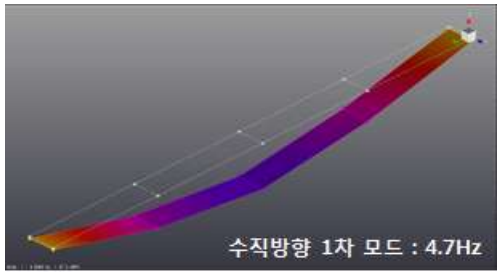
[그림 442]기계연구원 최적화 설계 신설거더(U type) 센서 설치위치

나) 동특성 계측결과

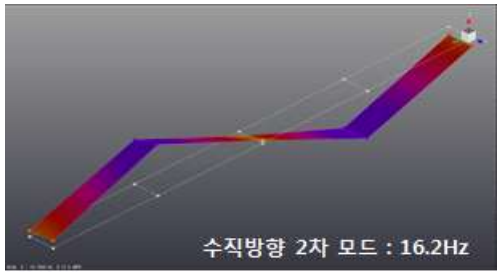
- 수평방향 및 수직모드를 가진하기 위하여 1/4 지점을 각각 가진하여 분석
- 기존거더에 비해 1차모드(7.3Hz → 4.7Hz)와 2차 모드의 고유진동수가 감소하였으며, 이는 거더의 경량화 및 최적화에 따른 강성 감소로 판단됨



(a) 수직방향 1/4지점 가진시 응답

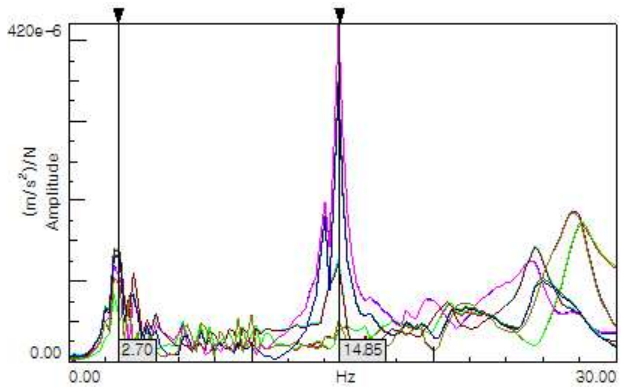


(b) 수직방향 1차모드 : 4.7Hz

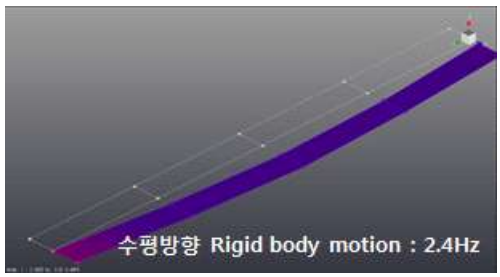


(c) 수직방향 1차모드 : 16.2Hz

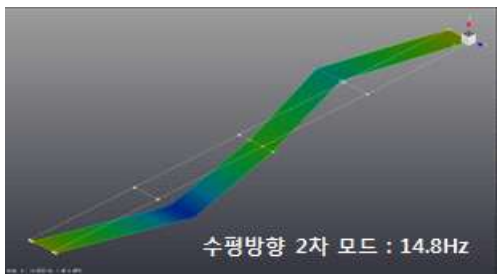
[그림 443]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 수직방향 동특성 분석결과



(a) 수평방향 1/4지점 가진시 응답



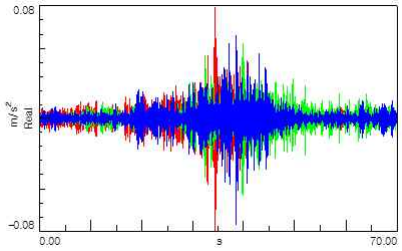
(b) 수평방향 Rigid body motion : 2.4Hz



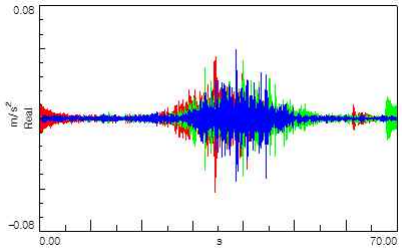
(c) 수평방향 2차모드 : 14.8Hz

[그림 444]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 수평방향 동특성 분석결과

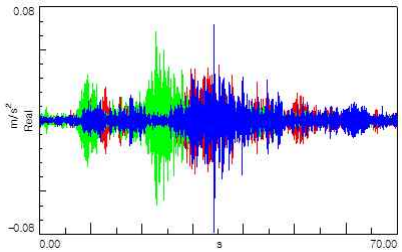
다) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 가속도



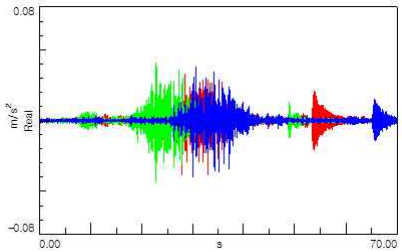
(a) 5kmh 주행시 –수평



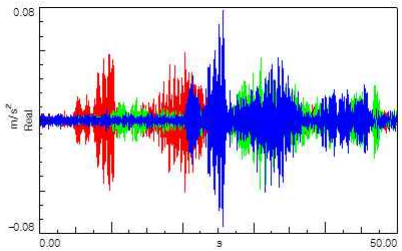
(b) 5kmh 주행시 –수직



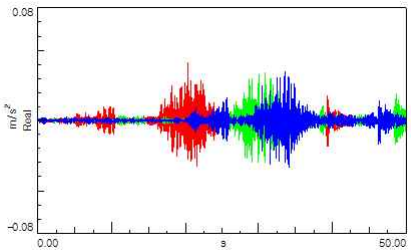
(c) 10kmh 주행시 –수평



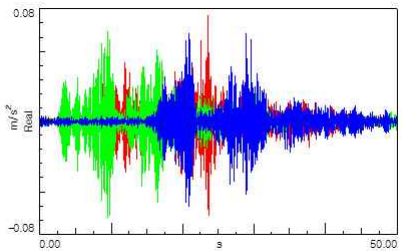
(d) 10kmh 주행시 –수직



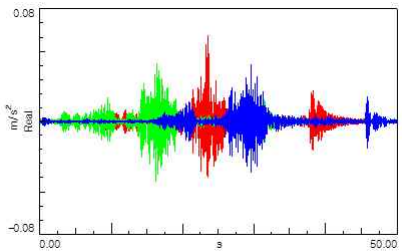
(e) 20kmh 주행시 –수평



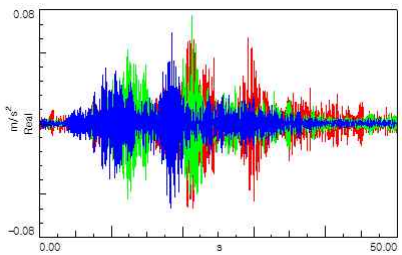
(f) 20kmh 주행시 –수직



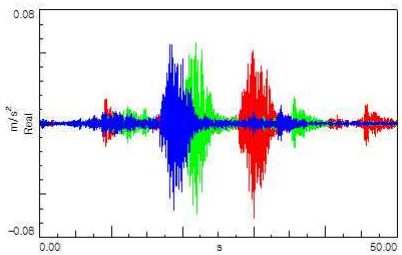
(g) 30kmh 주행시 –수평



(h) 30kmh 주행시 –수직



(i) 40kmh 주행시 –수평



(j) 40kmh 주행시 –수직

[그림 445]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 중앙부 가속도 비교

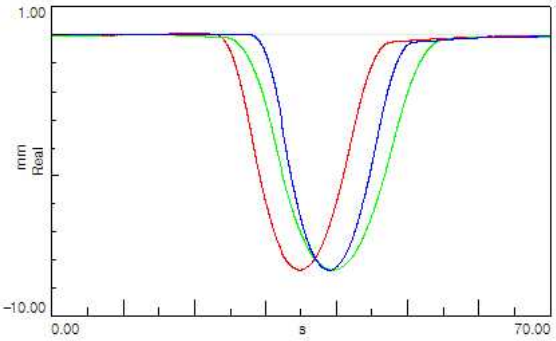
- 속도별 주행에 따른 최대가속도 평가결과, 기계연구원 시험선 기존 거더 보다는 가속도 레벨이 커졌지만 여전히 기준을 만족함
- 주행속도에 따른 경향성은 없음

[표 84]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 중앙부 최대가속도

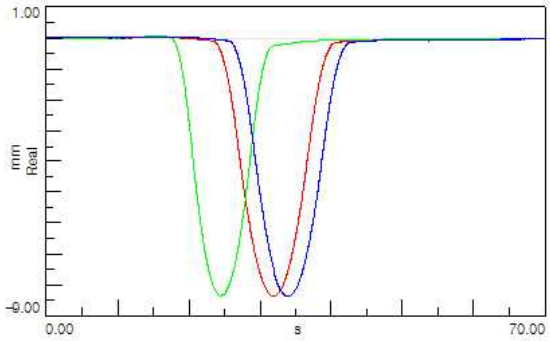
Run name	주행 방향	주행속도	시험회차	거더 중앙부 최대가속도 (30Hz Low Pass Filtering(m/s^2))			
				수평	평균	수직	평균
Run 5	-	5km	1회	0.091	0.075	0.056	0.047
Run 6	+		2회	0.056		0.042	
Run 7	-		3회	0.077		0.042	
Run 8	+	10km	1회	0.041	0.062	0.032	0.046
Run 9	-		2회	0.065		0.051	
Run 10	+		3회	0.081		0.057	
Run 11	-	20km	1회	0.052	0.061	0.039	0.039
Run 12	+		2회	0.050		0.040	
Run 13	-		3회	0.079		0.037	
Run 14	-	30km	1회	0.076	0.070	0.051	0.045
Run 15	-		2회	0.069		0.041	
Run 16	-		3회	0.065		0.043	
Run 17	-	40km	1회	0.061	0.068	0.058	0.058
Run 18	-		2회	0.077		0.058	
Run 19	-		3회	0.066		0.058	

라) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 처짐

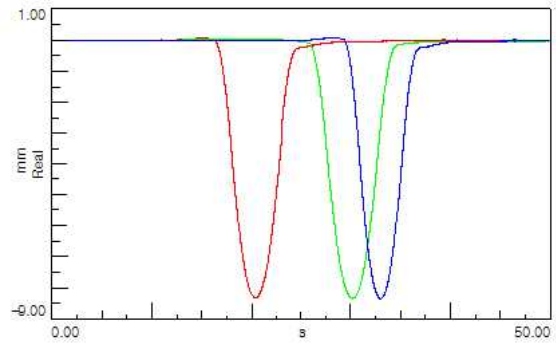
- 주행속도에 따른 거더의 처짐은 최대 8.38mm로서 L/1500기준인 16.67 mm를 충분히 만족함
- 주행속도에 관계없이 모든 시험에서 매우 유사한 최대 처짐을 보임



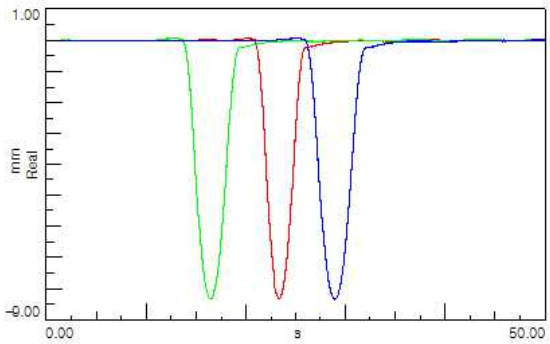
(a) 5kmh 주행시



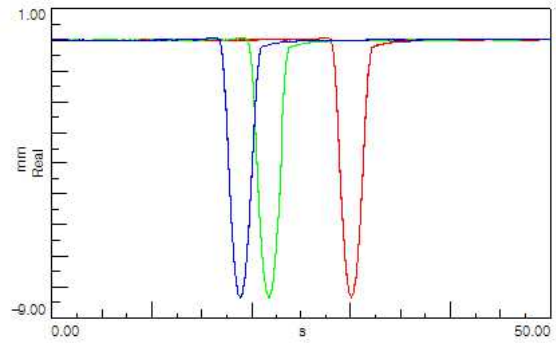
(b) 10kmh 주행시



(c) 20kmh 주행시



(d) 30kmh 주행시



(e) 40kmh 주행시

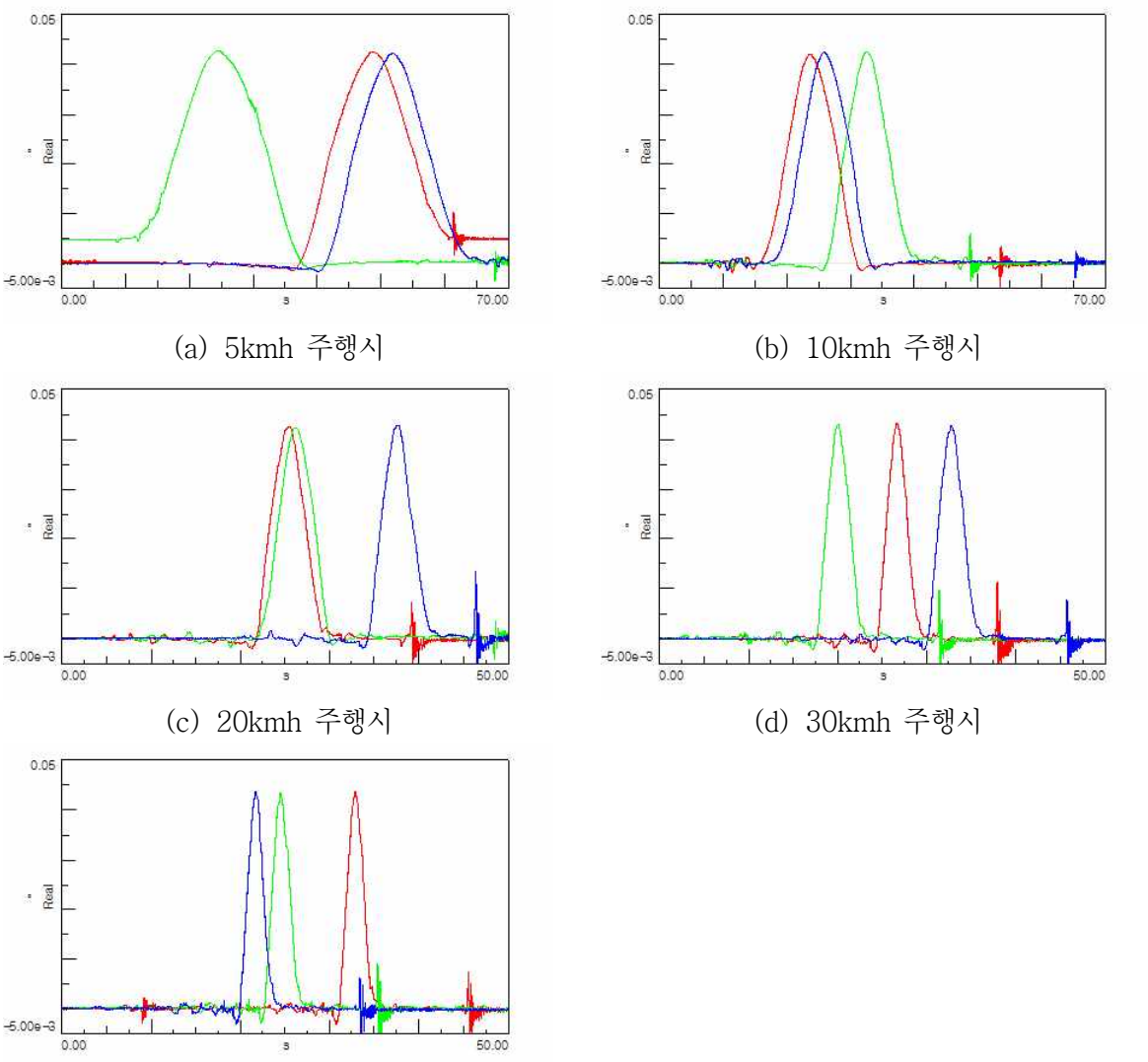
[그림 446]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 처짐 비교

[표 85]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 최대처짐

Run name	주행방향	주행속도	최대처짐	
Run 5	-	5	8.38	8.38
Run 6	+		8.39	
Run 7	-		8.38	
Run 8	+	10	8.36	8.36
Run 9	-		8.35	
Run 10	+		8.37	
Run 11	-	20	8.33	8.34
Run 12	+		8.34	
Run 13	-		8.35	
Run 14	-	30	8.33	8.34
Run 15	-		8.33	
Run 16	-		8.34	
Run 17	-	40	8.35	8.35
Run 18	-		8.36	
Run 19	-		8.35	

마) 속도별 주행에 따른 거더 이음부 꺾임각

- 주행속도에 따른 이음부 꺾임각 역시 기존 기계연구원 시험선 거더보다 약간 증가했지만, 설계기준은 충분히 만족함
- 속도에 따른 경향성은 없음



(a) 5kmh 주행시 (b) 10kmh 주행시

(c) 20kmh 주행시 (d) 30kmh 주행시

(e) 40kmh 주행시

[그림 447]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 비교

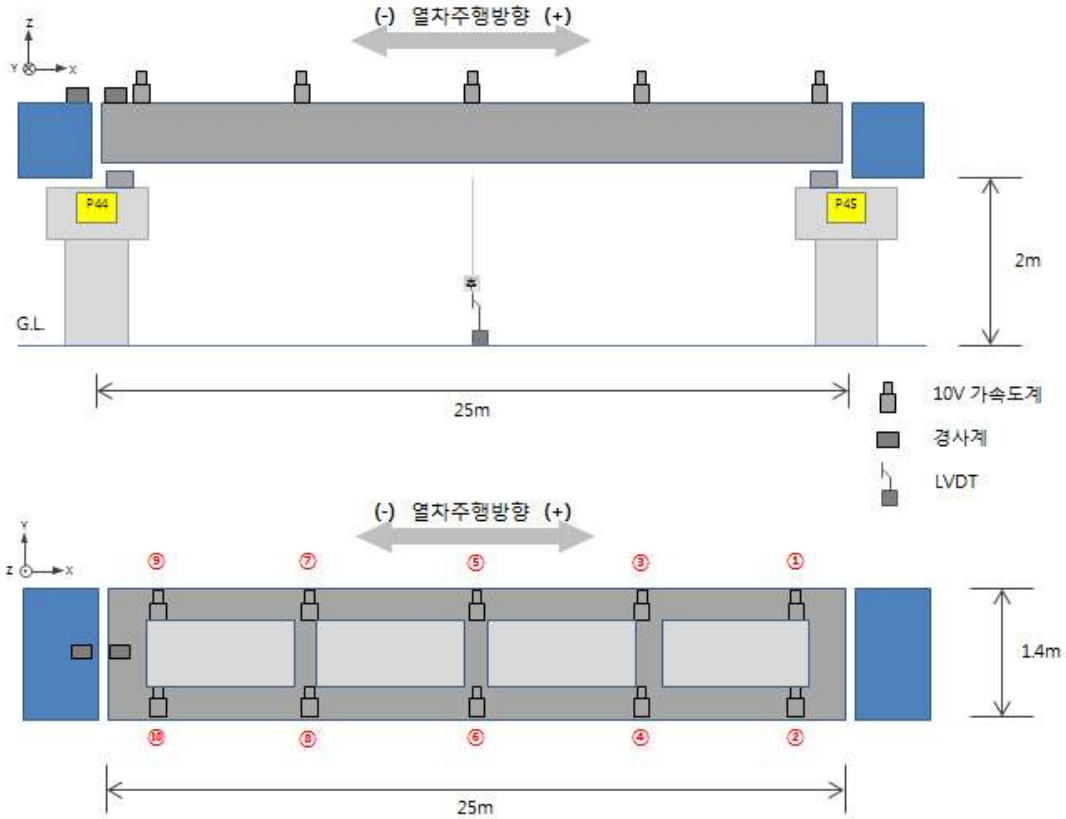
[표 86]기계연구원 시험선 신설거더(U type) 주행속도별 거더 최대꺾임각

Run name	주행방향	주행속도	시험회차	최대꺾임각	
					평균
Run 5	-	5km	1회	0.0426	0.0425
Run 6	+		2회	0.0428	
Run 7	-		3회	0.0422	
Run 8	+	10km	1회	0.0421	0.0423
Run 9	-		2회	0.0424	
Run 10	+		3회	0.0424	
Run 11	-	20km	1회	0.0425	0.0426
Run 12	+		2회	0.0424	
Run 13	-		3회	0.0429	
Run 14	-	30km	1회	0.0433	0.0430
Run 15	-		2회	0.0431	
Run 16	-		3회	0.0427	
Run 17	-	40km	1회	0.0436	0.0436
Run 18	-		2회	0.0435	
Run 19	-		3회	0.0437	

3) 직선구간(P44-P45, 공차주행) Box type 거더 계측결과

가) 개요

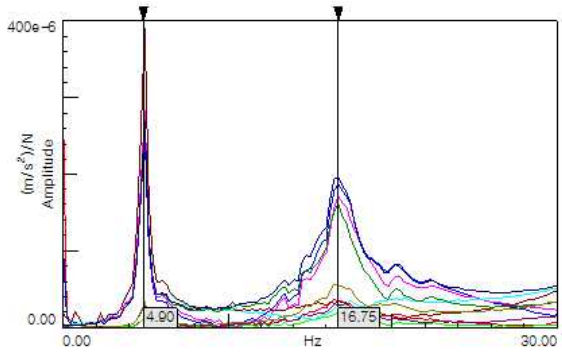
- BOX type 거더는 5.2절에서 시험한 U type 거더에 상부를 타설하여 BOX 형태로 제작
- 거더 측면부의 강선에 2차 긴장으로 실시 (시험시 그라우팅은 타설안함)
- U type과 동일하게 10개소에 대해 가속도계를 수평/수직으로 설치함
- P44 측 이음부에 경사계를 설치하고 중앙부 및 1/4지점에 처짐계를 설치함
- 3번 및 8번 위치 가진을 통해 수직방향 모드분석을 수행함
- 2차 긴장을 마친 후, 공차시 열차 주행시험을 수행함



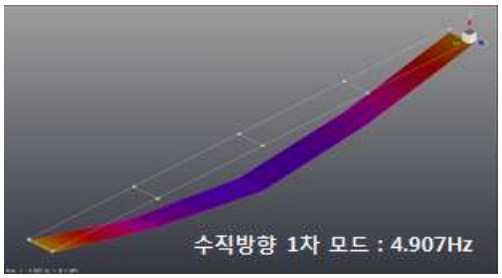
[그림 448]기계연구원 최적화 설계 신설거더(Box type) 센서 설치위치

나) 동특성 계측결과

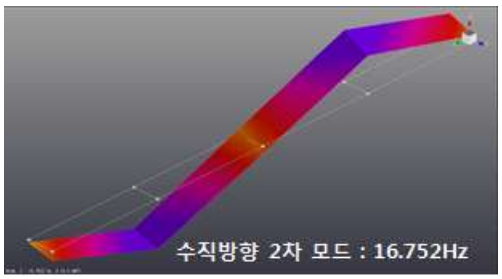
- 수평방향 및 수직모드를 가진하기 위하여 1/4 지점(3번 및 8번)을 가진하여 분석
- 2차 긴장에 따른 강성효과를 파악하기 위하여 2차 긴장 전/후의 고유진동수를 비교
- Box-girder로의 단면형상 변화로 인해 1차모드(4.76Hz → 4.907Hz) 및 2차모드의 고유진동수가 증가하였으며, 2차 긴장에 의한 효과는 (4.907Hz → 4.919Hz)로 미세하게 증가함



(a) 수직방향 1/4지점 가진시 응답

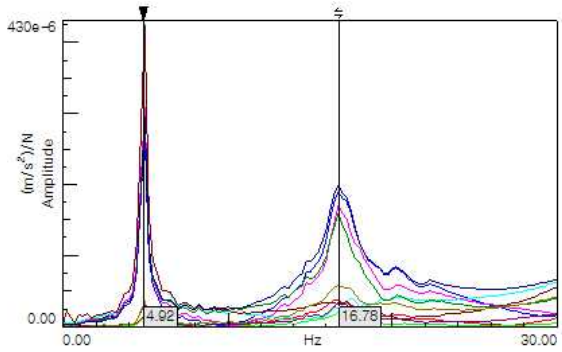


(b) 수직방향 1차모드 : 4.907Hz

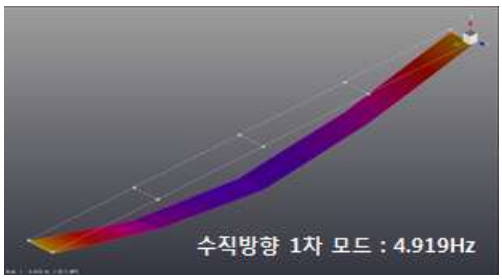


(c) 수직방향 1차모드 : 16.752Hz

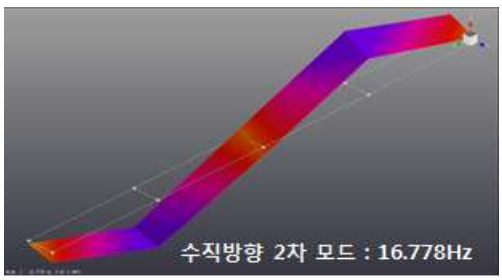
[그림 449]기계연구원 시험선 신설거더(Box type, 2차 긴장력 0tonf) 수직방향 동특성]



(a) 수직방향 1/4지점 가진시 응답



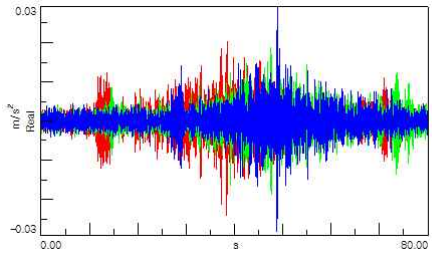
(b) 수직방향 1차모드 : 4.919Hz



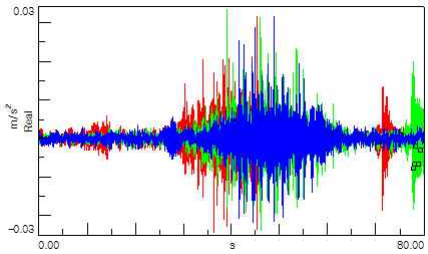
(c) 수직방향 1차모드 : 16.778Hz

[그림 450]기계연구원 시험선 신설거더(Box type, 2차 긴장력 18tonf) 수직방향 동특성

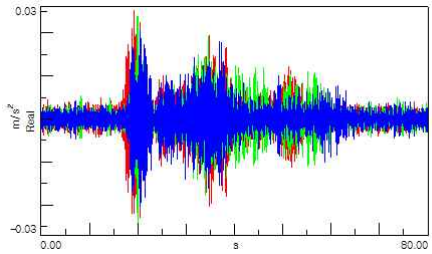
다 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 가속도



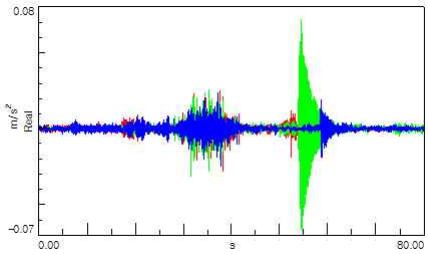
(a) 5kmh 주행시 –수평



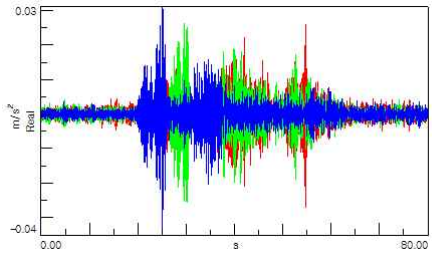
(b) 5kmh 주행시 –수직



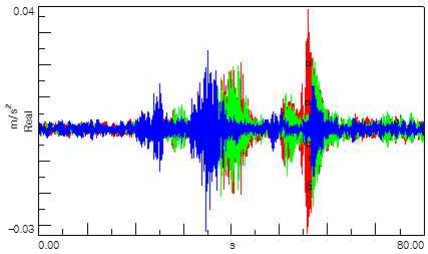
(c) 10kmh 주행시 –수평



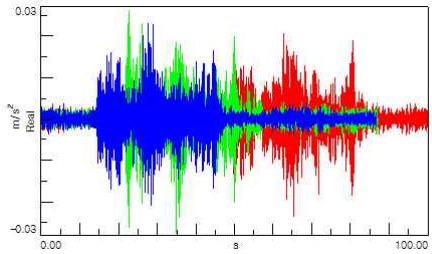
(d) 10kmh 주행시 –수직



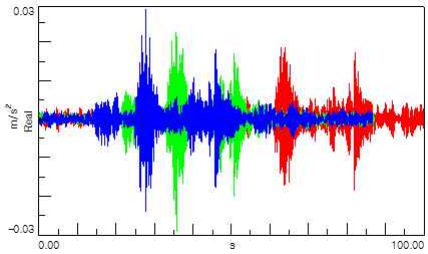
(e) 20kmh 주행시 –수평



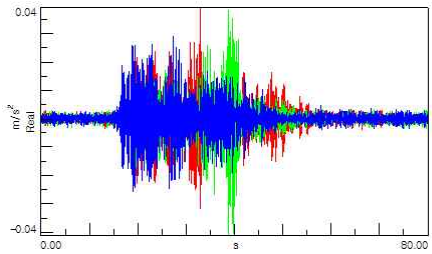
(f) 20kmh 주행시 –수직



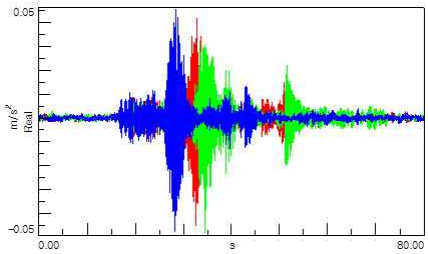
(g) 30kmh 주행시 –수평



(h) 30kmh 주행시 –수직



(i) 40kmh 주행시 –수평



(j) 40kmh 주행시 –수직

[그림 451]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 중앙부 가속도 비교

- 속도별 주행에 따른 최대가속도 평가결과, 기존 U type 거더보다는 가속도 레벨이 평균 50% 정도 감소함
- 주행시에 열차의 특수한 상황이나 조건에 의해 열차가 거더 진출입시 거더를 크게 가진하는 경우도 발생함
- 주행속도에 따른 경향성은 없음

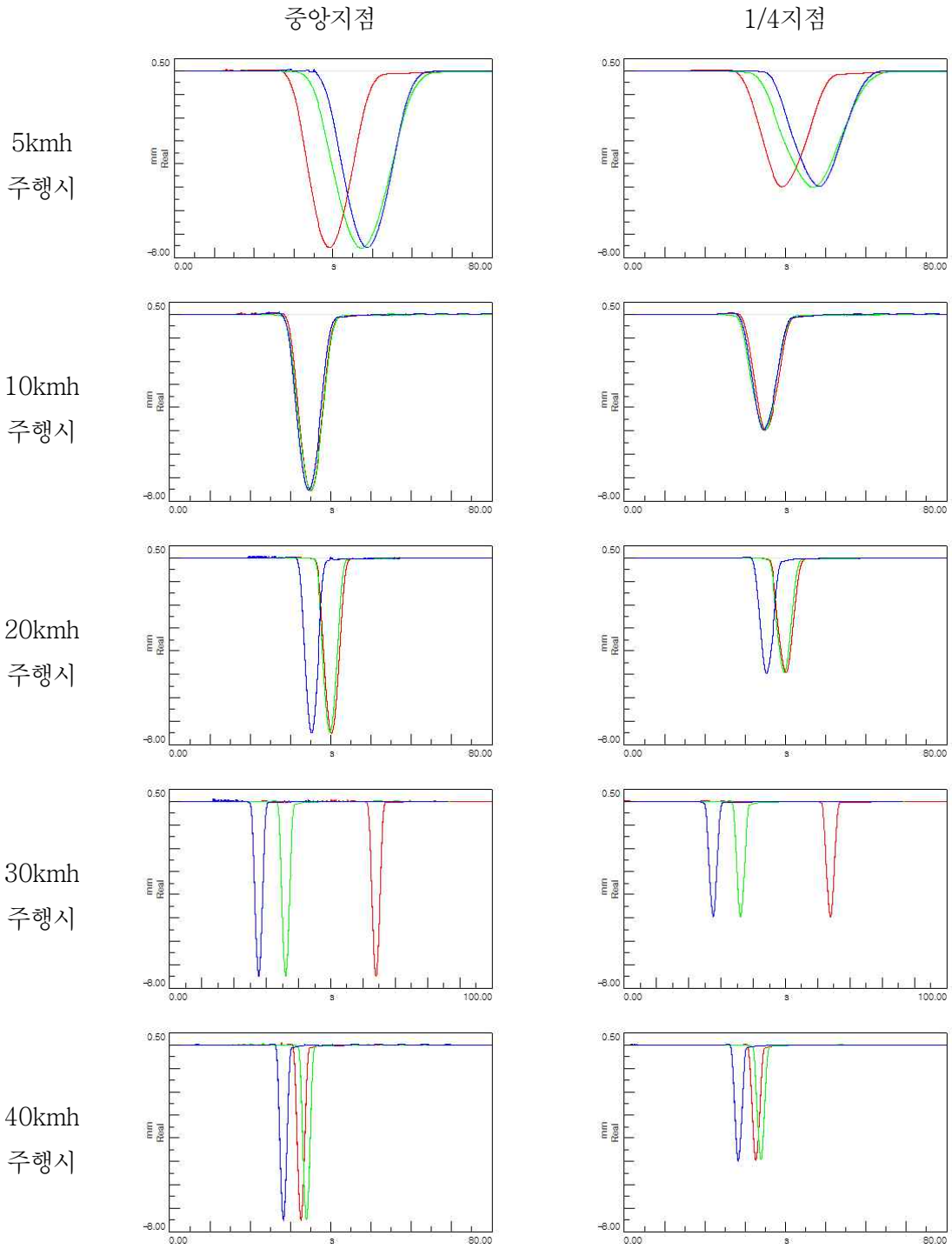
[표 87]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 중앙부 최대가속도

Run name	주행 방향	주행속도	시험회차	거더 중앙부 최대가속도 (30Hz Low Pass Filtering(m/s^2))			
				수평	평균	수직	평균
Run 1	-	5km	1회	0.024	0.024	0.032	0.032
Run 2	+		2회	0.019		0.033	
Run 3	+		3회	0.029		0.032	
Run 4	-	10km	1회	0.025	0.024	0.028	0.042
Run 5	+		2회	0.027		0.072	
Run 6	-		3회	0.020		0.025	
Run 7	+	20km	1회	0.027	0.029	0.037	0.031
Run 9	+		2회	0.026		0.024	
Run 10	-		3회	0.034		0.032	
Run 11	+	30km	1회	0.023	0.025	0.019	0.025
Run 12	-		2회	0.027		0.029	
Run 13	+		3회	0.023		0.028	
Run 14	-	40km	1회	0.039	0.036	0.045	0.047
Run 15	+		2회	0.041		0.048	
Run 16	-		3회	0.029		0.048	

라) 속도별 주행에 따른 거더 중앙부 처짐

- 주행속도에 따른 거더의 처짐은 최대 7.59mm로서, U type girder의 8.38mm보다 감소하였으며 L/1500기준인 16.67mm를 충분히 만족함

- 주행속도에 관계없이 모든 시험에서 매우 유사한 최대처짐을 보임



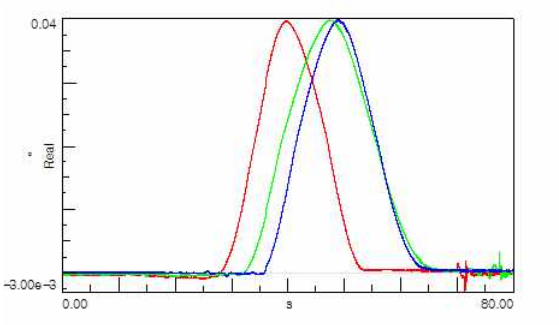
[그림 452]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 처짐 비교

[표 88]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 최대처짐

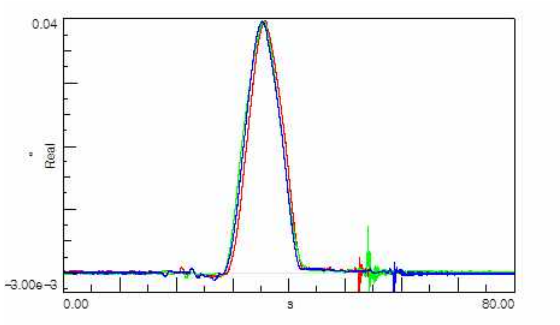
Run name	주행방향	주행속도	시험회차	최대처짐(mm)			
				중앙지점		1/4지점	
					평균		평균
Run 1	-	5km	1회	7.58	7.58	4.99	4.99
Run 2	+		2회	7.60		5.01	
Run 3	+		3회	7.57		4.97	
Run 4	-	10km	1회	7.54	7.54	4.96	4.97
Run 5	+		2회	7.57		4.99	
Run 6	-		3회	7.52		4.95	
Run 7	+	20km	1회	7.51	7.49	4.93	4.94
Run 9	+		2회	7.48		4.93	
Run 10	-		3회	7.50		4.95	
Run 11	+	30km	1회	7.47	7.48	4.95	4.95
Run 12	-		2회	7.49		4.95	
Run 13	+		3회	7.48		4.95	
Run 14	-	40km	1회	7.53	7.51	4.97	4.97
Run 15	+		2회	7.48		4.93	
Run 16	-		3회	7.53		4.99	

마) 속도별 주행에 따른 거더 이음부 꺾임각

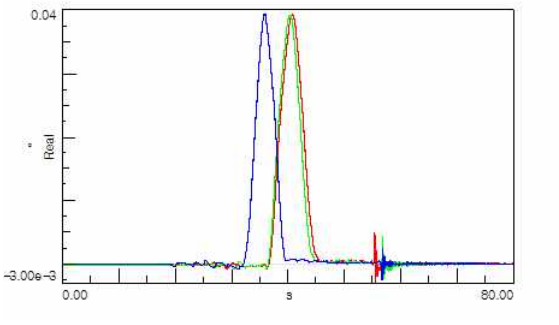
- 주행속도에 따른 이음부 꺾임각 역시 기존 기계연구원 시험선 거더보다 약간 증가했지만, 설계기준은 충분히 만족함
- 속도에 따른 경향성은 없음



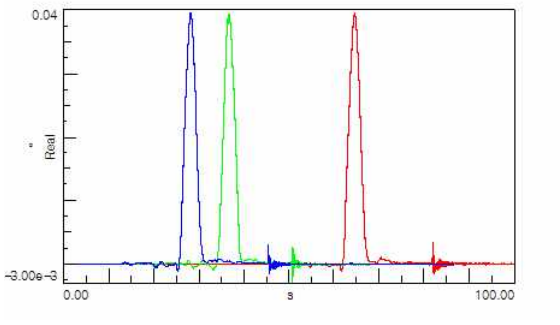
(a) 5kmh 주행시



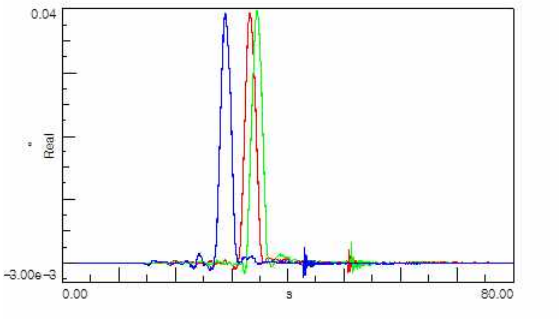
(b) 10kmh 주행시



(c) 20kmh 주행시



(d) 30kmh 주행시



(e) 40kmh 주행시

[그림 453]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 이음부 꺾임각 비교

[표 89]기계연구원 시험선 신설거더(Box type) 주행속도별 거더 최대꺾임각

Run name	주행방향	주행속도	시험회차	최대꺾임각	최대꺾임각
Run 1	-	5km	1회	0.0396	0.0398
Run 2	+		2회	0.0398	
Run 3	+		3회	0.0398	
Run 4	-	10km	1회	0.0397	0.0396
Run 5	+		2회	0.0396	
Run 6	-		3회	0.0396	
Run 7	+	20km	1회	0.0393	0.0393
Run 9	+		2회	0.0392	
Run 10	-		3회	0.0394	
Run 11	+	30km	1회	0.0394	0.0394
Run 12	-		2회	0.0393	
Run 13	+		3회	0.0395	
Run 14	-	40km	1회	0.0393	0.0394
Run 15	+		2회	0.0397	
Run 16	-		3회	0.0393	

4) 소결

- 기계연구원 직선구간 거더를 교체하고 U type 거더에 이어 상부 콘크리트를 타설하고 2차 긴장을 실시한 후에 Box type 거더 대한 시험을 수행함
- Box type거더는 U자형 거더에 비해1차 고유진동수가 4.74Hz에서 4.909Hz로 증가하였으며, 전체적인 거더의 강성의 증가함
- 공차시 주행시험 결과, 중앙부 최대 가속도 및 최대처짐, 최대꺾임각 모두 설계기준을 만족함
- L/1,500 설계 기준을 통해 설계한 신형거더의 경우 열차의 주행성능을 충분히 만족함
- 추후 만차시험과 속도시험에 대한 연구가 더 진행되어야 함

(바) 결 론

1) 궤도틀림 계측장치 개발

○ 기존 궤도틀림 측정장비에 대한 고찰 및 분석을 통해 자기부상열차의 궤도틀림을 정확하고 효율적으로 계측하기 위한 장치를 개발함

○ 자기부상열차의 궤도 단면특성을 고려한 궤도틀림 계측장비의 필요성 :

정확성, 휴대성, 비용 등을 고려한 고안 및 제작

○ 기계연구원 시험선 시험계측을 통한 사용성 및 재현성 검증

○ 추후 자기부상열차의 건설 및 유지보수를 위한 궤도틀림 검측절차 제안

2) 기계연구원 시험선 계측

○ 기계연구원 시험선 자기부상열차 직선, 180mR, 60mR 구간 거더에 대한 동특성 계측 및 주행안정성 평가

○ 기본적으로 현재 설계기준의 최대가속도, 꺾임각, 처짐 등을 모두 만족함

○ 콘크리트 거더(7.32Hz)에 비해 곡선부의 Steel Box 거더(12.4Hz)의 고유진동수가 매우 높게 나타났으며, 열차 주행시 최대가속도도 크게 나타남

○ 최대처짐 및 꺾임각 등은 열차의 주행과 무관한 정적 인자로서 열차주행속도와 관계없이 일정하게 나타났으며, 이들은 거더의 정적인 특성으로서 열차의 하중과만 연관이 있음

○ 60mR 구간에서는 30km/h 이상의 속도로 달릴 경우 횡방향 스키드가 레일에 접촉할 수 있으므로 제한속도 유지 필요함

3) 인천공항 시범노선 계측

○ 상용 운행을 앞둔 인천공항 시범노선 자기부상열차 직선 최고속도 구간, 110mR(최급구배) 구간, 800mR구간(최완구배 구간) 거더에 대한 동특성 평가 및 주행성능시험 평가

○ 기본적으로 현재 설계기준의 최대가속도, 꺾임각, 처짐 등을 모두 만족함

○ 거더의 동특성 계측결과와 ODS분석결과를 비교해보았을 때, 고유진동수의 차이가 없으므로 열차하중이 거더의 동특성에 미치는 영향(mass effect)은 미미한 것으로 판단됨

○ 거더 최대가속도 분석결과, 열차의 주행속도와는 관련이 없으며 열차의 가감속으로 인한 일시적인 영향이 더 큰 것으로 판단됨

○ 최대처짐 및 꺾임각 등은 열차의 주행과 무관한 정적 인자로서 열차주행속도와 관계없이 일정하게 나타났으며, 이들은 거더의 정적인 특성으로서 열차의 하중과만 연관이 있음

○ 상선으로 주행시 하선의 거더의 가속도, 처짐 및 꺾임각을 살펴본 결과, 가로보를 통한 하중의 전달이 발생하는 것으로 판단됨

○ 앞서 열차 주행시 ODS분석 결과의 Twist 모드가 주로 나타나는 것과

연관지어 볼 때, 열차 하중이 한쪽 노선에 작용할 경우 양쪽 거더의 처짐이 다르게 되어 비틀림이 발생함

○ 이러한 거더의 비틀림은 차량의 진동에도 영향을 미치게 되어, 차량 주행 성능 및 차량내부 승차감에도 영향을 미칠 수 있음

4) 차량내부 평가 및 비상정지 시험

○ 기계연구원 시험선에서 비상낙하 및 비상정지에 대한 시험을 수행함

○ 비상정지 및 비상낙하 시에 처짐, 꺾임각 등의 정적인 요소에 대한 거동은 기존 주행시와 큰 차이가 없음

○ 거더의 최대가속도가 충격으로 인해 증가하지만, 비상낙하나 정지가 지속적으로 발생하는 상황이 아니기 때문에 거더에 구조적인 문제는 없을 것으로 판단됨

○ 인천공항 전구간에 대한 차량주행시험결과 거의 대부분의 계측결과에서 승감레벨'매우 우수'등급이 나왔으나, 특정부분에서 '보통'이하 등급이 나옴

○ Colormap 분석결과 열차의 승차감은 특정한 거더의 특성보다는 순간적인 열차의 주행조건에 따른 가진에서 기인함

5) 최적화 설계 거더 제작 및 평가 시험

○ L/1,500 기준으로 설계된 최적화 설계 신형거더에 대한 동특성평가와 주행시험을 수행

○ 공차주행시 최대처짐은 U type : 8.38mm 및 Box type : 7.59mm로서 기준인(L/1,500 = 16.67mm)를 만족함

○ 1차 고유진동수가 기존 7.3Hz에서 4.7Hz(U type)와 4.9Hz(Box type)로 감소하였으며, 이는 거더 전체의 강성이 감소함을 의미함

○ 공차시 주행시험 결과, 중앙부 최대 가속도 및 최대처짐, 최대꺾임각 모두 설계기준을 만족하였으며, 기본적으로 Box type 거더가 U type거더보다 강성이 강한 것으로 나타남

○ L/1,500 설계 기준을 통해 설계한 신형거더의 경우 열차의 주행성능을 충분히 만족함

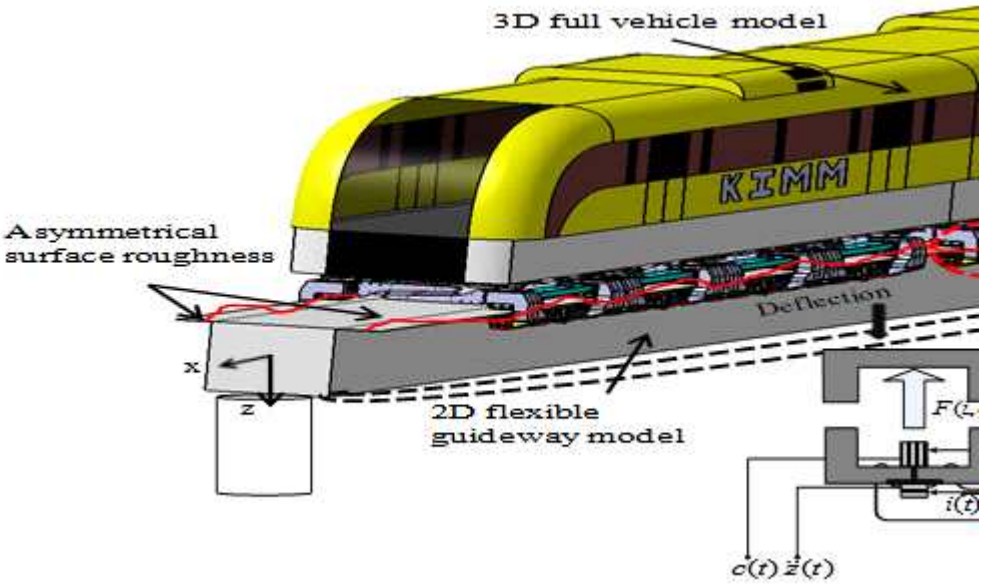
○ 추후 만차 시험과 속도시험에 대한 연구가 더 진행되어야 함

(2) 선로 구조물 이론적 성능평가

(가) 차량/선로구조물 동적 상호작용 시뮬레이션에 의한 시험 결과 분석/평가

1) 동적 상호작용 해석 모델 개발

- 개발된 해석 모델은 단순화를 최소화하여 시스템의 동특성을 해석하고자 하는데 목적이 있다. 아래 그림은 차량과 가이드웨이 그리고 부상제어기로 구성된 통합 해석 모델을 도식적으로 보여주고 있다. 차량 모델은 가상시제 기반을 두고 모든 물체, 조인트, 힘요소가 포함된 실물과 가장 가까운 모델이라고 할 수 있다. 특히, 시스템 진동을 분석하기 위하여 필요할 때 차체나 대차의 부재를 유연체로 표현할 수 있어 물체의 변형을 고려하여 외력, 관성 및 내력으로 인한 구조적 진동을 반영할 수 있는 장점이 있다. 힘요소의 비선형성 특성도 역시 반영할 수 있다. 고가 가이드웨이는 전형적인 모델기법인 모드 중첩법을 적용하여 2차원 유연빔으로 표현된다. 중저속 자기부상열차에 있어서는 굽힘에 의한 진동이 상대적으로 비틀림에 비하여 주요하고 계산비용을 줄이기 위한 선택이라고 할 수 있다. 그러나 곡선 반경이 작은 노선의 경우 비틀림을 고려하기 위한 3차원 모델의 사용이 요구된다. 부상제어기는 피드백 제어기로, 전자석의 부상공극과 가속도를 감지하여 일정 부상공극을 유지하기 위한 전류를 제어하기 위하여 전압을 결정한다. 결론적으로 차량, 유연 가이드웨이 및 부상시스템은 하나의 시스템 운동방정식으로 통합돼 해석이 이루어진다.



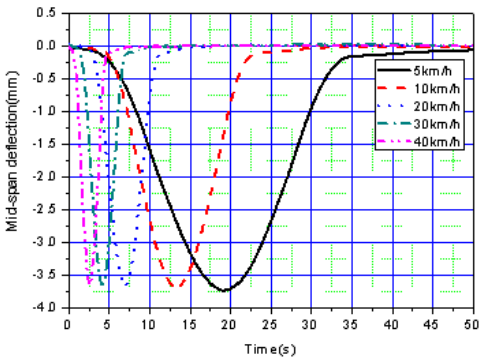
[그림 454]시스템 통합 모델

2) 해석 모델 검증

- 시험선로에서 주행 시험을 통해 대상 가이드웨이의 동적 처짐 응답을 측정하였다. 이는 해석의 신뢰성을 확인하기 위해 수행하였다. 측정 위치는 경간 중앙부, 4/1 지점 그리고 교각 부분이다. 아래 표는 현장 시험과 해석을 통한 가이드웨이 중앙부 최대 처짐 결과를 제시하였다. 그 결과 오차율은 5%이내로 나타났다. 결국 고유진동수와 최대 처짐의 비교를 통하여 현장 시험과 해석 모델의 유사성을 확인하였다. 아래 그림은 각각 시험과 해석의 처짐 결과 그래프를 보여 주고 있다.

[표 90]거더 중앙부 처짐 결과

속도	거더 중앙부 처짐	
	시험(mm)	해석(mm)
5km/h	3.77	3.58
10km/h	3.71	3.56
20km/h	3.69	3.56
30km/h	3.69	3.58
40km/h	3.70	3.58



[그림 455]거더 중앙부 처짐 시험 결과

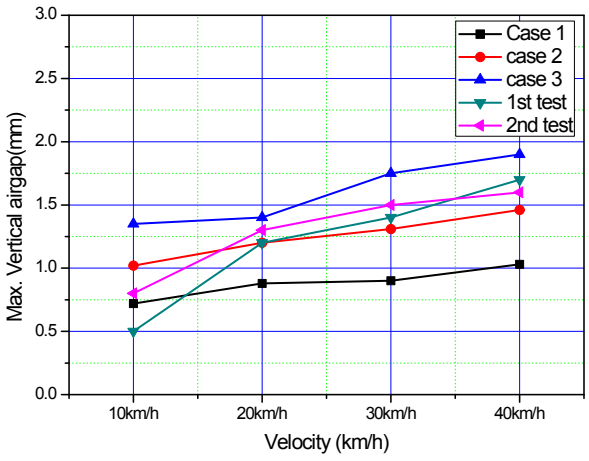
- 본 연구에서는 위의 표에 제시된 3 가지 편차를 가지는 표면 조도 형상을 외란 입력으로 사용한다. 좌우 가이드웨이에 비대칭으로 적용하였으며, 수평 방향 불규칙도 역시 외란으로 적용하였음으로 직선구간에서의 횡공극과 안내력을 속도에 따라 분석해볼 수 있다. 표면조도 편차 설정 근거는 자기부상열차 가이드레일 수직과 수평 설계기준이 ±3mm 이므로, 이 기준으로 ±30% 로 가중치를 부여하여 선정하였다. 이산적인 표면

조도 형상 데이터를 Cubic spline 보간법을 이용하여 연속 형상화하고, 형상의 기울기도 Cubic spline 보간법으로 계산한다.

[표 91]거더 중앙부 처짐 결과

	Surface roughness (mm)
Case 1	-2.5 ~ 1.5
Case 2	-3.5 ~ 2.5
Case 3	-4.5 ~ 3.5

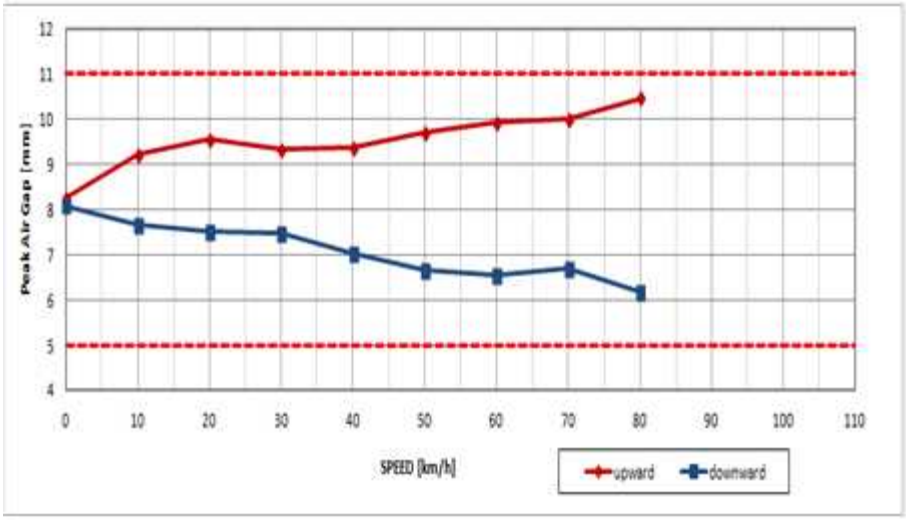
- 위의 표에 제시된 표면조도 조건 별 부상공극 응답 결과와 1차,2차 시험 결과를 속도별 최대 변동값을 취하여 아래의 그림에 그래프로 나타냈다. 시험 결과 역시 속도별로 부상공극이 증가하는 것을 확인 할 수 있었으며, 시험 결과가 시뮬레이션 결과와 10km/h에서의 1차 시험 결과를 제외하고는 case 1~case 3 조건에서의 결과 범위 내에 있는 것을 알 수 있다. 가장 오차율이 작은 결과를 보인 조건은 표면조도 편차 case 2인 -4.5mm~3.5mm의 크기를 가지고 주행 시뮬레이션 한 결과라 할 수 있다. 결론적으로 시험과 시뮬레이션 부상공극 응답 결과를 통해 유사성을 확인하였으며, 시뮬레이션 결과의 신뢰성을 확보하였다.



[그림 456]시험 및 해석을 통한 부상공극 응답 비교

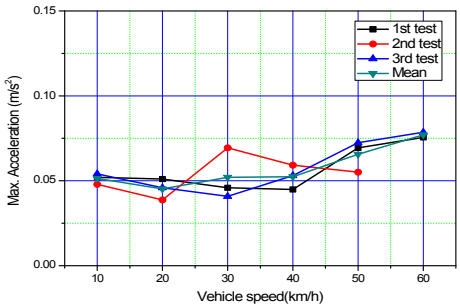
- 인천공항 실용화 노선에서 시험 계측한 결과를 아래 그림에 나타냈다. 그래프를 보면 속도에 따라 증가하는 결과를 볼 수 있으며, 시뮬레이션

결과와 유사성을 확인 할 수 있다.

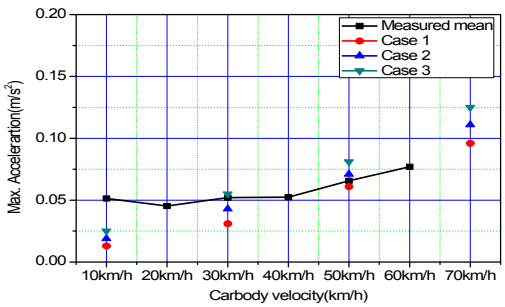


[그림 457]인천공항 시범노선 속도별 부상공극 응답 비교

- 차체 가속도 응답에 대한 시험과의 비교를 통해 시뮬레이션 결과의 타당성을 검증하였다. 총 4번의 주행 시험을 수행하였으며 속도 별로 측정하였다. 속도 별 시험에서 얻어진 값들의 평균값은 <그림 3.2.1.6>과 같이 10km/h 에서는 0.05m/s2 이며, 20km.h에서는 0.044m/s2, 30km/h에서는 0.063m/s2, 40km/h에서는 0.055m/s2, 50km/h에서는 0.068m/s2이며 측정 최고 속도인 60km/h에서는 0.077m/s2 이다. 속도 별 증가하는 경향성은 존재하며, 해석 값과 비교한 결과를 아래의 그림에 나타내었다. 해석 결과와 시험 결과를 비교해보면 10km/h 구간에서만 제외하고는 유사성을 확인 할 수 있다. 또한 속도에 따라 증가하는 경향성을 둘 다 보이고 있다. 결론적으로 시뮬레이션을 통해 얻어진 승차감 평가는 시험과의 비교를 통해 충분히 타당한 결과라 할 수 있다.



[그림 458]시험 및 해석을 통한 부상공극 응답 비교



[그림 459]시험 및 해석을 통한 부상공극 응답 비교

3) 선로구조물 동적 응답 해석

- 자기부상열차와 가이드웨이의 동적 상호작용에 의해서 발생하는 가이드웨이의 정적 및 동적 최대 처짐량으로부터 충격계수를 계산 할 수 있다. 자기부상열차의 경우 일반 바퀴식 열차와는 달리 기계적 접촉이 없고 분포하중이므로 일반 철도와는 작을 것으로 예상된다. 일본 자기부상열차 Linimo의 경우 콘크리트 가이드웨이는 0.1 그리고 강재의 경우는 0.15로 규정하고 있다. 한편 일반 철도교의 경우 25m 경간 길이의 경우 0.34로 충격계수 한계를 규정하고 있다. 본 해석은 기계연구원 시험선로 25m 콘크리트 가이드웨이를 대상으로 충격계수를 산정하고 분석하고자 한다. 해석 결과 정적 처짐은 3.56mm 이며 속도에 따른 동적 처짐은 표에 나타내었다. 아래 그림에 속도별 충격계수 변화를 제시하였으며, 보이는 것과 같이 자기부상열차 가이드웨이의 동적 증폭은 크지 않음을 알 수 있다. 도시형 자기부상열차의 설계 최고 속도인 110km/h 에서도 0.02 이하로 동적 증폭효과는 작다고 할 수 있다.

[표 92]동적/정적 거더 중앙부 처짐 해석 결과

속도(km/h)	거더 중앙부 처짐		
	동적 응답	정적 응답	충격 계수
10	3.56	3.56	0
30	3.58	3.56	0.006
50	3.60	3.56	0.110
70	3.61	3.56	0.140
90	3.59	3.56	0.008
110	3.63	3.56	0.019

4) 선로구조물 설계 변수에 대한 승차감, 부상안정성 해석

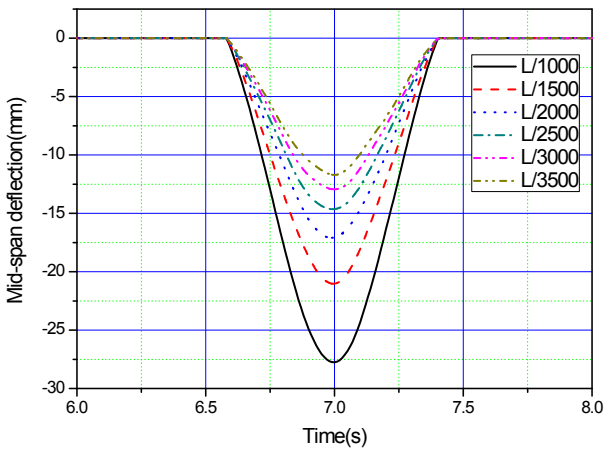
- 자기부상열차 가이드웨이거더는 특성상 열차 궤도가 상부에 설치 되기 때문에 상부 플랜지 폭 조절이 어렵다. 따라서 최소 단면을 갖는 최적 단면 설계를 위해서 높이를 최소화하는 방법을 사용하였다. 가이드웨이 거더의 설계 최대 처짐비는 L/1,000 이며 단경간 25m에 대해 거더 높이를 매개변수로 하여 모델링 하였다. <표 93>은 모델링된 가이드웨이의 물성치를 보여주고 있다. 각각의 가이드웨이를 본 논문에서 제안한 동적 상호작용 모델에 적용하여 주행 시뮬레이션을 수행하였다. 차량의 중량은 만차기준으로 하였으며 속도는 최고속도인 110km/h로 주행하였다.

해석 결과로부터 가이드웨이거더의 최대 처짐비, 부상공극, 열차의 수직 방향 가속도를 비교 분석해보았다.

[표 93]처짐 한계에 따른 가이드웨이 물성치

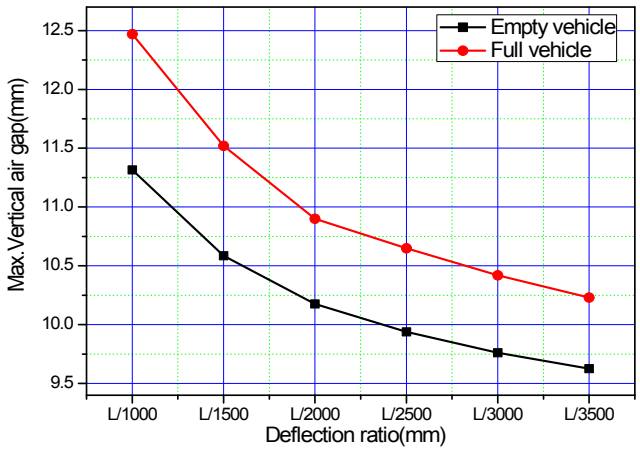
Deflection ratio	Width (m)	Height (m)	Area (m2)	I (m4)	Unit weight (ton/m)	1st frequency (Hz)	2nd frequency (Hz)
L/1000	1.35	1.23	1.66	0.21	1.51	3.14	12.44
L/1500	1.35	1.41	1.90	0.32	1.31	3.57	14.13
L/2000	1.35	1.56	2.10	0.43	1.19	3.94	15.53
L/2500	1.35	1.68	2.26	0.53	1.10	4.22	16.64
L/3000	1.35	1.79	2.41	0.65	1.03	4.50	17.66
L/3500	1.35	1.89	2.55	0.76	0.98	4.74	18.58

- 아래 그림은 각 처짐비에 따른 시뮬레이션 결과 중 가이드웨이의 중앙부 최대 처짐을 나타내었다. 각각의 정적 처짐비에 따른 가이드웨이 중앙부 동적 처짐은 L/3,500의 처짐비 조건에서 11.7mm의 처짐을 보이고, L/3,000에서는 12.94mm, L/2,500은 14.6mm, L/2,000은 17.1mm, L/1,500은 21mm 그리고 L/1,000에서는 27.7mm의 처짐을 보여주고 있다. 처짐비에 따라 처짐은 점점 커지는 것을 알 수 있다.



[그림 460]처짐한계에 따른 가이드웨이 중앙부 처짐

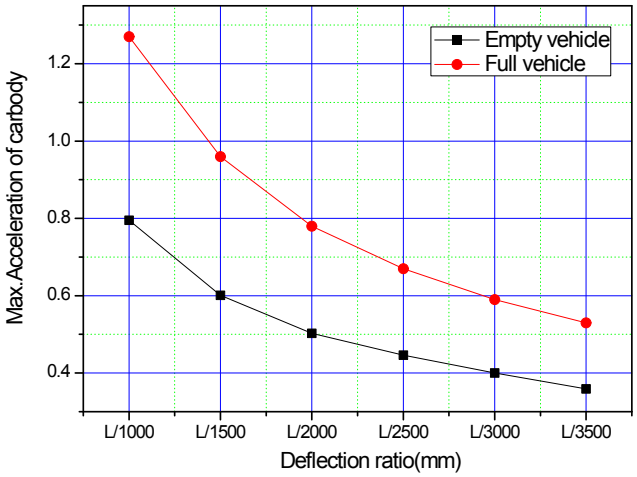
- 아래 그림은 처짐비에 따라 가이드웨이의 동적 처짐이 발생했을 경우의 차량의 부상공극 응답을 보여주고 있다. 동적 처짐이 크고 속도가 빠르기 때문에 부상공극의 응답에 대한 처짐의 효과를 분명하게 볼 수 있다. 자기부상열차는 부상공극의 8mm기준으로 ±3mm를 제어하고 있기 때문에 L/1,000와 L/1,500의 처짐비의 경우 4.47mm와 3.5mm로, ±3mm를 초과하고 있기 때문에 부상안정성에 영향을 미칠 수 있을 거라 판단된다. 결론적으로 현재의 해석 결과로는 L/2,000이하로 처짐비가 제한되어야 한다고 할 수 있다.



[그림 461]처짐한계에 따른 부상공극 최대값, 110km/h

- 처짐비에 따른 가속도 응답을 분석하기 위하여 가속도 시간 이력을 아래 그림에 나타내었다. L/3,500의 처짐비 조건의 11.7mm처짐에서는 최대가속도가 0.53m/s2를 보이고 있으며, 12.94mm의 처짐을 보이는 처짐비 L/3000에서는 0.59m/s2, 14.6mm의 최대 처짐을 보이는 L/2,500 처짐비 조건에서는 0.67m/s2, 17.1mm의 최대 처짐을 보이는 L/2,000은 0.78m/s2, 17.1mm의 최대처짐을 가지고 있는 L/1,500은 0.96m/s2, 그리고 L/1,000에서는 27.7mm의 최대 처짐에서 최대가속도는 1.27m/s2로 측정되었다. 결론적으로 처짐비가 클수록 차체의 가속도는 증가하고 있다. 승차감에 대하여는 열차 내부에서 발생되는 측정된 가속도로 평가하는 것이 직접적인 방법이지만, 해석을 통해서 평가해보고자 한다. Eurocode의 경우 0.1g 이하에 대해서는 Very good, 0.13g 이하는 Good 그리고 0.2g 이하에 대해서는 Moderate로 승차감을 평가한다. 이를 적용해 보면, L/1,000의 경우 0.13g 로 Good과 Moderate 경계선에 있다. L/1,500의

경우는 Good으로 평가 될 수 있고 나머지는 Very good으로 평가됨을 알 수 있다. 하지만 시험 계측 결과가 해석결과보다 크게 측정되어 이를 감안해서 간접적으로 평가되어야 할 것이다. 여기서 중요한 것은 가이드웨이 처짐이 차체 가속도에 상당한 영향을 미친다는 점이다.



[그림 462]한계에 따른 차체가속도 최대값, 110km/h

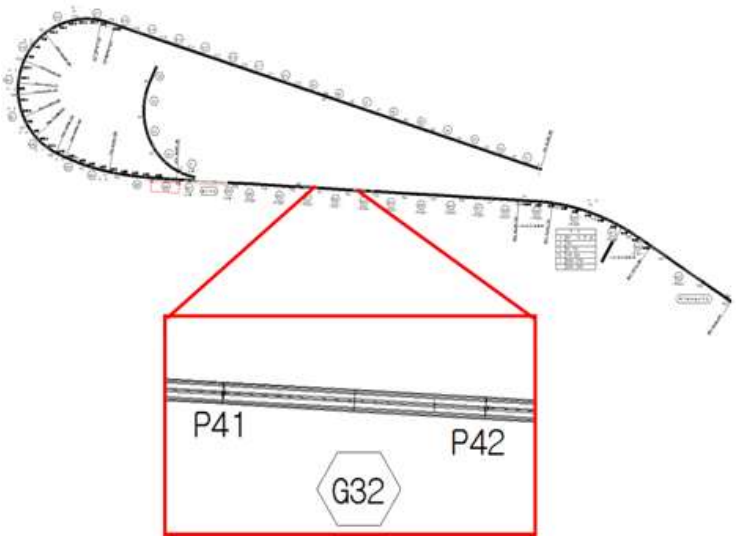
(나) 선로구조물 구조, 진동, 동적 시뮬레이션에 의한 시험 결과 분석/평가

○ 현재 국내 도시형 자기부상열차는 한국기계연구원 시험선, 국립과학공원 노선 및 올해 개통을 앞두고 있는 인천공항 자기부상철도가 있다. 본 연구에서는 한국기계연구원의 시험선과 인천공항 자기부상철도에 시공되어 있는 직선구간 거더에 대한 해석을 통해 구조물의 안정성을 평가하고 동특성 인자를 산출하였다. 유한요소해석을 통해 산출된 결과는 실제 현장 시험결과와의 비교를 통해 검증하였다. 산출된 동특성 인자들은 본 연구에서 개발한 차량/선로구조물 동적 상호 해석 모듈의 거더의 정보에 대한 입력 데이터로 사용된다.

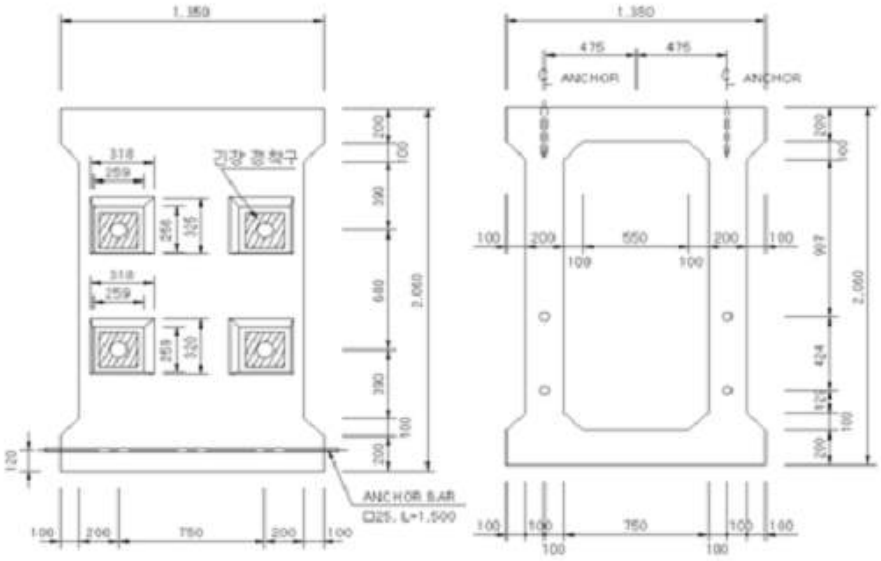
1) 기계연구원 시험노선 해석

- 한국기계연구원 내에 설치되어 있는 시험선로는 열차의 주행성능시험을 수행하기 위하여 다양한 곡선반경, 구배, 구조형식 등의 사양들을 갖추고 있다. 가이드웨이거더의 상부구조형식은 직선부는 프리스트레스 콘크리트 박스거더, 곡선부는 2경간 강박스거더 형식으로 구성되어 있으며 하부구조는 T형교각과 P.H.C 파일기초로 건설되어 있다. 강박스의 단면

크기 및 부재 두께는 지간길이에 비해 과대하게 설계되었으며 이는 설계 당시 자기부상열차의 특성을 반영한 설계기준이 없어 일반철도설계기준 적용 및 설계상에 상당한 여유 치를 둔 결과로 판단된다. 안전을 고려하여 처짐한계를 L/3,000으로 높게 설정하여 설계를 수행하였으며 이는 시스템에서 실제로 요구하는 강성보다 더 큰 값을 갖도록 하여 곡선구간에서의 지간장 배열에 영향을 미치고 단면 최적화 등 선로의 슬림화를 저해시키는 요인으로 작용하였다. 본 연구에서 해석한 구간은 한국기계연구원 도시형자기부상열차 시험노선 1.3km 구간 중 경간장 25m인 P41~P42 직선구간인 가이드웨이거더이다.



[그림 463]기계연구원 시험노선 해석 거더 위치도



[그림 464]기계연구원 직선부 거더 단면

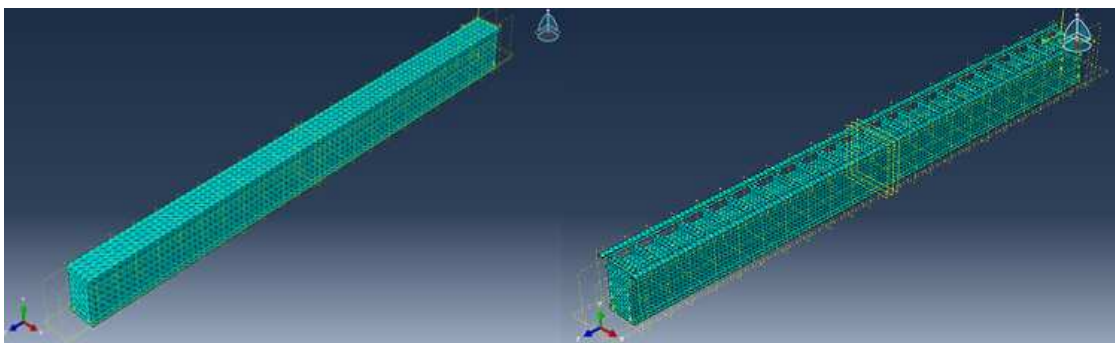
- 가이드웨이거더의 구조형식은 직선부는 P.S.C 박스거더, 곡선부 2경간은 S.T 박스거더 형식으로 되어 있으며 하부구조는 T형 교각과 P.H.C 파일 기초로 건설되어 있다. 연구 대상인 직선부 P.S.C 박스거더 정착부와 중앙부 단면은 위의 그림과 같으며 모델링에 사용된 물성치는 아래 표와 같다.

[표 94]한국기계연구원 직선부 거더 물성치

	콘크리트	긴장재	레일
단위중량(t/m^3)	2.2	7.74	7.8
포아송비	0.3	0.2	0.285
탄성계수	28825	200000	200000

가) 레일, 침목의 포함 여부 결정

- 해석 과정에서 레일과 침목이 포함 여부를 결정하기 위하여, 거더의 해석은 두가지로 구분하여 수행하였다. 하나는 선로구조물 중 P.S.C 박스거더만을 해석한 것이며, 다른 하나는 거더와 레일, 침목 등을 모두 함께 고려하여 해석을 수행한 것이다. 해석은 상용프로그램을 이용하여 3D 유한요소해석과 빔해석을 동시에 수행하였으며, 그 값을 현장 시험 결과와 비교하였다. 3D 유한요소 해석의 경우 3축 방향의 모드형상이 나타나며, 빔해석은 2축방향의 모드형상이 나타나지만, 개발된 차량/선로구조물 상호 동적해석 모델의 직선부 해석을 위해서는 수직방향에 대한 영향만을 고려하므로, 수직방향에 대한 1차, 2차모드의 비교를 통한 검증을 수행하였다. 해석결과와 현장시험 결과와의 비교를 통해 차량/선로구조물 동적 상호작용 해석 모델의 입력 데이터 산출을 위한 거더 동특성 해석의 경우, 레일, 침목 등을 포함하지 않고 거더 자체만을 고려하여 해석하는 것이 타당한 것으로 판단하였다.



[그림 465]레일과 침목을 제외한 모델(좌) 포함한 모델(우)

[표 95]유한요소해석 결과와 현장시험 고유진동수 결과 비교

	레일,침목 미포함	레일, 침목 포함	현장시험결과
1st Mode	6.29	7.93	7.32
2nd Mode	20.44	17.98	25.30

나) 재료 물성치 보정

-구조물 수치해석은 실제 현장 구조물의 다양한 불확실성을 고려하지 못한다. 그 중 재료적 특성이 가지는 불확실성은 다른 영향 인자에 비해 불확실 정도가 크다. 동특성 해석을 위한 콘크리트 탄성계수의 경우 실제 구조물에서는 초기 접선 구간에서의 탄성계수에 영향을 받는 반면, 수치해석에서 사용하는 탄성계수 값은 초기 접선 탄성계수와 상이하다. 이에 본 연구에서는 현장시험 결과와 유한요소 해석 결과의 비교를 통해 다양한 콘크리트 재료 물성치의 값을 보정하였으며, 도면상의 탄성계수를 10% 보정하여 수행한 해석 결과는 다음과 같다.

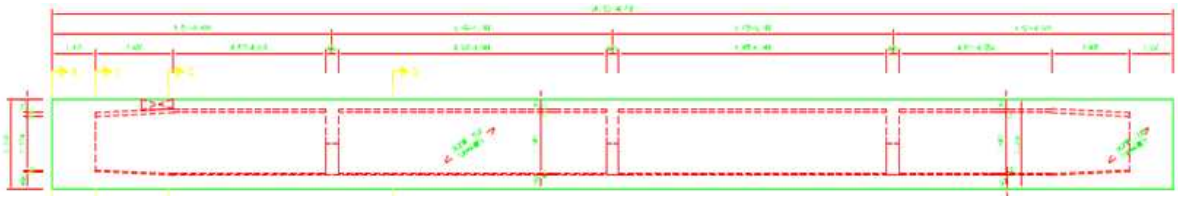
[표 96]재료물성치 보정을 통한 거더 고유진동수 비교

	3D유한요소해석		빔해석		현장시험
	보정전	보정후	보정전	보정후	
1st Mode	6.29	6.98	6.50	7.21	7.32
2nd Mode	20.44	22.67	25.20	27.95	25.30

2) 인천 자기부상철도 직선부 3경간 거더해석

- 인천공항 자기부상철도는 인천국제공항 교통센터에서 용유 복합역을 연결하는 총 연장 6.1km의 복선 노선으로 현재 준공되어 종합시운전 중에 있다. 특히 직선구간의 경우 3경간 연속교로 설계되어 있다. 이러한 연속교의 적용은 단경간교 대비 거더의 형고 15% 감소, 주형 활화중 처짐 65% 감소를 통한 처짐 최소화, 진동가속도와 동적응답증폭율 감소 등의 이점을 가져왔다. 본 연구에서는 인천공항 자기부상철도 최고속도 직선구간 3경간 거더의 유한요소 해석을 통해 거더의 정적/동적 안정성 평가를 수행하였다. 기계연구원 시험노선 해석 결과를 감안하여 레일, 침목

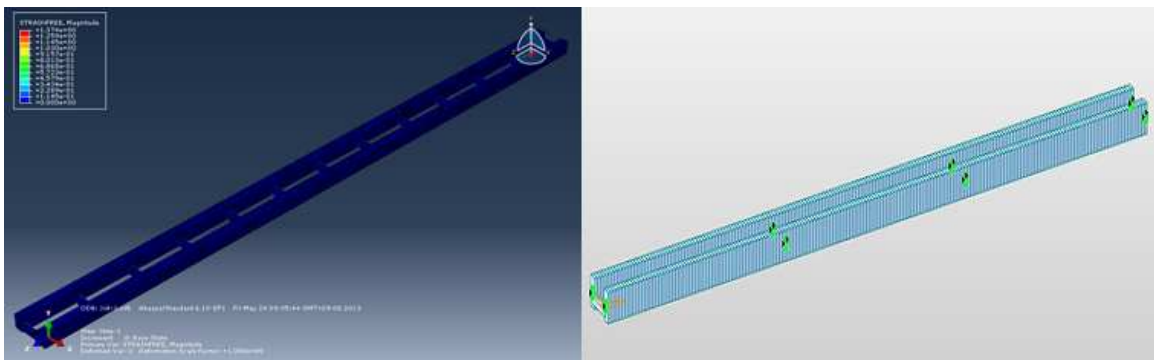
등 거더 이외의 선로구조물은 해석에 반영하지 않았다.



[그림 466]인천 자기부상철도 3경간 거더 도면

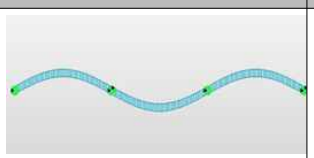
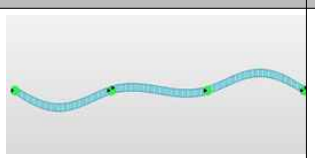
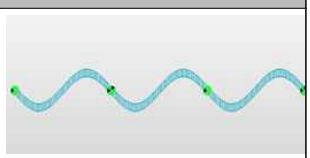
가) 고유진동수 해석 및 현장시험결과 비교

- 기계연구원 시험노선과 동일한 방식으로 인천 자기부상철도 3경간 직선부 거더에 대하여 상용프로그램을 이용하여 3D 유한요소 해석과 빔 해석을 수행하였다.



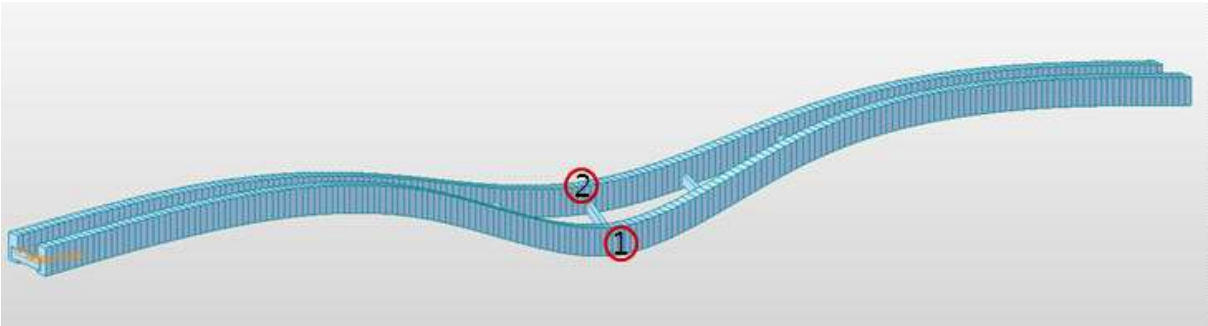
- 3D 유한요소 해석의 경우 3축 방향의 모드형상이 나타나며, 빔해석은 2축방향의 모드형상이 나타나지만, 개발된 차량/선로구조물 상호 동적해석 모델의 직선부 해석을 위해서는 수직방향에 대한 영향만을 고려하므로, 수직방향에 대한 1차, 2차 및 3차모드의 비교를 통한 검증을 수행하였다.

[표 97]3경간 직선부 거더 동특성 해석 결과 비교

	1차	2차	3차
모드형상			
유한요소해석	3.98	5.37	14.46
빔해석	3.83	4.94	15.04
현장시험	4.072	4.962	14.775

나) 가로보 성능 평가

- 인천 자기부상철도에 설치된 가로보로 인한 거더 비틀림 및 차량 주행안전성 저하의 정도를 평가하기 위해 가로보 영향 평가를 수행하였다. 차량이 거더 위를 지나가는 경우 가로보에 의해 반대 쪽 거더에 전달되는 영향 및 가로보에 의한 비틀림을 검토하기 위해, 직선부 3경간 연속교에서 (1) 차량이 3경간 거더 중앙부를 지나가는 경우, (2) 차량이 3경간 연속교 3개의 거더 중 첫번째 거더의 중앙부를 지나가는 경우, (3) 차량이 첫 번째와 두 번째 거더 사이 지점부를 지나가는 경우로 구분하여, 각각의 경우 가로보가 있는 경우와 없는 경우로 해석을 수행하였다.
- 먼저 (1) 차량이 가운데 거더 중앙부를 지나가는 경우의 해석 결과는 아래와 같다. 그림에서 차량은 ① 위를 지나가고 있으며, 이 경우 차량이 지나는 지점에서의 처짐은 5.177mm, 반대편 거더에서의 처짐은 2.862mm 로, 가로보에 의해 55% 정도의 처짐이 전달되며, 0.000254rad (=0.0146°) 의 비틀림이 발생하는 것을 확인할 수 있다. 가로보가 없는 경우, 동일 단면의 거더에서 열차가 지나는 경우 8.056mm의 처짐이 발생하며, 가로보로 연결된 거더 대비 55% 처짐이 크게 발생함을 확인할 수 있다.



[그림 467]열차가 3경간 거더 중앙부를 지나가는 경우

[표 98]지점별 변위 및 비틀림 해석 결과

지점	node	dx[mm]	dy[mm]	dz[mm]	rx[rad]	ry[rad]	rz[rad]
1	96	0.13	-0.017	-5.177	0.000254	0.000037	0
2	301	0.08	-0.017	-2.862	0.00026	0	0

[표 99]가로보에 의한 중앙부 변위 및 비틀림 해석 결과 비교

	node	dx[mm]	dy[mm]	dz[mm]	rx[rad]	ry[rad]	rz[rad]
가로보유	96	0.013	-0.017	-5.177	0.000254	0.000037	0
가로보무	301	0.019	0	-8.056	0	0	0

- 이와 동일한 방식으로 해석한 결과, (2) 차량이 3경간 연속교 3개의 거더 중 첫 번째 거더의 중앙부를 지나가는 경우는, 최대 0.000287rad (=0.0164°)의 비틀림이 발생하며, 차량이 지나는 방향 거더의 최대처짐은 6.385mm, 반대편 거더의 최대 처짐은 -3.855mm 로, 가로보에 의해 60% 정도의 처짐이 전달됨을 확인할 수 있다. 또한 (3) 차량이 첫 번째와 두 번째 거더 사이 지점부를 지나가는 경우는, 최대 0.000038rad (=0.00217°)의 비틀림이 발생하며, 차량이 지나는 방향 거더의 최대처짐은 -0.653mm, 반대편 거더의 최대 처짐은 -0.298mm 로, 가로보에 의해 45% 정도의 처짐이 전달됨을 확인할 수 있다.

[표 100]가로보에 의한 고유진동수 해석 결과 비교]

	1st mode	Modal mass	2ndmode	Modal mass	3rd mode	Modal mass
가로보유	3.9817	304.03	5.3708	178.32	14.462	337.73
가로보무	4.1649	139.06	5.6384	82.206	15.167	163.59
현장시험	4.072		4.962		14.775	

- 한편, 가로보에 의한 동적 거동 효과를 검토하기 위해 3D 유한요소 모델을 이용하여 고유진동수 해석을 수행하였으며, 그 결과는 <표 3.2.2.7>과 같다. 수직방향 1,2, 및 3차 모드에 대해 가로보가 있는 경우는 가로보가 없는 경우에 비해 고유진동수는 5% 정도 작으며, 모드 중량은 2배 이상 큰 결과를 도출하였다. 이를 통해 가로보에 의한 거더의 강성 증가 효과와 가로보 설치로 인한 비틀림의 영향 정도를 정량적으로 확인하였으며, 추후 최적 거더 설계에 있어 가로보에 의한 비틀림 효과가 충분히 고려되어야 할 것으로 판단한다.

3) 선로구조물 거더 성능 계측을 위한 기법 연구

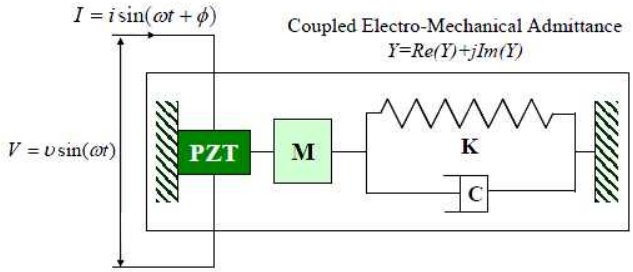
- 설계 긴장력의 도입을 통해 균열억제와 변위제어, 강도보완을 할 수 있는 PSC(prestressed concrete) 거더 형식의 교량에 대한 시공사례가 증가함에 따라 PSC 교량의 안전성 평가에 대한 관심이 높아지고 있으며 자기부상열차의 신설거더에도 사용되었다. 프리스트레스트 콘크리트(Prestressed concrete; PSC)는 외력에 기인한 응력을 소정의 한도까지 상쇄할 수 있도록 미리 인공적으로 그 응력의 분포와 크기를 정하여 내력을 준 콘크리트로 정의된다. 하지만, 공용 연한과 하중 이력, 콘크리트 크리프와 건조수축, PC 텐던의 릴렉세이션, 정착부 손상 및 온도 변화, 또는 PC 텐던 자체의 국부 손상 등의 요인에 의해 공용중인 구조물에서 도입 긴장력의 손실이 발생하며 잔류 유효긴장력에 이르게 한다. 이로 인해 구조물의 성능 저하 또는 심각한 안전도 저하가 야기된다. 외부 하중조건과 환경적 요인들로부터 PSC 거더에 발생할 수 있는 손상을 미연에 방지하기 위한 방법으로 PZT 센서를 이용하여 자기부상열차 거더의 긴장력 변화에 따라 Electronic Mechanical Impedance(EMI)를 계측하여 자기부상열차 거더의 성능 계측을 목적으로 수행하였다.
- 임피던스 기반 모니터링 기법은 압전(piezoelectric) 재료를 사용한다. 압전 재료 중에 가장 일반적인 PZT 패치(patch)와 그것이 부착된 구조물 사이에 상호작용은 <그림 3.2.2.6>과 같다. PZT는 기계적 상호작용을 보다 강화시키기 위해 매우 강한 접착물질에 의해 구조물의 표면에 직접적으로 부착된다. 부착된 PZT는 발생된 교류 전압 때문에 축 진동이 작용하고 있는 얇은 막대로 간주한다. 막대의 한쪽 끝은 고정되어 있고, 반면 다른 끝은 외적 구조물에 연결되어 있다. 구조물에 부착되어진 PZT에 관한 파동 방정식의 해로부터 다음과 같은 전기적 어드미턴스(admittance)에 의존하는 고유진동수에 관한 식이 유도된다. PZT 센서가 구조물의 표면에 부착되어 있는 경우 PZT 센서에서 계측되는 전기적 어드미턴스 (전기적 임피던스의 역수) $Y(\omega)$는 구조물의 기계적 임피던스 $Z_s(\omega)$와 PZT 센서의 전기적 임피던스 $Z_a(\omega)$가 결합된 함수로써, 식 (1)과 같이 표현된다.

$$\mathrm{Y}(\omega) = j\omega\frac{wl}{h}\{\bar{\varepsilon}_{33}^{T} - d_{31}^{2}\bar{Y}^{E} + (\frac{Z_a(\omega)}{Z_s(\omega)+Z_a(\omega)})d_{31}^{2}\bar{Y}^{E}(\frac{\tan\kappa l}{\kappa l})\} \qquad (1)$$

- 식 (1)에서 w,l,h는 각각 압전센서의 너비, 길이 및 두께를 의미하며,

$\overline{\epsilon_{33}}^{T} = \epsilon_{33}^{T}(1-\delta j)$는 일정 응력조건에서 압전센서의 복소 전기유전율이다(여기서 δ는 압전센서의 유전 손실계수). $\overline{Y^{E}} = Y^{E}(1+\eta j)$는 일정 전기장 조건에서 압전센서의 탄성계수, η는 압전센서의 감쇠계수, d_{31}는 압전센서의 압전상수, Z_a와 Z_s는 각각 압전센서와 구조물의 전기적 임피던스, $\kappa = \omega\sqrt{\rho/\overline{Y^{E}}}$는 파수, ρ는 압전센서의 밀도를 의미한다.

- 구조물의 질량, 감쇠 및 강성과 연관하여 EMI(Electro Mechanical Impedance) 신호가 생성되며 동특성을 이용하여 특징을 분석할 수 있다. 따라서 동특성에 따른 구조계 변화 전후의 임피던스가 변화되고 있는 어드미턴스의 크기와 공진 주파수에 변화를 준다. 이로부터 구조규명이 가능하고 동특성 분석이 이루어진다.



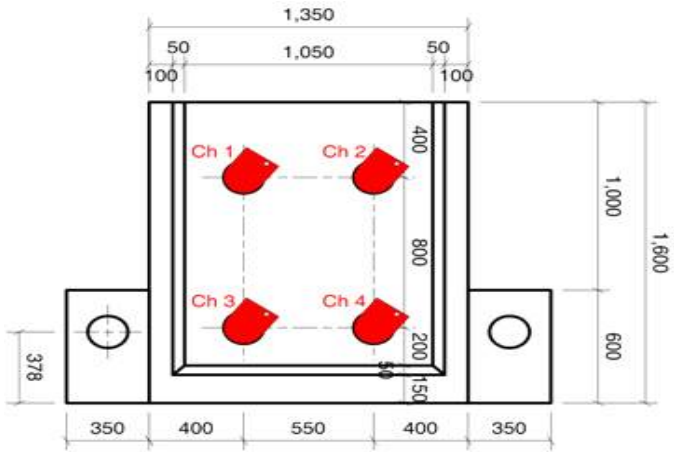
[그림 468]압전센서와 구조물의 상관 모델

- 또한, 긴장력의 변화에 따른 계측된 임피던스의 변화를 제곱근 오차(Root Mean Square Deviation, RMSD) 값와 Correlation Coefficient를 사용하여 정량화를 진행하였다. 식 (2)의 RMSD와 식 (3)의 Correlation Coefficient의 기준값은 긴장력이 최대로 도입된 상태로 하여 긴장력의 변화를 손실값으로 보고 정량화하였다.

$$RMSD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N}\left\{\mathrm{Re}\left[Z_0(\omega_i)\right] - \mathrm{Re}\left[Z_1(\omega_i)\right]\right\}^2}{\sum_{i=1}^{N}\mathrm{Re}\left[Z_0(\omega_i)\right]^2}} \qquad (2)$$

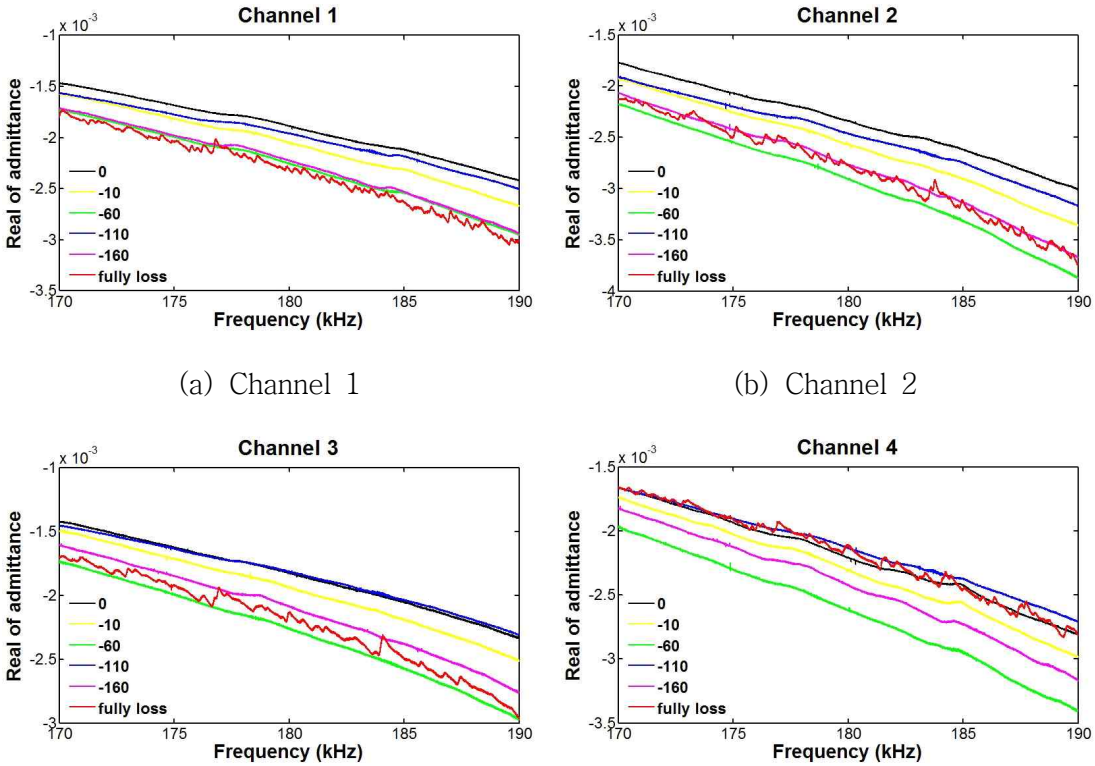
$$1 - \max CC = 1 - \max\left\{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\left(x(\omega_i)-\bar{x}\right)\left(y_i(\omega_i-\bar{\omega})-\bar{y}\right)\right\}/\sigma_X\sigma_Y \qquad (3)$$

- 다음 그림과 같이 PZT센서를 부착하고 긴장력 변화에 따라 임피던스를 계측하였다.



[그림 469]자기부상열차 거더의 임피던스 계측

- 다음 그림은 임피던스 계측 결과와 긴장력 손실에 대해 정량화한 값이다.



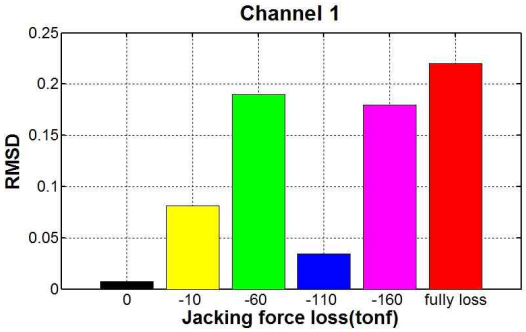
(a) Channel 1 (b) Channel 2

(c) Channel 3 (d) Channel 4

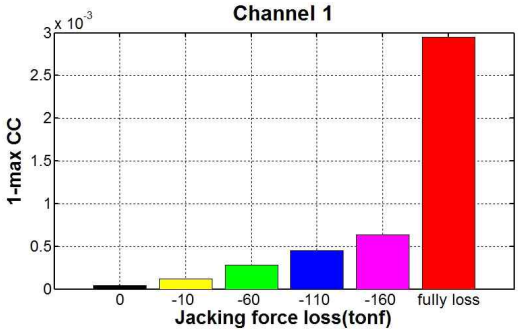
[그림 470]긴장력 손실에 따른 Channel 별 임피던스 계측값

- 위 그림의 임피던스 계측값을 통해 다음 그림의 최종 도입 긴장력을 기준값으로하여 긴장력 변화를 손실값으로 나타내에 정량화하였다. 그 결과, RMSD의 경우 -60tonf의 긴장력 손실까지 손실이 증가하면서 RMSD값이 증가하는 양상이 뚜렷하나, 다음 손실에서부터 경향성을 이

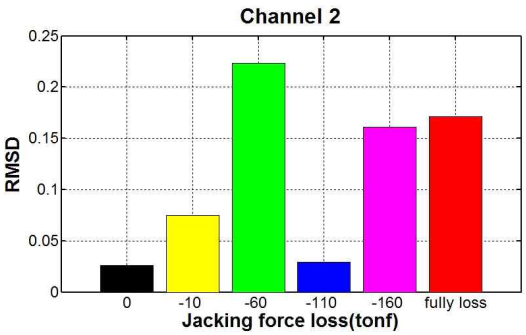
보이지 않았으며 Correlation Coefficient의 경우 긴장력 손실에 따라 점점 CC값이 증가하는 것을 확인하였다.



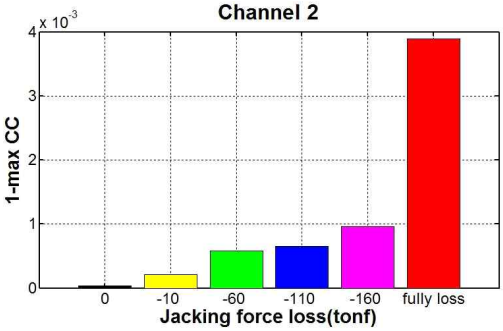
(a) channel 1(RMSD)



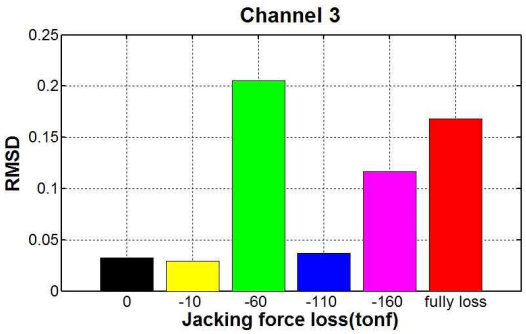
(b) channel 1(1-max CC)



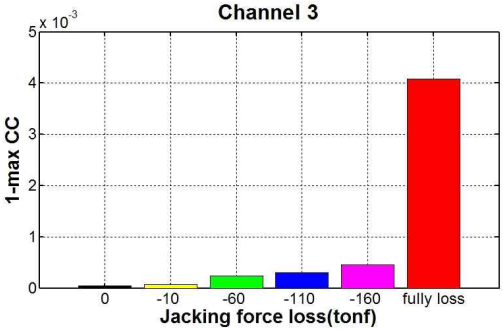
(c) channel 2(RMSD)



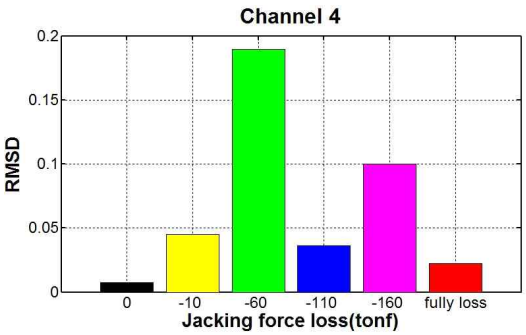
(d) channel 2(1-max CC)



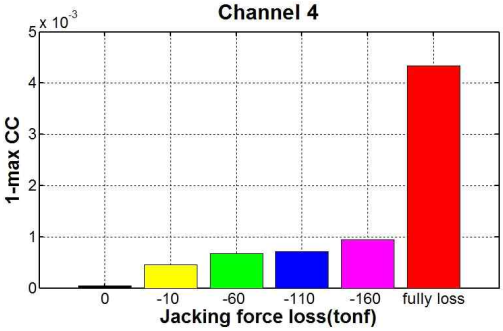
(e) channel 3(RMSD)



(f) channel 3(1-max CC)



(g) channel 4(RMSD)



(h) channel 4(1-max CC)

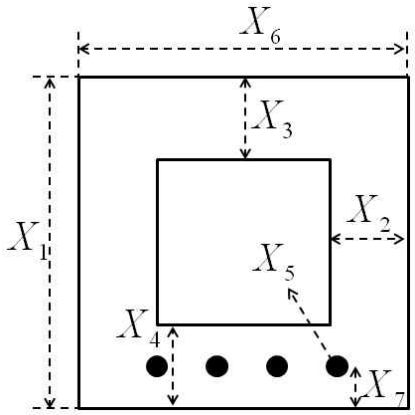
[그림 471]긴장력 변화에 따른 Channel 별 RMSD 및 CC)

- 이를 통해 구조물의 임피던스를 긴장력의 변화에 따라 계측함으로써 상

시계측을 통해 긴장력의 변화 양상을 추정하는 구조물 모니터링 기법이 가능할 것으로 판단된다.

4) 도시형 자기부상열차 가이드웨이 거더 설계 최적화

- 경제적이며 안전한 구조물의 설계는 토목 엔지니어에 있어 가장 중요한 이슈이다. 본 연구에서는 도시형 자기부상열차 가이드웨이거더 설계 최적화 연구를 통해 L/1,500 처짐비의 거더 단면을 산출하으며, 간략한 과정을 아래 기술하였다. 아래그림은 거더 단면 변수 X1~X7 이며, 이 중 X1~X5를 최적설계를 위한 설계 변수로 정의하였다.



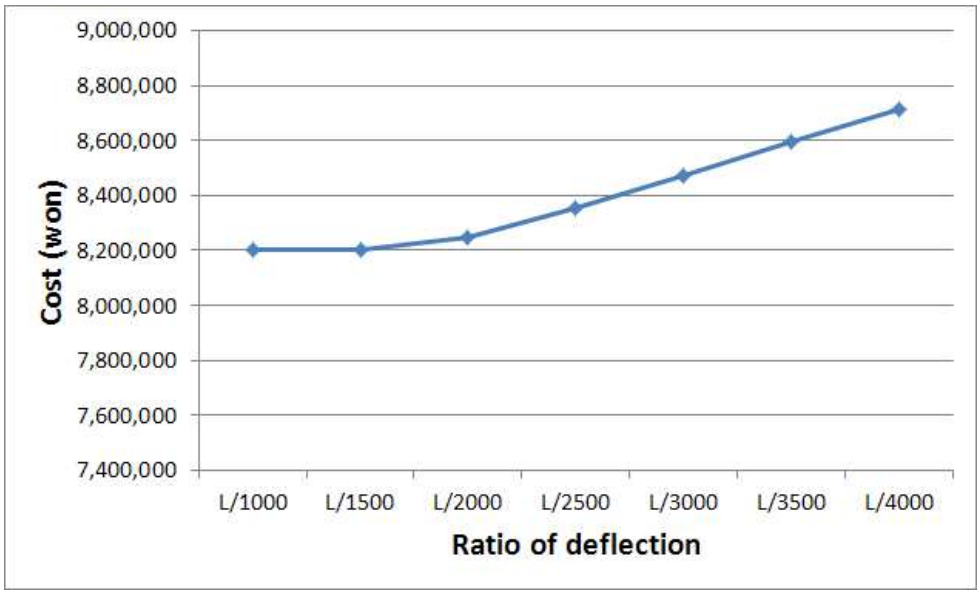
[그림 472]최적설계를 위한
거더 단면 설계 인자

- 거더의 최적화는 크게 설계 변수와 설계 인자, 목적함수 (혹은 비용함수), 제약조건 으로 구분할 수 있다. 본 연구에서는 프리스트레스 콘크리트 거더 설계과정에서 사용되는 모든 인자들을 설계인자로 적용하였으며, 이러한 설계 인자들은 설계 변수로 정의된 X1~X5로 연동될 수 있도록 모듈을 구현하였다. 목적함수는 설계 변수 또는 설계 인자로 구성된 함수로, 위한 다양한 설계 인자설계변수로 선정된 X1~X7로 구성된 비용함수를 최소화 시키는 모듈로 구성되어있다. 한편, 하나의 시스템에 대한 설계는 다수 존재할 수 있으며 이들 중 어떤 것은 다른 것보다 더 좋은 조건을 지닐 수 있다. 이 때 여러 가지 설계를 비교하기 위해서는 어떤 기준이 있어야 한다. 이 기준은 하나의 설계에 대하여 수치를 얻을 수 있는 함수여야 하며 이 함수는 설계변수의 함수여야 한다. 이러한 기준을 최적설계의 목적함수라 한다. 또한 설계에 가해지는 모든 제한사항을 집합적으로 제약조건이라 한다. 각각의 제약조건은 하나 또는 그 이상의

설계변수에 의해 영향을 받아야 하며, 이러한 경우에만 제약조건으로서의 의미를 가지며 또 최적설계에 영향을 미친다. 설계변수의 최소 및 최대치를 제한하는 제약조건들은 비교적 간단한 형태를 가지며, 반면에 좀 더 복잡한 제약조건들은 설계변수에 의해 간접적으로 영향을 받을 수도 있다. 본 연구에서는 설계변수 X1~X7로 구성된 거더의 물량을 이용하여 최적설계의 목적함수를 구성하였으며, 그 함수가 모든 구조물의 설계에서 제한하는 제약조건을 모두 만족하는 한도에서 최소가 되게 하는 거더 단면 설계변수를 산출하였다. 즉, 최적화의 목적함수의 경우 거더를 구성하는 콘크리트, 거푸집 및 긴장재의 재료 비용을 최소로 하는 콘크리트 단면을 산출할 수 있도록 설계 최적화 프로세스를 구성하였다. 한편, 본 연구에서는 다양한 처짐비 조건에서의 거더 설계기준 제약조건을 만족하는 프리스트레스콘크리트 박스형 거더의 최적화를 수행하였으며, 그 결과는 아래 표와 같다.

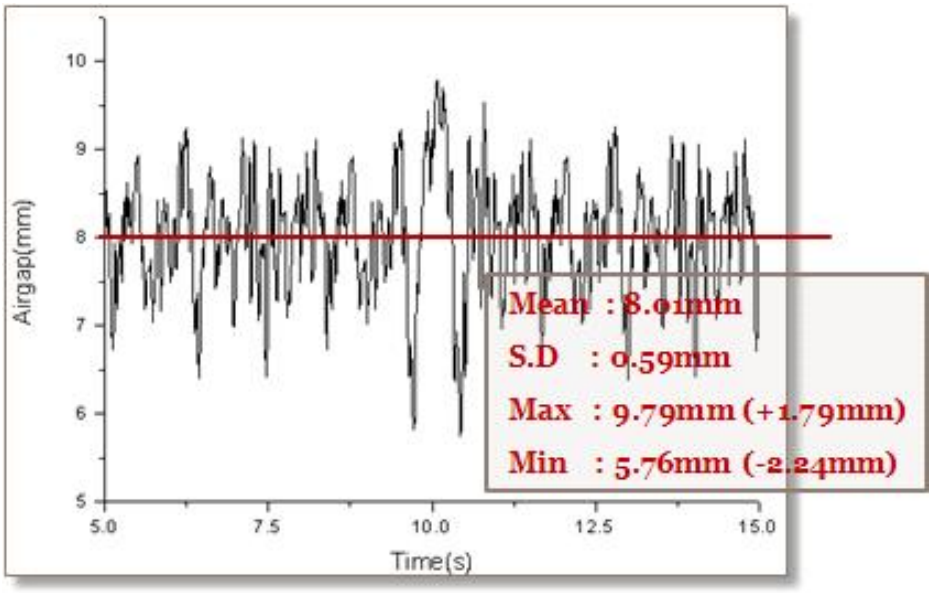
[표 101]처짐비 조건에 따른 프리 스트레스 콘크리트 박스형 거더의 최적화 결과

D.R	L/1,000	L/1,500	L/2,000	L/2,500	L/3,000	L/3,500	L/4,000	KIMM
Cost (won)	8,202,511	8,202,511	8,249,166	8,355,379	8,474,722	8,598,428	8,711,058	9,726,279
X1 (mm)	1,339	1,339	1,481	1,609	1,681	1751	1,834	2,060
X2 (mm)	200	200	200	200	200	200	200	200
X3 (mm)	200	200	200	210	248	279	315	200
X4 (mm)	200	200	200	200	238	269	274	200
X5 (ton)	566	566	492	442	418	397	377	611

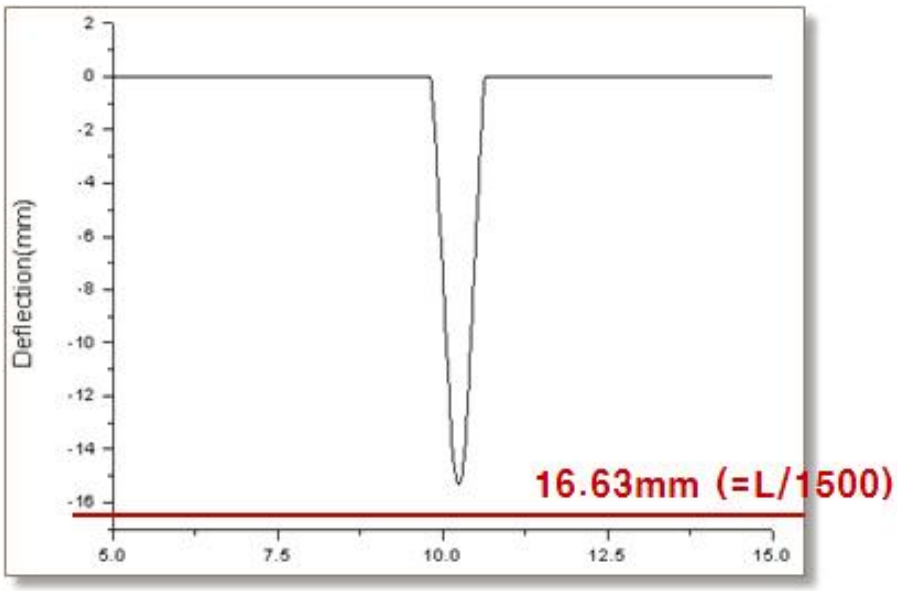


[그림 473]처짐비 변화에 따른 거더 최적 단면의 총 재료비용

- 위 그림을 통해 처짐비 증가에 따라 물성치의 재료비가 감소하는 경향을 보이는 것을 확인할 수 있으며, L/1,500을 기준으로 처짐비가 커짐에도 불구하고 비용 감소추세가 상대적으로 적어지는 것을 확인할 수 있다. 이는 L/1,500 이상의 처짐비 조건에서는 처짐비의 증가에도 불구하고 다른 제약조건에 의해 단면의 축소가 더 이상 이뤄지지 않기 때문이다. 한편, 본 연구에서 목표로 정한 L/1,500 처짐비의 경우 기존 기계연구원 단면 대비 물성치의 재료비만을 고려하는 경우 15% 이상의 비용이 절감하는 것을 확인할 수 있다. 제안된 최적 설계 모듈을 통해 산출한 도시형 자기부상열차 가이드웨이거더의 처짐비 L/1,500 단면의 동적 안정성 평가를 위해 차량/선로구조물 동적 상호모듈을 이용해 해석을 수행하였으며, 공극 및 동적 처짐에 대한 해석 결과는 다음 그림과 같다. 공극의 경우 8.00mm에서 정상적으로 제어가 이뤄지는 것을 확인할 수 있으며, 최대 9.79mm 및 최소 5.76mm 로 최대 편차 3mm 안에서 자기부상 공극이 정상적으로 제어되는 것을 확인할 수 있다. 또한 동적 처짐의 경우 중앙부 최대 처짐이 목표 처짐비 L/1,500 에 해당하는 16.63mm 보다 적게 처짐으로 제약조건을 성립하는 것을 확인할 수 있다.



[그림 474]L/1500 거더 주행 공극 시뮬레이션 결과, 110km/h



[그림 475]L/1500 거더 주행 처짐 시뮬레이션 결과, 110km/h

(3) 분기기 성능평가

- 분기기는 차량 진행방향에 따라 노선을 변경해 주는 장치로서 주행 시 열차의 안정성이 매우 중요하다. 그런데 자기부상열차의 경우에 열차의 특성상 대차가 궤도를 감싸고 주행하므로 지지구조물이 거더 형태이며, 거더 자체가 움직여 경로를 구성하게 된다. 분기기 거더는 일반 거더와는 다르게 강재 거더로 구성되어 외형, 고유진동수, 질량비, 감쇠비 등이

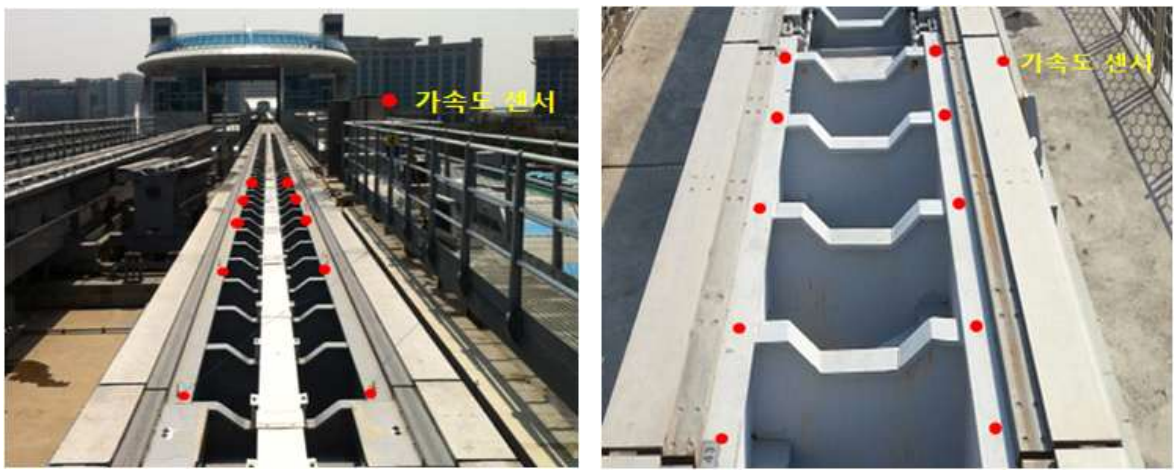
일반 구조물(콘크리트 거더)에 비해 취약한 특성이 있다. 또한 인천공항의 관절식 분기기 거더는 분기 후 비연속성 곡선이 생성되어 과도한 속도로 인해 변곡점 부분에서 접촉이 발생할 가능성이 있다. 이러한 영향은 안내력 제어가 없는 자기부상열차의 특징으로 인해 발생한다.

- 따라서 본 연구는 차량과 분기기 거더의 진동(공진) 분석과 차량 속도에 따른 횡 접촉 분석 등을 통하여 차량의 안정성이 확보된 분기기 통과 최고속도를 도출 하고자 한다.

(가) 분기기 진동 및 처짐 측정 분석

1) 분기기 고유진동 및 감쇠비 측정

- 분기기 거더의 진동 특성을 파악하기 위하여 단/장경간 거더의 임팩트 테스트(Impact test)를 수행하였다. <그림 476>과 같이 단/장경간 거더에 각각 10개의 가속도 센서를 부착하여 굽힘 모드와 비틀림 모드를 분석하였다.



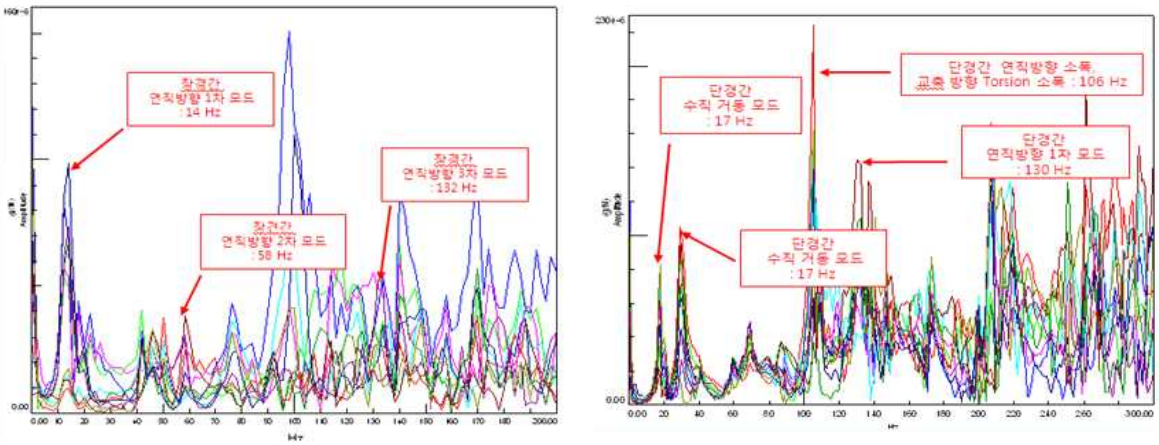
장경간 거더 단경간 거더

[그림 476]분기기 거더 임팩트 테스트

- 측정 결과 아래의 표와 같이 장경간 거더의 1차 굽힘 모드가 12Hz, 단경간 거더의 1차 굽힘 모드가 130Hz 부근에서 검출되었다. 2차는 각각 58Hz, 340Hz으로 1차 비틀림은 42Hz, 325Hz으로 검출 되었다. 일반적으로 거더는 5Hz 이상의 고유진동수를 갖아야 하므로(설계기준) 위를 만족하고 있다.

[표 102]단/장경간 거더의 고유 진동 수 및 감쇠비

	1차 굽힘	2차 굽힘	1차 비틀림	감쇠비
장경간 거더	12Hz	58Hz	42Hz	0.72/2.75/2.14
단경간 거더	130Hz	340Hz	325Hz	5.1/0.52/1.66

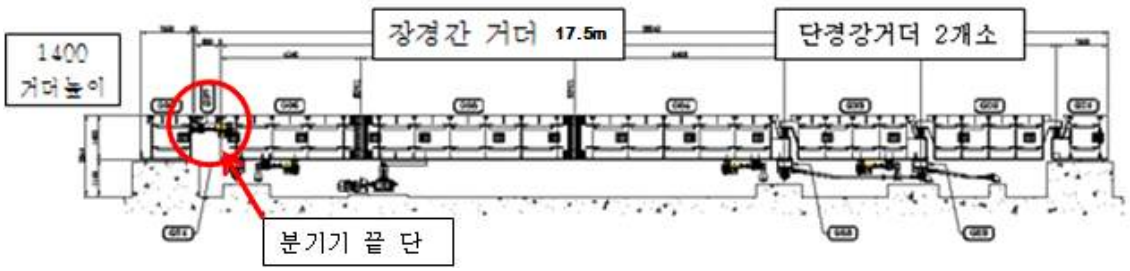


(a)장경간 거더 (b)단경간 거더

[그림 477]분기기 거더 고유진동수

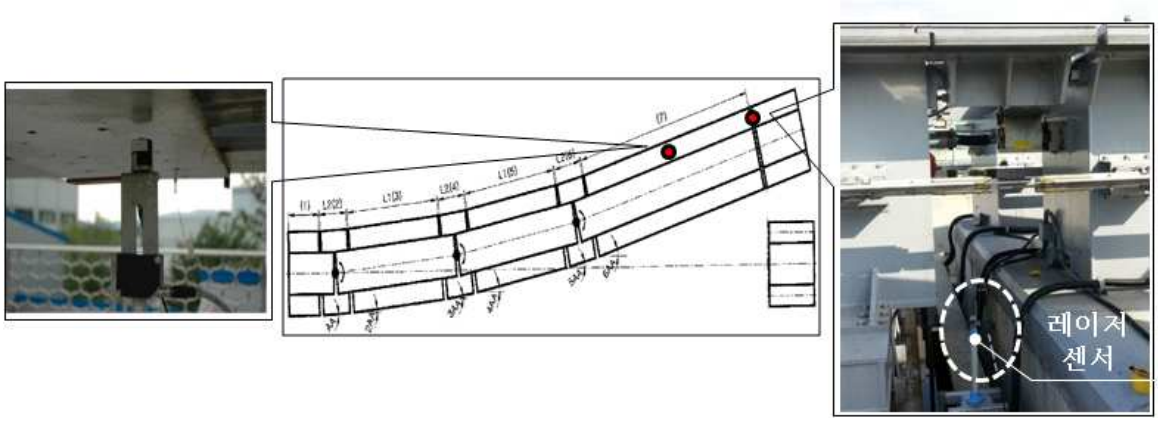
2) 분기기 처짐 측정

- 아래 그림과 같이 분기기의 장경간 거더는 17.5m로 구성되어 있으며, 일반 거더의 거더 처짐 비율이 L/3,000일 때 최대 처짐이 약 5.83mm의 기준을 만족해야한다. 따라서 차량의 만차 주행 중 장경간 거더의 최대 처짐을 측정하고 분석해야 한다. 나아가 본 연구에서는 장경간 거더와 고정거더 사이에 위치한 외팔보 구조의 분기기 끝단 처짐 측정을 수행하였다. 끝단 부분은 외팔보 구조이므로 고정 거더 사이의 처짐이 레일의 수직단차에 미치는 영향을 분석하였다.



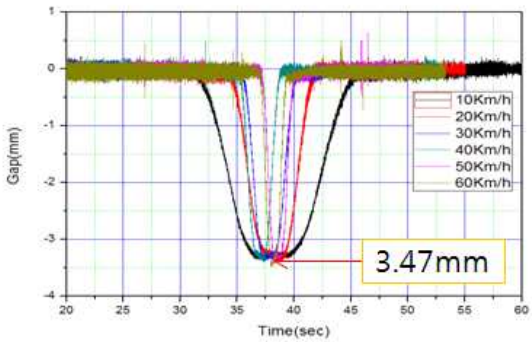
[그림 478]관절식 분기기 구조

- 자기부상열차 주행 중 분기기 처짐은 <그림 479>와 같이 레이저 센서를 활용하여 측정하였다. 장경간 거더의 처짐은 거더의 중앙부 아래에 레이저 센서를 설치하여 측정하였고, 분기기 끝단은 끝단 레일 중앙부에 측정하였다.

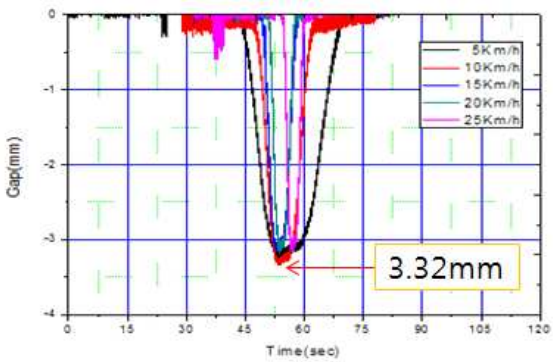


[그림 479]처짐 측정 위치

- 측정결과 아래 그림과 같이 분기 전·후에 속도의 변화에 대한 처짐 영향을 없었고, 최대 처짐이 약 3.47mm으로 설계기준(L/3,000 = 5.83mm)를 만족하는 것을 확인하였다.



분기 전 주행 - 직선



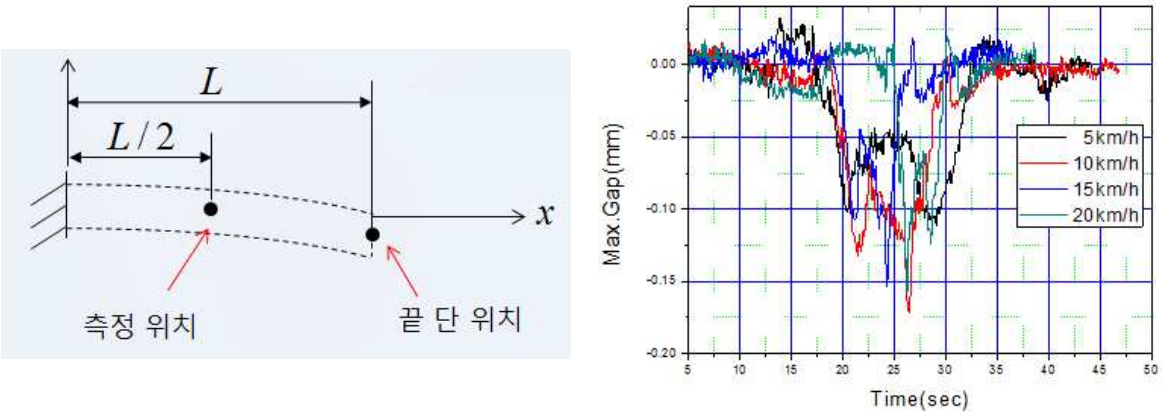
분기 후 주행 – 곡선

[그림 480]속도별 분기기 장경간 거더의 처짐

- 분기기 끝단 처짐 측정은 위치상 불가하여 중앙에서 측정하였고, 아래 그림의 왼쪽과 같이 끝단 위지로 환산하여 분석 하였다. 이 때 식 (1)을 활용하여 끝단 처짐을 계산하였다. 결과를 살펴보면, 장경간 거더와 마찬가지로 속도에 영향이 미비하였고, 속도별 평균 약 0.153mm가 발생하였다. 분기기의 수직단차 설계기준은 1mm로 규정되어 있으며, 위 값은 설

계기준의 약 15%에 해당되는 수치이다. 다른 영향으로 인한 수직단차가 발생할 것으로 고려했을 때, 끝단 처짐의 영향이 15%내외로 작은 수치이므로 설계기준을 만족한다고 볼 수 있다.

$$\delta = \frac{Wx^2}{24EI}(6L^2 - 4Lx + x^2) \qquad (1)$$



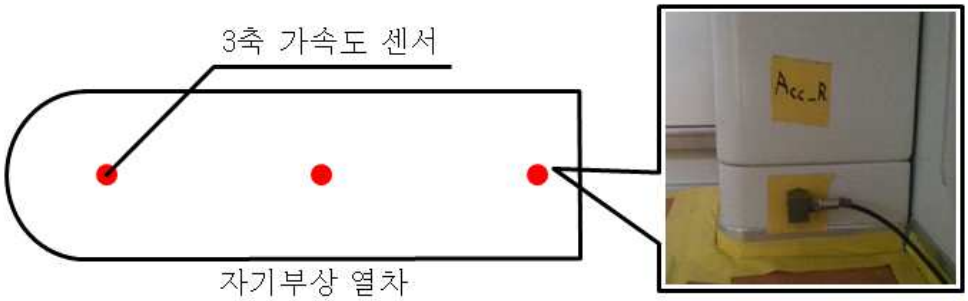
[그림 481]속도별 분기기 끝단 처짐

(나) 분기기와 차량과의 상호작용 영향 평가

- 분기기 거더의 차량과의 상호 작용을 평가하기 위하여 차량의 진동, 분기기의 진동, 부상 및 횡 공극 값 분석의 3가지로 분류하여 평가하였다.

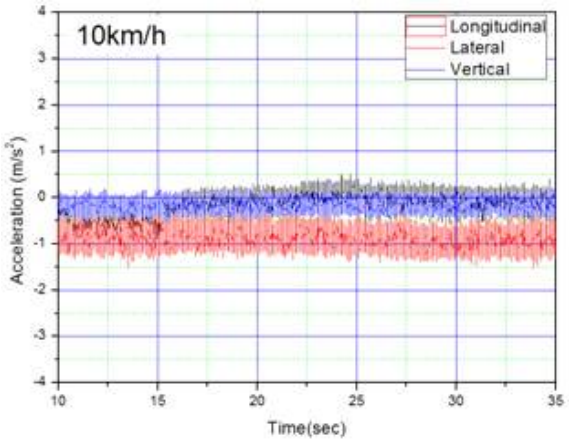
1) 차량 진동 측정 및 분석

- 분기기 통과 시 속도별 차량의 진동을 파악하기 위하여 <그림 3.3.2.1>과 같이 차량의 앞 · 중간 · 뒤 부분에 3축 가속도 센서를 부착하였다. 차량의 진동을 정량적으로 평가할 수 있는 방법이 승차감 분석이므로 3축 가속도 센서를 활용하였다. 실험은 분기기 전 직선구간과 분기 후 곡선구간에서 속도별로 측정하였다.

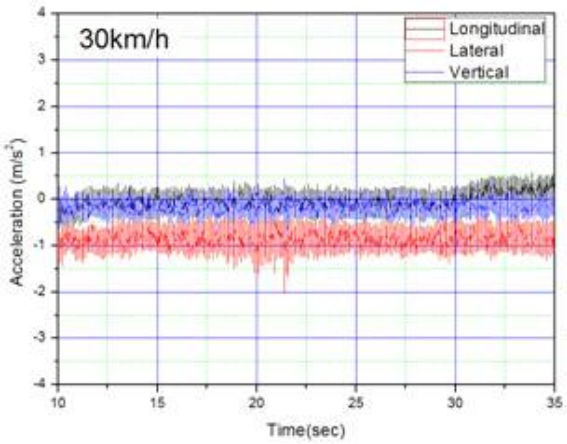


[그림 482]차량의 진동 측정

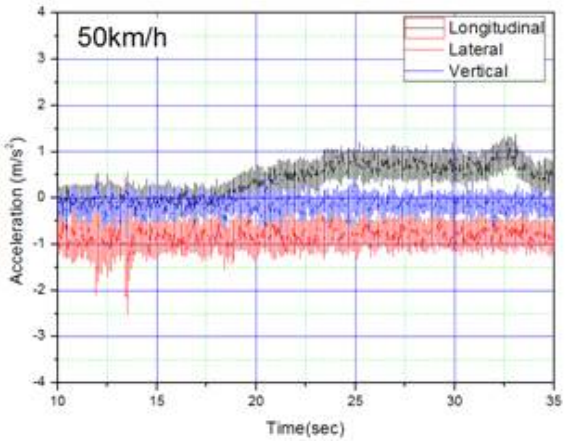
- 위 그림의 분기 전 직선구간 통과 시 가속도 측정 결과를 살펴보면, 차량 속도 10~30km/h 까지 3축 방향의 가속도에 변화가 거의 없다. 50km/h에서 분기기 거더 진입 시에 횡 방향으로 진동이 발생하는 것을 확인하였다. 50km/h의 그래프에서 주행방향(검정색)은 가/감속이 수행되어 가속도 변동이 발생된 것이다. 결과적으로 분기 전 직선 구간에 대해서 속도에 따른 차량 가속도 영향이 미비한 것을 확인하였다.



10km/h



30km/h

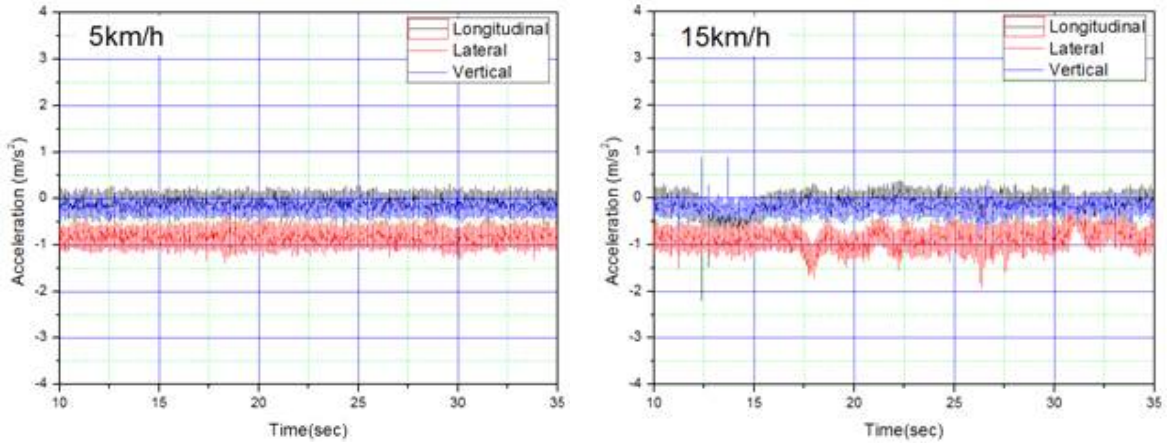


50km/h

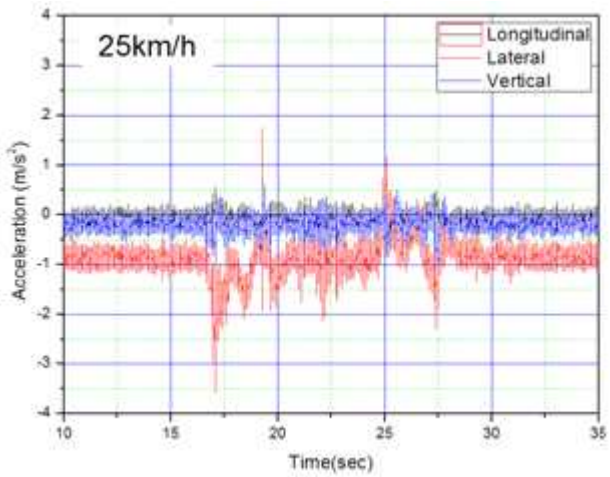
[그림 483]분기 전 직선구간에서 속도별 차량 가속도

- 위 그림의 분기 후 곡선구간 통과 시 가속도 측정 결과를 살펴보면, 차량 속도가 5~25km/h 까지 증가해도 진행방향(검정색) 수직방향(파랑색)의 값은 변화가 매우 적은 것을 알 수 있다. 하지만 횡 방향 가속도의 경우 25km/h에서 약 0.15g의 가속도가 발생함, 15km/h 일 때 0.5g 가속도 대비 약 3배로 크기가 커지는 것을 알 수 있다. 이러한 영향은 분기기 곡선 부에서 진입 시에 대차의 메커니즘에 의해서 크게 발생하고 있

다. 이러한 영향이 미치는 것을 확인하기 위하여 다음 절에서 차량 승차감 지수를 활용하였다.



5km/h 15km/h

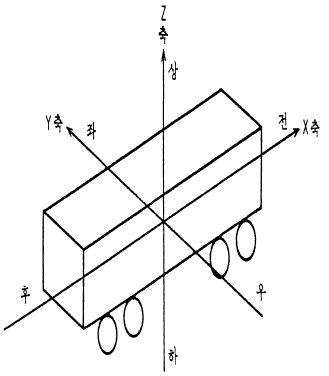


25km/h

[그림 484]분기 후 곡선구간에서 속도별 차량 가속도

UIC-513 R 승차감 지수를 활용하였다. UIC-513 R 은 전후(X), 좌우(Y), 상하(Z) 방향의 진동 가속도 신호를 인체가 느끼는 감도로 보정하여 승차감 산출식에 의해 지수로 표현한 값이다. 이 승차값 지수를 계산하기 위하여 식(2)와 같이 UIC 513 R 의 가중필터를 통과시킨 각 축의 가속도 데이터(Ax, Ay, Az)의 누적분포 95%에 해당되는 Ax95, Ay95, Az95 계산하여 승차감 지수 N을 계산하였다. 승차감 지수는 <그림 485>와 같이 각 지수 당 매우 좋음부터 매우 나쁨 까지 구별되며 도시철도차량의 기준은 N<2.5로 '양호'를 만족해야 한다.

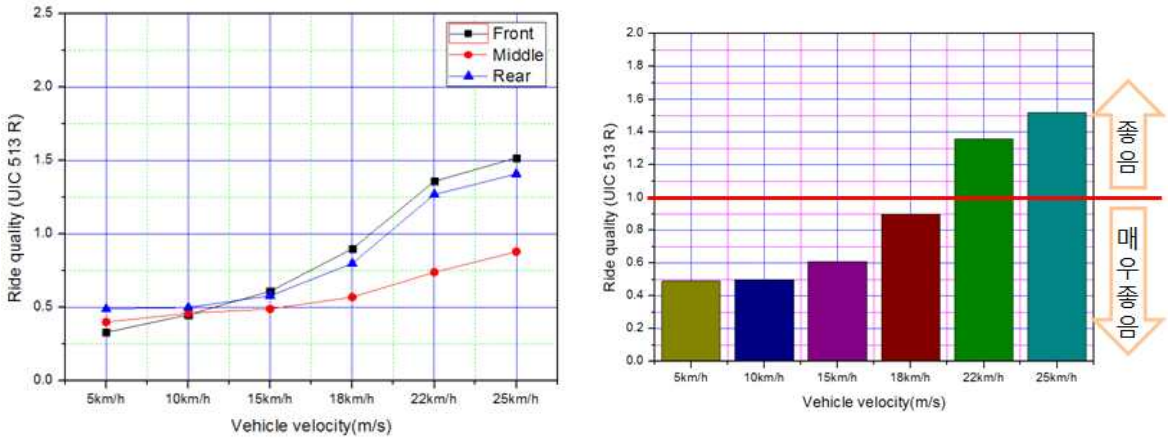
$$N = 6\sqrt{(Ax_{95})^2 + (Ay_{95})^2 + (Az_{95})^2} \qquad (2)$$



승차감 지수	구 분
N < 1	매우 좋음
1 < N < 2	좋음
2 < N < 4	양호
4 < N < 5	나쁨
N > 5	매우 나쁨

[그림 485]UIC-513 R 승차감 지수

- UIC-513 R 승차감 지수 계산은 문제가 되는 분기 후 곡선에서 측정한 차량 3축 가속도 값을 이용하였다. 아래 그림의 결과를 살펴보면, 5~10km/h 구간에서는 차량 뒤쪽에서 영향도가 크고, 15km/h 이상구간에서는 열차 앞쪽의 영향이 크게 발생하는 것을 확인하였다. 그리고 차량 속도 18km/h 이상에서 승차감 지수가 1을 초과하는 것으로 승차감이 '매우 좋음' 에서 '좋음'으로 변화하였다. 또한 최고속도 25km/h 에서도 승차감 지수가 약 1.6으로 도시철도 기준(2.5미만)에 만족하는 것을 확인하였다.



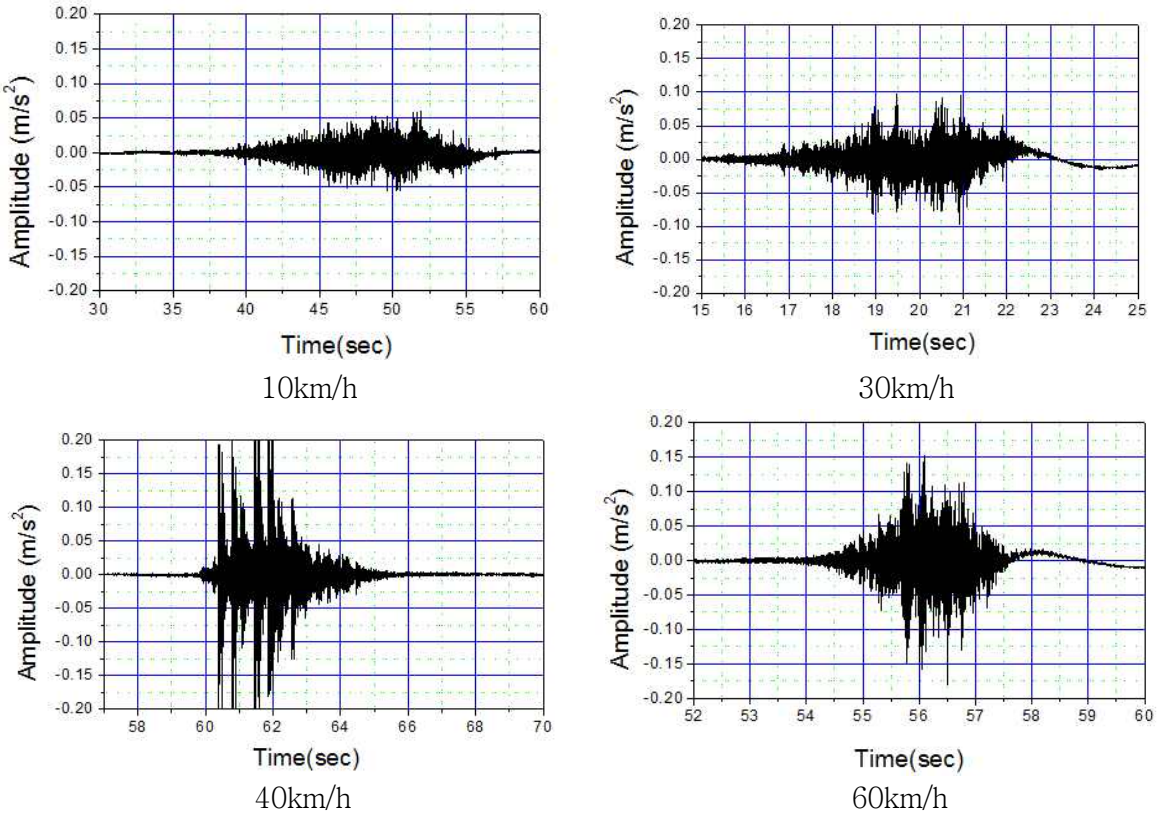
[그림 486]분기 후 곡선구간의 차량의 UIC-513 승차감 지수 분석

2) 분기기 진동 측정 및 분석

- 차량 주행 간의 분기기 거더의 진동(공진)을 측정하기 위하여 장경간 거더에 가속도 센서를 3개를 좌우로 부착하여 가속도를 측정하였다. 차량 속도별 영향도를 분석하기 위하여 분기 전 직선구간에서 10~60km/h의 속도에서 측정하였고 분기 후 곡선 구간에서 5~25km/h의 속도로 측정하였다. 이때 차량은 만차 조건으로 (약 26톤)으로 실험을 수행하였다.
- 분기 전 직선 구간에서 측정결과 아래 표와 같이 최대 수직가속도가 측정되었다. 차속이 약 20~50km/h 까지는 약 0.1m/s2의 수직방향 가속도가 측정되었고 속도 60km/h에서 0.15m/s2가 측정되었다.

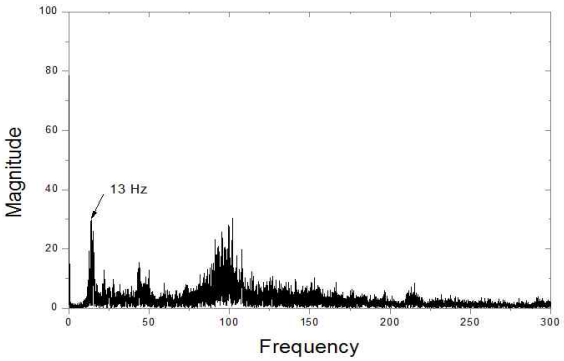
[표 103]분기 전 직선구간의 속도별 분기기 최대 수직 가속도

	10km	20km	30km	40km	50km	60km
최대 가속도 (m/s^2)	±0.05	±0.1	±0.11	±0.1	±0.12	±0.15

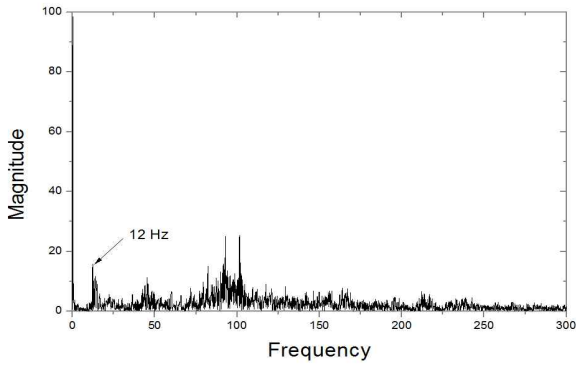


[그림 487]분기 전 직선구간의 속도별 분기기 가속도

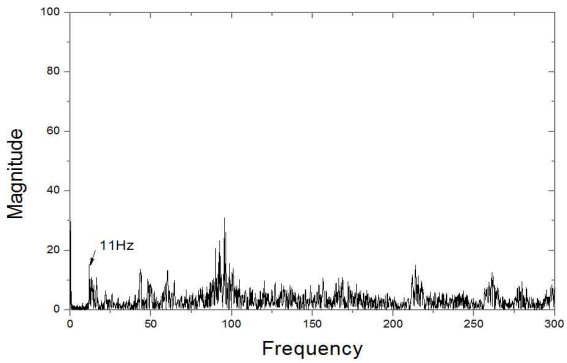
- 측정된 수직방향 가속도 데이터를 FFT를 통해서 주파수 분석을 수행해 보면 1차 피크(peak) 주파수가 약 11Hz~14Hz에서 측정되었다. 이 결과는 앞의 임팩트 테스트의 수직방향 1차 굽힘 모드(12Hz)에 해당하는 영역이다. 이러한 결과는 분기 전 직선 구간에서 자기부상차량이 10~60km/h으로 주행을 할 때 12Hz의 고유진동수에 대해서 공진발생 없이 통과가 가능하다는 것을 의미한다.



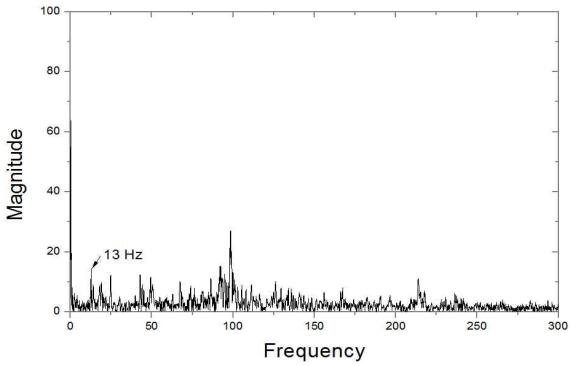
10km/h



30km/h



40km/h



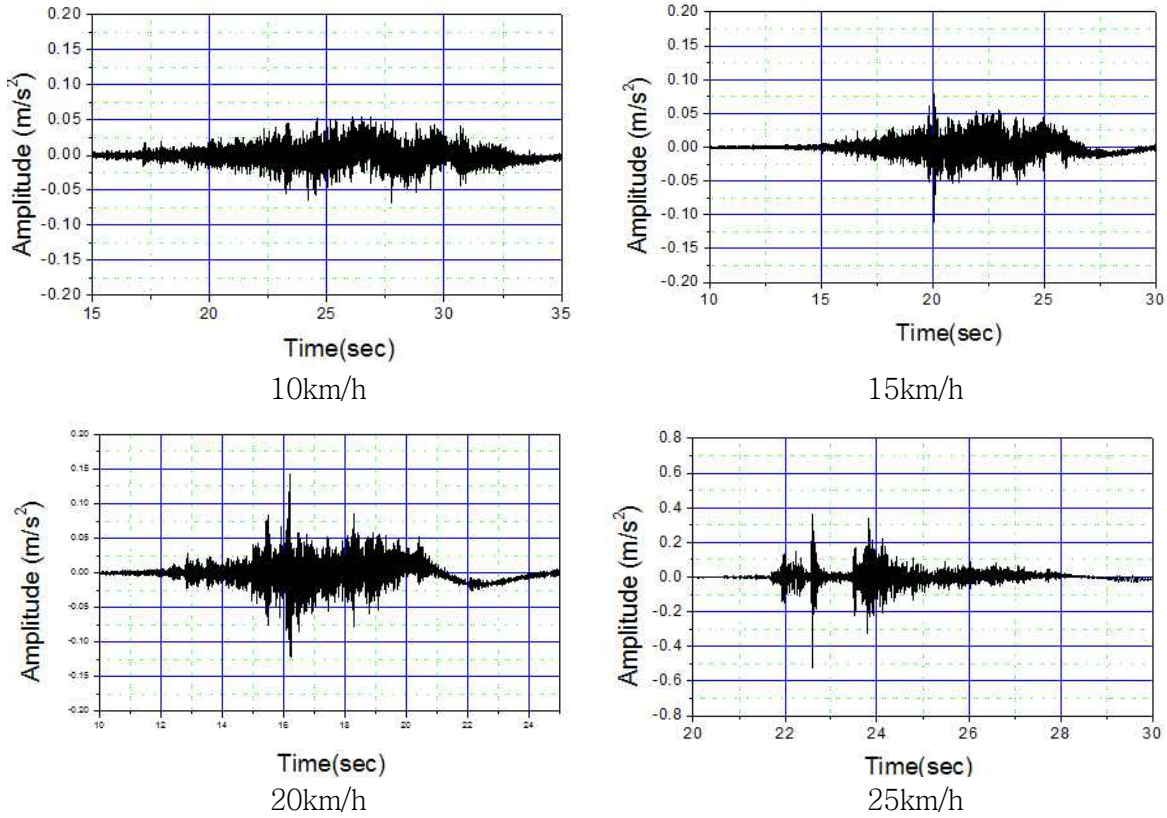
60km/h

[그림 488]분기 전 직선구간의 속도별 가속도의 FFT결과

- 분기 후 곡선 구간에서 측정결과 아래 표와 같이 최대 수직가속도가 측정되었다. 차속이 약 5~15km/h까지는 약 0.1m/s2 이하의 수직방향 가속도가 측정되었고 속도 25km/h에서 0.18m/s2 으로 최대값이 측정되었다.

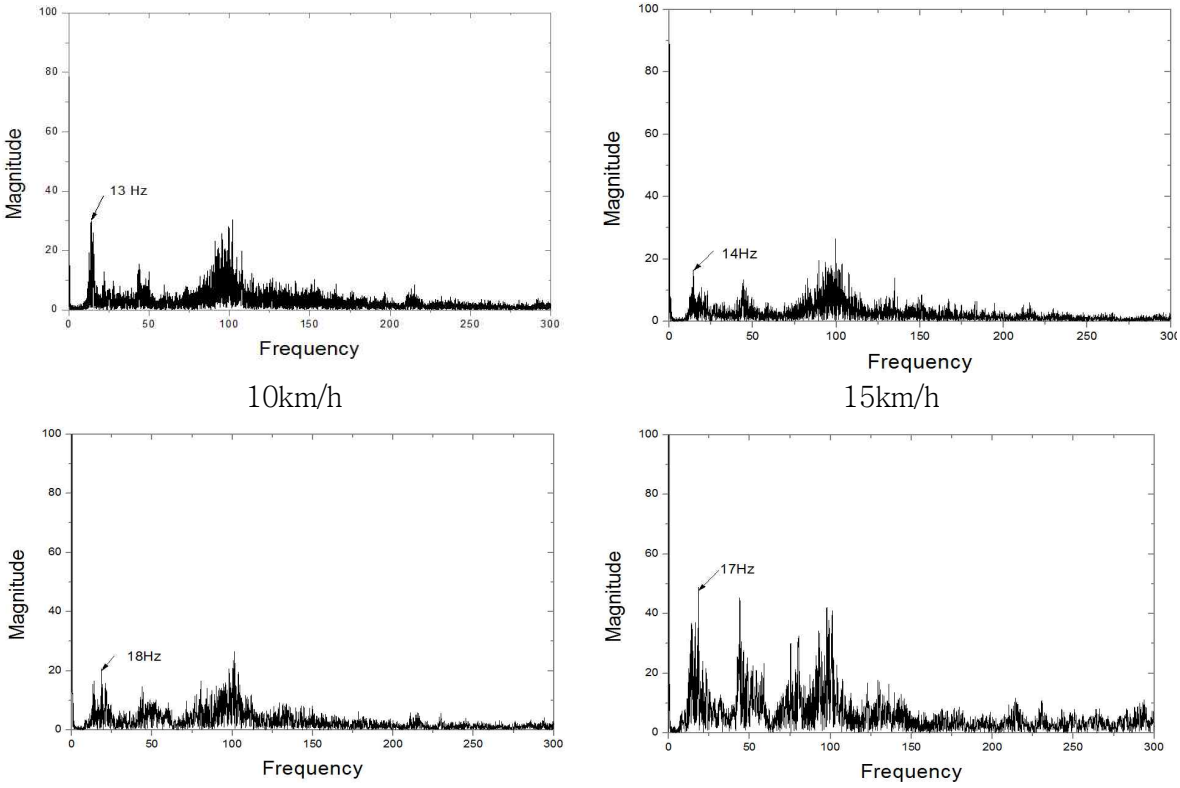
[표 104]분기 후 곡선구간의 속도별 분기기 최대 수직 가속도

	5km	10km	15km	20km	25km
최대 가속도 (m/s^2)	±0.05	±0.05	±0.08	±0.13	±0.18



[그림 489]분기 후 곡선구간의 속도별 분기기 가속도

- 또한 5~15km/h 속도에서 각각 13~15Hz 사이에 피크(peak) 주파수가 존재하는 것을 확인하였다. 이러한 결과는 위와 마찬가지로 분기 후 곡선구간에서 자기부상차량이 5~25km/h로 주행을 할 때 12Hz의 고유진동수에 대해서 공진발생 없이 통과가 가능하다는 것을 의미한다.



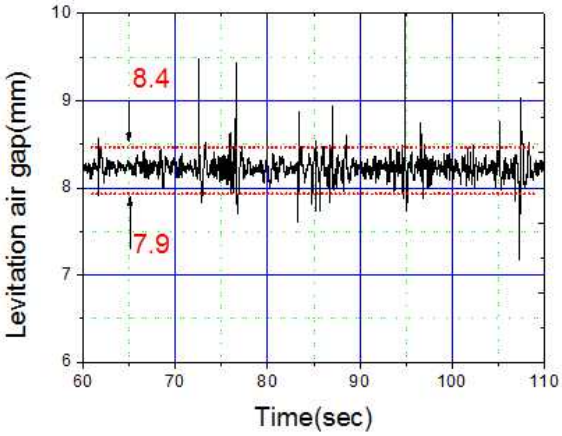
[그림 490]분기 후 곡선구간의 속도별 가속도의 FFT결과

3) 부상공극 측정 및 분석

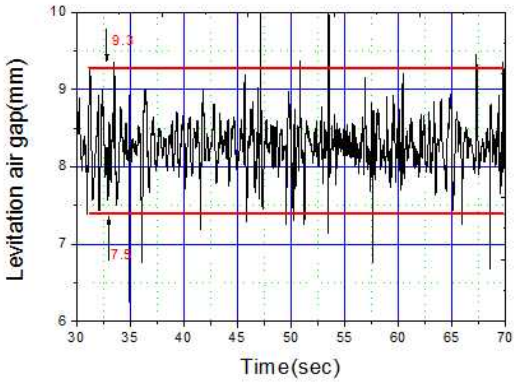
- 자기부상열차의 중요한 측정 포인트 중 한 가지는 공극에 관한 부분이다. 이번 절에서는 분기기의 직·곡선구간에서의 부상 공극값을 측정하고 분기기 통과시에 속도에 대한 영향도를 분석하였다.
- 아래 그림은 분기 전 직선 구간의 속도별 부상공극 그래프 이다. 결과를 살펴보면 아래 표와 같이 속도가 증가할수록 부상공극의 변위크기가 커진다. 하지만 최고 속도 60km/h까지 최대 공극 변위 값이 약 ±1.75mm으로 설계 기준 (±3mm)을 만족 하고 있다.

[표 105]분기 전 직선구간의 속도별 부상공극 변위

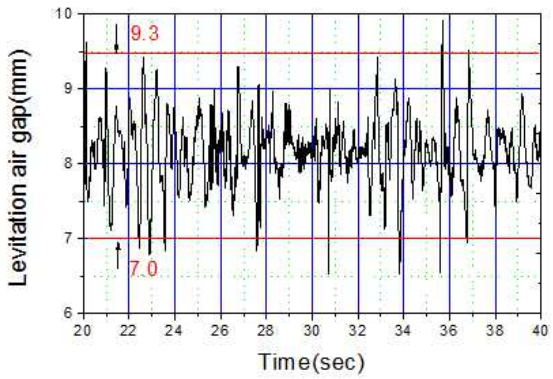
	10km	20km	30km	40km	50km	60km
공극 변위 (mm)	±0.25	±0.4	±0.9	±1.15	±1.75	±1.65



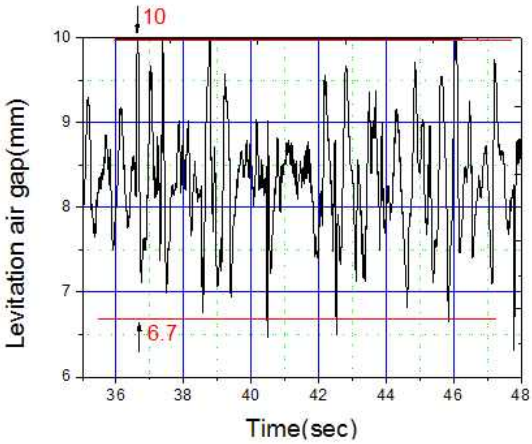
10km/h



30km/h



40km/h



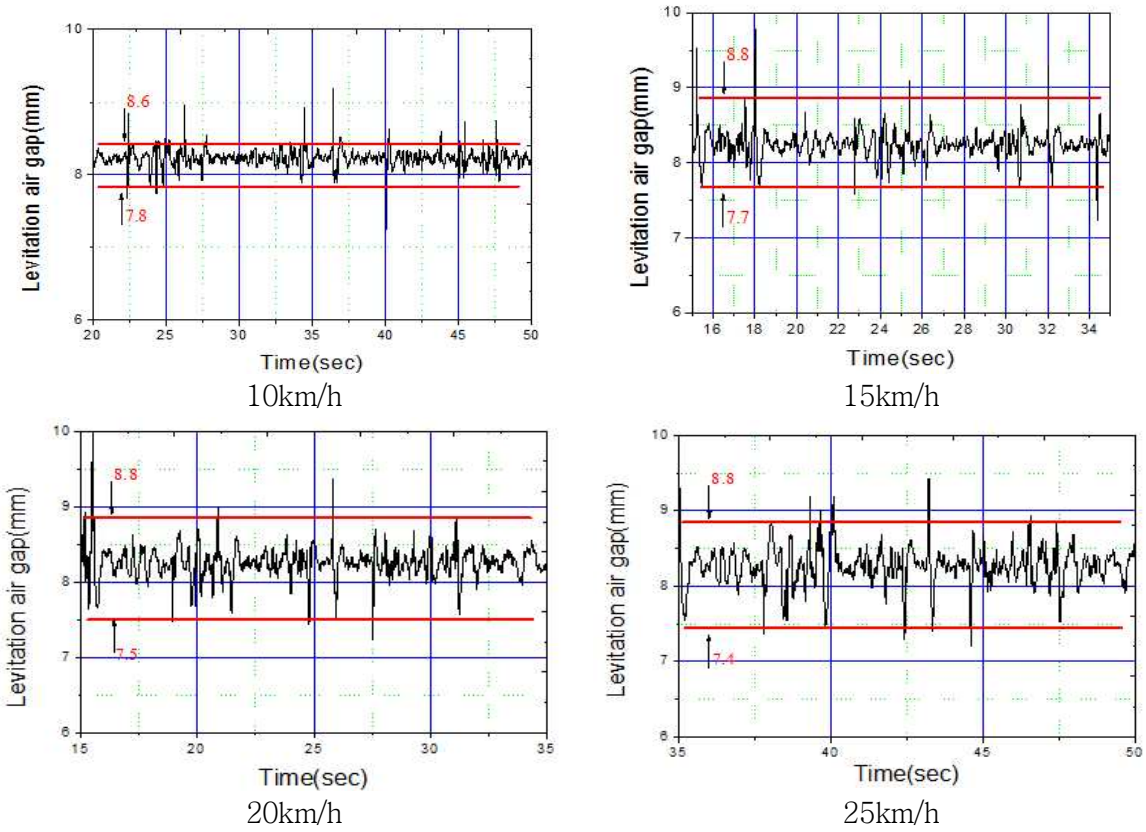
60km/h

[그림 491]분기 전 직선구간의 속도별 부상 공극

- 분기 후 곡선 구간의 속도별 부상공극을 측정한 결과 아래 표와 같이 속도가 증가할수록 부상공극의 변위크기가 커진다. 분기 후 곡선구간에 대해서도 최고속도 25km/h 까지 공극 변위가 ±0.65mm으로 설계기준(±3mm)를 만족하고 있다. 분기 후 곡선 구간에서 공극에 대한 평가를 수행하기 위해서는 횡 공극이 중요한 요인이므로 이 부분의 실험이 병행되어야 한다.

[표 106]분기 후 곡선구간의 속도별 부상공극 변위

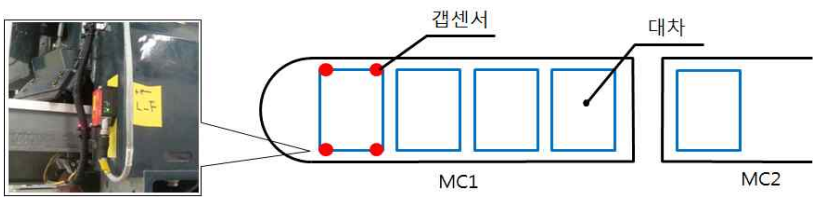
	5km	10km	15km	20km	25km
공극 변위 (mm)	±0.25	±0.4	±0.55	±0.65	±0.65



[그림 492]분기 후 곡선구간의 속도별 부상 공극

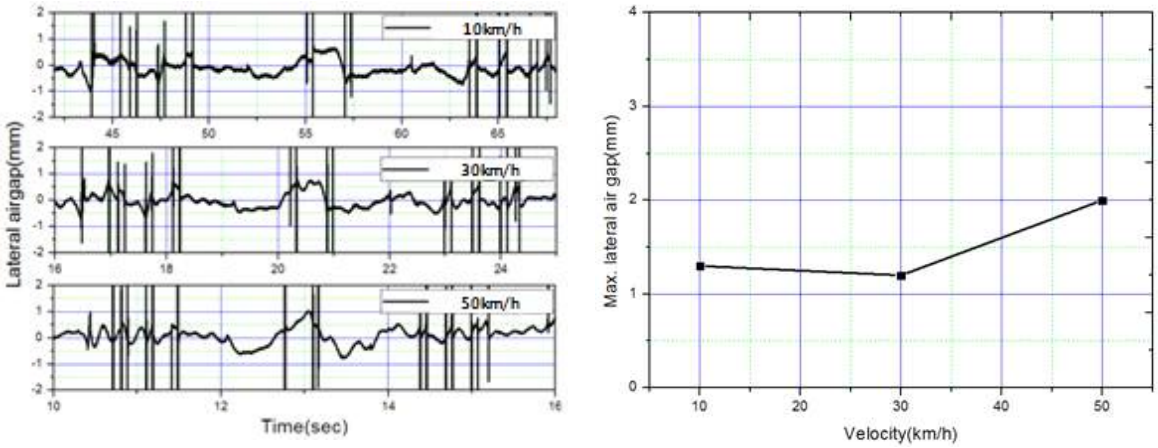
4) 횡 공극 측정 및 횡 스키드 접촉 분석

- 분기 후 곡선 구간의 통과속도를 분석하기 위하여 자기부상열차가 곡선을 주행하면서 접촉이 제일 먼저 발생하는 횡 스키드의 접촉 발생 유·무를 분석하는 것이 매우 중요하다. 또한 앞서 언급한 것과 같이 곡선구간내의 속도에 대한 횡 공극 영향도 분석이 필요하다. 하지만 횡 스키드 위치는 실제 접촉이 발생할 수 있으므로 센서를 부착하기 어려운 환경적 요인이 있다. 따라서 본 절에서는 속도별 횡 공극 변위를 측정하고 그 값을 이용하여 횡 스키드 위치의 기구적 위치를 찾아내 접촉을 판단하였다.
- 횡 공극을 측정하고 횡 스키드 위치 변환을 위하여 아래 그림과 같이 진행방향기준으로 앞 대차의 양쪽 사이드에 갭센서를 부착하였다. 첫 번째 대차는 메커니즘에 의해 가장 큰 변위가 발생하는 지점이다.



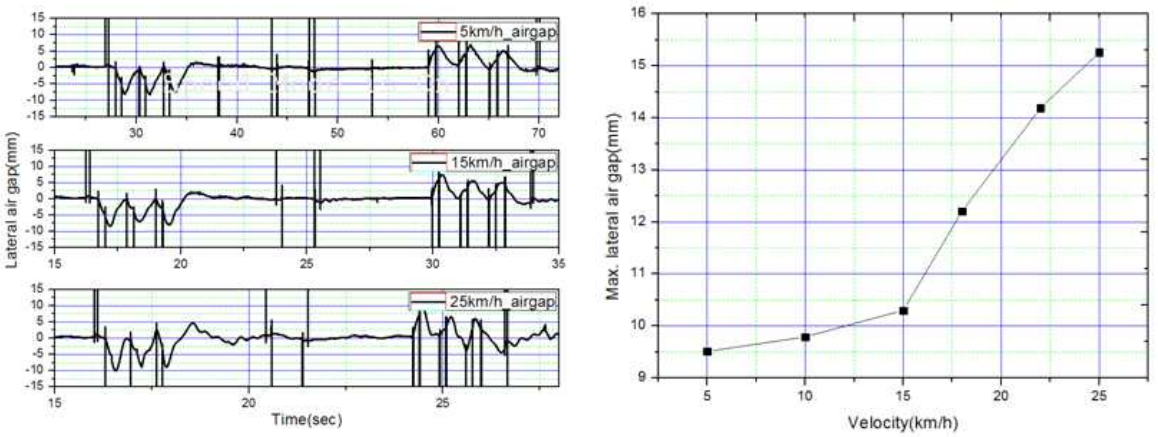
[그림 493]횡 공극 측정을 위한 갭센서 위치

- 분기 전 직선 구간의 속도별 횡공극을 측정한 결과 다음 그림과 같이 10~30km/h 까지는 횡 공극의 변위가 변화가 거의 발생하지 않았다. 50km/h의 속도에서 최대 횡공극이 발생했으며 이때 약 2mm로 저속대비 1.5배의 크기가 발생하였다. 하지만 직선 구간에서는 그 값이 매우 미비하여 영향이 적다고 볼 수 있다.



[그림 494]분기 전 직선구간의 속도에 따른 횡 공극

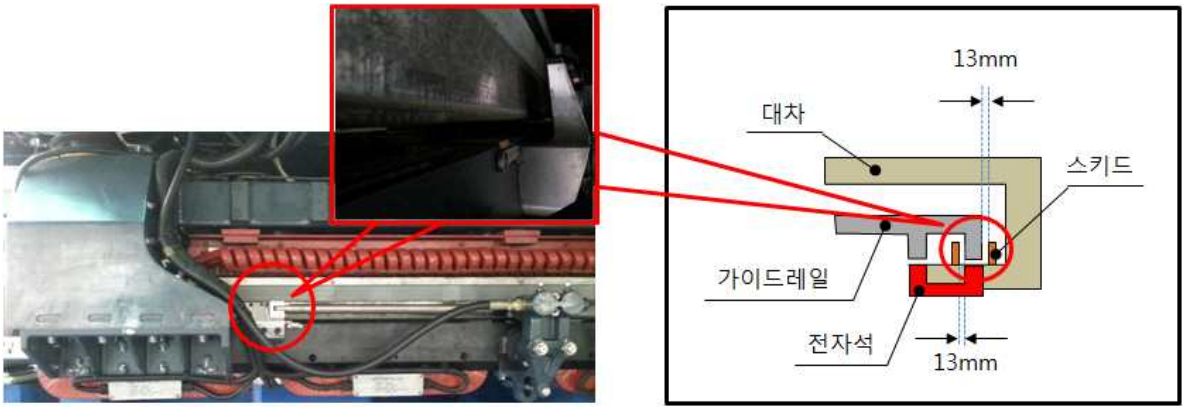
분기 후 곡선 구간의 속도별 횡공극을 측정한 결과 다음 그림과 같이 5~15km/h 까지는 약 10mm의 횡 공극이 측정되었다. 15km/h 이상의 속도에서 급격히 횡공극값이 커지는 것을 확인 할 수 있다. 최고 속도 25km/h에서 약 15.5mm으로 최대 횡공극이 발생하였다. 여기서 측정된 횡 공극값은 정량적인 의미를 부가하기 위하여 횡 스키드 위치로 변환이 필요하다.



[그림 495]분기 전 직선구간의 속도에 따른 횡 공극

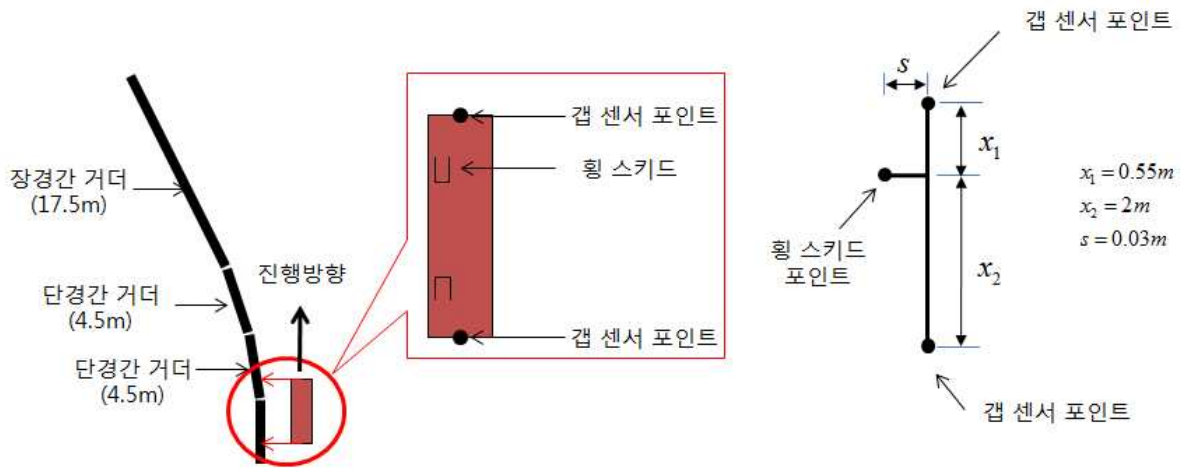
- 자기부상열차의 횡 스키드는 아래와 같이 대차의 사이드에서 레일 사이

에 13mm의 간격을 두고 위치해 있다. 그래서 곡선 주행 시 과도한 속도는 레일과 횡 스키드가 가장먼저 접촉하게 되고 접촉이 발생하고도 충격이 심할 경우 부상 실패의 원인이 될 수 있다. 따라서 횡 스키드와 레일의 접촉 유무 판단이 필요하다



[그림 496]자기부상열차의 횡 스키드

- 자기부상열차의 대차의 한쪽 사이드 프레임은 다음과 같이 기구적으로 표현할 수 있다. 이때 진행 방향을 기준으로 횡 스키드는 x방향 0.55m와 y 방향 0.03m의 거리를 두고 있다.



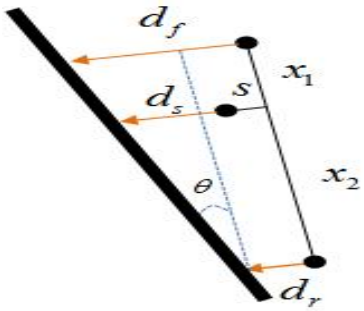
[그림 497]대차 사이드 프레임의 토폴로지

- 위의 토폴로지를 기준으로 식(3),(4)의 기구적 방정식을 유도 할 수 있다. 이 과정에서 대차의 사이드 프레임은 강제로 간주하여 사이드 프레임의 자제 변형은 고려하지 않았다. 그리고 2차원 기구적 조건으로 가정하여 대차(차체)의 Yaw motion만 있음을 가정하고, roll과 pitch는 무시 하였다. 또한 아래 식은 사이드 프레임의 앞 · 뒤의 횡 공극값을 사용하여 변

환했으므로 상대적인 분기기 선형에 대한 고려가 되었다고 볼 수 있다.

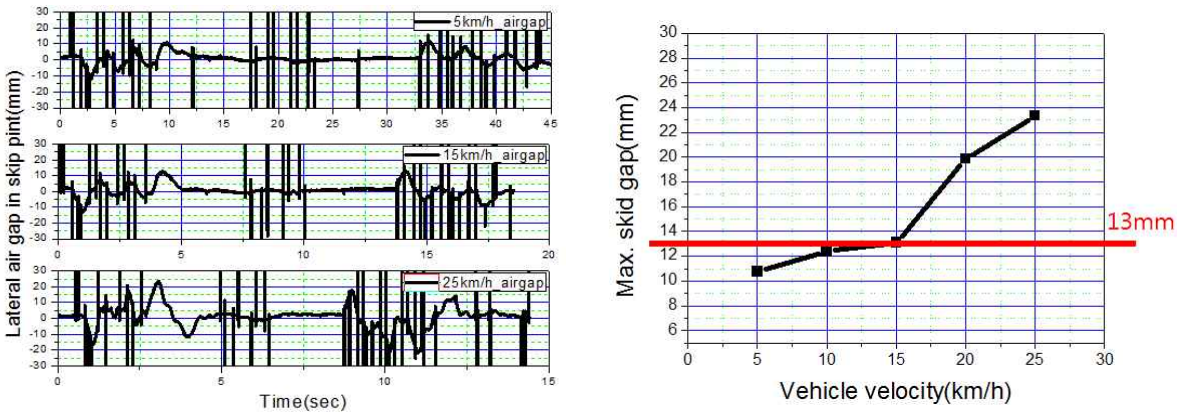
$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{d_f - d_r}{x_1 + x_2}\right) \quad (3)$$

$$d_s = x_2 \tan\theta + (d_r - s) \quad (4)$$



[그림 498]횡 스키드의
기구적 운동 방정식 개념

- 위 과정을 통해 얻은 횡 스키드 위치의 좌표변환 값은아래 그림과 같다. 이 결과를 살펴보면 5~10km/h 속도 까지는 접촉 없이 안정적인 분기기 통과가 예상된다. 그런데 15km/h 이상부터 최대 횡공극 값이 급격하게 증가하는 경향을 보인다. 앞서 보였던 횡공극 변화와 같은 경향이다. 횡 스키드는 앞서 위에서 언급한 바와 같이 레일과 횡 스키드 사이간격이 13mm로 되어있어 변환된 값이 13mm를 넘어가면 접촉가능성이 높다고 판단하였다. 따라서 15km/h 이상에서 스키드 접촉이 발생할 것으로 예상된다.



[그림 499]차량 속도에 따른 횡 스키드 변위

- 횡 공극과 횡스키드의 변환 값을 살펴보면 분기 후 곡선 주행 시 15km/h 이하에서는 문제가 발생하지 않지만, 15km/h이상 주행 시 접촉 등의 문제가 발생할 수 있다. 따라서 15km/h 통과속도가 적당하다고 판단될 수 있지만 앞서 분석한 부상 공극 측면에서는 모든 속도 구간에서 설계기준을 만족하기 때문에 종합적인 판단이 필요하다.

(다) 분기기 통과 최고속도 도출

- 앞 절의 실험 결과를 분석하여 차량 측면에서 안전성을 확보한 분기기 통과의 속도를 도출하였다.

1) 분기기 공진에 따른 안전성 평가

- 분기기 구간에서 분기기/차량의 상호영향, 즉 공진에 따른 부상공극 결과를 분석 한 결과 직선구간에서 최대 60km/h, 곡선구간에서 최대 25km/h까지 부상공극 설계기준(±3mm)을 모두 만족하고 있다.
- 따라서 차량의 부상공극 측면에서 분기기 통과최고 속도는 직선 60km/h, 곡선 25km/h이다

[표 107]분기기 통과시 차량 속도별 부상공극 측정결과

직선구간		곡선 구간	
통과속도	부상공극	통과속도	부상공극
20km/h	±0.4mm	5km/h	±0.25mm
40km/h	±1.15mm	15km/h	±0.55mm
60km/h	±1.75mm	25km/h	±0.65mm

2) 차량 횡공극에 따른 안전성 평가

- 분기기의 곡선구간에서 횡 공극과 횡 가속도를 분석하고, 횡 스키드의 접촉 유무와 승차감등을 종합적으로 분석하였다. 횡 공극은 차량속도 15km/h 이상에서 급격히 증가하고, 횡 스키드가 접촉되는 것을 분석되었다. 분기기 곡선통과 시 속도별 차량 승차감은 최대 속도 25km/h에서 1.52로 도시철도 기준을 만족하고 있다.
- 따라서 차량의 횡 공극 측면에서 분기기 통과 속도는 곡선에서 15km/h

가 적당하다고 판단된다.

[표 108]분기기 곡선 통과 시 횡공극, 횡 스키드 접촉, 승차감 분석

곡선 구간			
통과속도	횡 공극	횡 스키드 접촉 유 · 무	승차감 지수
5km/h	9.5mm	무	0.52
15km/h	10.2mm	유	0.61
25km/h	15.3mm	유	1.52

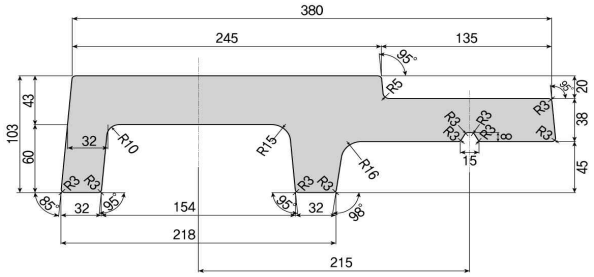
(4) 선로 구조물 최적화 설계기준 제안

(가) 궤도 설계기준(안) 제안

1) 레일

가) 레일의 종류 및 형상

- 자기부상철도에 있어서 레일은 궤도의 상부에 설치되어 차량의 부상, 추진 및 안내와 지지역할을 수행하는 구조물의 일부분으로서 구성요소는 차량의 대차에 취부되어 있는 전자석으로부터 자력을 유도받아 차량의 부상 및 안내역할을 수행하는 부상안내레일(Guide Rail)과 선형유도전동기에서 발생하는 와류에 대한 반발력을 발생시키는 추진도체판(Reaction Plate)로 구성된다.
- 부상안내레일은 강재로 제작되며, 대차에 취부 되어 있는 전자석의 형상이 U자 형상을 하고 있어 전자석의 자기루프를 형성하기 위하여 F자 형상을 이루고 있다. 추진도체판은 차체에 부착된 전자석에 의하여 유도(Induction)되어 리니어모터의 역할이 가능 하도록 알루미늄 재질의 ㄷ자형 레일로서 F자형 부상안내레일 상면에 설치된다.
- 부상안내레일의 형상은 현재 제작되어 운행되는 열차의 전자석 형상을 고려하여 3-1연구과제에서 제시하였으며, 각부의 형상 및 제원은 다음과 같다.

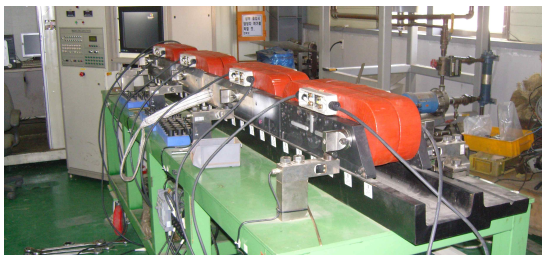


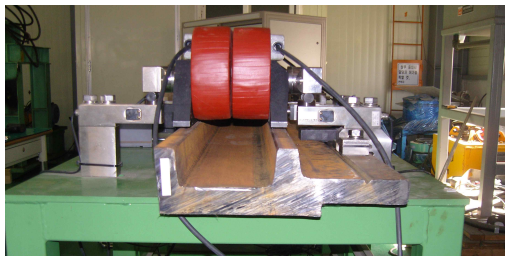
[그림 500]부상안내레일의 형상 및 제원



[그림 501]추진도체판의 형상 및 제원

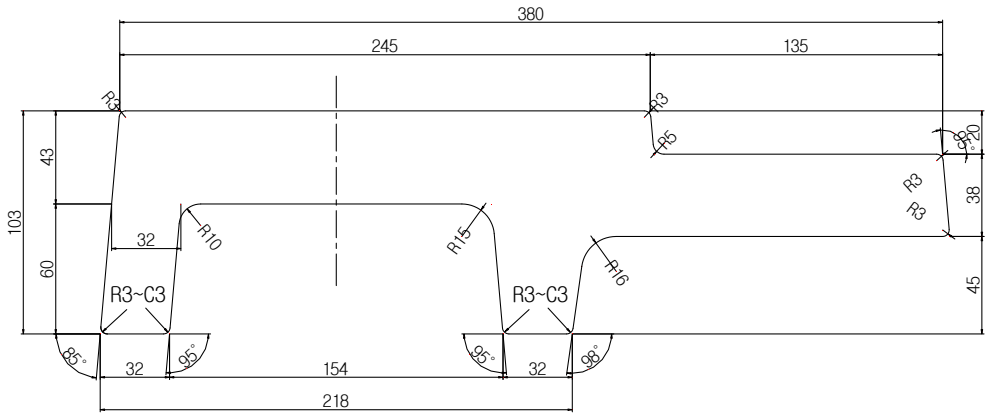
- 인천자기부상열차 시범노선 궤도공사에서 상기의 부상안내레일 형상을 반영하고자 하였으나 레일제작사에서 부상안내레일의 레그 끝단 마무리 형상 및 치수를 R3에 맞추어 제작하는 것이 곤란하고 C3~C4는 가능하다고 하여 레그 끝단형상 R3,C3,C4에 대한 부상력 및 안내력 시험을 실시하였다.





[그림 502]레그 끝단형상 R3,C3,C4에 대한 부상력 및 안내력 시험

- 부상 및 안내력 시험결과에 대한 종합적 검토 결과 형상 및 치수에 (R3~C3) 따른 영향력의 상관관계가 무시할만한 수준이며, C3는 3-1연구과제에서 제안된 R3의 공차범위에 포함할 수 있는 것으로 판단되었다. 따라서 부상안내레일의 레그 끝단 형상과 치수를 당초 R3에서 R3~C3까지 변경 가능토록 하였다.
- 따라서 본 연구에서도 레일제작사의 레일 형상 가공능력을 고려하여 인천자기부상열차 시범노선에 적용된 부상안내레일의 형상과 동일하게 다음과 같이 부상안내레일의 형상을 제시하였다.



[그림 503]부상안내레일 형상 및 제원

- 만약 차량 제작시 전자석의 형상이 U자형이 아닌 다른 형상으로 변경되면 이에 대응하는 형상으로 부상레일이 제작되어야 할 것이다.

나) 레일의 길이

- 자기부상철도에 있어서 레일의 길이는 운반의 편의성, 시공성 등을 감안하여 결정되어야 할 것으로 판단되며 또한 레일의 형상이 일반철도에 비하여 크고 복잡하므로 레일의 제작 및 가공 등을 추가로 고려하여야 할 것이다.

① 부상안내레일 운반성

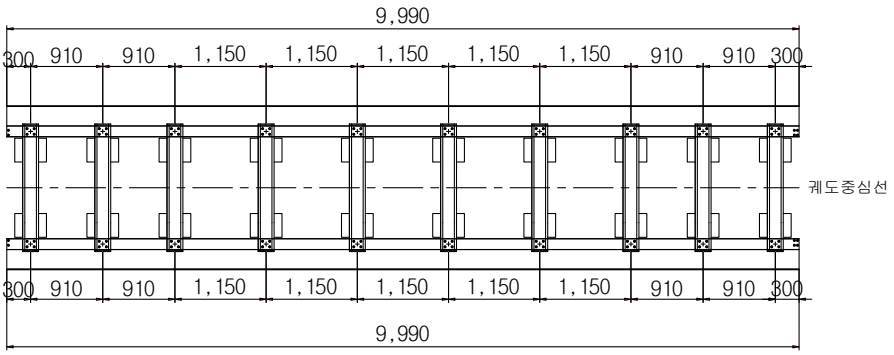
・국내 철도레일의 표준길이는 20m 또는 25m를 적용하고 있으며, 이는 철도 운송이 가능한 점을 고려한 것으로 철도연결이 안되어 육상 운송이 불가피할 경우에는 초장축의 특수 트레일러로 운반하여야 하는 실정이다. 또한 구조물 건설시 사용되는 H빔등 은 육상운송을 고려하여 표준길이를 6~14m로 하고 있으며, 최대 18m까지 생산되고 있다.

・자기부상철도는 경전철의 특성상 도심지 공사를 수반하므로 자재의 육상운송 방안이 절대적일 것으로 판단되며, 초장축의 트레일러로는 복잡한 도심지의 공사 현장까지의 접근성 확보가 곤란할 수 있으므로 부상안내레일의 길이는 자재의 운반성 및 현장 접근성을 고려할 필요가 있다. 따라서 운반성 및 현장접근성 확보를 위하여 부상안내레일 길이는 짧으면 짧을수록 유리하겠지만 레일의 이음부가 발생하는 단점이 있으므로 H형강의 표준길이를 참고하여 약 10m~14m내외의 길이면 부상안내레일의

운반성 확보에는 문제가 없을 것으로 사료된다.

② 시공성

- 일반철도 및 도시철도에서 궤도시공은 레일에 침목 및 체결장치를 체결한 궤광을 시공위치에 거치하고 콘크리트를 타설하거나, 궤광 부설 후 자갈을 살포하는 방식으로 이루어지고 있으며, 자기부상철도도 궤광 조립 후 궤광을 구조물위에 거치한 다음 플린스 콘크리트를 타설하는 방식으로 시공하고 있다. 즉 부상안내레일의 길이가 궤광 길이이다. 만약 거더의 길이가 30m이면 10m궤광 3개의 조합 또는 15m의 궤광 2개의 조합으로 부설될 수 있으며 이는 부상안내레일의 길이가 10m또는 15m 중 하나를 선택해서 적용할 수 있다는 의미이다.
- 시범노선에 적용된 궤광 10m의 형상은 아래와 같으며, 궤광의 구성은 10m레일 2개, 침목 10개로 체결장치 20개로 구성되며, 궤광의 총 중량은 약 4.36ton이다.

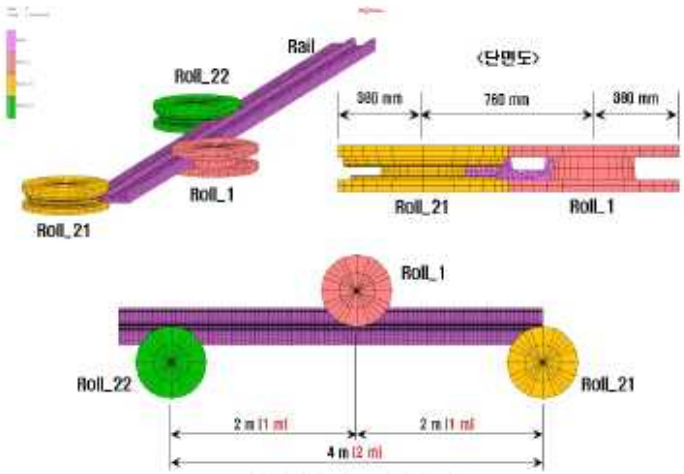


[그림 504]10m 궤광조립 상세

- 시범노선에 적용되지는 않았지만 15m궤광의 구성은 15m레일 2개, 침목 14개로 체결장치 28개로 구성되며, 궤광의 총 중량은 약 6.43ton이다.
- 상기의 내용에서와 같이 궤광길이가 길수록 이음매의 설치개소는 줄어들지만 궤광의 연장 증가 및 중량의 증가로 인한 시공시 궤광 정위치 거치, 인양 중 자중에 의한 궤광의 변형발생 최소화 노력이 증가되는 단점이 있다. 따라서 정밀한 시공을 요하는 자기부상철도에서는 궤광의 길이가 적을수록 시공성은 향상될 것으로 판단된다.

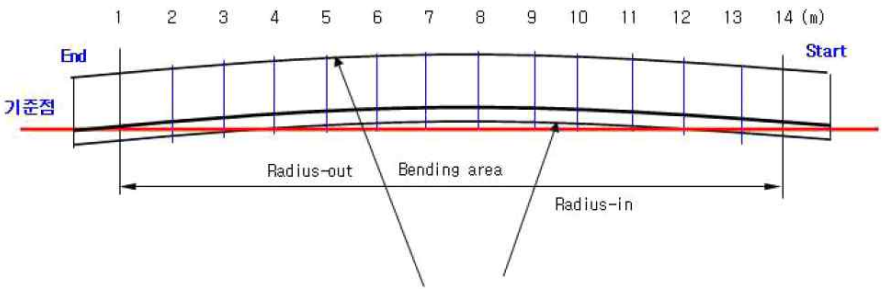
③ 레일제작 및 가공

· 자기부상철도는 원활한 운행을 위하여는 전자석과 부상안내레일과의 인터페이스가 중요하며 특히 곡선부에서는 직선구간에서와 동일한 부상안내레일 단면의 유지가 필요하다.
· 따라서 곡선구간에서 직선단면을 유지하면서 레일을 곡선 가공하는 기술이 필요하며, '도시형자기부상열차 선로구축물 성능개선'연구 3-1 과제에서 다음과 같은 롤벤딩 기술을 제안하였으며, 시험제작을 통하여 그 적용성을 입증하였다. 그리고 시범노선에서 이 롤벤딩을 이용하여 곡선레일을 제작하였으며, 현장 부설되었다.



[그림 505]곡선부 롤벤딩 개요

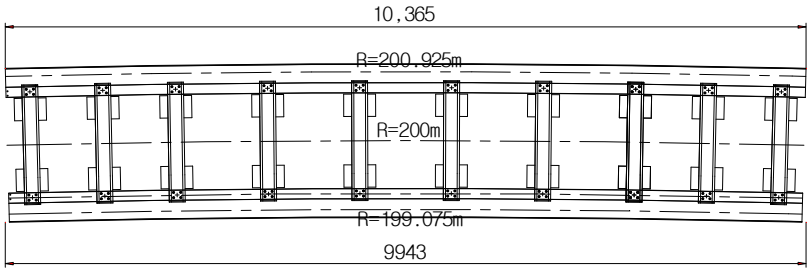
· 상기의 롤벤딩 개요에서 알 수 있듯이 로벤딩은 3점 지지로 곡선의 반경 및 곡률에 맞게 가공을 하므로 레일의 단부 약 0.7m 이내 구간에서는 원하는 곡률로 가공하기 어려운 상황이므로 곡선구간의 레일길이는 약 1.4m가 추가로 필요한 것으로 확인되었다.



[그림 506]곡선부 롤벤딩 시제품 단면치수 측정 위치 및 밴딩 면적

· 또한 기하학적 특성상 곡선부에 설치되는 각각 레일은 곡선반경이 틀리

며, 그 길이도 다르게 된다. 또한 곡선반경이 적으면 적을수록 좌·우 레일의 길이는 더욱더 차이가 난다.



[그림 507]R=200m 인 경우 좌·우 레일 곡선반경 및 길이

· 따라서 곡선구간에서는 곡선반경에 따라 좌·우 레일길이가 서로 다르며, 곡선가공을 위한 추가 소요 레일길이가 필요하므로, 레일길이를 명확히 정의하는 것은 곤란한 것으로 판단된다.

④ 레일길이 제안

· 상기와 같이 부상안내레일의 운반성과 시공성, 레일제작 및 가공에 대하여 검토한 결과 레일의 운반성 향상을 위하여 약 14m이내의 길이가 적정한 것으로 판단되었으며 시공성은 레일길이가 적을수록 유리하고, 곡선부 레일의 제작 및 가공에 대하여 는 본 레일의 길이에 비하여 약 1.4m가 추가로 필요하며, 좌·우 레일의 길이가 달라지는 것을 알 수 있었다.
· 따라서 모든 조건을 만족하는 최대 길이는 12.5m 정도이나 이는 25m경간 구성일 때 적용성이 좋은 경우이며, 20m경간에서는 7.5m의 레일이, 30m경간에서는 5m의 레일이 필요하므로 10m 레일을 적용 하였을 경우와 동일한 이음매 개소가 필요하게 된다.
· 그러므로 레일의 길이는 10m 이상을 표준으로 하여 설계자가 현장여건 및 경간구성, 곡선현황 등을 고려하여 레일 길이를 자유롭게 설정토록 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.
· 또한 추진도체판의 길이는 부상안내레일과 추진도체판의 선팽창계수가 약 2배 인점을 고려하여 5m 이상을 표준으로 하여 부상안내레일과 추진도체판의 상대 변형량을 최소화 하였다.

다) 레일 간격

- 철도에 있어서 레일의 장대화를 시행하지 않는 구간에 대하여는 레일과 레일사이 일정 간격을 유지하고 이음매 판을 체결하여 외기의 온도에 대한 레일의 신장 및 수축에 대하여 처토록 하여 궤도틀림, 레일의 좌굴을 방지하고 있다. 자기부상철도에 있어서 일반철도와 같은 개념의 레일 장대화를 시행하기에는 현실적인 어려움이 많으므로 레일과 레일사이의 유간발생은 필연적이다.
- 따라서 외기의 온도변화에 따른 레일 및 교량의 변형을 고려하여 레일과 레일사이 적정 간격을 확보토록 하여야 하며, 레일의 간격을 적게 확보하면 레일 유간부의 솟음이 발생하고, 레일 간격을 많이 확보하면 부상제어가 곤란하여 열차주행안정을 저해하게 되므로 적정한 레일간격 설정이 중요하다 하겠다.
- 자기부상철도에서 교량상 레일간격 즉 유간 설정은 2가지 경우로 나누어 검토할 수 있는데 하나는 레일 유간이 교량상부구조 중간에 위치하여 레일의 변형만 고려하는 경우, 다른 하나는 레일 유간이 교량상부구조 단부에 위치하여 레일의 변형과 더불어 교량의 변형도 고려해야 하는 경우이다.
- 온도에 의한 레일의 변형 및 교량의 변형량 검토는 레일이 부설되는 시기의 온도와 하절기 최대 또는 동절기 최저 온도와의 차이를 고려하여야 하며 일반철도에서는 레일의 최고온도 및 최저온도를 -20~60℃로 레일이 부설되는 중위온도는 자갈도상의 경우 레일의 축압력에 의한 좌굴의 위험성을 고려하여 중위온도에 +5℃를 보정하여 25℃를 적용하나, 콘크리트도상은 횡저항력 증대로 인하여 좌굴의 위험성이 미약하므로 중위온도를 20℃로 적용하고 있다.

[표 109]도상형식 및 노반형식에 따른 중위 온도(일반철도 기준)

구 분	공 법	자갈도상	콘크리트도상
토공구간	대기 온도법	25℃ ± 3℃	20℃ ± 3℃
	레일 인장법	0℃ ~ 22℃	0℃ ~ 17℃
터널구간	대기 온도법	15℃ ± 5℃	15℃ ± 5℃
	레일 인장법	0℃ ~ 10℃	0℃ ~ 10℃
교량구간	대기 온도법	25℃ ± 3℃	레일 및 교량거더 중위온도에 의해 결정

※ 교량거더의 중위온도는 '콘크리트 교량의 온도변화 범위는 단면의 최소 치수가 700㎜ 이상인 경우, 지역별 평균기온 ±10℃로서 해당지역의 평균 기온이 교량 거더의 중위온도에 해당한다.'라고 "철도설계기준(노반편)"에서 명시하고 있다.

자기부상철도에서도 일반철도와 동일하게 레일의 최고온도 및 최저온도를 -20~60℃로 정하고 레일이 부설되는 중위온도를 20℃로 가정하고, 부상안내레일의 선팽창계수 12×10-6, 추진도체판의 선팽창계수 23.6×10-6을 고려하여 레일 길이별 자유 신축량을 산정하면 다음과 같다.

[표 110]온도차 ±40℃ 일 때 레일의 자유 신축량

부상안내레일		추진도체판	
레일길이	자유 신축량	추진도체판 길이	자유 신축량
10.0m	4.80mm	5.0m	4.72mm
11.0m	5.28mm	5.5m	5.19mm
12.0m	5.76mm	6.0m	5.66mm
13.0m	6.24mm	6.5m	6.14mm
14.0m	6.72mm	7.0m	6.61mm
15.0m	7.20mm	7.5m	7.08mm

· 또한 중위온도의 오차 범위를 ±10℃로 가정하였을 때 레일 길이별 자유 신축량을 산정하면 다음과 같다.

[표 111]온도차 ±50℃ 일 때 레일의 자유 신축량

부상안내레일		추진도체판	
레일길이	자유 신축량	추진도체판 길이	자유 신축량
10.0m	6.00mm	5.0m	5.90mm
11.0m	6.60mm	5.5m	6.49mm
12.0m	7.20mm	6.0m	7.08mm
13.0m	7.80mm	6.5m	7.67mm
14.0m	8.40mm	7.0m	8.26mm
15.0m	9.00mm	7.5m	8.85mm

· 상기의 계산결과는 레일의 자유 신축량 계산이며 실제 레일은 침목에 볼트 체결되어 있으므로 온도에 의한 레일의 변형은 볼트에 의하여 제어되므로 레일의 실제 신축량은 상기의 계산치 보다 적을 것으로 판단된다. 따라서 레일 유간이 교량상부구조 중간에 위치하여 레일의 변형만 고려

하는 경우의 레일 간격은 10mm를 확보하면 온도에 의한 레일변형에 충분히 대처 할 수 있는 것으로 판단된다.

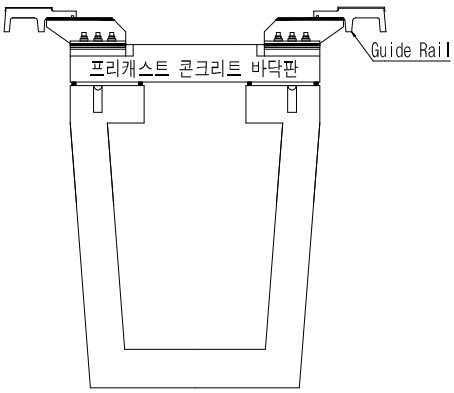
- 다만, 교량단부의 레일 간격은 온도에 따른 교량거동을 감안하여야 하기 때문에 온도에 의한 레일변형 10mm에 교량 신축량을 더하여 레일 간격을 설정하는 것이 타당할 것으로 판단된다.
- 따라서 레일간격에 대한 기준은 온도변화에 따른 레일길이 변화 및 교량거더의 길이 변화를 고려하여 레일 간격을 설정하는 것으로 하였다.

2) 침목

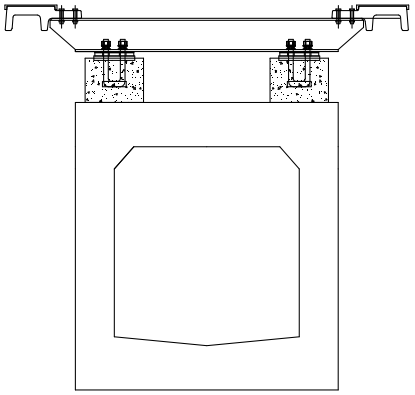
- 일반적으로 철도에서 침목은 레일을 소정위치에 견고히 정착시키고 지지함과 동시에 레일을 통하여 전달되는 열차하중을 넓게 하부구조에 분포시키기 위한 궤도재료로서 차량분야의 '상부궤도 설계 요구조건'에서는 다음사항을 구비토록 요구하고 있다.
  - 침목은 적절한 강도를 갖도록 하여야 한다.
  - 레일을 고정하고 차량 하중을 하부 구조로 전달한다.
  - 레일, 거더 및 추진도체판의 서로 다른 재질의 열 수축/팽창이 고려되어야 한다.
  - 레일의 상/하, 좌우 단차 조정이 충분히 되어야 한다.
  - 침목의 간격과 형상, 제원은 차량의 동특성을 고려하여 설계되어야 한다.

① 침목의 종류

- 앞서 언급한 침목의 구비조건을 고려하여 일본의 자기부상열차 구간이나 국내 국립과학관에 설치된 궤도구조는 모노블럭 형태로서 좌우 레일을 체결하도록 되어 있으며, 도시형자기부상열차 실용화를 위한 연구과제(3-1)에서는 기존 자기부상 궤도시스템에 사용된 횡방향 강재침목을 없애는 대신 브라켓 형태의 트윈블럭 침목을 도입하였다.



[그림 508]Twin-block 침목

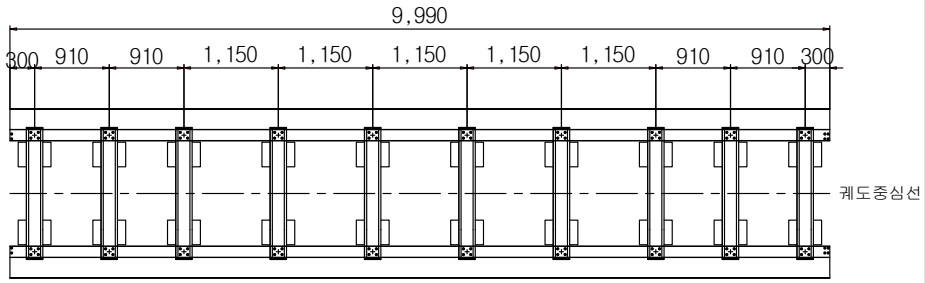
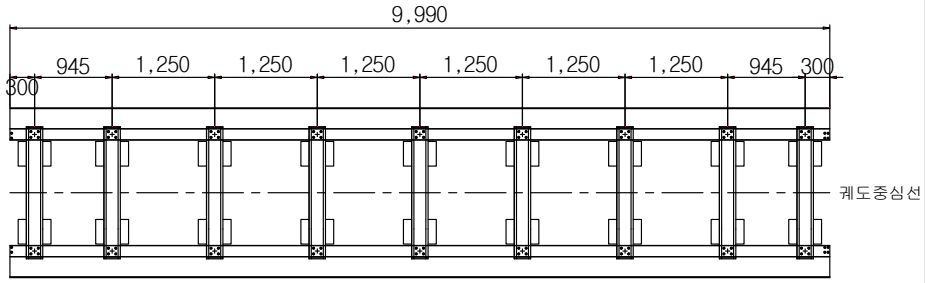


[그림 509]Mono-block 침목

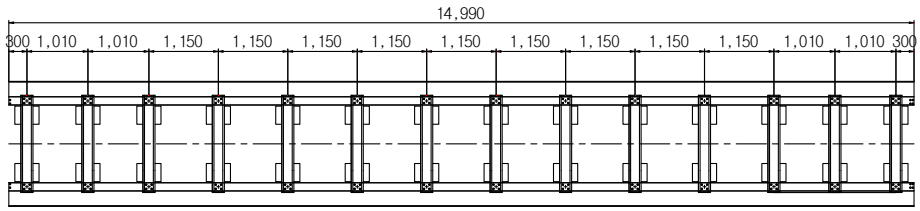
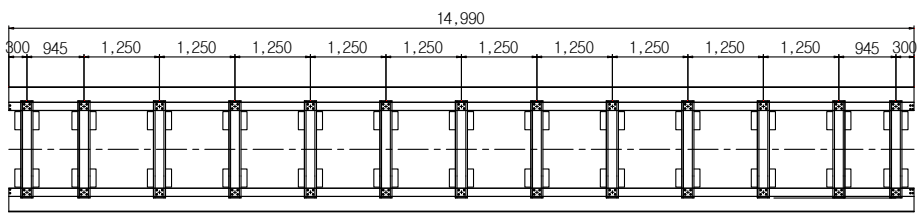
· 또한 인천 자기부상 시범노선에서도 상기의 연구과제를 고려한 Twin-block 침목, 기존 부설사례를 고려한 Mono-block을 적용하여 시험운행중에 있다. 본 설계기준에서도 침목의 종류를 두 가지 종류 중 하나를 선택하는 것이 아니라 이들 침목 모두 적용 가능토록 하여 설계 및 시공자가 노선의 특성, 현장여건 등을 고려하여 폭 넓게 선택 할 수 있도록 하였다.

② 침목 설치 간격

· 침목의 설치 간격은 레일의 처짐과 밀접한 관련이 있으며, 특히 종방향에 대한 회전 처짐은 레일과 전자석의 정렬오차의 원인으로 부상력의 좌우 불균형을 유발할 수 있어 운행 및 승차감에 지대한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 따라서 차량분야의 '상부궤도 설계 요구조건'에서는 레일 처짐이 0.3mm이하가 되도록 요구하고 있으며, 침목 설치간격은 이러한 레일의 처짐량을 제한하도록 1.25m이하로 제시하고 있다. 또한 침목설치 간격이 작을수록 차량의 특성이 양호한 것으로 확인 되었다.
· 자기부상철도의 침목 설치 간격 사례는 일본 리니모의 경우 1.15m 이하, 국내의 기계연구원 시험선 및 과학관의 경우 1.25m로 적용되었다. 차량분야의 설계 요구조건에서 언급되었듯이 침목 설치 간격이 작다는 것은 레일을 지지하는 지지점간 거리가 짧아 처짐 발생량이 적어 차량의 특성이 좋아진다는 의미이며, 이는 동일한 길이의 궤광에 설치되는 침목 개수가 많아져 경제성이 다소 떨어진다는 반대의 의미도 있는 것이다.
· 다음은 침목 설치 간격 사례를 토대로 10m, 15m 궤광의 침목 배치 예이며 여기에서 알 수 있듯이 침목배치 간격에 따라 같은 단위길의 궤광에서 침목의 개수가 약 1개 정도 가감이 되는 것을 알 수 있다.

침목 설치 간격	10m 궤광의 침목배치 예
1.15m (침목개수 10EA)	
1.25m (침목개수 9EA)	

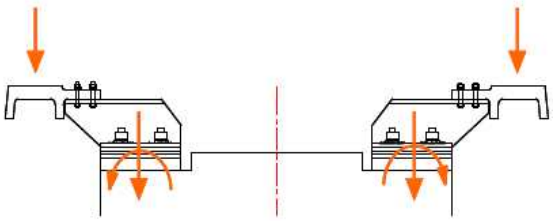
[그림 510]10m 궤광의 침목배치 예

침목 설치 간격	15m 궤광의 침목배치 예
1.15m (침목개수 14EA)	
1.25m (침목개수 13EA)	

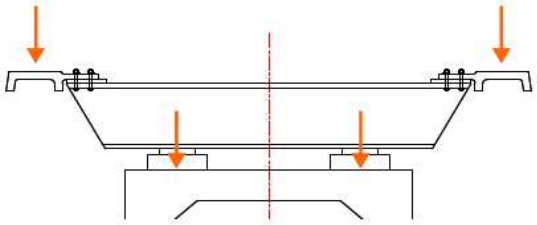
[그림 511]15m 궤광의 침목배치 예

· 침목의 형상 및 종류는 레일의 처짐 기준을 만족시키는 중요 요소 중 하나이며 이는 침목의 간격 결정에 영향을 미친다. 열차하중이 침목을 통하여 구조물로 전달 되는 힘의 양상이 도시형자기부상열차 실용화를 위

한 연구과제(3-1)에서 제시된 트윈블럭 침목과 모노블럭 침목이 다음과 같이 서로 상이하기 때문이다.

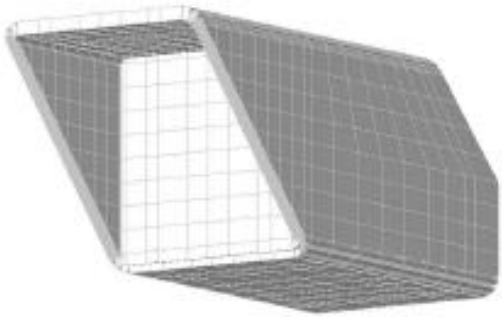


[그림 512]Twin-block 침목 하중전달 양상



[그림 513]Mono-block 침목 하중전달 양상

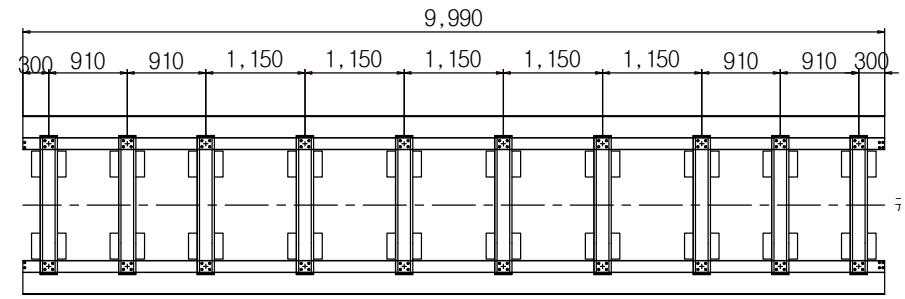
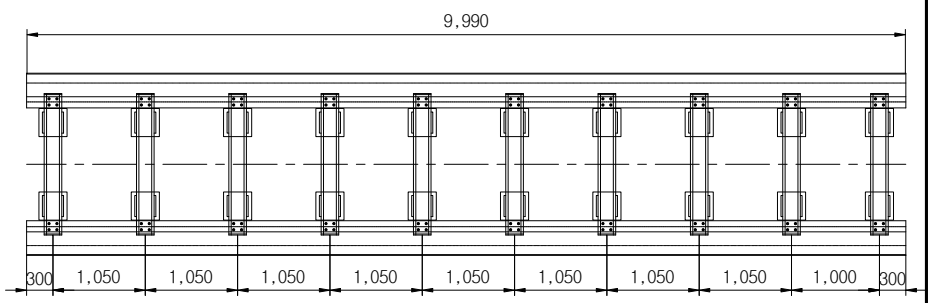
- 위의 그림에서 알 수 있듯이 단침목인 트윈블럭 침목은 모노블럭 침목과 달리 열차하중에 대하여 침목하부에 모멘트가 발생하므로 모노블럭 침목에 비하여 레일의 처짐제어 불리한 조건이므로 모노블럭 침목 대비 침목 설치 간격을 축소하는 것이 안전성 확보에 유리할 것이라 판단된다.
- 또한 트윈블럭 침목 연구과정에서 침목의 응력감소를 목적으로 침목단부에 격벽을 보강하였으며, 격벽 보강의 경우와 보강하지 않았을 경우에 대하여 궤도해석을 시행하였다.



[그림 514]트윈블럭 침목 격벽 보강 형상

- 그 결과 침목 간격 1.15m일 때 격벽을 보강하지 않은 경우는 레일의 처짐이 차량분야의 설계요구 조건인 처짐 기준치 0.3mm를 만족하지 못하였으나, 격벽을 보강한 경우는 레일처짐 기준을 만족하는 것으로 검토되었다.
- 이상의 결과로부터 차량분야의 요구조건인 0.3mm의 레일처짐 기준을 만족하는 침목배치 간격은 침목을 구성하는 강재의 종류, 두께 등 그 형상과 모노블럭 아니면 트윈블럭 등 그 종류 에 따라 많은 변수가 있으며, 같은 길이의 궤광에 같은 침목개수가 들어가도 침목간격은 다음과 같이

충분히 조정 가능하므로 침목의 설치 간격은 차량분야의 '상부궤도 설계 요구 조건'중 레일처짐 기준을 만족하는 간격으로 설치하는 것으로 제안한다. 다만 설계 단계에서 침목의 배치는 아래와 같이 최적 배치가 되도록 노력은 기울여야 할 것으로 판단된다.

침목 설치 간격	10m 궤광의 침목배치 예
1.15m (침목개수 10EA)	
1.05m (침목개수 10EA)	

[그림 515]10m 궤광의 침목배치 예

3) 레일 이음매 및 유간장치

- 일반철도에 있어서 레일길이에는 일정한 한도가 있으므로 이음매가 필요하게 되며, 이음매는 결선부로서 열차통과시 차량의 진동이 발생하고 궤도는 충격을 받아 이완을 촉진시키고 이음매판과 볼트의 절손은 물론 레일이 절손 되는 등 궤도의 최약부로 구조의 개선이 요구되어진다.
- 자기부상철도에서도 일반철도와 마찬가지로 레일과 레일의 접속부를 이음매라고 하며, 궤도의 취약부 이므로 배치나 구조에 여러 가지의 대책이 강구되어져 한다.
- 자기부상철도의 이음매에는 다음과 같은 기능적 역할을 필요로 한다.

・수직력은 물론 횡압에 대하여도 이음매 이외의 부분과 비교하여 같은 정도의 강도와 휨 강성을 가지고 있을 것.

・온도의 변화로 생기는 축력(axial force)에 대하여 충분한 강도 혹은 신

축성을 가질 것.

- 레일 단부에 대하여 서로 간에 상하·좌우의 어긋남, 단차나 요철이 생기지 않을 것.
- 구조가 복잡하지 않고, 값이 싸며, 제작·보수가 용이할 것.
- 교량 상부구조의 거동을 흡수할 수 있어야 하며, 레일의 제작공차 및 길이를 고려하여야 한다.

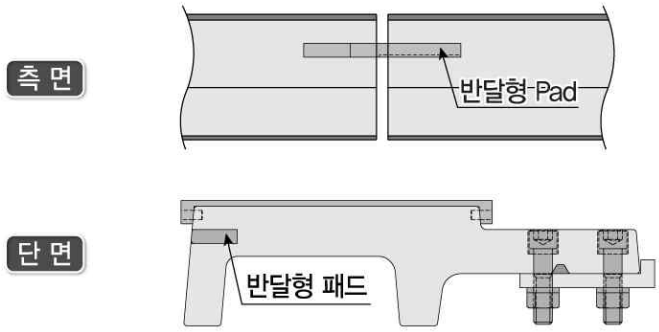
가) 레일 이음매

- 레일의 유간은 레일과 레일 사이의 간격으로 온도변화에 의한 거더의 신축 및 레일의 신축, 차량통과에 의한 거더의 휨, 콘크리트형(PC, RC)의 크리프 및 건조수축의 영향 등으로 레일 유간부의 상·하 단차, 수평단차 등 변형 발생이 야기되므로 이를 최소화하기 위하여 레일 이음매부에 이음매판을 설치토록 하였다.
- 기계연구원 및 과학관에 설치된 레일 이음매는 레일과 레일과의 연결은 이음매 체결용 키를 이용하여 단차조절이 가능토록 하였으며, 레일 상면에는 다음 그림과 같이 접지를 겸한 단차 조절용 체결기구를 체결하였다.



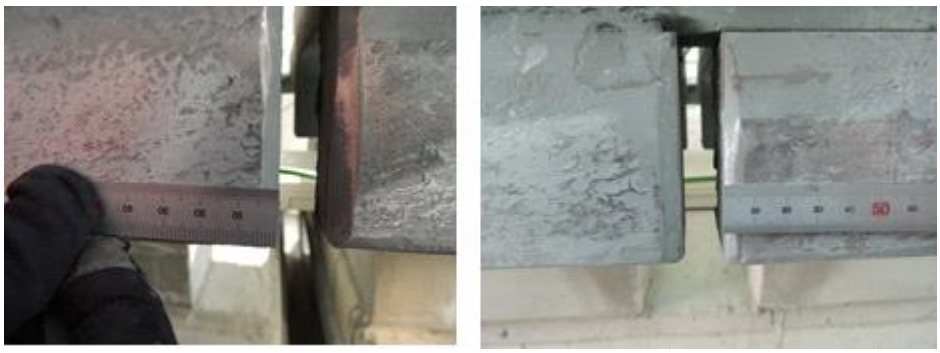
[그림 516]과학관 및 기계연구원에 설치된 레일이음매

- 도시형자기부상열차 실용화를 위한 연구과제(3-1)에서는 레일과 레일의 연결은 이음매 체결용 키(반달형 패드)를 이용하여 단차조절이 가능하도록 하였으며, 내측에는 자기부상열차의 비상활주를 고려하여 레일의 하면에 단차조절용 체결기구를 설치하는 형상으로 레일 이음매를 제시하였다.



[그림 517]인천 시험노선에 설치된 레일 이음매

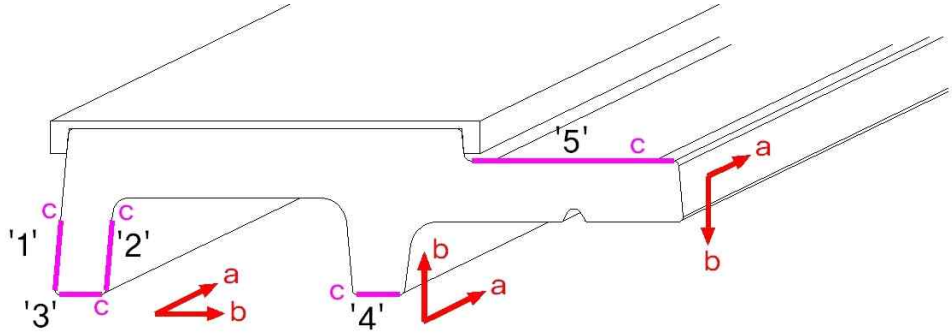
- 인천 시험노선에 설치된 레일 이음매는 3-1연구과제에서 제시한 레일 이음매로서 Lower Holder와 반달형 Pad로 구성되며 상기의 그림과 같이 설치되며, 레일신축에 대한 유간조정능력은 ± 20mm 로 총 40mm의 유간조정능력을 지닌 것으로 설계되었다. 따라서 본 기준에서도 이를 고려하여 레일 이음매의 설치기준을 레일 및 교량 신축량 40mm 이하 구간에 적용토록 하였다.
- 또한 차량분야의 '상부궤도 설계요구 조건'에서는 레일 이음매 부의 레일에 대하여 제동 및 활주시 생기는 충격과 마모를 줄이기 위하여 부상안내레일의 모따기 시행을 요구하고 있으며, 인천자기부상열차 시범노선 예비주행 시험시 레일 이음매부의 단차발생에 따른 이상진동 및 부상실패가 발생하여 모따기를 아래 그림과 같이 시행하였다.



[그림 518]부상안내레일 모따기

- 레일 이음매부의 부상안내레일 모따기 위치와 범위는 다음과 같다.

레일 모따기 위치 및 범위

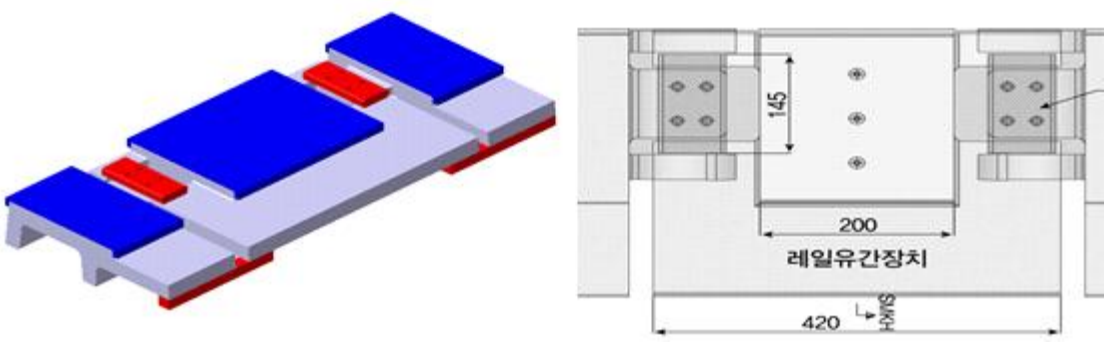


구 분	a방향	b방향	c(연장)
'1'	10mm	3mm	48mm
'2'	7mm	3mm	48mm
'3' , '4'	7mm	3mm	26mm
'5'	7mm	3mm	125mm

[그림 519]레일 모따기 위치 및 범위

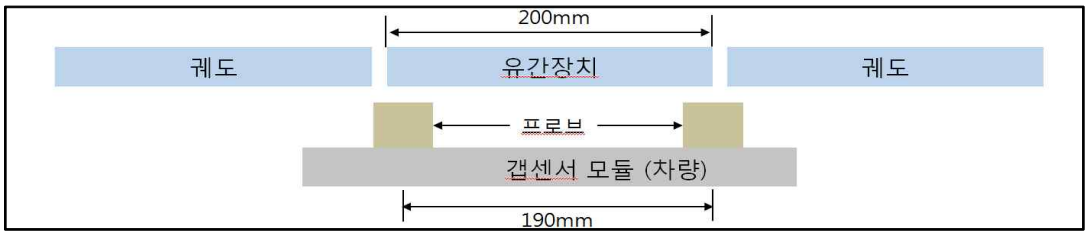
나) 레일 유간장치

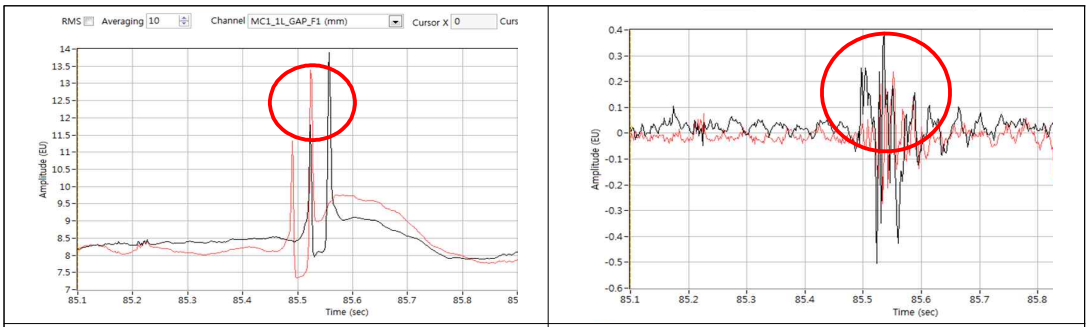
- 앞서 레일 간격에서 언급된 바와 같이 교량단부에서의 레일 이음부는 온도에 의한 교량신축 및 레일신축이 동시에 작용하므로 레일 이음매의 유간조정 가능길이 40mm를 초과하는 개소가 발생할 수 있으며, 이 때에는 레일 이음매로 신축량을 감당하기 어려우므로 이를 보완하고자 레일 유간장치를 설치토록 하였다
- 레일 유간창치의 형상은 일본의 리니모의 형상과 유사하며, 레일 및 교량신축에 대하여 축력이 전달되지 않도록 전체적으로 끼워 맞춤의 형식을 취하고 있으며 내측 폴의 걸림쇠를 통하여 분리를 방지하였다.



[그림 520]레일 유간장치 형상

- 3-1연구과제에서 제시한 레일 유간장치의 형상은 위 그림과 같으며, 레일 유간창치의 신축에 대한 유간조정능력은 ± 40mm 로 총 80mm이고, 유간장치의 폭을 200mm로 설계하였다.
- 그러나 인천 시범노선에서 차량 시험운행 중 갭센서 에서 감지하는 부상공극이 비정상적으로 측정되는 현상이 발생하였으며, 발생사유는 차량 갭센서의 프로브 폭(L=190mm)과 레일 유간장치 폭(L=200mm)이 거의 같아 갭센서 대향면이 확보되지 않았기 때문이다.

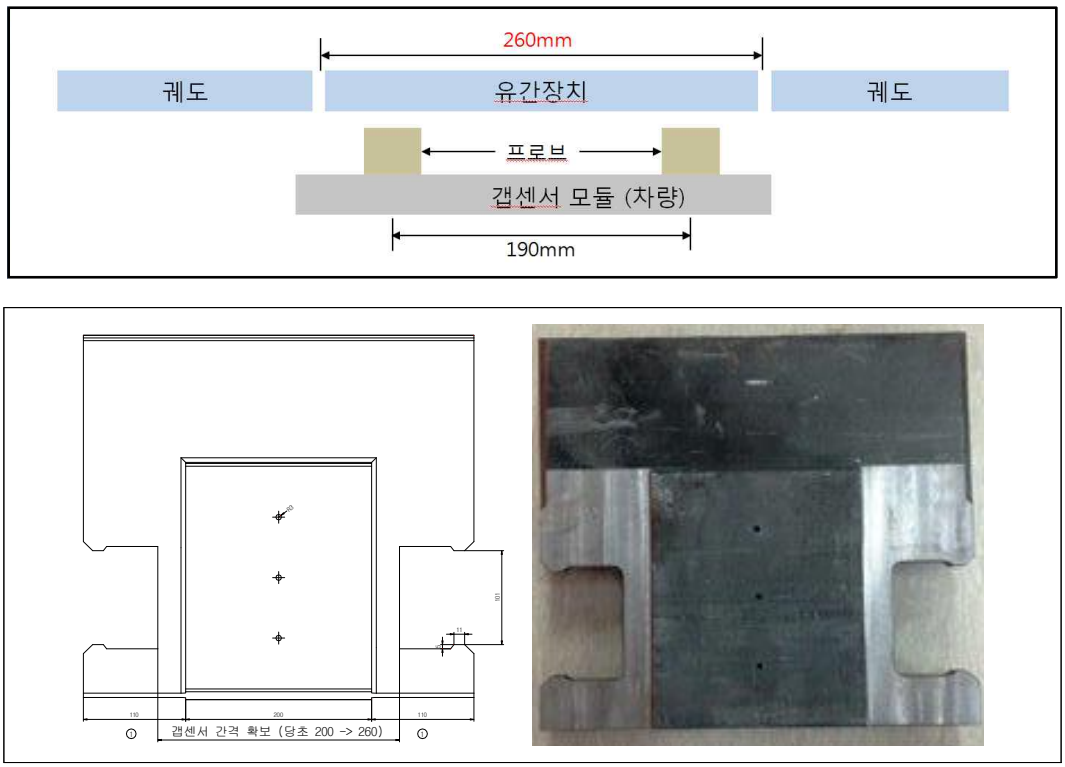




• gap 파형 : gap 센서 프로브 2개가 거의 동시에 레일과 유간장치 양 틈새 통과로 이상 값으로 측정됨	• 가속도 파형 : 8mm 갭 유지를 위하여 대차가 순간적으로 상승

[그림 521]레일 유간장치와 갭센서 상호작용

- 따라서 갭센서 확보 등 상기의 문제를 해결하기 위하여 레일 유간장치의 폭을 기존 200mm에서 260mm로 변경토록 하였다.



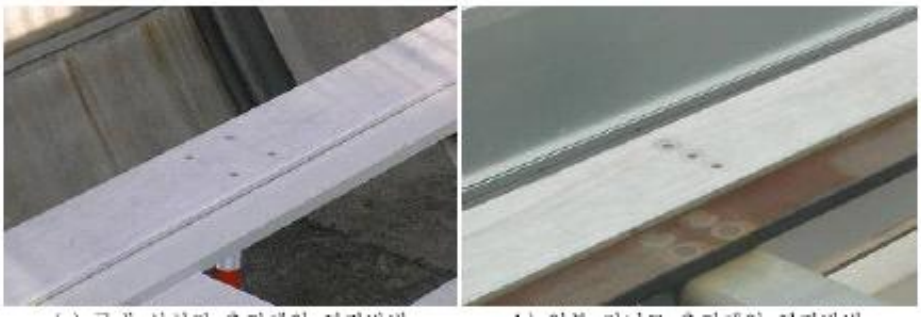
[그림 522]레일 유간장치 중앙부를 당초 200mm에서 260mm로 확대 제작

4) 궤도재료 고정

- 자기부상열차의 궤도구조는 레일, 침목, 체결장치 등으로 구성되며, 각각을 고정하여 궤광을 이루게 된다.
- 궤도재료는 체결장치의 일부를 제외한 나머지는 모두 강재로 구성되어 있어 각각의 궤도재료에 대한 고정방법은 용접이음 또는 볼트이음 형식이 가능하다. 볼트이음형식의 연결은 궤도구조에 작용하는 하중에 대하여 볼트의 인장, 전단력으로 지지 하여 구조적으로 안전성이 확보되며 볼트의 해체 조립이 가능하여 유지관리에 용이하다. 또한 상대적으로 시공성 및 경제성이 양호하다는 장점이 있다. 용접이음 형식은 용접으로 인한 일체성을 확보하므로 응력전달이 용이 하며 단면손실이 없어 내구성이 확보되는 장점이 있는 반면 용접에 따른 유지보수, 시공성, 경제성에 불리한 단점을 가지고 있다.

가) 부상안내레일과 추진도체판의 고정

- 추진도체판은 부상안내레일의 백아이언부에 상면에 취부되며, 기존 국내에 설치된 과학관과 기계연 시험선의 경우 추진도체판을 백아이언부 상면과 볼팅구조로 접합하고 끼워맞춤 형식을 통하여 열팽창에 의한 변형을 흡수하도록 하고 있는 반면에 일본 리니모의 경우 상면과 측면을 볼팅구조로 접합하였다.



[그림 523]과학관, 기계연 시험선 추진도체판 연결방법 일본 리니모

- 추진도체판 연결방법

・3-1연구과제 에서도 추진도체판과 부상안내레일의 고정방식은 일본 리니모와 동일하게 상면과 측면에 볼팅구조로 접합하는 것으로 제안하였으며, 측면에 있어서는 추진도체판의 신축을 고려하여 볼트구멍을 넓게 처리하여 신축에 대처할 수 있도록 하였으며, 이를 인천자기부상열차 시범노선에 적용하였다.



[그림 524]추진도체판 상면 볼팅



[그림 525]추진도체판 측면 볼팅

- 앞서 언급된 바와 같이 부상안내레일과 추진도체판의 선팽창계수가 약 2배 차이가 나며, 그 재질이 SM20C와 알루미늄으로 용접이음은 곤란할 것으로 판단된다. 따라서 3-1연구과제에서 제시한 상면볼팅은 추진도체판의 가운데만 시행하고 측면볼팅은 등간격으로 시행하되 추진도체판의 신축을 고려하여 볼트구멍을 가로방향으로 길게 처리하는 볼트이음 방안이 부상안내레일과 추진도체판의 고정방법으로 적정한 것으로 판단된다.

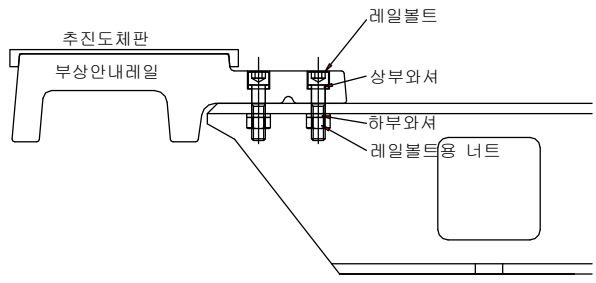
나) 부상안내레일과 침목의 고정

-부상안내레일은 침목상면 위에 고정되어 열차의 하중을 침목으로 전달하며 국내에 기 부설된 과학관의 경우 직선구간에는 부상안내레일과 침목의 용접으로 곡선구간에는 볼트체결로 부상안내레일과 침목을 고정하였다. 일본 리니모 및 인천 자기부상열차 시범노선의 경우 직선 및 곡선구간 모두 볼트체결로 고정하였다.

-이상의 사례에서 보듯이 침목과 부상안내레일과의 고정방법은 용접 또는 볼트체결로 고정할 수 있으나 앞서 레일 이음매부분에서 설명했듯이 현장에서 궤도틀림이 발생하므로 유지보수 측면에서는 볼트체결이 유리한 것으로 판단된다. 또한 볼트체결이 용접이음보다 경제성 및 시공성 측면에서도 우수하기 때문에 부상안내레일과 침목의 고정은 볼트체결 방식으로 정하였다.

-부상안내레일과 침목을 고정하는 볼트는 부상안내레일에 작용하는 열차하중에 의한 인장력, 레일 온도변화에 따른 전단력 등을 복합적으로 받으므로 이에 대한 안전성이 확보되는 규격으로 설계되어야 하며, 이를 바탕으로 인천 자기부상열차 시범노선에 적용된 부상안내레일과 침목을 연결하는 볼트의 규격은 다음과 같다.

[표 112]인천 자기부상열사 시범노선의 레일볼트 규격

체결형상	볼트 규격
	• 레일볼트 : M16 – M45C,아연도금,F10T,8EA(침목1개소) • 레일볼트용 너트 : M16 – SM45C,아연도금,F10,8EA(침목1개소) • 상부/하부 와셔 : 내경16mm / 내경17mm – SM45C,아연도금,F35,8EA(침목1개소)

다) 침목과 구조물과의 고정

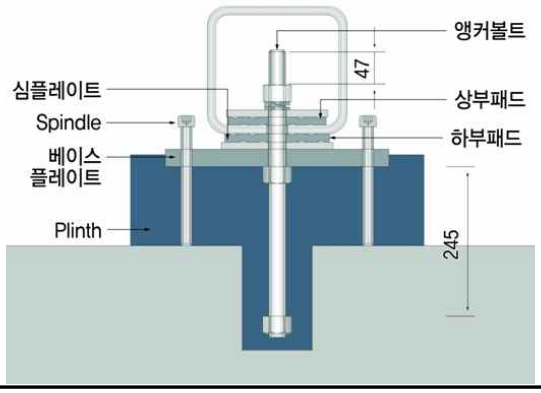
- 침목과 구조물과의 고정은 침목의 종류에 따라 트윈블럭 침목은 교량상판 제작시 기 시공된 앵거볼트에 브라켓베어러를 설치하고 그 위에 침목을 설치하여 볼트체결 함으로써 고정하고, 모노블럭 침목은 침목에 체결

장치를 설치하고 체결장치에 있는 앵커를 구조물과 일체화 하여 침목과 구조물과의 고정을 시행한다.

-즉 침목과 구조물과의 고정은 용접이음형식으로는 고정할 수 없는 상황이므로 레일과 침목 체결과 마찬가지로 볼트체결형식이 고정방법으로는 타당하다 하겠다.

-일반적으로 침목과 구조물과의 연결을 위하여 체결장치를 고안하여 적용을 하는데 자기부상철도의 체결장치 구성은 다음 그림의 인천 자기부상 시범노선의 체결장치와 같이 앵커볼트, 베이스 플레이트, 상하부 패드, 심플레이트 등으로 구성된다.

[표 113]인천 자기부상열차 시범노선구간 체결장치의 구성 및 재료규격

체결장치 구성	각 부의 기능
	• 앵커볼트 : 침목과 구조물과의 연결 • 베이스 플레이트 : 심플레이트 및 기타 체결장치 부속품의 지지 • 심플레이트 : 궤도 정정시 추가 또는 교체되어 높이조정 역할 수행 • 상·하부 패드 : 체결장치에 탄성 부여 및 침목과 체결장치의 미끄럼 예방

- 따라서 구조물과 침목의 고정에 있어서 모노블럭 침목의 체결장치와 같이 탄성재료인 상·하부 패드가 있는 경우 너트의 토크치는 앵커 볼트의 규격에 따른 공칭 조임 토크보다 적은 범위에서 토크가 결정되게 되므로 체결력 산정에 주의할 필요가 있다.
- 적은 토크치로 체결하면 진동에 의한 너트가 풀리지 않더라도 궤도의 이완 현상이 발생하게 되어 차량의 저속주행시 공진소음 발생, 고속주행시 차량의 부상안정성 저하요인으로 작용하고 반대로 너무 과하게 체결하면 플린스 콘크리트의 파손이 우려되기 때문이다.
- 인천 자기부상 시범노선에서도 앵커볼트의 초기 체결력을 80Nm로 하여 시공하였으나 차량의 주행에 따른 안정화 과정인 체결와셔 영구변형, 심플레이트 밀착, 상·하부 패드의 밀착 등으로 적정 체결력이 확보되지 못한 개소가 있어 체결력을 125Nm로 상향하였다. 즉 앵커볼트의 체결력 산정은 체결장치의 구성 및 레일패드의 스프링계수에 크게 좌우되며, 초

기 체결력과 차후 안정화 단계 등을 고려하여 2단계로 체결력을 산정하는 방안으로 침목과 구조물과의 고정이 이루어져야 할 것이다.

(나) 선형 설계기준(안) 제안

1) 설계속도

- 철도설계에 있어서 설계속도는 계획노선에 요구되는 수송수요를 만족하는 열차운영계획을 수립하고, 정거장 위치, 역간거리, 선형 제약조건 등 노선특성을 고려하여 결정된다. 반면에 인천 자기부상열차 시범노선 구간은 수송수요 만족을 위한 목적보다는 자기부상열차의 실용화를 위한 시험선의 목적으로 열차의 최대성능 검증을 위한 110km/h의 속도가 구현되도록 건설되었다.
- 따라서 본 연구의 목적인 자기부상철도의 상용화 및 국내·외 경전철 시장의 진출확대를 위하여는 열차의 최대성능 속도 보다는 노선의 특성과 수송수요에 부합하는 바람직한 설계속도의 산정을 통한 구조물 건설이 이루어 져야 할 것이다.
- 도심지 경전철 계획의 특징은 도심지 지장물 저촉 배제를 위한 선형의 제약, 이용객의 접근성 확보를 위한 약 1km 내외의 역사계획의 필요성, 중전철 대비 상대적으로 짧은 선로연장의 구축 등 이므로 자기부상열차의 최고성능 속도로 구축물을 건설하는 것은 각종 제약 조건들로 인하여 현실적으로 불가능한 것으로 판단된다. 따라서 현재 수송수요를 고려하여 상용 운행중인 타 경전철 시스템의 최고설계속도가 70~80km/h임을 감안하고, 건설비 경쟁력 확보, 선로계획의 용이성 등을 고려하면 도시형 자기부상철도의 최고설계속도는 타 경전철과 동일한 80km/h로 적용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

[표 114]국내 경전철 설계최고속도 및 운행최고속도

구 분	차량시스템	설계최고속도(운행최고속도)
의정부 경전철	고무차륜 AGT	80km/h(60km/h)
용인 경전철	LIM	80km/h
김해 경전철	철제차륜 AGT	80km/h(70km/h)
부산 반송선	고무차륜 AGT	70km/h(60km/h)
대구도시철도 3호선	모노레일	80km/h(70km/h)
인천자기부상 시범노선	자기부상	110km/h(100km/h)

2) 궤 간

- 상부궤도 설계 요구조건에서 궤간을 1,850mm로 정하고 이를 고려한 대차를 제작하였으므로 궤간을 1,850mm로 정하였다. 그러나 향후 차량의 개발 및 해외 도입 등으로 운행 열차의 궤간기준 변경시 그 치수는 차량에 맞도록 조정할 수 있다.

3) 곡선 반경

① 최소 곡선반경

· 최소곡선반경은 최대캔트와 최대부족캔트를 고려하여 속도대역별로 검토한 결과 최소 곡선반경이 도시형 자기부상열차의 열차성능 검토서[2008.01.19]의 속도제한 곡선반경 보다 작으므로 최소 곡선반경은 자기부상열차의 열차성능 검토서[2008.01.19]의 곡선반경별 속도제한 제시 값을 적용토록 하였으며, 도시철도의 일반적인 표정속도 30~40km/h를 감안하여 도시형 자기부상열차의 최소 곡선반경을 60m로 하였다.

[표 115]최대캔트 및 최대부족캔트 고려시 최소곡선반경

속도	최소곡선반경	비고
30km/h	35m	• 캔트공식(θ) $\theta = \tan^{-1}(V^2/127R)$ • 최대 캔트 및 부족캔트 합 $8+3.4=11.4^{\circ}$ • 최소곡선반경 : $R=\frac{V^2}{127\times\tan 11.4}$
40km/h	65m	
50km/h	100m	
60km/h	145m	
70km/h	195m	
80km/h	250m	
90km/h	320m	
100km/h	390m	
110km/h	475m	

[표 116]열차성능 검토서상 곡선반경별 속도제한

곡선반경	속도제한
60m~100m	30km/h
100m~200m	35km/h
200m~300m	40km/h
300m~400m	45km/h
400m~500m	50km/h
500m~600m	60km/h
600m~700m	70km/h
700m~800m	80km/h
800m~900m	90km/h
900m~1,000m	100km/h
1,000m이상	110km/h

② 곡선길이, 곡선사이 직선길이

· 차량이 직선에서 곡선으로 또는 곡선에서 직선으로 주행할 때 그 방향이 급변하여 차량에 동요가 발생하므로 차량의 고유진동주기를 고려한 다음 식으로 산출된 최소 길이를 확보하여 주행차량의 불규칙한 동요를 감소시켜 주어야 한다.

$$L_s = \frac{V \bullet T}{3.6}$$

L_S : 곡선길이 또는 곡선사이 직선길이
V : 열차속도
T : 열차의 수평방향 고유주기

· 다만, 상기의 식에 의하여 계산된 값이 차량1량(12m)길이 보다 적을 경우에는 열차의 주행안정성 확보 및 차량의 동요 최소화를 위하여 차량 1량 길이 이상을 적용토록 하였다.

4) 완화곡선

① 완화곡선의 설치

· 완화곡선의 삽입을 결정하는 인자는 일반적으로 원곡선과 직선이 접속하는 지점에서의 부족캔트 변화량이며, 자기부상열차에서는 부족캔트 시간변화율에 대응하는 불평형 횡방향 가속도의 변화율을 1.0m/sec3으로 정하였으며, 이를 반영한 속도별 부족캔트 변화량 한계값은 아래와 같으며, 부족캔트 변화량 한계값을 고려한 완화곡선설치 최소곡선반경은 다음의 식으로 산정한다.

$$R = \frac{V^2}{127 \times \Delta \tan\theta}$$

여기서 R : 곡선반경(미터)
V : 설계속도(킬로미터/시간)
$\Delta \tan\theta$: 부족캔트 변화량 한계값(°)

[표 117]완화곡선 설치 최소 곡선반경

속도	부족캔트 변화량 한계값		완화곡선 설치 최소곡선반경
30km/h	110mm	3.40°	120m
40km/h	92mm	2.85°	254m
50km/h	74mm	2.29°	493m
60km/h	62mm	1.92°	846m
70km/h	53mm	1.64°	1,348m
80km/h	46mm	1.42°	2,033m
90km/h	41mm	1.27°	2,877m
100km/h	37mm	1.15°	3,923m
110km/h	34mm	1.05°	5,199m

② 완화곡선 길이

· 완화곡선의 길이는 통상 다음의 세 가지 조건을 고려하여 결정된다.
  - 차량의 탈선을 방지하기 위한 안전한도
  - 캔트의 시간변화율을 고려한 승차감 한도
  - 부족캔트에 의해 열차가 받는 초과 원심력의 시간변화율을 고려한 승차감 한도

· 자기부상 열차의 경우 모듈이 레일을 감싸는 구조이므로 탈선의 우려가 없어 캔트와 부족캔트의 시간변화율에 따른 승차감 한도가 완화곡선길이 결정의 중요한 요소로 판단되며, 일반철도의 기준과 동일하게 시간변화율 최대값을 다음과 같이 고려하면 완화곡선 길이는 다음과 같이 계산된다.

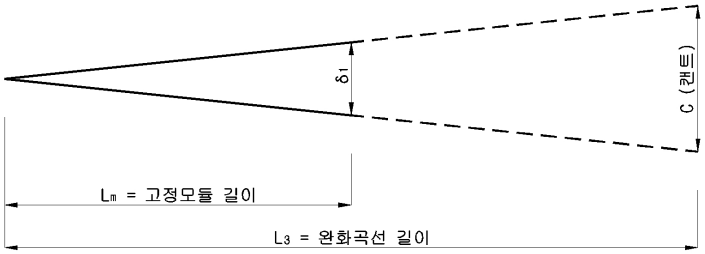
[표 118]캔트 및 부족캔트 변화량의 시간변화율 최대값

부족캔트 변화량 시간변화율 최대값	캔트 변화량 시간변화율 최대값
1.72° /sec	1.45° /sec

$$L_1 = \frac{1}{\tan 1.45^\circ [\frac{3600}{h}]} \times V[1000m/h] \times \tan\theta = 10.97 \times V \times \tan\theta \; [m]$$

$$L_2 = \frac{1}{\tan 1.72^\circ [\frac{3600}{h}]} \times V[1000m/h] \times \tan\theta_d = 9.25 \times V \times \tan\theta_d \; [m]$$

· 또한, 차량구조에서 결정되는 완화곡선의 길이는 1차량 편측에 모듈길이 중 캔트량의 변화가 차량구조에 따른 정수(δ_1) 이하가 되는 캔트의 체감거리를 요구하게 된다.



L_m : 열차의 고정모듈 길이

L_3 : 차량구조에서 결정되는 완화곡선길이 (m)

δ_1 : 모듈내부 스키드와 부상안내레일과의 이격거리

C : 캔트량

· δ_1은 모듈(대차)구조에 의한 정수로 모듈내부 스키드와 부상안내레일과의 이격 거리인 13mm를 고려하고 차량편측 전체모듈 4개중 모듈 2개씩 고정되어 고정대차를 이루므로 고정인 2개 모듈길이(5.4m)를 고려하면,

$L_m : \delta_1 = L_1 : C, \quad L_1 = \frac{L_m}{\delta_1} C = \frac{5.40}{0.013} C \fallingdotseq 410C$ 가 된다.

· 완화곡선 길이는 상기의 3가지 식 중에서 큰 값을 적용하여 모든 조건을 만족토록 하였다.

5) 기울기

① 최급 기울기

· 본선 최급 기울기

-현재 시범노선에서 시험 운행중인 자기부상열차는 70‰ 까지 운행 가능하도록 설계되어(자기부상열차 열차성능 검토서[2008.01.19]에 기울기 등판능력 70‰로 제시)안전측을 고려하여 선로의 최급기울기는 60‰ 이하로 하였다

· 정거장 구내 기울기

-자기부상열차가 승객의 승·하차를 위하여 정거장 구내에서 정차할 때 기계적 제동을 시행하고 있으며, 입출고선 기울기 40‰에서 기계적 제동시험결과 차량의 미끌림이 없는 것으로 확인되었다. 하지만 기계적 제동에 실패하였을 경우 안전성 문제가 있어 정거장 구내의 선로 기울기는 안전측을 고려하여 Level로 하였다.

② 종곡선 반경

· 종곡선 반경은 차량의 구조상 한계와 승차감의 한계로 구분하여 검토하여야 하며, 차량 구조상의 한계는 전자석과 부상안내레일과의 공극(δ_2) 최대 6mm를 고려하고, 1차량의 4개 모듈중 2개 모듈이 고정되어 있으므로 2개 모듈길이(L_m) 5.4m를 고려하면, 종곡선 최소반경은 600m가 된다.

$$\delta_2 = \frac{L_m^2}{8 \times R_V}$$

$$0.006 = \frac{5.4^2}{8 \times R_V} \rightarrow R_V = 607.5m \fallingdotseq 600m$$

· 종곡선구간의 열차속도와 종곡선 반경, 차체의 상하가속도의 관계식은 다음과 같으며, 일반철도에서 적용하고 있는 상하방향가속도(m/sec2)의 추천값 0.22m/sec2를 적용하여 종곡선 반경을 다음과 같이 산정하였다.

$$R_v = \frac{V_{\max}^2}{12.96 a_v} = \frac{1}{12.96 \times 0.22} V_{\max}^2 = 0.35 V_{\max}^2$$

여기서 R_v : 종곡선 반경(m)

$V_{\max}$: 최대운행속도(km/h)

a_v : 차체의 상하방향가속도(m/sec2)

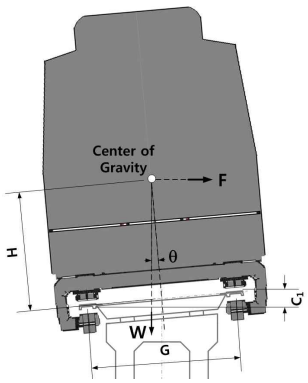
[표 119]최소 종곡선 반경 산정

속도	최소 종곡선 반경 계산결과	최소 종곡선 반경
30km/h	315m	600m
40km/h	560m	600m
50km/h	875m	875m
60km/h	1,260m	1,260m
70km/h	1,715m	1,715m
80km/h	2,240m	2,240m
90km/h	2,835m	2,835m
100km/h	3,500m	3,500m
110km/h	4,235m	4,235m

6) 캔 트

① 캔트 산정식

· 곡선구간을 주행하는 열차의 속도에 따라 캔트와 선로의 곡선반경이 정하여 지며, 곡선구간에 열차속도와 캔트와의 상관관계는 다음과 같다



$$\tan\theta = \frac{F}{W} = \frac{\frac{MV^2}{R}}{Mg} = \frac{V^2}{Rg}$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{V^2}{Rg}\right)$$

$$\theta = \tan^{-1}\left(\frac{1}{127} \times \frac{V^2}{R}\right)$$

② 최대 캔트량

· 최대 캔트량의 산정은 자기부상 열차의 차량구조상 최대 캔트량을 둔 곡선안에서 차량이 정지한 경우 안정되게 착지, 재부상 할 수 있는 범위내에서 산정하여야 하며, 시범노선 자기부상열차의 경우 8°로 규정 하여, 본 기준도 이를 준용하여 최대 캔트를 8.0°로 하였다

· 또한 시범노선 차량의 부상 안내력 실측값과 최대 캔트에 의한 힘을 비교한 결과 최대 캔트시 열차의 안정성에 문제가 없는 것으로 검토 되었다.

(가) 시범노선 차량의 부상 안내력 실측값(F_L)
공차시 F_L=4,868[N/module], 38,944[N/car]
만차시 F_L=6,004[N/module], 48,032[N/car]
(나) 최대 캔트(8°)에 의한 힘(F_C)
공차시 F_C=20,000 X 9.8 X $\sin(8^\circ)$=27,278[N/car]
만차시 F_C=26,500 X 9.8 X $\sin(8^\circ)$=36,143[N/car]

③ 캔트 부족량

· 부족 캔트량이 있는 곡선구간을 열차가 최고속도로 통과하는 경우 초과원심력이 발생하고 이 초과원심력은 승차감을 저해한다. 따라서 승차감이 허용하는 한도 내에 초과원심력(횡방향 가속도)이 발생하도록 제한하여야 하며, 유럽규정에서는 80~120km/h대역에서의 부족캔트에 의한 원심가속도를 표준 0.53, 최대 0.67로 제시하였으며 자기부상열차에서의 부족캔트에 의한 원심가속도를 이 값들의 평균인 0.6m/sec2로 적용하는 것으로 하였다.

$$a_q = \frac{C_d}{189} \leqq a_{q,lim}$$

여기서 a_q : 부족캔트에 의한 원심가속도(m/sec2)

C_d : 부족캔트(mm)

$a_{q,lim}$: 허용 원심가속도(m/sec2)

· 따라서 위식에 0.6m/sec2를 적용하여 계산하면 최대 부족캔트는 113mm이며 이를 궤간을 고려한 각도로 전환하면 약 3.4°이다. 따라서 부족캔트

최대치를 3.4°로 하였다.

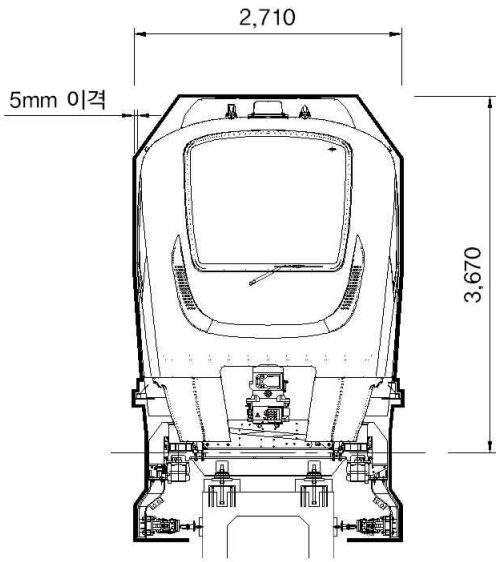
④ 캔트 체감

· 캔트 체감은 완화곡선이 있는 경우 완화곡선 전체 길이에 걸쳐서 체감하며, 완화곡선이 없는 경우는 직선구간에서 완화곡선 길이($10.97\times V\times\tan\theta$, $9.25\times V\times\tan\theta'$, 410C중 큰 값)에 해당하는 길이에 걸쳐 체감토록 하였다.

7) 차량 및 건축한계

가) 차량한계

-도시형 자기부상열차의 차량제작사에서 제시한 차량한계는 차량의 형상에 따라 최대 폭 2,700mm(중앙부) 높이는 레일기준면으로부터 3,625mm이다. 따라서 노반설계에서 적용하는 차량한계는 차량의 최대 치수를 감안하여 2,710mm×3,670mm로 하였다.



[그림 526]차량한계

나) 건축한계

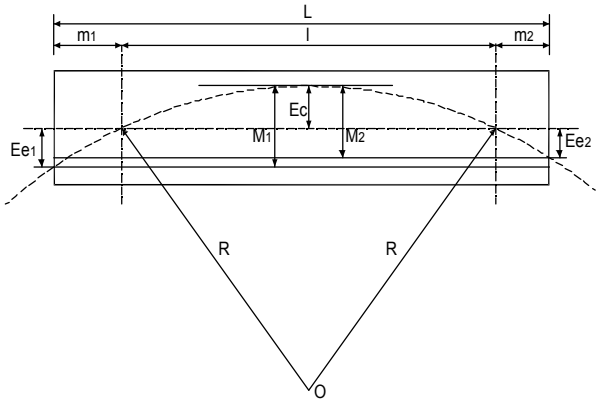
- 건축한계는 최소한 차량제작사에서 제시한 KE(maximum gauge of Kinematic Envelope)내에 시설물의 설치를 배제하여 차량진동에 따른 간섭이 발생하지 않도록 설정하여야 한다. 따라서 차량진동에 따른 변위를 확인하고자 인천 자기부상열차 시범노선에서 차량차체변위 측정을 시행하였으며 그 결과 최악의 조건에서 최대 58mm의 차체변위가 측정되

어 안전율 약 2배에 해당하는 120mm를 차량한계에서 이격하여 건축한계를 2,950mm×3,800mm으로 정하였다.

- 승강장 설치구간의 건축한계는 차량 floor 면의 높이 및 그 구간의 차량한계를 감안하여 차량한계로 부터 승강장 연단까지 50mm 간격을 두어 승강장을 설치하도록 하였다.

다) 건축한계 확폭

- 차량이 곡선을 통과할 때는 궤도에 대하여 양단부는 곡선의 외측에, 중앙부는 곡선의 내측에 편기되므로 다음 그림과 같이 차량이 대차중심 기준으로 비대칭 경우 건축한계의 확대를 고려해야 한다.
  - 여기에서 차량에 적용할 확폭량 식의 계산을 위한 주요치수는 다음과 같다.



- 궤간 (G) : 1,850mm
- 차량의 길이(L) : 12.0m
- 대차중심에서 끝단거리(m_1) : 3.45m
- 대차중심에서 끝단거리(m_2) : 3.15m
- 대차중심간 거리(l) : 5.4m

[곡선에서의 차량편기]

위와 같은 가정에 따라, 내측확폭량(Ec)는

$$E_c = \frac{l_1^2}{8R} = \frac{5{,}400^2}{8R} = \frac{3{,}645}{R} m \fallingdotseq \frac{3{,}650}{R}$$

외측확폭량(Ee)는

$$E_{ec1} = \frac{m_1}{2R}(l + m_1) \fallingdotseq \frac{15{,}300}{R}, \qquad E_{ec2} = \frac{m_1}{2R}(l + m_1) \fallingdotseq \frac{13{,}500}{R}$$

이중 큰 값을 적용하여 $E_{ec} = \frac{15{,}300}{R}$ 으로 하였다.

8) 궤도중심간격

- 궤도 중심간격은 양측의 건축한계를 고려하여 3,000mm이상으로 하였으며 곡선구간에는 양측에 건축한계가 확대되는 점을 고려하여 건축한계의 내측 확폭량과 외측 확폭량을 감안하여 다음과 같이 확대하였다.
- 곡선구간 궤도 중심간격 확폭량 = 직선구간 궤도 중심간격 + Wc(내측 확폭량) + We(외측 확폭량) 이상, 건넘선이 설치되는 구간의 궤도중심간격은 자기부상열차용 분기기의 구조에 따라 결정되는 요소로, 현재 제작 가능한 건넘선 분기기 구조에 따라 6,000mm 이상으로 하였다.

9) 정거장

가) 승강장 폭

- 자기부상 철도가 도시철도임을 감안하여 도시철도 건설규칙에 따라 승강장의 너비는 승강장이 본선과 본선사이에 위치하는 섬식 승강장의 경우 5.0m, 본선의 양옆에 위치하는 상대식 승강장의 경우 3.0m로 축소 가능한 것으로 하였다.

나) 승강장 길이

- 도시형자기부상 열차의 승강장 길이는 1편성 열차가 안전하게 승객을 승, 하차 시킬 수 있으며, 무인운전에 따른 센서의 설치 및 작동범위, 스크린도어 설치 등을 고려하여 편성열차 끝단에 정차여유 0.5m를 추가하여 승강장 길이를 열차 1편성+양측 끝단 0.5m로 하였다.

다) 승강장 연단높이

- 자기부상철도 차량 객실바닥면은 레일상면으로부터 1,000mm이므로 승강장의 높이를 차량객실 바닥의 높이보다 높게 설치하지 않아야 하며 그 차이가 15mm를 초과하지 않도록 하기 위하여 승강장 연단의 높이는 레일상면에서 $1{,}000\,^{+0}_{-15}$mm로 정하였다.

라) 승강장 연단과 차량한계 간격

- 도시형 자기부상열차의 외형에 따라 차량한계가 위치별로 변동되므로,

최대치수 보다는 실제적으로 유효한 floor면의 차량한계를 기준으로 연단까지의 거리를 측정하도록 하였다. 이때 이격거리의 설정은 열차의 승강장 진입시 예상되는 열차의 유동(KE)한계를 넘지 않도록 하여야 한다. 따라서 시범노선에서의 시험결과를 고려하고 도시철도에서 제시되는 승강장 연단까지 거리 50mm를 고려하였을 때 자기부상열차의 승강장 연단까지 거리는 50mm로 충분할 것으로 판단되어 승강장 연단거리를 50mm로 하였다.

(다) 구조물 설계기준(안) 제안

1) 처짐한계

- 교량의 처짐은 충격계수가 고려된 열차하중이 적용되었을 때의 최대 처짐으로 검토되며 다음 값으로 제한하여야 한다.

$$\frac{\delta}{L} \leq \frac{1}{1{,}500}$$

여기서, δ : 교량 거더의 최대 처짐

L : 지간길이(m)

2) 고유 진동수

- 자기부상열차를 지지하는 교량은 차량과 공진이 발생되어 차량의 부상 및 운행 안정성을 저해하지 않도록 설계하여야 한다.

3) 하 중

가) 활하중

- 활하중은 열차하중 및 군집하중으로 한다.

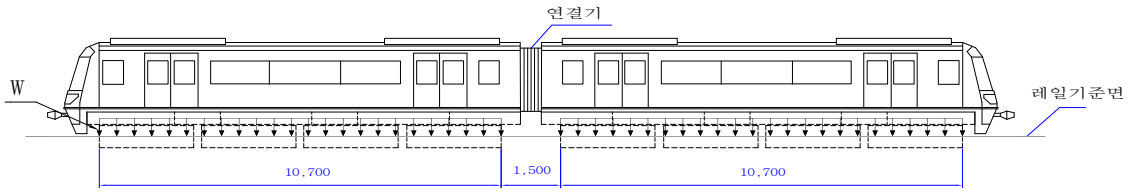
□ 열차하중

・열차하중은 해당 노선에서 정한 1편성의 운행하중으로 하고 부재에 최대 응력이 발생하도록 재하 하여야 한다.

・열차하중은 아래 그림과 같이 1궤도당 등분포하중(W)으로 한다. 이때, 열차하중은 공차하중(W1)과 만차하중(W2)으로 나누며 그 값은 아래 표와 같다

[표 120]하중의 종류 및 등분포하중

하중종류	등분포하중(1궤도당)
공 차	19 kN/m
만 차	28 kN/m
정 원	25 kN/m



[그림 527]자기부상열차의 하중분포

(단위 : mm)

□ 군집하중

- 군집하중은 등분포하중으로 하고 부재에 가장 불리한 응력이 발생하도록 재하 한다.
- 교량의 주거더 설계에 있어서 만약 일반 보행자용 보도시설이 포함되어 있을 경우에는 보도위에 2kN/㎡의 하중을 추가하여 고려하여야 한다.
- 일반 보행자용 보도부를 직접 지지하는 구조에 적용되는 설계에서는 5kN/㎡이 적용되어야 한다.

나) 충격하중

- 충격은 열차하중에 의하여 일어나는 것으로서 충격에 따른 영향은 열차하중에 다음의 표에 주어진 충격계수(i)를 곱한 값으로 한다.

종 별	충격계수(i)
강 거더	0.08
콘크리트 거더	0.05

- 하부구조의 설계에 사용하는 상부구조 반력에는 열차하중에 의한 충격을 고려하지 않아도 된다. 그러나 받침부나 콘크리트 및 강재로 된 기둥형

의 교각 또는 이와 유사한 경량의 구체로 된 하부구조의 구체부분에는 충격을 고려하여야 한다.

다) 원심하중

- 원심하중은 열차하중에 다음 식의 계수를 곱하여 구한다.

$$\frac{V^2}{127R} \leq 0.2$$

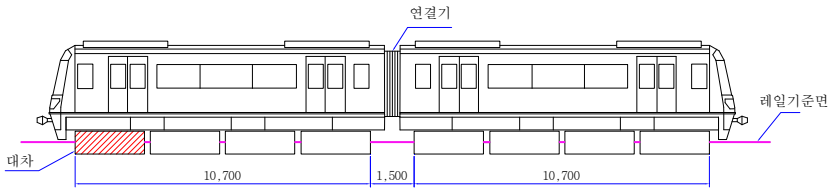
V : 열차속도(km/h)

R : 곡선반경(m)
반경이 일정하지 않은 곡선부에 대해서는 평균값 R을 취한다.

- 원심하중의 작용방향은 차량중심 위치에서 수평방향으로 곡선 바깥쪽으로 작용하도록 하여야 하며, 충격계수를 곱하지 않는다.

라) 차량 횡하중

- 차량 횡하중은 1편성 차량의 인접 2개 차량중 선행차량과 후행차량의 연결기와 인접한 각각의 1대차의 레일기준면 높이에서 다음 그림과 같이 교축에 직각이고 수평으로 작용하는 등분포하중으로 한다.



[그림 528]차량 횡하중

(단위 : mm)

- 궤도당 차량 횡하중의 크기(Q)는 시범노선의 실측결과를 준용하여 열차하중의 20%가 작용하는 것으로 한다.

마) 시·제동 하중

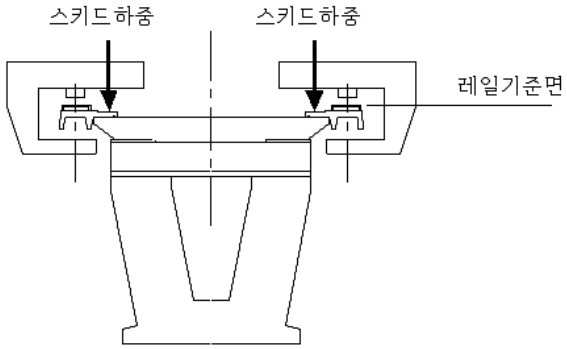
- 시동하중은 차량중심 위치에서 열차하중의 10%가 교축방향으로 작용하

는 것으로 한다.

- 제동하중은 차량중심 위치에서 열차하중의 15%가 교축방향으로 작용하는 것으로 한다.

바) 차량 이상시 하중

- 차량 이상시 하중은 주행 중인 자기부상열차에 갑작스러운 정전이나 차량고장 또는 부상제어에 이상이 발생한 경우에 차량 대차가 레일에 낙하 또는 흡착낙하하거나 전체 스키드로 활주하게 된다. 이 때 스키드가 각각의 레일에 작용하는 하중으로서 스키드 낙하하중 및 스키드 활주하중으로 구분되며, 스키드 하중의 횡방향 작용위치는 아래의 그림과 같다. 다만, 스키드의 지지형식 및 스키드간 거리 등이 변경될 경우에는 이를 고려하여야 한다.



[그림 529]스키드 하중의 횡방향 작용위치

- 스키드 낙하하중은 정상 낙하하중과 최대 낙하하중으로 구분되며 정상 낙하하중은 30kN, 최대 낙하하중은 33kN을 고려한다.
- 스키드 활주하중은 연직방향은 열차하중에 충격계수를 고려하고, 교축직각방향은 열차하중에 횡하중계수를 고려하며, 교축방향은 열차하중에 마찰계수를 고려하여 하중을 산정토록 하였다.

(라) 설계기준(안) 최적화를 통한 경제성 검토

1) 검토목적

- 본 연구과업의 주요 목표중 하나는 도시형 자기부상철도의 선로, 궤도, 구조물 설계기준에 대한 최적화를 통해 자기부상철도 건설 총사업비의 60~70%를 차지하는 선로구조물의 경제성, 안전성, 환경친화성 및 미관성을 향상시키는 것에 있다.
- 인천공항 자기부상철도 시범노선은 열차의 최대성능 검증의 목적을 포함한 국내 최초의 자기부상철도 건설사업으로 설계시 최적화된 설계기준의 부재와 차량분야에서 제시한 엄격한 상부궤도 설계조건을 만족시키고자 건설과정에서 속도 90km/h 미만 구간의 경우 상부거더 처짐비를 L/2,000로, 속도 90km/h ~110km/h 구간의 상부거더 처짐비는 L/3,000로 적용하여 설계 및 시공되었다. 따라서 아래의 표에서 검토된 바와 같이 선로구조물 최적화 설계를 통한 타 경전철 시스템에 비하여 인천 시범노선구간 자기부상철도의 경제성 확보는 다소 어려웠던 것으로 판단된다.

[표 121]경전철 시스템별 건설비 비교

구 분	차량 시스템	연장 (km)	총건설비 (억원)	km당 공사비(억원)		비고
				제안당시 불변가격	2009년 기준 환산	
부산~김해 경전철	철제차륜 AGT	23.9	6,499	271.9	474.5	2000년 협상가
용인 경전철	LIM	18.1	6,300	348.1	551.7	2002년 협상가
의정부 경전철	고무차륜 AGT	11.1	3,427	308.7	416.1	2004년 사업승인가
대구 3호선	모노레일	23.9	9,894	398.5	414.0	2008년 대안설계가
인천 자기부상 시범노선	자기부상	6.1	2,584	-	422.8	2009년 대안설계가

- 상기의 표는 '자기부상철도 토목설계기준 보완 및 기술조사 연구용역'에서 검토되었던 것으로 인천 자기부상철도 시범노선의 대안설계완료 당시인 2009년을 기준으로 나머지 경전철 시스템의 km당 공사비를 환산한

것이며, 앞서 언급한 바와 같이 인천 시범노선구간의 경제성부분이 타 시스템에 비하여 비교우위에 있지 않음을 알 수 있다.

- 따라서, 본 연구의 목적인 자기부상철도의 상용화 및 국내·외 경전철 시장의 진출확대를 위하여는 타 경전철 시스템 보다 경제성이 확보되어야 할 것으로 판단되므로 인천 자기부상열차 시범노선구간의 각종 성능확인시험 및 기술적 검토를 통하여 최적화 설계기준안(설계기준 완화)을 제시하고, 이 설계기준안에 따른 건설비 절감효과를 분석하여 타 경전철 시스템 대비 경제성 확보가 가능한지 여부에 대하여 검토하였다.

2) 최적화 설계기준(안) 적용시 건설비 절감효과

- 최적화 설계기준(안) 적용시의 건설비 절감효과는 정량적 및 정성적으로 구분하여 검토하고자 하였다.

가) 정성적 검토

- 연구를 통해 제시된 선로, 궤도, 구조물 설계기준(안)을 적용한 경제성 검토를 수행함에 있어 가장 바람직한 검토는 현재 건설된 인천공항 시범노선과 동일한 노반 및 선형조건으로 구조물 및 궤도 설계를 재수행하는 것이다. 그러나 본 연구과업 기간과 과업규모를 고려할 때 이러한 재설계를 수행하는 것은 현실적으로 어려움이 있으므로 본 장에서는 설계기준 완화를 통해 기대될 수 있는 정성적 건설비 절감항목을 최적화 설계기준(안) 내에서 선정하였으며, 주요 검토내용은 다음과 같다.

① 설계속도

·인천공항 시범노선의 경우 열차성능(2008.01.19)에 의하여 설계시 설계속도를 차량의 최대 능력인 110km/h를 적용하였다. 그러나 국내 경전철의 최고설계속도 및 표정속도를 감안하고 도심지 경전철 특성상 역간 거리가 1km 내·외인 점을 고려할 때 최적설계속도는 80km/h가 적정하다 판단된다. 또한 철도사업의 특성상 설계속도의 크기에 따라 구조물 및 선형조건이 크게 영향을 받으므로 설계속도를 완화하면 선형제약 사항이 줄어들 것이며 이에 따라 구조물 건설비 절감효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

② 종곡선 반경

· 종곡선 반경의 기존 설계기준은 R=3,000이상(부득이한 경우 R=1,500이상) 이었으나, 변경된 설계기준의 경우는 설계속도에 따라 탄력적으로 적용이 가능하다. 따라서 이로 인한 구조물 건설비 절감효과를 기대할 수 있을 것이다.

③ 차량한계 및 건축한계

· 차량한계 및 건축한계 축소에 따른 정거장 구조물 슬림화가 가능할 것이며, 일본 리니모와 같이 일부구간 지하통과가 발생할 경우는 지하구조물 단면축소를 통하여 건설비 절감효과를 기대할 수 있다.

④ 궤도 중심간격

· 현행 설계기준은 중앙대피로를 고려한 궤도 중심간격이므로 중앙대피로 미설치 구간의 경우도 현행 궤도 중심간격을 준용하는 것은 타당하지 않은 것으로 판단된다. 건축한계 축소 및 대피로 폭을 배제한 선로 중심간격 기준을 수립함으로써 향후 건설될 자기부상철도의 구조물 규모 축소가 가능케 할 수 있을 것으로 판단되며, 이에 따른 건설비 절감효과는 충분할 것으로 판단된다.

⑤ 승강장 폭

· 인천 자기부상열차 시범노선 구간의 정거장 구내 상대식 및 섬식 승강장의 폭이 과대하게 건설된 경향이 있으므로 승강장 폭을 섬식 5.0m, 상대식 3.0m로 적용할 경우 정거장 규모 축소를 통한 건설비 절감이 가능할 것으로 판단된다.

⑥ 승강장 길이

· 인천 자기부상열차 시범노선 구간의 평균 승강장 적용길이는 약 45m로 연구를 통해 제시한 설계기준을 준용하여 차량 편성길이(25m)+양측 0.5m로 반영시 승강장 길이 축소를 통한 정거장 규모 축소가 가능할 것으로 판단된다.

⑦ 하 중

· 거더 처짐비 축소에 따른 상부 고정하중 감소에 따라 지반 조건 및 현장여건에 따라 하부 구조물의 축소가 가능하여 전체 3~5%의 구조물 건설비 절감이 예상된다.

나) 정량적 검토

- 자기부상 철도의 건설비에서 가장 큰 비중을 차지하는 것은 노반 및 궤도 구조물 건설비 이므로 최적화 설계기준(안) 준용시의 궤도 및 노반구조물의 건설비 절감효과를 분석하였다. 궤도의 경우 궤도재료 중 가장 고가인 부상 및 추진레일에 대하여, 노반구조물의 경우는 건설비 비중이 가장 큰 상부거더 공사비에 대하여 절감효과를 분석하였다.

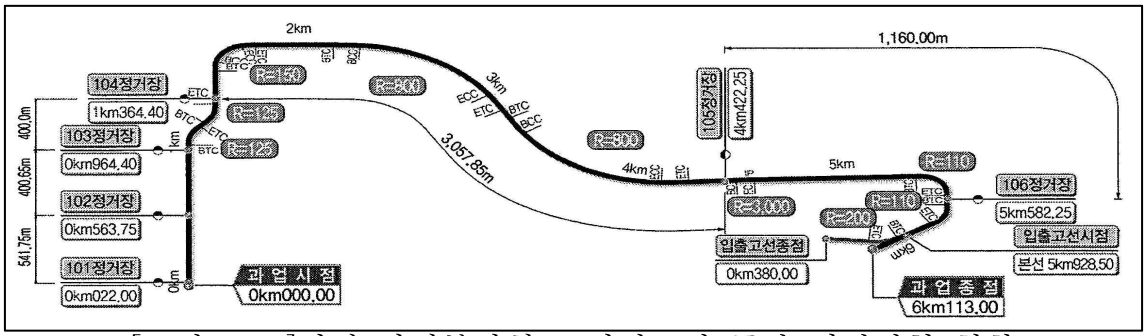
① 건설비 산출조건

· 비용절감효과의 명확한 분석을 위해서는 제안된 설계기준(안)을 적용하여 인천 자기부상열차 시범노선을 대상으로 궤도, 노반설계를 재수행하여 건설비를 비교하는 것이지만 연구기간 및 규모를 고려할 때 현실적인 한계가 있어 궤도분야는 궤도재료 중 가장 고가인 레일의 재료비에 대하여, 노반분야는 상부 거더의 공사비를 정량적으로 검토하였다.

② 곡선반경 및 완화곡선 길이 기준 완화에 대한 레일 재료비 절감효과

· 곡선부에 설치되는 자기부상 철도의 부상안내레일은 곡선제원에 맞추어 곡선가공을 시행하여야 하므로 직선구간 대비 가공비가 추가된다. 즉, 곡선부 최소화는 궤도 시공비의 절감과 직결된다. 따라서 완화된 설계속도 및 선형설계기준을 기존 인천 자기부상열차 시범노선구간에 적용하여 현재 대비 평면선형의 곡선 및 직선 길이 증감을 검토하여 레일의 재료비 절감효과를 분석하였다.

Ⓐ 인천 자기부상철도 평면선형



[그림 530]인천 자기부상철도 시범노선 구간 평면선형 현황

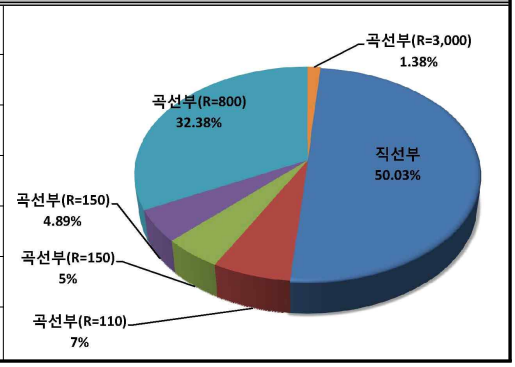
Ⓑ 인천 자기부상철도 곡선현황 (설계속도 110km/h)

[표 122]기 시공된 인천 자기부상철도 곡선현황

IP.No	곡선반경(R) (m)	설정캔트(C) (mm)	설계속도(V) (km/h)	완화곡선 (m)	원곡선 (m)
IP.1	125	80	30	56	
IP.2	125	80	30	56	
IP.3	150	90	35	63	
IP.4	800	110	90	126	
IP.5	800	110	90	126	
IP.6	3,000	10	110		85
IP.7	110	80	30	56	
IP.8	110	80	30	56	
[합 계]				539	85

Ⓒ 인천 자기부상철도 직·곡선 비율 (설계속도 110km/h)

[표 123]기 시공된 인천 자기부상철도의 직선 및 곡선 비율

구 분		개 소	연 장(m)	비 율(%)	
직선		-	3,058.06	50.03	
곡선	R=110m	2	396.17	6.48	
	R=125m	2	296.15	4.84	
	R=150m	1	298.66	4.89	
	R=800m	2	1,979.60	32.38	
	R=3,000m	1	84.36	1.38	
계		8	6,113.00	100.00	

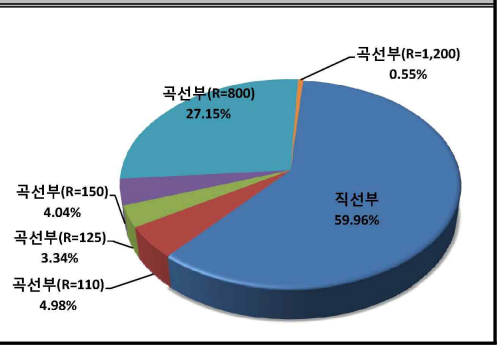
Ⓓ 제안된 설계기준에 적용시 곡선 변경현황 (설계속도 80km/h)

[표 124]제안된 설계기준 적용시 인천 자기부상철도 구간의 곡선변경 현황

IP.No	곡선반경(R) (m)	설정캔트(C) (mm)	설계속도(V) (km/h)	완화곡선 (m)	원곡선 (m)
IP.1	125	80	30	33	
IP.2	125	80	30	33	
IP.3	150	90	35	37	
IP.4	800	110	80	46	
IP.5	800	110	80	46	
IP.6	1,200	10	80		34
IP.7	110	80	30	33	
IP.8	110	80	30	33	
[합 계]				261	34

Ⓔ 제안된 설계기준 적용시 직·곡선 비율 (설계속도 80km/h)

[표 125]제안된 설계기준 적용시 인천 자기부상철도 구간의 변경된 직·곡선 비율

구 분		개 소	연 장(m)	비 율(%)	
직선		-	3,665.06	59.96	
곡선	R=110m	2	304.17	4.98	
	R=125m	2	204.15	3.34	
	R=150m	1	246.66	4.04	
	R=800m	2	1,659.60	27.15	
	R=1,200m	1	33.36	0.55	
계		8	6,113.00	100.00	

Ⓕ 곡선연장 비교

[표 126]당초 및 제안된 설계기준 적용시 곡선연장 비교

IP.No	당초(기시공)		변경(제시된 기준 적용)		증 감	
	완화곡선	원곡선	완화곡선	원곡선	완화곡선	원곡선
IP.1	56		33		23	
IP.2	56		33		23	
IP.3	63		37		26	
IP.4	126		46		80	
IP.5	126		46		80	
IP.6		85		34		51
IP.7	56		33		23	
IP.8	56		33		23	
계	539	85	261	34	278	51

Ⓖ 인천 자기부상철도 시범노선 레일 공사비

[표 127]인천 자기부상철도 시범노선 부상안내레일 및 추진도체판 공사비

구 분		단 위	수 량	단 가	금 액	비 고
추 진 도체판	직 선	m	3,058.06	29,000	88,683,740	
	원곡선		1,976.94	43,000	85,008,420	
	완화곡선		1,078.00	84,000	90,552,000	
부 상 안내레일	직 선	m	3,058.06	285,300	872,464,518	
	원곡선		1,976.94	373,300	737,991,702	
	완화곡선		1,078.00	453,300	488,657,400	
계			6,113.00		2,363,357,780	

Ⓗ 제안된 설계기준(안) 적용시 레일 공사비

[표 128]설계기준(안) 적용시 부상레일 및 추진도체판 공사비

구 분		단 위	수 량	단 가	금 액	비 고
추 진 도체판	직 선	m	3,665.06	29,000	106,286,740	
	원곡선		1,925.94	43,000	82,815,420	
	완화곡선		522.00	84,000	43,848,000	
부 상 안내레일	직 선	m	3,665.06	285,300	1,045,641,618	
	원곡선		1,925.94	373,300	718,853,402	
	완화곡선		522.00	453,300	236,622,600	
계			6,113.00		2,234,167,780	

Ⓘ 공사비 비교 검토

[표 129]부상레일 및 추진도체판 공사비 비교 결과

구 분		단 위	당 초	변 경	증 감	비 고
추 진 도체판	직 선	m	88,683,740	106,286,740	17,603,000	
	원곡선		85,008,420	82,815,420	△2,193,000	
	완화곡선		90,552,000	43,848,000	△46,704,000	
부 상 안내레일	직 선	m	872,464,518	1,045,641,618	173,177,100	
	원곡선		737,991,702	718,853,402	△19,038,300	
	완화곡선		488,657,400	236,622,600	△252,034,800	
계			2,363,357,780	2,234,167,780	△129,190,000	·

Ⓙ 검토결과

· 인천 자기부상열차 시범노선 궤도분야 총공사비 318.57억원(직접공사비) 중 제시된 설계기준(안)을 적용시 궤도분야 주재료인 추진레일 및 부상레일 곡가공 비용 축소로 약 0.4%(1.29억원)의 건설비 절감이 가능한 것으로 검토되었다.

3) 거더 처짐비 축소에 따른 교량 거더 건설비 절감 효과

- 인천 자기부상열차 시범노선은 차량분야에서 제시한 엄격한 상부궤도 설계조건을 만족시키고자 속도 90km/h 미만 구간의 경우 상부거더 처짐비를 L/2,000로, 속도 90km/h~110km/h구간의 상부거더 처짐비는 L/3,000로

적용하여 건설되었다. 따라서 경제성 부분에서 타 경전철 시스템과의 비교우위를 점하기 위하여 시범노선에 적용된 과다한 구조물 규모를 슬림화 할 필요성이 대두되었으며 이에 시험시공 및 성능평가를 수행하여 거더 처짐비에 대한 기준을 설계속도를 고려 L/1,500로 제시하였다.

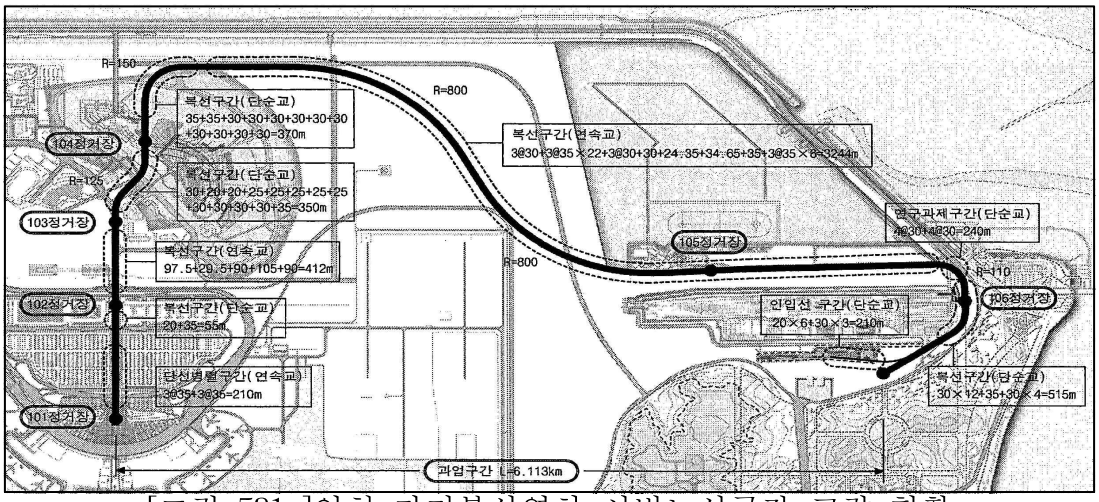
- 제안된 설계기준에 대한 건설비 절감 효과 검토는 지간장 25m, 거더 처짐비 L/1,500로 기계연에 시험 시공한 시험체와 인천 자기부상열차 시범노선 상부구조 중 시험체와 동일한 지간장 25m의 단면(설계속도 90km/h 미만, 거더 처짐비 L/2,000)에 대하여 거더 시공비를 비교 검토하였다.
- 상부구조 변경에 대한 하부형식의 공사비 영향은 지반조건, 교량 경간장 등 건설현장과 교량특성에 따라 과업별 절감액이 변하는 부분이므로 인천 시범노선의 경우와 같이 일부 현장에서의 사업비 절감이 자기부상철도 전체를 대표하는 공사비 절감이라 확정할 수 없으므로 금번 검토에서는 거더 처짐비 완화에 따른 상부공사비 절감만을 검토하였다.

Ⓐ 거더 처짐비 비교

[표 130]인천 시범노선 비교 대상과 설계기준(안)의 거더 처짐비

구 분	시범노선 비교 대상	설계기준(안)
거더 처침비	L/2,000	L/1,500

Ⓑ 인천 자기부상 시범노선구간 교량 현황



[그림 531]인천 자기부상열차 시범노선구간 교량 현황

Ⓒ 인천 자기부상철도 시범노선구간 교량 형식 및 연장

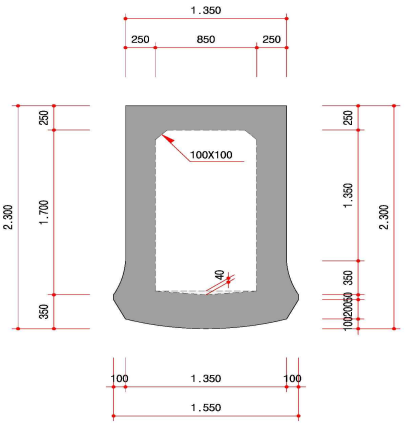
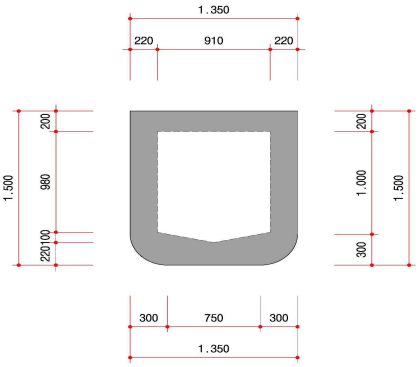
[표 131]인천 자기부상철도 시범노선 구간 교량형식, 경간구성, 연장

구 분		교량형식 및 경간구성		연 장(m)	비고
101~102	단선병렬구간	연속교	3@35+3@35	210	분기기구간 제외
	복선구간	단순교	20+35	55	
	분기기구간	U-하로형교	2@33	66	
102~103	복선구간	연속교	97.5+29.5+90+105+90	412	
103~104	복선구간	단순교	30+20+20+25+25+25+25+25+30+30+30+30+35	350	
104~106	분기기구간	U-하로형교	2@33.625	67.250	
	복선구간	단순교	35+35+30+30+30+30+30+30+30+30+30+30	370	
	복선구간	연속교	3@30+3@35×22+3@30+30+24.35+34.65+35+3@35×6	3,244	
	연구과제구간	단순교	4@30+4@30	240	
	복선구간	단순교	30×12+35+30×4	515	
	분기기구간	U-하로형교	28.375+30+28.375	86.75	
	분기기구간	RC SLAB교	17.5+20+20+17.5	75	
계				5,396(복선)	

Ⓓ 거더 본당 공사비 비교

(단위:원/본당)

[표 132]시범노선과 제안된 설계기준(안) 적용시 거더 본당 공사비

구 분	인천 시범노선 (L/2,000) L=25m, H=2.3m, B=1.35~1.55m	설계기준(안) (L/1,500) L=25m, H=1.5m, B=1.50m	비고
횡단면도			
거더 제작	31,107,769	23,159,093	
거더 가설	1,904,485	1,645,245	

자재비	11,428,022	7,315,074	
직접 공사비	44,440,276	32,119,412	
잡비율	1.45	1.45	
총 공사비	64,438,400원/거더	46,573,100원/거더	(감) 17,865,300원
m당 공사비	2,577,536원/m	1,862,924원/m	(감) 714,612원 28% 감

※ 공사비 분석은 운영중인 기존 인천공항 자기부상철도 25m 경간의 거더 공사비를 기준으로 작성하였는바 전체 거더 경간장에 따른 공사비 절감금액은 다소 차이가 있을수 있음.

Ⓔ 상부공사비 절감액 추정

[표 133]상부 공사비 비교 결과

구 분	인천 자기부상(당초)			설계기준(안) 반영			증감
	수량	단가	금 액	수량	단가	금 액	
거더 공사비	10,792m	257만원/m	277억원	10,792m	186만원/m	201억원	76억원 감

Ⓕ 검토결과

- 자기부상철도의 거더 처짐비를 설계속도를 고려하여 L/2,000에서 L/1,500로 완화할 경우, 거더 공사비 절감액은 거더 본당(25m 기준) 약 1,786만원으로 약 28%의 공사비 절감 효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다. 또한, 이를 기 시공된 시범노선의 거더 건설비에 적용하여 건설비 절감액을 산정하면 약 76억원의 건설비 절감을 기대할 수 있는 것으로 검토되었다. 또한 시범노선 구간에는 거더 처짐비 L/3,000의 단면이 전체 거더의 절반정도를 구성하고 있으므로 이를 고려하면 건설비 절감은 더욱 커질 것으로 판단된다. 하지만, 본 연구에서 적용한 경제성 검토는 25m 거더의 경우이며 거더 경간장이 기준거더 25m를 초과하는 경우는 전체 거더의 강성을 고려시 절감금액에 다소 차이가 있을 것으로 판단된다.
- 금회 시행된 거더 처짐비 완화에 대한 실험적 검증은 25m 단경간 교량에 한하여 실시된 것으로 처짐비 기준을 L/1,500로 하향조정하여 거더를 설계했으나, 실제 제작 설치된 구조물의 처짐비는 이보다 적은 것으로 검토 되어 향후 추가적인 설계 적용성 검토시 보다 경제적인 단면 설계

가 가능할 것으로 판단되므로 추가적인 공사비 절감효과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

- 반면, 하부 구조물은 상부거더 축소로 인한 상부 고정하중의 저감으로 구조물 최적화가 가능할 것으로 판단된다. 하지만 2차 고정하중 및 풍하중 등 부가적인 하중의 효과, 강화된 내진 안정성 기준 및 교량설치 현장의 현장상황(경간길이, 교각높이, 기초 조건 등)등이 시공현장 마다 변동이 되므로 정량적인 공사비 절감액의 산정이 곤란하여 금번 경제성 검토에서는 제외하였다.

3) 종합검토결과

○ 본 연구를 통해 인천 자기부상열차 시범노선의 선로구조물에 대한 성능평가를 시행하고 그 결과를 바탕으로 도시형 자기부상철도의 성공적인 상용화를 위한 선형, 궤도, 구조물의 최적화 설계기준(안) 제안하고자 하였다.

○ 자기부상철도의 상용화를 앞당기고 국내·외 경량전철 시장에서 자기부상철도 시스템의 적용을 확대시키기 위해서는 <표 3.4.4.1>에서 알 수 있듯이 기 시공 완료된 인천 자기부상열차 시범노선의 건설비로는 타 경전철 시스템과의 경쟁에서 우위를 선점할 수 없으므로 보다 경제적인 자기부상철도의 건설이 필요할 것으로 판단된다.

○ 따라서 자기부상철도 시스템 총 건설비의 60~70%를 차지하는 선로구조물의 경제성, 안전성, 환경친화성 및 미관성을 향상을 위해서는 열차주행 안전성 확보를 전제로 한 설계기준의 최적화를 통해 구조물 슬림화를 실현하여야 한다. 또한 자기부상철도 구조물 슬림화를 통한 건설비 절감은 향후 도심지 경량전철 시장에서 자기부상철도 시스템의 점유율을 증대시킬 수 있을 것이다.

○ 본 연구에서는 타 경전철 시스템인 모노레일, 철제차륜, 고무차륜, 노면전차 시스템 대비 자기부상철도 선로구조물이 경제성 및 안전성에 있어 경쟁력을 갖추도록 하기 위해 시범노선 대비 공사비 10% 이상을 절감하고자 하는 목표로 최적화 설계기준(안)을 마련하였으며, 최적화 설계기준(안) 적용시 공사비 절감효과를 정량적, 정성적으로 검토해 보았다.

○ 경제성 검토결과, 건설비 절감효과는 설계속도 완화, 선형조건 완화, 차량 및 건축한계 축소, 정거장 기준 완화, 구조물 설계기준 완화 등을 통

해 실현가능한 것으로 검토되었다.

○ 또한 정량적 건설비 절감효과 분석을 위해 노반 및 궤도 구조물중 건설비 비중이 큰 부상/추진레일 재료비와 주행 거더 건설비에 대해 완화된 설계기준을 적용하여 절감액을 추정하여 본 결과, 기대할 수 있는 건설비 절감액은 매우 큰 것으로 검토되었다.

○ 따라서, 향후 건설될 자기부상철도 노선에 본 연구를 통해 제시된 최적화 설계기준(안)의 종합적인 적용을 시행할 경우, 건설비 측면에서 기존 인천 자기부상열차 시범노선과 비교하여 10% 이상의 건설비 절감효과를 충분히 기대할 수 있을 것으로 판단되어지며, 이로서 타 경전철 시스템과의 건설비 비교에서 우수한 경쟁력 확보가 가능할 것으로 판단된다.

○ 이와 더불어 경제성 확보를 위한 궤도구조 형식의 개발, 상부 거더의 장대화, 경량자재를 적용한 거더 개발 등 선로 구조물의 성능개선이 진행된다면 경전철 시장에서의 경쟁력 확보에 더욱 유리할 것으로 사료된다.

(5) 선로 구조물 유지보수 기준 제안

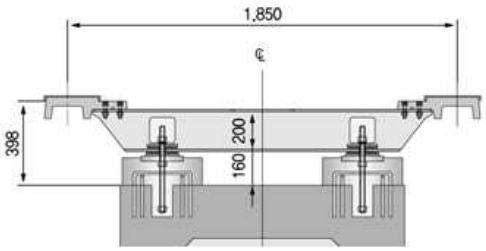
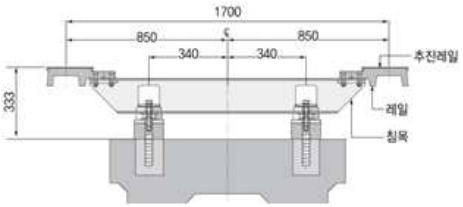
- 본 연구의 주요목적 중 하나는 인천 자기부상열차 시범노선 개통 후 운영기관의 선로유지보수를 위한 유지보수기준(안) 수립이며, 인천 자기부상열차 시범노선의 경우 설계 및 시공 기준은 별도로 마련하였으나, 향후 시범노선 운영시의 유지보수기준은 별도로 수립되어 있지 않은 실정이다.
- 따라서 본 연구에서는 철도 운영기관에서 수립하여 운용 중인 선로유지보수 관련기준에 대한 자료 수집 및 검토, 국외 리니모의 선로유지보수 절차 및 방법에 대한 기술자문, 시범노선 건설 참여기술자 기술자문 등을 통하여 자기부상철도 운영시 필요한 유지보수체계를 수립하고자 한다.
- 또한 인천 자기부상열차 시범노선에서 사용되고 있는 불확실한 유지보수 용어의 개선, 합리적인 궤도틀림 기준점 선정 및 궤도틀림 검측방법, 궤도구성품의 유지보수 방법 등을 제시하고자 한다.

(가) 선로점검체계

1) 도시형 자기부상철도 현황

- 국내에 설치되어 있는 자기부상열차용 궤도는'93 대전 엑스포 때에 전시용으로 운행할 목적으로 건설하였던 560m 선로, 자기부상열차의 주행성능시험을 목적으로 한국기계연구원 내에 설치되어 있는 1.3km 도시형 자기부상열차 시험선로 및 자기부상열차 실용화 사업의 3핵심 과제의 일환으로 시공된 인천공항 자기부상철도 시범노선 등 3곳이 있다.
- 인천공항 시범노선의 경우 설치 및 유지보수 기준에 대해서 설계 및 시공시 기준을 별도로 마련하였으나, 이는 설계 및 시공을 위한 유지보수 기준으로서 향후 시범노선 운영시의 유지보수기준은 별도로 수립되어 있지 않은 실정이다.
- 국외에 시공된 도시형 자기부상열차는 일본의 동부구릉선의 Linimo가 대표적이다. Linimo의 궤도구조 역시 국내의 자기부상철도 궤도구조와 크게 상이하지 않으며 궤도구조의 형상은 다음 그림과 같다. 리니모 자기부상열차는 2005년 3월 개통되어 영업 운전중에 있으며 다년간의 유지보수 경험을 축적하고 있는 실정이다.

[표 134]국내 및 일본 자기부상철도의 현황

구 분	인천 시범노선	일본 Linimo
궤도구조 형 상		
연 장	6.113km	8.9km
정거장	6개소	9개소
구 조	복선, 고가(6.113km)	복선, 지하(1.4km), 고가(7.5km)
주행방식	상전도 흡인형 자기부상	상전도 흡인형 자기부상
차량편성	2량 고정편성(25.0m)	3량 고정편성(43.3m)

2) 국내 철도의 유지보수 기준 현황

- 철도시스템의 유지관리의 범위는 시스템 공학에 해당하는 철도의 특성으로 인해 차량, 토목, 건축, 전기, 신호, 통신 등 매우 광범위하다. 철도 선

로구조물의 건전한 운영을 위해서는 각 공학 분야별 유지관리를 필요에 따라 시행하여야 한다.

- 선로 구조물의 경우 구조물의 장기사용에 따라 노후 또는 구조물 기능저하가 발생할 수 있으며, 이러한 구조물 노후 및 기능저하를 최대한 방지하기 위해서는 선로구조물의 유지보수는 반드시 필요한 항목이다.
- 선로 구조물의 유지보수에 있어 가장 중요한 포인트는 첫째로 구조물의 참된 수명 파악, 둘째로 유지보수작업의 필요유무 판단, 셋째로 구조물의 기능회복을 위한 유지보수시점 진단이라 할 수 있을 것이다.
- 본 연구에서는 국내 철도건설기관 및 운영기관에서 수립하여 시행중인 유지보수 관련 기준 현황을 파악하고 그 내용을 검토하여 이를 바탕으로 자기부상철도의 유지보수 기준을 수립하고자 하였다.
- 자기부상철도의 경우, 영업 운전이 근시일 내에 예정되어 있는 바 유지보수기준의 수립은 시급한 실정이다. 따라서 현재 국내 철도 운영기관에서 수립하여 운용중인 유지보수 기준 현황을 조사하였으며, 조사결과 한국철도공사, 한국철도시설공단, 도시철도공사, 서울메트로 등 모든 운영기관은 양호한 선로상태를 유지시키고, 이용자 및 철도종사자의 안전성 확보를 위한 관련기준을 수립하여 운영 중에 있는 것으로 파악되었다.

[표 135]자기부상철도 유지보수기준 수립 필요성

도시철도 공사	■ 선로정비규정 : '08.06.12 개정
서울메트로	■ 선로정비규정 : '12.05.16 개정
인 천 지하철공사	■ 궤도유지관리계획 : '12.01 수립 ■ 선로시설점검지침 : 선로관리내규 4조에 따름 ■ 선로시설정비지침 : 선로관리내규 5조에 따름 ■ 보수작업표준지침 : 선로관리내규 6조에 따름
코레일 공항철도	■ 선로작업표준시행 : '12.11.05 개정 ■ 선로점검시행 : '12.05.25 개정 ■ 선로정비시행 : '12.05.25 개정
철도공사 및 공단	■ 선로관리기준 : '11.08.11 제정 ■ 선로유지관리지침 : '13.12.31 제정
※철도시설의 운영주체는 선로의 유지보수기준을 수립하여 운영 · 유지보수 중	

자기부상철도의 유지보수기준 수립 필요성
■ 현재 인천 시범노선 실용화 완료 단계(시운전중) ■ 실용화 완료 후 운영중 양호한 선로상태 유지 및 이용자의 안정성 향상 도모 ■ 따라서 운영기관은 자기부상철도 특성에 맞는 유지보수 기준 수립 필요

3) 선로점검 체계 구축(안)

- 국내외 철도 운영기관의 유지보수 기준에 대한 사례조사 결과, 레일을 비롯한 선로 궤도구조물의 경우 차량하중과 기상작용에 의해 재료의 마모, 파손, 부식 등을 일으킴과 동시에 궤도 각부에서 궤도틀림이 발생하므로 궤도파괴에 대해 선로의 상시검사로 제 기능 유지를 검사하고 있는 것으로 조사되었으며, 궤도에서 발생하는 변위에 대한 정비기준을 수립하여 필요시 보수를 수행하는 것으로 조사되었다.
- 본 연구에서는 철도 운영기관에서 수립하여 운용 중인 선로유지보수관련 기준에 대한 자료 수집을 통해 그 내용을 분석함과 동시에 국외 리니모의 선로유지보수 절차 및 방법에 대한 기술자문 조사를 통해 국내 자기부상철도 운영시 필요한 유지보수체계를 다음과 같이 수립하였다.

[표 136]선로점검 체계

① 선로점검	■ 운전자 점검 ■ 순회 점검 ■ 정기 점검
② 정밀현장검측	■ 선로이상 구간 발견시 현장검측 시행
③ 유지보수 필요유무 판단	■ 현장검측 Data를 분석 후 기준 값에 의한 유지보수 유무 판단
④ 유지보수시행	■ 유지보수팀 투입 후 유지보수 시행 (4인 1조)
⑤ 궤도검측	■ 유지보수 완료구간 전후 100m 검측
⑥ 열차운행	

4) 선로점검 종류 및 기준

- 선로상태 점검은 열차안전운행을 위해 취해야 할 가장 기본적인 조치이므로 이용객이 열차를 안전하고 편안하게 이용할 수 있도록 철도 운영기관은 선로관리에 최선을 다하여야 할 것이다. 또한 선로관리에 있어서

그 기본으로 삼아야 할 것은 선로점검이므로 본 연구에서는 국내 일반/고속철도 및 일본의 Linimo를 선로점검 내용를 고려하여 국내 자기부상철도의 선로점검 종류 및 기준을 다음과 같이 제안하고자 한다.

[표 137]선로점검 종류 및 방법

구 분	운전자 점검	순회 점검	정기 점검
검사주기	1회/1일	1회/3일	4회/년
검사방법	차량 갭신호 분석 및 육안검사	육안검사	검측장비
	영업운전 시작 전 첫차 운행시	야간순회	야간순회
	2인 1조	2인 1조	3인 1조
	단선 약 12km (본선 점검 기준)	단선 약 12km (본선 점검 기준)	단선 약 12km (본선 점검 기준)

5) 선로점검 내용

[표 138]선로점검 종류 및 내용

구 분	운전자 점검	순회 점검	정기 점검
점검내용	■ 선로 지장물 여부	■ 선로 지장물 여부	■ 궤도 검측장비를 이용하여 전 구간 궤도틀림 측정
	■ 차량운행 후 갭신호 분석	■ 레일 상태 검사	■ 레일, 침목, 체결장치 등 궤도재료 점검
	■ 주행시 차량동요 여부 확인	■ 레일 및 침목 체결구 상태 검사	■ 프린스 콘크리트 균열검사 및 교량거더 안전 검사
		■ 프린스 콘크리트 균열여부 검사	■ 분기부 궤도틀림 점검
		■ 분기부 육안검사	■ 계절별 특별 점검
		■ 기타 지시사항	

(나) 궤도틀림 용어 개선

1) 자기부상철도 궤도틀림의 종류

궤도틀림의 정 의	■ 열차의 주행안정성을 확보하기 위하여 좌우 레일간의 간격, 레일면의 평탄성, 이음매의 단차 등에 대하여 차량의 안정적인 부상 및 추진을 확보하기 위해 설정 하는 궤도공차를 말함

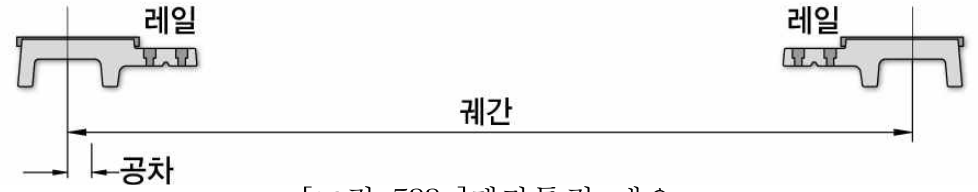


[그림 532]궤도틀림의 종류

2) 기존 자기부상철도의 궤도틀림

① 궤간틀림

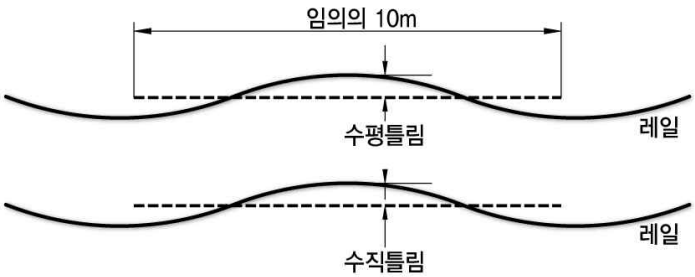
· 좌우레일간의 간격틀림을 의미하며, 양 레일 중심간 기본간격 1,850mm에 대한 틀림량을 말하며 기본간격 보다 큰 경우를(+), 축소되어 있는 것을 (-)로 정의 한다.



[그림 533]궤간틀림 개요

② 수평, 수직(방향, 고저)틀림

· 레일 기준선에서 임의의 10m현에 대한 종거를 측정하는 수치로서 레일의 수평, 수직방향에 대한 상대적인 직진성 틀림을 의미한다, 차량 주행면의 평탄성이 저하되는 경우 부상공극의 변화에 따라 승차감의 저하 및 차량의 주행 안정성에 영향을 주는 요소로서 작용한다.

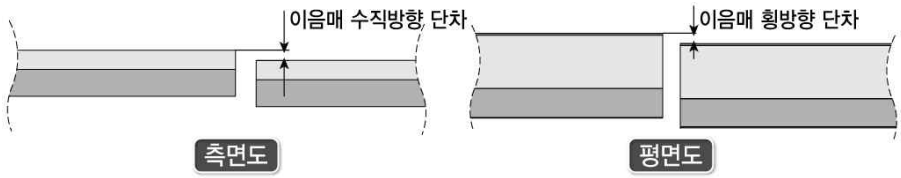


[그림 534]수평, 수직 틀림 개요

③ 이음매 단차

· 레일간 이음매에서 레일의 수직 및 횡방향 단차로서 레일 설치기준에 대

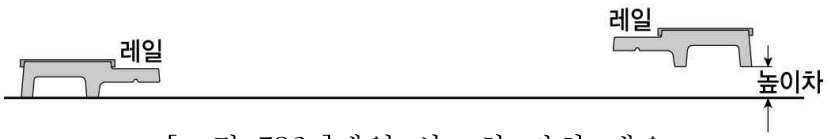
하여 그 증감량을 의미한다.



[그림 535]이음매 단차 개요

④ 레일 상·하 단차

· 직선부에서 레일의 설치기준에 대한 좌우 레일간 연직방향 높이의 차를 의미한다.



[그림 536]레일 상·하 단차 개요

⑤ 좌우 평면성 틀림

· 편측레일에서 형성되는 평면에 대하여 상대측 레일의 회전에 대한 틀림의 영향에 따라 발생하는 부상력의 저하를 방지하기 위한 조건이다.

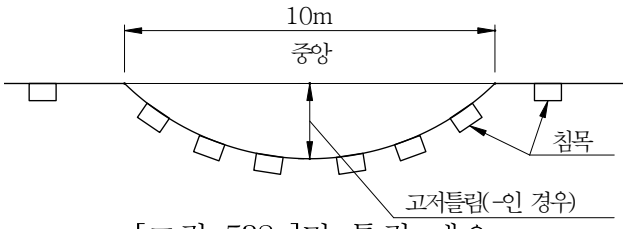


[그림 537]평면성 틀림 개요

3) 철제차륜 철도의 궤도틀림

① 고저(면틀림)

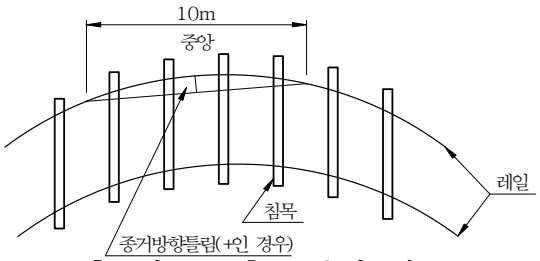
· 한쪽 레일의 레일길이 방향에 대한 레일면의 높이차를 말한다.



[그림 538]면 틀림 개요

② 방향(줄틀림)

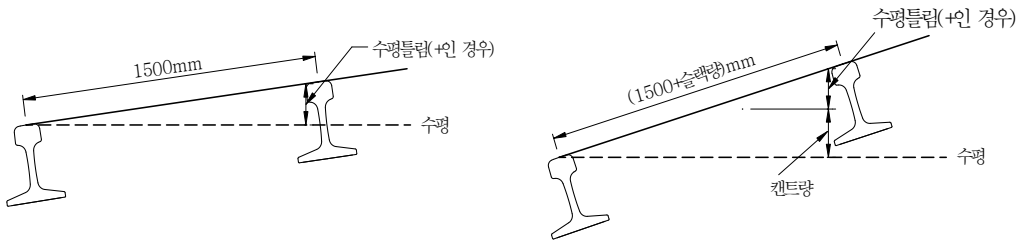
· 궤간 측정선에 있어서의 레일 길이 방향의 좌우 굴곡차를 말한다.



[그림 539]줄 틀림 개요

③ 수평(수평틀림)

· 레일의 직각방향에 있어서 좌우 레일면의 높이차를 말한다.

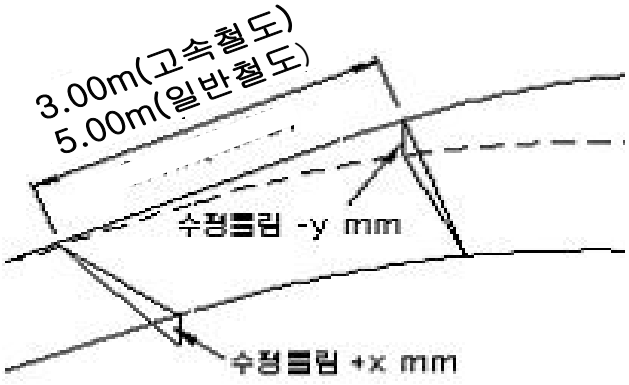


(a)직선구간 (b)곡선구간

[그림 540]수평 틀림 개요

④ 평면성

· 궤도의 평면에 대한 뒤틀림 상태를 말하며 각 차량의 고정축간 일정거리의 2점에 수평틀림의 차이를 말한다.



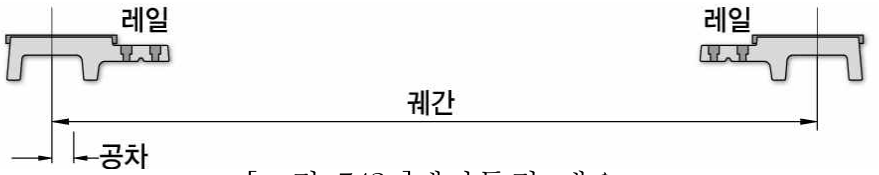
[그림 541]평면성 틀림 개요

4) 용어 혼돈을 배제하기 위한 궤도틀림 용어 개선(안)

[표 139]궤도틀림 용어 개선(안)

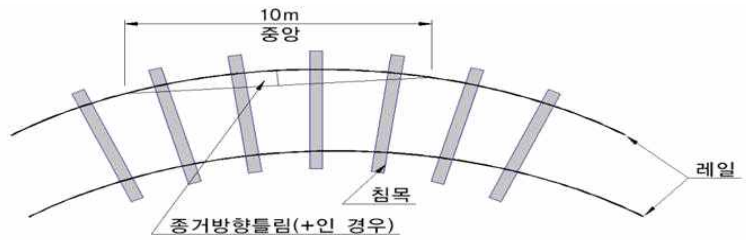
현재 자기부상철도 궤도틀림 용어	일반철도의 궤도틀림 용어	궤도틀림 용어개선(안)
■ 궤간틀림	■ 궤간틀림	■ 궤간틀림
■ 수평틀림	■ 줄틀림	■ 줄틀림
■ 수직틀림	■ 면틀림	■ 면틀림
■ 이음매 단차	■ -	■ 이음매 단차
■ 레일상하 단차	■ 수평틀림	■ 수평틀림
■ 좌우 평면성 틀림	■ 평면성	■ 레일뒤틀림

① 궤간틀림



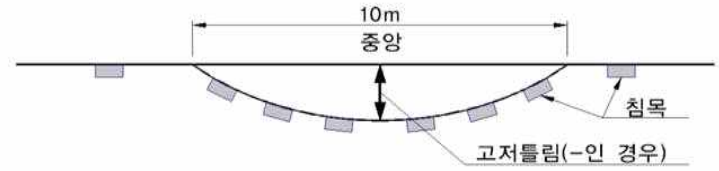
[그림 542]궤간틀림 개요

② 줄틀림



[그림 543]줄틀림 개요

③ 면틀림



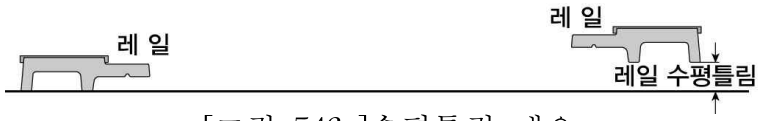
[그림 544]면틀림 개요

④ 이음매 단차



[그림 545]이음매 단차 개요

⑤ 수평틀림



[그림 546]수평틀림 개요

⑥ 레일 뒤틀림



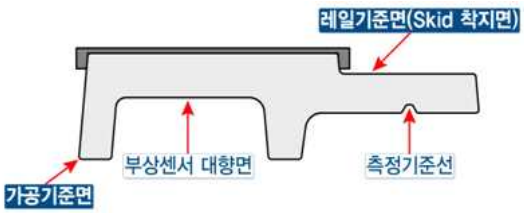
[그림 547]레일 뒤틀림 개요

(다) 궤도틀림 기준점 선정

1) 궤도틀림 기준점 선정 개선(안)

[표 140]궤도틀림 기준점 선정(안)

인천자기부상철도	일본 Linimo
	
■ 현장검측 기준면 : 레일기준면	■ 현장검측 기준면 : 레일기준면 및 갭센서 대향면

개 선 방 안		
		■ 현장검측 기준면 ☞ 레일기준면+가공기준면 ☞ 가공기준면 검측시 오차 축소 가능

(라) 궤도공사 마감 및 유지보수 기준

1) 일본 Linimo의 시공 및 유지보수 기준

[표 141]일본의 유지보수 기준

구 분		시공완료기준	유지관리기준
궤 간 틀 림		3.0mm	5.0mm
수 평 틀 림		3.0mm/10m	5.0mm/10m
수 직 틀 림		3.0mm/10m	5.0mm/10m
이음매 단 차	수직방향	1.0mm	1.0mm
	횡방향	1.0mm	1.0mm
레일상하단차		3.0m	5.0m

2) 궤도공사 마감 및 유지보수 기준

-다음의 궤도공사 마감 및 유지보수 기준은 차량분야의 상부궤도설계요구조건 및 해외사례를 분석하여 제시한 것으로 인천 자기부상열차 시범노선 상용화 개통 이후각종 검측을 통해 궤도틀림, 공극 변화량 등의 데이터가 축척되면 이를 분석하여 유지관리 기준의 보완 및 개선이 이루어져야 할 것이다.

[표 142]자기부상철도 유지보수 기준

구 분		시공완료기준	유지관리기준
궤 간 틀 림		3.0mm	4.0mm
수 평 틀 림		3.0mm/10m	5.0mm/10m
수 직 틀 림		3.0mm/10m	5.0mm/10m
이음매 단 차	수직방향	1.0mm	1.0mm
	횡방향	0.5mm	1.0mm
레일상하단차		3.0m	4.0m

(마) 국내외 기술자 자문 결과

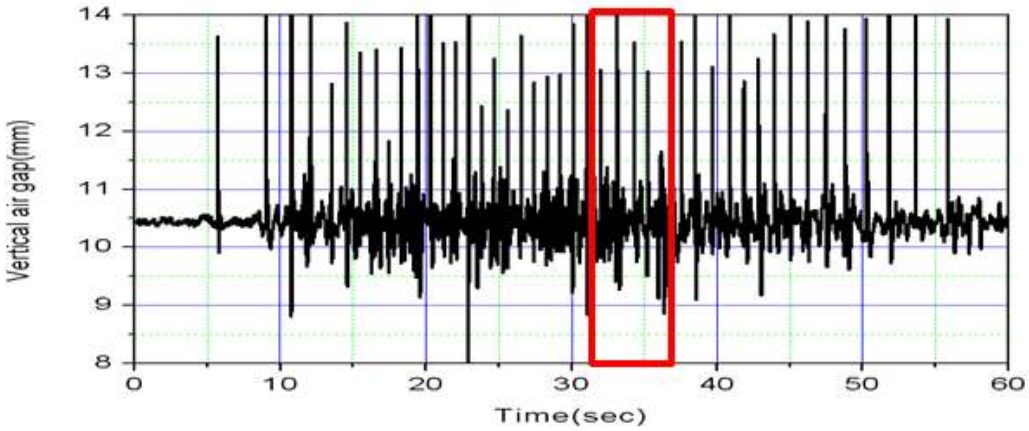
1) 일본 Linimo 기술자 자문 시행

① 주요 자문 내용

자 문 내 용	① 궤도틀림 검측장비 및 검측방법 ② 부상센서 대향면 측정방법 ③ 레일상태 검사방법 ④ 운행중 유지보수 필요개소에 대한 판단 방법 ⑤ 궤도틀림 관리 방법 및 틀림발생 사례

② Linimo 기술자 답변내용

① 궤도틀림 검측장비 및 검측방법	■ 전용의 검측장비는 있으나 기본적으로 10m 현에 대한 종거법에 의한 검측시행 ■ 검측장비의 경우 건설 초기단계에 전체적인 선로상태 파악을 위해 이용 ■ 검측장비 사용은 번거롭고 비효율적이므로 자주 사용하지 않음
② 부상센서 대향면 측정방법	■ Linimo의 경우 주행거더 하부에 슬래브 구조물이 있기 때문에 대향면 측정가능 ■ 시범노선의 경우 거더 하부 슬래브가 없으므로 측정 오차를 최소화 할 수 있는 기준면 설정 필요
③ 레일상태 검사방법	■ 별도의 장치나 도구를 이용한 레일상태 검사는 수행하지 않음 ■ 매일 첫차 출발 전 시험주행시 선로상황을 운전자가 육안 체크
④ 운행중 유지보수 필요개소에 대한 판단방법	■ 차량에 설치된 갭센서 신호 분석을 통해 이상 신호 발생구간 검측 시행 후 유지보수 유무 판단 ■ 궤도틀림중 수직, 수평, 궤간, 이음매 단차 측정 및 관리가 매우 중요 ■ 궤도 평면성 틀림은 현장 교정이 어려움 (궤광 제작시 철저한 관리 필요) ■ 레일상하 단차는 레벨 게이지를 이용하여 측정



[그림 548]차량의 부상센서 신호

⑤ 궤도틀림 관리방법 및 틀림발생 사례	■ Linimo 건설 후 약 1년간 궤도틀림 검측 및 정정시행 ■ 개통 1년 경과 후 궤도검측 시행결과 추가적인 궤도틀림 미발생 ■ 8년 경과 후에도 특별한 궤도틀림은 발생하지 않았음 ■ 주행안전성 확보를 위한 이음매부 관리는 철저히 해야함

2) 시범노선 건설감리 기술자 자문 시행

① 주요 자문 내용

자 문 내 용	① 인천공항 시범노선 건설과정에 제시된 자기부상철도 유지관리지침서에 대한 개선 사항 도출

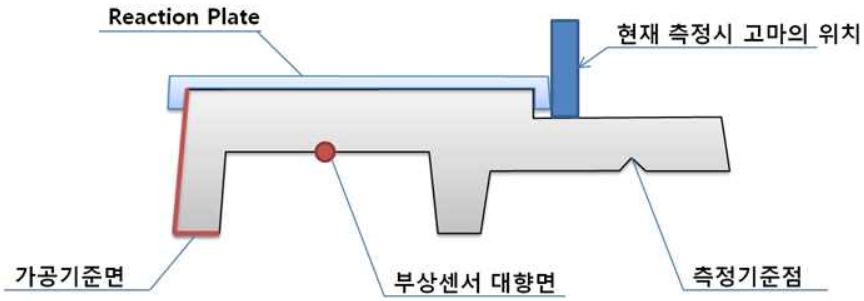
② 시범노선 건설감리 기술자 답변내용

① 궤도틀림 검측장비 및 검측방법	■ 시범노선 궤도구조의 특성상 도보 육안 점검, 인력검측이 곤란한 실정으로 궤도검측을 위한 별도의 장비 (트랙 마스터등)의 개발 및 적용이 필요함 ■ 궤도틀림 정의, 측정위치 등에 대한 재정립이 필요할 것으로 판단됨. ■ 궤간의 정의 및 측정기준 위치에 대한 재 검토가 필요함.

(바) 궤도틀림 측정방법

1) 궤도틀림 측정 방법

[표 143]시범노선구간 궤도틀림 측정방법

현재 시범노선 궤도틀림 측정방법

■ 고마를 이용한 궤도틀림 측정 시행 중 (측정면 : 스키드면) ☞ 레일의 제작공차 및 추진레일의 설치공차 수반 우려 ☞ 레일 가공시 가공기준면이 가장 정밀하므로 측정 기준점을 가공 기준면으로 개선시 검측의 정밀도 향상 가능

2) 인천공항 시범노선의 궤도정정 방법

[표 144]시범노선구간 궤도정정 순서 및 방법

① 체결구 해체	② 레일지지(작키이용)
	
③ 수직/수평 궤도정정	④ 검 측 시 행
	

3) 기준점 개선(안)에 따른 궤도틀림 측정장치

① String block



② Indicator block



③ 장력계



④ 궤간측정용 bar



⑤ 경사계



4) 줄틀림 측정방법

측정방법	■ S-block 거치 → 현 거치 및 인장(3kgf) → I-block 눈금 읽기

5) 궤간 및 뒤틀림 측정방법

측정방법	■ Bar를 이용한 궤간 측정 → 경사계가 0º 가 되도록 I-Block의 높낮이 조절 → I-block 눈금 읽기 (좌우 레일의 높이차)

(사) 궤도구성품 유지보수 방법

1) 궤간틀림

작업기준	■ 레일볼트를 조절하여 궤간틀림 정정하는 것을 원칙 ■ 1개소 궤간의 틀림 조정시 전후 최소 5개소 이상 궤간 점검 시행 ■ 궤간틀림 작업 후 10m 이상 검측 시행
작업순서	① 궤간틀림 발생 구간 확인 및 틀림량 기록 ② 해당 개소 레일 볼트 해체 ③ 받침대 이용하여 레일 지지 ④ 궤간틀림 개소 궤간 정정 ⑤ 레일볼트 체결 ⑥ 최종 검측

2) 줄/면틀림

작업기준	■ 침목의 위치를 조절하여 정정하는 것을 원칙 ■ 줄/면 틀림 작업 후 10m 이상 검측 시행
작업순서	① 줄/면 틀림 발생 구간 확인 및 틀림량 기록 ② 해당 개소 침목 앵커볼트 해체 ③ 받침대 이용하여 레일 지지 ④ 줄/면 정정 시행 ⑤ 조정된 침목부터 체결구 체결 ⑥ 최종 검측(L=100m 이상 시행)

3) 이음매단차

작업기준	■ 침목의 높이 및 좌우 위치를 조절하여 정정하는 것을 원칙 ■ 이음매 단차 조정후 최소 전후 이음매 1개소씩을 포함한 이음매 검측 시행
작업순서	① 이음매 단차 발생 구간 전후 측정결과를 바탕으로 조정구간 선정 ② 레일 이음매 해체 ③ 해당 개소 체결구 볼트 해체 ④ 이음매 단차 정정(측정점 레일 상면 표기) ⑤ 체결구 체결 ⑥ 레일이음매 체결(해체전 유간과 동일하게 유간 설정) ⑦ 최종 검측(L=100m 이상 시행)

4) 플린스 콘크리트 보수 방법

작업기준	■ 에폭시 수지에 의한 보수를 원칙 ■ 필요에 따라 공인시험기관으로 부터 성능을 인정받은 제품도 사용 가능함
작업순서	① 작업전 면처리 ② 고정판설치 부위결정 ③ 고정판 설치 ④ 씰링 (Sealing) ⑤ 주입제 주입작업 ⑥ 마무리 작업 : 핸드그라인더에 의한 면처리

5) 레일교체 방법

작업기준	■ 레일의 교환 표준 교환 길이는 최초 시공된 길이(10m, 12.5m)를 기준으로 함 ■ 필요시 절단하여 사용 가능하나 최소 5m 이상 확보 ■ 레일의 절단구간은 레일이음매를 사용하여 연결 ■ 레일의 교환은 통상 1일 교환이 가능한 연장으로 시행 ■ 작업후 전후 100m 구간에 대하여 검측을 시행하고 결과 기록
작업순서	① 레일교체 구간 거치대 설치 ② 이음매판 및 레일볼트 제거 ③ 기존 레일 철거 ④ 기 설치된 궤광거치대 상부에 신레일 체결 ⑤ 레일볼트 체결 후 이음매 체결 ⑥ 궤도검측 시행

6) 침목교체 방법

작업기준	■ 침목 훼손 상태에 따라 열차속도 제한 시행(30km/h) ■ 침목 훼손 개소가 많을 경우 임시보강 및 열차속도 제한시행 (10km/h) ■ 침목교체 작업구간에 따라 거치대 또는 유압잭 사용 ■ 작업후 전후 100m 구간에 대하여 검측을 시행하고 결과 기록
작업순서	① 침목교체 구간 거치대 또는 유압잭 설치 ② 레일볼트 제거 ③ 침목 체결장치 제거 ④ 침목 갱환(기존 침목→신품 침목) ⑤ 침목 체결장치 체결 ⑥ 레일볼트 체결 ⑦ 궤도검측 시행

7) 체결장치 교체 방법

작업기준	■ 체결장치 훼손 상태 및 구간에 따라 열차속도 제한 시행 (10~30km/h) ■ 체결장치 교체 작업구간에 따라 거치대 또는 유압잭 사용 ■ 작업후 전후 100m 구간에 대하여 검측을 시행하고 결과 기록
작업순서	① 체결장치 교체 구간에 거치대 또는 유압잭 설치 ② 앵커볼트→절연패드→심플레이트→베이스플레이트 순으로 제거 ③ 체결장치 갱환(기존 체결장치→신품 체결장치) ④ 베이스플레이트→심플레이트→절연패드→앵커볼트 순으로 체결 ⑤ 궤도검측 시행

(6) 제안된 설계기준 및 유지보수 기준의 적용성 검증(시험선 대상)

○ 인천공항 자기부상열차 선로구조물에 대한 성능을 시험적으로 평가하여 최적의 설계기준 및 유지 보수 기준제정에 있어서 근거자료로 활용하고자 함

(가) PSC BOX Girder 설계

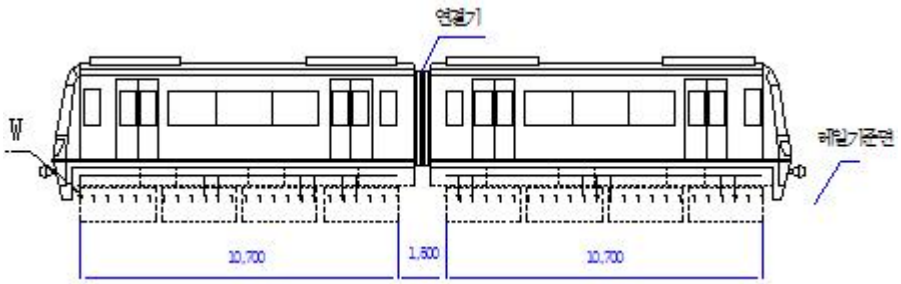
1) 하중

○ 처짐한계

- L/1,500 이하가 되도록 정한다.

2) 활하중

○ 열차하중



[그림 549]자기부상열차의 하중분포

[표 145]자기부상열차의 하중

하중 종류	등분포하중(1궤도당)
공차	19kN/m
만차	28kN/m
정원	25kN/m

○ 군중하중

- 교량의 주거더 설계에 있어서 만약 일반 보행자용 보도시설이 포함되어 있을 경우에는 보도위에 2kN/㎡의 하중을 추가하여 고려하여야 한다.
- 일반 보행자용 보도부를 직접 지지하는 구조에 적용되는 설계에서는 5kN/㎡이 적용되어야 한다.

3) 설계 단면

가) 설계 조건

□ 콘크리트

- 콘크리트 설계기준강도(fck) : 45MPa
- 프리스트레스 도입시 압축강도(fci) : 0.8×fck=36MPa
- 프리스트레스 도입시 허용 응력

  허용휨 압축응력 : 0.55fci=19.8MPa

  허용휨 인장응력 : 1.40MPa 또는 0.25×fck=1.68MPa ∴1.40MPa 적용
- 사용하중 상태 시 허용응력

  허용 휨 압축응력 : 0.40fck = 18.0MPa

  허용 휨 인장응력 : 0.00MPa

□ 철근
- 항복강도(fy) : 400MPa
- 허용응력(fsa) : 180MPa

□ 강연선
- 강연선 인장강도 (fpu) : 1,900MPa
- 강연선 항복강도 (fpy) : 1,600MPa
- 초기긴장시 허용응력 : 0.90 × fpy = 1,440MPa
- 사용하중 상태 허용응력 : 0.80 × fpy = 1,280MPa

나) 프리스트레스 도입시 응력검토

[표 146]응력검토 결과

구 분	콘크리트 응력		
	상연	하연	허용응력
자중	8.900 MPa	-5.550 MPa	-압축응력: 19.80 MPa
긴장력	-5.940 MPa	15.140 MPa	
계	2.960 MPa	9.590 MPa	
비고	O.K	O.K	-압측응력: -1.400MPa

다) 사용하중 상태 응력 검토

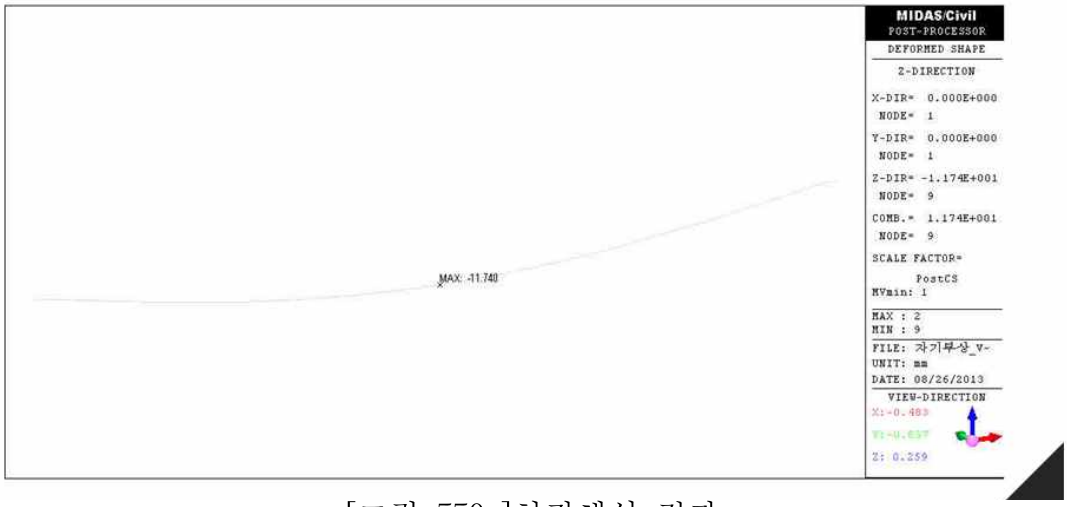
[표 147]응력검토 결과

구 분	콘크리트 응력		
	상연	하연	허용응력
자중	8.900 MPa	-5.550 MPa	
긴장력	-5.400 MPa	13.780 MPa	-압축응력: 19.80 MPa
2차 고정하중	3.010 MPa	-1.810 MPa	
활하중	8.400 MPa	-5.040 MPa	
계	14.910 MPa	1.830 MPa	-압측응력: 0.00 MPa
비고	O.K	O.K	

라) 처짐한계

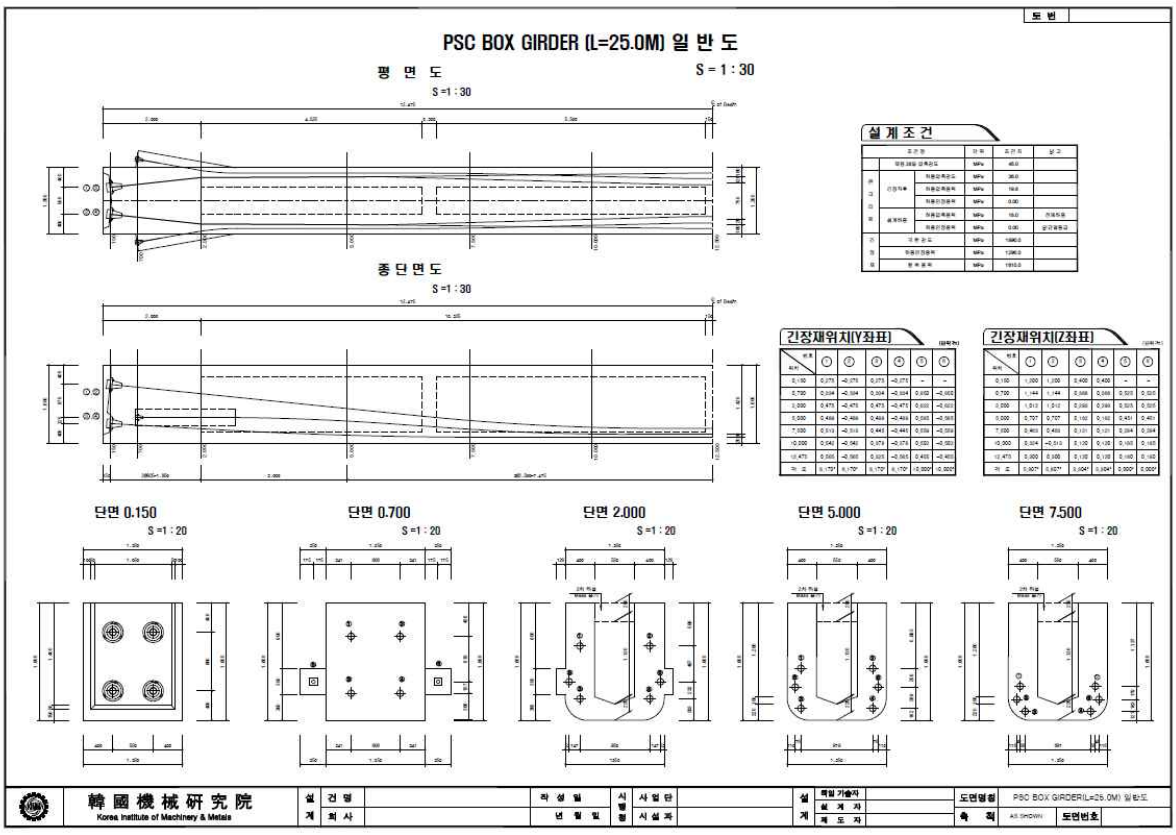
-처짐값은 다음값으로 제한 함

$$\delta \le \frac{L}{1500} \qquad \delta = 11.7mm \le \frac{24150}{1500} = 16.1mm \qquad \therefore O.K$$



[그림 550]처짐해석 결과

마) 설계 도면



[그림 551]25m PC BOX 설계도

다. 도시형자기부상열차 추진시스템 성능향상 및 고속화 설계 개발

(1) 도시형 자기부상열차 추진시스템 성능향상 및 고속화 설계 개발(한국기계연구원)

(가) 고속화 설계 요구조건 도출

1) 200kph급 자기부상 열차의 요구 사양 제시

가) 차량 구성 및 기본 설계 요소 검토

- O 200kph급 자기부상 열차의 요구사양 제시에 있어서 차량의 구성은 가장 우선적으로 고려되어야 하는 것으로 일반적인 철도차량의 경우 차량의 편성 기준에 따라 M-car, T-car로 구분되어 설계되며 각각의 설계 기준에 따라 전장품과 같은 질량체가 배분되는 등의 전체적인 차량의 설계가 순차적으로 진행되게 됨
- O 도시형 자기부상열차의 경우 모든 차량이 부상력을 발생해 주어야 되기 때문에 특성상 M-car, T-car의 구분없이 동력분산식의 방식으로 설계되었음
- O 200kph급 자기부상열차의 경우도 도시형 자기부상열차와 마찬가지로 모든 열차 차량에 각각의 대차가 취부되어야 하며 각 대차에는 부상전자석이 설치되어 열차에 필요한 부상력을 발생시키고 동력분산식의 구성으로 각각의 선형 유도 전동기가 열차에 필요한 추력을 발생시키는 구성이 바람직할 것으로 보임
- O 기존의 도시형 자기부상열차, ITX 청춘을 고려한 중고속 사양의 자기부상열차 차량 요구사항은 다음과 같음
  - 편 성 : 3량 1편성
  - 차량 길이 : 12.75m(※2.5(m/LIM) * 4(Bogie) + margin)
  - 승차 인원 : 40명
  - 차량 무게 : 25ton(※20ton(공차) + 70kg*40명 + margin)
  - 추 력 : 24.3kN(※25ton*3.5km/h/s)
  - 추력(/LIM): 3.04kN/LIM



[그림 552]200kh급 자기부상열차 예(3량 1편성 구조)



[그림 553]차량 구성(4대차 구조)

[표 148]차량 비교 및 주요 사양 선정

	도시형 자기부상열차	ITX	MAGLEV200
최고속도	110km/h	198km/h	200km/h
차량 길이	12m	20m	12.75m
편성	2량 1편성	4M4T	3량 1편성
대차	3m 미만	13.8m (대차중심간거리)	3m 미만
중량 (/car)	19.5ton	55ton (440ton/편성)	20ton(공차) 25ton(만차)
가속도	4km/h/s	2km/h/s	3.5km/h/s

나) 차량 주행저항 계산

○ 자기부상열차에서의 차량 주행 저항은 집전장치에 의한 저항과 부상장치에 의한 자기적인 저항 그리고 공기 저항에 의한 성분으로 나눌 수 있으며 이는 도시형 자기부상열차에서 적용했던 방식으로 200kph급 자기부상열차에서도 같은 방식으로 주행저항을 계산할 수 있음

① 전자기 성분에 의한 주행저항(magnetic drag(Dm))

○ 부상전자석 등에 의한 주행저항은 20kph를 기준으로 아래의 두 식으로 나누어 질 수 있음(W : weight, V : velocity)

$$D_m = 3.354 \times W \times V \qquad \text{for} \quad 0 \le V \le 20kph$$

$$D_m = (18.22 + 0.074 \times V) \times W \qquad \text{for} \quad V \ge 20kph$$

② 집전장치에 의한 주행저항(power collector drag(Dc))

○ 집전장치에 의한 주행저항은 대략적인 상수 값으로 추정할 수 있으며 그 값은 다음 식에 나타내었음(Nc : number of collector)

$$D_c = 41.67 \times Nc$$

③ 공기에 의한 주행저항(aerodynamic drag(Da))

○ 공기에 의한 주행저항은 전두부의 면적 및 형상에 의해 정해져야 하는 값이지만, 현재 200kph급 자기부상열차를 위하여 제작된 전두부의 형상이 없으므로 기존의 자기부상열차의 상수 값을 기준으로 값을 산정함(N: number of car)

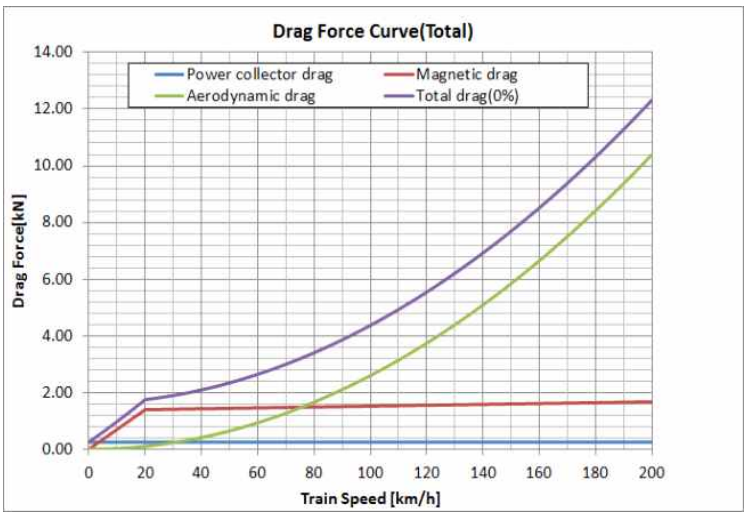
$$D_a = (1.652 + 0.572 \times N) \times V^2$$

④ 구배에 의한 주행저항(gradient drag(Dg))

○ 구배에 의한 저항은 차량의 중량과 관련된 항목으로 구배 각에 따라 결정되며 아래의 식으로 계산할 수 있음

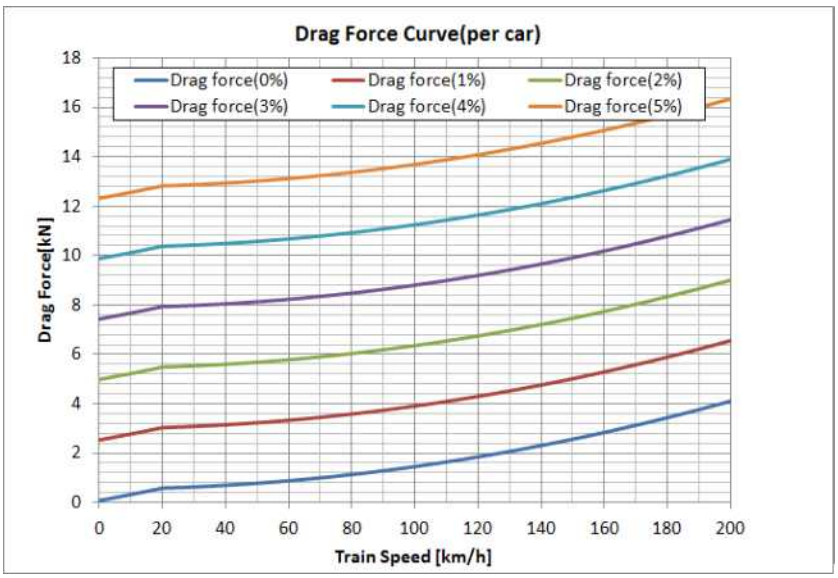
$$D_g = N \times M \times g \times \sin(\theta)$$

○ 구배가 없는 조건을 가정하였을 때 집전장치저항, 자기적 저항, 공력저항을 합산한 3량 1편성 구성의 열차의 총 저항은 아래 그림에 표시하였음



[그림 554]주행저항 성분(편성)

○ 한 차량에 대한 구배 조건에 따른 주행저항의 그래프는 아래 그림과 같음



[그림 555]구배에 따른 주행저항(차량)

2) 선형 전동기의 요구 사항 도출

가) 선형 전동기 추력 요구사항 도출

○ 차량이 3량 1편성의 구조로 구성됨을 고려하여 볼 때, 차량 최대 요구 추력은 다음과 같이 계산할 수 있음(R : 1 편성의 주행저항)

$$F_{\mathrm{car,max}} = \frac{R}{3} + ma$$

$$m_{\mathrm{car,empty}} = 20(ton)$$

$$m_{\mathrm{car,full}} = 25(ton)$$

$$(a = 3.5\mathrm{km/h/s})$$

$$F_{\mathrm{car,max(3.5)}} = \frac{R}{3} + 25000 \cdot 3.5 \cdot \frac{1000}{3600} = \frac{R}{3} + 24.31(kN)$$

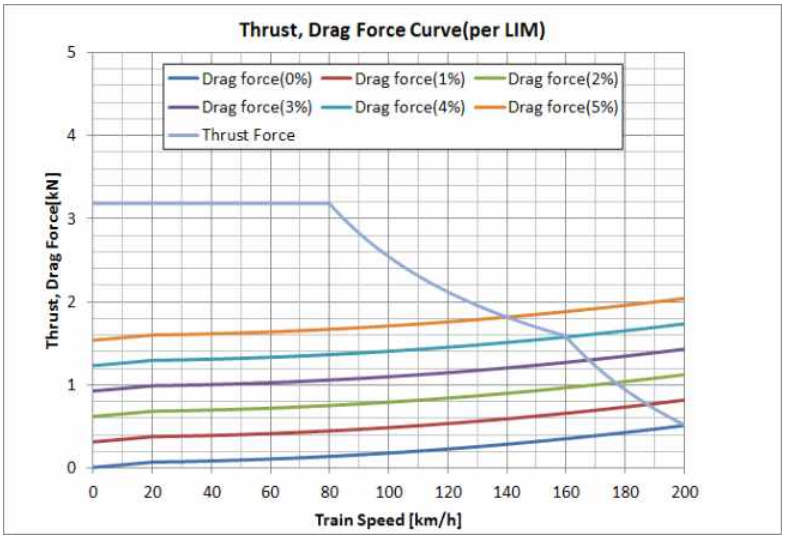
○ 하나의 차량에 4개의 대차가 설치되며 각 대차에는 좌우로 2개의 선형 유도 전동기가 부착되어 추진력을 발생함

○ 이때 1개의 선형 유도 전동기에서 요구되는 최대 추력은 다음 식과 같이 나타낼 수 있음

$$F_{LIM,\mathrm{max}} = \frac{F_{car,\mathrm{max}}}{8} = \frac{R_{\mathrm{air}}/3 + 24.31\mathrm{kN}}{8} \approx \frac{R}{24} + 3.04(\mathrm{kN})$$

나) 선형 전동기 특성 곡선 도출

○ 일반적으로 상 구배의 경우에는 최고 속도 운전을 하지 않는 것이 일반적이므로 구배가 없을 때 최고 속도 구간에서도 주행이 가능한 범위의 추력 곡선을 도출 하는 것이 바람직하며 이때의 선형 유도 전동기의 특성 곡선을 개략적으로 표현한 그림은 아래와 같음



[그림 556]LIM 특성 곡선(1대차 8 LIM model)

다) 인버터 용량 산정

○ 추진 전동기의 기계적 출력 요구 사항

$$3.04[kN/LIM] \times 25[m/s] = 76[kW/LIM]$$

$$76[kW/LIM] \times 8[EA] = 608[kW/car]$$

○ 위의 계산식을 통한 추진 전동기의 기계적 출력에 대하여 추진 전동기(LIM)의 효율 및 역률, 추진용 인버터의 출력 효율을 고려하였을 때 차량당 약 1[MVA]급 인버터가 필요할 것으로 생각됨

(나) 200kph급 선형 유도 전동기 설계

1) 문헌 조사 및 선형 유도 전동기 설계 과정 검토

가) 등가회로 해석을 이용한 설계 검토

○ 1차 기본 설계를 위해 간편하고 해석 시간이 빠른 등가회로법을 활용하였으며 선형 유도 전동기의 전압방정식을 구해 등가회로에 적용하여 출력 특성을 확인 하여 1차 기본 설계를 진행함

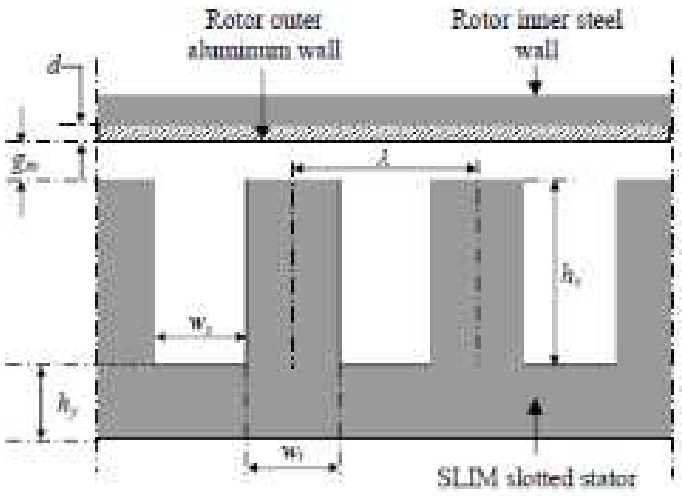
○ 선형 전동기의 길이를 계산할 때 대차의 길이를 고려하여 2500mm의 제한을 두고 설계를 진행하였으며 열차 주행저항 및 가속 여력을 고려하여 볼 때 선형 유도전동기 1대당 3.7kN 이상의 추력이 나오는 설계안 도출이 필요함

○ 일반적인 유도 전동기의 경우 벡터제어를 통해 기저속도의 2배~3배정도의 가속이 가능하며 이를 고려하였을 때 기저 속도는 90km/h로 선정하는 것이 바람직함

○ 반복 해석을 통해 도출해야 할 기본 설계 요소를 아래 그림에 표시하였으며 치 폭과 슬롯 폭, 극수와 권선의 배치, 권선 사양 등의 기기 사양을 선정하여야 함

○ 극 수 및 극 간격은 선형 유도전동기의 200kph 구현을 위하여 결정되어야 할 가장 중요한 설계 요소로 전동기의 와전류에 의한 영향을 고려하여 선정되어야 하며 또한 선형 유도전동기의 제어에 있어서 속도에 따른 구동 주파수의 선정에 영향을 주게 되므로 제어기 설계안을 고려하여 결정되어야 함

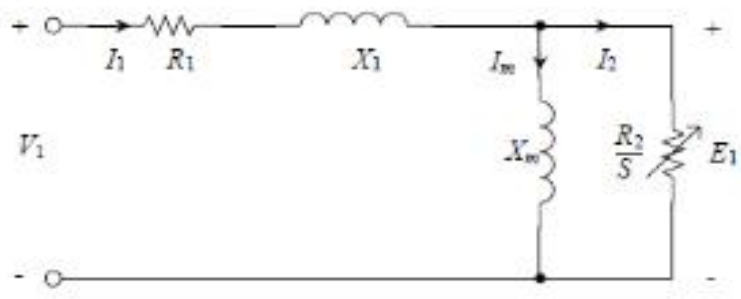
○ 일반적으로 슬롯의 면적은 정격 전류의 제한치인 전류 밀도에 영향을 주기 때문에 최대한 크게 확보하는 것이 중요하나 슬롯의 면적과 관련된 설계 요소인 치 폭의 경우에도 잔류자속밀도치가 포화에 이르면 자속 이용률이 감소하여 추력에 영향을 미치기 때문에 슬롯 폭과 치 폭 선정에 있어서 최적의 방안을 찾는 것이 1차측 코어의 설계에 있어서 중요한 항목이라 할 수 있음



[그림 557]SINGLE SIDED LIM Geometry

○ 위의 편측식 선형 유도 전동기를 등가회로 정수를 이용한 전기적 등가회로로 표현한 회로는 아래와 같음

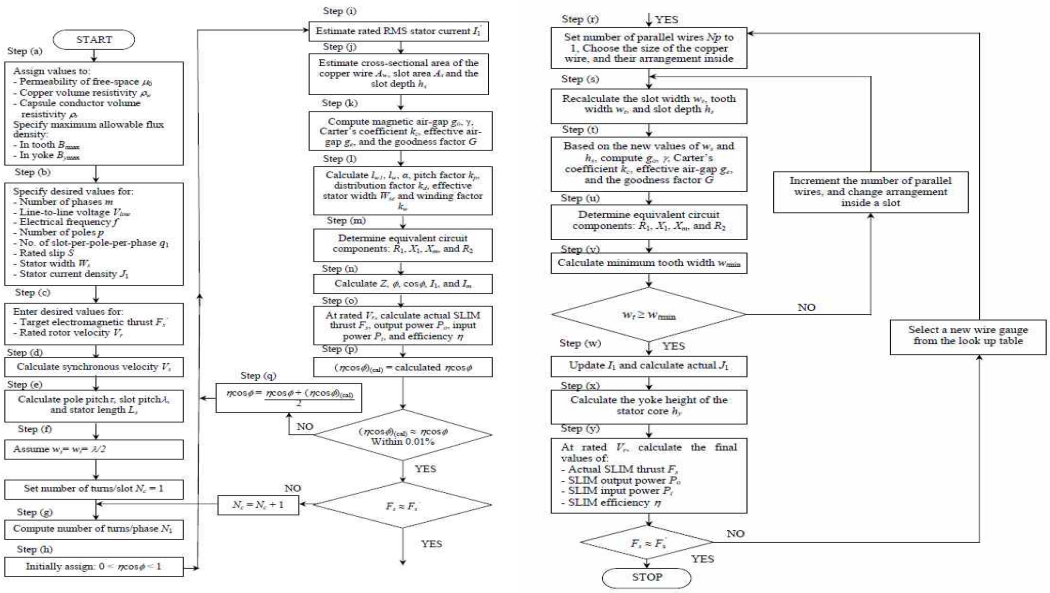
○ 등가회로 해석법은 집중 회로정수를 구해 정격입력 전압에 대한 정격전류 특성을 파악하여 전동기의 특성을 해석하는 방법으로 집중 회로정수의 정확한 계산이 중요하고, 각각의 파라미터에 대한 입력이 정확이 이루어 져야 함



[그림 558]SINGLE SIDED LIM Equivalent circuit

○ 아래 그림은 등가회로 해석을 통한 설계 프로세스의 블록 다이어그램이며 그림에 제시되어 있는 순서대로 회로 정수를 도출하고 설계 파라미터를 선정하여 추력을 도출하게 됨

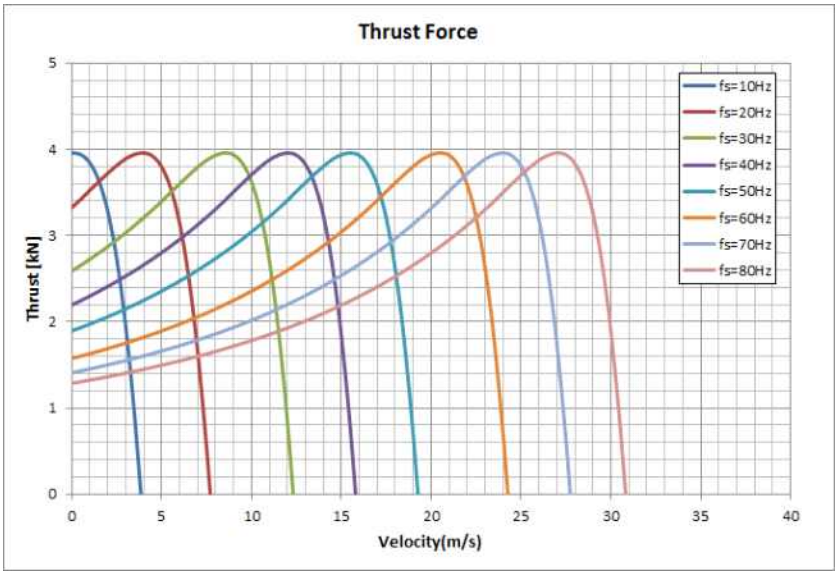
○ 기저 속도 시 요구하는 추력 결과를 갖는 슬롯과 극의 개수, 치의 폭과 슬롯 오프닝 폭 선정을 위해 조건이 만족할 때 가지 궤도 순환 해석일 실시함



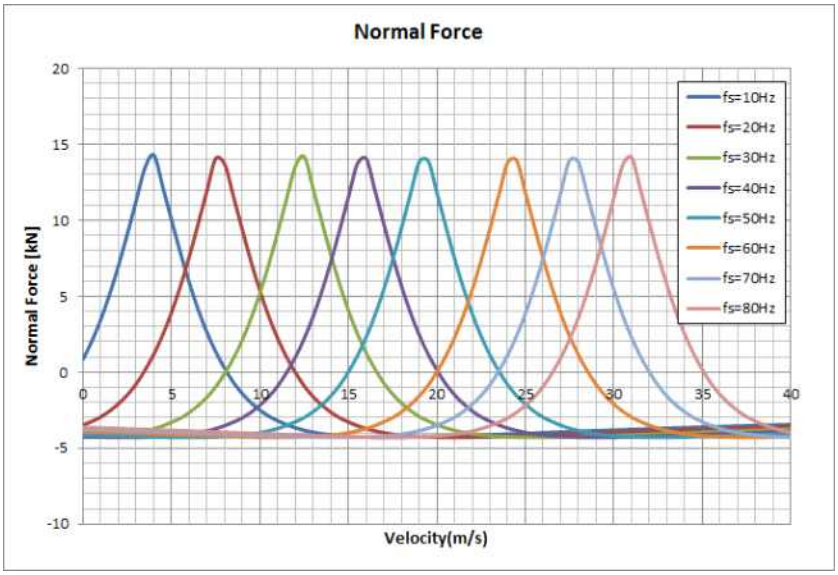
[그림 559]SINGLE SIDED LINEAR INDUCTION MOTOR (SLIM) Design Procedure

나) 등가회로 해석 프로그램을 이용한 기초 설계

- 기저 속도(90kph) 영역에서의 특성 해석을 위하여 등가회로 해석을 통한 설계 프로그램을 이용하여 200kph급 선형 유도기의 기본 설계를 수행함
- 3상 12극 구조의 선형 유도전동기의 각각의 동작 주파수에 대하여 속도에 따른 특성 해석을 수행하였음
- 다음 그림은 각각의 동작 주파수에 대하여 속도에 따른 추력 및 부상력 특성해석을 수행한 결과임



[그림 560]선형 유도기 기초 설계안 추력해석



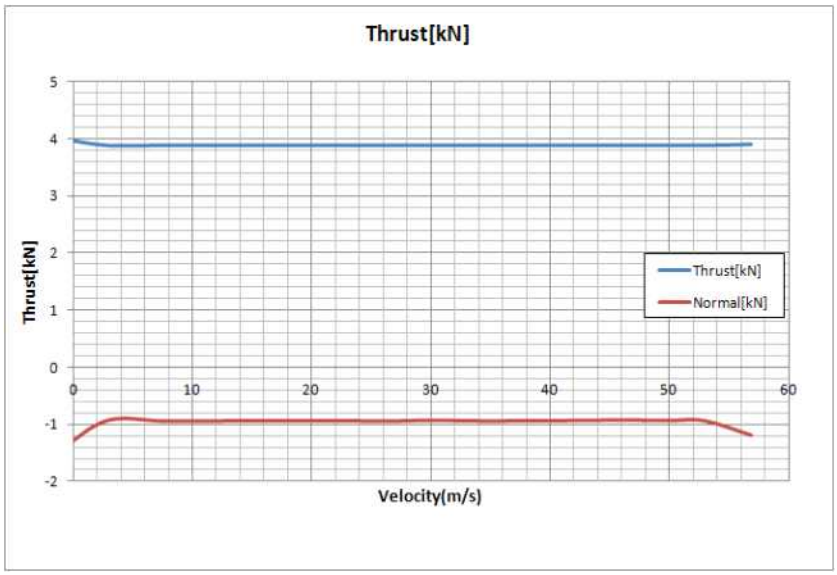
[그림 561]선형 유도기 기초 설계안 수직력 해석

○ 추력의 경우 각각의 주파수에 대하여 슬립이 1에서 0으로 감소함에 따라 보여지는 일반적인 유도기의 특성을 보여주고 있으며 슬립이 음수가 될 경우 발전 영역으로 동작하여 음의 추력이 발생하게 됨

○ 부상력의 경우에는 슬립이 1에서 0으로 감소함에 따라 부상력이 음에서 양으로 증가하는 특성을 보여주고 있으며 추력의 경우와 마찬가지로 슬립이 0이 되는 지점부터 운전영역이 발전영역으로 들어가서 부상력의 특성이 변화하는 모습을 보여주고 있음

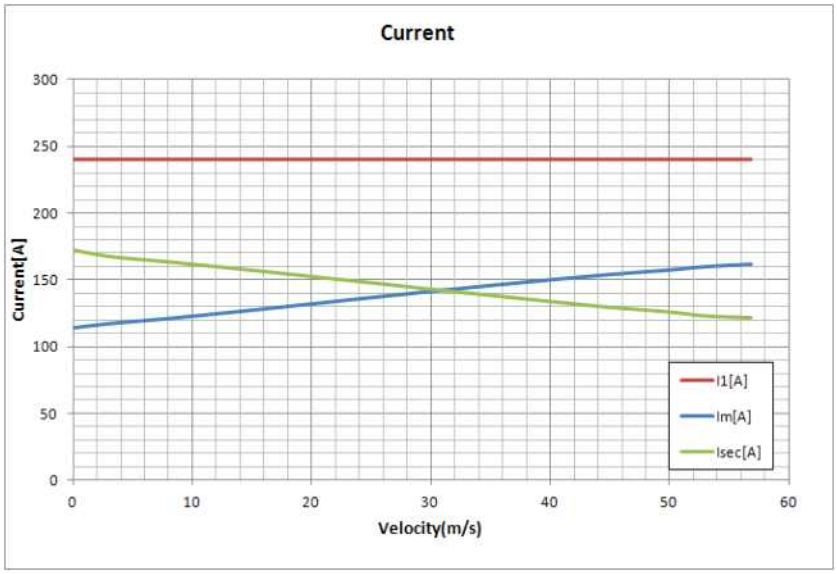
○ 추력 및 부상력 특성해석과 관련하여 동작 시 모든 슬립주파수에 대하여 동작하는 것이 아니고 일정한 슬립주파수의 영역에서만 동작하게 되는 값이므로 일정 슬립주파수(12.5Hz)에 대하여 정리한 그래프는 아래 그림에 나타내었음

○ 아래 그림에서 보이듯 일정 슬립 주파수에서의 추력 및 부상력의 값은 일정하게 유지되는 것을 볼 수 있으며 그 값은 추력의 경우 약 4kN 정도로 기본 설계 과정으로서의 등가회로 해석을 고려하였을 때에 추력 해석 조건을 만족했다고 할 수 있음

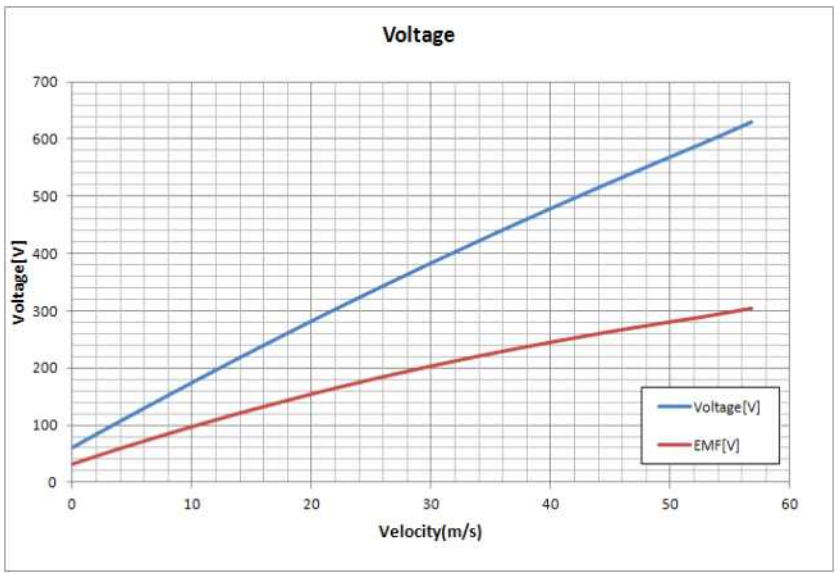


[그림 562]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 추력 및 부상력 특성

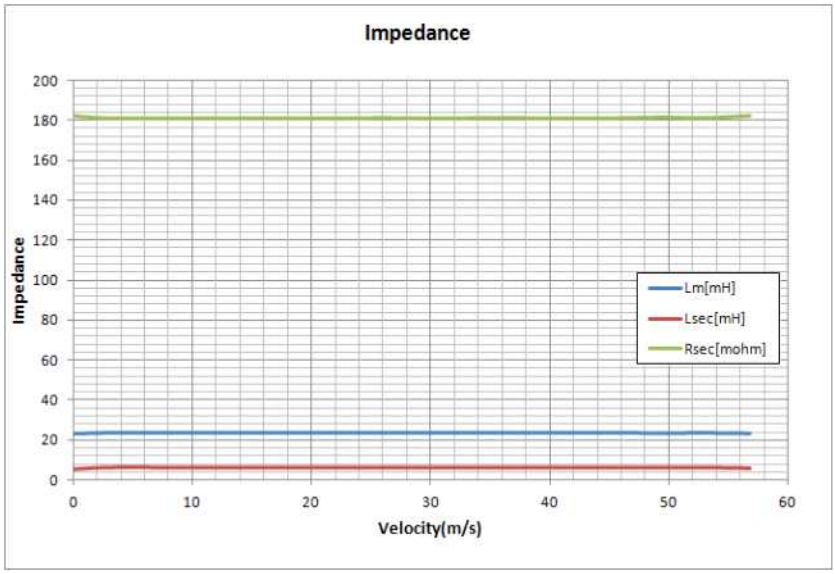
○ 위의 부상력 및 추력 해석과 마찬가지로 각각의 해석 주파수 및 속도에 따른 전류, 전압, 임피던스의 해석을 수행하였으며 이를 일정 슬립주파수 운전을 가정한 운전 영역에 대한 해석값으로 정리한 결과는 아래의 그림에 나타내었음



[그림 563]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 전류 특성



[그림 564]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 전압 특성



[그림 565]일정슬립주파수 제어시 속도에 따른 임피던스 특성

[표 149]Slip=12.5Hz일 때 임피던스

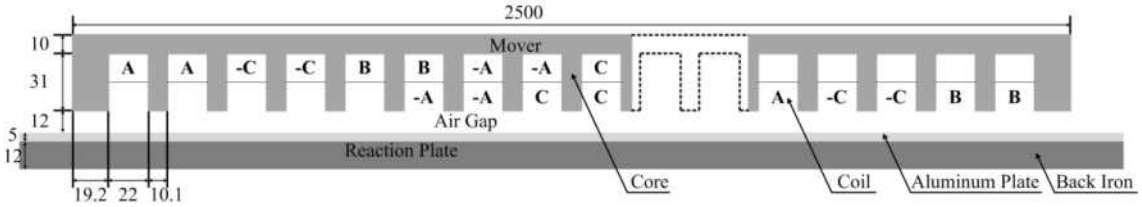
Item	Value
SPEED[m/s]	25
Rsec[ohm]	0.18
Lm[mH]	23.35
Lsec[mH]	6.06

2) 200kph급 선형 유도 전동기 기본 설계

가) 선형 유도 전동기 기본 설계 사양

- 200kph급 선형 유도 전동기의 기본설계를 위하여 등가회로 해석에서 유효한 값을 보인 2.5m의 길이를 갖는 12극의 LIM의 기본 설계를 수행하였음
- 기초 설계를 바탕으로 한 기본 설계에서는 2D 유한요소 해석을 바탕으로 추력과 자속밀도 등의 정밀 해석을 진행하였음
- 최고속도 200kph를 만족할 수 있도록 극상 구조를 3상 12극으로 선정함
- 슬롯 수 결정에 있어서 3상평형의 5피치에 적합한 구조를 선정하였으며 역기전력 제한을 고려하여 슬롯당 6턴의 코일 구조를 선정함
- 아래 그림은 자기부상열차 추진을 위한 선형 유도 전동기의 1차 기본

설계를 진행한 평면도로 기본적인 권선의 설계도 표시되어 있음



[그림 566]200kph 급 선형 유도 전동기 기본설계안

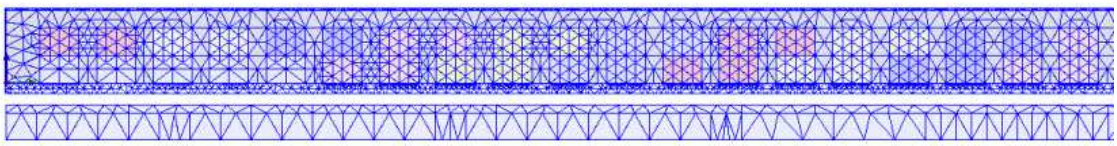
- 선형 유도전동기의 공극의 길이는 열차의 추진력과 직접적으로 연결되는 값으로, 값이 작을수록 전동기의 추진의 측면에서는 유리하지만 고속 주행시 발생하는 공력에 대한 손실도 커지고 부상계가 부담해야할 안정성의 확보에도 어려움이 커질 수 있기 때문에 200kph급 자기부상 열차에서는 기계적 공극을 공극을 12mm로 선정함
- 2차측 알루미늄의 두께는 5mm로 선정하였으며 알루미늄의 오버행 효과는 알루미늄의 도전율 계산을 통해 보상하였음
- 특히 알루미늄의 두께를 비롯한 2차측 선로의 사양은 도시형 자기부상 열차에서 사용되었던 사양을 적용함
- 전동기의 기저속도의 경우 앞에서 언급한 바와 같이 90kph(25m/s)로 선정하였으며 이는 제어시 200kph까지 제어가 가능할 수 있음을 고려하여 산정한 값임
- 운전 주파수는 12.5Hz의 슬립 주파수를 고려하여 선정하였으며 이를 바탕으로 해석을 진행함.
- 해석된 선형 유도 전동기의 기본사양은 아래의 표에 나타내었음

[표 150]선형 전동기 기본설계 설계사양

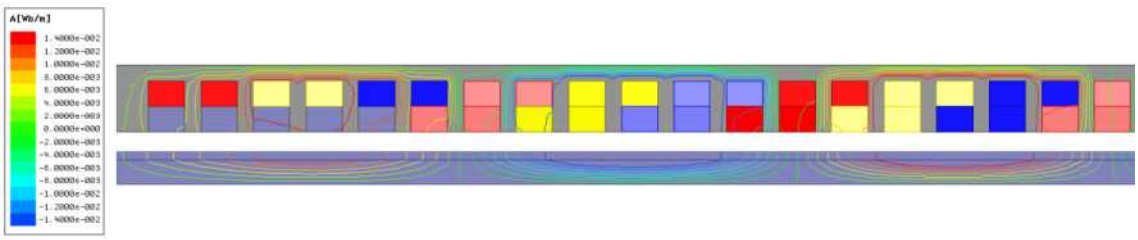
Poles	12	Base Velocity	25 (m/s)	Pole Pitch	192.6 (mm)
Slots	77	Coil pitch	5	Phase Current	450 (Arms)
Phase	3	Slot Area	682 (mm^2)	Air-gap Thickness	12 (mm)
Turn per phase	72	Stack Length	220 (mm)	Aluminum Thickness	5 (mm)
Slot of Layers	2 layer	Parallel Branches	1	Thrust Force Results	3.6 (kN)

나) 유한요소 해석을 통한 선형 유도 전동기 특성 해석

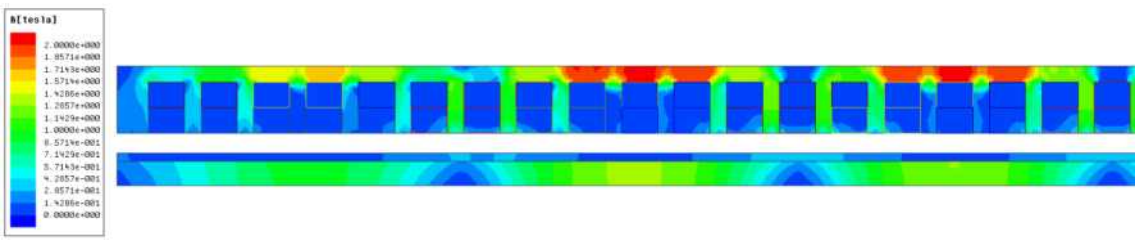
- 선형 유도 전동기의 해석을 위해서는 선형 모델을 직접적으로 모델링하여 추력 및 부상력을 해석하는 방법이 있고 해석의 안정성 및 수렴속도를 고려하여 반지름이 매우 큰 원통형 모델로 근사하여 해석하는 방법이 있음
- 아래의 방법은 선형 유도 전동기를 직접적으로 선형 모델로 구현하여 유한요소를 해석하는 과정으로 약 3만개의 요소분할을 통하여 직선구간 해석을 수행할 경우 유도 전류의 발생 및 수렴과정을 고려하였을 때 안정적인 해석 결과를 얻기 위해서는 약 200분의 시간이 소요됨
- 아래의 그림에 선형 유도전동기의 유한요소 해석을 위한 요소 분할도 및 자속선도, 자속밀도 분포, 2차측의 전류밀도분포를 나타냄



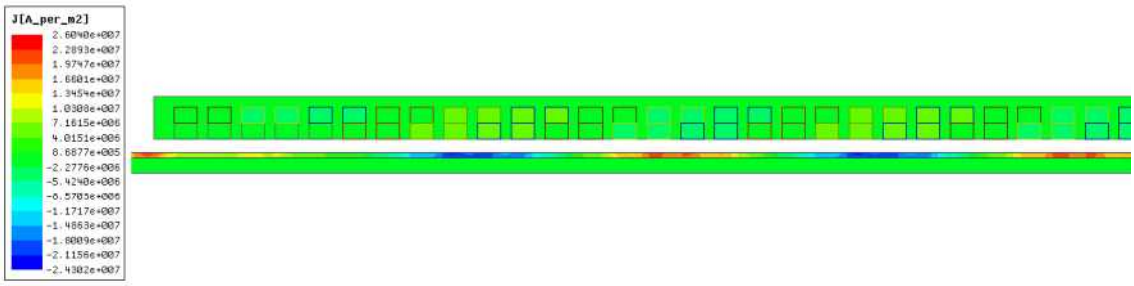
[그림 567]선형 유도 전동기 요소분할도



[그림 568]선형 유도 전동기 자속선도



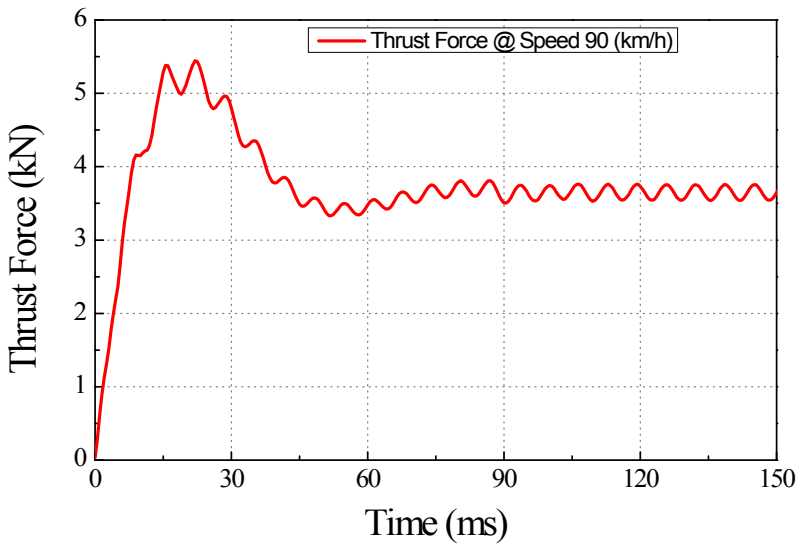
[그림 569]선형 유도 전동기 자속 밀도 분포도



[그림 570]선형 유도 전동기 2차측 와전류 분포도

- 위의 그림에서 나타낸 정상 상태의 기기 자속선도 및 자속밀도 분포도를 살펴보면, 자속선도의 경우 각 극에 따라 자속선이 형성되어 자기회로가 정확히 구성되었음을 알 수 있으나, 자속밀도 분포를 보면 최대 정격전류 해석 시 1차 측 중앙 요크에서 국부적으로 포화현상이 발생하는 것을 알 수 있음
- 위의 설계 결과를 바탕으로 한 개선설계에 있어서 요크에서의 포화현상을 개선이 필요함

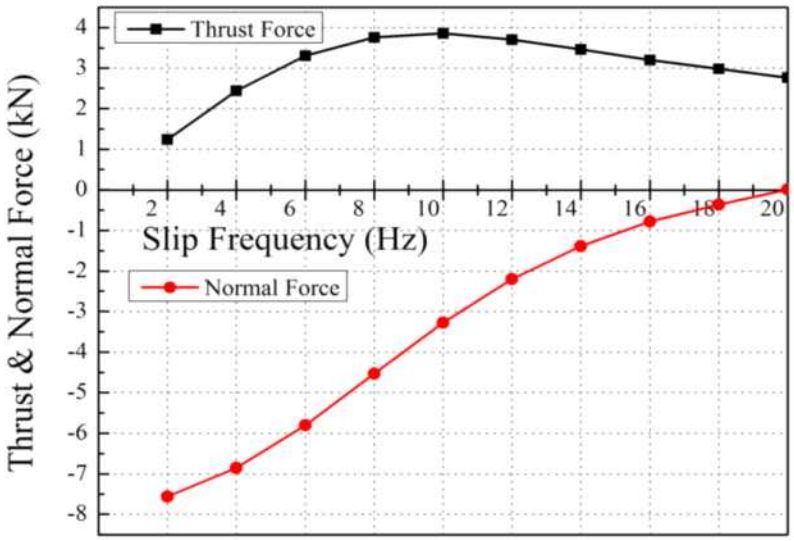
- 유한요소 해석 결과 중 시간에 따른 해석 결과는 아래 그림에 나타냄
- 아래 그림에서 보이는 바와 같이 시간에 따른 해석에는 해석 결과의 신뢰성 확보를 위하여 수렴을 위한 시간이 필요하며 고속으로 움직이는 선형 전동기의 해석에 있어서 더 큰 해석 영역 및 해석 시간이 필요함



[그림 571]시간에 따른 추력 해석 결과

○ 기저속도에서의 구동주파수는 선형 유도 전동기의 극 간격 및 요구속도, 슬립주파수가 결정되면 계산을 통해 구할 수 있음

○ 슬립 주파수에 따른 부상력 및 흡인력의 해석은 Locked Rotor Test를 통해 해석결과를 얻을 수 있으며 이 해석 결과는 아래의 그림에 나타내었음



[그림 572]슬립 주파수에 따른 LIM의 흡인력과 추진력 해석 결과

○ 위의 그림에서 보이는 바와 같이 기저 속도에서 슬립 주파수가 증가함에 따라 추력은 10Hz를 기준으로 증가와 감소가 진행되며 부상력의 경우 슬립주파수 증가에 따라 연속적으로 흡인력이 감소하는 것을 확인할 수 있음

○ 위의 슬립주파수에 따른 추력 결과 및 해석 결과를 살펴 볼 때 추력을 최대에 근접하게 사용할 수 있으며 부상력의 간섭도 적은 10~14Hz 영역의 슬립 주파수를 선정하는 것이 바람직하며 이중 도시형 자기부상열차에서의 경우와 같이 12.5Hz의 슬립주파수를 선정하여 해석을 진행함

3) 선형 유도 전동기 보완 설계 및 특성 해석

가) 기본설계에 대한 보완 설계

① 선형 유도 전동기의 전류원 특성 해석

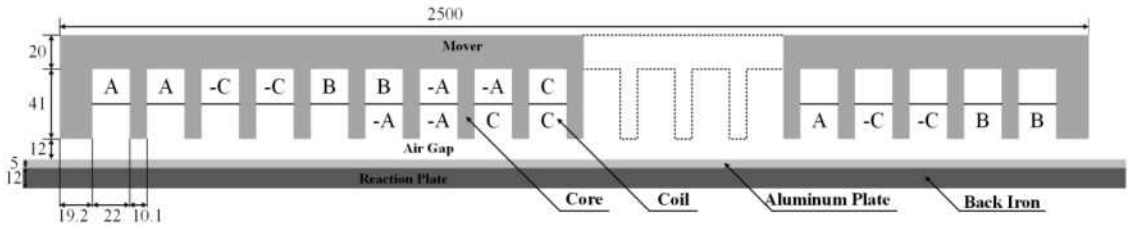
○ 등가회로를 활용한 선형 유도 전동기 기초 설계와 유한요소해석 결과를 바탕으로 추력 상승과 함께 효율을 높이기 위한 개선 설계를 수행함

○ 위의 유한요소 해석 결과에서 나타났던 1차측 요크 부분의 국부 포화 문제를 해결함과 동시에 설계 마진 확보를 위한 전류밀도 마진을 확보할 수 있는 방향으로 설계를 진행함

○ 기존의 설계안과 비교하여 슬롯의 깊이를 늘리고 요크의 폭을 증가시켜 전류 용량의 확대 및 요크부에서 발생한 국부 포화 현상에 대한 설계개선 효과를 기대할 수 있으며 이는 자속의 효율적인 이용으로 인한 추력 상승의 효과 및 철손의 감소로 인한 효율의 증가까지 동시에 얻을 수 있을 것으로 예상할 수 있음

○ 전동기의 전체 길이에 대한 변화가 없었기 때문에 극 간격, 권선의 간격, 치폭, 슬롯폭은 고정하였으며 슬롯 면적이 약 25% 증가한 개선설계의 결과를 도출함

○ 200kph급 선형 유도 전동기의 개선 모델 설계안은 아래의 그림에 나타냄

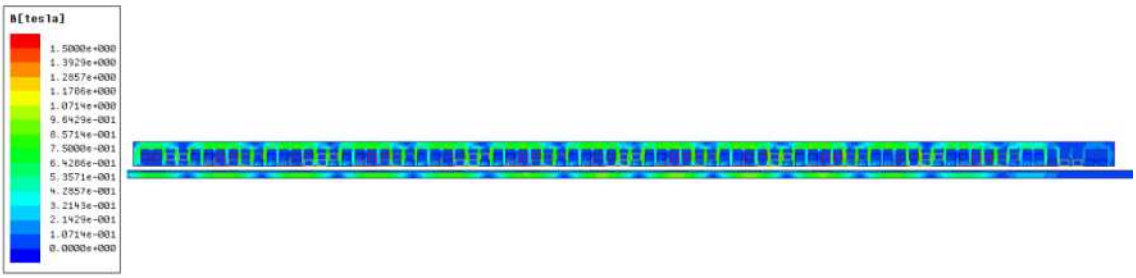


[그림 573]200km/h 급 LIM 개선 모델

○ 개선 모델의 구체적인 설계 사양은 아래의 표에 나타냄

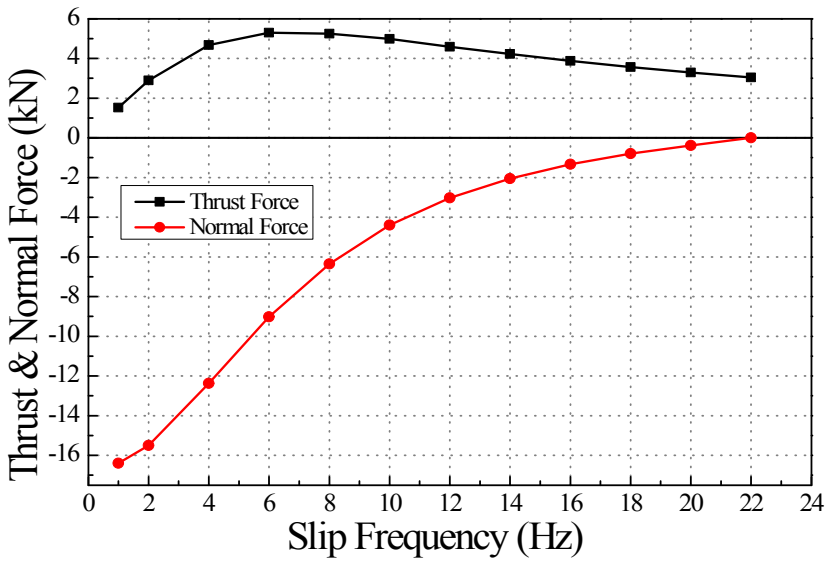
[표 151]개선 모델의 설계 사양

Poles	12	Base Velocity	25 (m/s)	Pole Pitch	192.6 (mm)
Slots	77	Coil pitch	5	Phase Current	450 (Arms)
Phase	3	Slot Area	902 (mm^2)	Air-gap Thickness	12 (mm)
Turn per phase	72	Stack Length	220 (mm)	Aluminum Thickness	5 (mm)
Slot of Layers	2 layer	Parallel Branches	1	Thrust Force Results	4 (kN)



[그림 574]2D FULL MODEL ANALYSIS RESULT

- 개선 설계된 LIM의 입력 전류에 따른 정격 추력 유한요소 해석 결과는 위의 그림에 나타냄
- 3상 평형의 입력 전류에 따른 해석을 실시하였으며 정격 해석 시 기기의 자속 밀도 분포를 살펴보면 위의 설계안에서 확인할 수 있었던 1차측 요크 부분에서의 국부 포화 현상이 완화됨을 확인할 수 있음
- 포화의 완화로 인한 자속 분포의 개선으로 추력은 3.6kN에서 4kN으로 11% 상승하였음

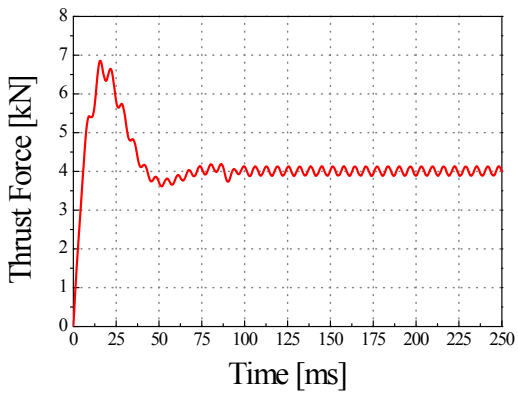
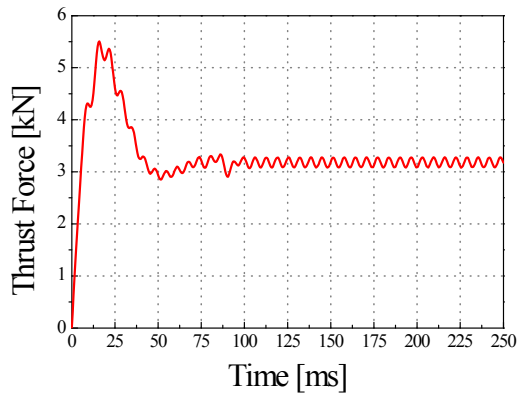


[그림 575]슬립에 따른 추력 및 흡인력 해석 결과

- 위의 그림은 1차측을 고정시킨 상태에서 슬립주파수에 따른 추력과 수직력에 대한 해석 결과임
- 운전 슬립주파수를 증가시킴에 따라 추력과 수직력의 변화 추이를 확인할 수 있으며 앞의 기본 설계에서 해석했던 결과와 마찬가지의 추이를 보이고 있음

○ 추력과 수직력의 추이가 일반적인 유도 전동기 시스템과 동일하므로 기기 설계의 타당성을 확인 할 수 있으며 요구 추력에 대한 수직력의 최소 지점을 찾아 12.5Hz의 운전 슬립 주파수가 유효함을 확인

[표 152]입력 전류에 따른 정격추력 유한요소 해석 결과

Input Current : 450 [A_{rms}] Slot area : 902 [mm^2] Coil fill factor : 60 [%] Turn per slot : 3 Coil area : 90.2 [mm^2] Current Density : 4.99 [A/mm^2] 25 [m/s] = 90 [km/s] Thrust Force : 4 [kN]	
Input Current : 400 [A_{rms}] Slot area : 902 [mm^2] Coil fill factor : 60 [%] Turn per slot : 3 Coil area : 90.2 [mm^2] Current Density : 4.43 [A/mm^2] 25 [m/s] = 90 [km/s] Thrust Force : 3.2 [kN]	

○ 전류 입력 450A_{rms}의 해석결과와 전류 입력 400A_{rms}의 해석결과와의 비교는 위의 표에 나타냈음

○ 전류 입력 450A_{rms}의 해석에서의 유도 기전력이 가선전압과 비교하여 볼 때 가용 전압의 범위에 근접해 있으며 실제 제어 구현 시 그 범위를 넘을 수도 있다는 해석 결과가 도출되었으며 이를 고려하여 입력 전류를 400A_{rms}로 낮추어 해석을 진행하였음

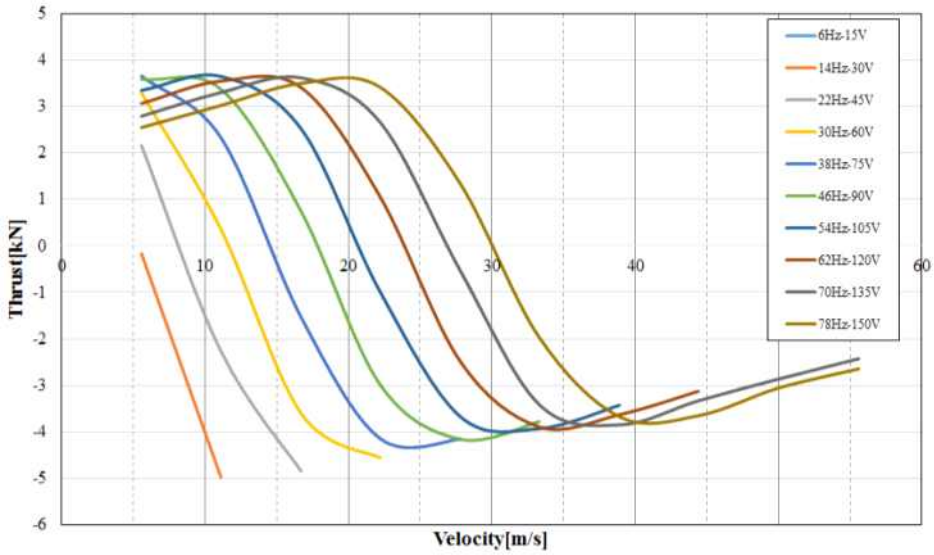
○ 전류원 해석의 경우 가용 전압이 충분함을 가정하여 해석하는 것이므로 가용전압이 부족한 경우 전압원을 입력원으로 하는 2D 유한요소 해석을 수행하여야 하며 다음 장의 해석 결과에서 제시함

② 선형 유도 전동기의 전압원 특성 해석

○ 일정 추력 영역의 경우 주파수 변동에 따라 고정자 전압을 비례하여

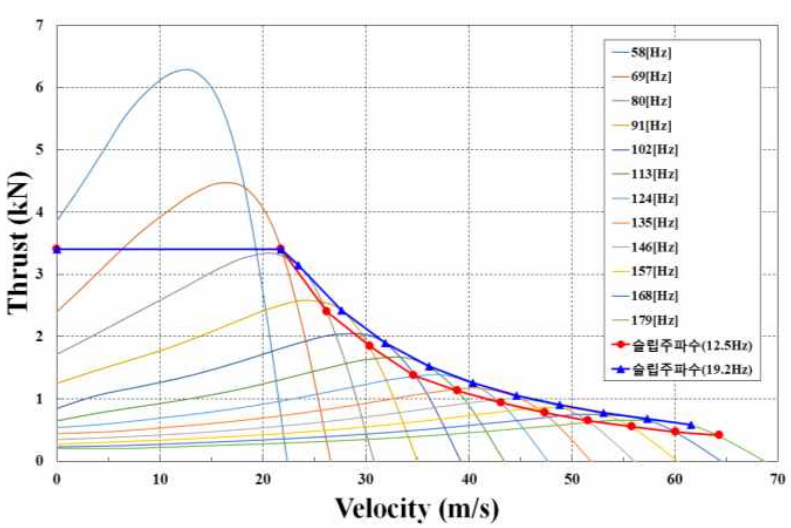
변동시켜 공극 자속을 일정하게 제어하는 'V/f 일정 제어'를 이용하여 선형 유도기 추력 제어를 수행하며 이를 유한요소 해석을 통하여 특성 곡선을 나타낸 그림은 아래에 나타냄

- 일정 토크 영역은 기저속도 이하의 영역으로 자속은 일정하게 유지되며 발생 토크는 슬립 각주파수를 가변함으로 제어되게 됨
- 기기의 'V/f 일정 제어' 시의 특성을 해석하기 위해 운전 주파수를 증가시키는 것과 동시에 고정자 전압을 증가시켜 자속을 일정하게 유지해야 함
- 입력 전압은 가선 전압이 DC 1,500V일 때 인버터의 최대 선간전압은 실효값으로 약 1,100[V]이고, 인버터 구성이 4P2S의 경우 모터 1대당 AC 150V_{rms}가 사용 가능함
- 따라서 주파수와 전압의 변동률은 최대전압 150V_{rms}, 운전 주파수는 기저속도 90km/h(25m/s)때의 77Hz까지 10개로 나눠 해석일 실시함



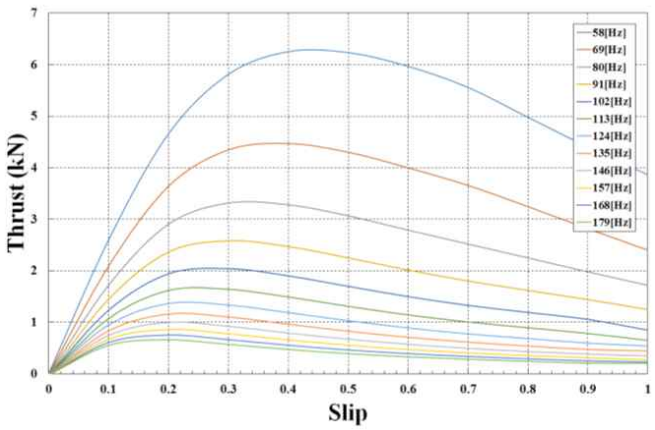
[그림 576]일정주파수·일정전압별 속도에 따른 추력특성

- 이 특성 해석을 통하여 선형 유도 전동기의 일정 토크 영역의 예측이 가능하며 입력 전압 150V_{rms}로의 해석을 위하여, 계산된 상 저항 0.013 Ω, 상 동기 인덕턴스 1.72mH를 파라미터로 입력하여 해석 수행
- 해석 그래프를 보면 약 3.4kN의 일정 토크를 낼 수 있고, 기저속도는 22m/s(약 80[km/h])임을 확인할 수 있음



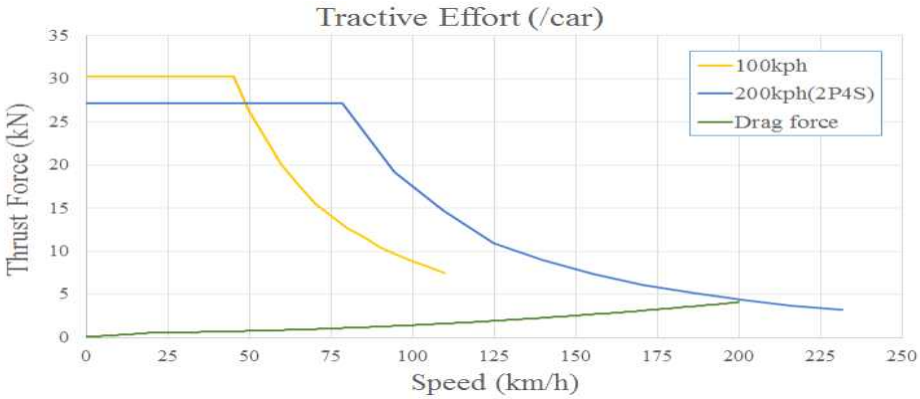
[그림 577]주파수별 속도에따른 추력특성

- 일정 출력 영역의 해석을 위해 일정 입력 전압 시 운전 주파수별 속도에 따른 추력 특성 해석 결과를 위의 그림에 나타냄
- 기저속도 이상의 영역에서는 운전 주파수 증가에 따라 슬립 각주파수를 증가시키는 운전을 해야 하며 이 영역에서는 전동기의 고정자 전압과 전류가 일정하므로 일정 출력으로 운전되며 이 영역이 일정 출력 영역임
- 운전 주파수는 58Hz부터 179Hz까지 12단계로 나눠 해석을 진행하였으며 입력 전압은 150V_{rms}, 상 저항 0.013Ω, 상 동기 인덕턴스 1.72H를 입력으로 한 2D 유한요소 해석을 수행함
- 앞의 일정 토크영역 해석 결과를 바탕으로 기저속도 22m/s까지는 일정 토크로 간주하여 해석하였으며 해석 결과에 대하여 12.5Hz와 19.2Hz의 슬립주파수에 대한 운전영역을 제시함



[그림 578]주파수별 슬립에따른 추력특성

○ 위의 그림은 슬립에 따른 주파수별 추력 특성을 해석한 결과로 슬립의 제어에 따른 추력의 변화의 추이를 확인할 수 있음

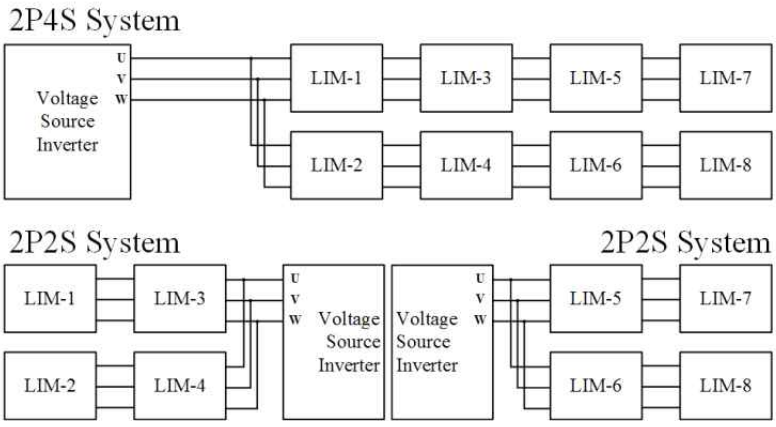


[그림 579]도시형LIM, 고속LIM과 차량 주행저항의 특성 비교

○ 위의 그림은 앞서 제시한 열차 주행 저항과 2D 유한요소 해석에 의한 특성곡선을 비교한 그래프로 특성곡선에 제시된 추력이 열차 주행저항보다 크면 설계의 타당성이 유효한 것으로 판단할 수 있음

- 기존의 도시형 100km/h 급과 새로 설계된 200km/h 모델의 추력 특성을 비교해 보면 기저 속도까지의 일정 토크의 크기는 작으나, 고속까지 넓은 영역에서 고른 추력을 낼 수 있게 설계됨을 확인할 수 있음
- 하지만 열차의 주행 저항과 비교해 보면 180km/h이상의 영역에서는 200km/h급의 추력이 주행저항과 비교하여 마진이 거의 없어진 결과를 보임
- 고속의 영역에서 주행 시 가속 여력의 부족이 발생할 가능성이 있음

나) 인버터 시스템의 구성 변경에 따른 해석



[그림 580]인버터 시스템 구성

○ 앞서 설계된 200km/h급 선형 유도 전동기는 전압의 제한 때문에 기저 속도가 너무 작고 추력 또한 주행저항과 비교하여 가속 여력이 부족할 것으로 예상되는 결과를 보임

○ 가선전압 1,500Vdc의 경우 2P4S 시스템 구성에 있어서 선형유도 전동기 한 대당 150V_{rms}의 전압이 사용 가능하기 때문에 선형 전동기의 가용 전압을 확보하기 위하여 시험 대차의 구성에도 용이한 2P2S 2대의 인버터 시스템으로 변경 구성안에 대한 해석을 수행함

○ 기존 2P4S의 구성과 비교하여 2P2S구조에서는 사용 가능한 정격 입력 전압은 150V_{rms}에서 306V_{rms}로 상승하게 되며 입력 전압의 상승으로 권선의 설계를 상당 72턴에서 120턴으로 증가하여 재해석을 실시함

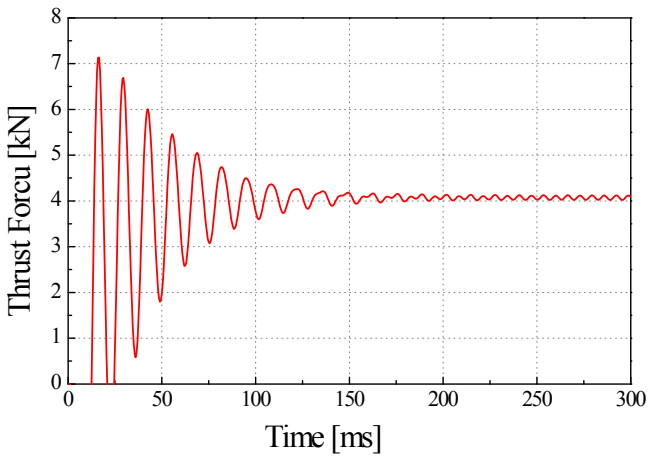
○ 다음 표는 2D 유한요소법을 사용한 선형 유도 2P2S 시스템시의 정격 전압을 적용하여 새롭게 해석한 결과로 입력 전압원 해석을 통해 전압 강하와 유기 기전력에 따른 전류에 의한 추력 도출을 수행함

○ 계산된 상저항 0.036Ω과 상 인덕턴스 4.61mH를 적용하여 해석을 실시함

○ 해석 결과 추력은 기저속도 90km/h(25m/s)에서 기존 3.7kN에서 4.07kN으로 증가함.

○ 전류 밀도는 5.13A/mm^2로 소폭 상승 하였지만 그 차이는 0.14A/mm^2로 아주 작음.

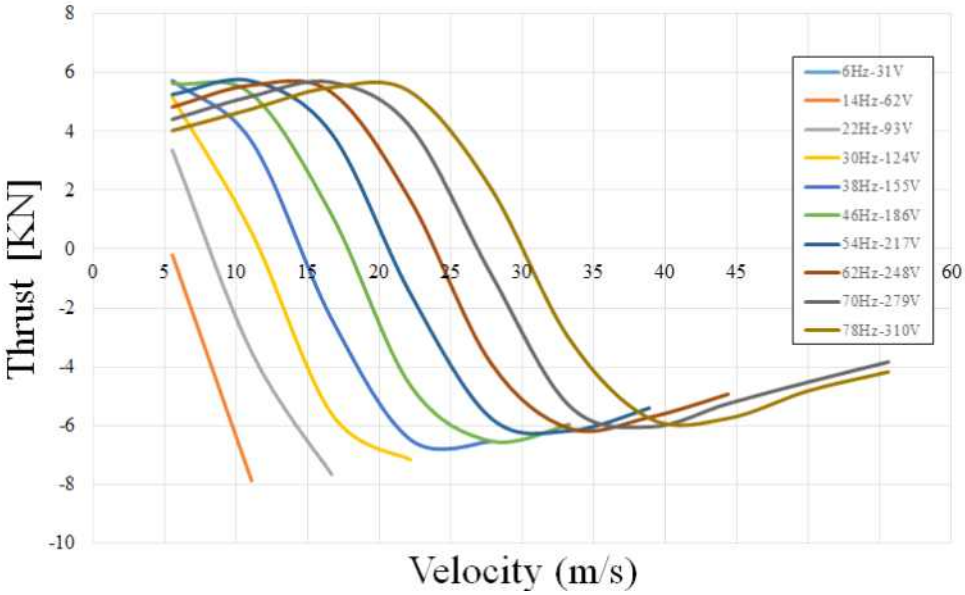
[표 153]2P2S의 LIM 정격 특성 해석 결과

Input Voltage : 306 [V_{rms}] Slot area : 902 [mm^2] Coil fill factor : 60 [%] Turn per slot : 5 Coil area : 54.12 [mm^2] Current Density : 5.13 [A/mm^2] 25 [m/s] = 90 [km/s] Thrust Force : 4.07 [kN]	

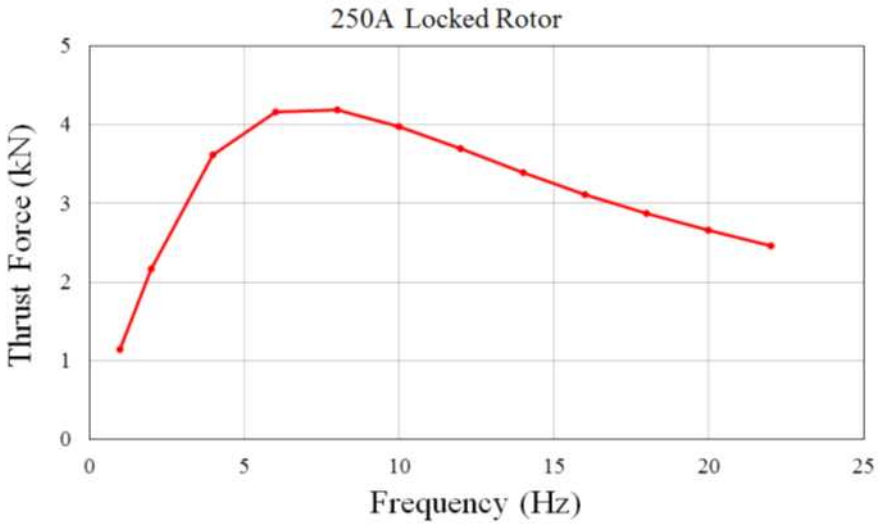
○ 다음 그림은 2P2S LIM의 'V/f 일정 제어'시의 특성 해석 결과로 정격

전압인 306V와 정격 운전 주파수인 78Hz까지 10단계로 나누어 속도별 유한요소 해석을 수행하였음

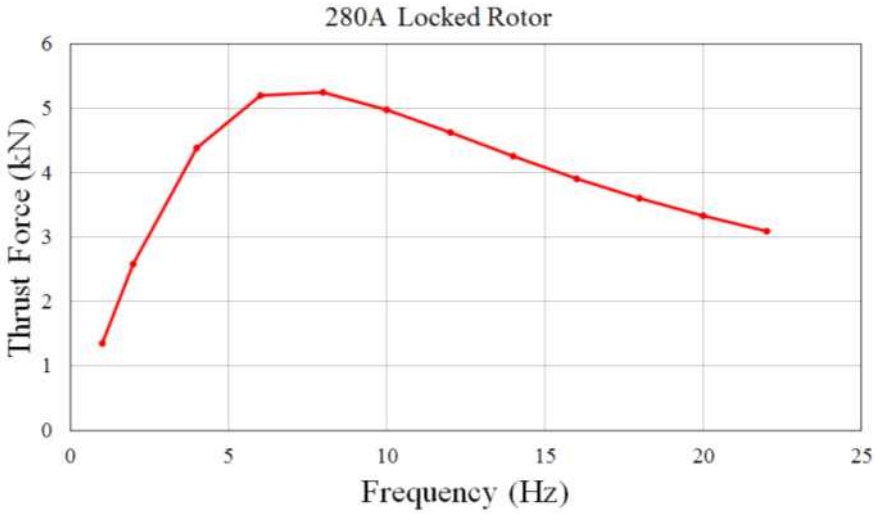
○ 0km/h에서 기저속도 90km/h(25m/s)까지 구간에 대해서 일정 토크를 확인할 수 있으며 주행 저항에 대한 추진력 3.6kN 이상을 기저속도인 90km/h(25m/s)까지 충분히 낼 수 있을 것임을 확인하였음



[그림 581]속도에 따른 추력 특성 해석(V/f 일정 제어)



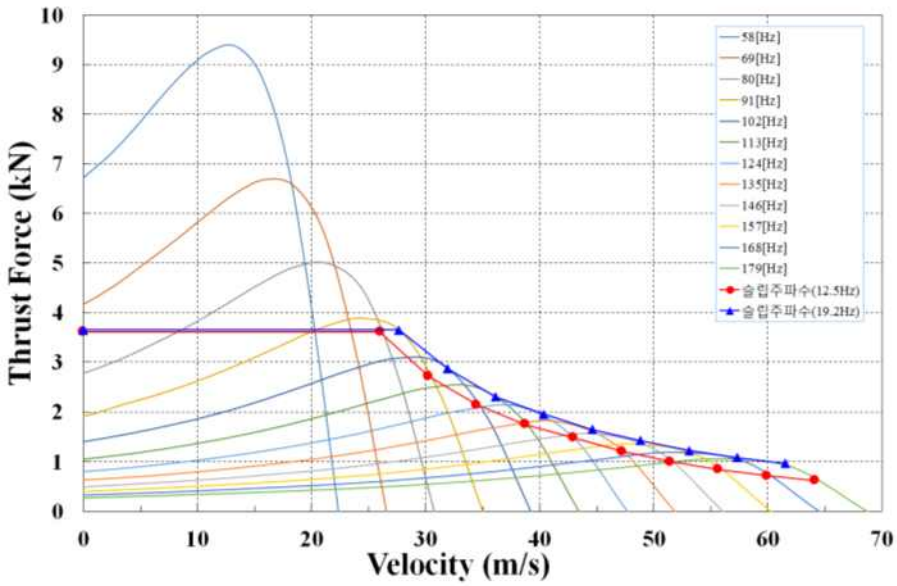
[그림 582]구속 조건에서의 슬립주파수에 따른 추력 특성(250Arms)



[그림 583]구속 조건에서의 슬립주파수에 따른 추력 특성(280Arms)

○ 앞의 그림은 입력 전류에 대한 1차측 구속 해석으로 1차 측을 구속한 상태에서 주파수 변화에 따른 추력 특성을 250A와 280A의 두 입력 상태에서 해석을 수행함

○ 해석 결과를 살펴보면 추력 변화 경향이 기존의 전동기와 동일함을 확인할 수 있으며, 따라서 정격 구동 슬립 주파수인 12.5Hz구간에서의 추력 특성과 슬립 주파수의 변화에 대한 추력 특성을 파악하여 기기 성능을 파악할 수 있음

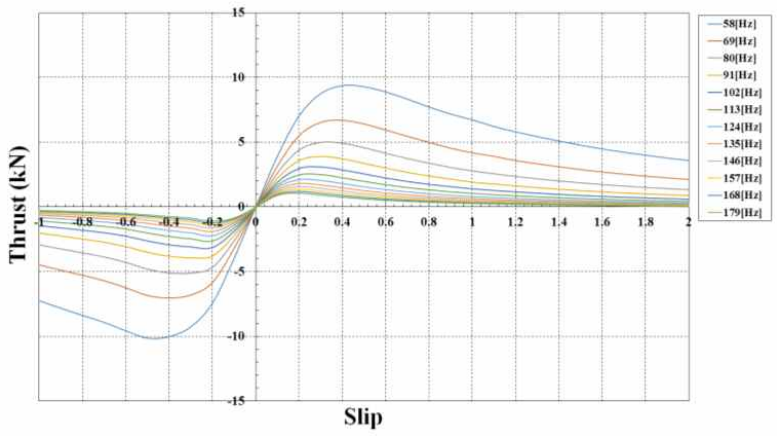


[그림 584]운전 주파수별 속도에 따른 추력 특성 해석

○ 위의 그림은 일정 출력 영역의 해석을 위해 일정 입력 전압 시 운전 주파수별 속도에 따른 추력 특성 해석 결과로 운전 주파수는 58Hz부터 179Hz까지 12단계로 나눠 해석을 수행하였음

○ 입력 전압은 306V_{rms}, 상저항 0.036Ω과 상 동기 인덕턴스 4.61mH를 입력으로 하였으며 일정 토크영역 해석 결과를 바탕으로 기저속도 90km/h(25m/s)까지는 일정 토크영역으로 가정하여 해석 수행

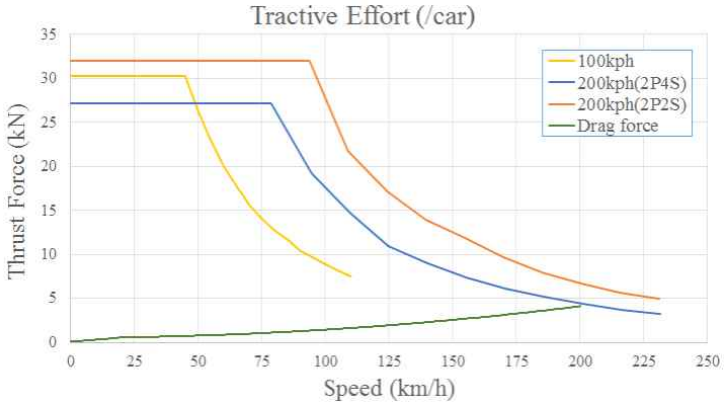
○ 기저속도 90km/h(25m/s) 이상의 영역에서 슬립 주파수에 따른 추력을 특성 곡선을 통해 확인할 수 있으며 목표 속도인 200km/h(55m/s)에서의 추력 결과를 볼 때에 주행 저항과 비교하여 가속 여력이 있는 것을 확인할 수 있음



[그림 585]운전 주파수별 슬립 주파수에 따른 추력 특성 해석

○ 위의 그림은 운전 주파수별 슬립에 따른 추력 곡선으로 슬립 변화에 대한 추력 특성을 보고 기기 설계와 해석에 대한 타당성을 확인 할 수 있음

○ 또한 슬립 변화에 대한 추력 특성을 통해 운전 영역의 평가도 이루어 질 수 있음.

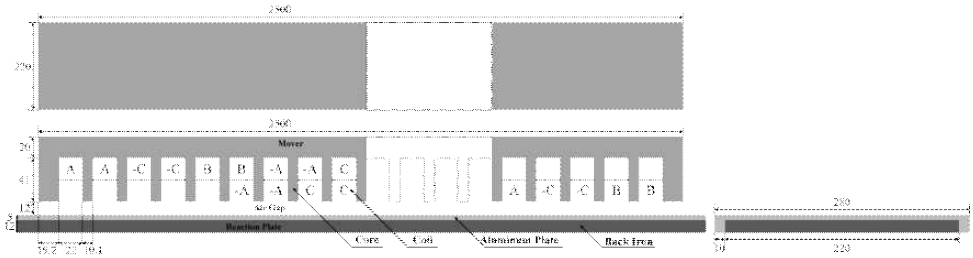


[그림 586]차량당 속도에 따른 추력 특성 곡선의 비교

○ 위의 그림은 차량당 속도에 따른 추력 특성 곡선의 비교를 나타낸 그림임.

○ 도시형 100km/h급 자기부상 열차와, 새로 설계된 2P4S시스템의 200km/h급 자기부상 열차, 2P2S 시스템의 200km/h급 자기부상 열차의 추력특성을 열차 주행 저항과 비교하였으며 개선 설계의 결과 200kph에서 가속 여력이 존재함을 확인할 수 있음

○ 다음 그림은 해석 및 설계 완료된 선형 유도 전동기의 도면임



[그림 587]설계된 선형 유도 전동

(다) 고속 선형 유도 전동기 시험 시스템 설계

1) 기존 시험 시스템 분석

○ 현재 기계연구원 시험동 내부에 설치되어 있는 회전형 시험기 시스템을 분석

○ 직경 2.5m의 디스크 사이즈를 갖는 원형 타입의 시험 시스템으로 길이 2.5m의 선형 전동기의 길이를 고려하여 직경을 3m로 증가시킨 시스템으로 수정이 필요함

○ 현재 해석 및 설계된 200km/h급 선형 유도 전동기의 원형 타입 시험 시스템 설치 시 직선형 시스템과의 상관관계에 대한 고려가 필요함.

- 시스템 도면 분석 및 제반 설비 점검

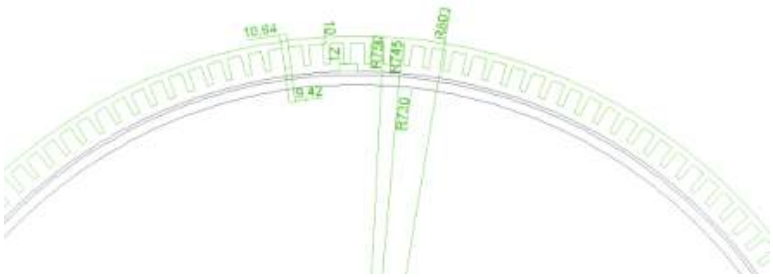


[그림 588]회전형 시험기

2) 회전형 시험기용 아크 타입 선형 유도 전동기 해석

가) Arc type LIM 설계를 위한 유한요소 모델링 및 cad 작업 수행

- 아래 그림은 현재 기계연구원에 설치되어 있는 시스템을 기반으로 Arc type LIM으로 적용하기 위한 설계 도면임
- 전동기 폭 2.5m의 LIM을 지름 3m의 회전기 시스템에 적용하기 위한 설계를 진행

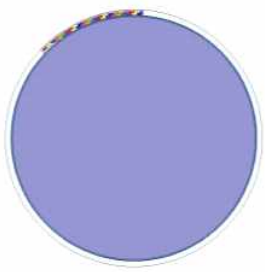
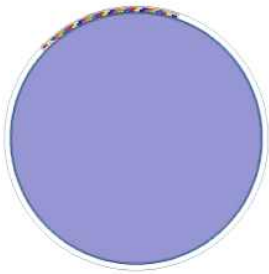
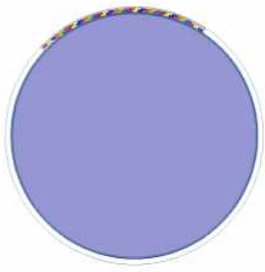
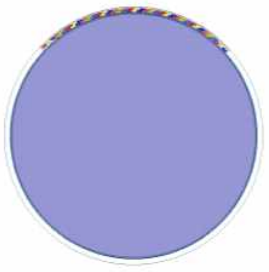


[그림 589]12극 Arc type LIM CAD 도면

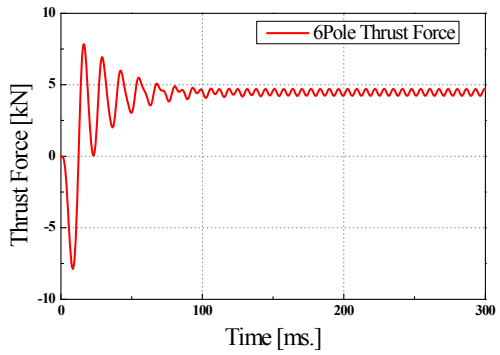
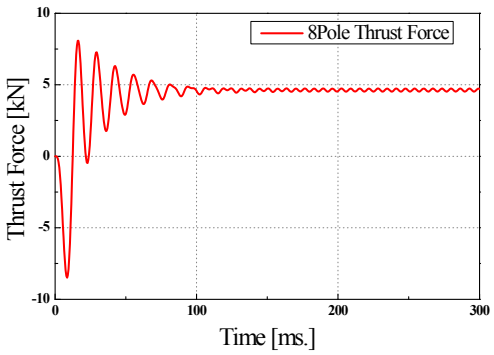
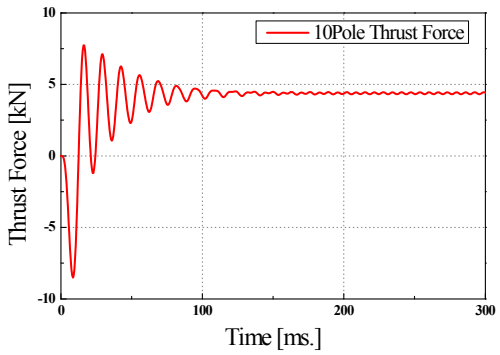
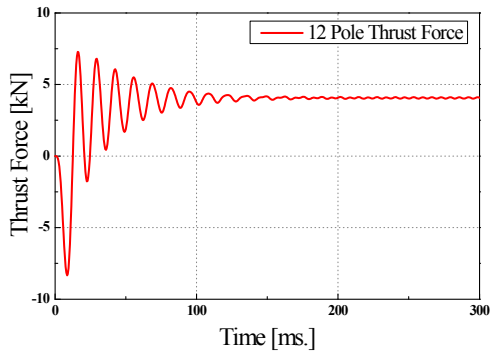
나) 극수에 따른 Arc type LIM의 성능 해석수행

- 지름 3m의 회전기 시스템에 12극으로 구성된 폭 2.5m의 Arc type LIM의 기저 속도에서의 추력 특성 해석을 실시함
- 제작의 한계성에 대비해, 극을 줄여 극 변화에 따라 특성이 어떠한 경향성을 띄는 지에 대한 해석도 병행하여 실시함

[표 154]극수에 따른 회전형 모델 해석

6 극	8극
	
10극	12극
	

[표 155]극수에 따른 추력 특성 해석 결과

6극 (4.47kN)	8극 (4.63kN)
	
10극 (4.38kN)	12극 (4.06kN)
	

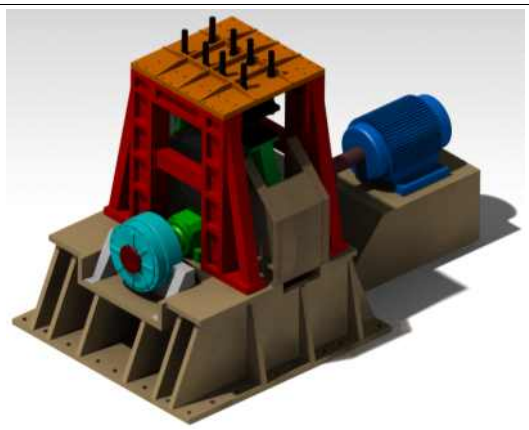
다) 극수에 따른 토크 특성 해석 결과

- 위의 표는 극수에 따른 원형 타입 선형 전동기의 추력 특성 해석 결과임
- 극수의 차이가 생김으로 인해 LIM의 길이 변화가 생김
- 해석 조건은 직경 3m의 원형 시스템에서 기저속도 25m/s의 속도의 회전 속도를 갖는 150rpm의 정격 속도로 결정함
- 전원은 앞의 직선형 타입과 같은 306Vrms의 3상 평형 전압을 인가함
- 극수에 따른 추력의 변화가 있음을 확인함
- 변화의 추이는 선형적이지 않음
- 원형 타입 LIM의 12극 해석 결과는 앞의 직선형 타입 LIM과 차이가 나지 않음
- 따라서 원형타입 시험기로의 설계가 유효한 것으로 판단됨

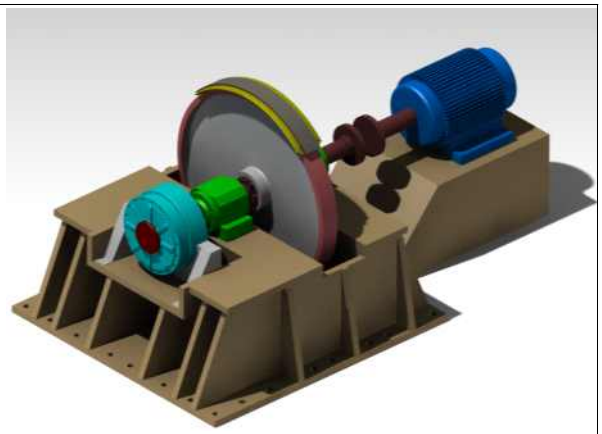
라) Arc Type LIM의 설계

- 해석 결과에 따라 원형 타입의 LIM 설계를 실시함

- 다음 장의 그림은 3D 설계 도면임
- 구조 해석을 위해 3D설계를 실시하였음
- 다음 표에 설계된 3D도면을 제시하였음
- 기계적인 구조 해석과, 시스템의 직관성을 위해 3D설계를 실시하였음
- 추진 LIM은 상단에 고정되어 직경 3미터의 디스크 로터를 회전 시키게 됨
- 크기가 크고 속도가 빠른 시험체이니 만큼 안전상의 고려가 설계의 가장 중요한 포인트임
- 디스크 로터의 양쪽 끝엔 브레이크와 부하로 사용될 100kW급 유도전동기가 설치되고 토크미터로 추진력을 측정하게 됨



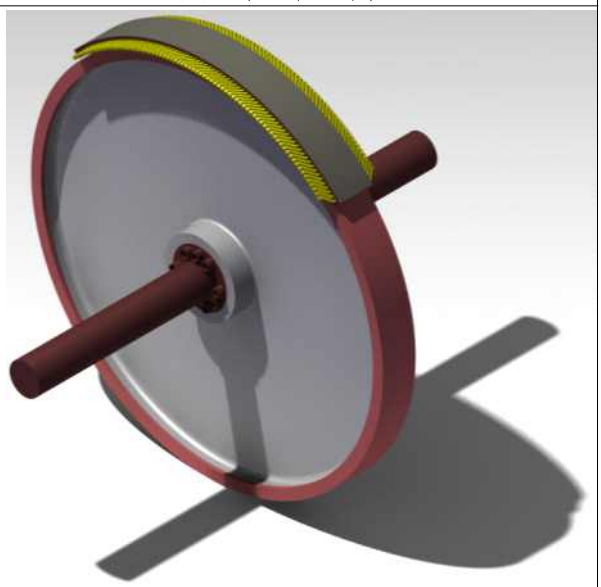
(a) 시스템 외관



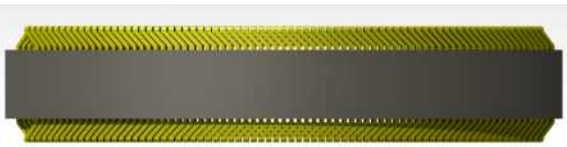
(b) 시스템 개념도



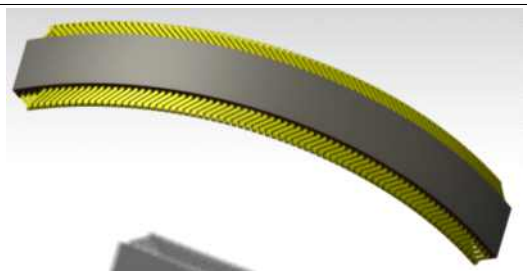
(c) 회전형 시험기용 디스크(front view)



(d) 회전형 시험기용 디스크(사시도)



(e) 회전형 시험기용 LIM(top view)



(e) 회전형 시험기용 LIM(측면도)

[그림 590]회전형 시험기 3D 도면

(2) 도시형 자기부상열차 전력운영비 절감을 위한 최적안 도출(대전도시철도공사)

(가) 전력 소비 저감량 목표 제시

1) SIV 전력 소비 저감량 목표 제시

[표 156]차량 비교 및 주요 사양 선정

일반사항	기존 SIV	공진형 컨버터를 이용한 SIV
중량	450kg	360kg(기존대비 80%)
소음	85dB 이하(강제냉각 방식)	83dB 이하(강제냉각 방식)
효율	90% 이상(Full load)	95% 이상(Full load)

(나) 현차적용 시험방안 수립

1) SIV 현차적용을 위한 세부 시험항목

[표 157]SIV 현차적용을 위한 세부 시험항목

순번	시험 항목	실시 구분	
		형식	전수
1	외관 구조검사	◎	◎
2	측정시험(치수검사, 중량측정)	◎	◎
3	절연저항 측정시험	◎	◎
4	절연 내력 시험	◎	◎
5	조작회로 동작 확인시험	◎	◎
6	상회전시험 (경부하 시험)	◎	◎
7	효율시험	◎	◎
8	순시 부하 변동 시험	◎	◎
9	특성 시험(전압변동시험)	◎	◎
10	보호 장치 동작 확인시험	◎	◎
11	전압중단, 재 가압시험	◎	◎
12	온도시험	◎	◎
13	소음시험	◎	◎

2) 현차취부에 따른 시험계획 수립

step 1. 신규 제작된 공진형 보조전원장치 성능시험

step 2. 신규 제작된 공진형 보조전원장치 현차 취부

step 3. 취부 후 보조전원장치에 대한 기본 동작 확인시험 실시

step 4. 보조전원장치 성능시험 실시

※ 기존장치와의 특성 비교 및 현차탑재 성능분석(소비전력 비교 등)

3) 성능평가 기준에 따른 시험 방법

가) 외관 구조검사

- ○ 기계적 외관 상태, 내부의 이물질 침입 여부 및 도장 상태를 확인
- ○ 가스켓류 밀봉 상태 및 취부 개소 확인
- ○ 각종 기기들은 진동으로 인해 고정이 풀어져 소손이 일어나지 않도록 견고히 고정되어 있는지 확인
- ○ 각종 터미널 등은 정확히 고정되어 있고 배선의 사이즈 및 선번호가 정확한지 확인
- ○ 접합부는 견고히 고정되어 있는지 확인

나) 측정시험(치수검사, 중량 측정)

- ○ 승인도면에 의거하여 SIV Box의 치수가 정확한지 확인
- ○ 기계적 인터페이스 부위의 치수 확인 및 전체 중량 측정

다) 절연저항 측정시험

- ○ 아래 표와 같이 절연 저항을 측정하여 규정치에 적합한지 확인

[표 158]절연저항 측정개소 및 규정치

내부구성품	시험항목	측정기준	비 고
리액터	권선-Frame	100[㏁]이상	
트렌스	1차측-2차측, Frame	100[㏁]이상	
	2차측-Frame	100[㏁]이상	
제어기	전원단자-Case	10[㏁]이상	
IDU	입력측-출력측	10[㏁]이상	

라) 절연내력시험

○ 아래와 같이 절연내압을 인가하여 회로에 이상이 없는지 확인

[표 159]절연내압 측정개소 및 규정치

내부구성품	시험항목	측정기준
리액터	권선-Frame	AC 5800[V], 60Hz, 1분간
트렌스	1차측-2차측, Frame	AC 5800[V], 60Hz, 1분간
	2차측-Frame	AC 2500[V], 60Hz, 1분간
제어기	전원단자-Case	AC 1500[V], 60Hz, 1분간
IDU	입력측-출력측	AC 5800[V], 60Hz, 1분간

마) 조작회로 동작 확인시험(기동 및 정지 시험, 출력전압 파형 촬영)

○ 제어전원을 정격으로 하여 가선 전압을 인가하지 않은 상태에서 조작회로 즉, 쵸퍼, 컨버터 및 인버터의 스위칭 상태를 촬영

바) 상회전시험 (경부하 시험)

○ 1500Vdc 정격 부하의 10%인 상태로 3 상 출력단의 A-B-C 상의 회전 상태를 터미널의 표시와 도면의 표시에 따라 3 채널 오실로스코프 또는 상회전 측정기 등을 이용하여 회전 방향을 측정 확인

○ 출력 주파수를 측정하여 기록

사) 효율시험

[표 160]효율시험 규정치

입력전압	부하량	규정치
DC1500V	100%부하	효율 95%이상

아) 순시부하 변동시험

○ 정격 입력 전압에서 부하량을 무 부하 → 50%부하 → 100%부하, 100%부하 →50%부하 → 무 부하로 순차적으로 변경하면서 출력 전압을 측정

[표 161]순시부하 변동시험기준

입력전압 : DC900V	입력전압 : DC1500V	입력전압 : DC1500V
부하조건 : 0%-50%-100%-50%-0%	부하조건 : 0%-50%-100%-50%-0%	부하조건 : 단락 후 개방

자) 특성시험(전압변동시험)

○ 이 시험은 AC 출력전압의 특성 측정을 목적으로 하며, 아래표와 같은 조건으로 측정하여 규정치에 적합한지를 확인

[표 162]특성시험 규정치

입력전압	부하량	규정치
DC 900V	0%, 50%, 100% 부하에서 각각 실시	380V(+5%-10%), 60Hz±1Hz, 왜율 10% 이내
DC 1500V	0%, 50%, 100% 부하에서 각각 실시	380V(+5%-10%), 60Hz±1Hz, 왜율 10% 이내
DC 1800V	0%, 50%, 100% 부하에서 각각 실시	380V(+5%-10%), 60Hz±1Hz, 왜율 10% 이내

차) 보호 장치 동작 확인시험

○ DC 입력전압을 인가하지 않고 정격 제어 전원만을 인가한 상태에서 제어기 및 센서류의 보호 동작상태를 확인하는 시험

○ 각각의 가상된 고장 상황에서 안전하게 보호하고 정지되는지 확인

○ 시험 결과 보호동작이 정상적으로 이뤄짐을 확인

[표 163]보호장치 동작확인시험 기준치

※ 기준치에 대한 선정은 정격의 75%를 대입

시험 조건	보호 항목	기준치	보호 동작
제어전원 : 최소, 최대, 정격전압	Gate Drive Fault	Drive Fault	Gate off, Contactors off
	제어전원 저전압	DC70V ± 10%	Gate off, Contactors off
	입력 과전압	DC2400V ± 10%	Gate off, Contactors off
	입력 저전압	DC800V ± 10%	Gate off, Contactors off
	입력 과전류	95A ± 10%	Gate off, Contactors off
	Boost con 과전압	DC2400V ± 10%	Gate off, Contactors off
	AC출력 과전압(ACOV)	AC500V ± 10%	Gate off, Contactors off
	AC출력 과전류(ACOC)	155A ± 10%	Gate off, Contactors off

카) 전압중단, 재 가압시험 (공급 과전압과 과도 에너지 시험)

○ 측정항목 : 입력조건, 장치의 손상여부, 동작상태

○ 정격입력 전압인 DC 1500V에서 정상 기동중인 보조전원장치의 입력 전압을 300V의 크기로 급변시킴(1500VDC→1800VDC→1500VDC)

○ 이 시험의 지속시간은 2초 이상 실시하며, 이때의 부하량은 정격 부하인 100% 부하에서 실시

○ 또한 정격 입력 전압인 DC 1500V, 100% 부하에서 정상 기동 중인 보조전원 장치의 입력전압을 차단하고, 보조전원장치가 안전하게 정지하고 전압이 재 인가된 후에 정상적으로 기동되는지 확인

타) 온도상승시험

○ 정격 입력전압과 정격 부하를 인가한 상태에서 시험을 실시하고 온도 레코더를 이용하여 각 개소의 온도 상승치를 측정

○ 온도 상승량이란 실측온도에서 주위 온도를 감한 순수 온도 상승량을 의미하며 상온은 -25℃~+45℃를 기준으로 함

파) 소음시험

○ 본 시험은 IEC 551 규격에 의거하여 A-Scale로 측정

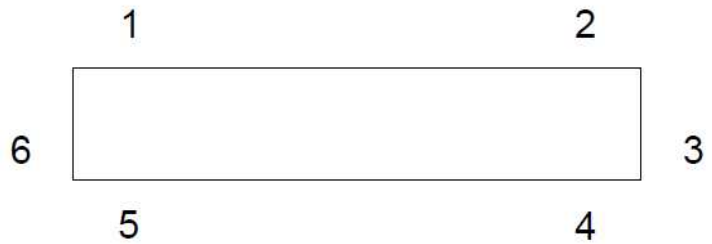
○ 입력전압 DC 1500V 상태에서 반사가 없는 보조전원장치의 1m 주위의 여러 장소에서 측정하여 그 평균 소음값을 구하여 그 값이 규정치 이하의 소음이 발생하는지 확인, 이 소음 측정은 정격 부하 상태에서 반사가 없는 조건에서 각각 측정

○ 측정단위는 데시별로 하고 시간적으로 평균한 등가소음도 dB Leq로 표기

○ 소음측정시간은 5초 이상으로 하며 필요에 따라 10초, 15초, 20초 중 하나를 선정할 수 있음

- 소음은 보조전원장치 상자의 중심 높이에서 수평으로 1M 떨어진 거리

에서 주소음 발생원 6개소의 측정치를 평균하여 산출



(다) SIV 현차시험/성능검증

1) SIV 성능시험

가) 주요사양

[표 164]자기부상열차용 보조전원장치의 사양

항 목			사 양
회 로 방 식		Converter Part	HF(High Frequency) DC-DC Converter
		Inverter Part	Voltage Source Inverter
제 어 방 식		Converter Part	ZVZCS(Zero Voltage Zero Current Switching)
		Inverter Part	펄스폭 변조 방식
냉 각 방 식			강제냉각
용 량			50kVA
입력 전압			DC 1500V(DC 900V ~ 1800V)
출 력	AC	용 량	50kVA
		전 압	AC 380V(+5 % / -10 %), 3상 AC 220V(+5 % / -10 %), 1상(3kVA)
		왜 율	10% 이내
		과부하	150%, 10s
제어 전원			DC 100V(DC 70V ~ 110V)
목표 중량			360kg 이내± 5%
Box 제한크기			700(H) X 800(W) X 1600(L)
효 율			95% 이상
소 음			83 dB (1m 주위)
주위 온도			-25℃ ~ +40℃

나) 외관구조 검사

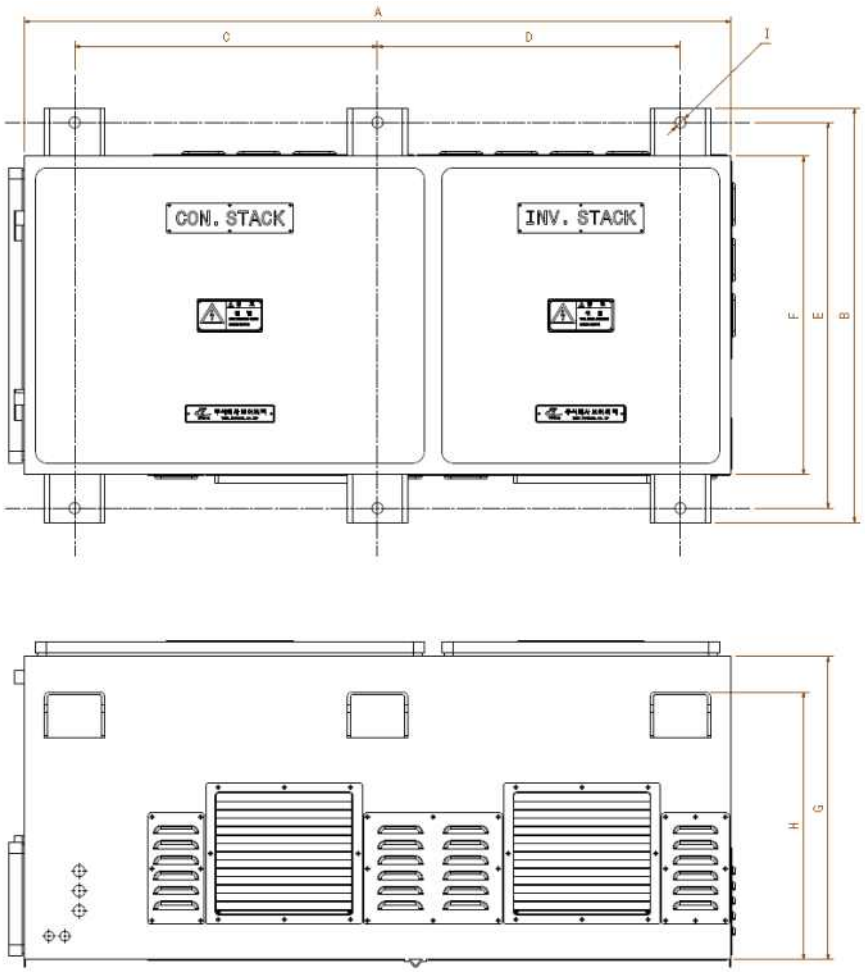
[표 165]외관 구조검사 측정결과

측정항목	결과	비고
외관 및 도장 상태	OK	
기기 취부 상태	OK	
전선 및 터미널 상태	OK	

다) 치수 및 중량 측정 시험

[표 166]보조전원장치 치수 및 중량 측정 결과

측정 항목	기준치	측정치	결 과	비 고
전체 중량	385kg 이내	283kg	OK	
A	1400 ± 4 mm	1400.0	OK	
B	820 ± 4 mm	819	OK	
C	600 ± 4 mm	601.2	OK	
D	600 ± 4 mm	600.3	OK	
E	764 ± 4 mm	763.7	OK	
F	630 ± 4 mm	630.2	OK	
G	600 ± 3 mm	601.0	OK	
H	530 ± 3 mm	530.0	OK	
I	∅22	22.4	OK	



[그림 591]보조전원장치 치수 측정 항목

라) 절연 저항 시험

[표 167]보조전원장치 절연 저항 측정 결과

측정위치	기준치	측정치	결과	비고
입력부 회로(1500V)	100Mohm 이상	2000 Mohm	OK	
컨버터부 회로(750V)	100Mohm 이상	2000 Mohm	OK	
인버터 출력부 회로(380V)	30Mohm 이상	2000 Mohm	OK	
100V 회로 및 접지회로	30Mohm 이상	2000 Mohm	OK	

마) 내전압 시험

[표 168]보조전원장치 내전압 측정 결과

측정위치	기준치	결과	비고
입력부 회로(1500V)	5600Vrms, 60Hz, 1분	OK	
컨버터부 회로(750V)	3400Vrms, 60Hz, 1분	OK	
인버터 출력부 회로(380V)	2500Vrms, 60Hz, 1분	OK	
100V 회로 및 접지회로	1500Vrms, 60Hz, 1분	OK	

바) 보호회로 동작 시험

[표 169]보조전원장치 보호회로 동작 시험 결과

시험조건	보호 항목	기준치	결과	비고
제어전원 : 최소, 최대, 정격전압	Gate Drive Fault	Drive Fault	OK	
	제어전원 저전압	DC70V ± 10%	71V / OK	
	입력 과전압	DC2400V ± 10%	2304V / OK	
	입력 저전압	DC800V ± 10%	OK	
	입력 과전류	95A ± 10%	95A (1.3V)/ OK	
	Boost con 과전압	DC2400V ± 10%	2400V / OK	
	AC출력 과전압(ACOV)	AC500V ± 10%	500V / OK	
	AC출력 과전류(ACOC)	155A ± 10%	155A (2.19V)/ OK	

사) Gate 파형 측정

[표 170]Gate 파형 측정 결과

제어전원전압	측정위치	결과	비고
DC 100V	쵸퍼(상,하단)	OK	스위칭 파형 첨부
	컨버터(상,하단)	OK	스위칭 파형 첨부
	인버터(U상)	OK	스위칭 파형 첨부
	인버터(V상)	OK	스위칭 파형 첨부
	인버터(W상)	OK	스위칭 파형 첨부

아) 무부하 기동 시험

[표 171]보조전원장치 무부하 기동 시험 결과

입력 전압	부하조건	기준치	결과	비고
DC 900V	0%	정상 기동 및 정지	OK	
DC 1500V	0%	정상 기동 및 정지	OK	
DC 1800V	0%	정상 기동 및 정지	OK	

자) 부하 시험 (경부하)

[표 172]보조전원장치 부하시험(경부하) 측정 결과

측정 조건	기준치	결과	비고
입력전압:DC 1500V 부하 조건 : 10%	상회전 상태 : R-S-T	OK	
	출력 주파수 : 60Hz ±1Hz	OK	
	위상각 측정(120° ±5%)	OK	
	출력전압(380V, +5%/-10%)	OK	

차) 부하 시험 (정격부하)

[표 173]보조전원장치 부하시험(정격부하) 측정결과

입력 전압	부하 조건	기준치	측정치	결과	비고
DC 900V	10%	AC 출력 전압 :380Vrms +5%/-10% AC 출력 주파수 :60Hz ±1Hz AC 출력 전압 왜율 :10% 이하	384 Vrms 60 Hz 918 Vdc 1.63 %	OK	
	50%		384 Vrms 60 Hz 918 Vdc 1.47 %	OK	
	100%		384 Vrms 60 Hz 917 Vdc 1.50 %	OK	
DC 1500V	10%		384 Vrms 60 Hz 1516 Vdc 1.73 %	OK	
	50%		384 Vrms 60 Hz 1515 Vdc 1.50 %	OK	
	100%		384 Vrms 60 Hz 1515 Vdc 1.15 %	OK	
DC 1800V	10%		384 Vrms 60 Hz 1803 Vdc 2.40 %	OK	
	50%		384 Vrms 60 Hz 1803 Vdc 1.21 %	OK	
	100%		384 Vrms 60 Hz 1803 Vdc 1.32 %	OK	

카) 입력전압 변동 시험

[표 174]입력전압 변동 시험 측정 결과

측정조건	기준치	결과	비고
입력 전압 : 1500Vdc-1800Vdc-1500Vdc 부하 조건 : 100%	출력 전압 : 380Vrms +5%/-10%	OK	
입력 전압 : 1500Vdc-차단-1500Vdc 부하 조건 : 100%	정지 후 재기동	OK	

타) 부하급변시험

[표 175]부하급변시험 결과

측정조건	기준치	결과	비고
입력 전압 : 정격입력전압(DC 1500V) 부하 조건 : 0%-50%-100%-50%-0%	부하 급변 후 정상적인 출력전압 확인	OK	

파) 온도 상승 시험

[표 176]보조전원장치 온도 상승 시험 측정 결과

측정 조건	측정 위치	기준치	측정치	결과	비고
입력 전압 : 1500Vdc 부하 조건 : 100%	주위 온도	-25≤T≤40℃	30℃	OK	
	스택1 히트싱크	△T≤75 ℃	37℃	OK	△T = 7 ℃
	스택2 히트싱크	△T≤75 ℃	33℃	OK	△T = 3 ℃
	입력 필터 리액터	△T≤140 ℃	39℃	OK	△T = 9 ℃
	Transformer1(TR1)	△T≤110 ℃	92℃	OK	△T = 62 ℃
	AC 출력 리액터	△T≤140 ℃	157℃	OK	△T = 127 ℃

하) 효율 시험

[표 177]보조전원장치 효율 측정 결과

측정조건	기준치	측정치	결과	비고
입력 전압 : DC 1500V 부하 조건 : 100%	효율 : 95% 이상	96.395%	OK	

거) 소음시험

[표 178]보조전원장치 소음 측정결과

측정조건	기준치	측정치	결과	비고
입력 전압 : DC 1500V 부하 조건 : 100%	83dB 이하	68dB	OK	

(라) 도시형 자기부상열차 전력 소모량 측정

1) 자기부상열차 전력소비량 측정시험

가) 시험개요

○ 시험장소 : 인천공항 자기부상열차 시험노선

○ 시험일자

- 1차 시험 : 2013년 6월 11일 ~ 12일
- 2차 시험 : 2013년 7월 3일 ~ 4일

○ 시험구간 : 105역-106역 직선구간(상선 4.2~5.2km 구간)



[그림 592]인천공항 시범노선 시험장소

○ 측정개소 : MDPS, APU100, APU330, INV

○ 시험조건 : 1km 구간 속도 60km/h, 80km/h 정속 주행 시 노치별 소비 전력 측정

나) 시험장비

[표 179]계측 시험 장비 사양

	외 형	사 양
DCPT		● DCPT 2516 - Sensor Scale : 3,000V/10V - Rated Voltage : 1,800Vdc - Polarity : Unipolar
DCCT		● KLL3.0(1.0)K-10VD - Sensor Scale : 3000A/10V 1000A/10V - Polarity : Bipolar
계측기		● Graphtec WR300 - 전압, 온도 정밀 계측장비

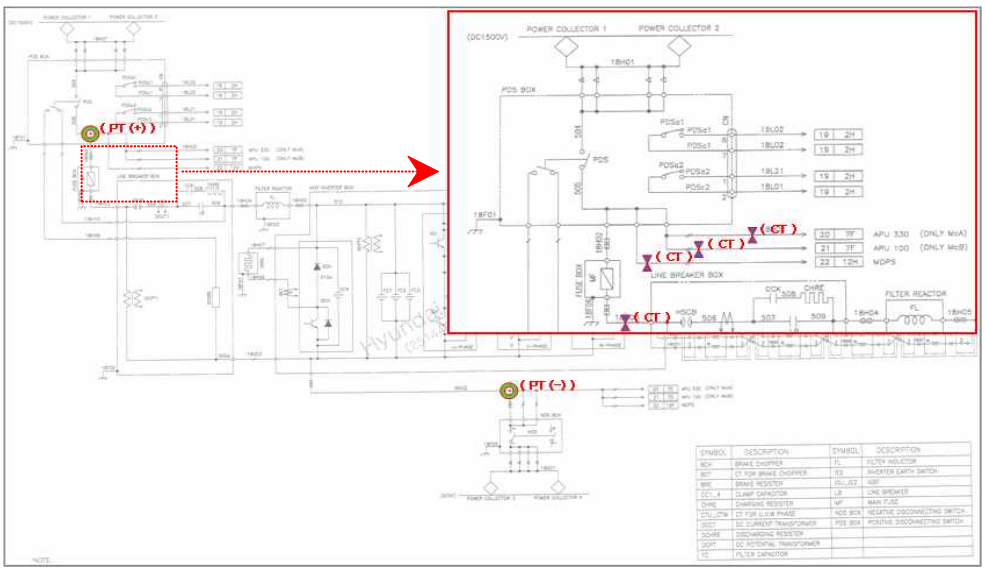
다) 계측기 설치

○ 센서 설치 개소

- CT 설치: 인버터, MDPS, APU330, APU100- 4개소 설치

※ 인버터, MDPS는 Only A-Car 설치(량당 소비량 동일하게 가정)

- PT 설치: APU100



[그림 593]자기부상열차 주회로 회로도면

라) 시험방법

○ 사전 선정된 운행 조건에 따라 동일한 1km 구간을 정속도 60km/h, 80km/h MCS모드 수동 운전하여 노치별 소비전력량을 측정

○ 출발 시 P3/P4 Notch로 출발하여 목표 속도 도달 후 정속주행

○ 정속주행 후 열차 정차시까지 B4~B7 각 스텝별 제동

[표 180]속도/노치별 운행조건

운행 속도	추진 NOTCH	제 동	비 고
60Km/h	P3	B4~B7	
	P4	B4~B7	
80Km/h	P3	B4~B7	
	P4	B4~B7	

마) 측정항목

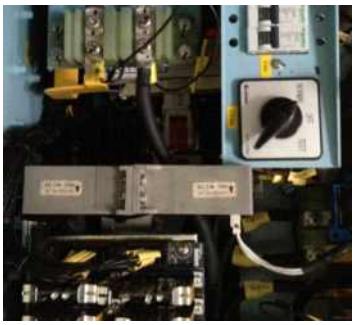
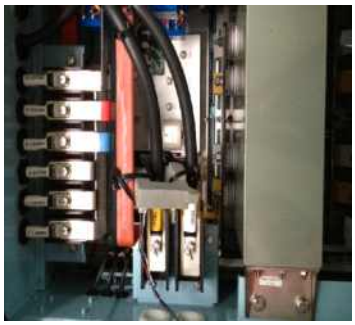
○ 추진전력 + 보조전원장치전력(APU 100,330) + 부상장치(MDPS)전력

○ 부하조건 : 객실 에어컨 및 히터 OFF, 객실 LED ON

바) 측정 방법

- ○ 개소별 설치된 센서를 계측기와 연결하여 소비 전류, 전압 계측
- ○ 계측된 데이터를 활용하여 소비전력(kwh) 변환하여 분석
- ○ INV, MDPS 데이터는 량당 소비전력이 동일하다는 가정하에 A-car 측정

사) 센서 설치 사진

	
CT 설치 : APU100,330, MDPS PT 설치 : APU100	CT 설치 : INV

[그림 594]계측기 설치 사진

아) 전력량 분석결과

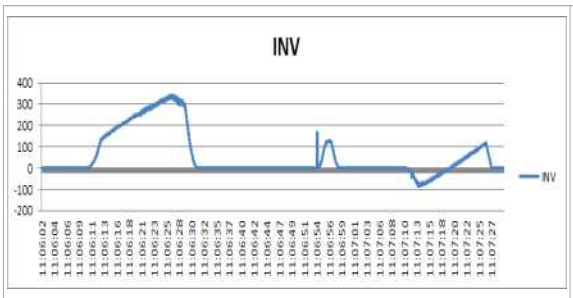
[표 181]속도/노치별 전력량 분석

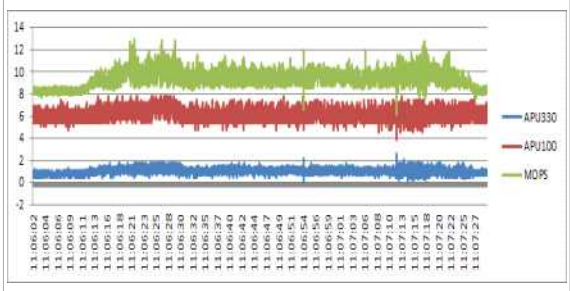
속도	추진	제동	INV			APU100	APU330	MDPS	계	거리
			추진	회생	역상					
60	P3	B4	4.12	- 0.239	0.409	0.50	0.03	1.38	6.02 kWh	1,002
		B5	4.23	- 0.265	0.422	0.24	0.01	0.84	5.31 kWh	951
		B6	4.16	- 0.268	0.417	0.26	0.01	0.84	5.28 kWh	996
		B7	4.72	- 0.301	0.378	0.24	0.04	0.79	5.79 kWh	1,012
	P4	B4	4.11	- 0.286	0.401	0.33	0.03	0.99	5.46 kWh	1,078
		B5	4.17	- 0.307	0.400	0.26	0.04	0.81	5.27 kWh	989
		B6	4.56	- 0.273	0.374	0.26	0.01	0.80	5.63 kWh	1,002
		B7	4.22	- 0.310	0.403	0.24	0.04	0.74	5.24 kWh	1,020

속도	추진	제동	INV			APU100	APU330	MDPS	계	거리
			추진	회생	역상					
80	P3	B4	5.88	- 0.635	0.373	0.28	0.05	0.87	7.08 kWh	1,042
		B5	5.91	- 0.846	0.426	0.25	0.04	0.80	7.00 kWh	1,014
		B6	5.42	- 0.792	0.395	0.25	0.04	0.80	6.50 kWh	953
		B7	5.57	- 0.876	0.412	0.23	0.04	0.73	6.57 kWh	951
	P4	B4	5.77	- 0.657	0.404	0.25	0.05	0.91	6.98 kWh	1,068
		B5	6.27	- 0.770	0.396	0.22	0.03	0.77	7.29 kWh	1,051
		B6	5.83	- 0.752	0.428	0.22	0.01	0.76	6.80 kWh	1,063
		B7	5.75	- 0.809	0.414	0.23	0.04	0.78	6.80 kWh	1,049

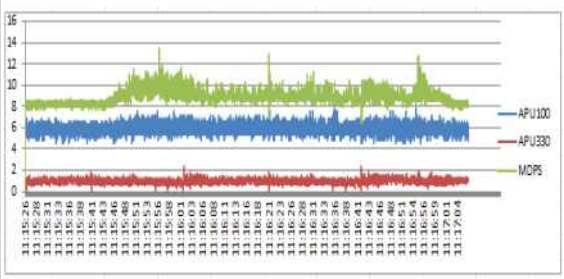
○ 60km/h 속도시험

P4-B7	P4-B6
	
	
P4-B7	P4-B6



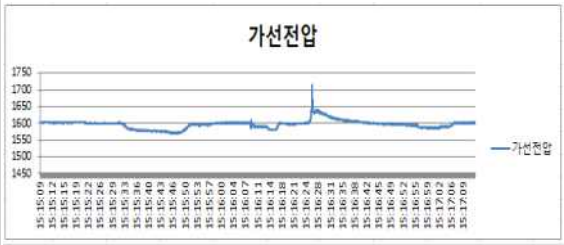


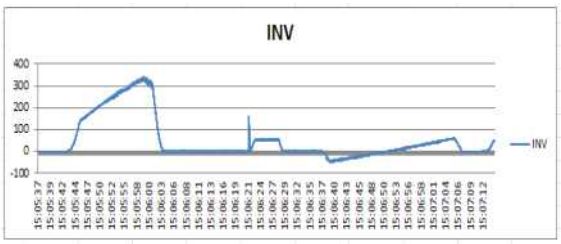
P4-B5

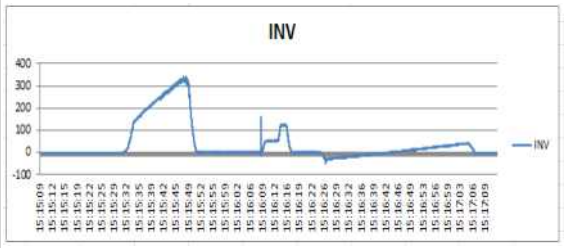


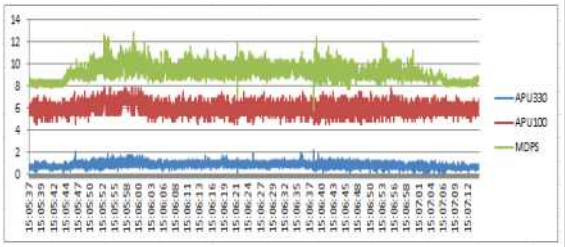
P4-B4

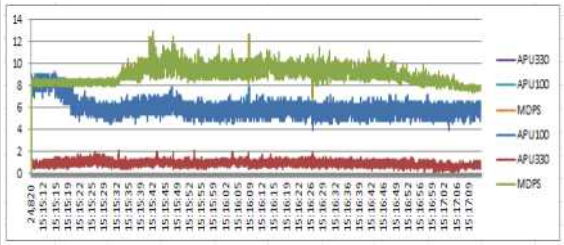






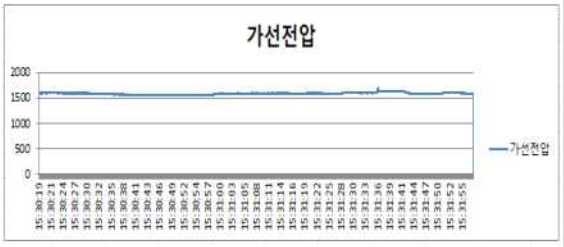




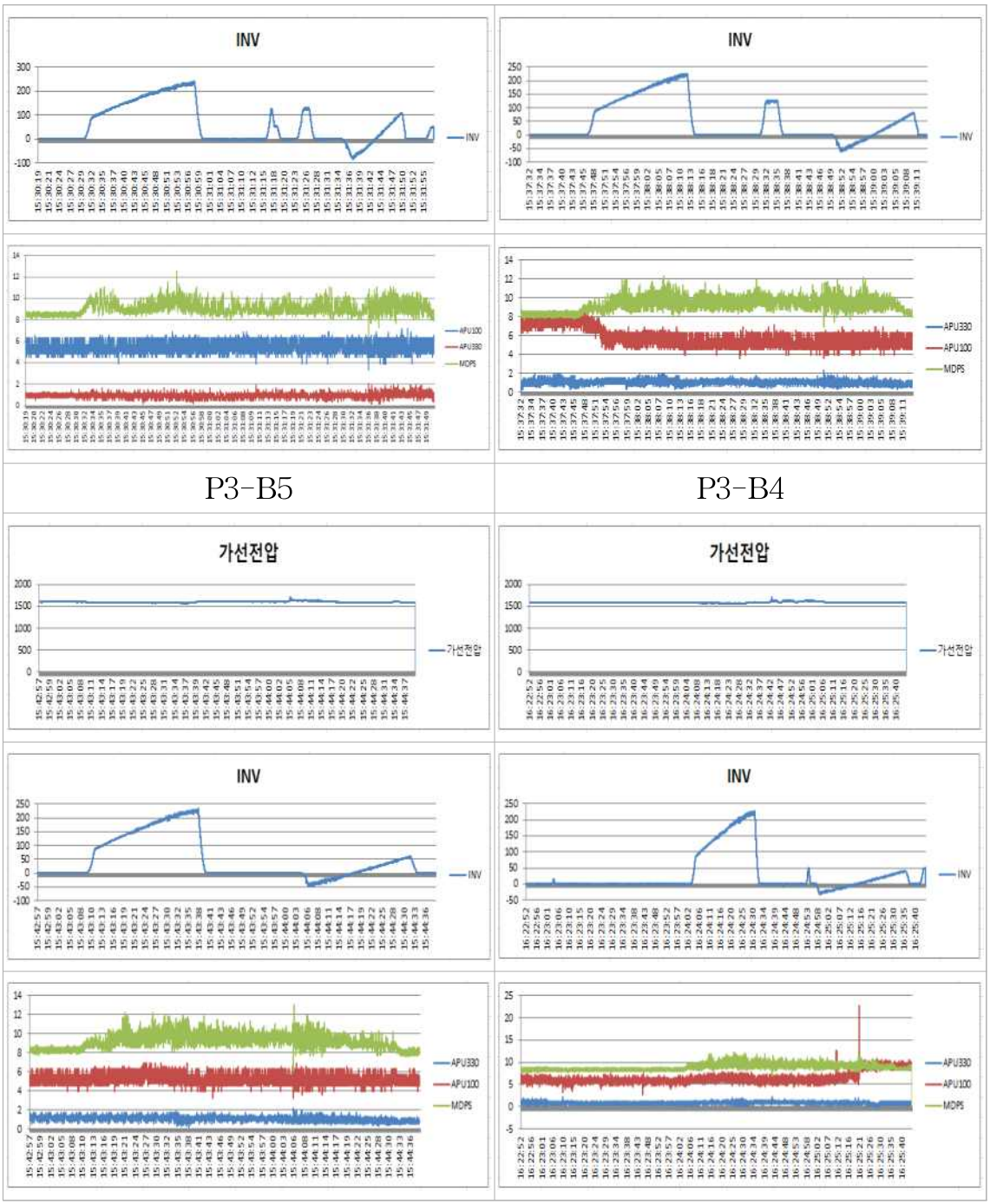


P3-B7

P3-B6

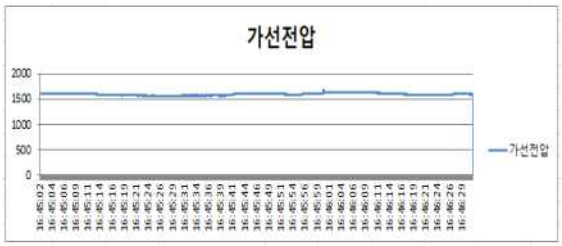
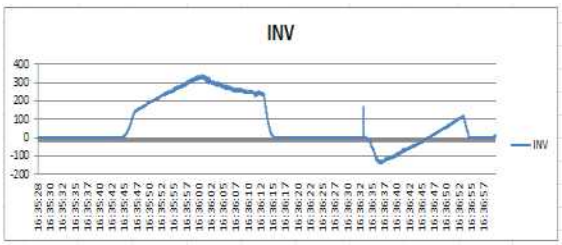
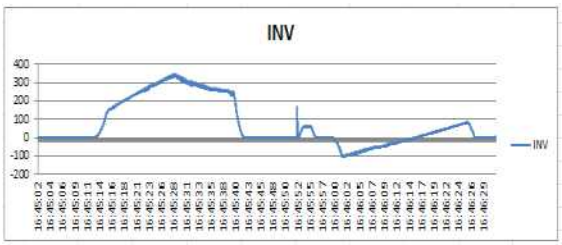
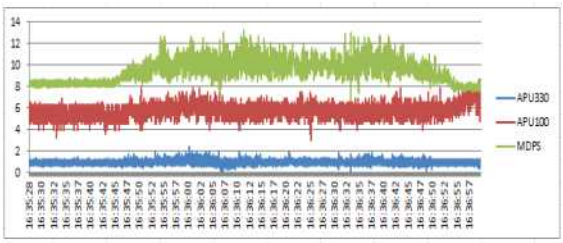
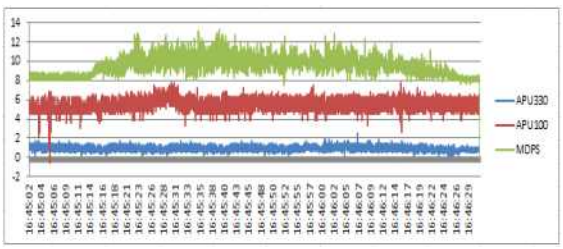
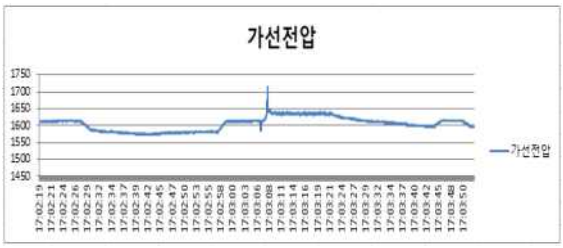
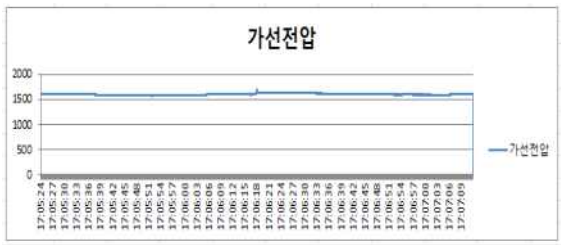


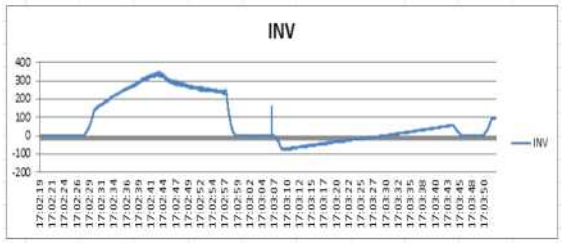


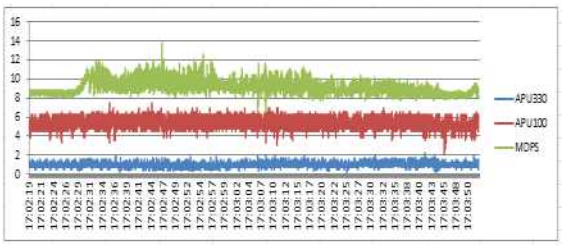


[그림 595]노치별 전력량 계측 (60Km/h)

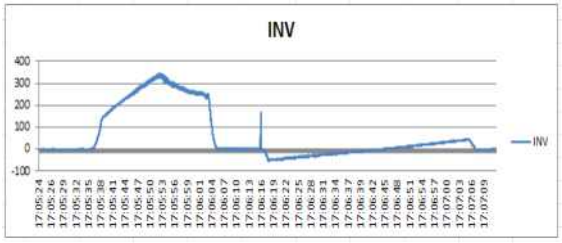
○ 80km/h 속도시험

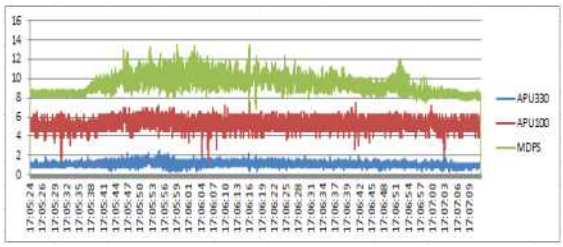
P4-B7	P4-B6
	
	
	
	
P4-B5	P4-B4
	





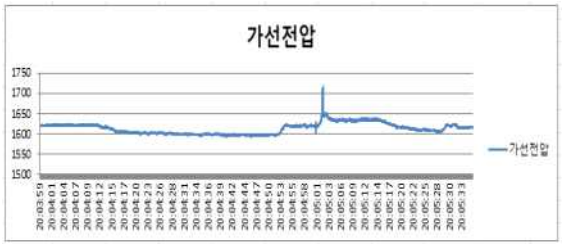
P3-B7

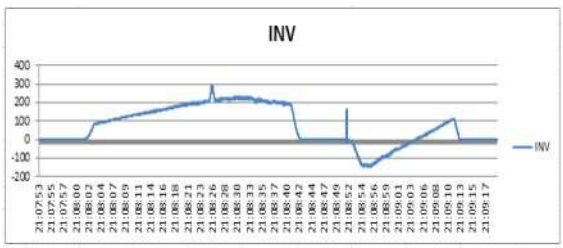


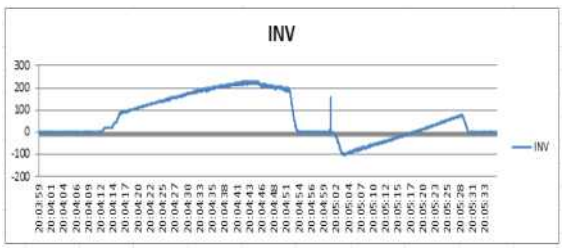


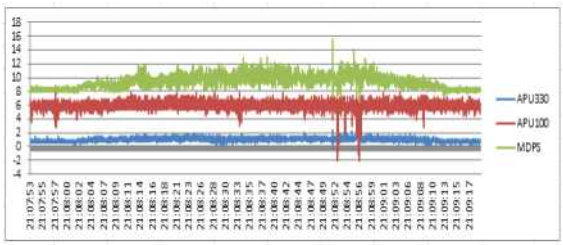
P3-B6



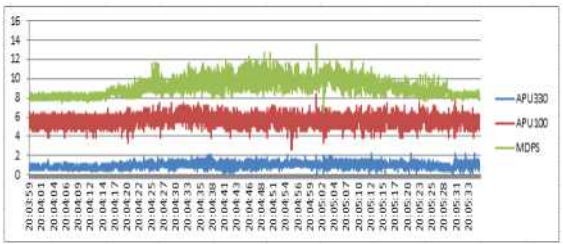




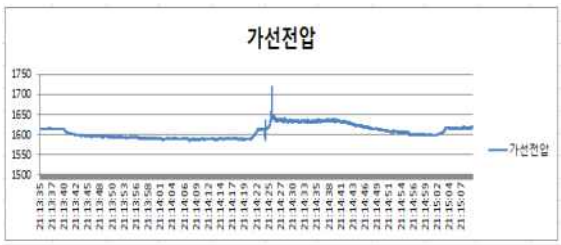




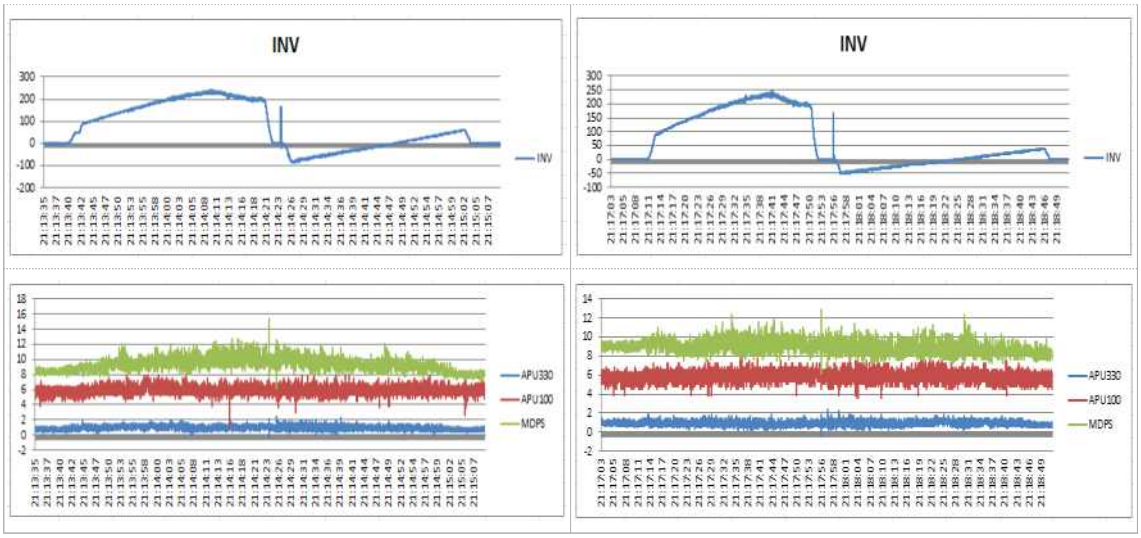
P3-B5



P3-B4







[그림 596]노치별 전력량 계측 (80Km/h)

자) 속도/노치별 제동특성

[표 182]속도/노치별 제동특성

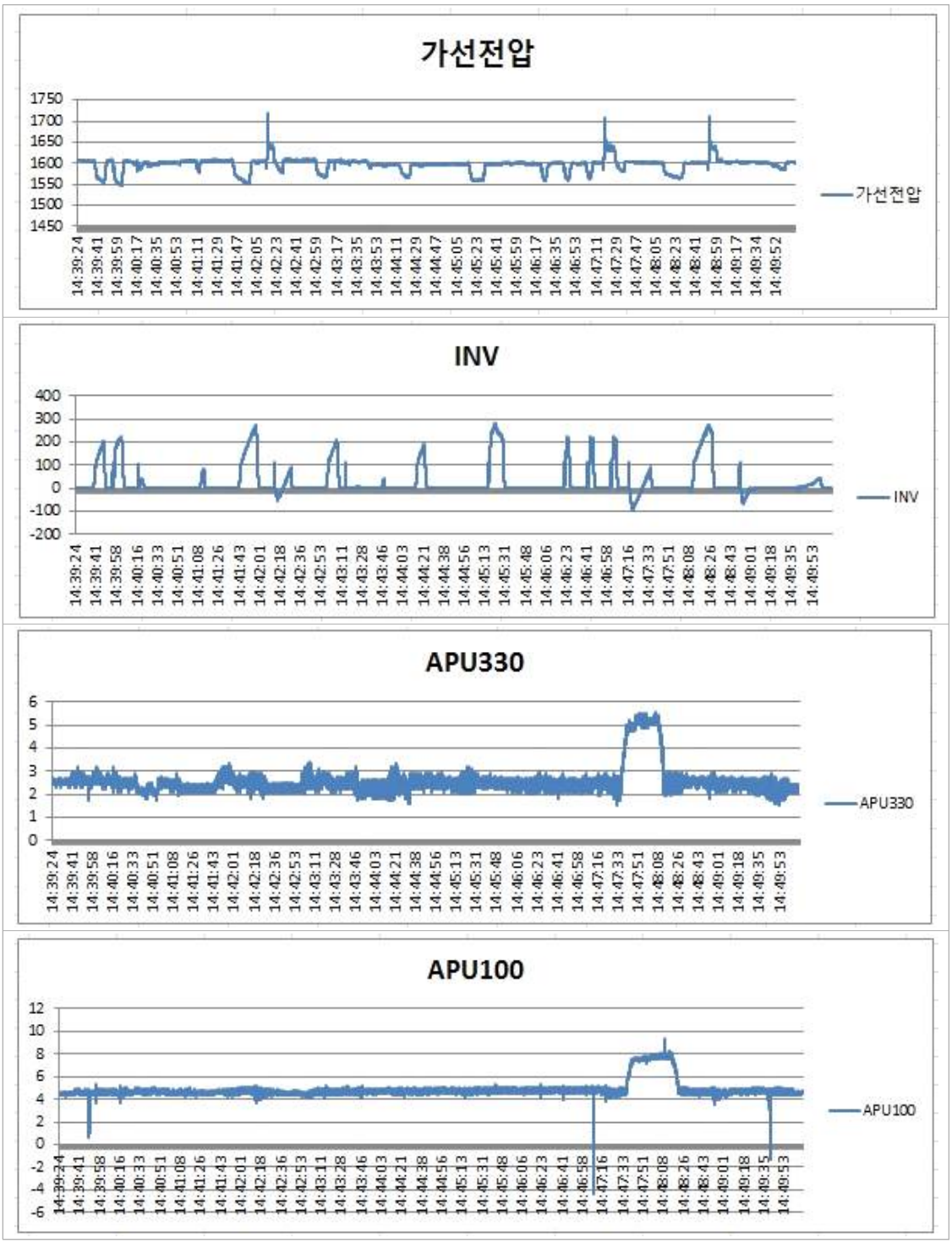
속도	추진	제동	INV			회생율	전기제동		비고
			추진	회생	역상		회생-역상	역상/회생	
60	P3	B4	4.12	- 0.239	0.409	5.8%	0.17	171.4%	
		B5	4.23	- 0.265	0.422	6.3%	0.16	159.2%	
		B6	4.16	- 0.268	0.417	6.4%	0.15	155.5%	
		B7	4.72	- 0.301	0.378	6.4%	0.08	125.4%	
	P4	B4	4.11	- 0.286	0.401	7.0%	0.11	140.1%	
		B5	4.17	- 0.307	0.400	7.4%	0.09	130.6%	
		B6	4.56	- 0.273	0.374	6.0%	0.10	137.0%	
		B7	4.22	- 0.310	0.403	7.4%	0.09	129.9%	

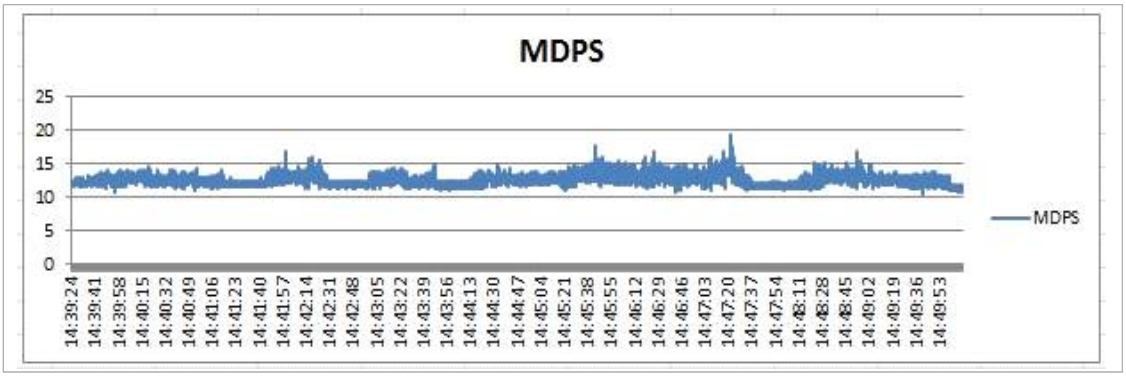
속도	추진	제동	INV			회생율	전기제동		비고
			추진	회생	역상		회생-역상	역상/회생	
80	P3	B4	5.88	- 0.635	0.373	10.8%	- 0.26	58.8%	
		B5	5.91	- 0.846	0.426	14.3%	- 0.42	50.4%	
		B6	5.42	- 0.792	0.395	14.6%	- 0.40	49.9%	
		B7	5.57	- 0.876	0.412	15.7%	- 0.46	47.0%	
	P4	B4	5.77	- 0.657	0.404	11.4%	- 0.25	61.4%	
		B5	6.27	- 0.770	0.396	12.3%	- 0.37	51.4%	
		B6	5.83	- 0.752	0.428	12.9%	- 0.32	57.0%	
		B7	5.75	- 0.809	0.414	14.1%	- 0.39	51.3%	

2) 본선 전구간 소비전력

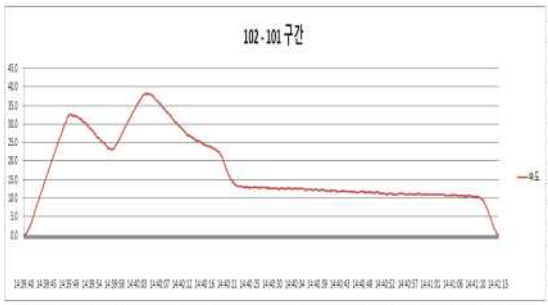
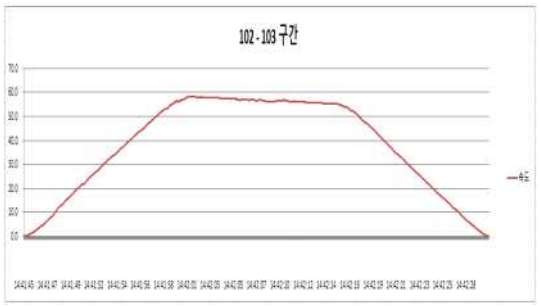
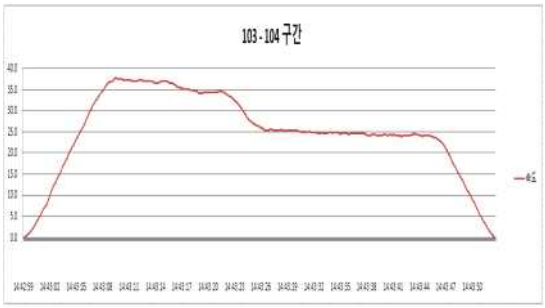
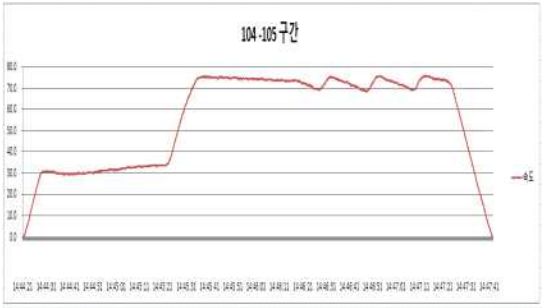
가) 본선 전력량 계측 그래프(하선)




가선전압
1750
1700
1650
1600
1550
1500
1450
14:39:24
14:39:41
14:39:59
14:40:17
14:40:35
14:40:53
14:41:11
14:41:29
14:41:47
14:42:05
14:42:23
14:42:41
14:42:59
14:43:17
14:43:35
14:43:53
14:44:11
14:44:29
14:44:47
14:45:05
14:45:23
14:45:41
14:45:59
14:46:17
14:46:35
14:46:53
14:47:11
14:47:29
14:47:47
14:48:05
14:48:23
14:48:41
14:48:59
14:49:17
14:49:34
14:49:52
가선전압
INV
400
300
200
100
0
-100
-200
14:39:24
14:39:41
14:39:58
14:40:16
14:40:33
14:40:51
14:41:08
14:41:26
14:41:43
14:42:01
14:42:18
14:42:36
14:42:53
14:43:11
14:43:28
14:43:46
14:44:03
14:44:21
14:44:38
14:44:56
14:45:13
14:45:31
14:45:48
14:46:06
14:46:23
14:46:41
14:46:58
14:47:16
14:47:33
14:47:51
14:48:08
14:48:26
14:48:43
14:49:01
14:49:18
14:49:35
14:49:53
INV
APU330
6
5
4
3
2
1
0
14:39:24
14:39:41
14:39:58
14:40:16
14:40:33
14:40:51
14:41:08
14:41:26
14:41:43
14:42:01
14:42:18
14:42:36
14:42:53
14:43:11
14:43:28
14:43:46
14:44:03
14:44:21
14:44:38
14:44:56
14:45:13
14:45:31
14:45:48
14:46:06
14:46:23
14:46:41
14:46:58
14:47:16
14:47:33
14:47:51
14:48:08
14:48:26
14:48:43
14:49:01
14:49:18
14:49:35
14:49:53
APU330
APU100
12
10
8
6
4
2
0
-2
-4
-6
14:39:24
14:39:41
14:39:58
14:40:16
14:40:33
14:40:51
14:41:08
14:41:26
14:41:43
14:42:01
14:42:18
14:42:36
14:42:53
14:43:11
14:43:28
14:43:46
14:44:03
14:44:21
14:44:38
14:44:56
14:45:13
14:45:31
14:45:48
14:46:06
14:46:23
14:46:41
14:46:58
14:47:16
14:47:33
14:47:51
14:48:08
14:48:26
14:48:43
14:49:01
14:49:18
14:49:35
14:49:53
APU100



[그림 597]본선 전력량 계측(하선)

101-102 구간	102-103 구간
	
103-104 구간	104-105 구간
	
105-106 구간	

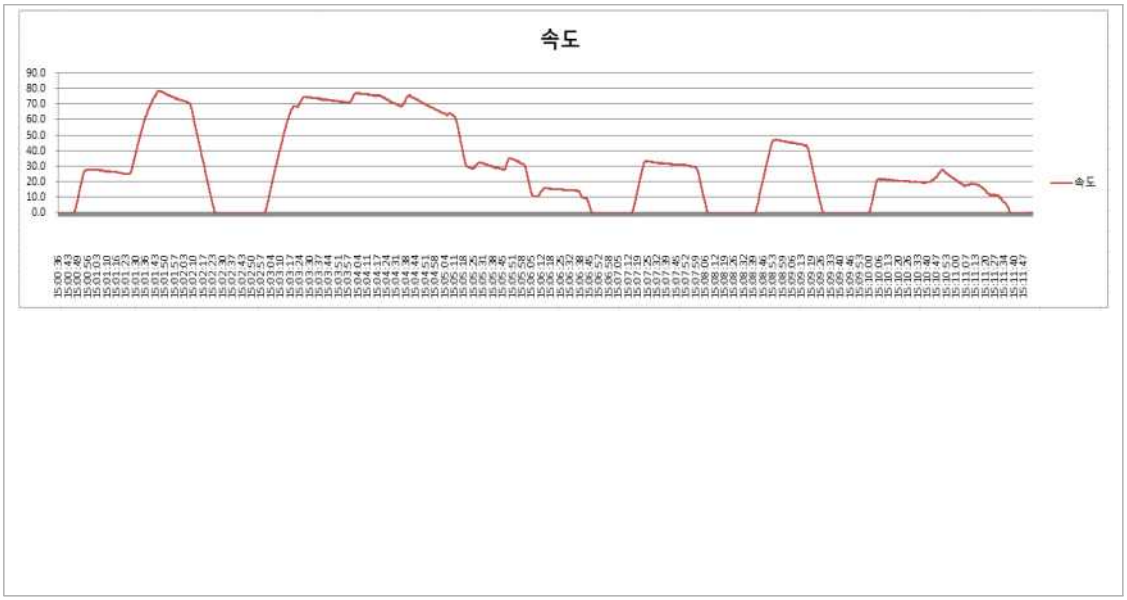


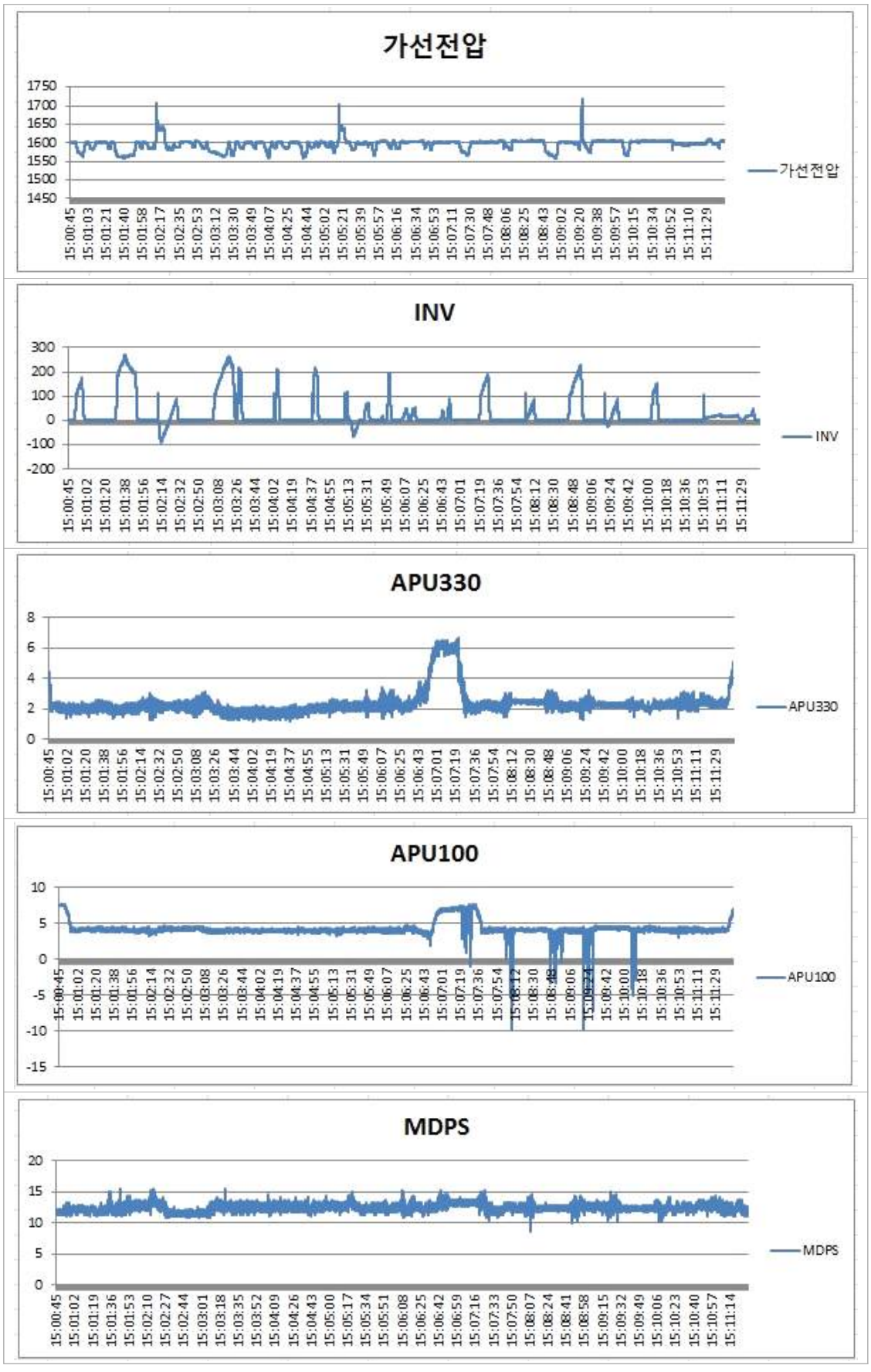
[그림 598]본선 속도 프로파일(하선)

[표 183]역간 소비전력량(하선)

역 구간	소비 전력량단위 (Kwh)				
	INV	MDPS	APU330	APU100	계
101-102	2.62	1.09	0.11	0.20	4.02
102-103	2.68	0.54	0.05	0.10	3.37
103-104	1.35	0.57	0.06	0.10	2.08
104-105	5.38	2.35	0.22	0.43	8.38
105-106	3.04	1.28	0.12	0.25	4.69
계	15.07	5.83	0.56	1.08	22.54

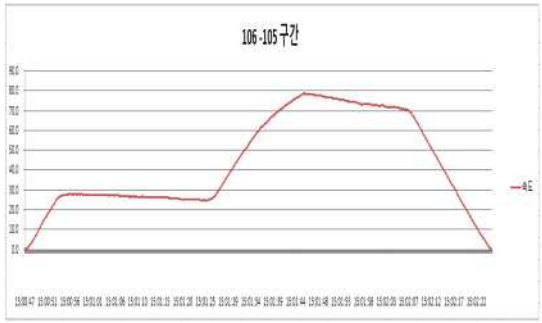
나) 본선 전력량 계측 그래프(상선)



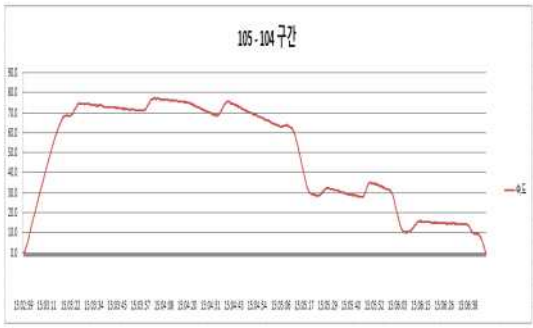


[그림 599]본선 전력량 계측(상선)

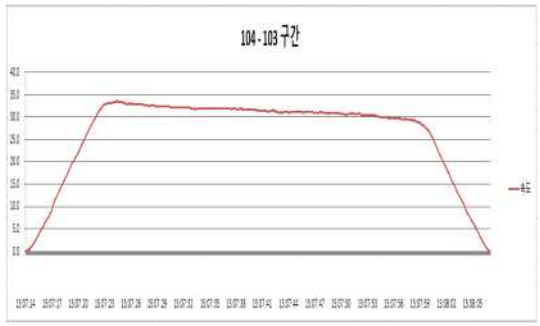
106-105 구간



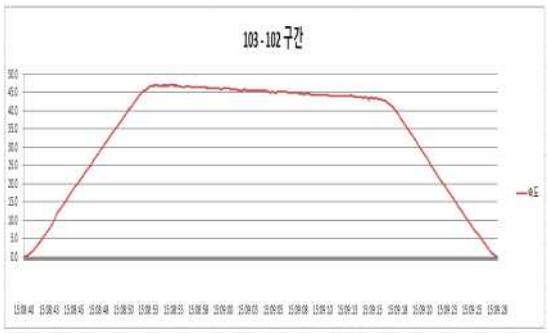
105-104 구간



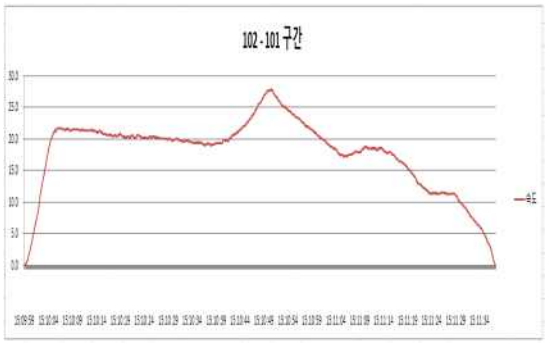
104-103 구간



103-102 구간



102-101 구간



[그림 600]본선 속도 프로파일(상선)

[표 184]역간 소비전력량(상선)

역 구간	소비 전력량단위 (Kwh)				
	INV	MDPS	APU330	APU100	계
101-102	1.31	1.11	0.10	0.18	2.70
102-103	2.07	0.56	0.05	0.08	2.76
103-104	1.41	0.61	0.06	0.12	2.20
104-105	6.12	2.56	0.21	0.41	9.30
105-106	4.35	1.12	0.09	0.19	5.75
계	15.26	5.96	0.51	0.98	22.71

다) 전구간 운행 소비전력

단위 : kWh

[표 185]전구간 운행 소비전력

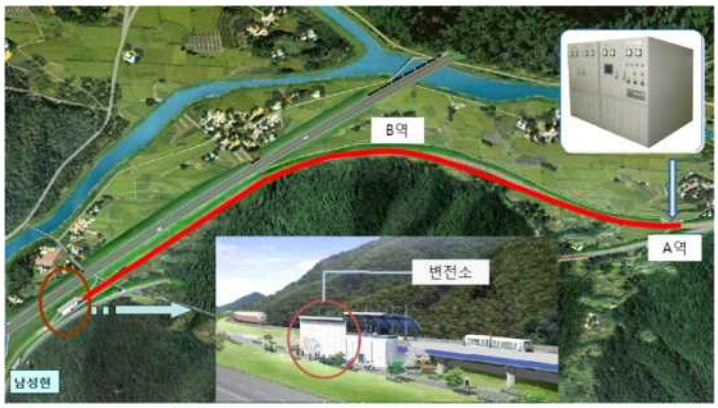
제동	INV				MDPS	APU330	APU100	계
	추진	회생	역상	계				
상선	13.8	-0.74	2.2	15.26	5.96	0.51	0.98	22.71 kwh
하선	14.18	-0.9	1.79	15.07	5.83	0.56	1.08	22.54 kwh

(마) 타 경전철과의 비교분석

1) 타 경전철 소비전력 측정 및 비교 분석

가) 경산시험선 K-AGT 소비전력 측정 및 비교분석

- 시험대상 : 한국형 표준경량전철(고무차륜)
- 경산 시험선(K-AGT)에 운행 중인 6량 1편성 전동차 제원
- 시험장소 : 경산 시험선(K-AGT)
- 시험구간 : 시험선 0 ~ 1.2km 구간(1.2km구간)



- 측정개소 : 변전소 측 전압, 전류
- 시험조건 : 1.2km 구간 속도 55km/h 주행 시 소비전력 측정

[표 186]K-AGT 사양

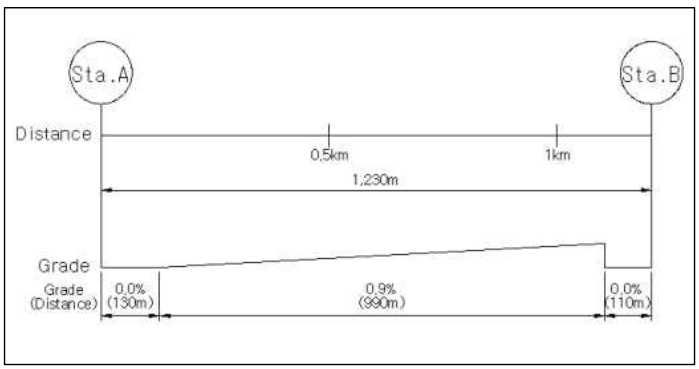
항 목		사 양
전동차 편성	6량1편성	고정편성
	편성구성	MC1-M1-M2-M3-M4-MC2
전동차 중량	공차	11.5 ton/량
	만차	18.0 ton/량
선로조건	선로길이	1,230m
	사양최대구배	5.8%
공급전원	가선전압	DC 750V (변동범위 : 500V ~ 900V)
	급전방식	제3궤조 방식
전동차 성능	운행최고속도	60km/h (설계사양 70km/h 이상)
	가속도	3.5km/h/s
	감속도	3.5km/h/s (상용), 4.5km/h/s (비상)
	저크한계	0.8m/s3 이하
	정격출력(연속)	660kW(110kW 모터 6개)



[그림 601]경산 K-AGT 시험선 (A역↔B역 왕복주행)

○ 선로조건

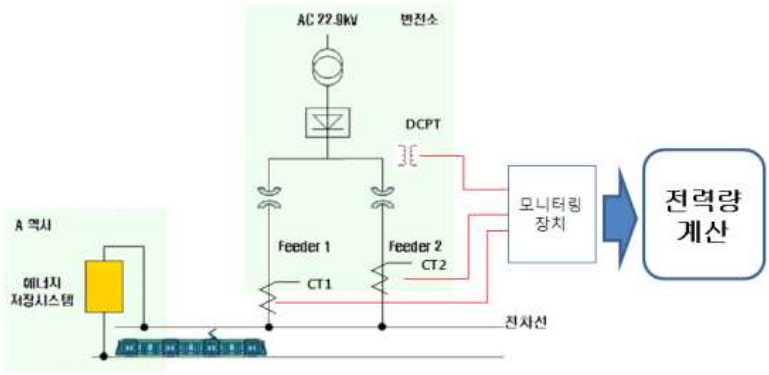
- 경산 시험선의 전동차가 운행될 A-B 역사의 선로 조건 : 전체 길이 1,230m, 최대 구배 9 [‰]



[그림 602]경산 K-AGT 시험선 선로조건

○ 전력시스템 구성

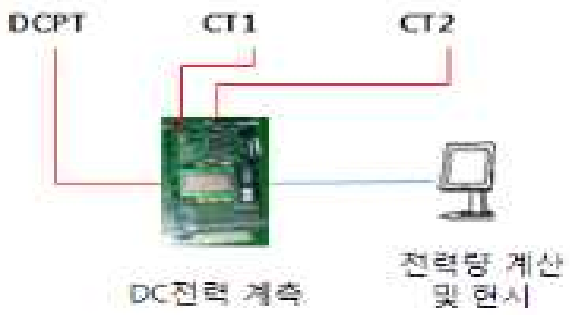
- 급전 시스템은 AC22.9kV의 한전 전력을 입력으로 변압기를 통하여 강압한 후 12-펄스 정류기를 통해 DC 전력을 공급하는 직류 시스템, DC 전력을 공급하는 Feeder는 Feeder1과 Feeder2가 병렬 접속된 구조로 전동차에 DC 전력 공급



[그림 603]경산 K-AGT 전력시스템 구성

○ 계측기 시험장비사양은 자기부상열차와 동일

○ 계측방법



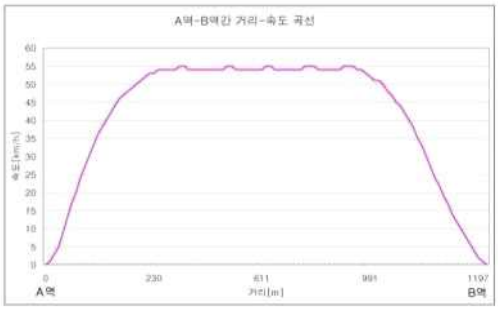
[그림 604]경산 K-AGT 전력량 계측방법

○ 측정조건

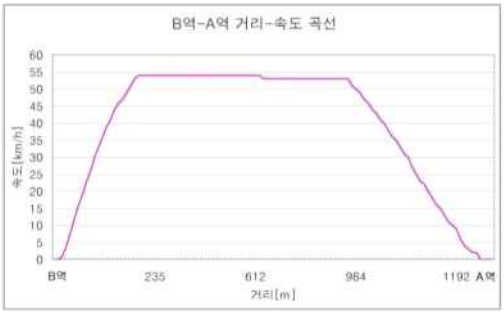
- 고무차륜(K-AGT) 소비에너지 측정을 위하여 다음과 같은 조건으로 시험

A. 에너지저장장치 동작 시 : A역 ↔ B역 7회 왕복

B. 에너지저장장치 정지 시 : A역 ↔ B역 7회 왕복



(a) A→B 역간 운행패턴

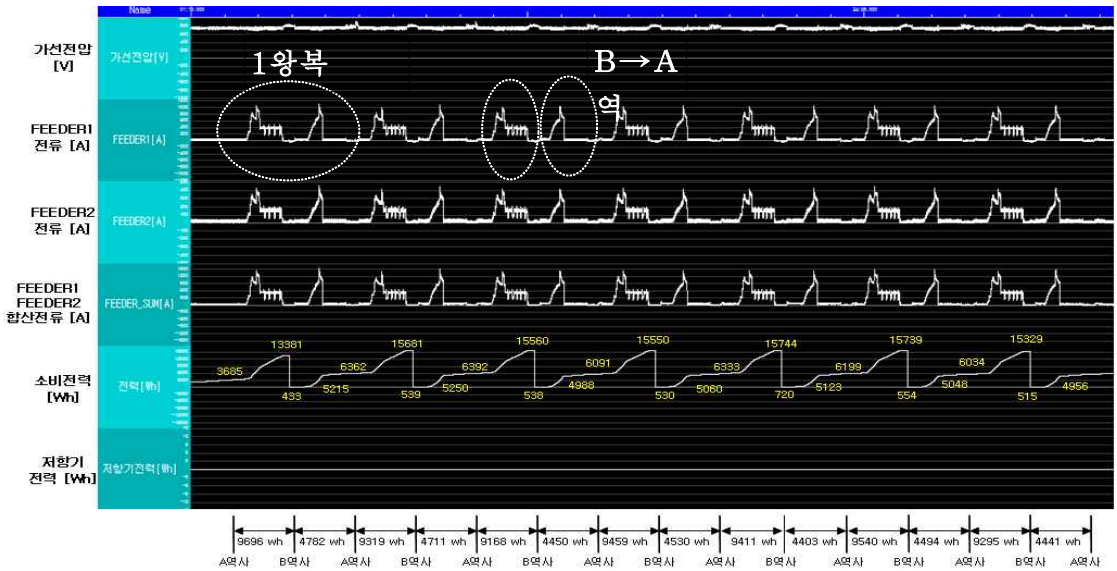


(b) B→A 역간 운행패턴

[그림 605]경산 K-AGT 시험선 역간 운행패턴

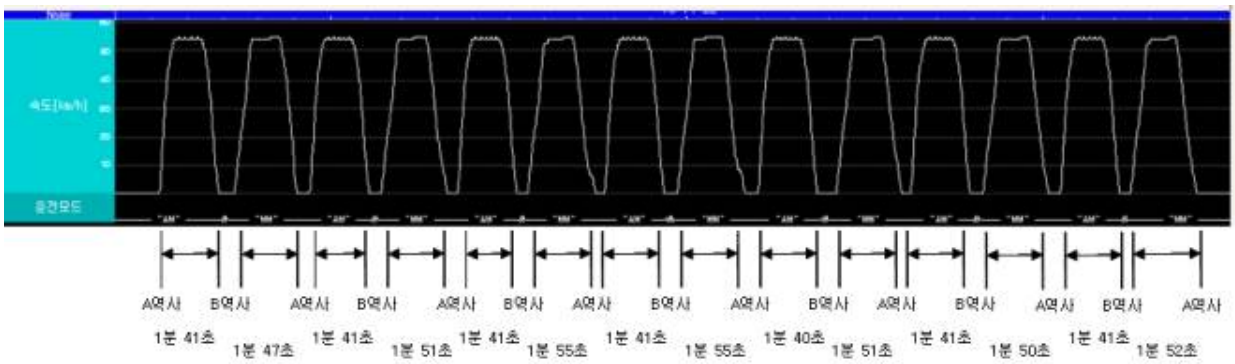
2) 에너지저장장치 동작 시 변전소 소비전력 측정파형 및 운행패턴곡선

가) 변전소 소비전력 측정파형



[그림 606]ESS 동작 시 변전소 소비전력 측정파형

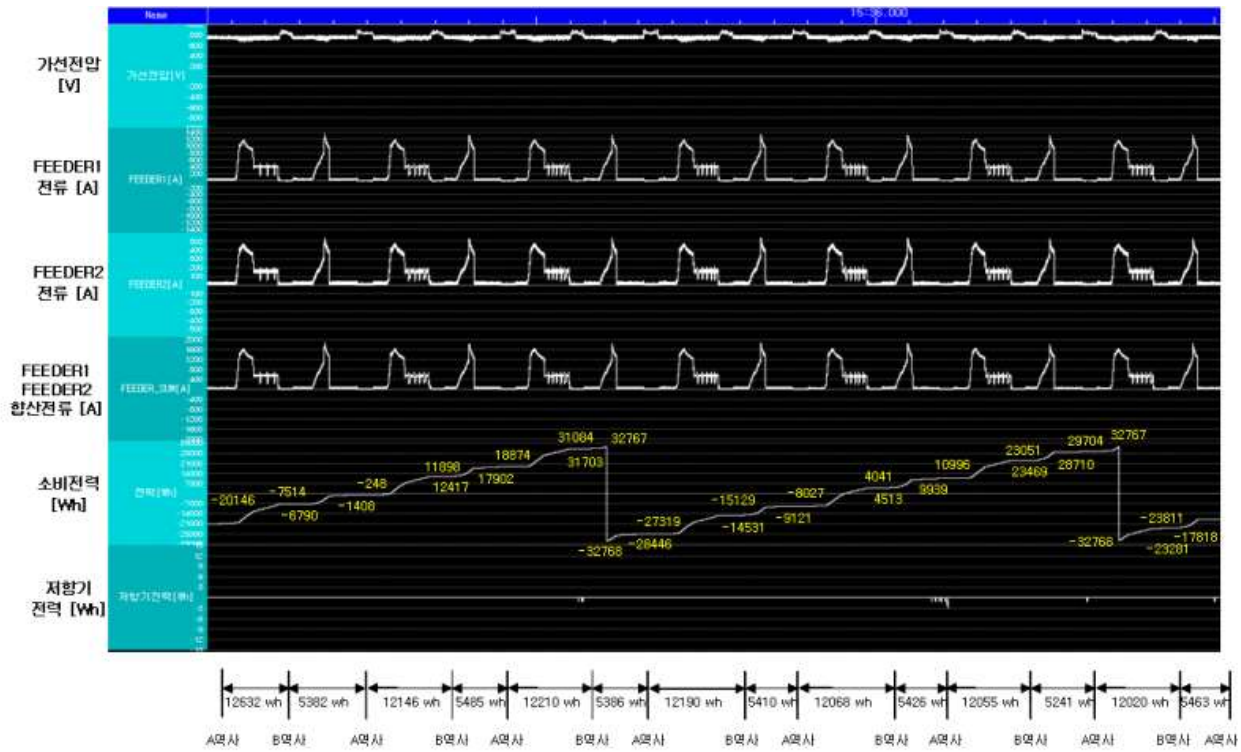
나) 운행 패턴 곡선



[그림 607]ESS 동작 시 운행패턴 곡선

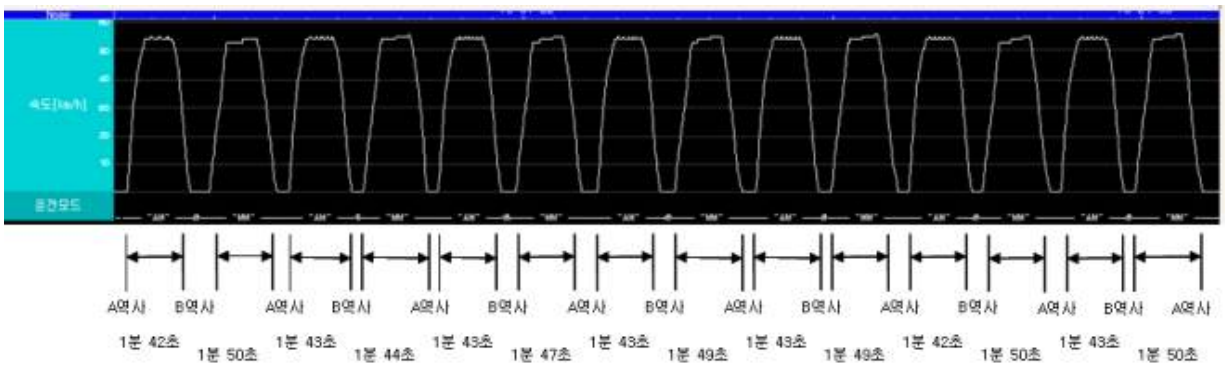
3) 에너지저장장치 정지 시 변전소 소비전력 측정파형 및 운행패턴곡선

가) 변전소 소비전력 측정파형



[그림 608]ESS 정지 시 변전소 소비전력 측정파형

나) 운행 패턴 곡선



[그림 609]ESS 정지 시 운행패턴 곡선

4) 고무차륜 경량전철(K-AGT) 소비전력 및 운행시간

[표 187]K-AGT 소비전력 및 운행시간

왕복운행(수)	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	평균값(B)
소비전력 [kWh]	18,014	17,631	17,596	17,600	17,494	17,296	17,483	17,588

왕복운행(수)	1회	2회	3회	4회	5회	6회	7회	평균값(T_2)
운행시간 [sec]	212	207	210	212	212	212	213	211.1

왕복운행(수)	편도 소비전력량 [kWh]	운행시간 [sec]	비고
평균계측값	2,93	211	2량 편성기준

5) 자기부상열차 소비전력

[표 188]자기부상열차 소비전력

속도	운전조건	인버터			APU100	APU330	MDPS	계	거리
		추진	회생	역상					
55	P3-B5	5.87	-0.265	0.639	0.27	0.01	1.28	7.43kWh	1,196
	P3-B6	6.25	-0.269	0.630	0.31	0.02	1.36	7.94kWh	1,212
	P3-B7	6.52	-0.301	0.570	0.27	0.04	1.20	8.03kWh	1,218
	P4-B5	5.75	-0.305	0.603	0.29	0.04	1.21	7.29kWh	1,199
	P4-B6	6.31	-0.270	0.560	0.30	0.02	1.22	7.84kWh	1,202
	P4-B7	5.87	-0.310	0.607	0.28	0.05	1.13	7.33kWh	1,220

6) 소비전력 비교분석

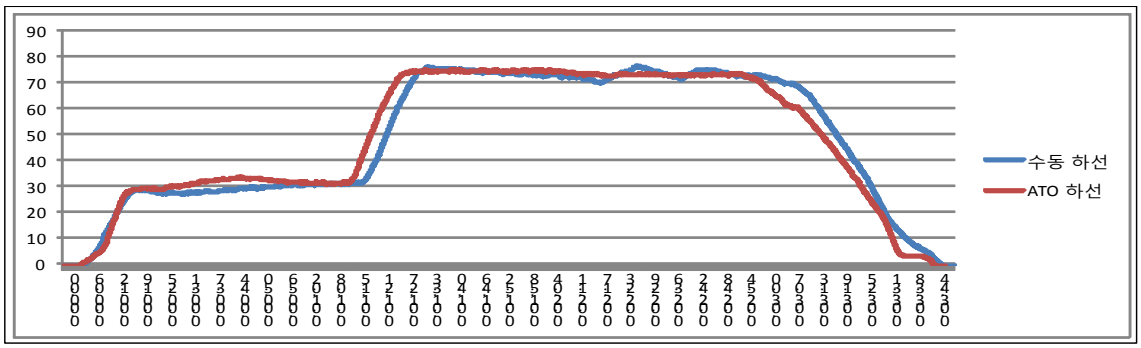
○ 인천공항 시범노선 자기부상열차와 고무차륜 경량전철(K-AGT)에 대한 동일운행조건에 대하여 차량 무게(ton)당 소비전력량을 비교

[표 189]K-AGT와 자기부상열차 소비전력 비교분석

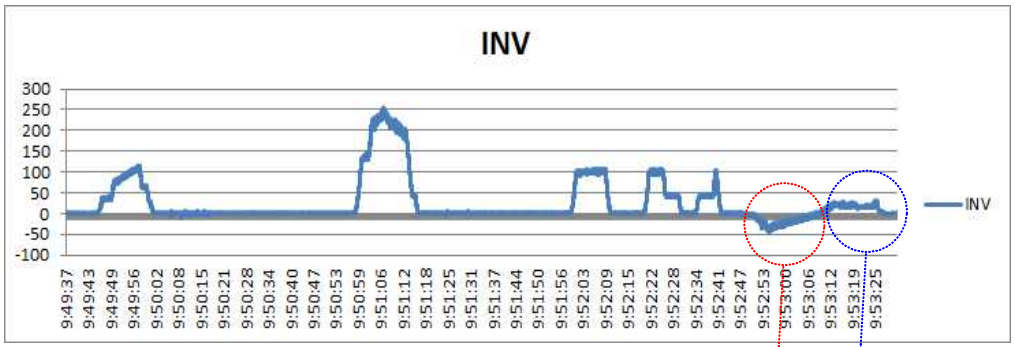
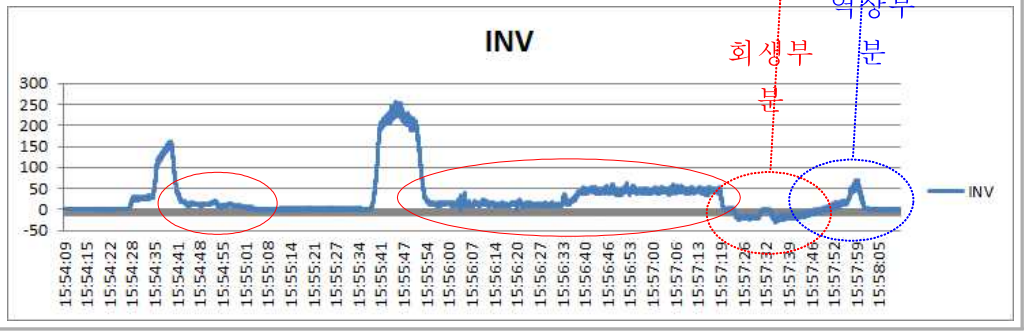
차 종	소비전력량 [kWh]	차중 (2량 만차-ton)	소비전력/차중 [kWh/ton]	산출
고무차륜 경량전철 (K-AGT)	2,93	36	0.0814	100%
자기부상열차 (Maglev)	7.33	53	0.1383	170%

7) 운전모드별 전기효율 극대화 방안 제시

가) 자동/수동 운행특성 분석



[그림 610]자동/수동운전 시험 운전 패턴

모드	인버터 전류 패턴
수동	
ATO	

[그림 611]자동/수동운전 인버터 전류패턴

○ 자동운전 대비 수동운전은 약 5%~15% 정도 효율적인 전력소비

[표 190]자기부상열차 소비전력 비교

비 고 / 운전방법		소비전력					수동/자동 (%)	주행거리 (m)	운행시간 (s)
		INV	MDPS	APU330	APU100	TOTAL			
자동운전 (ATO)		5.66	2.34	0.47	0.45	8.92	100%	3,078	3분19초
수동 운전	3Km/h 추정	5.54	2.37	0.22	0.43	8.56	95.7%	3,080	3분19초
	5Km/h 추정	5.18	2.34	0.22	0.44	8.17	91.6%	3,079	3분18초
	Full Coast	4.33	2.48	0.33	0.47	7.61	85.3%	3,078	**3분27초**

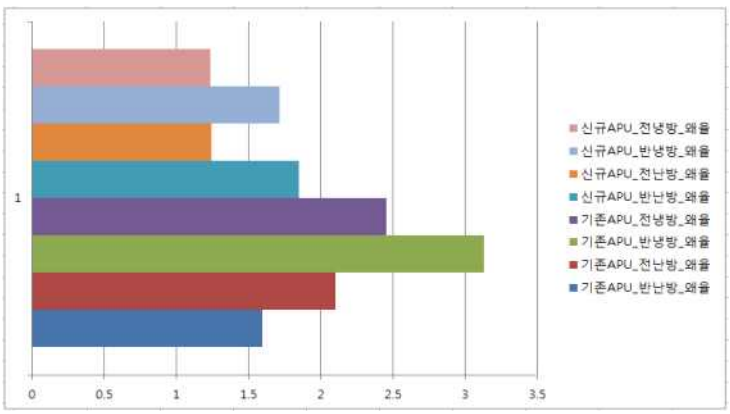
○ 3Km/h속도 추정대비 5Km/h속도 추정이 더많은 소비전력이 소비되는 것으로 분석

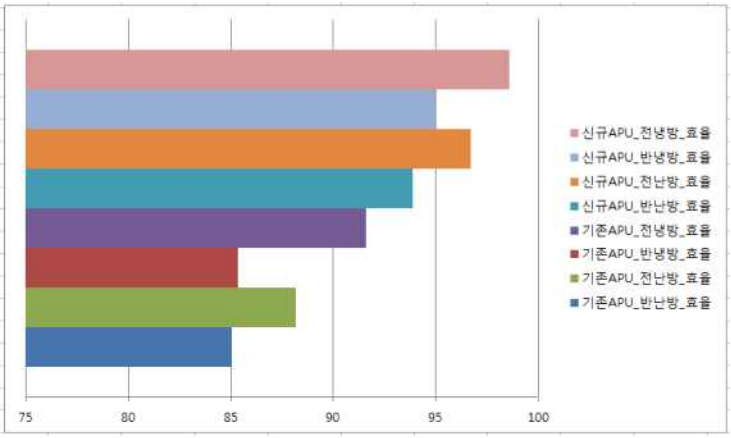
○ 최고 속도에서 Full Coast에 의한 제동시 에너지 소비측면에서 자동운전(ATO)운전대비 약15%의 전력소비를 절약(단, 운행시간 8초 증가)

나) 신규 APU장치 소비전력

○ 부하를 동일한 냉방과 난방조건으로 하여 시험

○ 기존 APU장치 대비 신규 APU장치가 약 10% 효율이 높음





[그림 612]신규 보조전원장치 왜율 및 효율

[표 191]APU장치 효율 및 왜율 분석(부하별)

구 분		반난방	전난방	반냉방	전냉방
기존 APU	효율	85.04	88.14	85.34	91.55
	왜율	1.59	2.10	3.12	2.45
신규 APU	효율	93.84	96.70	94.92	98.56
	왜율	1.84	1.24	1.71	1.23

다) 극대화 방안제시

○ 운행 속도 프로파일 최적화

소비에너지 최적화를 위해서 자기부상열차 수동운전과 자동운전 패턴에 대하여 비교 분석하였다. 다른 철도차량 시스템과 동일하게 수동운전이 소비전력 측면에서 유리한 것으로 나타났다.

본 과제에서 최적화된 소비전력측면 운전 패턴을 제시하기 위해 운전시간에 대한 요소를 고려하였다. 운전 시간이 동일한 조건에서 수동운전시 제한속도 대비 5Km/h시 재 추정운전이 소비전력 8.5% 절감으로 가장 유리한 것으로 분석되었다. 또한 운행중 Full Coast 주행을 통한 정위치 정지 방안은 15% 절감효과가 발생하나 운전시간이 8초, 4% 증가하는 것으로 나타났다.

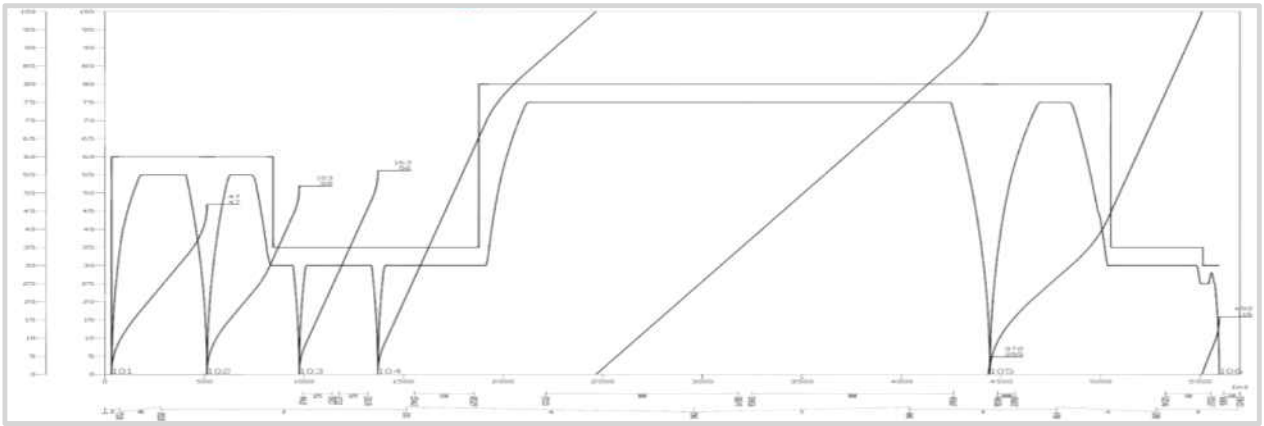
○ 신규 공진형 보조전원장치(APU) 시스템 적용

기존 자기부상열차 APU 장치 대비 장치 중량, 소음 및 효율을 개선한 신규 공진형 보조전원장치(APU)는 중량을 장치당 90Kg, 약 20% 감량으로 실제 자기부상열차의 소비전력 개선에 대한 요소로는 미약하나, 효율 개선으로 INV, MDPS, APU100/330 장치에서 소비되는 총 에너지 대비 1% 개선효과가 있는 것으로 분석되었다.

(바) 운전 모드별 전력비 비교 분석 및 시뮬레이션

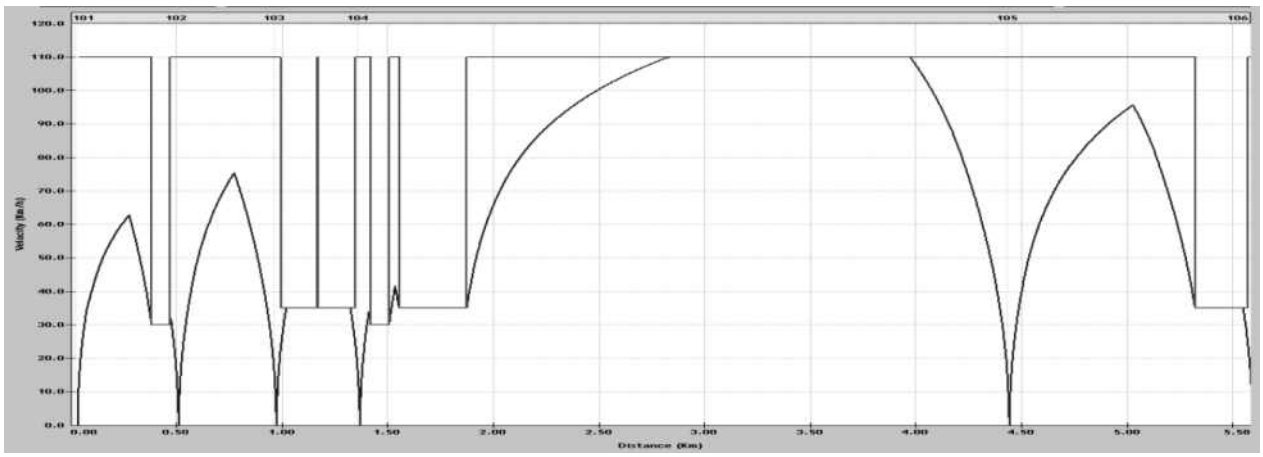
1) 최적의 운전패턴 도출을 위한 기존 운전 패턴 분석

가) 신호분야 운전데이터



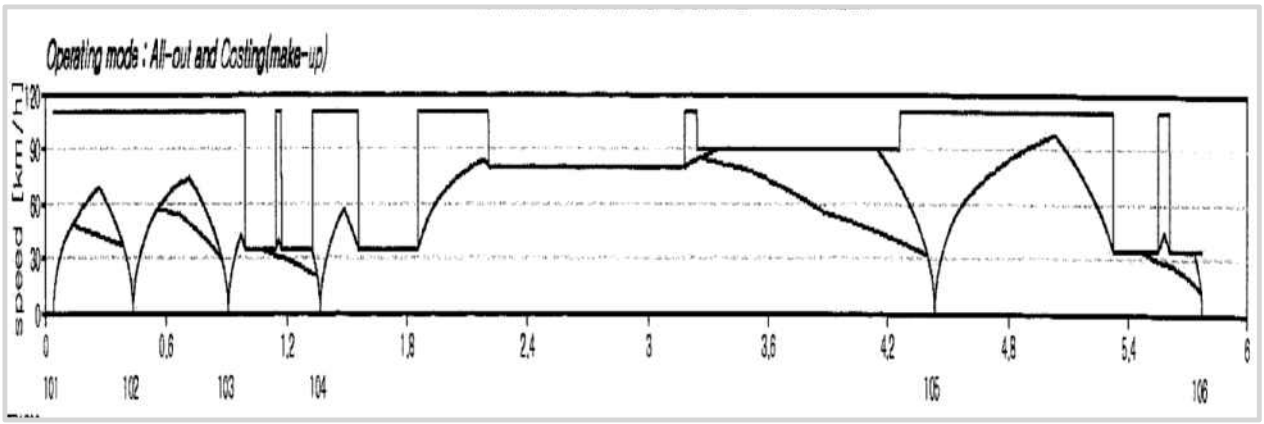
[그림 613]신호 운전그래프

나) 궤도분야 운전그래프



[그림 614]토목 운전그래프

다) 차량분야 운행데이터



[그림 615]차량 운전그래프

라) 운행 데이터 비교결과

○ 신호, 궤도, 차량분야 운전그래프는 최고속도, 운행속도 등 차량 및 선로조건을 모두 고려하지 않아 각 파트별 운전데이터가 다르게 나타남으로 실제 운행데이터 및 실측자료를 고려한 종합적인 결과 도출이 필요함

2) 자기부상열차 특성을 고려한 운행 데이터 도출

가) TPS 개발을 위한 기본고려 요소

① 성능기준 편성 중량

- 공차 : 20 [톤/량], 만차 : 26.5 [톤/량]

② 최대 가속도 : 4.0km/h/s

③ 상용 감속도 : 4.0km/h/s

④ 열차 성능에 대한 가선 전압기준

- 역행 : 1,500V DC, 회생 : 1,650V DC

⑤ 열차편성 : 2량

⑥ 열차 주행 저항

- 열차주행 저항(R[N])=집전장치 저항(Rc)+자기저항(Rm)+공기저항(Ra)+구배저항(Rg)
- 집전장치저항 : 41.68 × N [N]
- 자기저항
- V < 5.56[m/s] : 3.354 × V × (n × W) [N]

- V ≥ 5.56[m/s] : (18.221 + 0.074 × V) × (n × W) [N]
- 공기저항 : (1.6522 + 0.552 × n) × V2 [N]
- 구배저항 : n × (W × g) × sin(∅) [N]

n : 차량 수량, W : 1량 중량, V : 속도 [m/s], g : 중력가속도
Rg = ±n [N/톤] (단, 구배 : n[‰], '+'는 오름구배, '-'는 내림구배)
단, 열차 모의 주행 시에는 시뮬레이션 입력값의 한계로 인해 아래와 같은 주행 저항식을 적용.
$R = 19.7924 + 0.02056 * V + 0.004071 * V^2$ [kgf/톤]
V : 열차속도 [km/h]

⑦ 차량길이 : 24.5m

⑧ 견인력 계산식

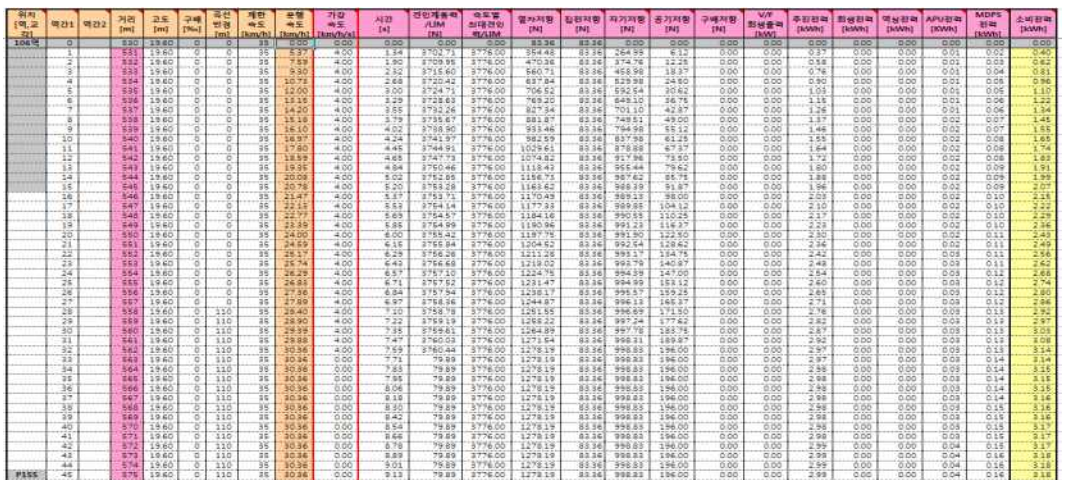
- F[N] = M[ton] × α[km/h/s] / 3.6 + R[N]
- 단, 1 ton = 1,000kg, 1 [km/h/s] = 1/3.6 [m/s2], M : 열차중량, R[N] : 열차주행저항

⑨ 표정속도

$$표정속도(km/h) = \frac{총주행거리(km)}{정차시분을포함한총주행시간(h)}$$

나) 자기부상열차 특성을 고려한 TPS 개발

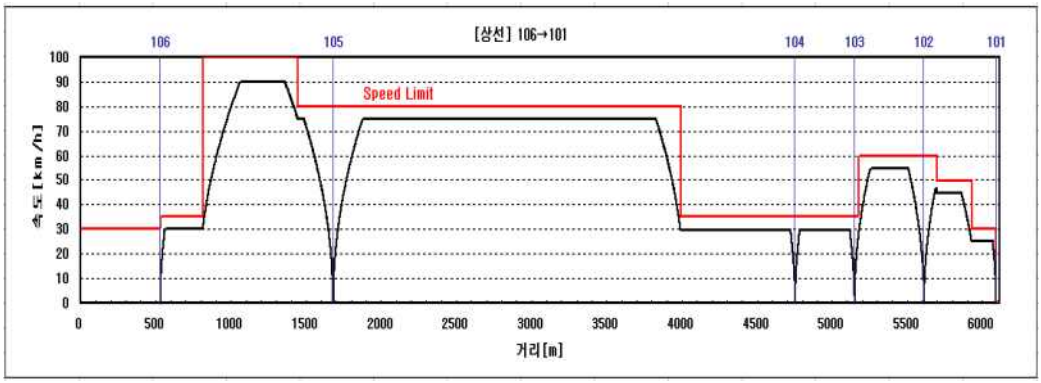
○ 신호운행데이터를 기초로 하여 TPS를 개발, TPS는 역간 운행시간, 평균속도, 표정속도, 소비전력이 나타나게 설계

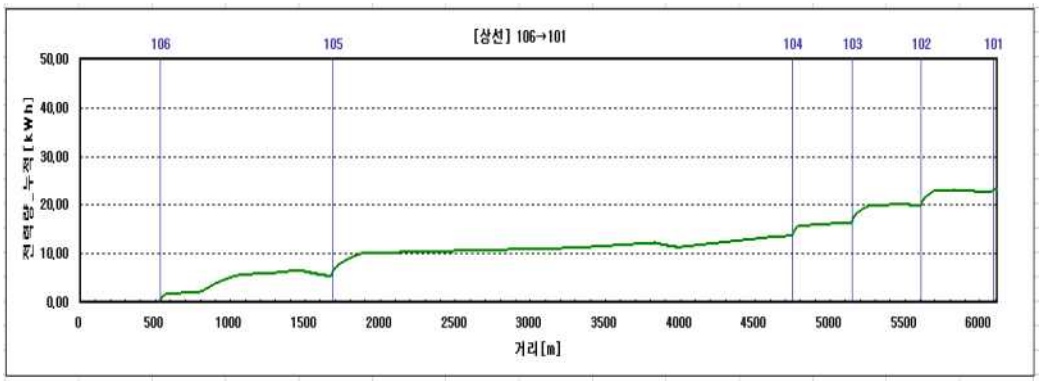


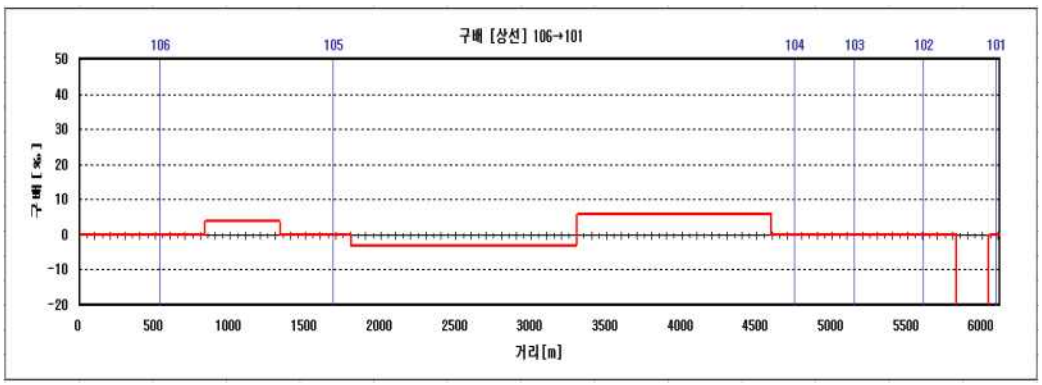
[그림 616]TPS 데이터 베이스

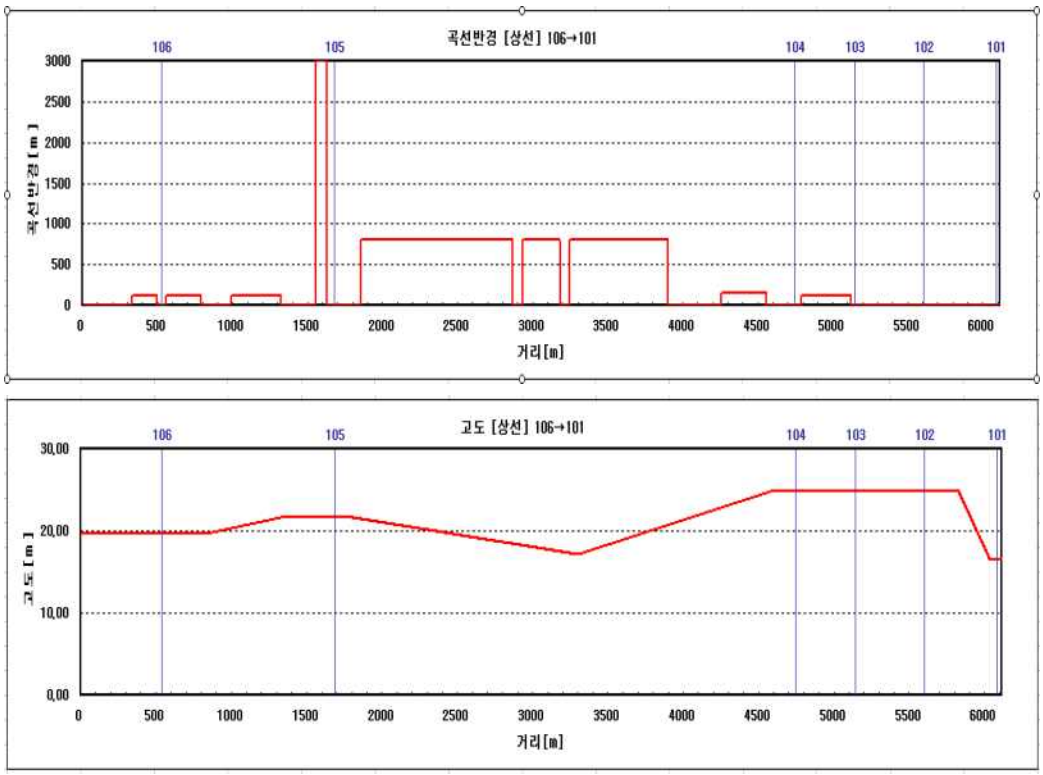
[표 192]TPS 상선 데이터

	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	표정속도 [km/h]
101-102	2.90	62.15	18.7
102-103	2.82	46.06	21.9
103-104	2.72	56.03	16.5
104-105	9.89	223.10	43.7
105-106	6.37	95.85	32.9
전구간	24.7	483.19	26.74





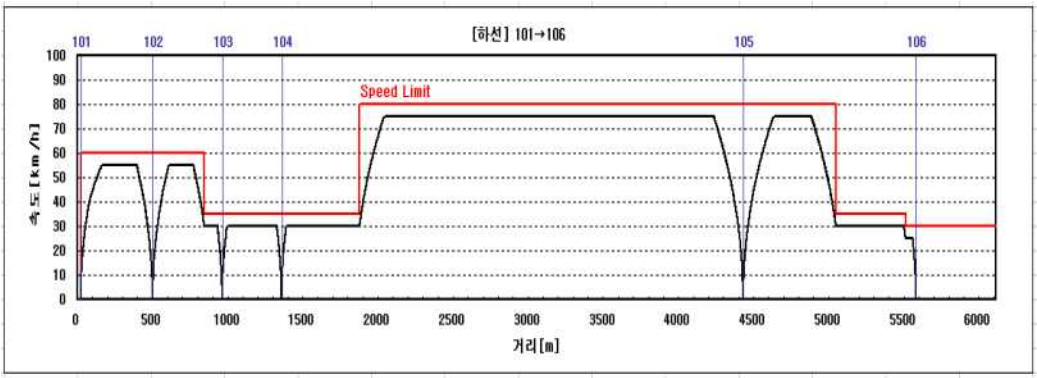


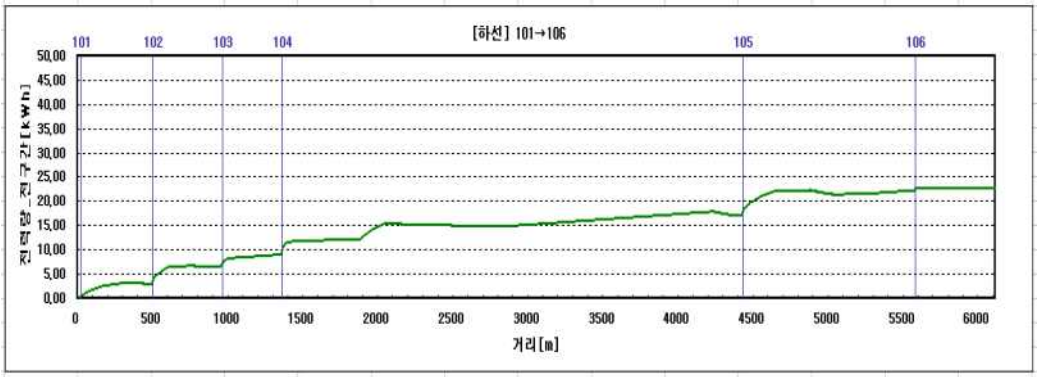


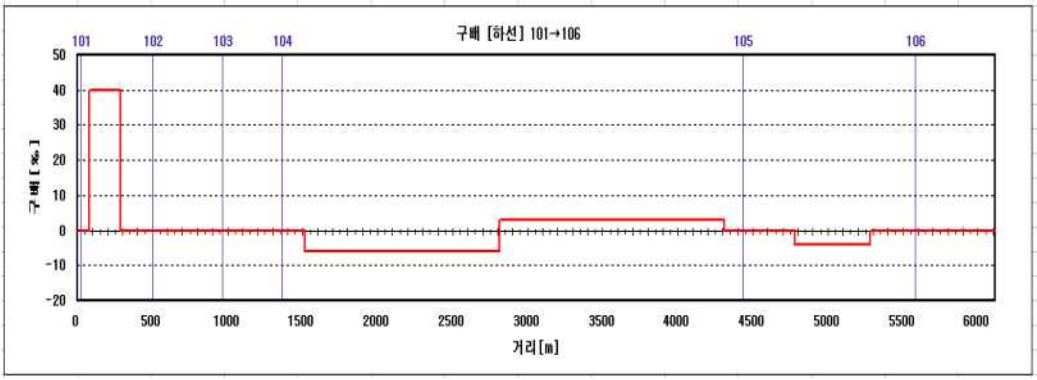
[그림 617]상선 TPS 그래프

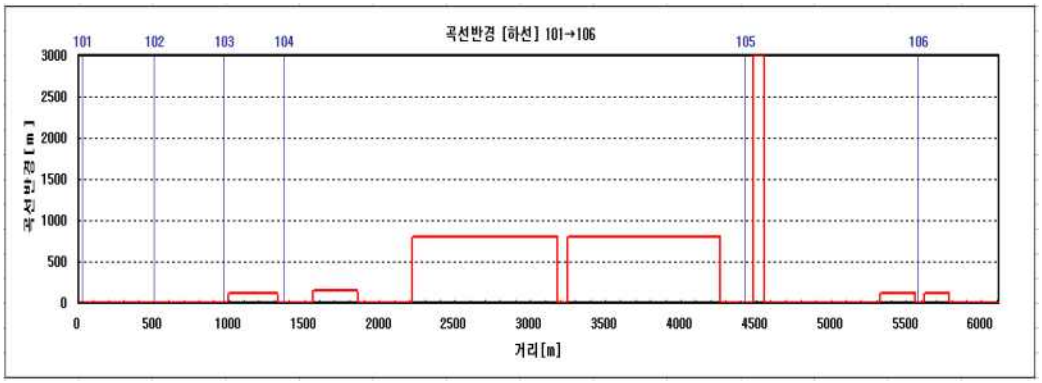
[표 193]TPS 하선 데이터

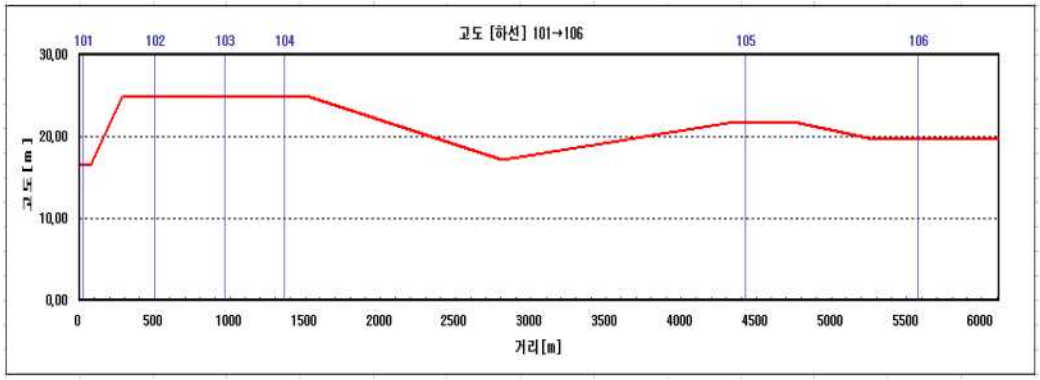
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	표정속도 [km/h]
101-102	3.34	47.62	22.21
102-103	3.64	50.92	20.60
103-104	2.33	56.26	16.49
104-105	9.02	204.57	47.16
105-106	5.25	115.09	28.56
전구간	23.58	474.46	27.00


[하선] 101→106
101
102
103
104
105
106
Speed Limit
속도 [km/h]
거리 [m]


[하선] 101→106
101
102
103
104
105
106
전력량_전구간 [kWh]
거리 [m]


구배 [하선] 101→106
101
102
103
104
105
106
구배 [‰]
거리 [m]


곡선반경 [하선] 101→106
101
102
103
104
105
106
곡선반경 [m]
거리 [m]



[그림 618]하선 TPS 그래프

3) 자기부상열차 특성을 고려한 전력량 비교

가) 자기부상열차 소비전력에 영향을 주는 특성분석

[표 194]추종속도 변화에 따른 전력량 분석

제한속도[km/h]	소비전력 [kWh]		운행시간 [s]		평균속도 [km/h]		표정속도 [km/h]	
제한속도대비 -5	3.64	100%	50.92	100%	32.73	100%	29.28	100%
제한속도대비 0	3.71	102%	48.06	94%	34.68	106%	30.83	105%
제한속도대비 -10	3.57	98%	55.14	108%	30.23	92%	27.26	93%
주) 102-103 역간 거리는 463m								

[표 195]타행운행에 따른 전력량 분석

운행속도	소비전력 [kWh]		운행시간 [s]		표정속도 [km/h]	
설계속도운행	2.33	100%	56.26	100%	22.84	100%
타행운행	2.30	98%	59.07	105%	21.85	96%
주) 102-103 역간 거리는 395m						

[표 196]구배에 따른 전력량 분석

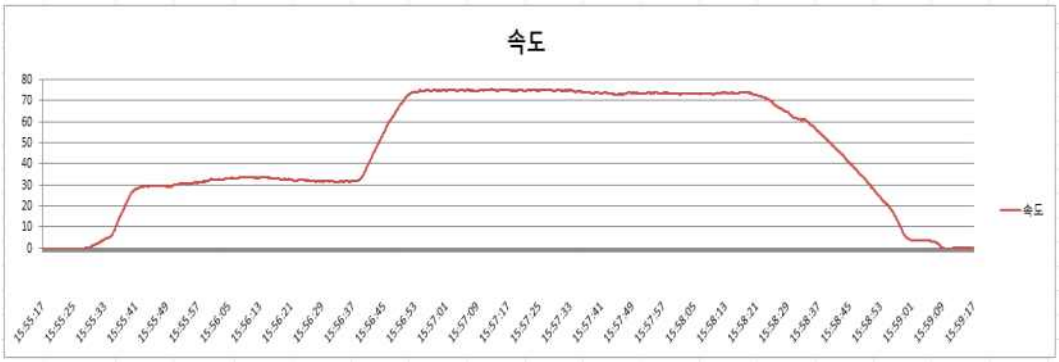
구배변화[‰]	소비전력 [kWh]		운행시간 [s]		표정속도 [km/h]	
구배 0	2.33	100%	56.26	100%	22.84	100%
구배 -10	1.51	65%	56.26	100%	22.84	100%
구배 10	2.64	113%	56.26	100%	22.84	100%
주) 102-103 역간 거리는 479m						

[표 197]감,가속도 변화에 따른 전력량 분석

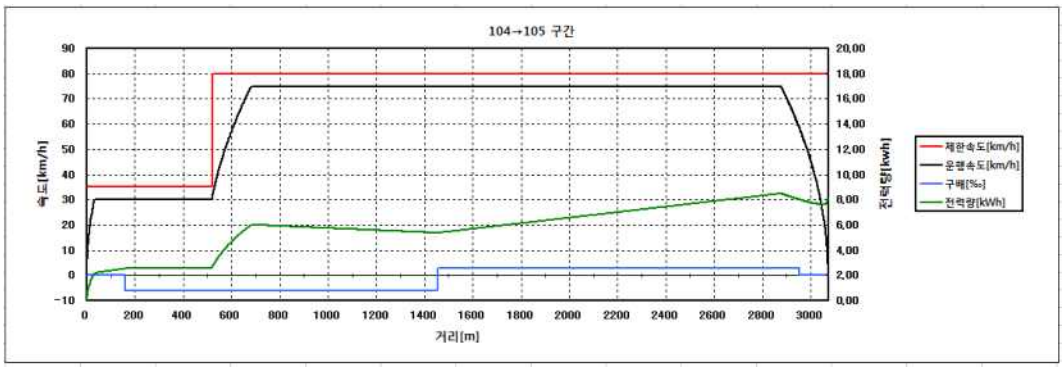
가속도(Km/h/s)	소비전력 [kWh]		운행시간 [s]		표정속도 [km/h]	
가속 4.0	2.33	100%	56.26	100%	22.84	100%
가속 2.0	2.53	109%	60.11	107%	21.51	94%
감속 2.0	2.17	93%	59.62	106%	21.67	95%
가・감속 ±2.0	2.37	102%	63.44	113%	20.48	90%
주) 103-104 역간 거리 395m						

나) TPS와 실측 전력량 비교측정

○ ATO 자동



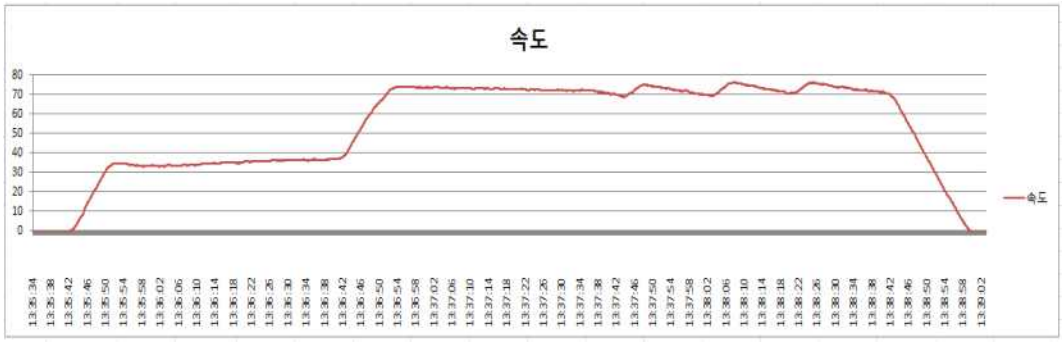
[그림 619]실제 자동운전(ATO) 운행 속도프로파일(104-105역)



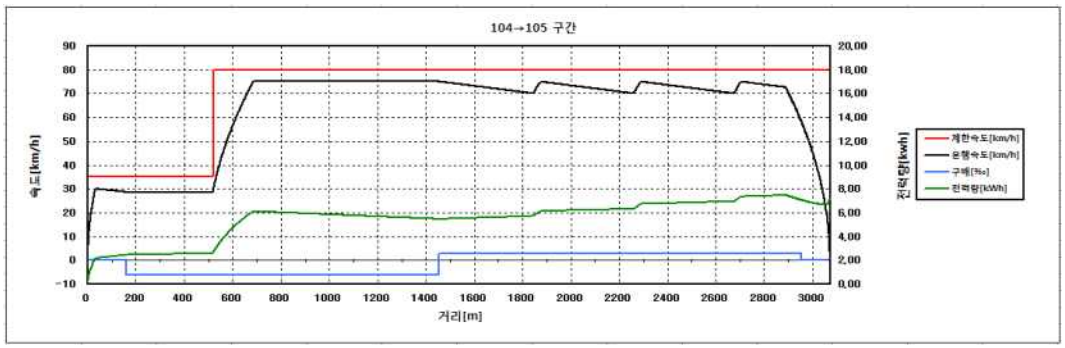
[그림 620]TPS 자동운전(ATO) 운행속도프로파일(104-105역)

- 현재 ATO 튜닝이 완전히 끝나지 않아 자동운전이 가능한 104-105역간을 시험구간으로 지정

○ 수동운전



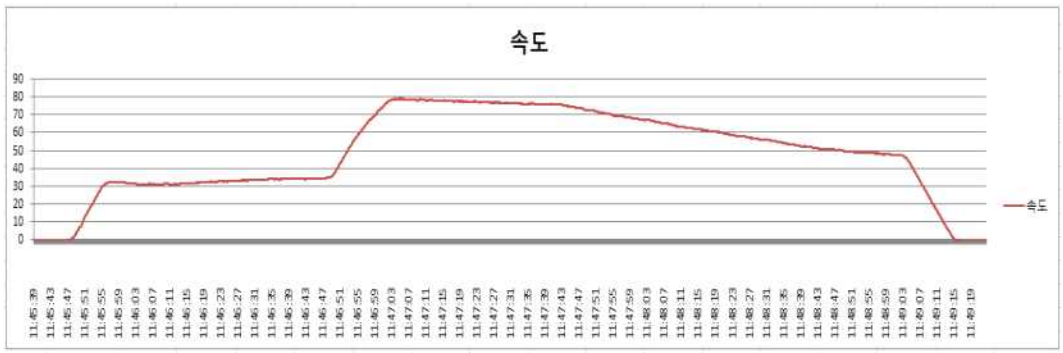
[그림 621]수동운전 속도 5km/h 재추정 운행 속도프로파일(104-105역)



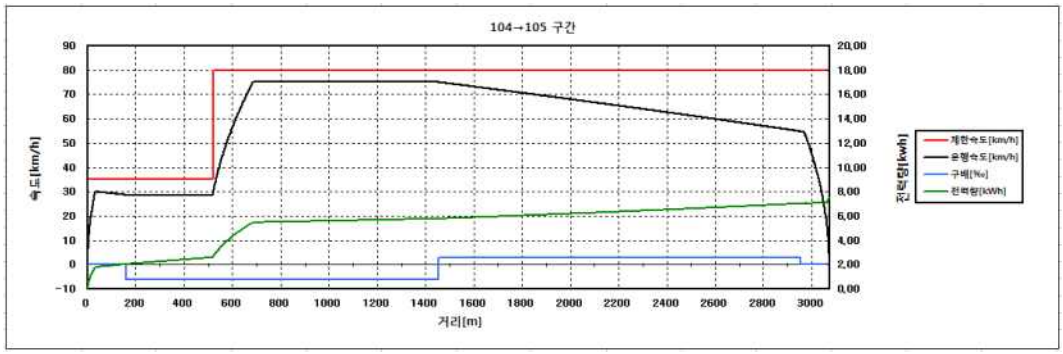
[그림 622]TPS 수동운전 속도 5km/h 재추정 운행 속도프로파일(104-105역)

- 수동운전 시 ATO 운행속도 대비 속도 5km/h 이하 시 재 추진을 시행하여 속도를 추정

○ Full Coast 추정



[그림 623]실제 Full Coast 속도프로파일(104-105역)



[그림 624]Full Coast 추정 운행 속도프로파일(104-105역)

- 최고속도에서 정지점까지 Full Coast 수동운전

○ 비교분석 결과

[표 198]자기부상열차 소비전력 비교

비 고 / 운전방법		소비전력[kWh]		수동/자동(%)		주행거리(m)		운행시간(s)	
		자・수동	TPS	자・수동	TPS	자・수동	TPS	자・수동	TPS
자동운전 (ATO)		8.92	8.81	100%	100%	3,078	3,073	3분19초	3분10초
수동 운전	5km/h 추정	8.17	8.20	91.6%	93.1%	3,079	3,073	3분18초	3분15초
	Full Coast	7.61	7.51	85.3%	85.2%	3,078	3,073	3분27초	3분23초

- 자동운전대비 수동운전은 약 8%~15% 소비전력이 절약되는 것으로 나타났다. 또한, 최고 속도에서 Full Coast에 의한 제동시 에너지 소비측면에서 자동운전(ATO)운전대비 약 15%의 전력소비를 절약할 수 있다.

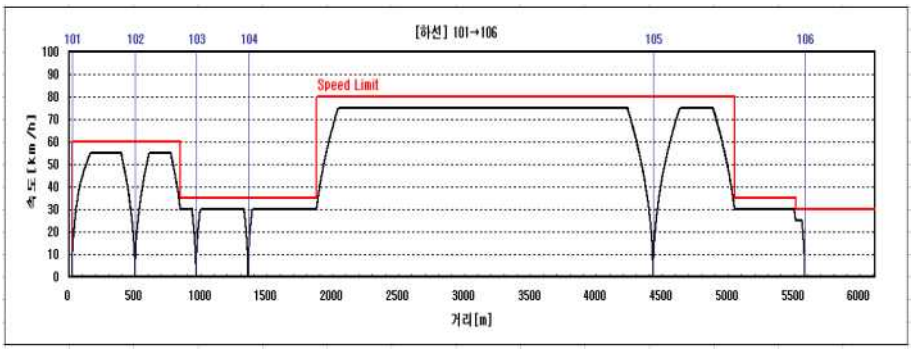
(사) 최적 운전패턴 제시

1) 자기부상열차 특성을 고려한 운행 데이터 도출

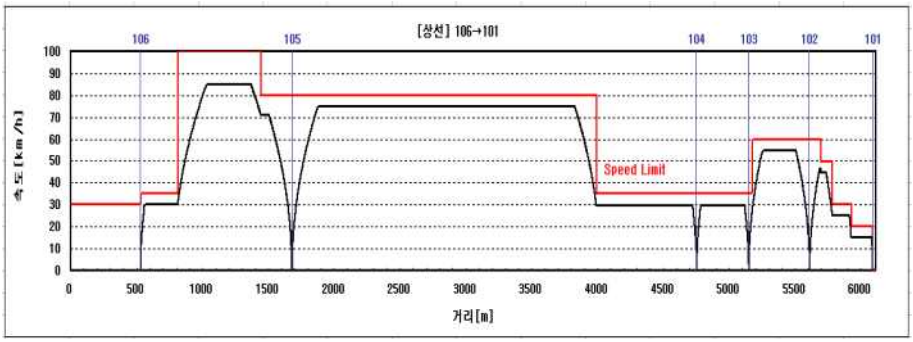
가) 최적의 운행 패턴 도출

○ TPS 재설계 운행데이터

- 처음 시범노선 설계 시 운행데이터를 현장 운행조건에 따른 운행데이터로 수정하여 TPS 재설계



[그림 625]하선 재설계 TPS 운전 패턴



[그림 626]상선 재설계 TPS 운전 패턴

[표 199]상하선 재설계 TPS 소비전력 및 운행시간

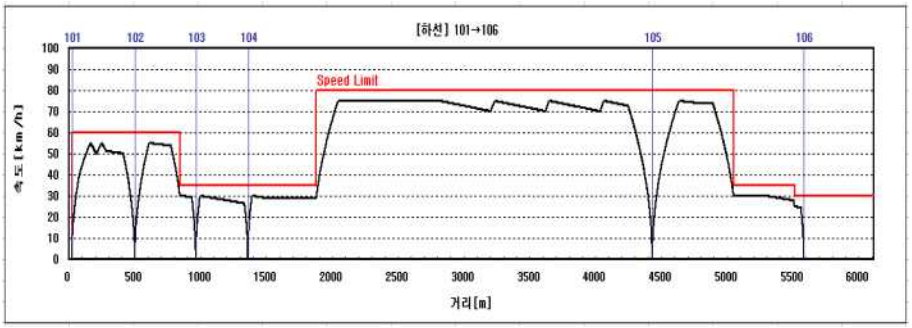
	하선		상선	
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]
101-102	3.34	47.62	3.70	87.4
102-103	3.55	44.68	2.82	46.1
103-104	2.33	56.26	2.60	50.0
104-105	8.81	190.53	9.55	201.2
105-106	5.20	108.39	6.10	97.0
계	23.23	447.48	24.77	481.7

나) 재설계 TPS와 제안 TPS 비교

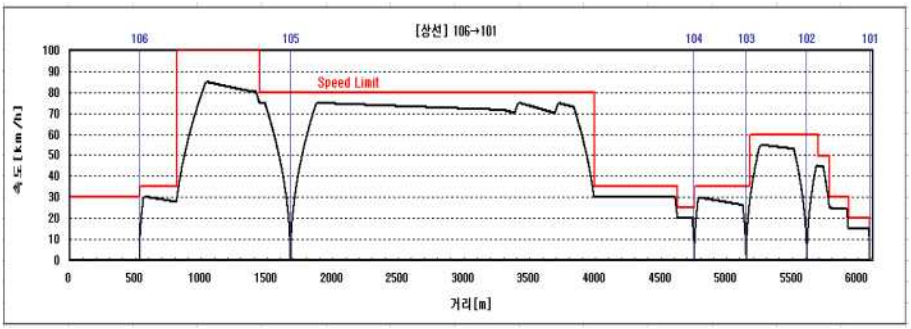
○ TPS 제안 운행데이터(1안)

- 최대 감,가속도 운행
- ATO 운행속도(목표속도) 도달 시 타행운행

- ATO 운행속도(목표속도) 대비 5km/h 재추정 운행



[그림 627]하선 제안 TPS(1안) 운전 패턴



[그림 628]상선 제안 TPS(1안) 운전 패턴

[표 200]상하선 제안 TPS(1안) 소비전력 및 운행시간

	하선		상선	
	소비전력[kWh]	운행시간 [s]	소비전력[kWh]	운행시간 [s]
101-102	3.12	48.82	3.59	88.0
102-103	3.32	45.23	2.65	46.9
103-104	2.08	59.07	2.14	52.7
104-105	8.20	195.26	9.19	209.2
105-106	4.89	109.51	5.65	99.2
계	21.61	457.89	23.22	496

○ 재설계 TPS와 제안 TPS(1안) 소비전력량 비교

[표 201]재설계/제안(1안) TPS 소비전력량비교 (하선)

	재설계 TPS		제안 TPS(1안)		제안(1안) / 재설계	
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [%]	운행시간 [%]
101-102	3.34	47.62	3.12	48.82	93.4	102.5
102-103	3.55	44.68	3.32	45.23	93.5	101.2
103-104	2.33	56.26	2.08	59.07	89.2	104.9
104-105	8.81	190.53	8.20	195.26	93.0	102.4
105-106	5.20	108.39	4.89	109.51	94.0	101.0
계	23.23	447.48	21.61	457.89	93.0	102.3

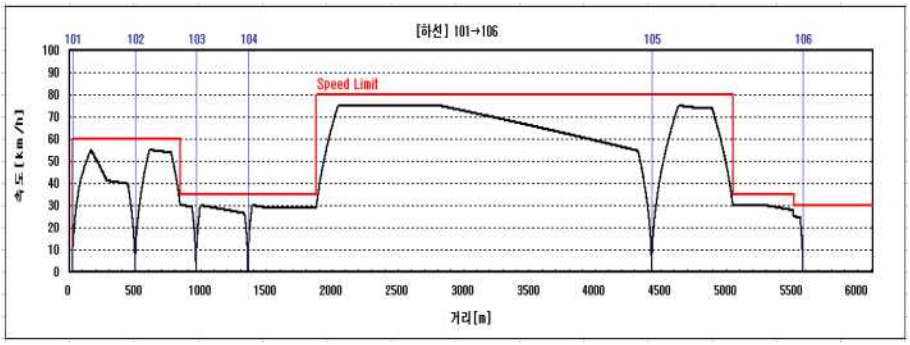
[표 202]재설계/제안 TPS(1안) 소비전력량비교 (상선)

	재설계 TPS		제안 TPS(1안)		제안(1안) / 재설계	
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [%]	운행시간 [%]
101-102	3.70	87.4	3.59	88	97.0	100.6
102-103	2.82	46.1	2.65	46.9	93.9	101.7
103-104	2.60	50.0	2.14	52.7	82.3	105.4
104-105	9.55	201.2	9.19	209.2	96.2	103.9
105-106	6.10	97.0	5.65	99.2	92.6	102.2
계	24.77	481.7	23.22	496	93.7	102.9

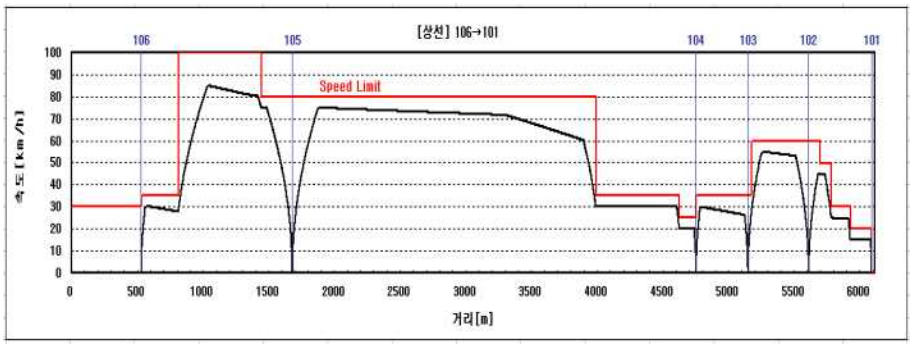
- 재설계 TPS와 제안 TPS의 시뮬레이션 결과를 비교해 보면 기존대비 제안 TPS(5km/h 재추정)가 하선에선 소비전력은 7%정도의 개선효과가 있고 상선에서는 6.7%정도의 개선효과가 있다. 하지만 이는 운행시간이 2.3%, 2.9%의 증가하는 단점이 있다.

○ TPS 제안 운행데이터(2안)

- 최대 감,가속도 운행
- ATO운행속도(목표속도) 도달 시 타행운행



[그림 629]하선 제안 TPS(2안) 운전 패턴



[그림 630]상선 제안 TPS(2안) 운전 패턴

[표 203]상하선 제안 TPS(2안) 소비전력 및 운행시간

	하선		상선	
	소비전력[kWh]	운행시간 [s]	소비전력[kWh]	운행시간 [s]
101-102	2.92	52.55	3.59	88.0
102-103	3.32	45.23	2.65	46.9
103-104	2.08	59.07	2.14	52.7
104-105	7.51	203.55	8.88	212.2
105-106	4.89	109.51	5.65	99.2
계	20.72	469.91	22.91	499

○ 재설계 TPS와 제안 TPS(2안) 소비전력량 비교

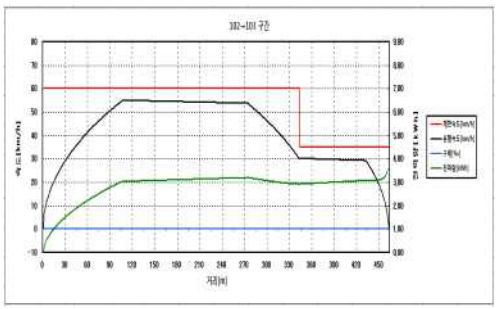
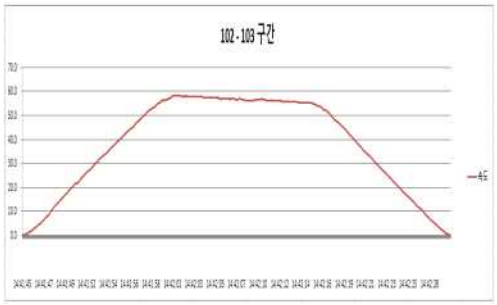
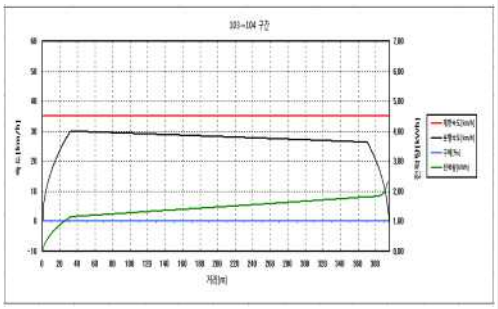
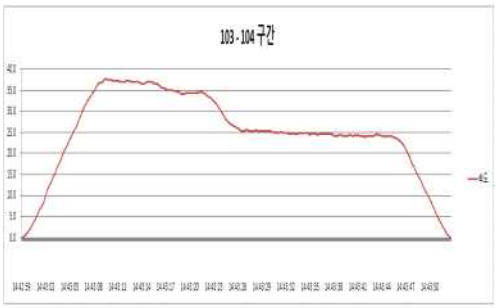
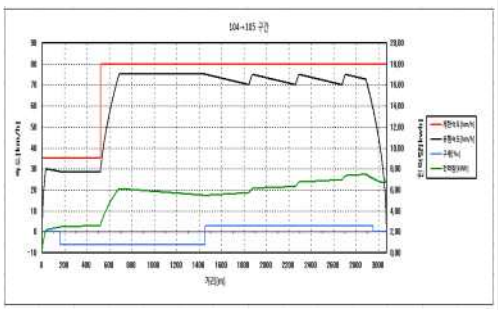
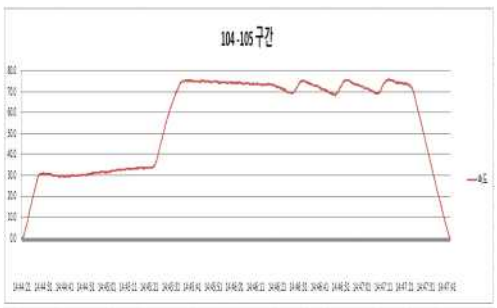
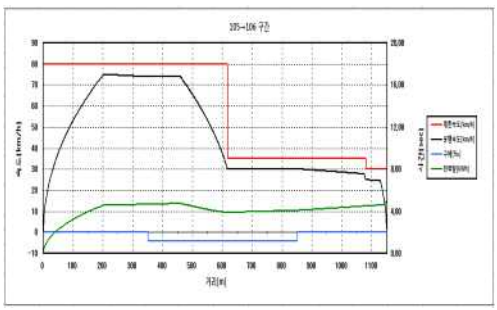
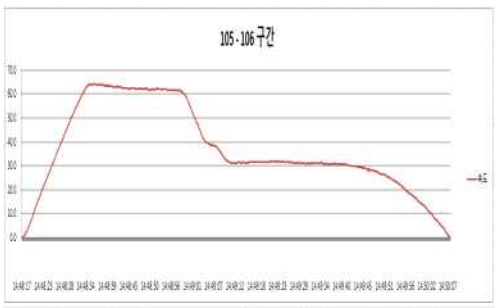
[표 204]재설계/제안 TPS(2안) 소비전력량비교 (하선)

	재설계 TPS		제안 TPS(2안)		제안(2안) / 재설계	
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [%]	운행시간 [%]
101-102	3.34	47.62	2.92	52.55	87.4	110.3
102-103	3.55	44.68	3.32	45.23	93.5	101.2
103-104	2.33	56.26	2.08	59.07	89.2	104.9
104-105	8.81	190.53	7.51	203.55	85.2	106.8
105-106	5.20	108.39	4.89	109.51	94.0	101.0
계	23.23	447.48	20.72	469.91	89.1	105.0

[표 205]재설계/제안 TPS(2안) 소비전력량비교 (상선)

	재설계 TPS		제안 TPS(2안)		제안(2안) / 재설계	
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [%]	운행시간 [%]
101-102	3.70	87.4	3.59	88.0	97.0	100.6
102-103	2.82	46.1	2.65	46.9	93.9	101.7
103-104	2.60	50.0	2.14	52.7	82.3	105.4
104-105	9.55	201.2	8.88	212.2	92.9	105.4
105-106	6.10	97.0	5.65	99.2	92.6	102.2
계	24.77	481.7	22.91	499	92.4	103.5

다) 제안 TPS(1안)과 실제운행 데이터 비교

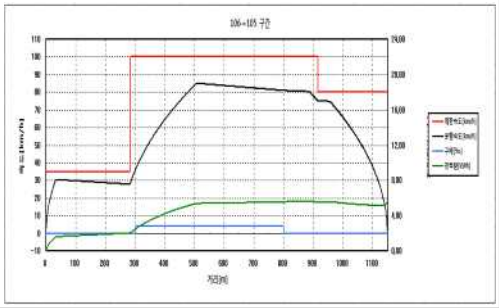
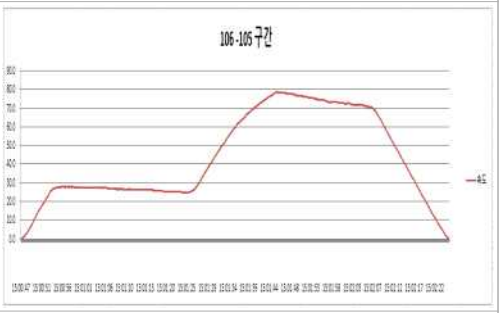
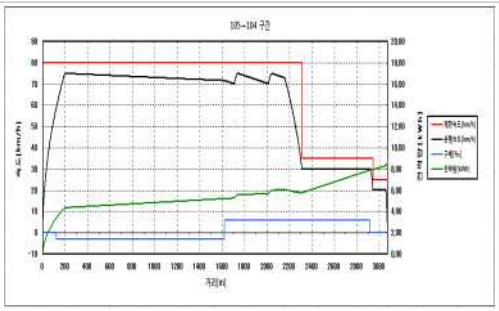
	제안 TPS(1안) 운행 그래프	실제운행 그래프
102 – 103 구간		
103 – 104 구간		
104 – 105 구간		
105 – 106 구간		

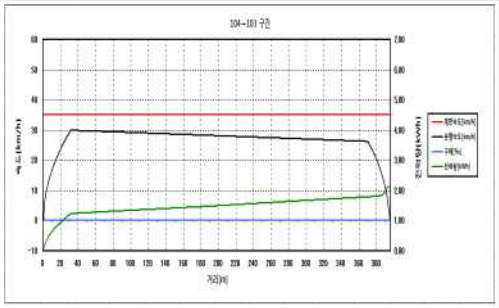
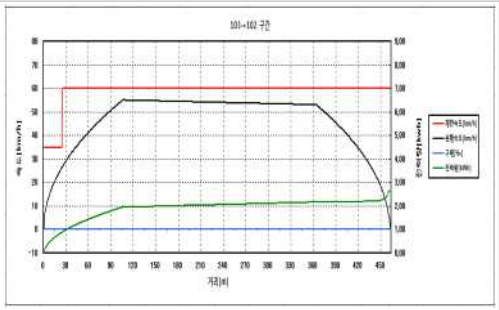
[그림 631]제안 TPS(1안)와 실제 운행데이터(하선)

[표 206]제안 TPS(1안)와 실제 소비전력과 운행시간(하선)

역 구간	소비전력		운행시간	
	실측	제안 TPS	실측	제안 TPS
102-103	3.37	3.32	46	45.23
103-104	2.08	2.08	50	59.07
104-105	8.38	8.20	202	195.26
105-106	4.69	4.89	112	109.51
계	18.52	18.49	410	409.07

- 101~102 구간은 분기기 통과속도의 차이로 비교하기가 어려워 실제 운행데이터 구간에서 제외
- TPS 시뮬레이션 결과 실제 측정한 소비전력과 차이는 있으나, 변수들을 고려했을 때 그 차이는 크지 않은 것으로 나타남

	제안 TPS(1안) 운행 그래프	실제운행 그래프
106 - 105 구간		
105 - 104 구간		

104 – 103 구간		
103 – 102 구간		

[그림 632]제안 TPS(1안)와 실제 운행데이터(상선)

[표 207]제안 TPS(1안)와 실제 소비전력과 운행시간(상선)

역 구간	소비전력		운행시간	
	실측	제안 TPS	실측	제안 TPS
102-103	2.76	2.65	49	46.9
103-104	2.20	2.14	54	52.7
104-105	9.30	9.19	230	209.2
105-106	5.75	5.65	101	99.2
계	20.01	19.63	434	408

라) 최적 운행패턴 제시

○ 재설계 TPS 대비 1안(5km/h추정)은 하선은 7%, 상선은 6.3%의 소비전력 감소 효과가 있다. 하지만 운행시간이 각각 10.41초, 14.3초 늘어나게 된다. 마찬가지로 2안(타행) 역시 재설계 TPS 대비 하선은 10.9%, 상선은 7.6%의 소비전력 감소 효과가 있으며 운행시간은 각각 22.43초, 17.3초가 늘어나게 된다. 따라서 소비전력 측면에서 자기부상열차의 주행특성에 적합한 운전 패턴은 전구간 타행 운전으로 나타난다.

[표 208]재설계/제안 TPS 소비전력량비교 (결론)

구분	재설계 TPS		제안 TPS(타행)		제안 / 재설계	
	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [kWh]	운행시간 [s]	소비전력 [%]	운행시간 [s]
하선	23.23	447.48	20.72	469.91	10.9	22.43
상선	24.77	481.7	22.91	499	7.6	17.3

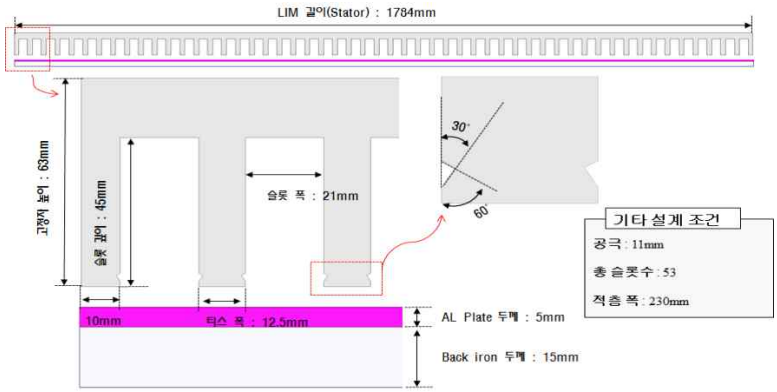
➜ 재설계 TPS 대비 제안(타행) TPS는 하선은 10.9%, 상선은 7.6%의 소비전력감소효과가 있으며, 운행시간은 각각 22.43초, 17.3초가 증가함.

(3) 벡터제어기법을 통한 회생제동구간 확대 및 에너지 효율향상(건국대학교)

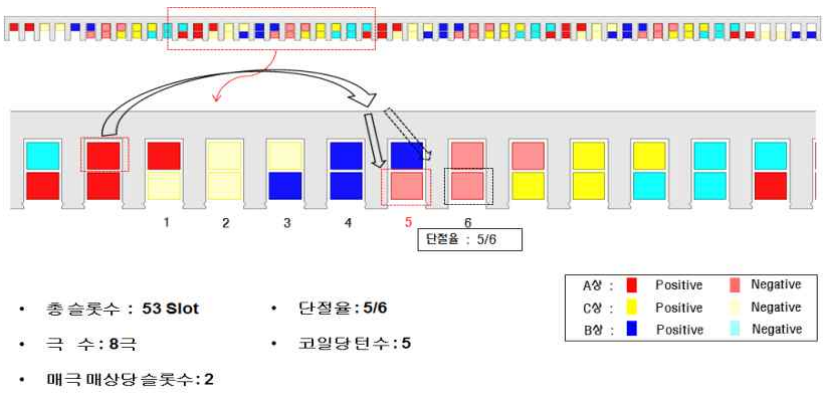
(가) 선형유도전동기의 특성 해석

1) 선형 유도전동기의 FEM 특성해석

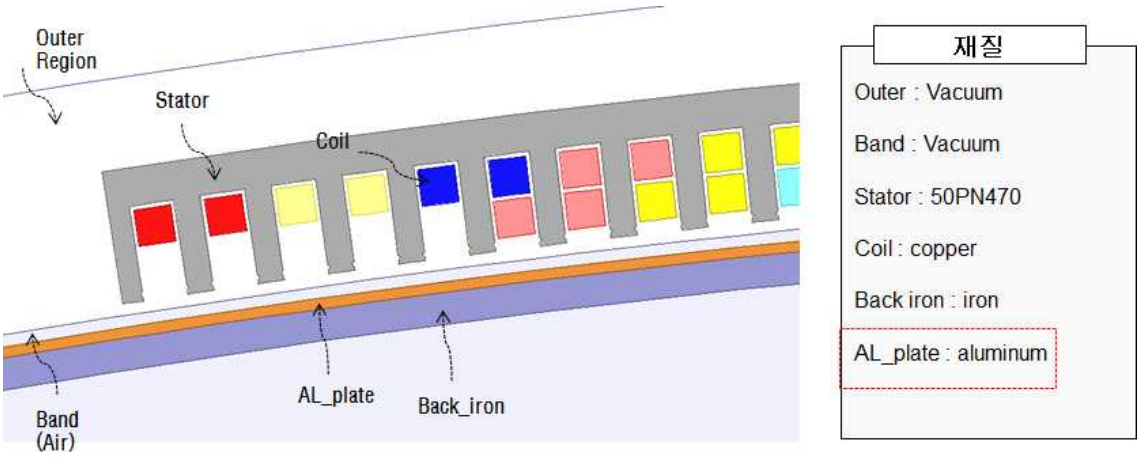
○ 선형 유도전동기에 대한 설계 자료 및 제작 사양을 바탕으로 성능 파악과 모델링의 기초자료로 활용하기 위해 FEM 기반의 특성 해석을 수행하였다. 아래 그림에 해석대상 선형유도전동기의 제원과 FEM 모델을 나타내었다.



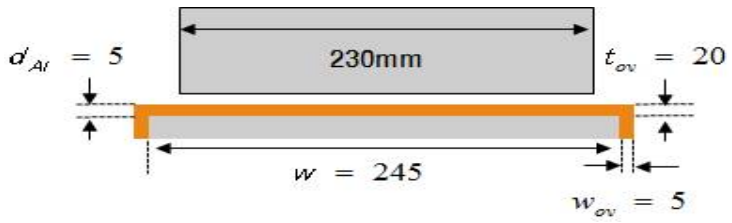
[그림 633]선형유도전동기의 코어 제원



[그림 634]선형유도전동기의 권선 분포



(a) 회전형 FEM 모델



(b) 오버행 구조

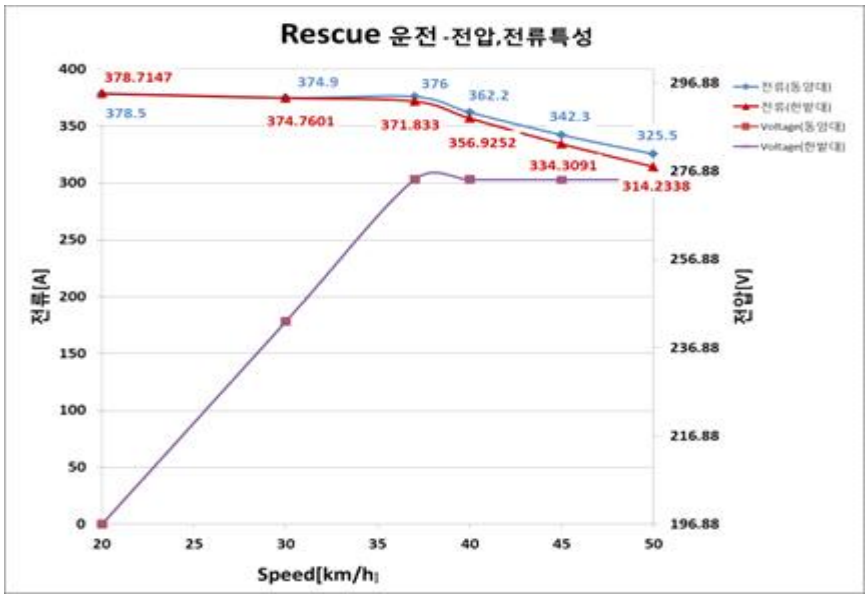
[그림 635]선형유도전동기의 FEM 모델링



(a) 공차시의 전압, 전류 운전특성(슬립주파수 12.5Hz, P4)



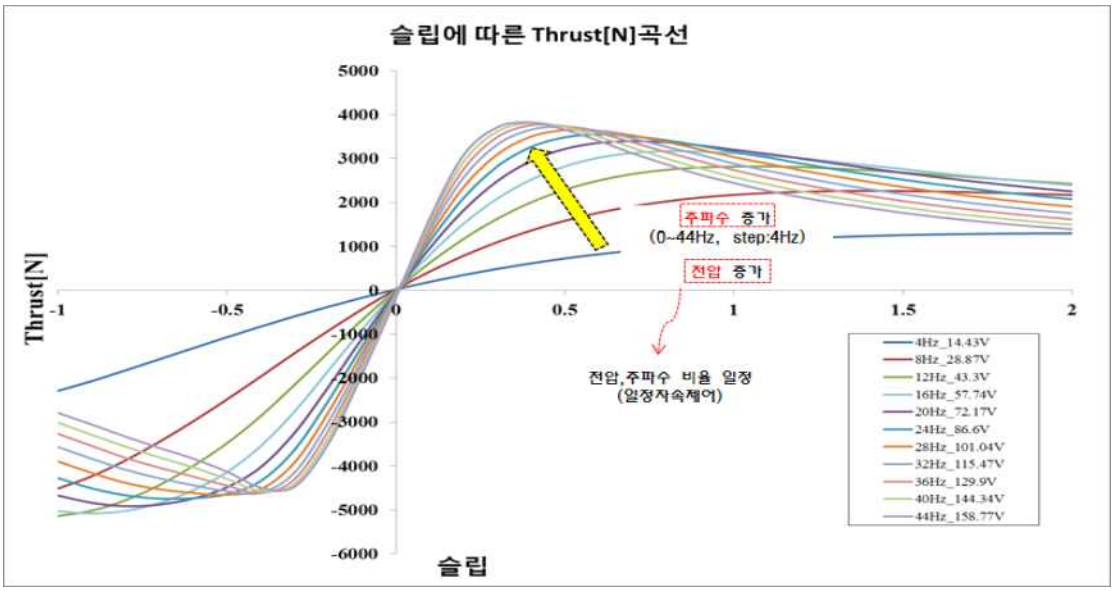
(b) 만차시의 전압, 전류 운전특성(슬립주파수 12.5Hz, P4)



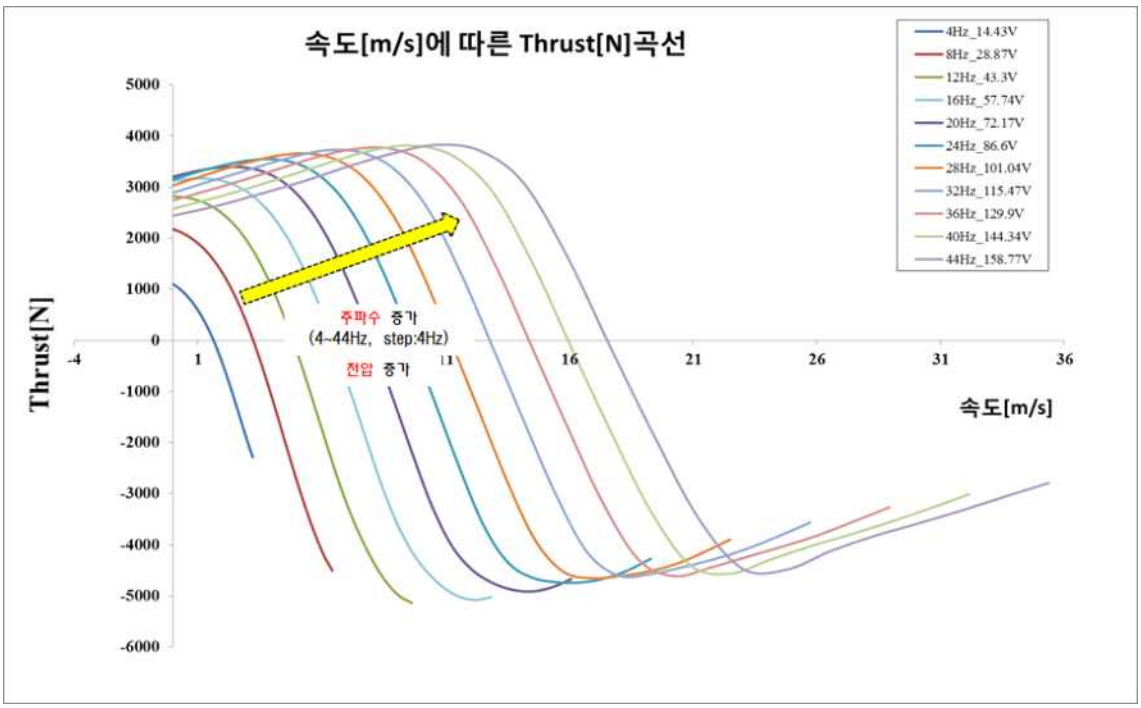
(c) 구원운전시의 전압, 전류 운전특성(슬립주파수 12.5Hz, P4)

[그림 636]선형 유도전동기의 전압, 전류 운전특성

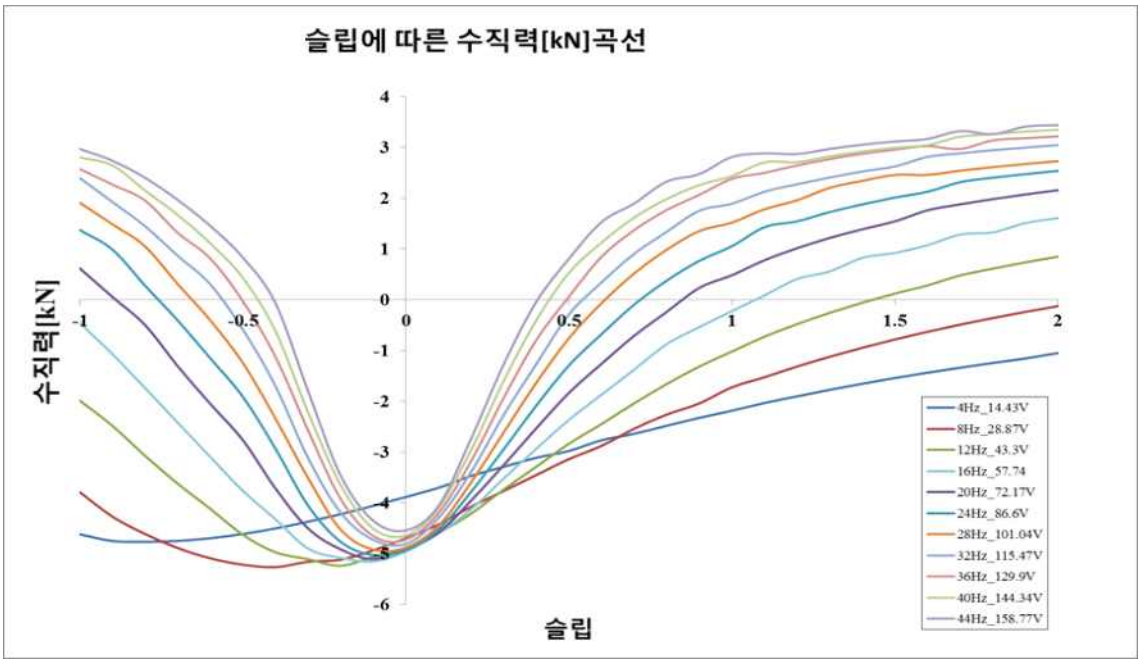
○ 위그림은 슬립주파수 12.5Hz로 일정하게 운전할 경우 속도에 따른 전압, 전류운전 특성을 보여 준다. 이전의 해석결과와 회전형으로 모델링하여 해석한 결과를 같이 나타내었다.



[그림 637]정토크영역에서의 슬립에 따른 추진력 해석 결과
(V/f 일정조건, 330A)

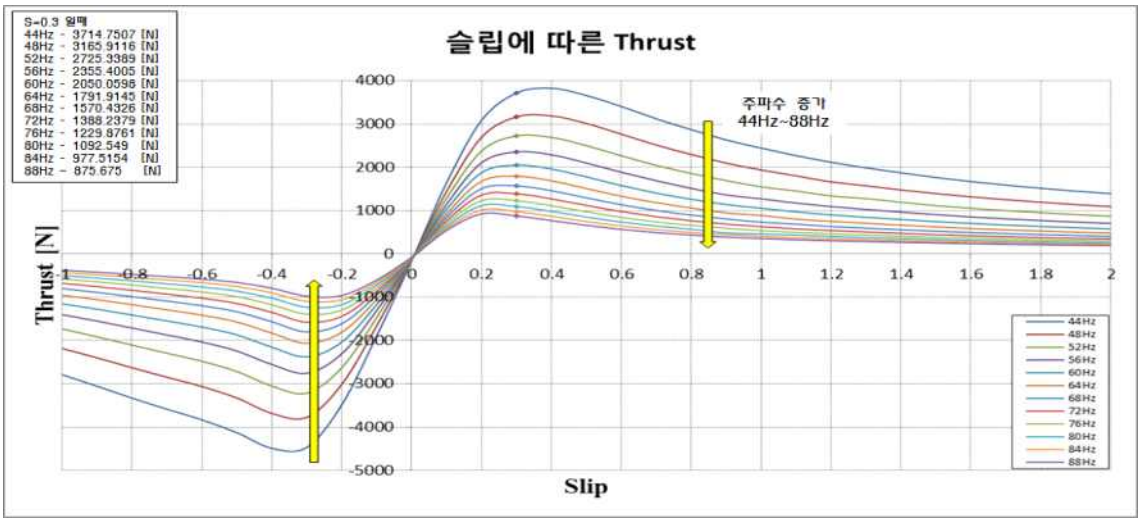


[그림 638]정토크영역에서의 속도에 따른 추진력 해석 결과
(V/f 일정조건, 330A)

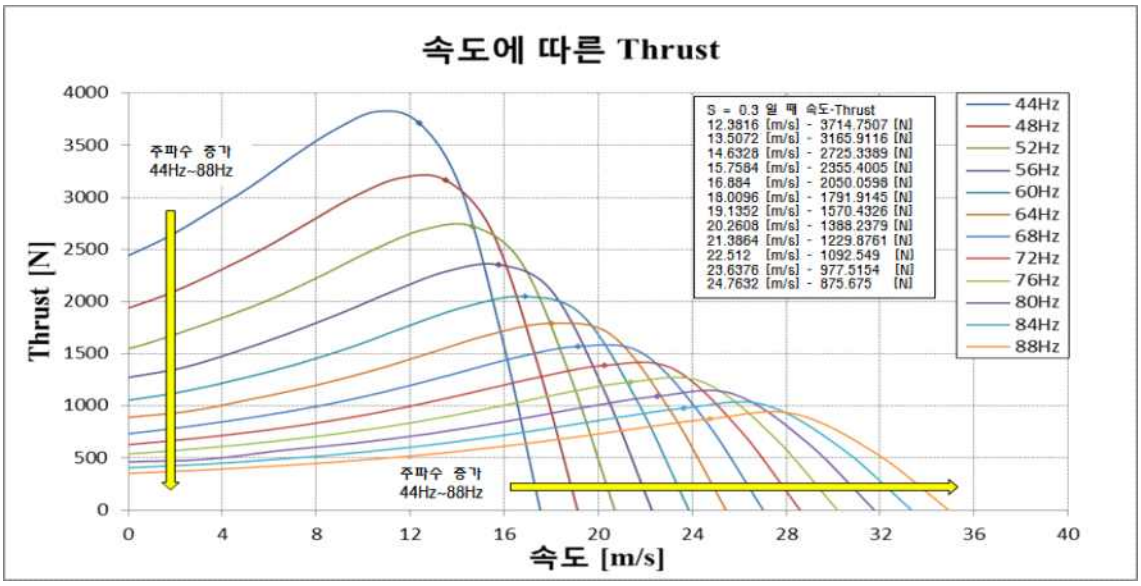


[그림 639]정토크영역에서의 슬립에 따른 수직력 해석 결과
(V/f 일정조건, 330A)

○ 위 그림에 주파수를 4Hz에서 44Hz, 전압을 14.43V에서 158.77V로 V/f 비를 일정하게 유지하면서 해석한 슬립에 대한 추진력과 수직력, 속도에 따른 추진력의 해석 결과를 나타내었다.



[그림 640]정출력영역에서의 슬립에 따른 추진력 해석 결과
(주파수 44~88Hz, 상전압 158.77V)



[그림 641]정출력영역에서의 속도에 따른 추진력 해석 결과
(주파수 44~88Hz, 상전압 158.77V)

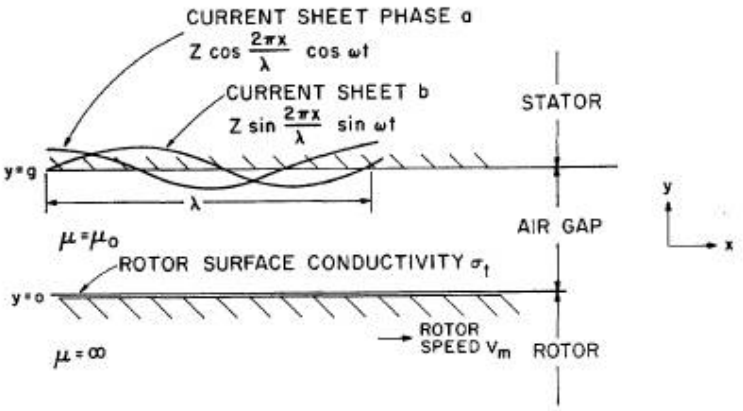
○ 위 그림은 선형유도전동기의 상전압을 158.77V로 일정하게 유지하고, 운전주파수를 44Hz~88Hz로 증가시켰을 때의 슬립에 따른 추진력과 속도에따른 추진력의 해석결과를 나타내었다. 해석 대상의 선형유도전동기의 추진력의 범위는 상전류 실효치를 330A로 한 경우 대략 3500N 정도이며,이때 수직력은 대략 2500N임을 알수 있다. 이러한 FEM을 통한 선형유도전동기의 특성해석결과는 선형 유도전동기의 벡터제어를 위한 모델의 타당성을 검증하는데 이용하였다.

2) LIM의 추진력과 수직력

○ LIM(Linear Induction Motor)의 추진력과 수직력은 전동기의 슬립주파수, Stator 및 회전자 전류의 크기와 관련이 있음이 알려져 있다. LIM의 추진력은 부상시스템에 영향을 주기 때문에 부상시스템에 영향을 주지 않기 위한 수직력의 제한이 필요하다. 일반적으로 수직력의 추진력과의 관계를 정확하게 알지 못하기 때문에 수직력의 발생량을 상당히 제한 할 수 있는 슬립주파수를 선정하여 일정 슬립주파수로 하게 운전하는 방식을 채택한다. 본 연구에서는 수직력을 일정범위로 제한하면서 슬립주파수를 가변할 수 있는 방안에 대해 모색하해야 함으로 LIM의 추진력과 수직력의 관계에 대해 살펴본다.

가) LIM 해석모델

○ LIM의 수직력과 추진력의 관계를 유도하기 위해 아래 그림과 같은 무한히 긴 간략화된 Stator 구조를 사용한다.이 때 고정자 end effect은 고려하고, 전동기의 Core에서의 투자율은 ∞, 포화현상과 히스테레시스효과는 무시한다.



[그림 642]단측식 선형유도전동기의 해석 모델

○ 고정자 권선을 고정자의 표면에 2상 분포권으로 아래 식과 같이 배치되어 있는 것으로 모델링을 수행한다.

$$\begin{aligned} Phase\,A &: z_A = Z_m \cos\beta x \\ Pahse\,B &: z_B = Z_m \sin\beta x \end{aligned} \qquad (2.2.3.1)$$

Z_m : 단위 길이당의 권선밀도
$\beta = 2\pi/\lambda$
$\lambda = 2\times p,\ p : pole\,\pi tch[m]$

○ 회전자의 도체는 유한히 긴 z 방향의 표면 도체로 가정하며, 도전율은 아래와 같다.

$$\sigma_t = \sigma \cdot t_{eff} \quad \text{여기에서, } t_{eff} : \text{유효두께}(effective\ thickness) \qquad (2.2.3.2)$$

○ 고정자에 정현파 전류를 아래 식과 같이 여자하면 고정자 표면에 아래 식과 같이 직선으로 운동하는 기자력파형을 얻을 수 있다.

$$\begin{aligned} i_A &= I_m \cos(\omega t) \\ i_B &= I_m \sin(\omega t) \end{aligned} \qquad (2.2.3.3)$$

$$k_s = i_z(i_A z_A + i_B z_B) = i_z Re[K_s e^{j(\beta x - \omega t)}] \qquad (2.2.3.4)$$
$$K_s = I_m Z_m$$

○ 공극에서의 자계의 세기에 대한 방정식은 아래 식과 같고, 이에 대한 일반해를 다음 식에 나타내었다.

$$\mu_0 \nabla \cdot \vec{H} = 0 \qquad (2.2.3.5)$$
$$\nabla \times \vec{H} = 0$$

$$\vec{H} = i_x Re(\vec{H_x}) + i_y Im(\vec{H_y}) \qquad (2.2.3.6)$$

$$\vec{H_x} = [P\sinh\beta y + Q\cosh\beta y]e^{j(\beta x - \omega t)}$$
$$\vec{H_y} = -j[P\cosh\beta y + Q\sinh\beta y]e^{j(\beta x - \omega t)}$$

○ Stator와 공극의 인터페이스 지점(y=g)에서의 방정식은 아래와 같다.

$$\nabla \times \vec{H} = \vec{k_s} \qquad (2.2.3.7)$$

○ 위 식을 정리하면 아래 식과 같은 방정식을 얻을 수 있다,

$$P\sinh\beta g + Q\cosh\beta g = K_s \qquad (2.2.3.8)$$

○ Rotor와 공극의 인터페이스 지점(y=0)에서의 방정식은 아래와 같다,

$$\nabla \times (\vec{E'} - \vec{v} \times \vec{B'}) = -\frac{\partial \vec{B'}}{\partial t} \qquad (2.2.3.9)$$
$$\nabla \times \vec{H} = \vec{k_r} \quad \text{여기에서, } \vec{k_r} = \sigma_t \vec{E}$$

○ 위 식을 대입하여 정리하면 아래와 같이 나타낼 수 있다

.

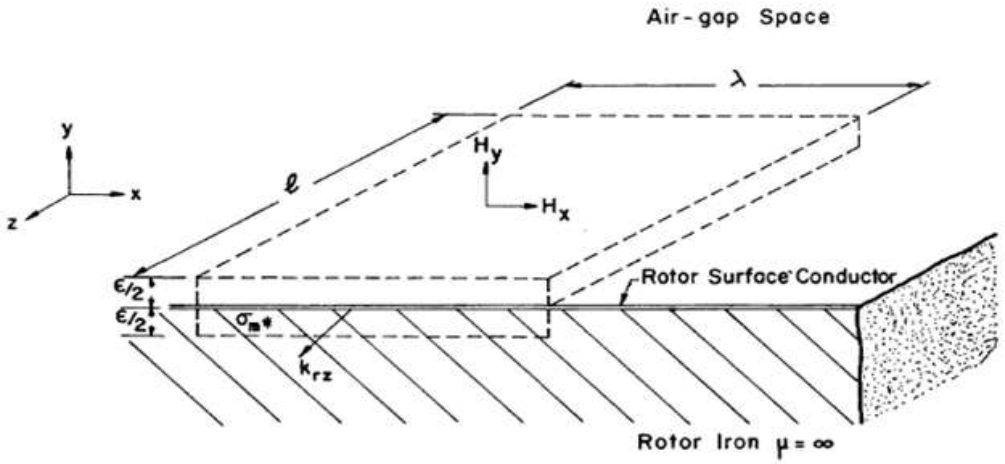
$$Q = -j\sigma_t \mu_o (v_{sy} - v_m) P \quad \text{여기에서 } v_{sy} = \lambda \cdot f \text{의 관계를 갖는다} \qquad (2.2.3.10)$$

○ 위 식에서 Magnetic Reynolds number ($R_m = \sigma_t \mu_o v_{sy}$), Airgap wavelength ratio ($\beta g = 2\pi g/\lambda$), 슬립 ($S = 1 - v_m/v_{sy}$), Laithwaite

goodness factor ($G = R_m/(\beta g) \approx \frac{X_m}{R_a}$) 로 치환하면 아래 식처럼 표현할 수 있다.

$$P = \frac{1}{\sinh\beta g - jR_m S\cosh\beta g} K_s \qquad (2.2.3.11)$$

$$Q = \frac{-jR_m S}{\sinh\beta g - jR_m S\cosh\beta g} K_s \qquad (2.2.3.12)$$



[그림 643]2공극과 Rotor의 인터페이스

나) LIM의 추진력과 수직력의 관계

○ 회전자 면적 $l \times \lambda$에 작용하는 평균 추진력을 계산하면 아래 식과 같이 나타낼 수 있다.

$$F_{xt} = \frac{l\mu_o}{2}\int_0^{\lambda} Re(\overrightarrow{H_x} \cdot \overrightarrow{H_y^*})\,dx = \frac{l\lambda\mu_o}{2}\frac{R_m S}{(\sinh\beta g)^2 + (R_m S\cosh\beta g)^2} K_s^2 \qquad (2.2.3.13)$$

○ 평균 수직력은 아래 식과 같다.

$$F_{xt} = \frac{l\mu_o}{4}\int_0^{\lambda} Re(\overrightarrow{H_y} \cdot \overrightarrow{H_y^*} - \overrightarrow{H_x} \cdot \overrightarrow{H_x^*})\,dx = \frac{l\lambda\mu_o}{4}\frac{1-(R_m S)^2}{(\sinh\beta g)^2 + (R_m S\cosh\beta g)^2} K_s^2 \qquad (2.2.3.14)$$

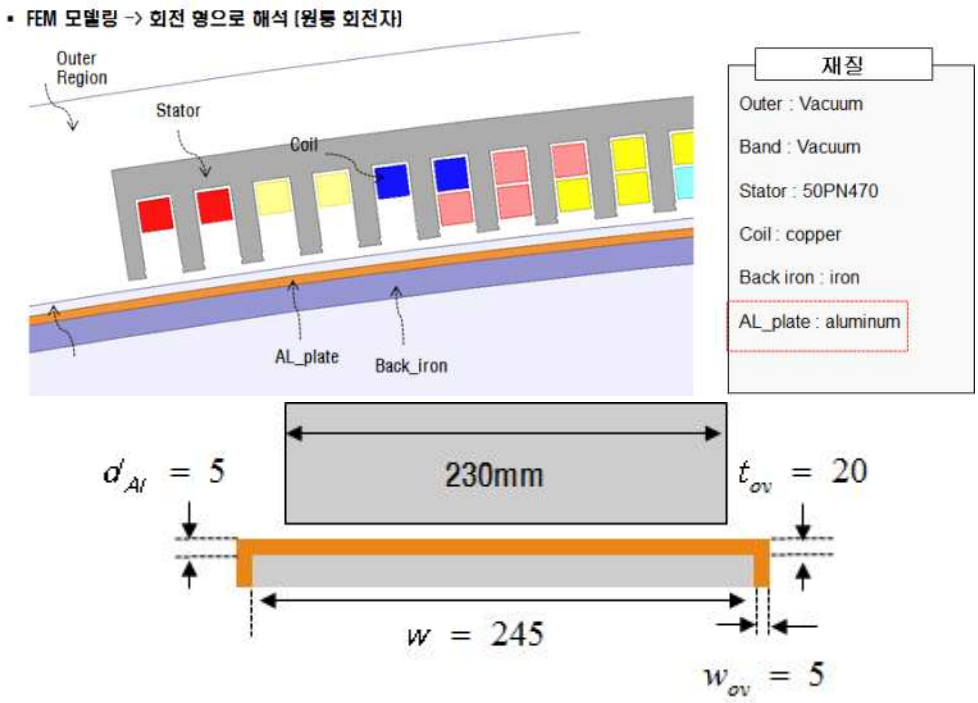
○ 위의 관계식으로부터 추진력과 수직력의 관계식을 유도하면 아래와

같다.

$$\frac{F_{yv}}{F_{xv}} = -0.5(R_m S - \frac{1}{R_m S}) \qquad (2.2.3.15)$$

○ $R_m = \sigma_t \mu_o v_{sy}$, $S = 1 - v_m / v_{sy}$의 관계로부터 위의 식에서 $R_m S = \sigma_t \mu_o (S \cdot v_{st})$로 표현 할 수 있는데 LIM의 슬립주파수에 해당한다. 따라서 LIM의 슬립주파수를 일정하게 한 경우에는 추진력에 대한 수직력의 비를 일정하게 유지할 수 있어 Notch별 혹은 Braking Model별 운전조건에 따른 추진력 혹은 Braking역의 최대값의 조건에서 슬립주파수를 적정하게 선정하여 일정하게 제어하는 경우 일정 수직력 이하가 되도록 할 수 있다.

○ 본 연구의 대상인 자기부상열차의 추진력과 수직력의 관계를 살펴보기 위해 아래 표에 LIM의 제원과 재질을 나타내었다.

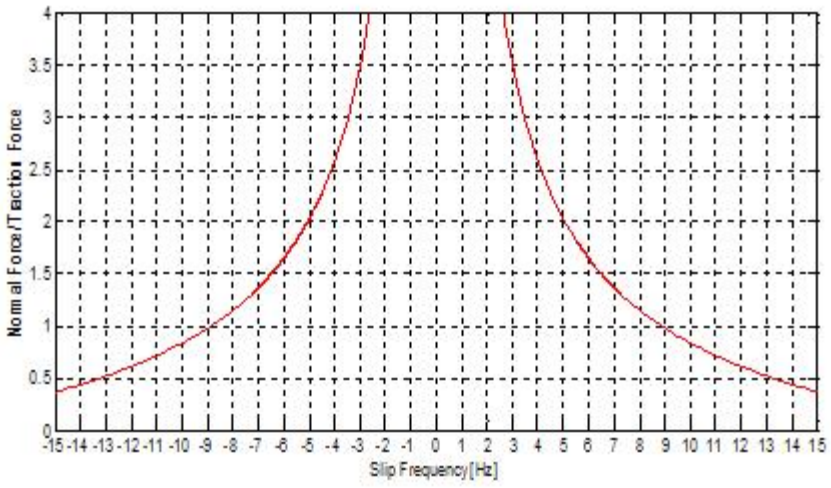


[그림 644]고정자와 회전자의 형상 및 재질

[표 209]추진력과 수직력의 관계와 관련한 제원

항목	값	단위	비고
σ_t	175000		
μ_o	$4\times\pi\times10^{-7}$		
$k_{effective}$	0.053		FEM해석결과에 따른 보정계수
τ	0.2	m	극 피치
fe		Hz	고정자 주파수
S			슬립
v_{sync}	$2\tau f_e$	m/sec	동기선속도
R_m	$\sigma_t\mu_o v_{sync}k_{effective}$		Reynolds 수

○ 위 표의 제원과 위의 식을 이용하여 슬립주파수에 따른 추진력과 수직력의 비를 계산하면 아래 그림과 같이 나타낼 수 있다. 슬립주파수 9.5Hz 이상에서는 추진력에 대한 수직력의 비가 1이하이며, 슬립주파수가 낮아질수록 비가 1보다 증가하여 슬립주파수 5Hz 이하에서는 수직력이 추진력보다 2배 이상 됨을 알 수 있다. 현재 운행중인 자기부상열차의 가,감속시 사용하는 슬립주파수는 13.5Hz로 아래 그림에 나타난 결과로 볼 때 추진력 크기의 약 40%가 수직력 성분의 크기임을 알 수 있다.



[그림 645]슬립주파수에 따른 추진력과 수직력의 비

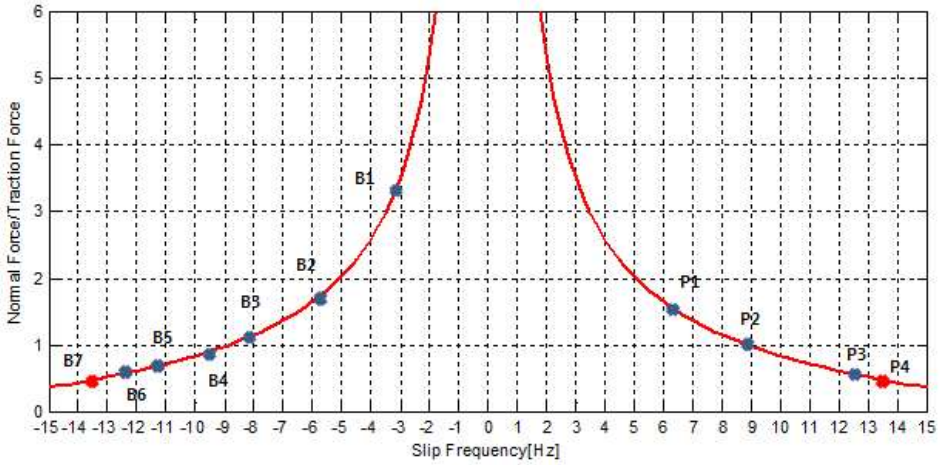
다) 수동 노치(추진, 제동)별 슬립주파수의 가변

○ 위 그림에서와 같이 부상제어시스템에 외란으로 작용하는 수직력은 슬립주파수에 따라 추진 혹은 제동력에 비례하는 값을 갖는다. 한편, 추진, 제동력은 수동 노치별로 실효전류의 크기를 제어함으로써 추진, 제동력은 노치별로 아래 표와 같이 나타낸다.

[표 210]추진, 제동 노치별 추진력과 제동력의 비율

추진 노치	추진력(%)	보정계수	슬립주파수 [Hz]	제동 노치	제동력(%)	보정계수	슬립주파수 [Hz]
P4	100	1	13.5	B7	100	1	13.5
P3	75	1.33	12.5	B6	85	1.17	12.5
P2	50	2	9.0	B5	72	1.39	11.5
P1	30	3.33	6.5	B4	56	1.79	9.5
				B3	42	2.38	8.0
				B2	28	3.57	6.5
				B1	15	6.66	3.0

○ 위 표의 보정계수는 최대 노치로 운전할 경우의 최대 수직력을 1로 하였을 때 노치별로 최대 수직력에 대한 여유분을 per unit로 표시한 것이다. 예를 들어 P3의 노치운전의 경우 P4의 운전에 비해 추진력이 75%에 해당함으로 이때의 수직력 또한 P4운전의 경우에 비해 75% 수준을 유지하고 있다. 따라서 P4운전시의 최대 수직력에 도달하기 위해서는 P3운전시에 발생하는 수직력의 1.33배까지 증가하는 것이 가능함을 의미한다. 위 표의 결과로부터 슬립주파수 13.5Hz로 일정하게 운전하는 경우 최대 수직력 이하에서 수동 노치별로 변경 가능한 슬립주파수의 범위를 아래 그림에 나타내었다. 기존의 제어 방법은 모든 수동 노치 영역에서 슬립주파수를 13.5Hz로 일정하게 운전하지만 부상제어시스템에 영향을 주지 않으면서 노치별로 슬립주파수의 범위를 가변하는 것이 가능함을 알 수 있다.



[그림 646]노치에 따른 슬립주파수의 변경 가능 범위
(P4, B7 슬립주파수 13.5Hz 운전시의 수직력을 최대수직력으로 하였을 때
이를 기준으로한 노치별 슬립주파수 가변 범위)

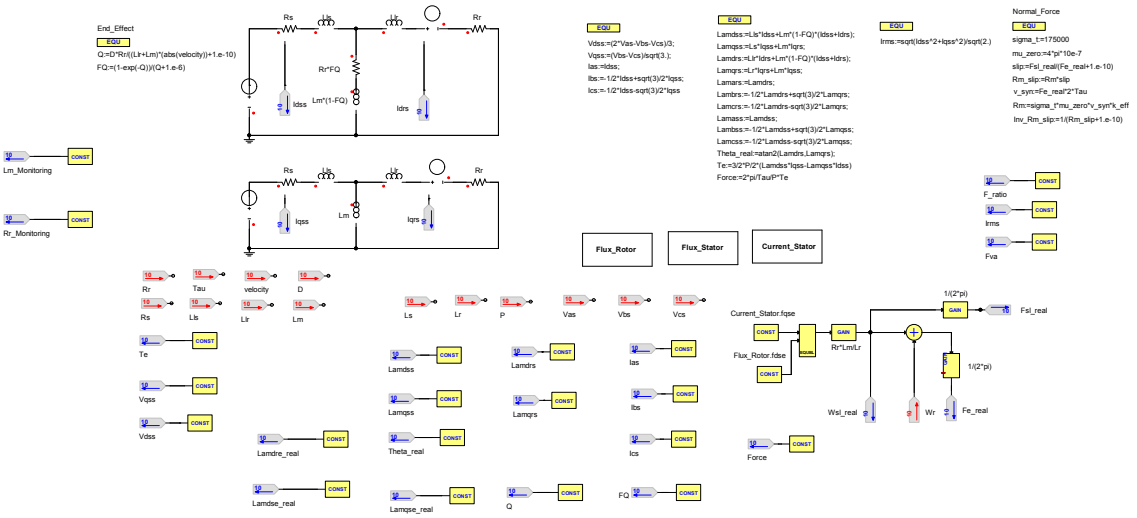
(나) 선형유도전동기 구동시스템 모델링

1) 선형 전동기 모델 및 부하 시스템 모델링

○ 전동기를 해석하거나 제어하기 위해서는 전동기의 동특성(dynamic response)을 살펴볼 필요가 있다. 이를 위해서는 대상 전동기를 나타내는 수학적 모델(model)이 필요한데 주로 전압 방정식으로 표현된다. 수학적 모델에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 전류, 자속, 토크, 속도 등과 같은 전동기의 모든 물리량의 과도상태 및 정상상태 특성을 파악할 수 있다.

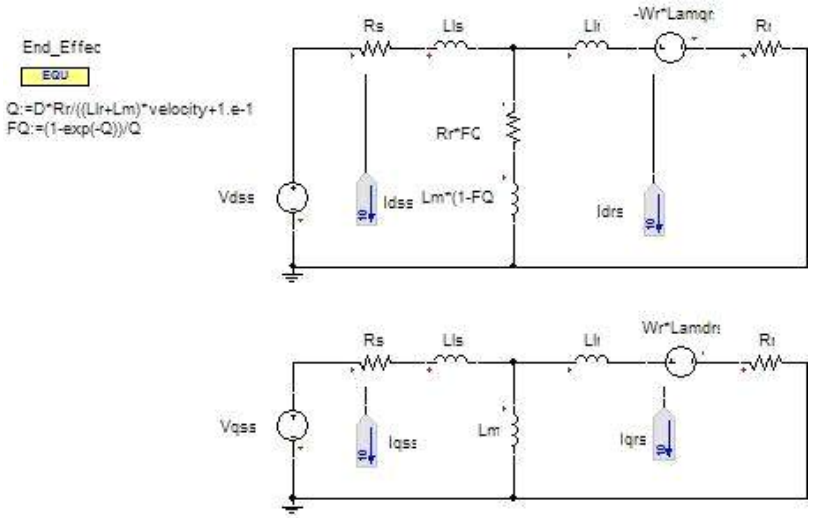
2) 선형 유도전동기의 시뮬레이션 모델

○ 선형 유도전동기 모델 개발에 사용된 시뮬레이션 프로그램으로는 Ansoft사의 Simplorer을 사용하였다. Simplorer는 전기, 기계, 유압, 자계와 같이 각각 다른 물리적 영역의 모델을 하나의 Schematic 안에서 구현이 가능한 Multi-Domain 시뮬레이션이 가능한 프로그램이다. 또한 비교적 Digital 시뮬레이션 모델링 및 디버깅이 수월하다는 장점을 가진다. 전기, 기계 시스템 통합 해석이 필요한 철도차량 분야의 모델링에도 타 프로그램에 비해 장점을 갖고 있다.



[그림 647]선형 유도전동기 모델

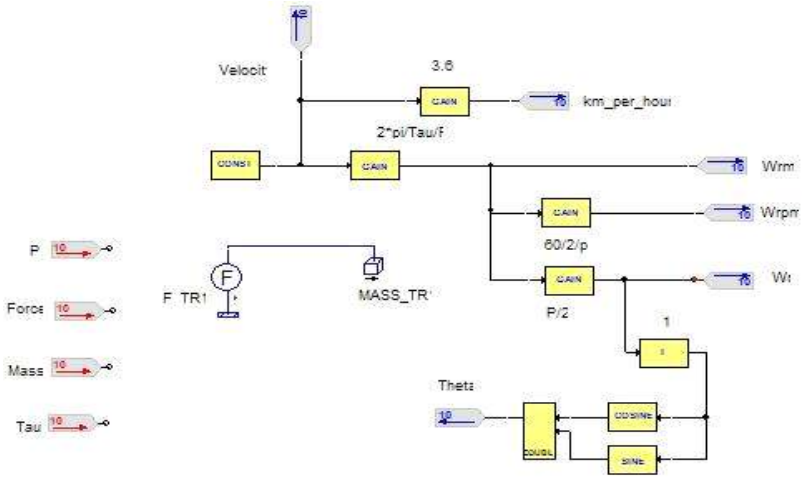
○ 위 그림에서는 Simplorer로 개발한 선형 전동기의 모델을 나타내었다. 아래 그림에서는 단부 효과를 고려한 선형 유도전동기 모델을 나타내었다. 회로 및 수식을 기반으로 하여 정지좌표계에서의 모델링을 수행하였다.



[그림 648]회로와 수식을 기반으로 한 선형 전동기 모델

○ 모델링은 회로 컴포넌트를 이용하여 회전형 전동기와 유사한 등가 모델을 작성한 후에 단부효과에 관한 요소를 수식과 회로 컴포넌트를 이용하여 수행하였다.

3) 부하 시스템 모델



[그림 649]기계 부하 시스템 모델

○ 위 그림은 기계 부하 시스템의 모델링을 나타내었다. 회전형 전동기와는 달리 횡방향으로 이동하는 부하의 특성을 고려하여 Translation Force를 입력으로 하는 Mass 모델을 선정하고 각 부분의 결과 출력에 대한 수식을 이용하여 모델링을 수행하였다.

(다) 선형유도전동기의 제어 알고리즘

1) 선형 유도 전동기의 특성

○ 선형 유도전동기에서는 회전형 전동기에서와는 다른 특성들이 존재 한다. 이것은 구조적인 특성 때문에 발생하는 것이고, 이를 정리하면 크게 7가지의 특성이 있다.

- Longitudinal End Effect
- Dynamic End Effect
- Transverse Edge Effect
- Large Air Gap
- Solid Conducting Plate/Sheet & Back Iron
- Normal Force in the Single Sided LIM(Linear Induction Motor)
- Half Filled Slots

○ 위 특성은 선형 유도 전동기의 등가회로 제정수가 속도, 슬립주파수, 공극, 전류, 자속밀도, 온도 등의 동작조건에 따라서 크게 변동하는 특

성을 갖고 있으며, 복잡한 비선형성 관계를 갖는다.

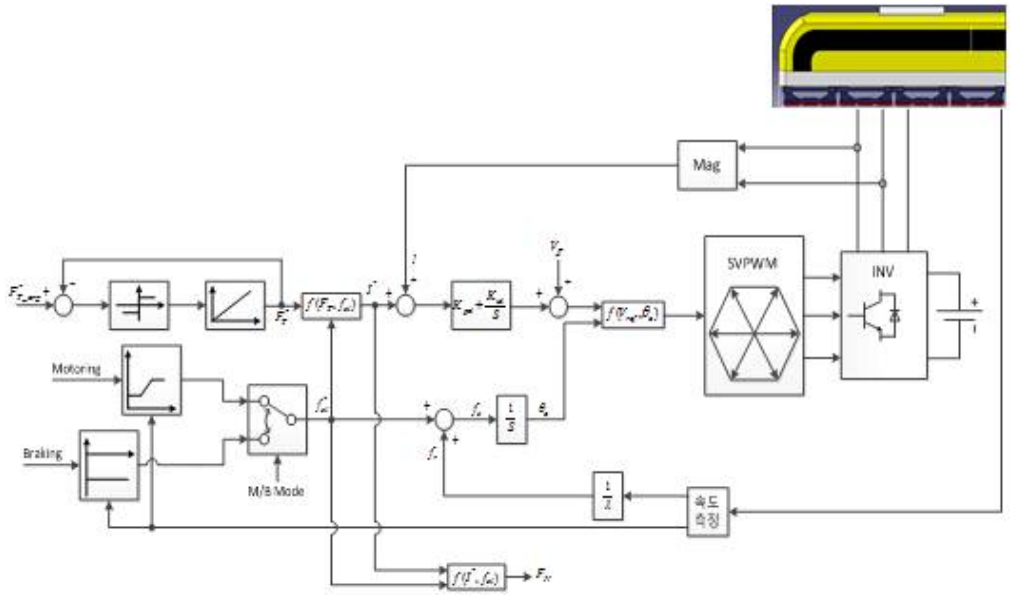
2) 선형유도전동기의 제어 알고리즘

○ 선형 유도 전동기의 특성을 고려하여 전동기의 등가회로 제정수에 기반을 둔 제어 알고리즘인 슬립주파수 제어를 이용한 선형 유도 전동기의 제어 알고리즘과 전동기의 추력-속도 특성에 근거한 방법으로 슬립주파수 일정제어에 기반한 선형 유도 전동기의 벡터 제어 알고리즘을 제안한다. 일반적으로 슬립주파수 일정제어 방식의 스칼라제어를 사용하며, 전류의 순시 제어가 가능하도록 보완한 알고리즘이 벡터 제어 알고리즘이다.

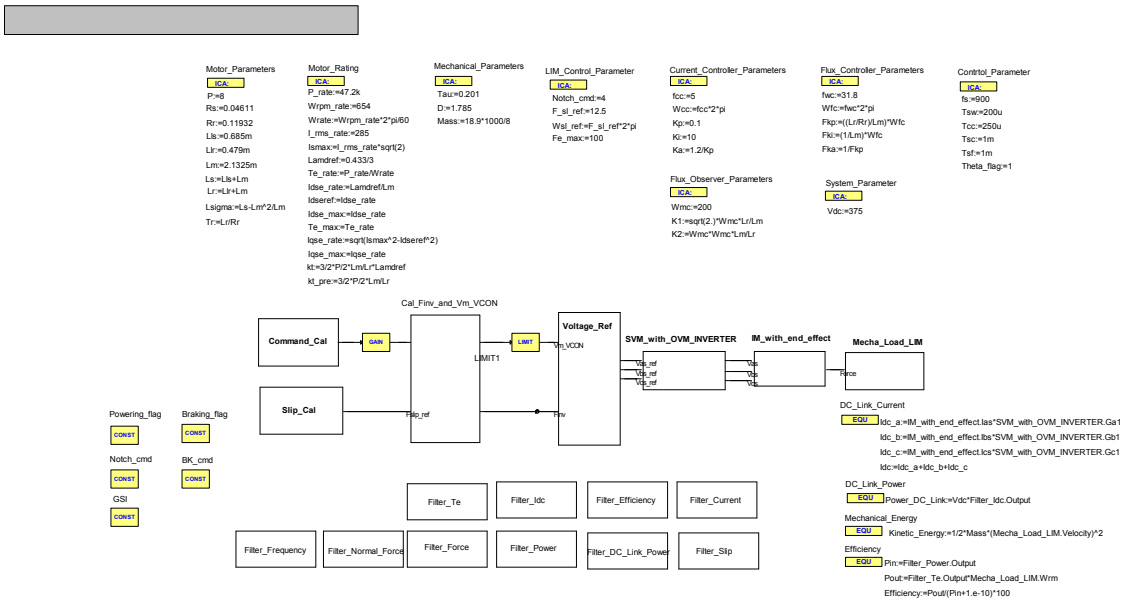
가) 슬립주파수 일정 전류 실효치 제어알고리즘

○ 위 선형 유도 전동기의 특성을 고려할 때 슬립주파수에 따른 추력과 수직력의 특성 곡선으로부터 슬립주파수가 변함에 따라 수직력이 변하는 것을 알 수 있다. 그래서 수직력을 일정 범위내로 제한하기 위해서는 슬립주파수를 일정하게 제어해야한다. 이 때 전동기에 인가되는 전류의 크기를 제어하면 전동기의 발생 추력을 제어할 수 있다.

○ 제어할 추력 지령 값이 주어지면 추력, 슬립주파수, 전류 관계식을 이용하여 전류 지령 값을 계산하고, 슬립주파수와 전류 지령 값을 이용하여 수직력을 계산한다. 전류제어기에서는 측정한 전류와 전류 지령 값을 이용 PI제어기를 사용하여 전압 지령 값을 구하고 SVPWM방법을 이용하여 전압을 출력한다. 구동모드와 제동모드에 따라 슬립주파수를 다르게 설정할 수 있으며, 전동기의 속도에 해당하는 2차측 주파수를 구하여 인가전압의 주파수를 구하고, 이를 적분하여 위상각을 구한다. 추진력 지령치가 갑자기 바뀌는 경우에 수직력도 급격하게 변할 수 있기 때문에 이를 제한하기 위해 지령치 변화율 제한기를 사용한다. 아래 그림은 이러한 개념에 근거한 선형 전동기의 제어 알고리즘을 블록도로 나타낸 것이다.



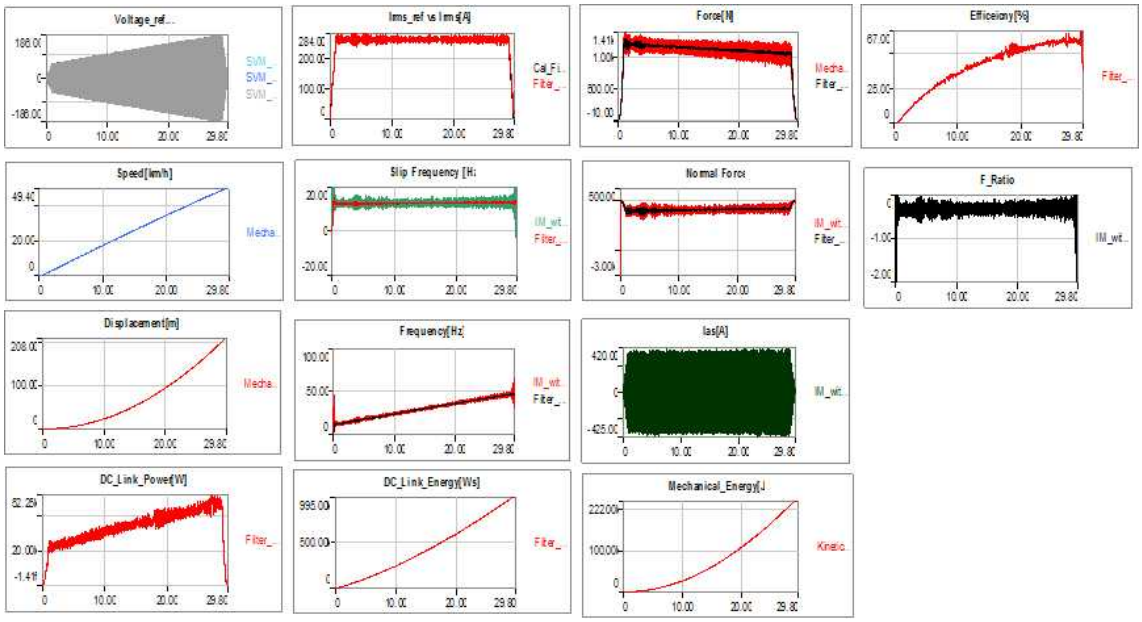
[그림 650]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 블록도



[그림 651]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어시뮬레이션 프로그램

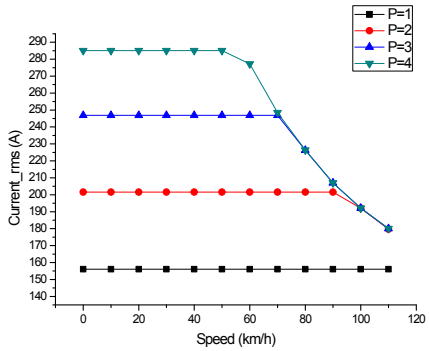
○ 위 그림에 Simplorer로 구현한 슬립주파수 일정 전류 실효치제어 프로그램을 나타내었다. 2장에서 언급한 단부효과를 고려한 선형유도전동기, PWM 인버터, 부하모델을 사용하였고, 추진과 제동 명령, 노치명령에 따라 전류지령을 계산하고, 일정한 슬립주파수와 선형 유도전동기의 속도정보로부터 인버터에 인가하는 주파수를 계산하여 출력한다. 기동시 혹은 제동시 Soft start 기능을 구현하였고, 노치명령이 바뀔 때에는 jerk를 제한치 이하로 유지하기 위해 전류지령치를 ramp 형태로

출력한다.

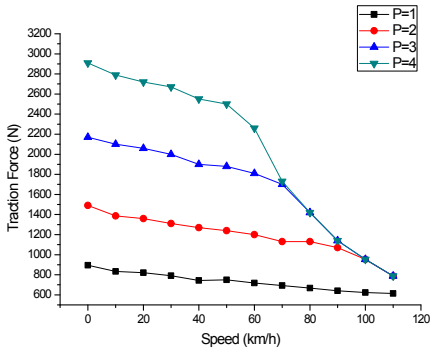


[그림 652]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 시뮬레이션 결과 예
(공차운전, P4, 슬립주파수 12.5Hz, 0->50km/h 가속시)

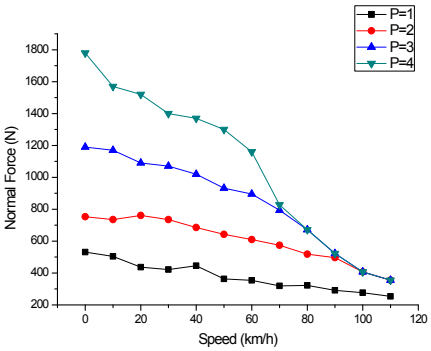
○ 위 그림은 슬립주파수를 12.5Hz로하고, 공차, 노치지령 P4에서 정지시부터 시속 50km/h로 가속하였을 때의 시뮬레이션 파형을 보여준다. 전류 실효치 제어와 슬립주파수가 일정하게 유지되고 있고, 추진력과 수직력 또한 FEM 해석 결과와 유사하여 시뮬레이션 프로그램 결과에 타당성이 있음을 알 수 있다. 위 그림은 현재 사용하고 있는 제어알고리즘으로 제안하는 벡터제어에 의한 효율향상방법의 비교 대상으로 활용한다.



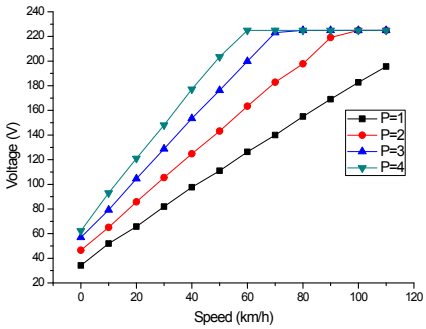
(a) 전류



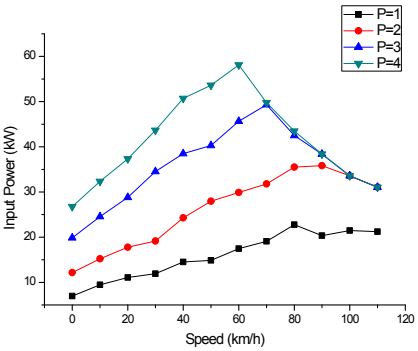
(b) 추진력



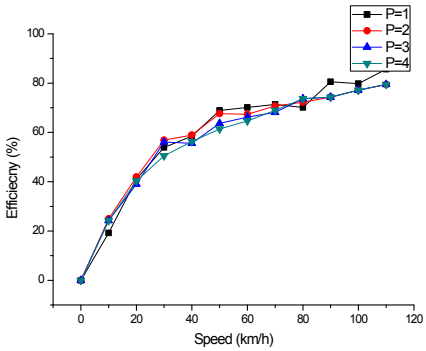
(c) 수직력



(d) 상전압

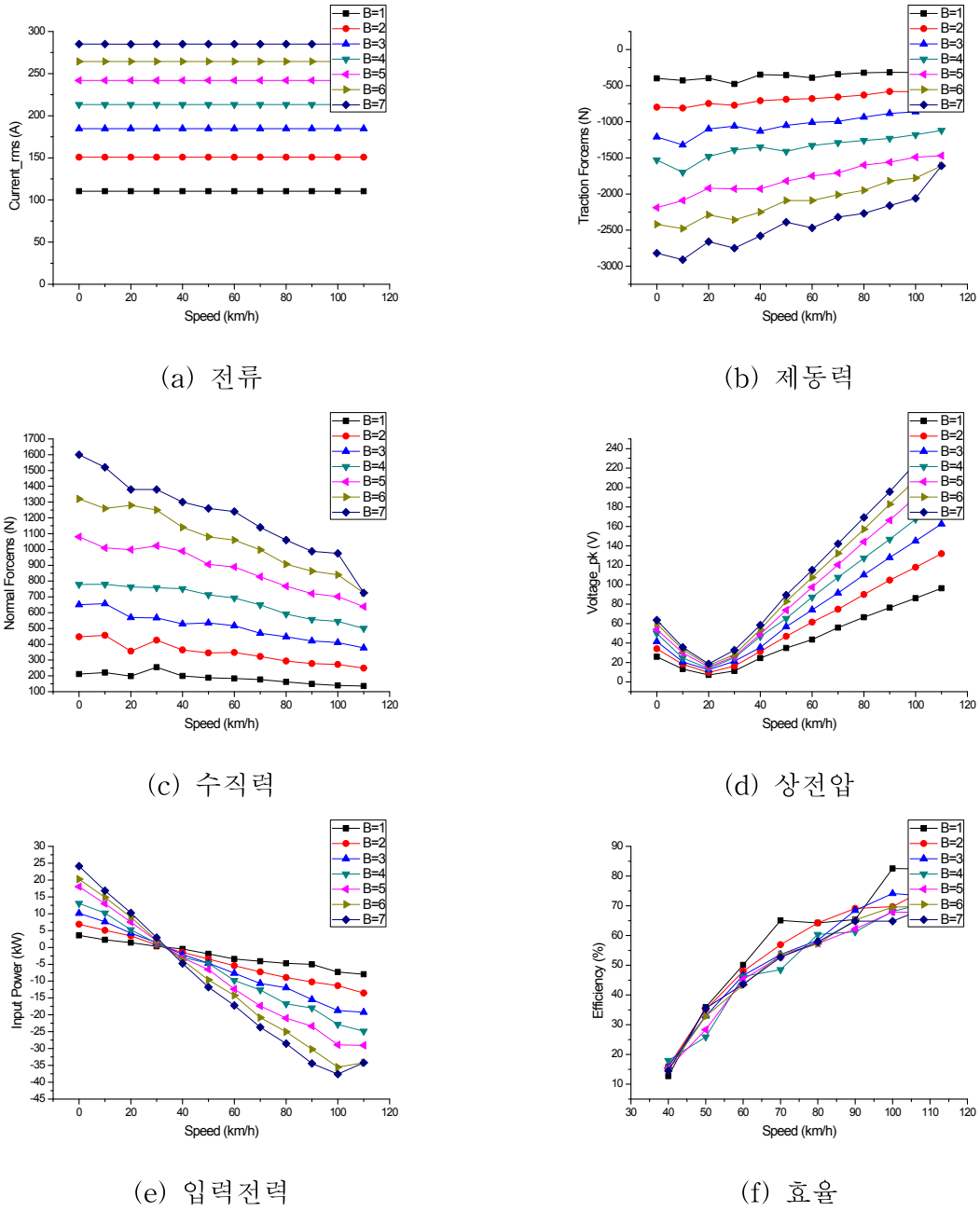


(e) 입력전력



(f) 효율

[그림 653]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과
(공차, 슬립주파수 12.5Hz, 추진운전시)



(a) 전류 (b) 제동력

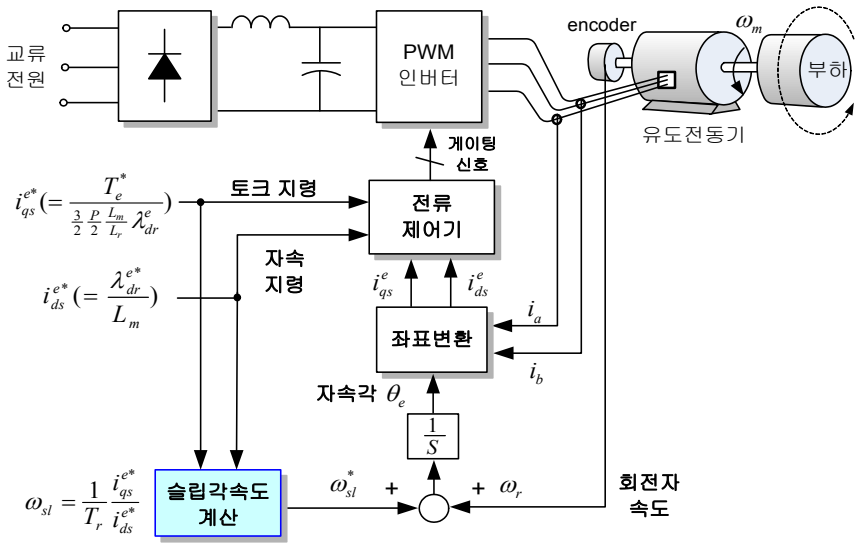
(c) 수직력 (d) 상전압

(e) 입력전력 (f) 효율

[그림 654]슬립주파수 일정 전류 실효치 제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과 (공차, 슬립주파수 12.5Hz, 제동운전시)

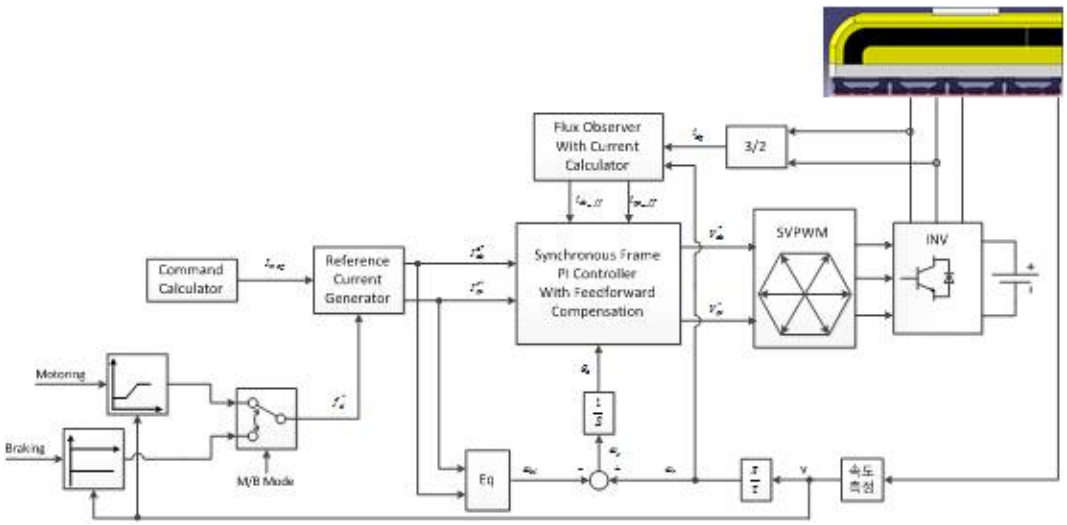
○ 위 그림에는 공차, 슬립주파수 12.5Hz에서 속도별로 추진, 제동시 전류, 추진(제동)력, 수직력, 상전압, 입력전력, 효율에 대한 해석결과를 나타내었다. 공차조건에서 전동기의 전류 실효치를 280A로 하였고, 정지시, 노치명령 P4조건에서 추진력과 수직력이 노치명령 B7조건에서 제동력과 수직력이 가장 큰 값을 갖는다.

나) 슬립주파수 일정제어에 기반한 선형유도전동기 간접 벡터 제어 알고리즘

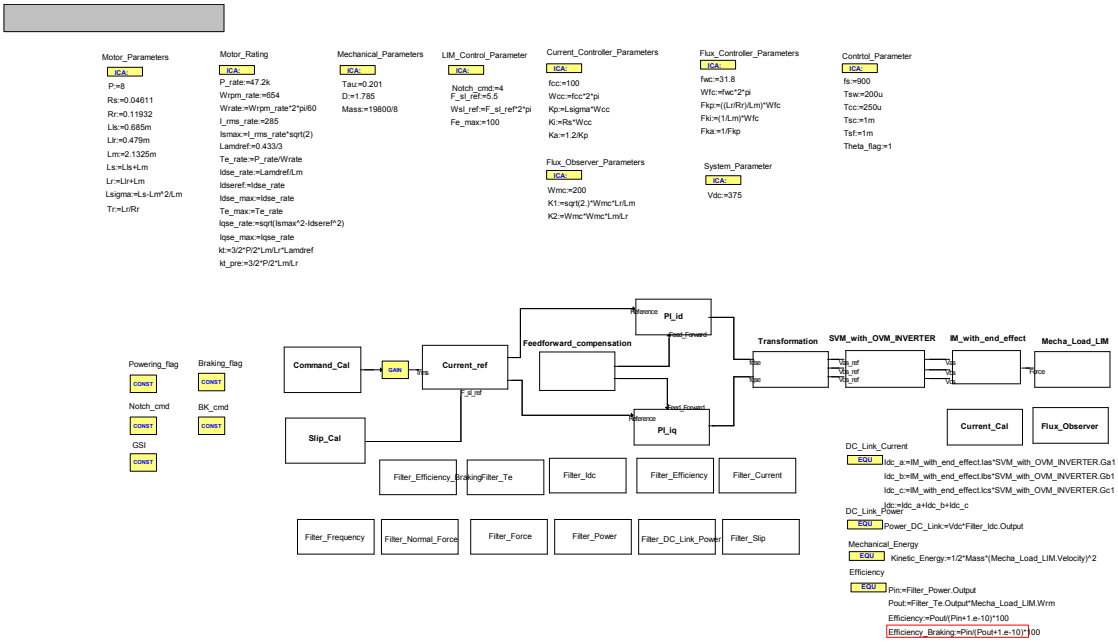


[그림 655]유도 전동기의 간접벡터 제어방식

○ 위 그림은 본 과제에 적용한 제어 시스템 블록 다이어그램을 나타내었다. 기본적인 구성은 일반적인 회전형 전동기의 간접 벡터제어시스템과 동일하다. 하지만 선형 전동기의 고유한 특성으로 인해 지령 토크를 생성해 내는 부분에서 노치 지령으로 부터의 계산을 통하여 Jerk 제어를 수행한 기준 전류의 기울기를 생성해내는 부분을 구현하였다.

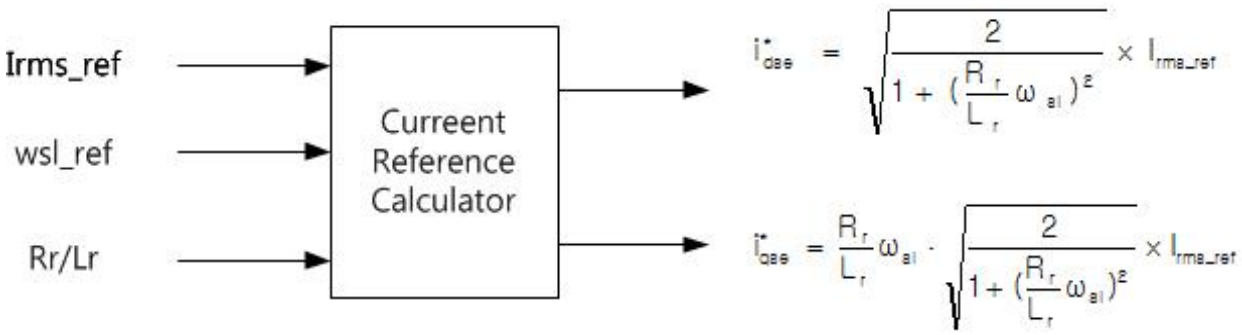


[그림 656]슬립 주파수 일정제어에 기반 간접 벡터 제어 알고리즘

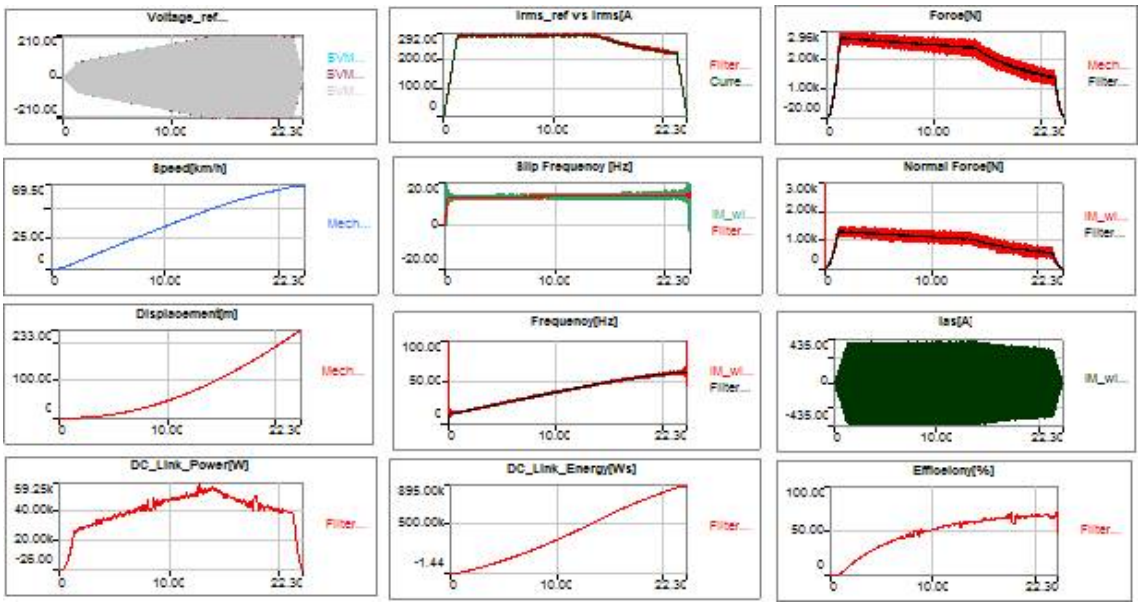


[그림 657]슬립주파수 일정 벡터제어 시뮬레이션 프로그램

○ 위 그림에 Simplorer로 구현한 슬립주파수 일정 벡터 제어 프로그램을 나타내었다. 단부효과를 고려한 선형유도전동기, PWM 인버터, 부하모델을 사용하였고, 추진과 제동 명령, 노치명령에 따라 전류지령 실효치를 계산하고, 일정한 슬립주파수를 유지하기 위한 d,q축 전류 지령치를 아래 그림과 같이 계산하여 출력한 다음 제어한다.. 선형 유도전동기의 속도정보로부터 인버터에 인가하는 주파수를 계산하여 출력한다. d,q축 전류제어기는 동기좌표계상에서 각각 수행하며, 선형전동기 입력전류의 기본파 피크비를 제어한다. 기동시 혹은 제동시 Soft start 기능을 구현하였고, 노치명령이 바뀔 때에는 jerk를 제한치 이하로 유지하기 위해 전류 지령치를 램프 형태로 출력한다.

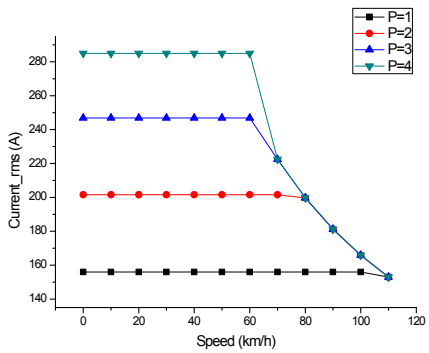


[그림 658]슬립주파수 및 전류실효치 지령에 따른 슬립주파수 일정제어를 위한 dq축 전류지령 계산

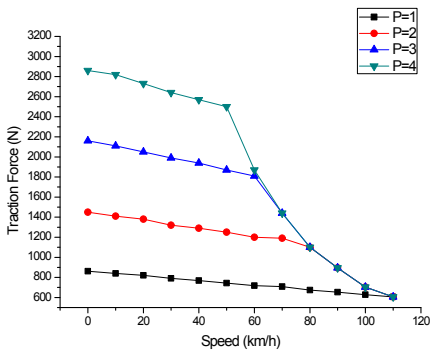


[그림 659]슬립주파수 일정 벡터제어 시뮬레이션 결과 예
(공차운전, P4, 슬립주파수 13.5Hz, 0->70km/h 가속시)

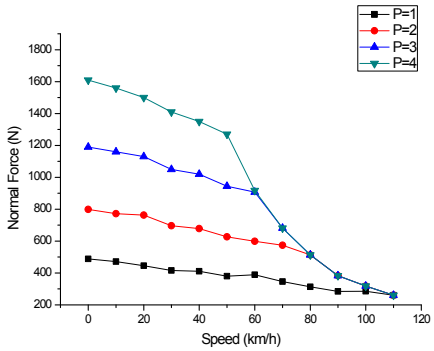
○ 위 그림은 슬립주파수를 13.5Hz로하고, 공차, 노치지령 P4에서 정지 시부터 시속 70km/h로 가속할 때의 시뮬레이션 파형을 보여준다. 전류 실효치 제어와 슬립주파수가 일정하게 유지되고 있고, 추진력과 수직력 또한 FEM 해석 결과와 유사하여 제안한 슬립주파수 일정 벡터제어 알고리즘과 시뮬레이션 프로그램 결과에 타당성이 있음을 알 수 있다.



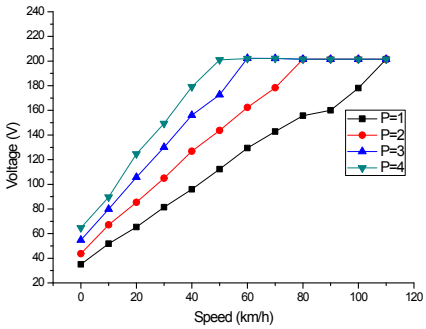
(a) 전류



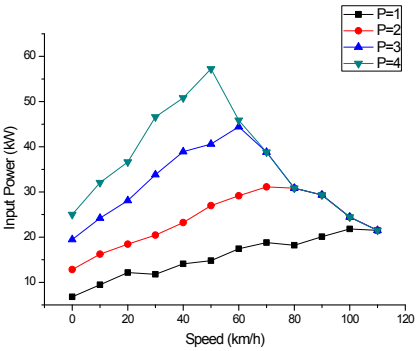
(b) 추진력



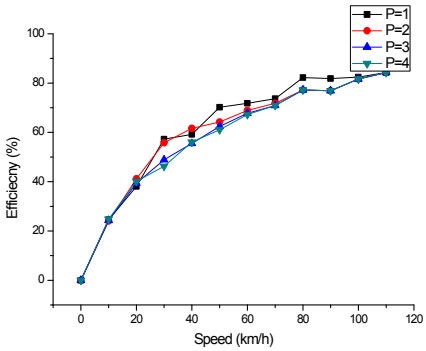
(c) 수직력



(d) 상전압

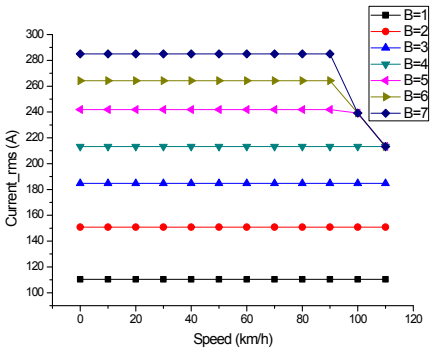


(e) 입력 전력

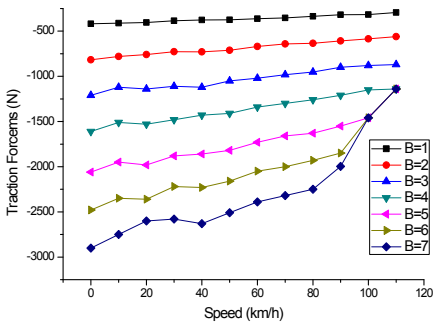


(f) 효율

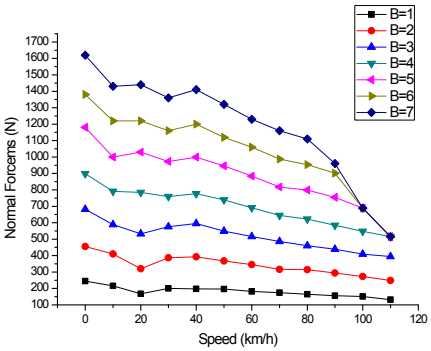
[그림 660]슬립주파수 일정 벡터제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과
(공차, 슬립주파수 12.5Hz, 추진운전시)



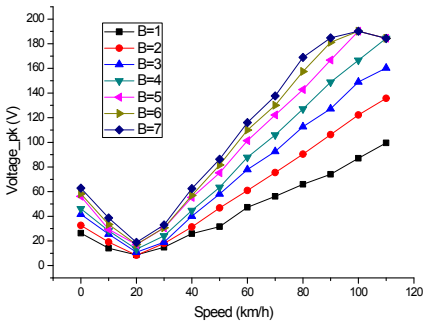
(a) 전류



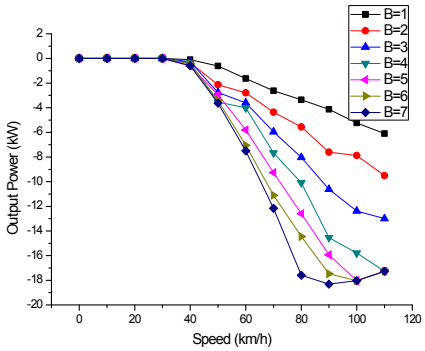
(b) 제동력



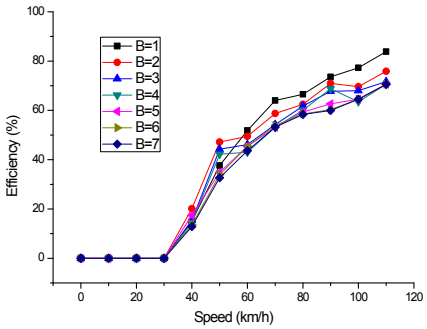
(c) 수직력



(d) 상전압



(e) 직류단 입력전력



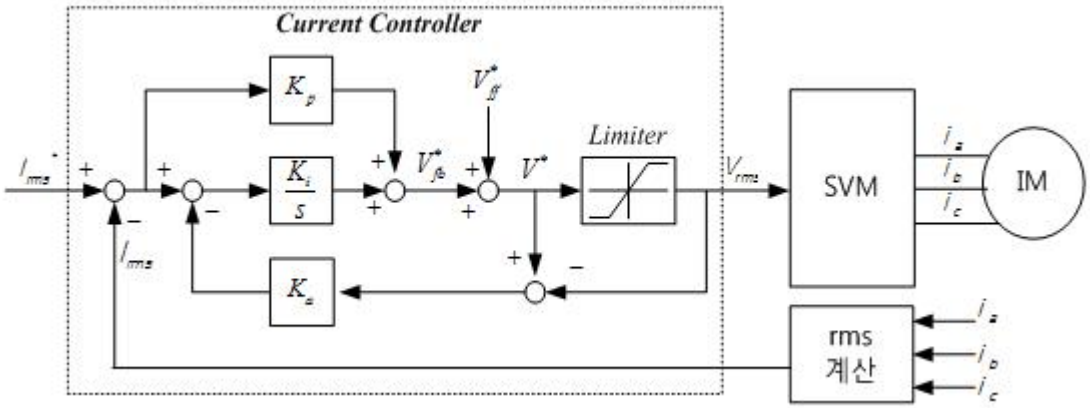
(f) 효율

[그림 661]슬립주파수 일정 벡터제어 속도별 노치별 시뮬레이션 결과
(공차, 슬립주파수 12.5Hz, 추진운전시)

○ 위 그림에는 슬립주파수 일정 벡터 제어 시에 공차, 슬립주파수 12.5Hz에서 속도별로 추진, 제동 시 전류, 추진(제동)력, 수직력, 상전압, 입력전력, 효율에 대한 해석결과를 나타내었다. 공차조건에서 전동기의 전류 실효치를 285A로 하였고, 정지시, 노치명령 P4조건에서 추진력과 수직력이 노치명령 B7조건에서 제동력과 수직력이 가장 큰 값을 갖는다. 위 그림 의 직류단 입력전력 중 플러깅 동작시의 값의 계산은 생략하였다. 위 그림의 슬립주파수 일정 실효전류 제어방법과 위 그림의 슬립주파수 일정 벡터제어 방법의 시뮬레이션 결과를 비교할 때 같은 결과를 얻을 수 있음을 알 수 있다. 약간의 차이는 실효전류 제어방식과 벡터제어방식의 전류제어 정도의 차이로 분석되며, 그 차이는 의미있는 수치는 아니다.

3) 슬립주파수 일정 실효치 전류제어와 벡터제어에 의한 순시전류제어의 특성 비교

○ 자기부상열차의 기존 추진력 제어방법으로는 슬립주파수를 13.5Hz로 일정하게 제어하면서 전류의 실효치를 제어하는 스칼라제어방식을 적용하고 있다. 아래 그림에 나타낸 바와 같이 선형 유도전동기의 추진력 지령치에 해당하는 실효전류 지령값을 출력하고 3상 전류를 측정한 다음 상전류 실효값을 계산, 궤환하여 PI전류제어기의 입력으로 한다, PI 전류제어기는 전류 오차를 0으로 하기 위한 전압 지령값을 인버터에 출력한다. 이 때 인버터의 주파수 지령은 슬립주파수 지령과 전동기의 속도에 의해 계산한다.

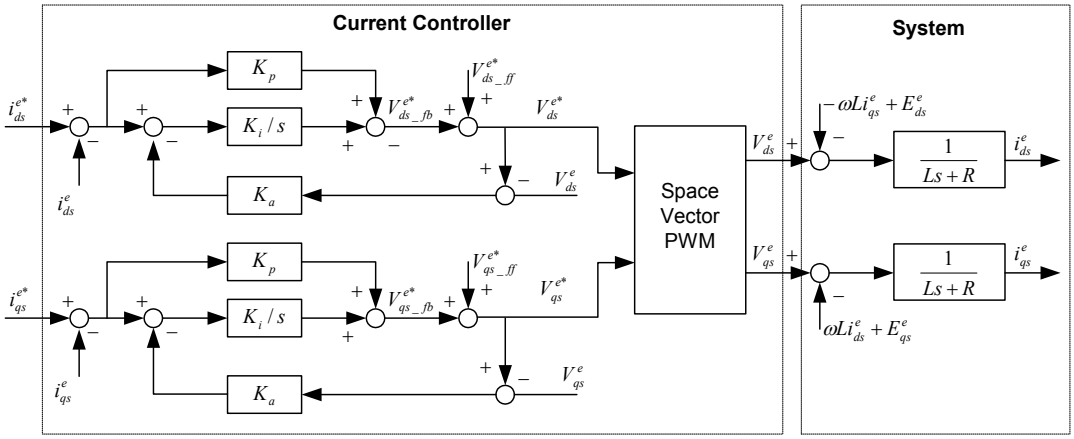


[그림 662]슬립주파수 일정 실효치 전류제어방식

○ 실효값을 바탕으로 한 전류제어방식은 3상 전류의 실효값을 바탕으로 제어하기 때문에 전류제어기의 대역폭이 수 Hz에 불과하여 전류제어의 응답특성이 빠르지 못한 특성을 지닌다. 또한 자기부상열차의 인버터의 스위칭 주파수가 900Hz로 전류제어기의 정도에 영향을 준다. 즉, 상당량의 순간적인 전류오차가 발생한다. 또한 PI 전류제어기의 이득 선정이 Trial and Error 방식을 사용하기 때문에 비교적 어렵고, 자기부상열차의 고속영역과 저속영역에서의 특성 차이 때문에 저속, 저주파 운전영역에서 전류제어기의 특성이 다른 특징을 보인다.

○ 벡터제어 동기 좌표계 PI제어기를 사용할 경우 아래 그림의 경우에서처럼 d-q축 동기좌표계 PI 전류제어기를 별도로 사용하며, 순시전류를 수행한다. 추진력 지령치에 해당하는 실효전류 지령값을 출력하면 슬립주파수에 해당하는 d-q축 순시전류 지령값을 출력하고 3상전류를

측정한 다음 3상/2상 변환과 정지/동기좌표변환으로부터 d-q축 순시값으로 변환하여 각각 순시전류제어를 수행한다. 이 때 인버터의 각도 지령은 슬립주파수와 전동기의 속도에 의해 계산하고, 이를 적분하여 각도를 출력한다. 제어기의 대역폭은 수십 Hz 정도로 실효전류 제어기에 비해 약 5배 이상이 응답이 빠른 특성을 지닌다. 또한, 대역폭의 설정도 선형유도전동기의 파라미터로부터 pole-zero cancellation 방법을 이용하여 이론적으로 계산할 수 있고, 약계자 영역을 제외한 전 운전영역에서 우수한 특성을 지니다. 약계자 영역에서는 인버터 전압의 제한에 의해 전류제어기의 특성이 영향을 받는다.

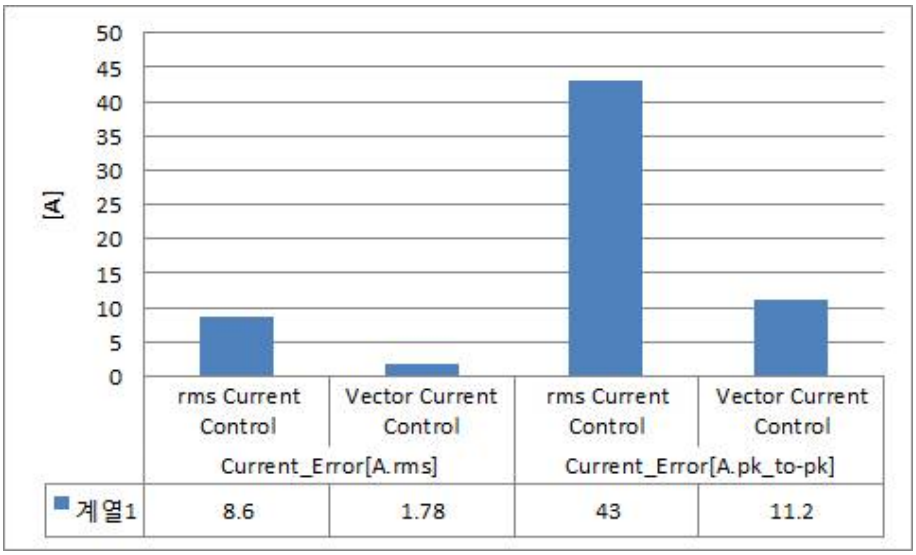


[그림 663]백터제어 동기좌표계 PI 전류제어방식

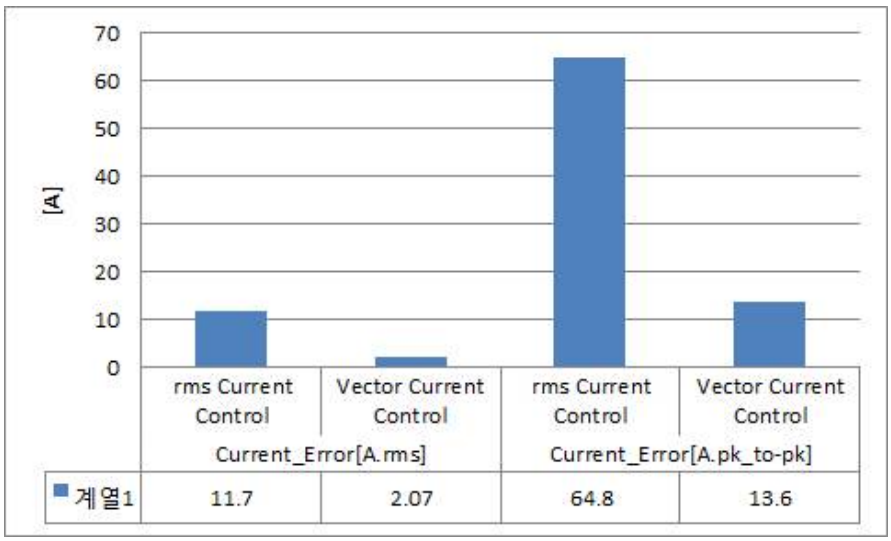
○ 슬립주파수 일정 전류 실효값제어방식에 속도별 노치별 전류 오차에 대한 실효값과 pk-to-pk값과 벡터제어에 의한 동기좌표계 PI 전류제어를 수행한 경우에 대한 결과를 추진제어시와 제동제어시 속도 0km/h, 30km/h, 50km/h, 70km/h별로 나타내었다. 각 조건에서의 전류오차의 실효치와 pk_to-pk의 평균값을 비교하면 아래 그림과 같다. 추진 제어 시에는 벡터전류제어방식을 사용함으로써 실효전류제어방식에 비해 전류오차가 실효치기준 79%, pk_to_pk 기준 74% 감소하고, 제동제어시에는 82.3%, 79% 감소한다. 전류오차는 바로 추진력 혹은 제동력의 오차를 의미하며, pk_to_pk 값은 추진력 혹은 제동력의 리플값이 줄어듬을 의미한다.

○ 따라서 벡터전류제어를 수행하면 추진력, 제동력의 오차를 약 80% 저감하고, 진동을 유발하는 리플의 크기도 74%이상 저감이 가능하다. 자

기부상열차의 성능향상을 위해서는 기존의 슬립주파수일정 실효전류 제어방식에서 슬립주파수 일정 벡터전류제어방식으로의 전환이 필요함을 알 수 있다.



[그림 664]전류제어방식의 성능비교
(슬립주파수 13.5Hz, 추진제어시)



[그림 665]전류제어방식의 성능비교
(슬립주파수 13.5Hz, 제동제어시)

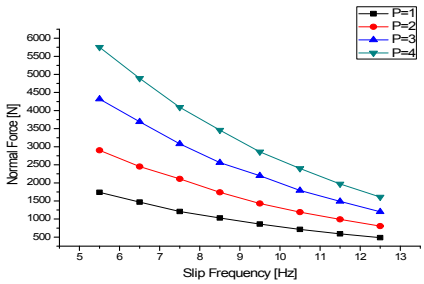
(라) 벡터제어시의 운전특성

1) 벡터제어시 슬립주파수와 수직력

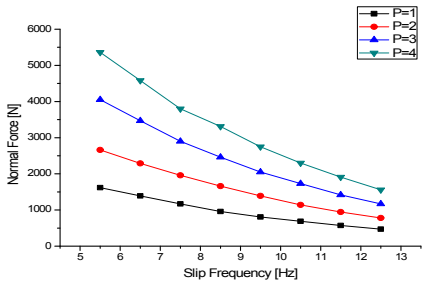
○ 아래 그림에 벡터제어시에 속도별, 슬립주파수, 노치별로 자기부상열차의 선형유도전동기에서 발생하는 수직력 해석 결과를 나타내었다. 슬립주파수를 줄이면 모든 속도 영역에서 수직력이 증가하는 경향을 보이며, 특히 저속의 경우 그 값이 크게 증가함을 알 수 있다. 만차시 노치 명령 P4인 경우에 수직력이 2500[N]임으로 이 값 이하로는 부상시스템이 제어 가능한 것으로 판단할 수 있고, 노치별로, 속도별로 2500[N]을 넘지 않을 경우에는 슬립주파수를 줄이는 것이 가능하다.

가) 추진시의 슬립주파수와 수직력

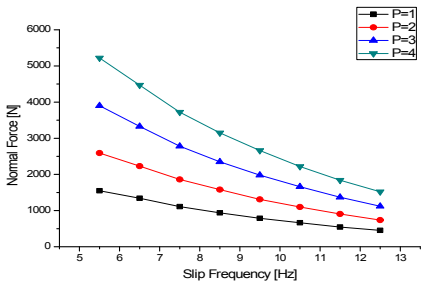
○ 아래 그림의 수직력에 대한 곡선으로부터 추진제어시의 각 슬립주파수에 따라 임계 수직력 이하의 노치별 운전조건을 살펴보면 아래 그림과 같다.



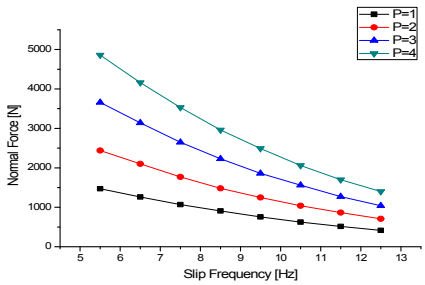
(a) 정지시



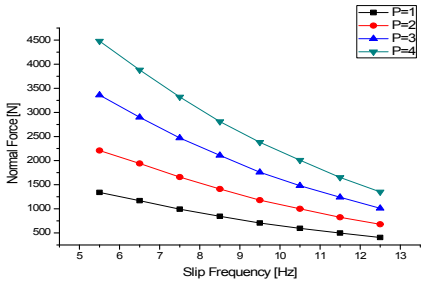
(b) 10km/h



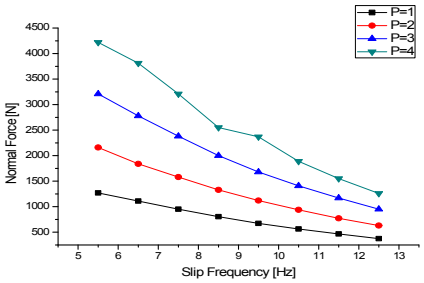
(c) 20km/h



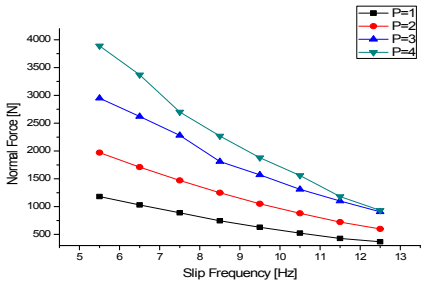
(d) 30km/h



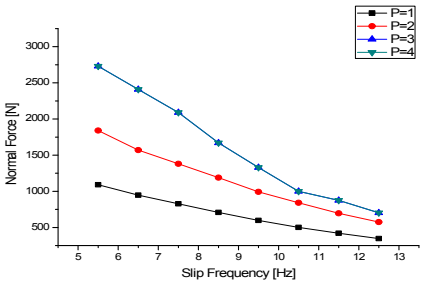
(e) 40km/h



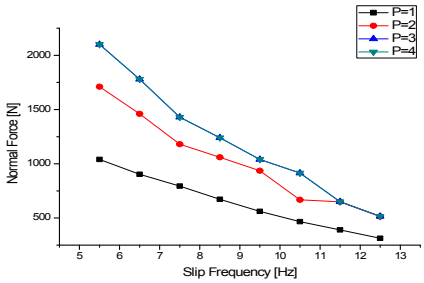
(f) 50km/h



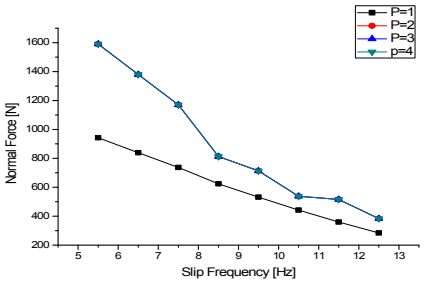
(g) 60km/h



(h)70km/h

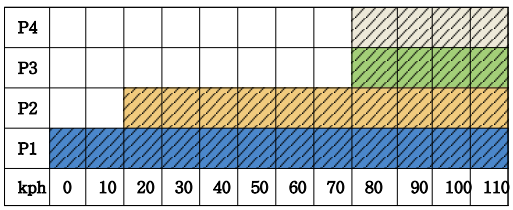


(i) 80km/h

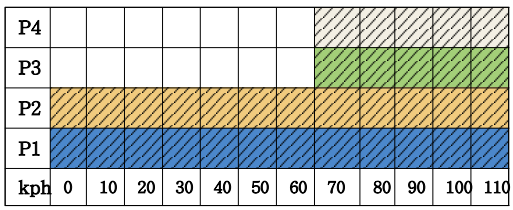


(j)90km/h

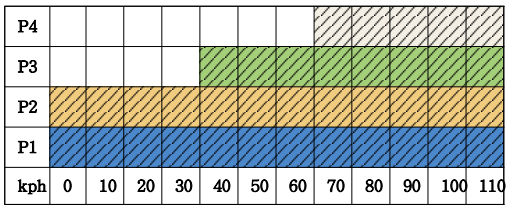
[그림 666]벡터제어, 추진제어시 슬립주파수와 속도에 따른 수직력



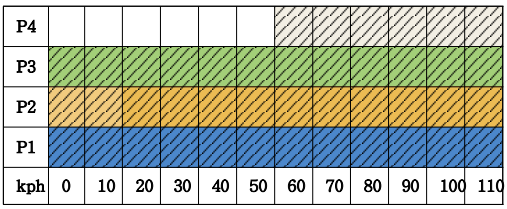
(a) 슬립주파수 5.5Hz



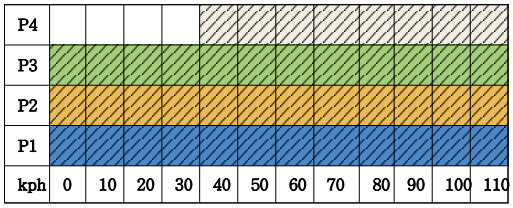
(b) 슬립주파수 6.5Hz



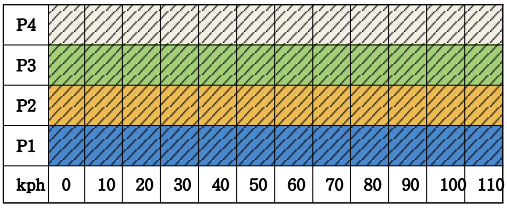
(c) 슬립주파수 7.5Hz



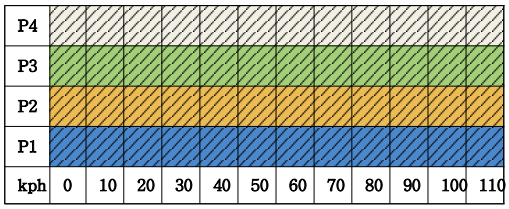
(d) 슬립주파수 8.5Hz



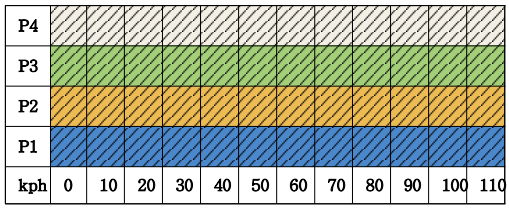
(e) 슬립주파수 9.5Hz



(f) 슬립주파수 10.5Hz



(g) 슬립주파수 11.5Hz

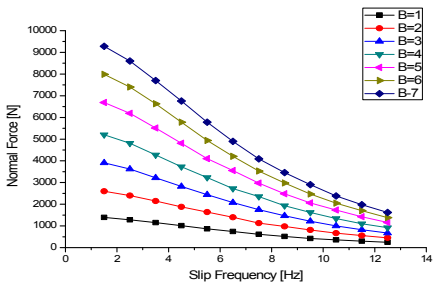


(h) 슬립주파수 12.5Hz

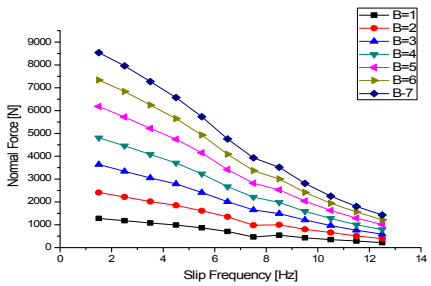
[그림 667]벡터제어, 추진제어시 임계수직력 이하의 슬립주파수별 가능 운전영역

○ 위 그림에 임계수직력 2500[N]이하로 수직력을 유지하면서 운전가능한 슬립주파수에 따른 운전영역을 나타내었다. 슬립주파수 10.5Hz 이상에서는 전 노치의 운전이 가능하고, 슬립주파수 9.5Hz에서는 40km/h 이상에서는 P1~P4, 이하에서는 P1~P3, 슬립주파수 8.5H에서는 60km/h 이상의 속도에서 P1~P4, 30km/h~60km/h 영역에서는 P1~P3, 그 이하에서는 P1~P4의 운전이 가능하다. 슬립주파수 7.5Hz, 6.5Hz, 5.5H에서도 가능한 운전 영역은 위 그림과 같다.

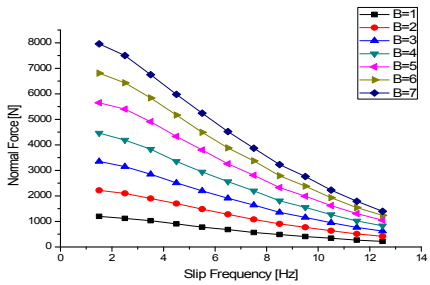
나) 제동시의 슬립주파수와 수직력



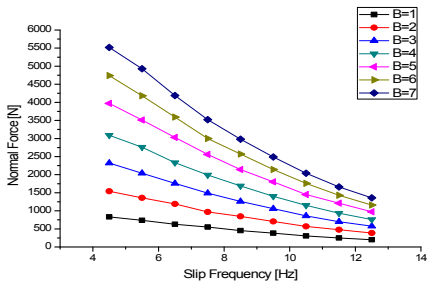
(a) 정지시



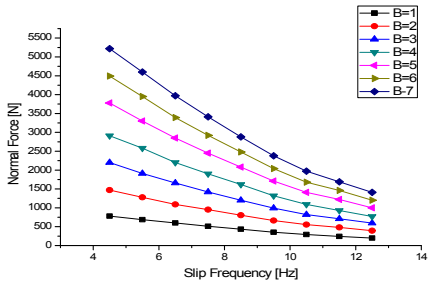
(b) 10km/h



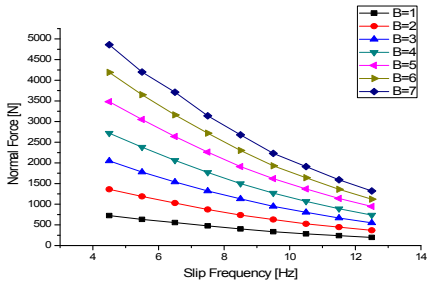
(c) 20km/h



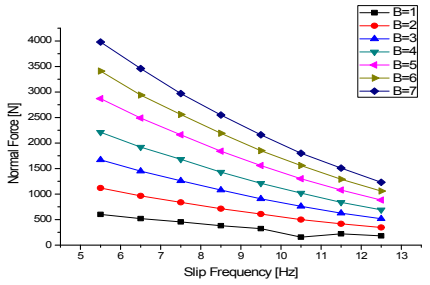
(d) 30km/h



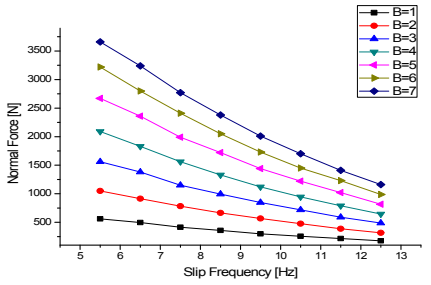
(e) 40km/h



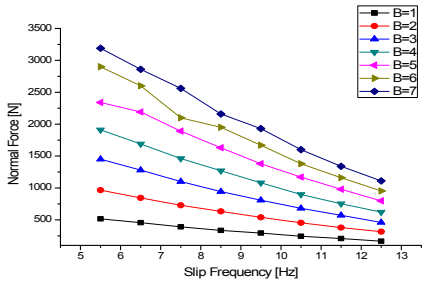
(f) 50km/h



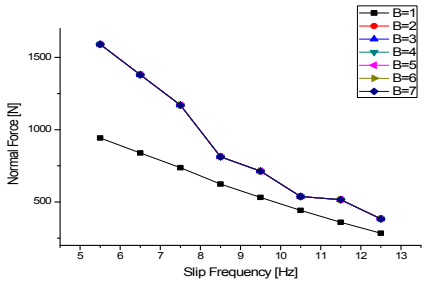
(g) 60km/h



(h)70km/h



(i) 80km/h



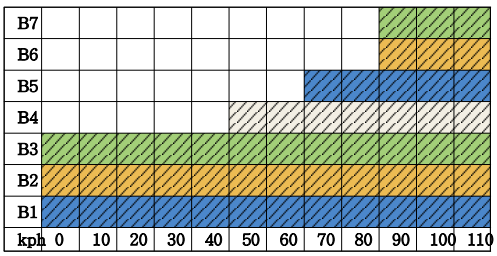
(j)90km/h

[그림 668]벡터제어, 제동제어시 슬립주파수와 속도에 따른 수직력

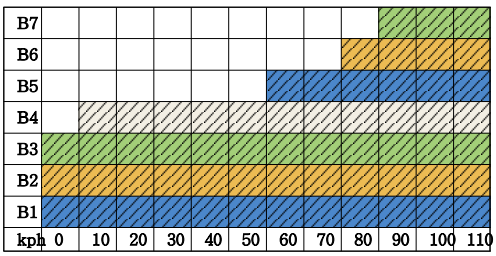
○ 위 그림에 벡터제어로 제동 시에 슬립주파수와 속도에 따른 수직력을 나타내었다. 임계 수직력 2500[N]이하로 수직력을 유지하면서 운전 가능한 슬립주파수에 따른 운전영역은 아래 그림에 도시하였다. 슬립주파수 10.5Hz 이상에서는 전 노치의 운전이 가능하지만, 그 이하의 슬립주파수에서 운전할 경우에는 사용가능한 노치가 제한된다. 예를 들어

슬립주파수 9.5Hz로 운전하는 경우 0km/h~10km/h 영역에서는 B1~B4, 10km/h~40km/h에서는 B1~B6, 40km/h 이상에서는 B1~B7의 운전이 가능하다.

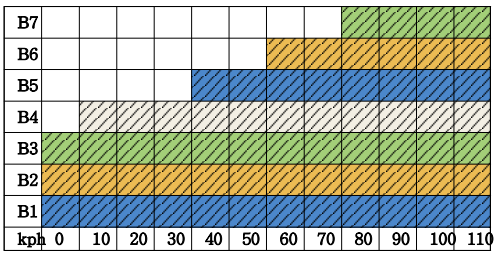
○ 자기부상열차의 수직력의 크기는 노치명령, 슬립주파수 지령과 속도조건에 따라 그 값이 변화한다. 수직력의 크기는 부상시스템에 영향을 주기 때문에 임계값 이하로 제한할 필요가 있으며, 이를 고려하면 속도별, 노치별로 사용가능한 슬립주파수 값을 설정할 수가 있다. 본 장에서 해석한 운전특성을 바탕으로 슬립주파수를 기존의 13.5Hz보다 낮은 값으로 운전할 경우 수직력을 제한하면서 효율을 향상할 수 있는 운전방안을 모색할 수 있다. 슬립주파수 10.5Hz까지는 P1~P4, B1~B7 전 노치에 대한 운전이 가능하며, 노치지령을 낮추어 수직력이 임계값을 넘지 않도록 제어하면 그 이하의 슬립주파수에서 운전도 가능하다.



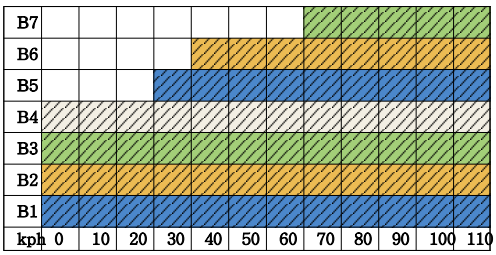
(a) 슬립주파수 5.5Hz



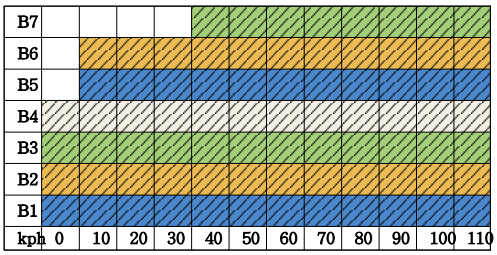
(b) 슬립주파수 6.5Hz



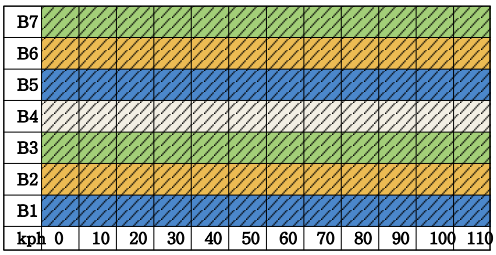
(c) 슬립주파수 7.5Hz



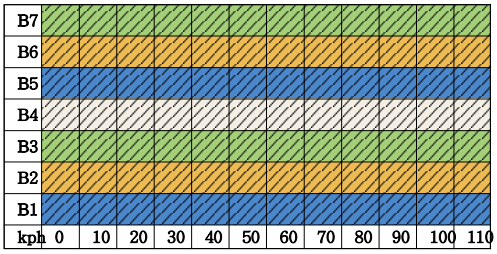
(d) 슬립주파수 8.5Hz



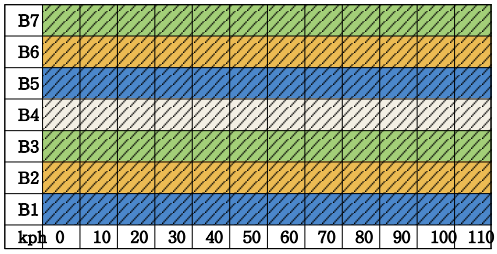
(e) 슬립주파수 9.5Hz



(f) 슬립주파수 10.5Hz



(g) 슬립주파수 11.5Hz



(h) 슬립주파수 12.5Hz

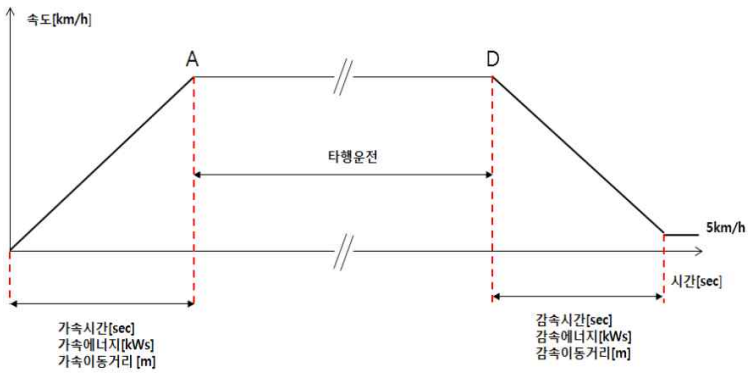
[그림 669]벡터제어, 제동제어시 임계수직력 이하의 슬립주파수별 가능 운전영역

(마) 운전효율 향상 방안

○ 자기부상열차의 운전효율 향상 방안을 도출하기 위해서는 공차조건(19.8톤/량)에서기존의 슬립주파수를 13.5Hz로 일정하게 제어하는 방식과 비교하여 일정 속도까지 가속한 다음 기계적 제동이 시작되는 속도 5km/h까지의 감속을 수행할 때 DC측에서 입력되는 에너지를 여러 방안에 대하여 비교, 검토하는 방법을 사용한다. 슬립주파수를 13.5Hz 이하에서 가감속을 수행하는 것이 우선적으로 고려하여야 할 사항이고, 수직력이 임계값 이상이 되는 경우에는 노치명령을 조절하여 수직력을 일정이하로 제한하면서 효율을 향상하는 방안을 검토하려고 한다. 5.1절에서는 운전 효율의 평가방법에 대해서 소개하고, 5.2절에서는 기존 제어방법을 사용했을 경우의 제반 사항을 공차운전조건에서 시뮬레이션을 통해 살펴본다. 5.3절에서는 슬립주파수 가변을 포함한 다양한 운전조건에서의 운전 효율에 대해 시뮬레이션 결과를 제시하여 기존 제어방법과의 운전 효율에 대해서 비교 검토한다.

1) 운전 조건에 따른 운전효율의 평가

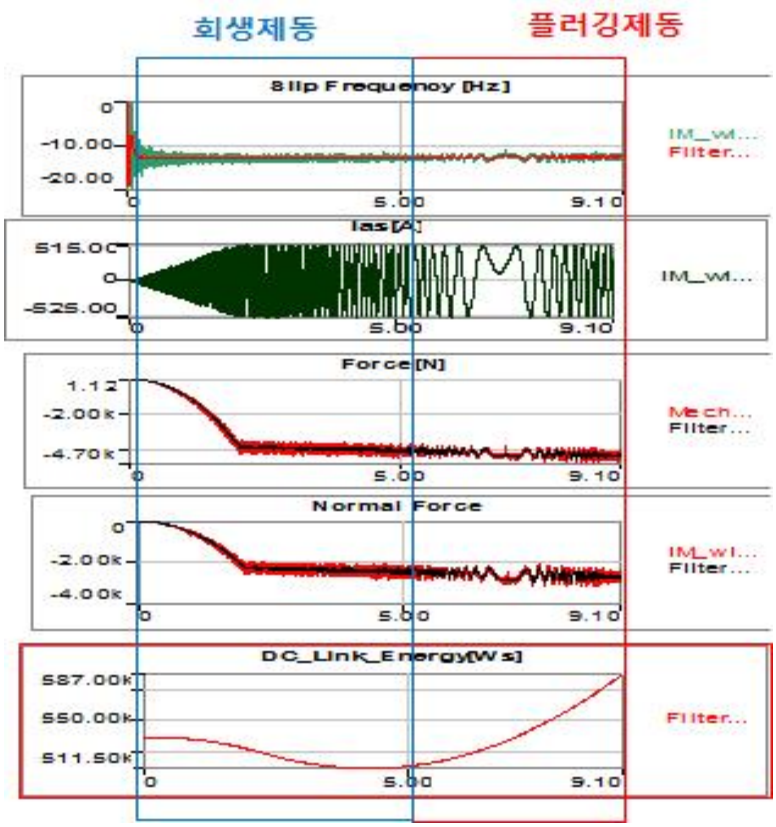
가) 운전효율의 평가



[그림 670]운전 효율의 평가 방법 (공차조건 19.8톤/량)

○ 자기부상열차의 운전효율의 평가는 위 그림에 나타난 것과 같이 정지 상태에서 목표속도(50km/h, 70km/h)까지 가속한 다음 타행운전을 수행하다가 일정시간 이후에 감속을 시작하여 5km/h 속도에 도달할 때까지의 총 입력에너지량으로 비교한다. 타행운전시 운전저항에 대한 것은 여러 운전방안의 경우 같은 손실의 값은 거의 같다고 할 수 있기 때문에 무시할 수 있다. 따라서 가속구간과 감속구간에 대해서만 시뮬레이션을 수행하여 평가해도 무방하다. 가, 감속 시에는 운전 효율 뿐 아니라 가감속시간과 이동거리등도 운전 특성 평가에 중요한 항목이기 때문에 각 방법에 대해 그 결과를 비교, 검토하도록 한다. 해석의 어려움으로 인하여 가속시에는 P3, P4, 감속시에는 B3~B7에 대해서만 검토하도록 한다.

나) 회생제동과 플러깅제동



[그림 671]회생제동과 플러깅제동

○ 자기부상열차의 제동은 기계적 에너지를 전기에너지로 변환하여 제동하는 회생제동과 기계에너지와 전기에너지를 선형유도전동기에 입력

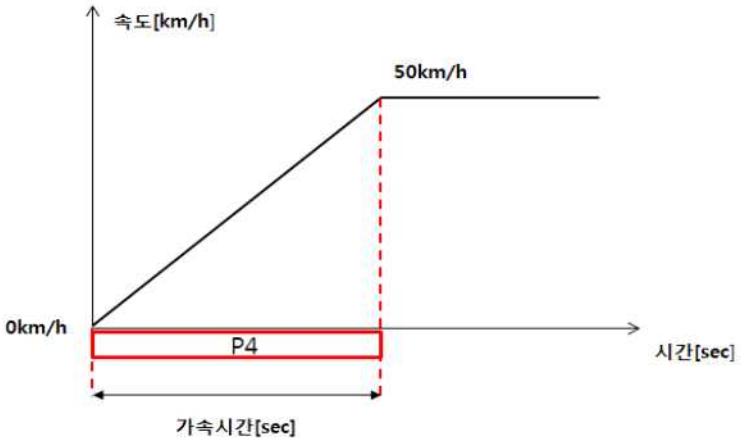
하여 제동하는 플러깅제동으로 구분된다. 위 그림에서처럼 슬립주파수 13,5Hz로 운전할 경우 약 30km/h 이상에서는 회생제동이 이루어지며, 그 이하의 속도에서는 플러깅에 의한 제동이 형성된다. 이때 전기에너지가 제동을 위해 추가적으로 사용되어 효율저하의 원인이 된다. 회생제동과 플러깅 제동의 경계속도는 슬립주파수에 의해 결정되는데 슬립주파수를 낮게 운전할 경우 회생제동구간은 확대, 플러깅 제동구간은 축소되어 전반적인 제동에너지의 효율화가 가능하다. 슬립주파수의 감소는 수직력 증가의 원인이 되기 때문에 임계 수직력 이하를 유지하도록 슬립주파수 의 감소를 제한할 필요가 있다. 본 연구에서 회생제동시의 에너지를 회생에너지, 플러깅 제동시의 입력 전기에너지를 플러깅 에너지라 하고, 제동시 효율을 측정하는 지표로 사용한다.

2) 가속시 운전 조건에 따른 운전 특성

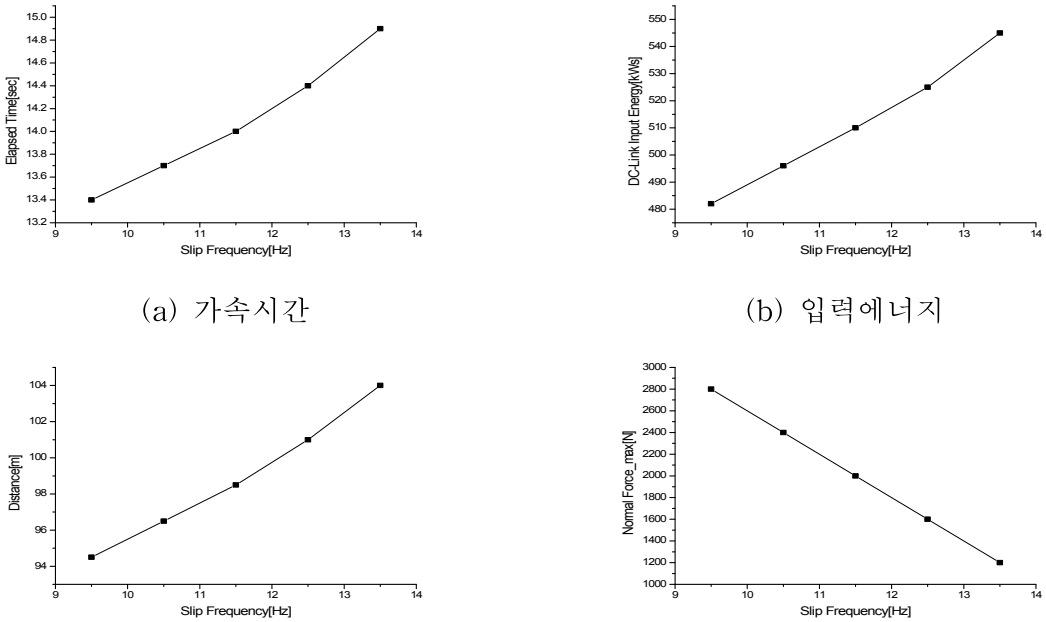
가) 50kph 가속 운전

① 노치 P4 운전

○ 아래 그림에 공차조건(19.8톤/량)에서 정지시에 노치명령 P4로 50km/h로 가속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~9.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다. 슬립주파수를 13.5Hz에서 10.5Hz로 변경하였을 경우 가속시간은 8%감소, 이동거리는 7%감소, 효율은 9% 상승한다. 이는 슬립주파수 변경에 따른 전동기 효율이 증가하기 때문이다. 수직력은 13.5Hz 운전에 비해 2배 증가하지만 전장에서 언급하였듯이 부상시스템이 제어할 수 있는 임계 수직력 이하이기 때문에 사용 가능하다. 슬립주파수를 9.5Hz로 줄여서 운전하는 경우 효율은 12% 개선효과를 갖는다. 다만 수직력이 2800[N]으로 임계 수직력을 약간 상회하나 부상시스템의 용량을 증대할 경우 사용할 수 있는 운전영역에 포함할 수 있다.



[그림 672]가속운전 속도 프로파일(P4)



(a) 가속시간 (b) 입력에너지

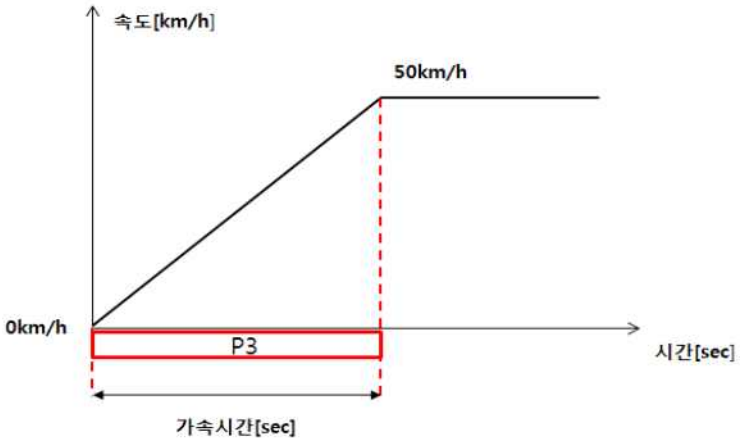
(c) 이동거리 (b) 최대 수직력

[그림 673]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph->50kph)

[표 211]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph ->50kph)

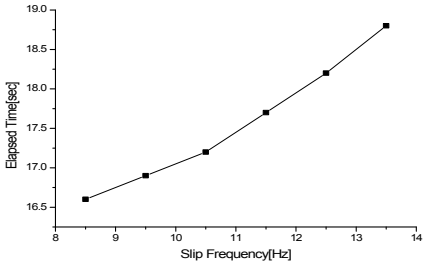
노치	슬립주파수 [Hz]	가속시간 [sec]		입력에너지 [kWs]		이동거리[m]		최대 수직력 [N]
P4	13.5	14.9	1	545	1	104	1	1200
	12.5	14.4	0.96	525	0.96	101	0.97	1600
	11.5	14.0	0.94	510	0.93	98.5	0.95	2000
	10.5	13.7	0.92	496	0.91	96.5	0.93	2400
	9.5	13.4	0.89	482	0.88	94.5	0.91	2800

② 노치 P3 운전

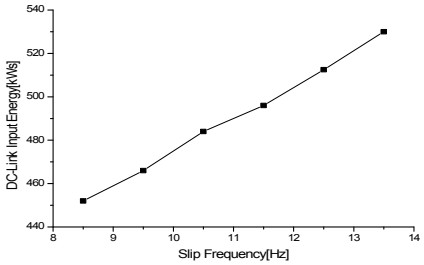


[그림 674]가속운전 속도 프로파일(P3)

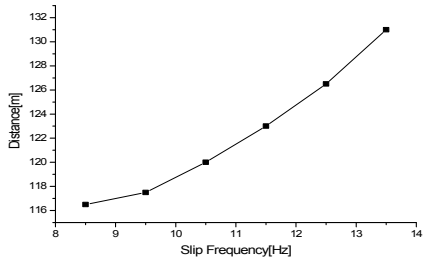
○ 아래 그림에 정지시에 노치명령 P3로 50km/h로 가속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~8.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



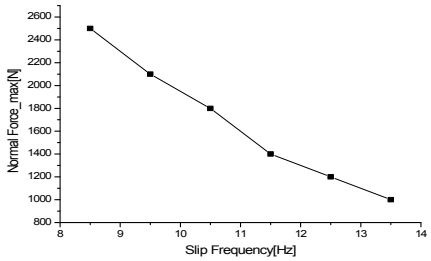
(a) 가속시간



(b) 입력에너지



(c) 이동거리



(b) 최대 수직력

[그림 675]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P3, 0kph->50kph)

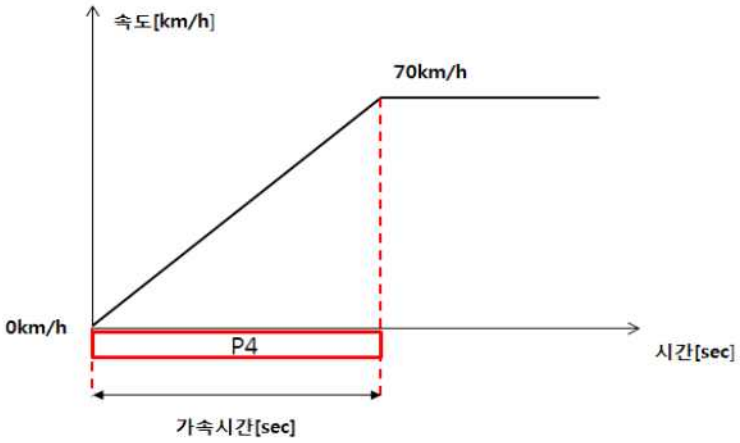
[표 212]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P3, 0kph ->50kph)

노치	슬립주파수 [Hz]	가속시간 [sec]		입력에너지 [kWs]		이동거리 [m]		최대 수직력 [N]
P3	13.5	18.8	1	530	1	131	1	1000
	12.5	18.2	0.97	512	0.97	126	0.96	1200
	11.5	17.7	0.94	496	0.94	123	0.94	1400
	10.5	17.2	0.91	484	0.91	120	0.92	1800
	9.5	16.9	0.90	466	0.88	117	0.89	2100
	8.5	16.6	0.88	452	0.85	116	0.88	2500

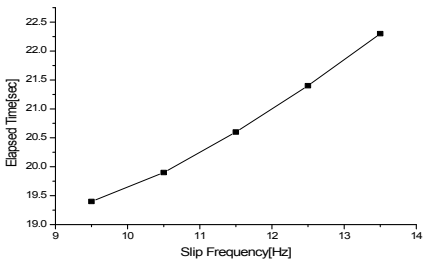
○ 슬립주파수 13.5Hz로 운전하는 경우에 비해 8.5Hz로 운전하는 경우 가속시간은 12% 감소, 이동거리 12% 감소, 입력에너지는 15% 감소되어 효율이 크게 향상됨을 알 수 있다. 수직력은 2.5배 증가하나 임계수직력 이하로 제어가 가능한 범위 내에 있다. 따라서 P3로 가속하는 경우 슬립주파수를 8.5Hz로 선정하면 임계수직력 이하의 조건에서 가장 효율이 높은 운전이 가능하다.

나) 70kph 가속 운전

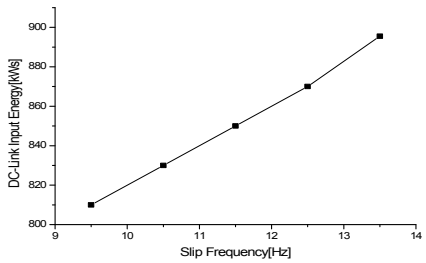
○ 아래 그림에 정지시에 노치명령 P4로 70km/h로 가속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~9.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



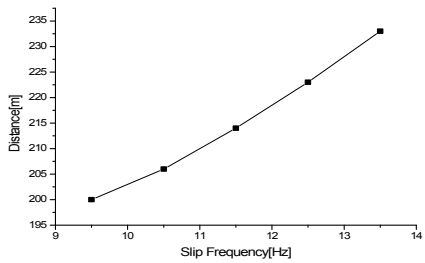
[그림 676]가속운전 속도 프로파일(P4)



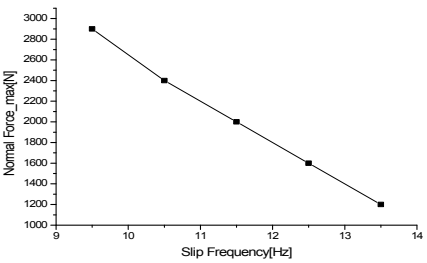
(a) 가속시간



(b) 입력에너지



(c) 이동거리



(b) 최대 수직력

[그림 677]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph->70kph)

[표 213]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (P4, 0kph ->70kph)

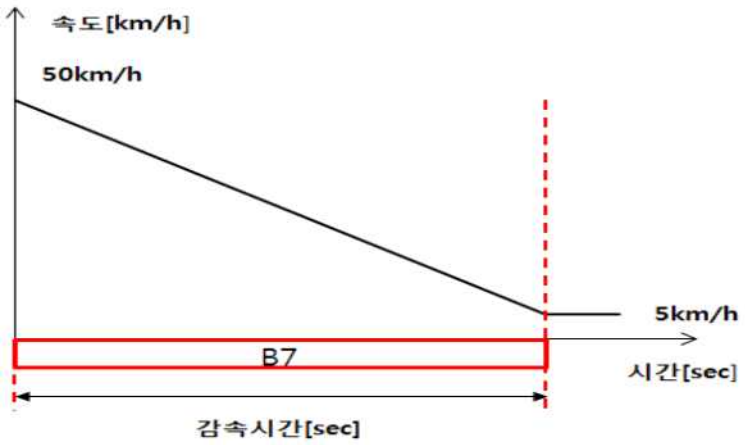
노치	슬립주파수 [Hz]	가속시간 [sec]		입력에너지 [kWs]		이동거리 [m]		최대 수직력 [N]
P4	13.5	22.3	1	895	1	233	1	1200
	12.5	21.4	0.96	870	0.97	223	0.96	1600
	11.5	20.6	0.92	850	0.95	214	0.92	2000
	10.5	19.9	0.89	830	0.93	206	0.88	2400
	9.5	19.4	0.87	810	0.91	200	0.86	2900

○ 슬립주파수 13.5Hz 운전에 비해 10.5Hz로 운전할 경우 가속시간은 11%, 이동거리는 12% 감소하며, 70km/h에 도달하는데 입력된 에너지량은 약 7% 감소하여 효율이 증대됨을 알 수 있다. 이 결과는 P3로 50km/h로 운전할 경우와 유사한 경향을 보인다.

3) 감속시 운전 조건에 따른 운전 특성

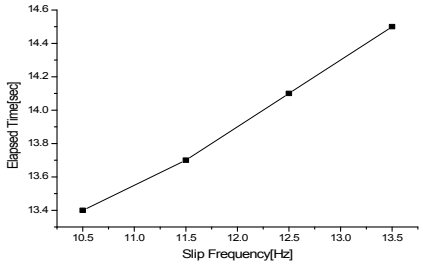
가) 50kph 감속운전

① 노치 B7운전

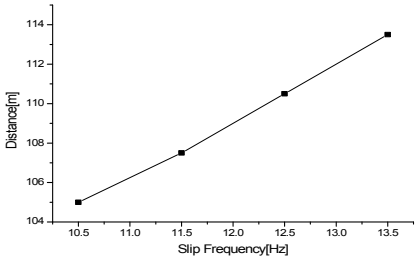


[그림 678]감속운전 속도 프로파일(B7)

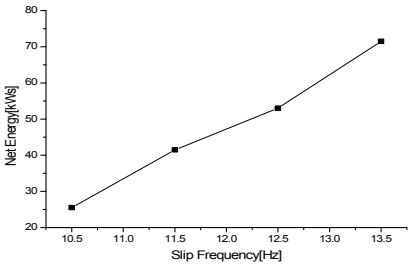
○ 위 그림에 노치명령 B7로 50km/h에서 5km/h로 감속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~10.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



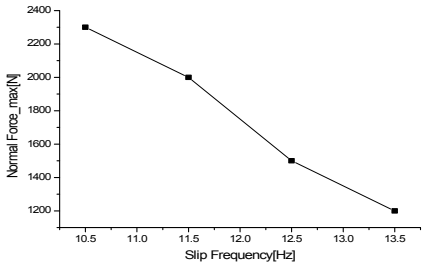
(a) 감속시간



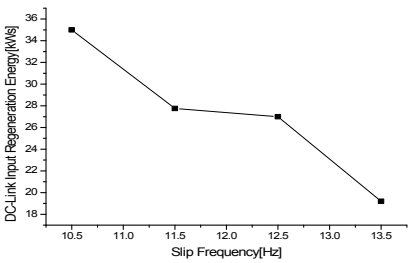
(b) 이동거리



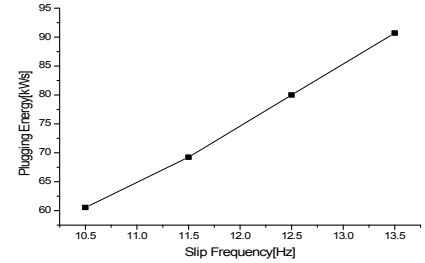
(c) 입력에너지



(d) 최대 수직력



(e) 회생에너지



(f) 플러깅 에너지

[그림 679]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B7, 50kph->5kph)

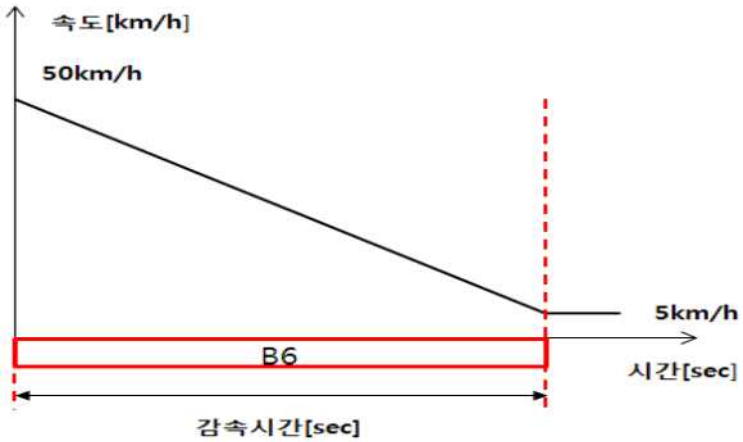
[표 214]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B7, 50kph -> 5kph)

노치	슬립주파수 [Hz]	감속시간 [sec]		이동거리 [m]		최대수직력 [N]	회생에너지 [kWs]		플러깅에너지 [kWs]		입력에너지 [kWs]	
B7	13.5	14.5	1	113.5	1	1200	19.2	1	90.7	1	71.5	1
	12.5	14.1	0.97	110.5	0.97	1500	27	1.41	80	0.88	53	0.74
	11.5	13.7	0.94	107.5	0.95	2000	27.8	1.45	69.25	0.76	41.5	0.58
	10.5	13.4	0.93	105	0.93	2300	35	1.82	60.55	0.67	25.5	0.36

○ 슬립주파수 13.5Hz로 운전하는 경우에 비해 10.5Hz로 운전할 경우 감

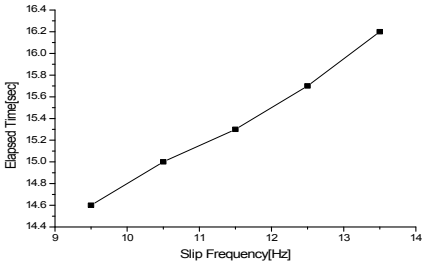
속시간은 7% 감소, 이동거리 7% 감소, 회생에너지는 1.82배 증가, 플러깅에너지 33% 감소하여 감속시 사용한 총 에너지량이 64%로 감소함을 알 수 있다. 슬립주파수를 감소시키면 회생제동구간이 그만큼 확대되고, 플러깅제동 구간은 축소되기 때문에 회생에너지는 증가하고, 플러깅에너지는 감소하여 감속시 총 입력에너지가 감소하는 결과를 보인다. 즉, 슬립주파수를 감소하는 것이 제동시 효율향상의 중요 요인이다.

② 노치 B6 운전

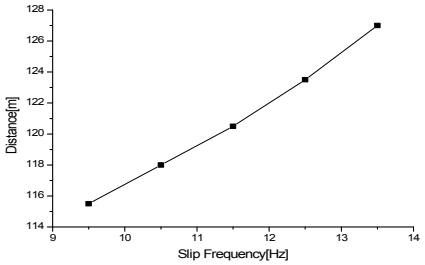


[그림 680]감속운전 속도 프로파일(B6)

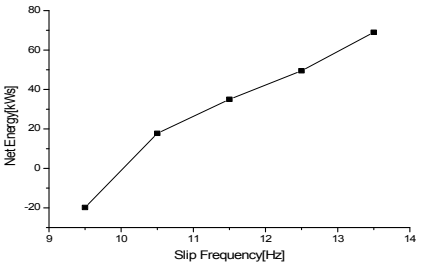
○ 위 그림에 노치명령 B6로 50km/h에서 5km/h로 감속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~9.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



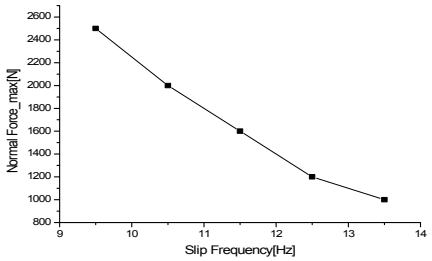
(a) 감속시간



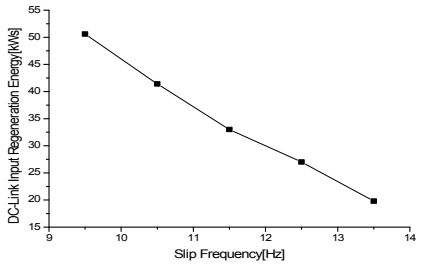
(b) 이동거리



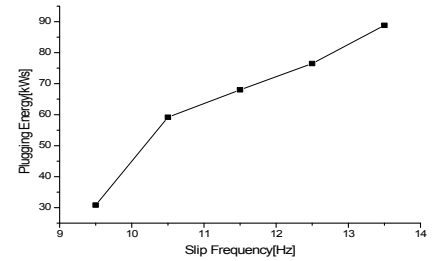
(c) 입력에너지



(d) 최대 수직력



(e) 회생에너지



(f) 플러깅 에너지

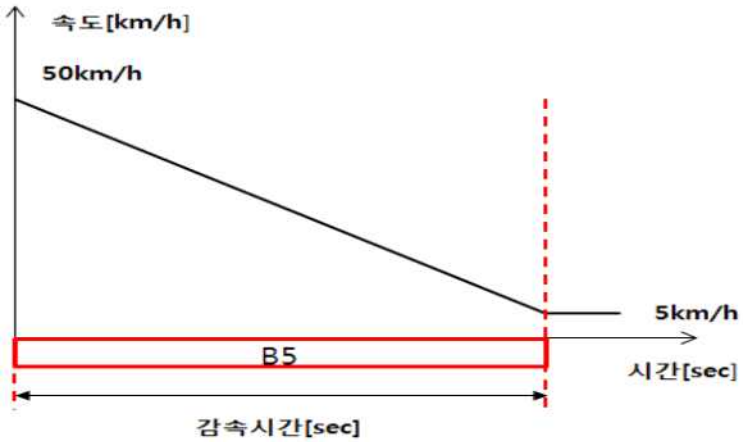
[그림 681]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B6, 50kph->5kph)

[표 215]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B6, 50kph -> 5kph)

노치	슬립주파수 [Hz]	감속시간 [sec]		이동거리 [m]		최대수직력 [N]	회생에너지 [kWs]		플러깅에너지 [kWs]		입력에너지 [kWs]	
B6	13.5	16.2	1	127	1	1000	19.8	1	88.8	1	69	1
	12.5	15.7	0.97	124	0.98	1200	27	1.36	76.5	0.86	49.5	0.72
	11.5	15.3	0.95	121	0.95	1600	33	1.66	68	0.77	35	0.51
	10.5	15.0	0.93	118	0.93	2000	41.4	2.1	59.2	0.66	17.8	0.25
	9.5	14.6	0.90	116	0.91	2500	50.6	2.56	30.8	0.35	-19.8	-0.28

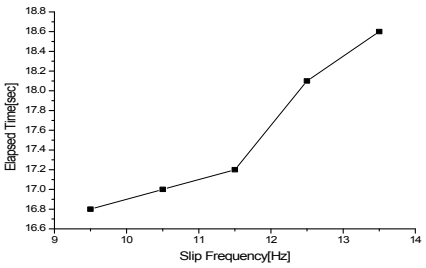
○ 슬립주파수 13.5Hz로 운전하는 경우에 비해 9.5Hz로 운전할 경우 감속시간은 10% 감소, 이동거리 9% 감소, 회생에너지는 2.56배 증가, 플러깅에너지 65% 감소하여 감속시 사용한 총 에너지량이 69[kWs]에서 -19.8[kWs]로 제동기간 동안 전기에너지의 이득이 있음을 알 수 있다. 이 운전조건에서 슬립주파수를 9.5Hz로 운전할 경우 13.5Hz 운전에 비해 효율이 크게 상승한다.

③ 노치 B5 운전

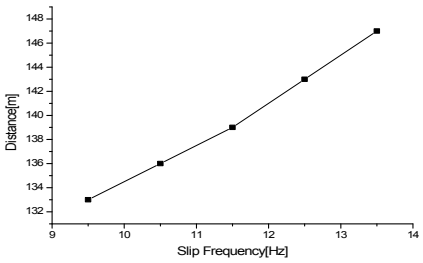


[그림 682]감속운전 속도 프로파일(B5)

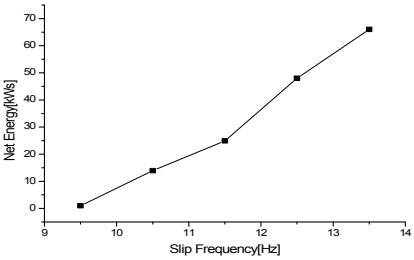
○ 위 그림에 노치명령 B5로 50km/h에서 5km/h로 감속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~9.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



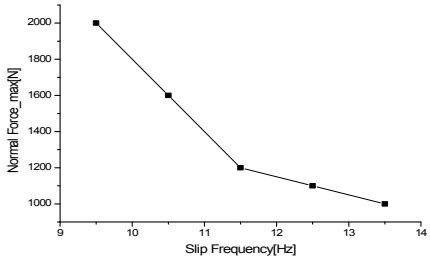
(a) 감속시간



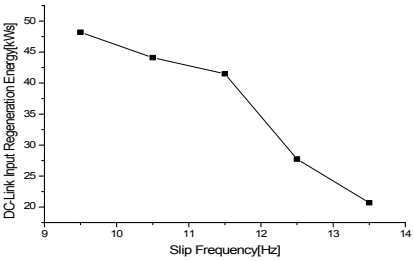
(b) 이동거리



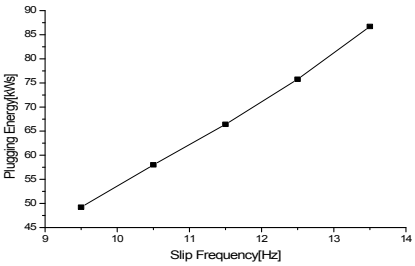
(c) 입력에너지



(d) 최대 수직력



(e) 회생에너지



(f) 플러깅 에너지

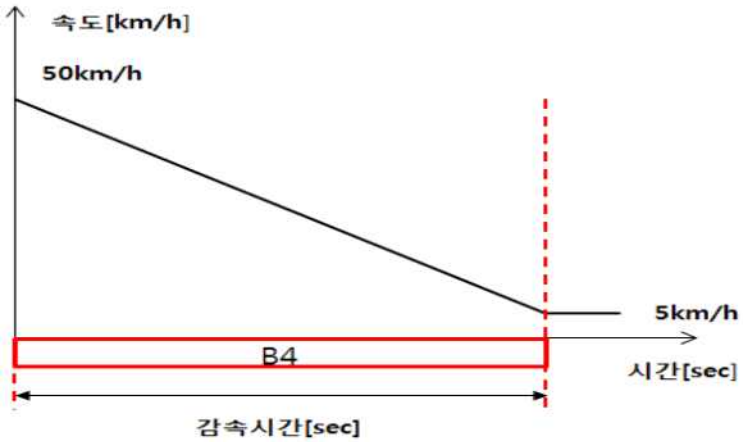
[그림 683]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B5, 50kph->5kph)

[표 216]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B5, 50kph -> 5kph)

노치	슬립주파수 [Hz]	감속시간 [sec]		이동거리 [m]		최대수직력 [N]	회생에너지 [kWs]		플러깅에너지 [kWs]		입력에너지 [kWs]	
B5	13.5	18.6	1	147	1	1000	20.7	1	86.7	1	66	1
	12.5	18.1	0.97	143	0.97	1200	27.8	1.34	75.8	0.87	48	0.73
	11.5	17.2	0.92	139	0.95	1600	41.5	2.0	66.4	0.77	25	0.38
	10.5	17.0	0.91	136	0.93	2000	44.1	2.13	58.0	0.67	14.9	0.23
	9.5	16.8	0.90	133	0.90	2500	48.2	2.33	49.2	0.57	1	0.02

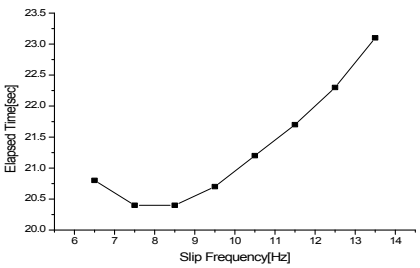
○ 슬립주파수 13.5Hz로 운전하는 경우에 비해 9.5Hz로 운전할 경우 감속시간은 10% 감소, 이동거리 10% 감소, 회생에너지는 2.33배 증가, 플러깅에너지 43% 감소하여 감속시 사용한 총 에너지량이 98% 감소하여 효율운전이 가능함을 알 수 있다.

④ 노치 B4 운전

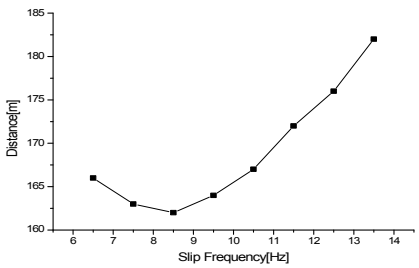


[그림 684]감속운전 속도 프로파일(B4)

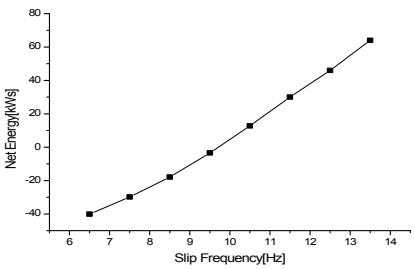
○ 위 그림에 노치명령 B4로 50km/h에서 5km/h로 감속한 경우의 속도프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~6.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



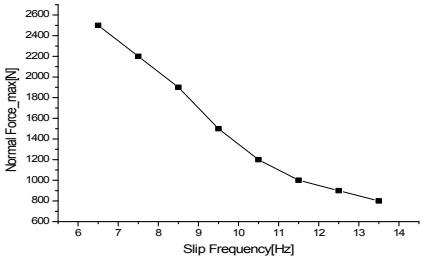
(a) 감속시간



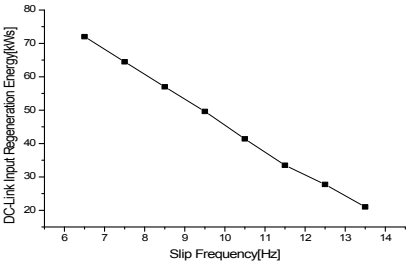
(b) 이동거리



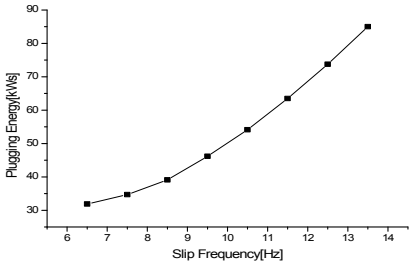
(c) 입력에너지



(d) 최대 수직력



(e) 회생에너지



(f) 플러깅 에너지

[그림 685]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B4, 50kph->5kph)

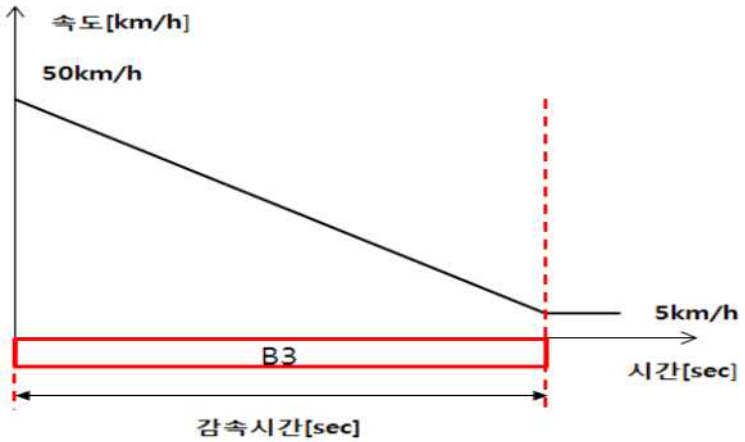
[표 217]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B4, 50kph -> 5kph)

노치	슬립주파수 [Hz]	감속시간 [sec]		이동거리 [m]		최대수직력 [N]	회생에너지 [kWs]		플러깅에너지 [kWs]		입력에너지 [kWs]	
B4	13.5	23.1	1	182	1	800	21	1	85	1	64	1
	12.5	22.3	0.97	176	0.97	900	27.8	1.32	73.8	0.87	46	0.72
	11.5	21.7	0.94	172	0.95	1000	33.5	1.60	63.5	0.75	30	0.47
	10.5	21.2	0.92	167	0.92	1200	41.4	1.97	54.1	0.64	12.8	0.2
	9.5	20.7	0.90	164	0.90	1500	49.6	2.36	46.2	0.54	-3.4	-0.05
	8.5	20.4	0.88	162	0.89	1900	57	2.71	39.1	0.46	-17.9	-0.28
	7.5	20.4	0.88	163	0.90	2200	64.5	3.07	34.7	0.41	-29.8	-0.46
	6.5	20.8	0.90	166	0.91	2500	72	3.42	31.9	0.38	-40.1	-0.62

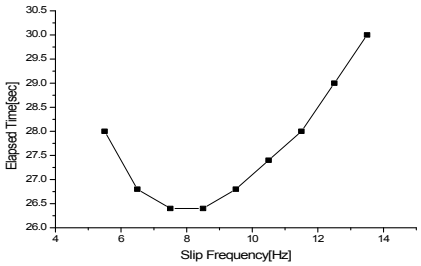
○ 슬립주파수 13.5Hz로 운전하는 경우에 비해 8.5Hz로 운전할 경우 감속시간은 12% 감소, 이동거리 11% 감소, 회생에너지는 2.71배 증가, 플러깅에너지 54% 감소하여 감속시 사용한 총 에너지량이 64[kWs]에서 -17.9[kWs]로 제동기간 동안 전기에너지의 이득이 있음을 알 수 있다.

⑤ 마노치 B3 운전

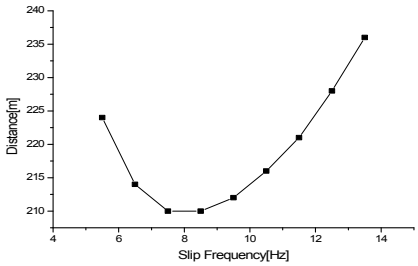
○ 아래 그림에 노치명령 B3로 50km/h에서 5km/h로 감속한 경우의 속도 프로파일을 나타내었다. 이 조건에서 슬립주파수를 13.5Hz~6.5Hz까지 1Hz 단위로 변동하면서 시뮬레이션을 수행하였고, 그 결과를 아래 표와 아래 그림에 나타내었다.



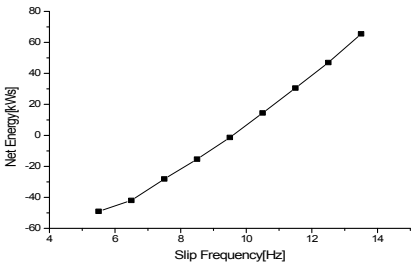
[그림 686]감속운전 속도 프로파일(B4)



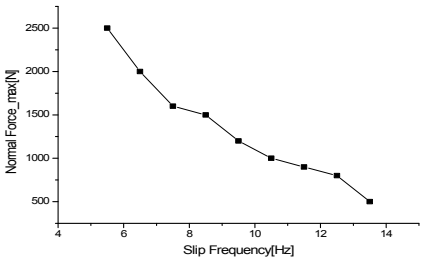
(a) 감속시간



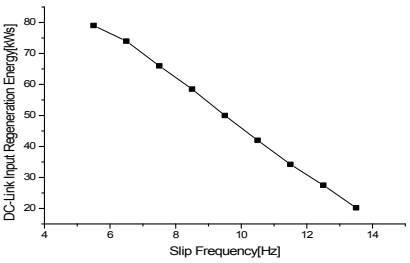
(b) 이동거리



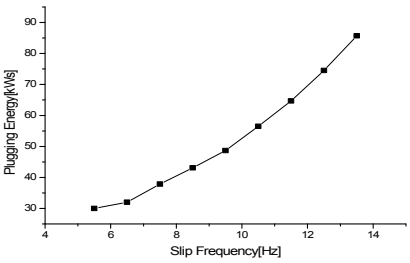
(c) 입력에너지



(d) 최대 수직력



(e) 회생에너지



(f) 플러깅 에너지

[그림 687]슬립주파수에 따른 감속 운전 결과 (B3, 50kph->5kph)

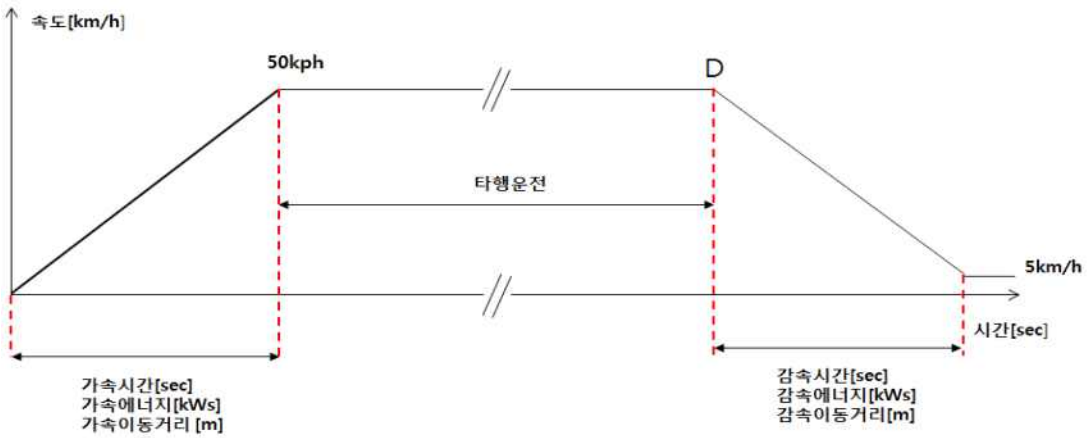
[표 218]슬립주파수에 따른 가속 운전 결과 (B3, 50kph -> 5kph)

노치	슬립주파수 [Hz]	감속시간 [sec]		이동거리 [m]		최대수직력 [N]	회생에너지 [kWs]		플러깅에너지 [kWs]		입력에너지 [kWs]	
B3	13.5	30	1	236	1	500	20.2	1	85.7	1	65.5	1
	12.5	29	0.97	228	0.97	800	27.5	1.36	74.5	0.87	47	0.72
	11.5	28	0.93	221	0.94	900	34.2	1.69	64.7	0.75	30.5	0.47
	10.5	27.4	0.91	216	0.92	1000	42	2.08	56.5	0.66	14.5	0.22
	9.5	26.8	0.89	212	0.90	1200	50	2.48	48.7	0.57	-1.3	-0.02
	8.5	26.4	0.88	210	0.89	1500	58.5	2.90	43.1	0.52	-15.4	-0.24
	7.5	26.4	0.88	210	0.89	1600	66	3.27	37.9	0.44	-28.2	-0.43
	6.5	26.8	0.89	214	0.90	2000	74	3.66	32	0.37	-42	-0.64
	5.5	28	0.93	224	0.94	2500	79	3.91	30	0.35	-49	-0.74

○ 슬립주파수 13.5Hz로 운전하는 경우에 비해 8.5Hz로 운전할 경우 감속시간은 12% 감소, 이동거리 11% 감소, 회생에너지는 2.90배 증가, 플러깅에너지 48% 감소하여 감속시 사용한 총 에너지량이 65.5[kWs]에서 -15.4[kWs]로 제동기간 동안 전기에너지의 이득이 있음을 알 수 있다.

4) 운전 효율 향상 방안

가) 50km/h 주행 패턴시 운행조건에 따른 효율 비교



[그림 688]50km/h 주행 패턴(공차조건, 19.8톤/량)

○ 위 그림에서와 같이 50km/h까지 가속하였다가 타행운전 후 5km/h까지 감속하는 주행 패턴에 대하여 5.3절에서 각 노치별 슬립주파수별로 분석한 자료를 아래 표에 나타내었으며 이를 바탕으로 효율 운전 방안에 대해 살펴본다.

[표 219]운전모드에 따른 50km/h 가감속시 해석 결과

추진노치	슬립주파수[Hz]	제동노치	슬립주파수[Hz]	시간[sec]				입력에너지[kWs]				거리[m]				운전모드분류
				가속	감속	합	비율	가속	감속	합	비율	가속	감속	합	비율	
P4	13.5	B7	13.5	14.9	14.5	29.4	1	545	71.5	617	1	104	114	218	1	A
		B6	13.5		16.2	31.1	1.06		69	614	1		127	231	1,06	B
		B5	13.5		18.6	33.5	1.14		66	611	0.99		147	251	1.15	C
		B4	13.5		23.1	38	1.29		64	609	0.99		182	286	1.31	D
	10.5	B7	10.5	13.7	13.4	27.1	0.92	496	25.5	522	0.85	96.5	105	202	0.92	E
		B6	9.5		14.6	28.3	0.96		-20	476	0.77		116	213	0.97	F
		B5	9.5		20.8	30.5	1.04		1.0	497	0.81		133	230	1.05	G
		B4	6.5		20.8	34,5	1.17		-40	456	0.74		166	263	1.20	H
		B3	5.5		28.0	41.7	1.42		-49	447	0.72		224	321	1.47	I
P3	13.5	B7	13.5	18.8	14.5	33.3	1.13	530	71.5	602	0.98	131	114	245	1.12	J
		B6	13.5		16.2	35	1.19		69	599	0.97		127	258	1.18	K
		B5	13.5		18.6	37.4	1.27		66	594	0.97		147	278	1.28	L
		B4	13.5		23.1	41.9	1.43		64	592	0.96		182	313	1.44	M
	8.5	B7	10.5	16.6	13.4	30.0	1.02	452	25.5	478	0.77	116	105	221	1.01	N
		B6	9.5		14.6	31.2	1.06		-20	432	0.70		116	232	1.06	O
		B5	9.5		16.8	33.4	1.14		1.0	453	0.73		133	249	1.14	P
		B4	6.5		20.8	37.4	1.27		-40	412	0.67		166	282	1.29	Q
		B3	5.5		28.0	44.6	1.51		-49	403	0.65		224	340	1.56	R

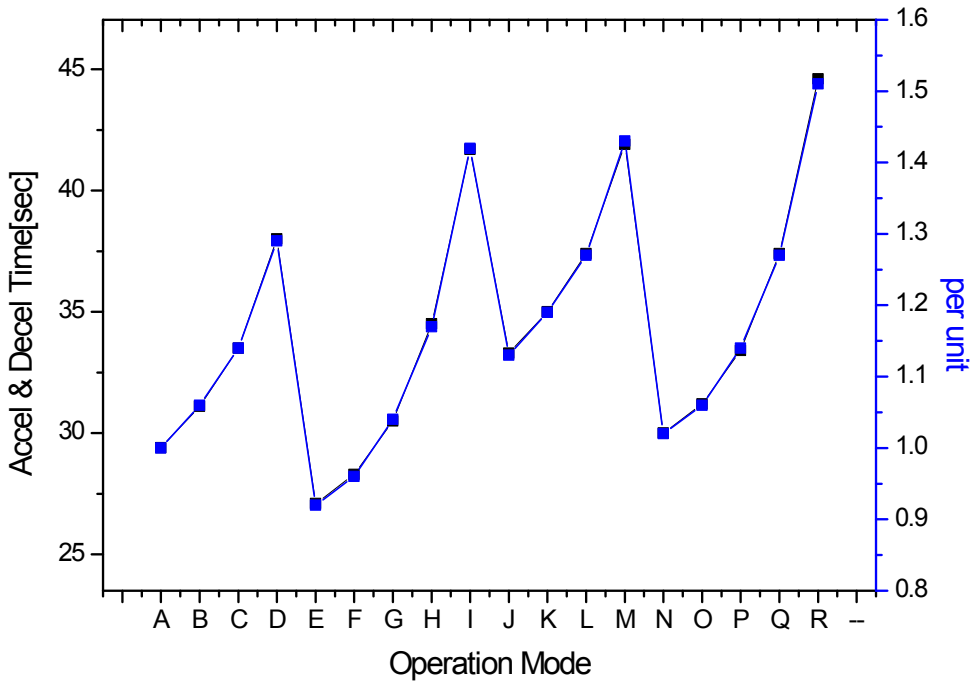
○ 운전모드에 다른 효율을 비롯한 특성의 비교를 위해 수직력 2500[N]이하의 조건을 만족하는 조합 가능한 운전모드를 아래 표에서처럼 A~R로 분류하였다. 운전모드 A는 노치명령 P4로 50km/h까지 슬립주파수 13.5Hz로 가속하다가 제동명령 B7, 슬립주파수 13.5Hz로 감속하는 경우이며, P4(13.5)-B7(13,5)로 나타내기로 한다, 마찬가지로 P3(8.5)-B3(5.5)는 노치명령 P3, 슬립주파수 8.5Hz로 가속, 제동명령 B3, 슬립주파수 5.5Hz로 운전했을 경우임을 의미한다.

○ 각 운전모드에 따른 가,감속시간, 추진, 제동에너지, 가속이동거리, 감

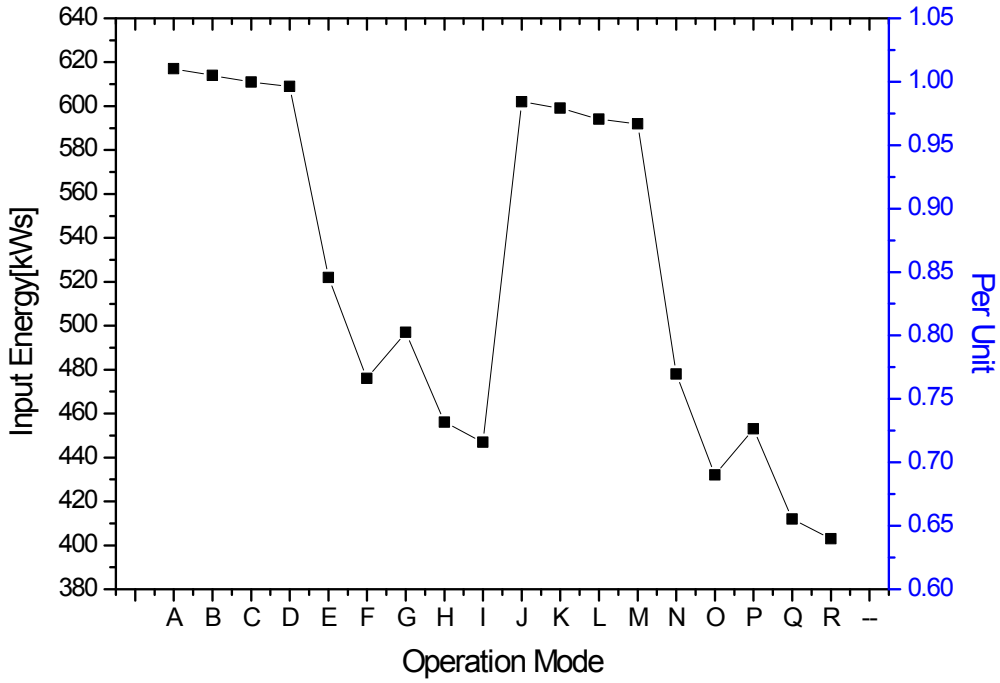
속이동거리등의 해석 결과를 나타내었고, 운전모드 A 즉, P4(13.5)-B7(13,5)의 결과를 기준으로 per unit를 계산한 결과도 표시하였다. 아래 표는 아래 표 결과 중 가감속시간, 입력에너지, 이동거리 및 가속도를 나타내었고, 각각을 아래 그림에 나타내었다.

[표 220]50km/h 가감속시 운전모드별 가감속시간, 입력에너지, 이동거리, 가속도

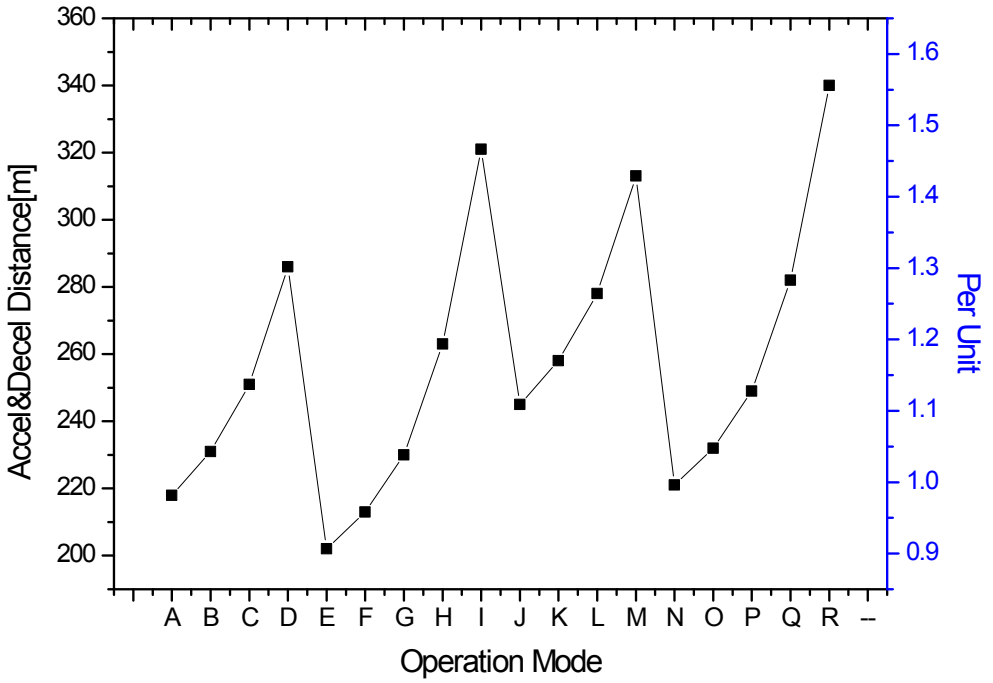
운전모드		가감속시간		입력에너지		가감속 거리		가속도
분류	노치명령	[sec]	p.u.	[kWs]	p.u.	[m]	p.u.	[km/h/sec]
A	P4(13.5)-B7(13.5)	29.4	1	617	1	218	1	3.23
B	P4(13.5)-B6(13.5)	31.1	1.06	614	1	231	1.06	3.05
C	P4(13.5)-B5(13.5)	33.5	1.14	611	0.99	251	1.15	2.84
D	P4(13.5)-B4(13.5)	38	1.29	609	0.99	286	1.31	2.50
E	P4(10.5)-B7(10.5)	27.1	0.92	522	0.85	202	0.92	3.51
F	P4(10.5)-B6(9.5)	28.3	0.96	476	0.77	213	0.97	3.36
G	P4(10.5)-B5(9.5)	30.5	1.04	497	0.81	230	1.05	3.11
H	P4(10.5)-B4(6.5)	34.5	1.17	456	0.74	263	1.2	2.75
I	P4(10.5)-B3(5.5)	41.7	1.42	447	0.72	321	1.47	2.28
J	P3(10.5)-B7(13.5)	33.3	1.13	602	0.98	245	1.12	2.85
K	P3(10.5)-B6(13.5)	35	1.19	599	0.97	258	1.18	2.71
L	P3(10.5)-B5(13.5)	37.4	1.27	594	0.97	278	1.28	2.54
M	P3(10.5)-B4(13.5)	41.9	1.43	592	0.96	313	1.44	2.27
N	P3(8.5)-B7(10.5)	30	1.02	478	0.77	221	1.01	3.17
O	P3(8.5)-B6(9.5)	31.2	1.06	432	0.7	232	1.06	3.04
P	P3(8.5)-B5(9.5)	33.4	1.14	453	0.73	249	1.14	2.84
Q	P3(8.5)-B4(6.5)	37.4	1.27	412	0.67	282	1.29	2.54
R	P3(8.5)-B3(5.5)	44.6	1.51	403	0.65	340	1.56	2.13



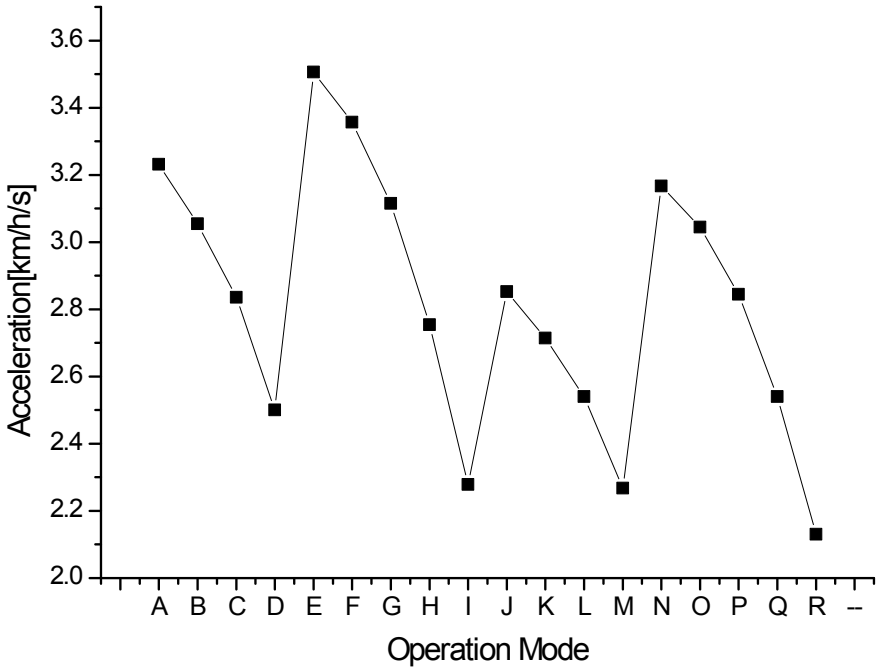
[그림 689]운전모드별 가감속시간



[그림 690]운전모드별 입력에너지



[그림 691]운전모드별 가감속 이동거리



[그림 692]운전모드별 가속도

① 가속도 3.0km/h/sec 이상의 운전조건에서의 효율 비교

○ 가속도 3.0km/h/sec 이상이 되는 운전조건에서의 운전특성을 아래 표에 나타내었다. 운전모드 A, P4(13.5)-B7(13.5)를 기준으로 입력에너지

를 비교하면 운전모드가속도 3.0km/h/sec 이상의 운전조건에서는 운전모드 O, P3(8.5)-B6(9.5)에서 30%의 입력에너지가 절감된다.

[표 221]가속도 3.0km/h/sec 이상인 경우 운전 특성

운전모드		가감속시간		입력에너지		가감속 거리		가속도
분류	노치명령	[sec]	p.u.	[kWs]	p.u.	[m]	p.u.	[km/h/sec]
A	P4(13.5)-B7(13.5)	29.4	1	617	1	218	1	3.23
B	P4(13.5)-B6(13.5)	31.1	1.06	614	1	231	1.06	3.05
E	P4(10.5)-B7(10.5)	27.1	0.92	522	0.85	202	0.92	3.51
F	P4(10.5)-B6(9.5)	28.3	0.96	476	0.77	213	0.97	3.36
G	P4(10.5)-B5(9.5)	30.5	1.04	497	0.81	230	1.05	3.11
N	P3(8.5)-B7(10.5)	30	1.02	478	0.77	221	1.01	3.17
O	P3(8.5)-B6(9.5)	31.2	1.06	432	0.7	232	1.06	3.04

○ 아래 표에 가속도 3.0km/h/sec 이상인 경우 운전효율 비교하였다. P4(13.5) -B7(13.5) 경우와 비교하여 P4(10.5)-B5(10.5)로 운전하는 경우 15.3%의 효율이 향상되고, P3(8.5) -B6(9.5)로 운전하는 경우는 29.9%의 효율 향상을 이룰 수 있다.

[표 222]가속도 3.0km/h/sec 이상인 경우 운전효율 비교

운전모드		입력에너지/모터		입력에너지/량		총 입력에너지		총입력에너지/ton		에너지절감량	
분류	노치명령	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWh]	[%]
A	P4(13.5)-B7(13.5)	617	0.171	4936	1.371	9872	2.74	249.3	0.0692	0	0.0
B	P4(13.5)-B6(13.5)	614	0.171	4912	1.364	9824	2.73	248.1	0.0689	-0.01	-0.4
E	P4(10.5)-B7(10.5)	522	0.145	4176	1.160	8352	2.32	210.9	0.0586	-0.42	-15.3
F	P4(10.5)-B6(9.5)	476	0.132	3808	1.058	7616	2.12	192.3	0.0534	-0.62	-22.8
G	P4(10.5)-B5(9.5)	497	0.138	3976	1.104	7952	2.21	200.8	0.0558	-0.53	-19.4
N	P3(8.5)-B7(10.5)	478	0.133	3824	1.062	7648	2.12	193.1	0.0536	-0.62	-22.5
O	P3(8.5)-B6(9.5)	432	0.120	3456	0.960	6912	1.92	174.6	0.0485	-0.82	-29.9

② 가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하의 운전조건에서의 효율 비교

○ 가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 운전조건에서의 운전특성을 아래 표에 나타내었다. 운전모드 C, P4(13.5)-B7(13.5)를 기준으로 입력에너지를 비교하면 운전모드가 가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하의 운전조건에서는 운전모드 Q, P3(8.5)-B4(6.5)에서 33%의 입력에너지가 절감된다.

[표 223]가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 경우 운전 특성

운전모드		가감속시간		입력에너지		가감속 거리		가속도
분류	노치명령	[sec]	p.u.	[kWs]	p.u.	[m]	p.u.	[km/h/sec]
J	P4(10.5)-B7(13.5)	33.3	1.13	602	0.99	245	1.12	2.85
P	P3(8.5)-B5(9.5)	33.4	1.14	453	0.74	249	1.14	2.84
C	P4(13.5)-B5(13.5)	33.5	1.14	611	1.00	251	1.15	2.84
H	P4(10.5)-B4(6.5)	34.5	1.17	456	0.75	263	1.2	2.75
K	P3(10.5)-B6(13.5)	35	1.19	599	0.98	258	1.18	2.71
L	P3(10.5)-B5(13.5)	37.4	1.27	594	0.97	278	1.28	2.54
Q	P3(8.5)-B4(6.5)	37.4	1.27	412	0.67	282	1.29	2.54

[표 224]가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 경우 운전효율 비교

운전모드		입력에너지/모터		입력에너지/량		총 입력에너지		총 입력에너지/ton		에너지절감량	
분류	노치명령	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWh]	[%]
J	P3(10.5)-B7(13.5)	602	0.17	4816	1.34	9632	2.68	243.2	0.068	-0.04	-1.63
P	P3(8.5)-B5(9.5)	453	0.13	3624.	1.01	7248	2.01	183.0	0.051	-0.71	-26.0
C	P4(13.5)-B5(13.5)	611	0.17	4888.	1.36	9776	2.72	246.8	0.069	0.00	0.00
H	P4(10.5)-B4(6.5)	456	0.13	3648	1.01	7296	2.03	184.2	0.051	-0.69	-25.5
K	P3(10.5)-B6(13.5)	599	0.17	4792	1.33	9584	2.66	242.0	0.067	-0.06	-2.12
L	P3(10.5)-B5(13.5)	594	0.17	4752	1.32	9504	2.64	240.0	0.067	-0.08	-2.94
Q	P3(8.5)-B4(6.5)	412	0.11	3296.	0.92	6592	1.83	166.4	0.046	-0.89	-32.7

○ 아래 표에 가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 운전조건에서의 운전효율 비교하였다. P4(13.5)-B5(13.5) 경우와 비교하여 P4(8.5)-B5(9.5)로 운전하는 경우 26%의 효율이 향상되고, P4(10.5)-B4(6.5)로 운전하는 경우 25.5%, P3(8.5) -B4(6.5)로 운전하는 경우는 32.7%의 효율 향상을 이룰 수 있다.

③ 가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하의 운전조건에서의 효율 비교

○ 가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하인 운전조건에서의 운전특성을 아래 표에 나타내었다. 운전모드 D, P4(13.5)-B4(13.5)를 기준으로 입력에너지를 비교하면 운전모드가 가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하의 운전조건에서는 운전모드 R, P4(8.5)-B4(5.5)에서 35%의 입력에너지가 절감된다.

[표 225]가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하인 경우 운전 특성

운전모드		가감속시간		입력에너지		가감속 거리		가속도
분류	노치명령	[sec]	p.u.	[kWs]	p.u.	[m]	p.u.	[km/h/sec]
D	P4(13.5)-B4(13.5)	38	1.29	609	0.99	286	1.31	2.50
I	P4(10.5)-B3(5.5)	41.7	1.42	447	0.72	321	1.47	2.28
M	P3(10.5)-B4(13.5)	41.9	1.43	592	0.96	313	1.44	2.27
R	P3(8.5)-B3(5.5)	44.6	1.51	403	0.65	340	1.56	2.13

[표 226]가속도 2.0km/h/sec 이상 2.5km/h/sec 이하인 경우 운전효율 비교

운전모드		입력에너지/모터		입력에너지/량		총 입력에너지		총입력에너지 /ton		에너지절감량	
분류	노치명령	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWs]	[kWh]	[kWh]	[%]
D	P4(13.5)-B4(13.5)	609	0.17	4872	1.35	9744	2.71	246.1	0.068	0.0	0.0
I	P4(10.5)-B3(5.5)	447	0.12	3576	0.99	7152	1.99	180.6	0.050	-65.5	-26.7
M	P3(10.5)-B4(13.5)	592	0.16	4736	1.32	9472	2.63	239.2	0.066	-6.9	-2.9
R	P3(8.5)-B3(5.5)	403	0.11	3224	0.90	6448	1.79	162.8	0.045	-83.3	-33.9

○ 위 표에 가속도 2.5km/h/sec 이상 3.0km/h/sec 이하인 운전조건에서의 운전효율 비교하였다. P4(13.5)-B5(13.5) 경우와 비교하여 P4(10.5)-B3(5.5)로 운전하는 경우 26.7%의 효율이 향상되고, P3(8.5)-B3(5.5)로 운전하는 경우 33.9%의 효율향상을 이룰 수 있다.

나) 효율향상을 위한 운전조건

○ 아래 표에 슬립주파수를 13.5Hz로 고정하여 운전하는 기존 운전 방법에 대하여 에너지를 절감할 수 있는 방안에 대하여 나타내었다. 자기부상열차의 가속시에는 기존의 P4에 13.5Hz 일정운전인 P4(13.5)에서 P3(8.5)로 가속하는 것이 효율을 향상할 수 있고, 감속시에는 가감속 가속도에 따라 3.0[km/h/sec]인 경우엔 B6(9.5), 2.5~3.0[km/h/sec]인 경우에는 B4(6.5), 2.0~2.5[km/h/sec]인 경우에는 B3(5.5)로 운전하면 기존 대비 29.9~33.9%의 에너지 절감을 이룰 수 있다.

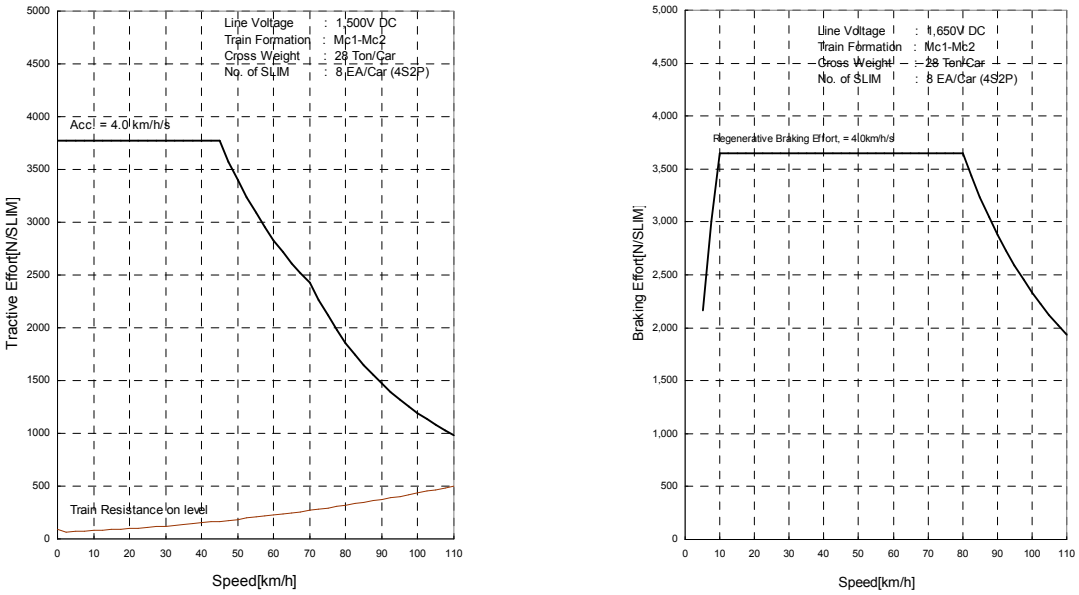
[표 227]효율 운전 모드(공차조건, 19.8ton)

속도	가속도	운전모드		총입력에너지[kWh]		총에너지절감량	
kph	kph/s	기존제어	효율운전	기존 제어	효율 운전	[kWh]	[%]
50	3.0	P4(13.5)-B7(13.5)	P3(8.5)-B6(9.5)	2.74	1.92	0.82	29.9
	2.5~3.0	P4(13.5)-B513.5)	P3(8.5)-B4(6.5)	2.72	1.83	0.89	32.7
	2.0~2.5	P4(13.5)-B413.5)	P3(8.5)-B3(5.5)	2.71	1.79	0.92	33.9

(4) 도시형자기부상열차 LIM의 운전효율 향상을 위한 추력 및 제동력 제어 고도화(동양대학교)

(가) 기존 추진제어 알고리즘 확인/review (국내외 자기부상열차)

1) LIM 요구 성능곡선(국내)

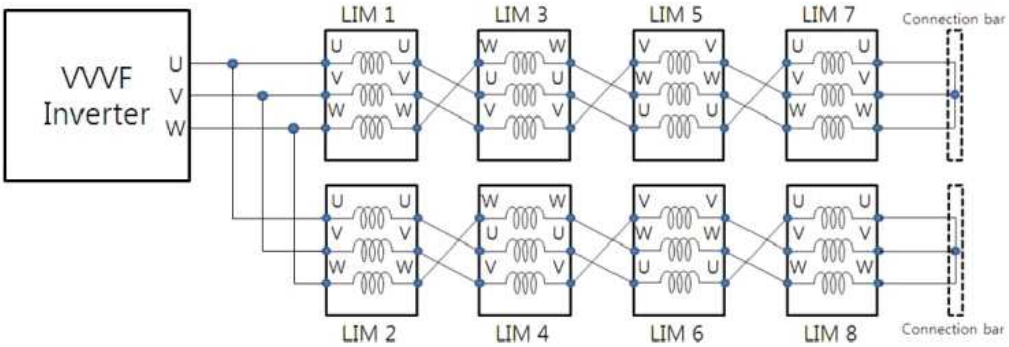


(a) 견인력 특성 (b) 제동력 특성

[그림 693]LIM 요구성능

2) LIM 결선(1량 기준, 국내)

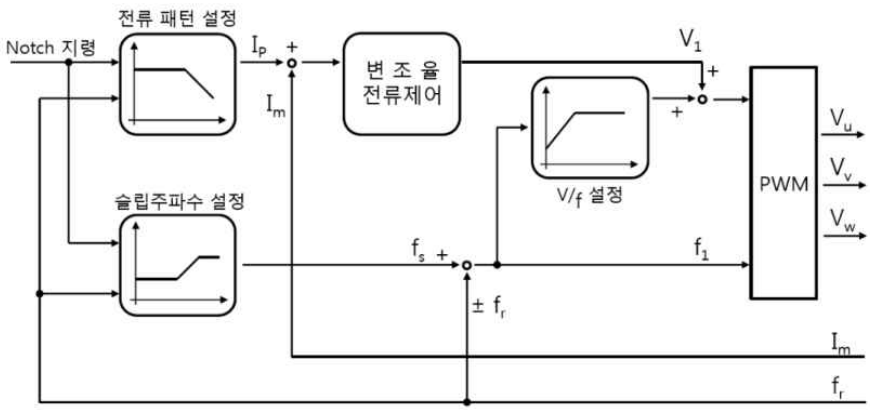
○ 인버터 1대에 LIM 8대가 4S2P 결선됨.



[그림 694]4S2P 결선된 LIM

3) 슬립주파수 제어법에 의한 추진제어(국내)

- 회전형 유도전동기의 슬립 주파수 제어법을 응용함.
- 추진제어시 추력(또는 제동력) 명령값과 전류 지령값과의 상관관계가 명확하지 않음.
- d축 전류, q축 전류 지령값의 생성과정이 불분명함.
- d, q 변환된 전류로부터 LIM의 rms 전류를 구하여 rms 전류 제어를 실시하고 d축, q축 각각에 대한 전류제어는 시행하지 않음.
- 추진시 슬립주파수는 12.5 Hz, 제동시 슬립주파수는 13.5~13.9 Hz로 제어함.
- 0~45km/h 구간은 슬립주파수 일정제어, 45km/h~70km/h 구간은 슬립 일정제어, 70km/h~110km/h 구간에서는 최대 슬립주파수 제어를 수행함.
- 실제 LIM의 추력, 제동력 특성을 정확히 고려하여 전류제어를 수행할 필요 있음.



[그림 695]슬립주파수 제어 개념도

- Notch 지령에 따른 추력(제동력) 명령

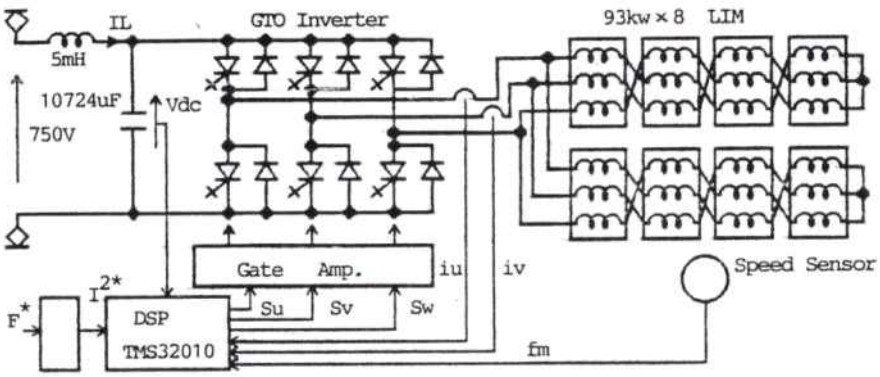
$F^* =$ 만차시 요구추력(또는제동력) $\times$ $Notch$ 값 $\times$ 차량하중값 $[N]$

Notch 값 : 0 ~ 100% (0 ~ 1.0)

차량하중값 : 0 ~ 100% (0 ~ 1.0)

4) 일본 HSST-05의 추진제어 알고리즘

- 가속 및 제동 전구간에 걸쳐 슬립 주파수 일정제어를 실시함.
- 추력지령에 대응하는 공간전류벡터의 크기의 제곱(I^2)제어를 수행함.
- 인버터 1대로 4S2P 결선된 LIM(8대)를 제어함.



[그림 696]HSST 05 차량의 제어 개념도

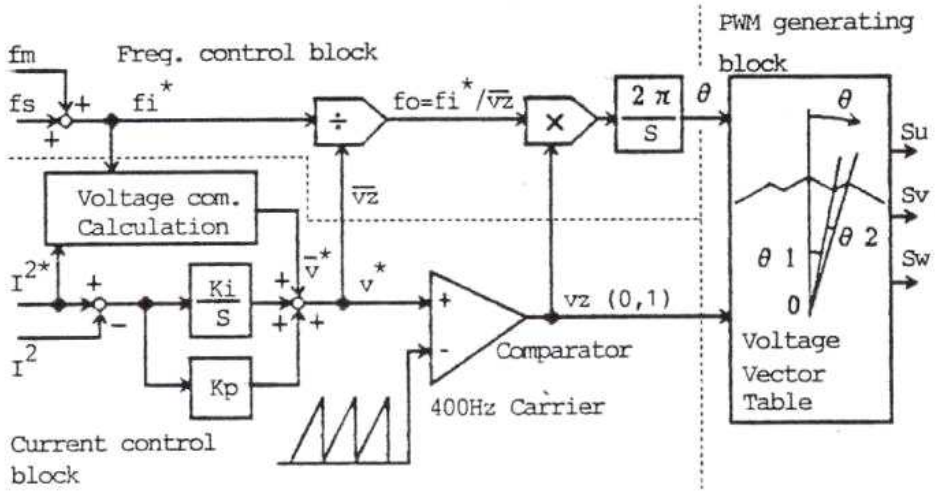
- 등가회로정수를 이용하여 추력 및 제동력 지령을 생성하고 LIM의 RMS 전류를 제어함.

$f_i^* = f_m + f_s$ (슬립주파수 : 12.5 Hz)

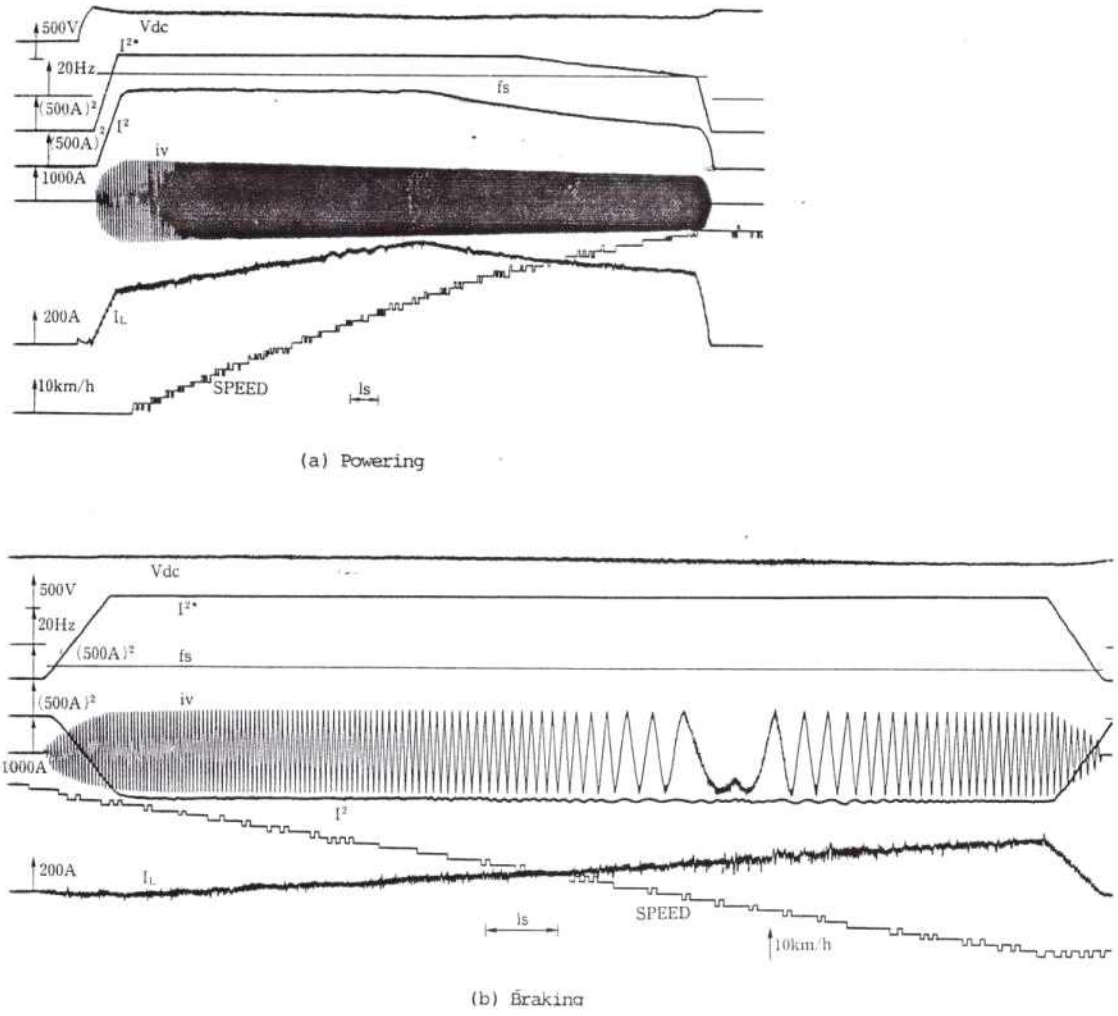
$$F = \frac{\pi}{\tau}\frac{2\pi f_s R_2 M^2}{R_2^2 + (2\pi f_s)^2 L_2^2} I^2$$

$$I^2 = 2(i_u^2 + i_u i_v + i_v^2)$$

I : 공간 전류 벡터의 크기

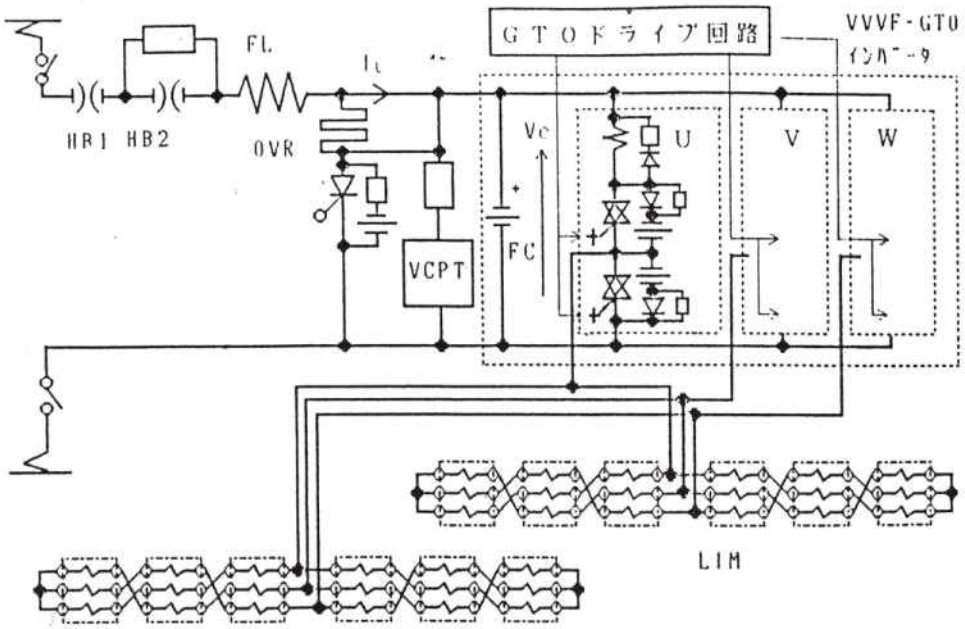


[그림 697]HSST 05 차량의 전류제어, PWM 제어 개념도

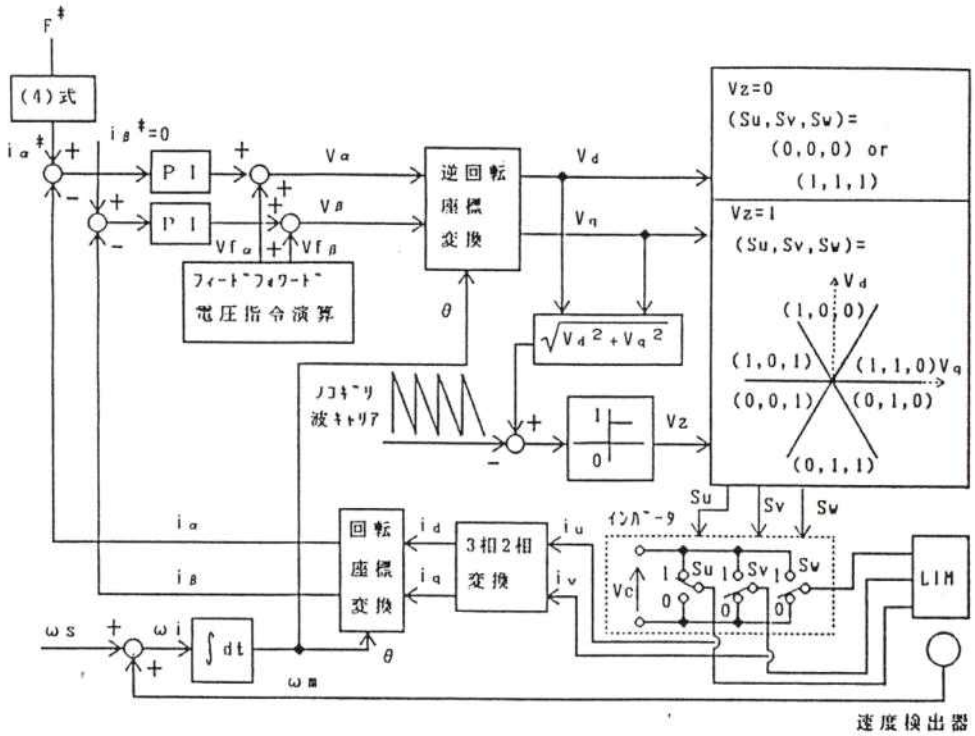


[그림 698]HSST-05 주행시험결과

5) 일본 CHUBU HSST-100S의 추진제어 알고리즘



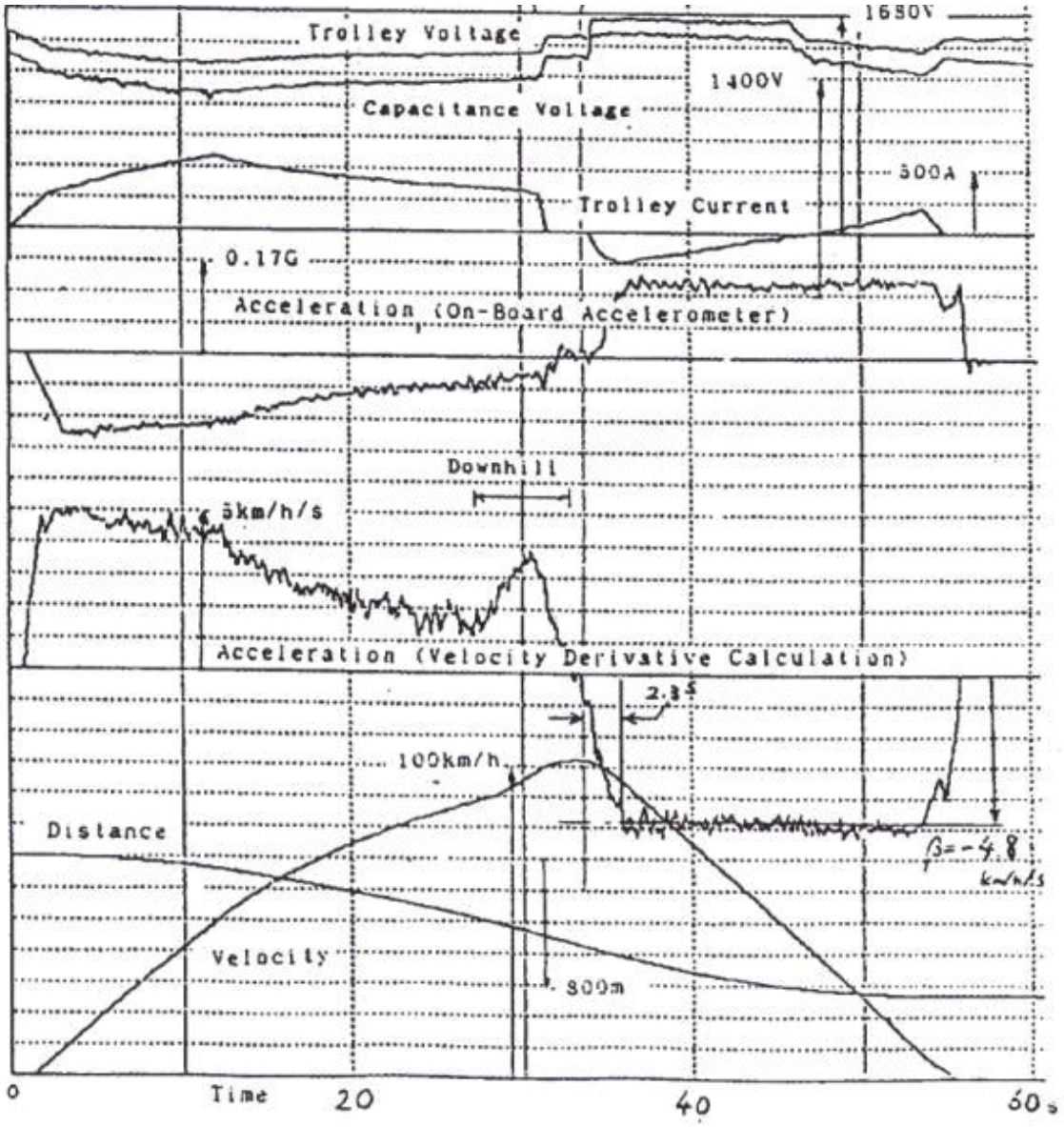
[그림 699]일본 CHUBU HSST-100S 인버터 및 LIM 결선



[그림 700]일본 CHUBU HSST-100S 추력제어 블록선도

$$i_\alpha^* = \sqrt{\frac{\tau}{\pi}\frac{R_2^2+(2\pi f_s)^2 L_2^2}{2\pi f_s R_2 M^2}}\,F^*$$

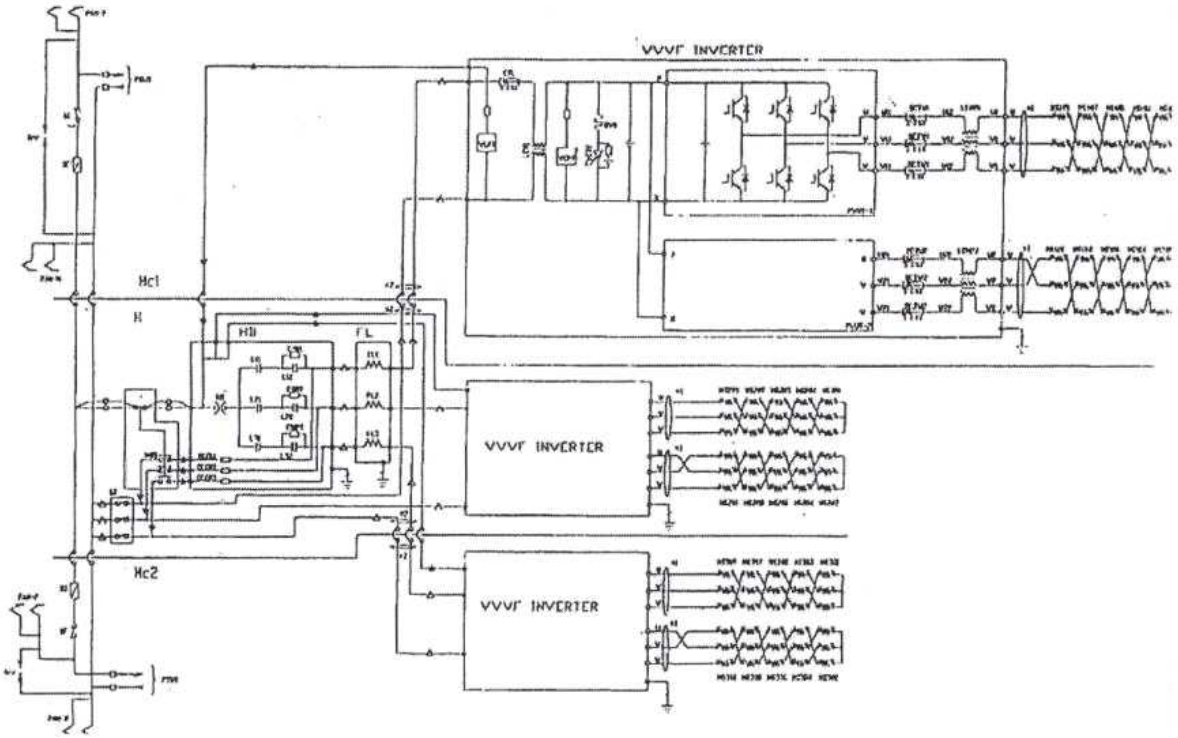
(fs : 슬립주파수(12Hz))



[그림 701]일본 CHUBU HSST-100S 주행 시험 결과(full load, 1992)

6) 일본 CHUBU HSST-100L의 추진제어 시스템

가) 주요 일반 사양



[그림 702]HSST 100L 주요 회로도(MC1-M-MC2 편성)

나) LIM의 주요 제원

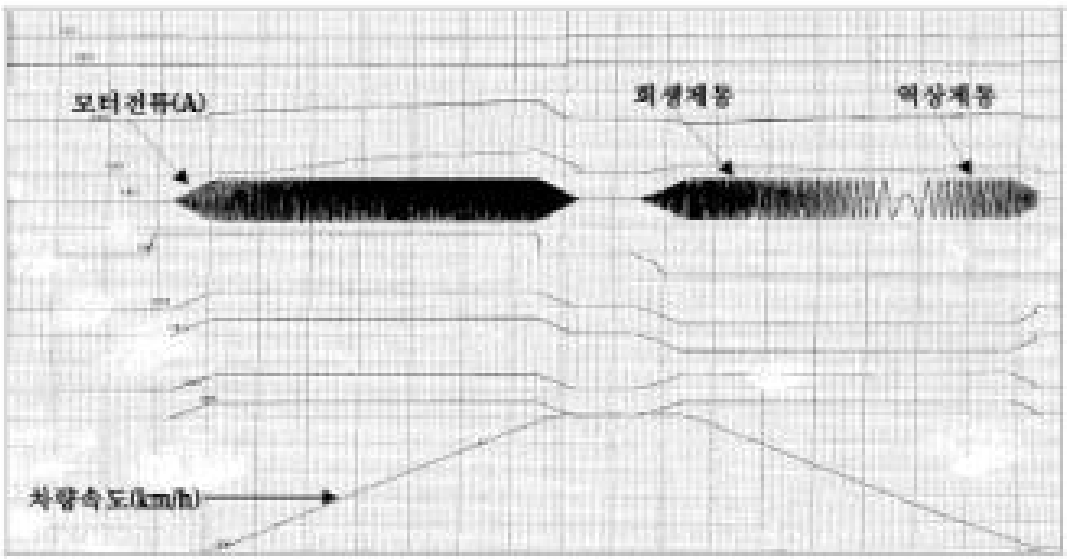
- ○ 제어대수 10대/량, 5S2P 접속
- ○ 최대정격출력 39.8 kW (AC226V, 344 A)
- ○ 극수 8
- ○ 극간격 0.2025 m
- ○ 냉각방식 자연냉각
- ○ 코일절연 H종

(나) 시제차량 주행/제동시험결과분석

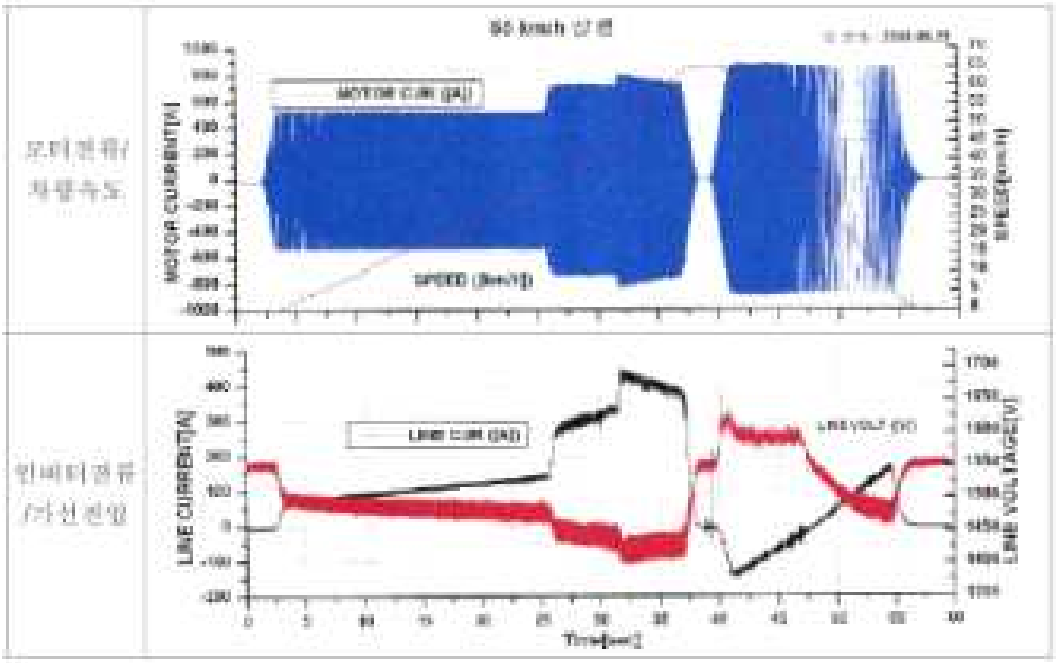
1) 국내 시제 차량 시험 예

- ○ 그림 2.2.4.11은 가속시 슬립주파수를 12.5Hz, 감속시 슬립주파수를 13.5 Hz로 하여 제어한 실험결과임(대전 한국기계연구원 시제차량).
- ○ 회생제동 종단구간은 약 20km/h이며, 20km/h ~ 5km/h 까지 역상제동

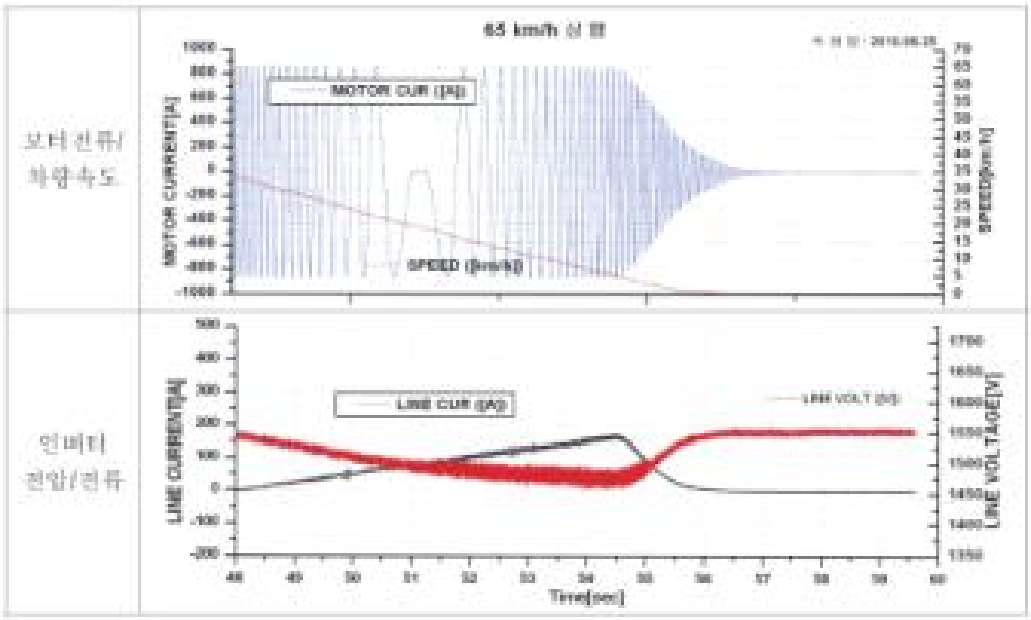
을 실시하며 5km/h 이하의 경우 역상제동의 감쇄시킴.



(a) 가속-감속 전구간 시험결과



(b) 가속시의 시험 예



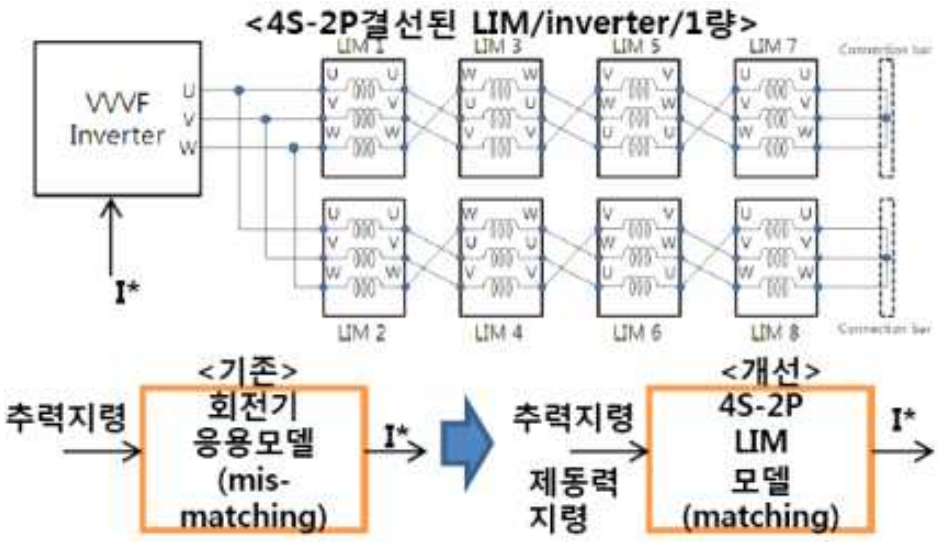
(c) 제동시의 시험 예

[그림 703]시제차량 제어시의 성능 시험 결과

(다) 추진제어 알고리즘 개선

1) 기존 제어 알고리즘의 개선

○ LIM의 특성을 고려하는 전류 제어법 제시



[그림 704]기존 제어 알고리즘의 문제점

○ Reaction plate 온도 변화에 따른 특성(FEM 해석)

- 기동시 해석 조건 : 주파수 12.5Hz , 전류 297 A, 1차측 권선온도 : 75 도

[표 228]2차측 도체판의 온도변화에 따른 특성

온도[°C]	전류 [A]	전압 [V]	추력[N]	흡인력[N]	입력전력[kW]
40	297.4	91.3	3,953	3,235	35.226
30	297.4	89.9	3,895	3,013	34.875
20 *	297.3	88.45	3,831	2,790	34.49
10	297.4	87	3,765	2,568	34.109
0	297.4	85.5	3,694	2,346	33.69
-10	297.3	83.9	3,611	2,120	33.197
-20	297.4	82.35	3,532	1,900	32.742

2) 개선된 추진 제어 알고리즘

○ 추력/제동력 지령을 LIM 등가회로 정수를 이용하여 전류지령값 I^* 계산

○ 외기 온도 센서를 이용하여 2차측 도체판의 온도변화를 고려한 2차 저항 보정

○ DC link 전압 변동을 고려한 전류지령

○ 인버터 상전류의 순시값을 계측하여 LIM 상전류 실효값을 연산함.

○ 가속 및 제동시 전구간에 걸쳐 슬립주파수를 일정하게 제어하므로써 운전효율을 향상시킴.

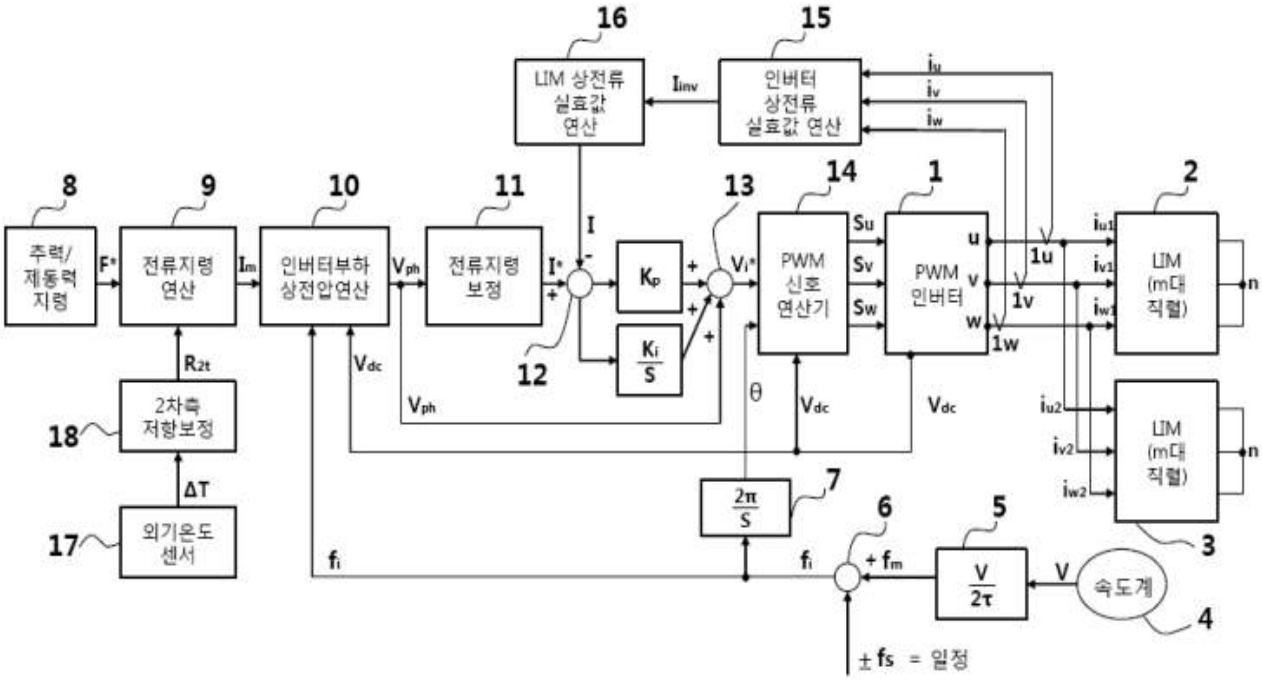
$$F = \frac{3\pi}{\tau}\frac{2\pi f_s L_m^2 R_2}{R_2^2 + [2\pi f_s (L_2 + L_m)]^2} I^2 \quad [\mathrm{N}]$$

$$I^* = \sqrt{\frac{\tau}{3\pi}\frac{R_2^2 + [2\pi f_s (L_2 + L_m)]^2}{2\pi f_s L_m^2 R_2} F^*} \quad [\mathrm{A}]$$

F^* = 만차시 요구추력(또는 제동력) × $Notch$ 값 × 차량하중값 $[N]$

Notch 값 : 0 ~ 100% (0 ~ 1.0)

차량하중값 : 0 ~ 100% (0 ~ 1.0)



[그림 705]개선된 추진 제어 알고리즘

○ 추진제어 알고리즘 설명

- 9항 : LIM 1대의 전류지령 연산

$$I_m = \sqrt{\frac{\tau}{3\pi}\frac{R_2^2+[2\pi f_s(L_2+L_m)]^2}{2\pi f_s L_m^2 R_2}F^*}$$

F^*: LIM 1대의 추력 또는 제동력 지령

- 10항 : 인버터 부하 상전압 연산

인버터 부하상전압의 크기(amplitude)(피크값)

$V_{ph} = 4\sqrt{2}\, Z_{ph} I_m$ ($V_{ph} \geq \frac{2}{\pi} V_{DC}$ 이면 $V_{ph} = \frac{2}{\pi} V_{DC}$ 로 고정)

LIM 1대의 1상당 임피던스 (f_s = 11.5 Hz 일 때)

1) $Z_{ph} = \sqrt{2.271\times10^{-3} + 5.6\times10^{-4} f_i + 1.309\times10^{-4} f_i^2}$ (역행 및 역상제동시)

2) $Z_{ph} = \sqrt{2.271\times10^{-3} - 5.6\times10^{-4} f_i + 1.309\times10^{-4} f_i^2}$ (회생제동시)

제동시의 주파수 : $f_i = |f_m - f_s|$

- 11항 : 전류지령 보정

1) $I^* = I_m \qquad (V_{ph} < \frac{2}{\pi} V_{DC})$

2) $I^* = \frac{V_{ph}}{4\sqrt{2}\, Z_{ph}} \; (V_{ph} \geq \frac{2}{\pi} V_{DC})$ ($V_{ph} \geq \frac{2}{\pi} V_{DC}$ 이면 $V_{ph} = \frac{2}{\pi} V_{DC}$ 로 고정)

$\frac{2}{\pi} V_{DC}$: 구형파 제어시 인버터 상전압의 기본파 피크값($\frac{2}{\sqrt{3}}(\frac{\sqrt{6}}{\pi} V_{DC}) = \frac{2}{\pi} V_{DC}$)

- <15항> : 인버터 상전류 실효값 연산

$$I_{inv} = \sqrt{\frac{2}{3}(i_u^2 + i_u i_v + i_v^2)}$$

- <16항> : LIM 상전류 실효값 연산

$$I = \frac{1}{2} I_{inv}$$

- <17항> : 외기온도센서로부터 온도변화량 계측

$$\triangle T = T_2 - 20 \qquad (T_2 : \text{외기온도})$$

- <18항> : 온도변화에 따른 LIM의 2차측 저항값 보정

$$R_{2t} = R_2(1 + \alpha \triangle T)$$

α : LIM 2차측 리액션 플레이트의 온도계수 (3.7×10^{-3})

3) 전류 지령 방법

○ 등가회로 정수를 이용하여 추력 및 제동력에 대응하는 전류지령값을 산출

$$I^* = \sqrt{\frac{\tau}{3\pi}\frac{R_2^2+[2\pi f_s(L_2+L_m)]^2}{2\pi f_s L_m^2 R_2}F^*}$$

[표 229]등가회로 정수를 이용한 전류지령값 계산 예
(실험조건 : 1차측 권선 온도 : 40 도, 2차측 reaction plate 온도 : 5 도)

실험치			계산치
슬립주파수[Hz]	추력[N]	전류[A]	전류지령 [A]
12.5	3449.6	276.1	287.7
	4792.2	329.6	339.1

4) 개선된 알고리즘에 의한 슬립주파수 제어시 특성

○ 1차측 권선온도 : 75도, 2차측 레일 온도 20도로 가정

○ 동력운전시 가선전압 : 1,500V, 회생제동시 가선전압 : 1,650V 로 가정

○ 슬립주파수 : 11.5 Hz

○ 특성해석방법 : FEM

○ 전류지령 및 전압패턴 : 등가회로 이용

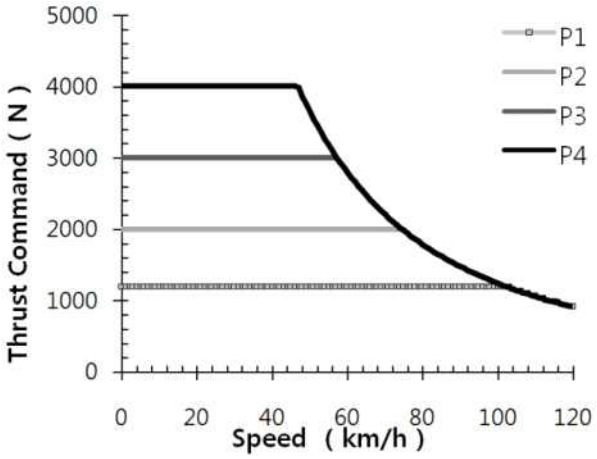
○ 동력단 노치별 추력 명령

- P1(30%), P2(50%), P3(75%), P4(100%)

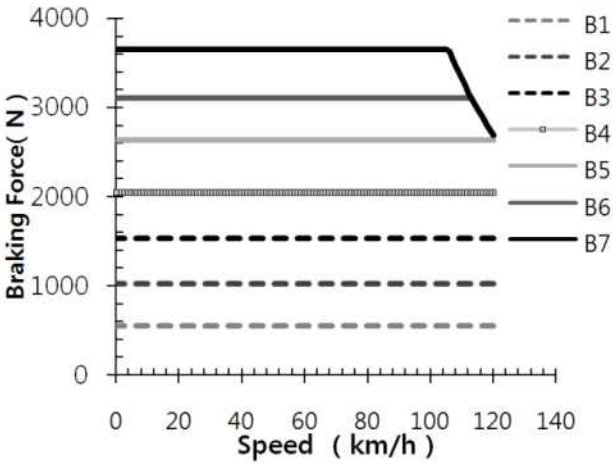
○ 제동단 노치별 제동력 명령

- B1(15%), B2(28%), B3(42%), B4(56%), B5(72%), B6(85%), B7(100%)

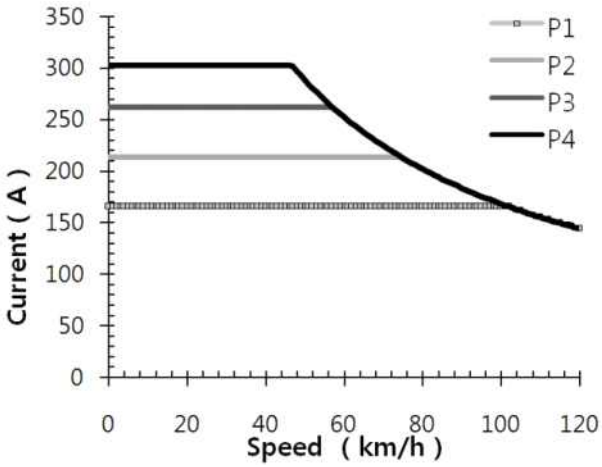
가) 추력, 제동력, 전류지령 및 전압패턴



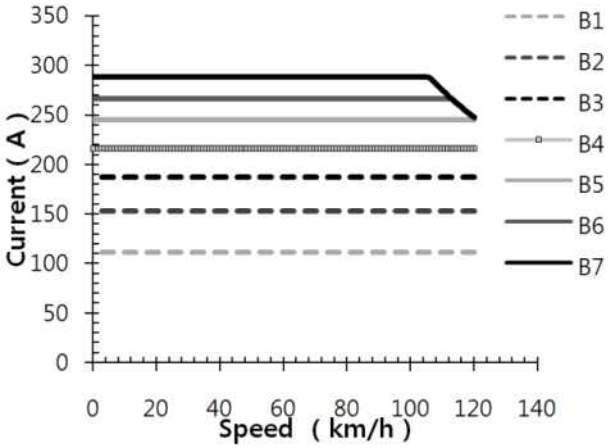
[그림 706]역행단 추력 지령 패턴



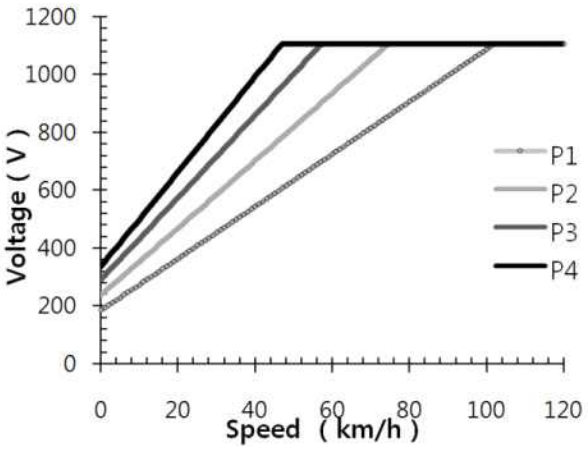
[그림 707]제동단 제동력 지령 패턴



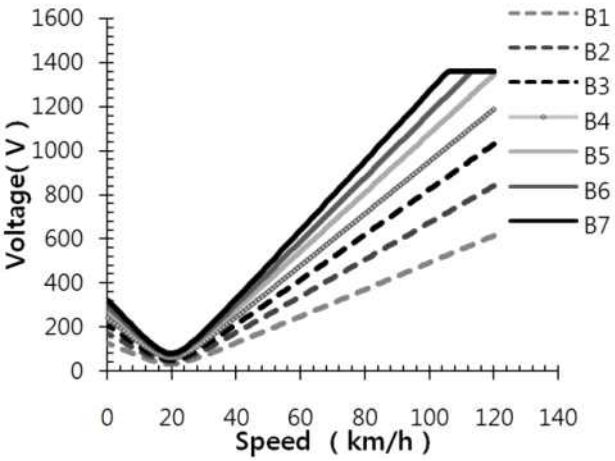
[그림 708]역행단 전류 지령 패턴



[그림 709]제동단 전류 지령 패턴

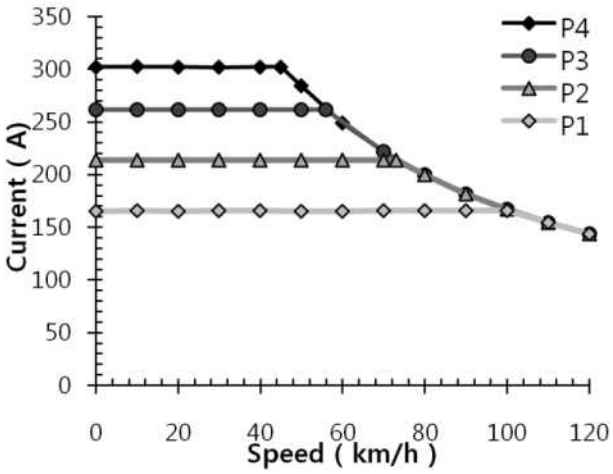


[그림 710]역행단 인버터 전압 패턴

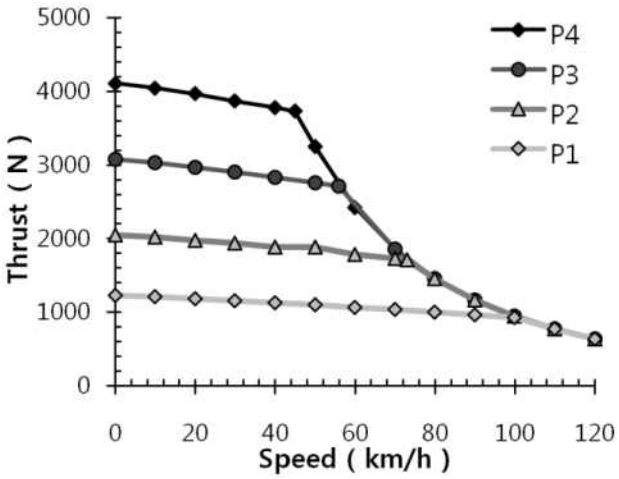


[그림 711]제동단 인버터 전압 패턴

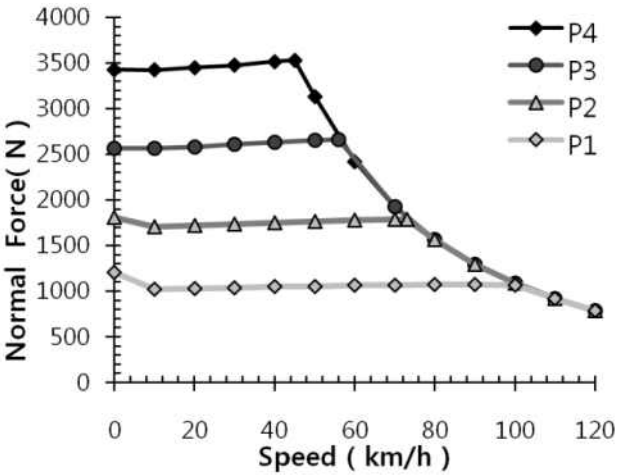
나) 가속시 특성



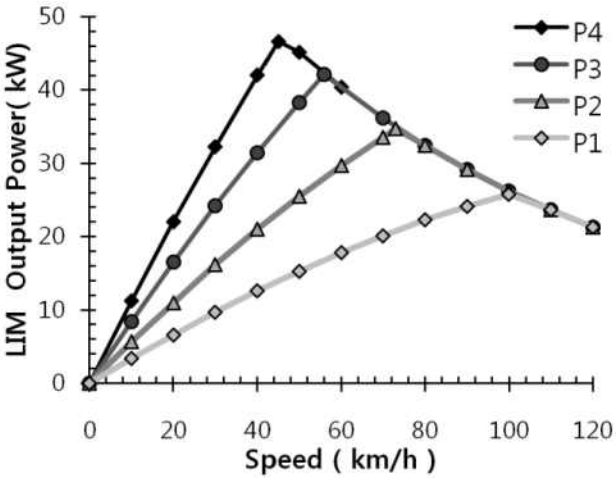
[그림 712]전류 특성(FEM해석)



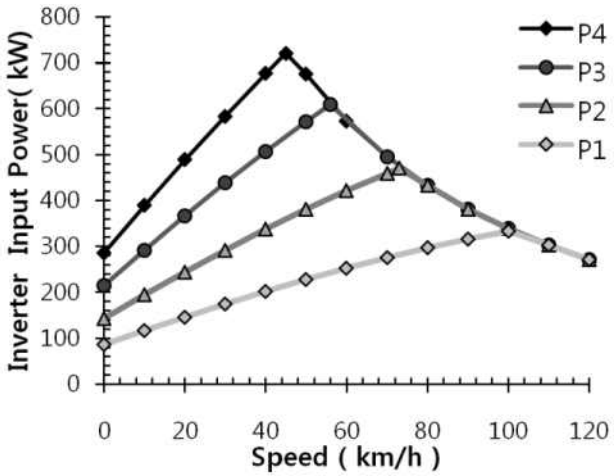
[그림 713]추력 특성(FEM해석)



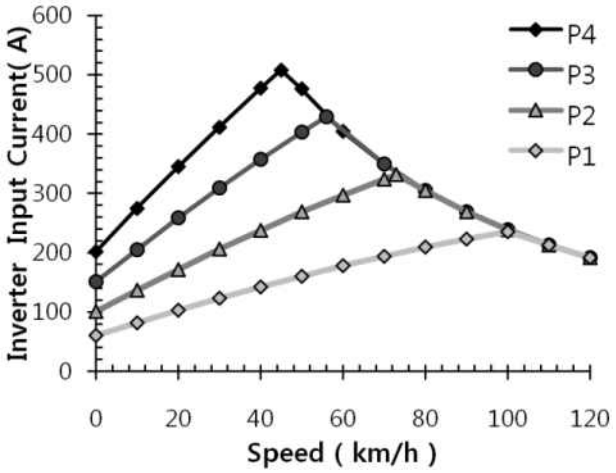
[그림 714]수직력 특성(FEM해석)



[그림 715]LIM 출력 특성(FEM해석)



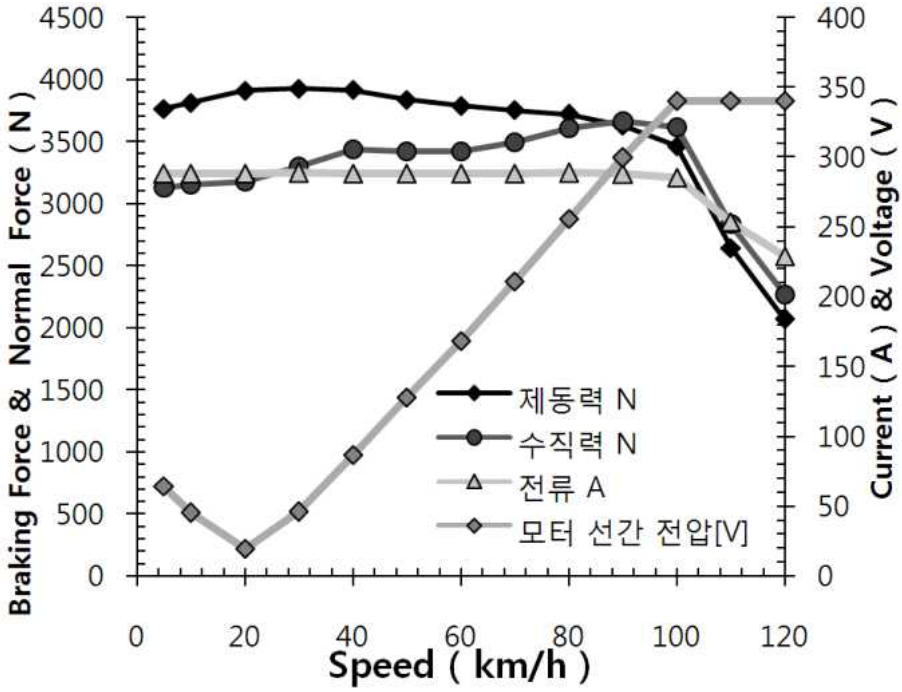
[그림 716]Inverter 입력전력(FEM해석)



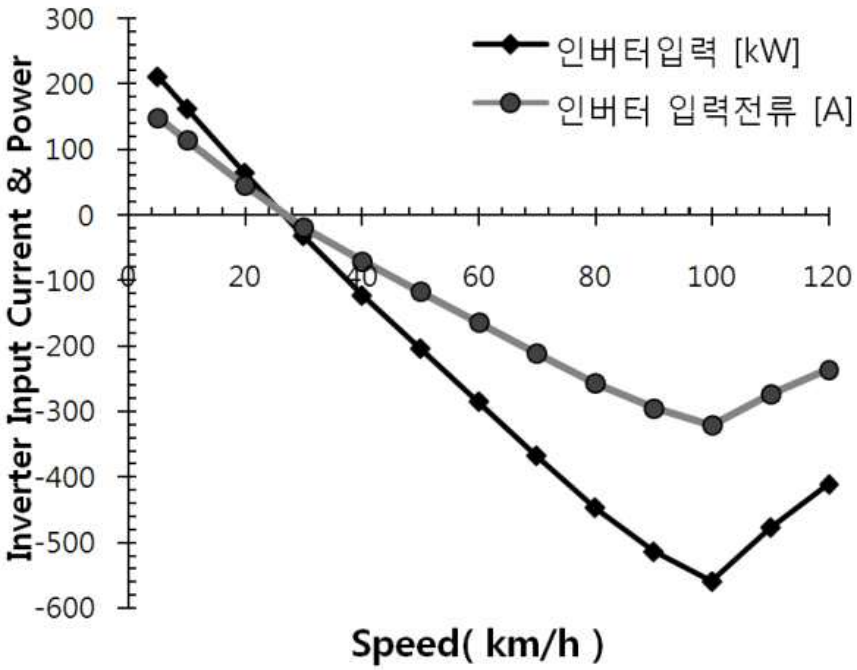
[그림 717]인버터 입력전류 특성(FEM해석)

다) 감속시 특성

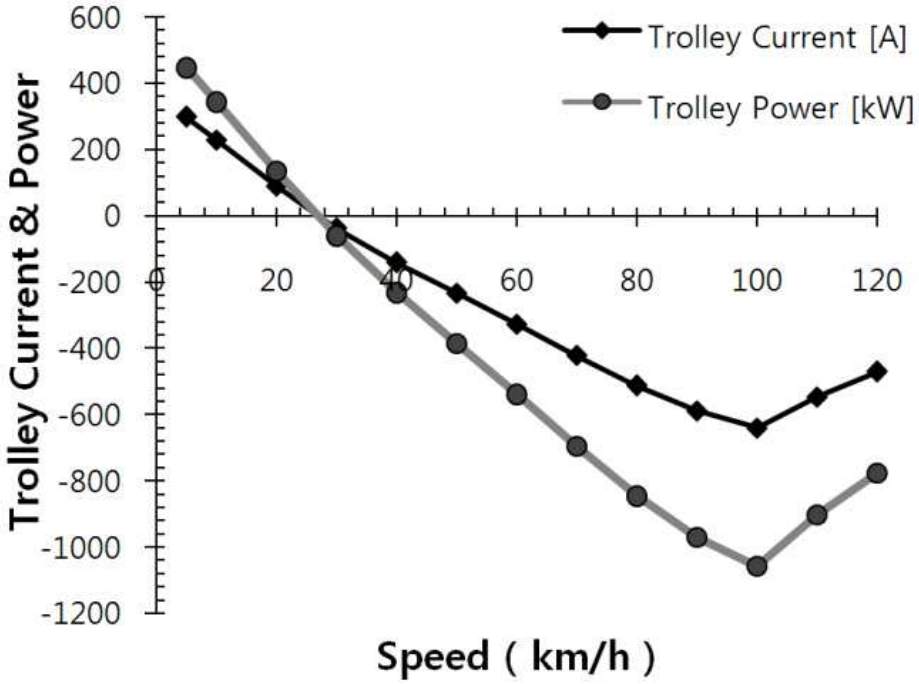
○ 그림 2.2.4.26은 제동단 B7(100%)으로 운전시의 제동력, 수직력, 전류, 전압 특성이다. 차량속도 17km/h 이하에서는 역상제동(plugging)으로 전환된다. 그림 2.2.4.27~그림 2.2.4.28에는 제동시 인버터 입력 전력 및 전류, 전차선 전류 및 전차선 전력 특성을 나타내었다.



[그림 718]제동시 제동력, 수직력, 전류 특성(FEM해석, B7(100%))



[그림 719]제동시 인버터 입력전력(FEM해석)



[그림 720]제동시 전차선 전류 및 전력(FEM해석)

5) 도시형 자기부상열차 주행시 LIM의 소비 전력량 계산

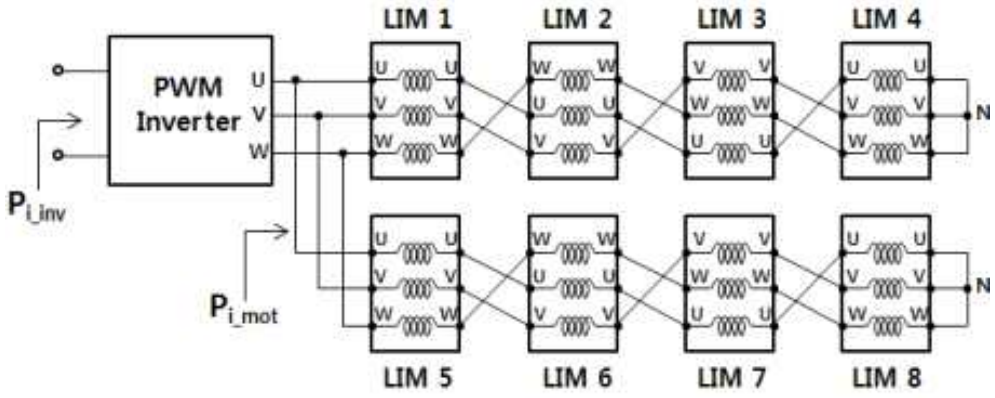
○ 도시형 자기부상열차의 가속 및 감속시 LIM이 소비하는 전력량을 계산하고 추진시스템의 에너지 절감을 위한 슬립주파수 패턴을 제시한다.

○ 추진시스템의 소비 전력량 계산을 위하여 필요한 열차의 속도, 가속도, 이동거리 등의 동특성 정보는 운동방정식을 풀어서 얻었다. LIM의 전류, 추력, 제동력, 소비전력, 효율, 역률 등의 전기적 특성은 T형 등가회로를 해석하므로써 구하였다. 기존의 슬립주파수 제어시와 새로운 슬립주파수 패턴에서의 추진시스템의 소비전력을 계산하여 시험결과와 비교하였다.

가) 자기부상열차의 동특성 해석

① 차량당 LIM의 배치 및 결선

○ 도시형 자기부상열차는 차량당 VVVF 인버터 1대에 4S2P(4직렬, 2병렬) 결선된 총 8대의 LIM이 그림 2.2.4.29와 같이 결선되어 있다. 본 논문에서는 LIM 1대에 관하여 특성 해석을 하였으며, 차량당 발생 추력, 인버터 입력전력(P_{i-inv})의 계산시 8대를 곱하여 계산하였다.



[그림 721]도시형 자기부상열차용 LIM의 결선

② 운동방정식에 의한 동특성 해석

○ 차량의 주행저항은 식(2.2.4.1)과 같이 주어지며, V_t는 차량속도[km/h], W는 차량 중량으로서 만차시 기준으로하여 26.5 ton 이다(공차시 20ton). 또한, 운동방정식으로부터 차량의 속도, 가속도 및 이동거리를 각각 식 (2.2.4.2)~(2.2.4.4)와 같이 구하였다. 식(2.2.4.2)에서 F 는 LIM 1대의 추력 및 제동력을 나타낸다.

$$F_r = (12.6 + 0.035\,V_t + 0.00074\,V_t^2)\,9.8\,W \quad [N] \tag{2.2.4.1}$$

$$v_t = (8F - F_r)\frac{\triangle t}{1000\,W} + v_{t-1} \quad [m/s\,] \tag{2.2.4.2}$$

$$a = \frac{v_t - v_{t-1}}{\triangle t} \quad [m/s^2] \tag{2.2.4.3}$$

$$D_t = (v_t \triangle t + \frac{1}{2} a \triangle t^2) + D_{t-1}\ [m] \tag{2.2.4.4}$$

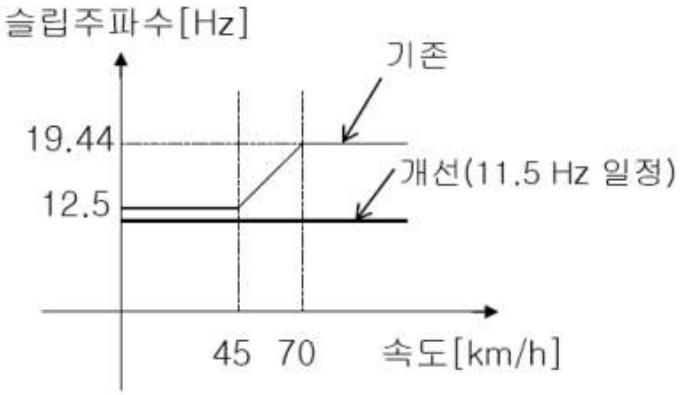
나) 전기적 특성 해석

① 운전시 슬립주파수 패턴

○ 운전시 인버터 출력 지령주파수 f_1[Hz]은 표 2.2.4.3 과 같이 결정된다. 그림 2.2.4.30은 기존에 사용한 슬립 주파수 제어 패턴과 운전 효율 향상을 위하여 새롭게 제시한 슬립주파수 제어 패턴을 나타낸다. $f_m = v_t/2\tau\ [Hz]$ 로서 차량의 기계적 주파수를 나타낸다.

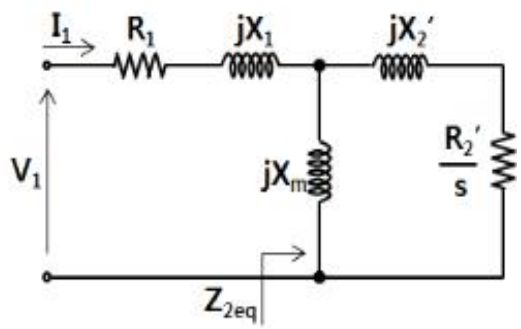
[표 230]인버터 주파수 지령

역행운전	$f_1 = f_m + f_s$
제동시(회생, 역상)	$f_1 = \mid f_m - f_s \mid$

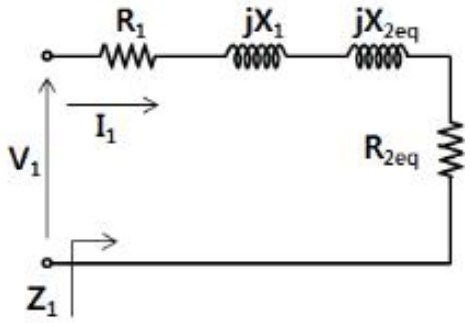


[그림 722]슬립 주파수 제어 패턴

② LIM의 등가회로 해석



(a) T형 등가회로



(b) 직렬 등가회로

[그림 723]LIM의 등가회로

○ 그림 2.2.4.31 등가회로에서 2차측 등가 직렬 저항 R_{2eq} 및 2차측 등가 직렬 리액턴스 X_{2eq}는 각각 식(2.2.4.5)~식(2.2.4.6)과 같으며 이로부터 1차측 임피턴스 Z_1을 구하여 LIM 1차측 전류를 구하면 식(2.2.4.8)과 같다.

$$R_{2eq} = \frac{X_m^2(R_2'/s)}{(R_2'/s)^2+(X_m+X_2')^2} \tag{2.2.4.5}$$

$$X_{2eq} = \frac{X_m(R_2'/s)^2+X_m^2X_2'+X_mX_2'^2}{(R_2'/s)^2+(X_m+X_2')^2} \tag{2.2.4.6}$$

$$Z_1 = \sqrt{(R_1+R_{2eq})^2+(X_1+X_{2eq})^2} \quad [\Omega] \tag{2.2.4.7}$$

$$I_1 = \frac{V_1}{Z_1} \quad [A] \tag{2.2.4.8}$$

○ 추진 및 제동시 운전단(notch)지령에 따라 일정 전류 제어를 실시하므로, 전류지령 I^*를 만족시키는 LIM 1대의 상전압과 선간전압은 각각 식(2.2.4.9)와 식(2.2.4.10)으로부터 구하였다. 역행시 전차선 전압을 1500[V] 로 가정하여LIM 1대당 선간전압 V_{LL}의 계산값이 275V 이상이면 275V 고정하였으며, 제동시에는 계산값이 전차선 전압을 1600[V]로 가정하며 V_{LL}의 계산값이 330V이상이면, 330V로 고정하였다.

$$V_1 = \sqrt{R_1^2+2R_1Af_1+(A^2+B^2+4\pi^2L_1^2+4\pi BL_1)f_1^2}\times I^* \tag{2.2.4.9}$$

$$V_{LL} = V_1\times\sqrt{3} \quad [V] \tag{2.2.4.10}$$

○ 그림 2.2.4.31(a)를 2차측 회로를 기준으로 한 테브닌 등가회로 변환하여 식 (2.2.4.11)과 같이 2차측 전류를 계산하였다.

$$I_2 = \frac{V_{th}}{\sqrt{(R_{th}+R_2'/s)^2+(X_{th}+X_2)^2}} \quad [A] \tag{2.2.4.11}$$

○ 따라서, LIM 1대가 발생하는 추력 및 제동력의 크기를 식(2.2.4.12)와 같이 계산할 수 있다.

$$F = \frac{3I_2^{\,2} R_2'/s}{v_s} \ [N] \tag{2.2.4.12}$$

○ 여기서, s는 슬립, $v_s = 2\tau f_1$는 동기속도[m/s]이다.

○ 한편, LIM의 역률 및 효율은 식(2.2.4.13)과 식(2.2.4.14) 및 식(2.2.4.15)와 같이 계산할 수 있다.

$$\cos\phi = \frac{R_1 + R_{2eq}}{Z_1} \tag{2.2.4.13}$$

$$\eta_{mot} = \frac{P_{o\_mot}}{P_{i\_mot}} \quad \text{(역행시)} \tag{2.2.4.14}$$

$$\eta_{mot} = \frac{|3I_2^{\,2}\frac{(1-s)}{s}R_2| - 3I_2^2 R_2 - 3I_1^2 R_1}{|3I_2^{\,2}\frac{(1-s)}{s}R_2|} \quad \text{(회생제동시)} \tag{2.2.4.15}$$

③ LIM 소비전력량 및 인버터 입력전력량 계산

○ 차량당 총 8대의 LIM이 소비하는 유효전력[kW]은 식 (2.2.4.16)과 같이 주어지며, 차량의 기계적 출력은 식(2.2.4.17)과 같이 계산된다.

$$P_{i\_mot} = 3I_1^2(R_1 + R_{2eq}) \times \frac{8}{1000} \ [kW] \tag{2.2.4.16}$$

$$P_{o\_mot} = F v_t \times \frac{8}{1000} \ [kW] \tag{2.2.4.17}$$

○ 회생제동시 LIM 입력전력이 양의 값을 가질때와 역행 및 역상제동(plugging)시 인버터 1대에 입력되는 전력[kW]을 식 (2.2.4.18)과 같이 계산하였다. 회생제동시 LIM의 입력전력이 음의 값을 가질때에는 회생전력을 고려하여 인버터 입력 전력을 식 (2.2.4.19)와 같이 계산하였

다.

$$P_{i\_inv} = P_{i\_mot} / \eta_{inv} \quad [kW] \tag{2.2.4.18}$$

$$P_{i\_inv} = P_{i\_mot} \times \eta_{inv} \quad [kW] \tag{2.2.4.19}$$

$(P_{i_mot} < 0$의 경우)

○ 여기서, 인버터 효율 η_{inv}은 0.97로 가정하였다.

○ 따라서, 자기부상 열차주행 중 인버터 1대 입력되는 전력량은 식 (2.2.4.20) 및 식 (2.2.4.21)과 같이 계산된다.

$$W_{i\_kWs_t} = P_{i\_inv} \times \Delta t + W_{i\_kWs_{t-1}} \; [kWs] \tag{2.2.4.20}$$

$$W_{i\_kWh} = W_{i\_kWs_t} / 3600 \quad [kWh] \tag{2.2.4.21}$$

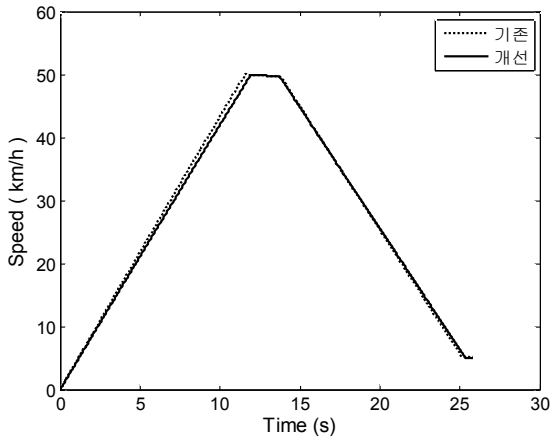
다) 해석 결과

① 50km/h 까지 가속후 정지 (P4-B7)

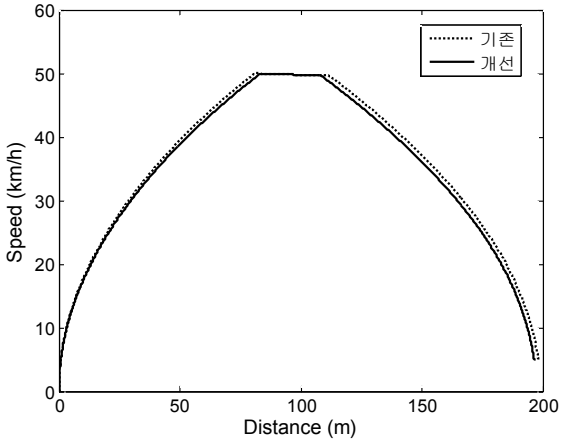
○ 자기부상열차가 대전의 한국기계연구원 시험선로에서의 시험가능한 최고운행속도인 50 km/h까지 P4 (100%)의 역행단으로 가속한후 B7(100%) 제동단으로 5km/h 까지 감속한 경우에 대하여 시뮬레이션을 하였다. 표 2.2.4.4에는 기존 알고리즘과 및 개선알고리즘의 적용시 추진시스템의 소비에너지(2량 기준)를 비교한 것이다. 개선된 알고리즘 적용하면 약 8% 에너지 절감효과가 있음을 시뮬레이션으로 확인할 수 있으며, 실험 결과 시뮬레이션값과 근사한 6.9%의 에너지 절감효과가 있음을 입증하였다.

[표 231]추진시스템의 소비 에너지 비교(최고속도 50km/h, P4-B7, 2량기준)

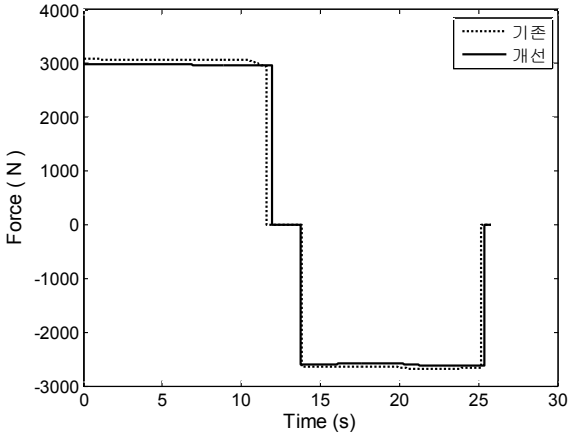
	기존 제어	개선 제어
가속구간	0~81.14m	0~83.36m
50km/h도달시간	11.58초	11.93초
무동력구간	81.14~108.45m	83.36~112m
무동력 시간	2.22초	2.2초
제동시작 시점	13.8초	13.73초
제동구간	108.45~198.04m	112~196.36m
최종 도달시간 (제동 5km/h까지)	25.14초	25.35초
가속구간 에너지	2.5036kWh (실험값 : 2.410kWh)	2.4173kWh (실험값 : 2.314 kWh)
총 소비에너지	2.6905kWh (실험값 : 2.672kWh)	2.4724kWh (실험값 : 2.489 kWh)
가속시 에너지 감소율	$\frac{2.5036-2.4173}{2.5036}\times 100 = 3.45\%$ (실험값 : 4%)	
총에너지 감소율	$\frac{2.6905-2.4724}{2.6905}\times 100 = 8.11\%$ (실험값 : 6.9%)	



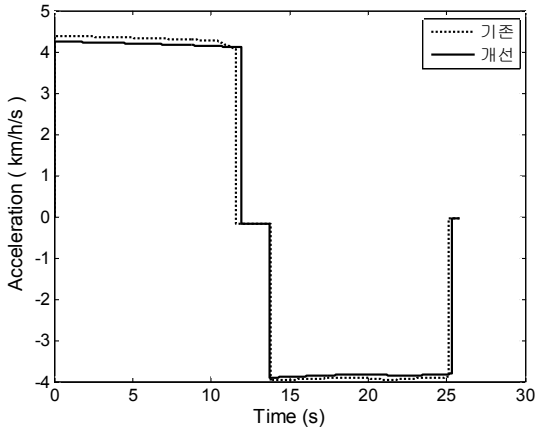
[그림 724]속도 패턴
(50km/h까지 가속후 감속, P4-B7)



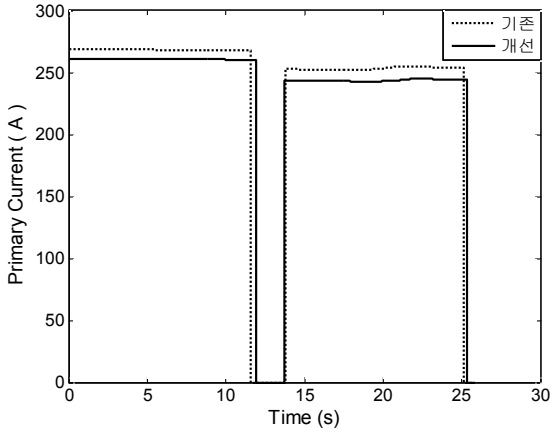
[그림 725]거리-속도 패턴
(50km/h까지 가속후 감속, P4-B7)



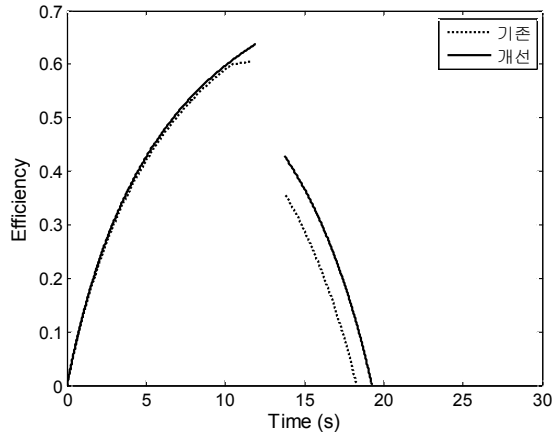
[그림 726]LIM 추력 및 제동력 패턴
(50km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



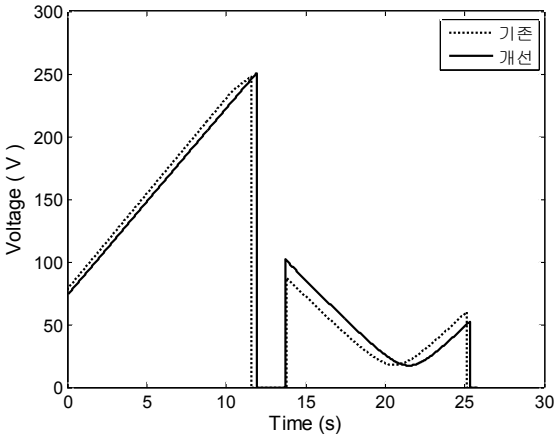
[그림 727]차량의 가속도 및 감속도 패턴
(50km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



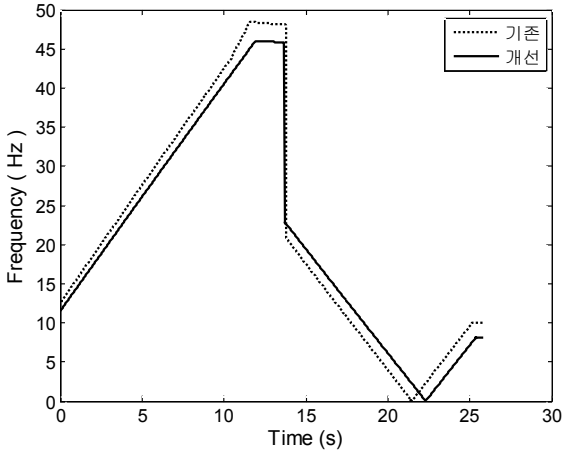
[그림 728]LIM 1차측 전류
(50km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



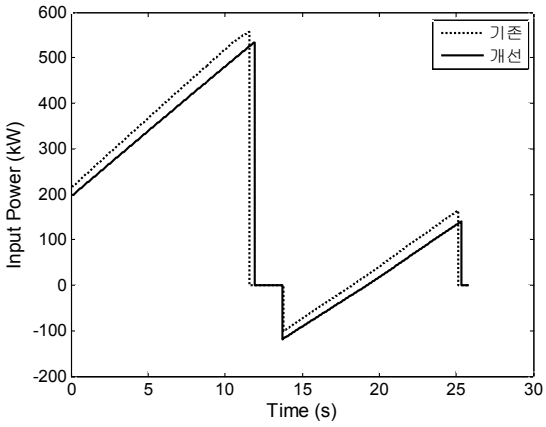
[그림 729]LIM 효율
(50km/h 까지가속후 감속 P4-B7,역상제동구간 제외)



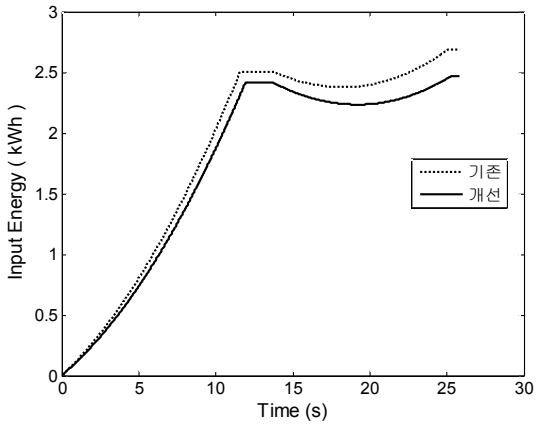
[그림 730]LIM 1대 전압 특성
(50km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



[그림 731]인버터 주파수 특성
(50km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



[그림 732]인버터 입력 전력 특성
(50km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



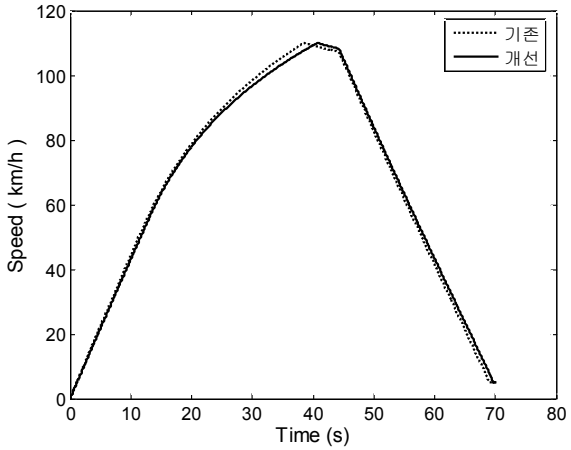
[그림 733]인버터 입력 에너지 누적 곡선
(50km/h 까지 가속후 감속,
P4-B7, 약 8% 절감 효과, 2량 기준)

② 110km/h 까지 가속후 정지 (P4-B7)

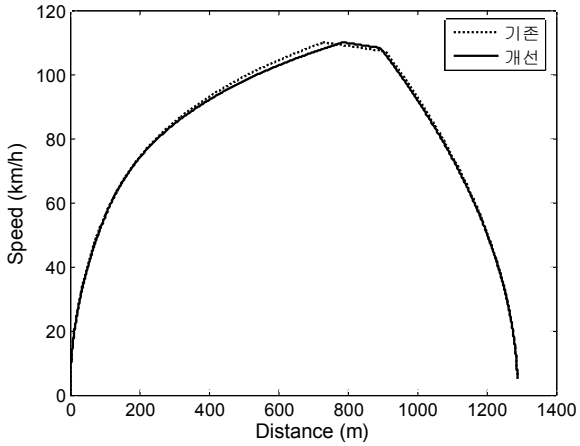
○ 자기부상열차가 최고운행속도 110 km/h까지 P4 (100%)의 역행단으로 가속한후 B7(100%) 제동단으로 5km/h 까지 감속한 경우에 대하여 시뮬레이션을 하였다. 표 2.2.4.5에는 기존 알고리즘과 및 개선알고리즘의 적용시 추진시스템의 소비에너지(2량 기준)를 비교한 것이다. 개선된 알고리즘 적용하면 약 15% 에너지 절감효과가 있음을 예측할 수 있다.

[표 232]추진시스템의 소비 에너지 비교(최고속도 110km/h, P4-B7, 2량 기준)

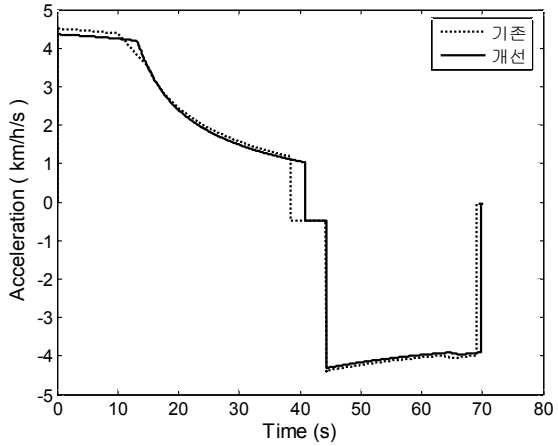
	기존 제어	개선 제어
가속구간	0~733m	0~787.7m
110km/h도달시간	38.49초	40.75초
무동력구간	733~908.5m	787.7~894.1m
무동력 시간	5.83초	3.51초
제동시작 시점	44.32초	44.26초
제동구간	908.5~1287m	894.1~1287m
최종 도달시간	69.02초 (역상제동 5km/h까지)	68.46초 (역상제동 10km/h까지)
가속구간 에너지	9.8335kWh	9.0373kWh
총 소비에너지	8.0209kWh	6.7942kWh
가속시 에너지 감소율	$\frac{9.8335-9.0373}{9.8335}\times 100 = 8.1\%$	
총에너지 감소율	$\frac{8.0209-6.7942}{8.0209}\times 100 = 15.3\%$	



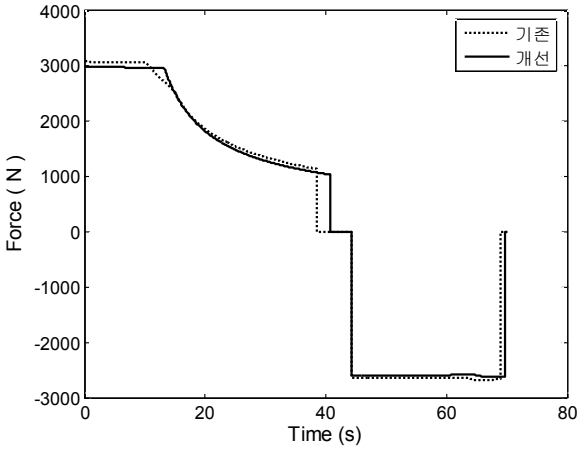
[그림 734]속도 패턴
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



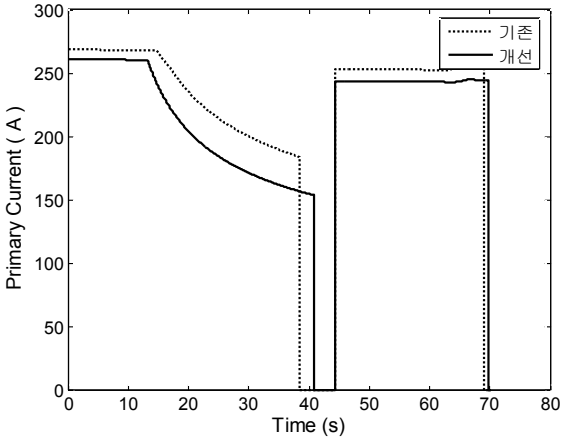
[그림 735]거리-속도 패턴
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



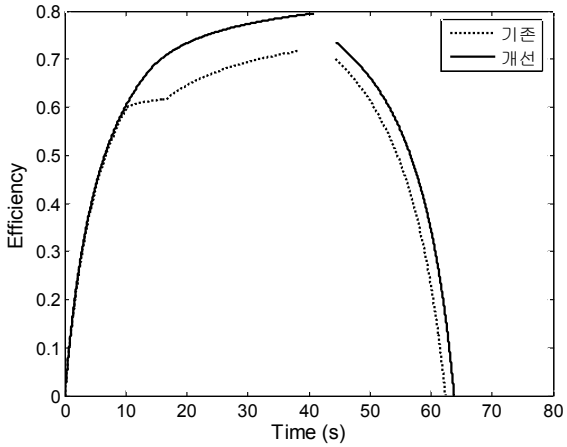
[그림 736]LIM 추력 및 제동력 패턴
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



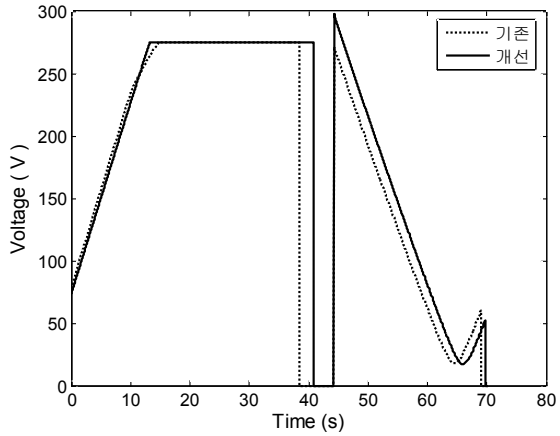
[그림 737]차량의 가속도 및 감속도 패턴
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



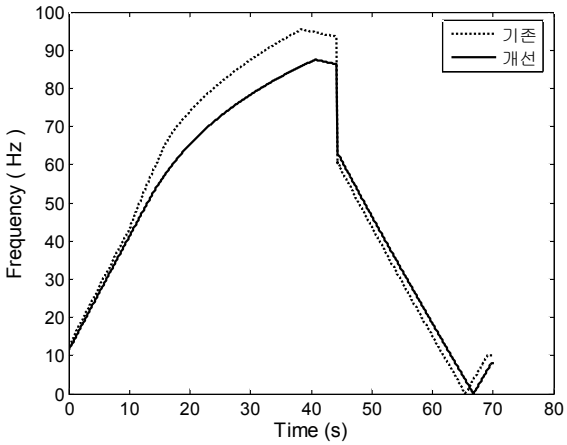
[그림 738]LIM 1차측 전류
(110km/h까지 가속후 감속, P4-B7)



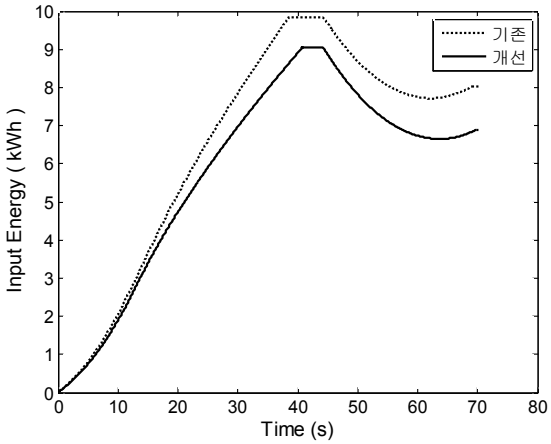
[그림 739]LIM 효율(P4-B7)
(110km/h까지 가속후 감속, 역상제동구간제외)



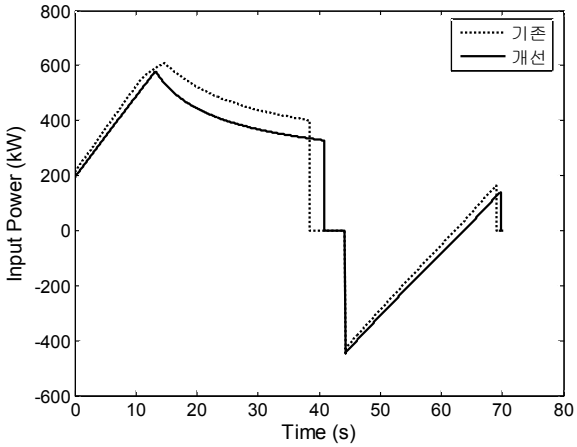
[그림 740]LIM 1대 전압 특성
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



[그림 741]인버터 주파수 특성
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



[그림 742]인버터 입력 전력 특성
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7)



[그림 743]인버터 입력 에너지 누적 곡선
(110km/h 까지 가속후 감속, P4-B7,
약 15% 절감 효과, 2량 기준)

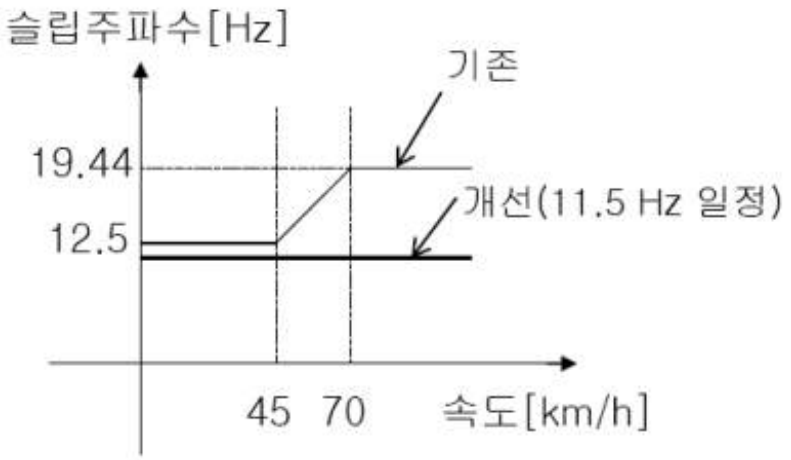
(라) 회생제동구간 확대 및 운전효율 향상 제어 방안 도출

1) 회생제동 구간의 확대

- ○ 기존의 제동제어시 슬립주파수를 13.5~13.9 Hz 로 설정하여 회생제동 구간의 종단속도를 약 20km/h로 하였음.
- ○ 개선된 알고리즘 적용시에는 회생 제동시 슬립주파수 11.5 Hz로 변경하여 회생제동 종단속도를 17km/h 로 감소시켜 회생제동구간을 3km/h 구간만큼 확대하고 역상제동구간을 3km/h 감소시키므로써 소비전력을 감소시킴.

2) LIM 운전효율 향상 제어 방안 도출

- ○ 기존에는 가속시 일정 슬립 주파수 제어 구간외에 슬립 일정 제어 구간이 존재하였으나 개선된 알고리즘에서는 전구간에 걸쳐 슬립주파수를 일정하게 유지하므로써, LIM의 운전 효율을 향상시킴.
- ○ 회생제동시에도 기존의 슬립주파수 13.5 Hz~13.9 Hz 를 11.5 Hz로 감소시켜 제동제어하므로써 LIM 운전 효율을 향상시킴.

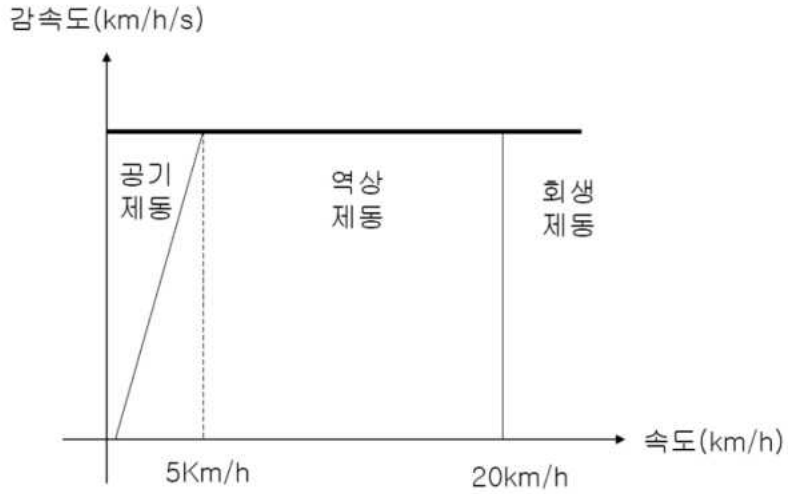


[그림 744]운전효율 향상을 위한 슬립주파수의 설정

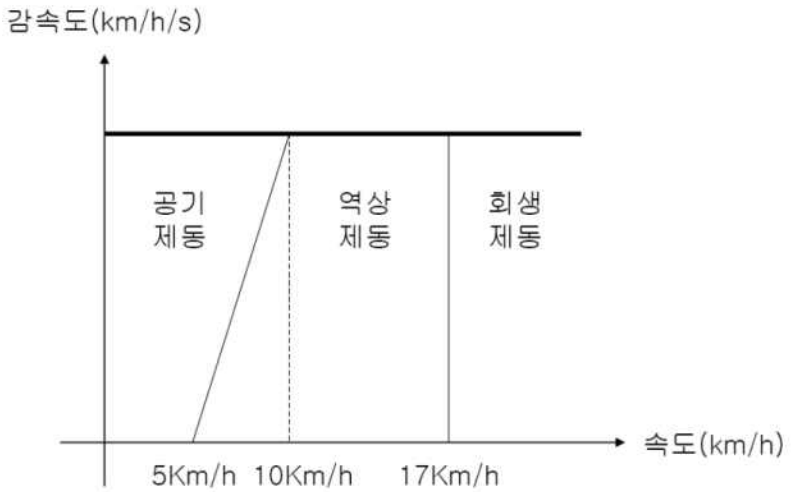
3) 역상제동 구간 축소를 통한 소비전력 절감 방안

- ○ 기존에는 역상 제동 구간을 20km/h ~ 5km/h 로 설정하여 감속도를 일정하게 제어하였으며, 5 km/h 이하에서는 역상제동을 감쇄시키고, 공기제동을 실시함.
- ○ 새로운 알고리즘에서는 제동구간에서의 LIM 소비전력을 감소시키기 위하여 역상 제동구간을 17km/h ~10km/h로 범위를 축소하고, 10km/h

이하에서는 역상제동을 감쇄시키는 전류제어를 실시하고 공기제동을 병용함.단, 공기제동시스템의 전기 및 기계적 특성을 고려하여야 함.



[그림 745]기존의 역상제동 구간



[그림 746]역상제동 구간 축소를 통한 LIM 소비전력 절감

(마) 시제차량 구현/시험/개선 성능확인

1) 개선 알고리즘 구현시 추진시스템의 소비전력량[kWh] 감소 효과(시험결과)

○ 개선알고리즘의 타당성을 확인하기 위하여 한국기계연구원에 있는 시제 차량에 알고리즘을 구현하여 성능시험을 실시함

○ 차량 성능 시험시 측정 항목

① 가선전압

② 인버터 입력전압
③ 인버터 입력전류
④ 인버터 지령전압
⑤ LIM 상전류
⑥ 운전단 지령(Notch)
⑦ 추력 및 제동력 지령
⑧ 추력 및 제동력 연산값
⑨ 전류지령
⑩ 실제전류
⑪ 차량속도
⑫ 차량 가속도
⑬ 인버터 입력 전력

○ 한국기계연구원의 선로 특성상 최고운행속도를 50km/h 이하로 제한하여 성능 시험 실시하였으며, 개선 알고리즘의 구현 결과, 기존 알고리즘 보다 추진시스템의 소비전력량[kWh]이 약 6.9% 절감되는 효과가 있음을 확인함(표 2.2.4.7 참조).

- 동력운전시 4% 소비전력량 절감
- 제동시 33.2% 소비전력량 절감(회생제동시 24.1% , 역상제동시 16% 각각 절감)
- 동력운전 및 제동시 전체 구간에 있어서는 6.9% 소비전력량 감소 (최고운행속도 50km/h의 경우)

○ 최고운행속도 110km/h 까지 시험할 경우 추진시스템의 소비에너지가 기존대비 약 15% 이상의 절감될 것으로 보임.

[표 233]기존 알고리즘 적용시 추진시스템의 소비전력량(kWh) 실측결과
: 50km/h 까지 운행한 경우(P4-B7)

시험 횟수	동력운전시 소비전력량 [kWh]	제동시 소비전력량 [kWh]		동력운전 및 제동시 소비전력량 합계 [kWh]
		회생제동시	역상제동시	
1	2.396	-0.124	0.359	2.631
2	2.363	-0.117	0.362	2.607
3	2.433	-0.124	0.368	2.677
4	2.387	-0.109	0.373	2.651
5	2.441	-0.116	0.373	2.698
6	2.479	-0.124	0.375	2.731
7	2.432	-0.111	0.380	2.701
8	2.314	-0.089	0.380	2.605
9	2.488	-0.114	0.385	2.759
10	2.369	-0.094	0.388	2.663
평균	2.410	-0.112	0.374	2.672

[표 234]개선된 알고리즘 적용시 추진시스템의 소비전력량(kWh) 실측결과
: 50km/h까지 운행한 경우(P4-B7)

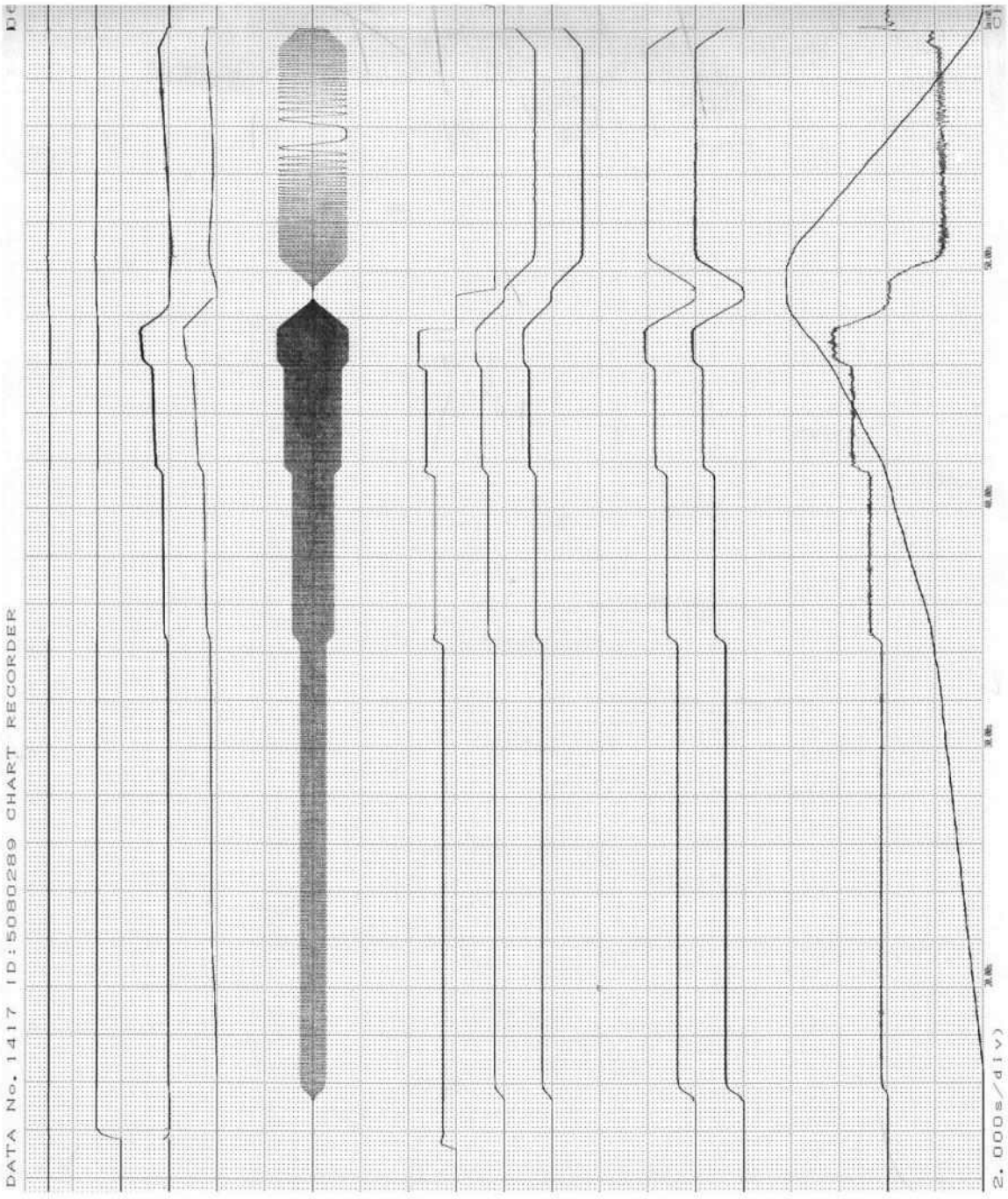
시험 횟수	동력운전시 소비전력량 [kWh]	제동시 소비전력량 [kWh]		동력운전 및 제동시 소비전력량 합계 [kWh]
		회생제동시	역상제동시	
1	2.333	-0.155	0.305	2.483
2	2.207	-0.110	0.301	2.398
3	2.367	-0.161	0.309	2.515
4	2.332	-0.143	0.311	2.499
5	2.179	-0.116	0.315	2.379
6	2.358	-0.149	0.313	2.523
7	2.304	-0.135	0.320	2.489
8	2.441	-0.158	0.319	2.603
9	2.229	-0.117	0.322	2.434
10	2.392	-0.148	0.320	2.564
평균	2.314	-0.139	0.314	2.489
기존 대비 에너지 절감효과(%)	**4% 절감**	**24.1% 절감**	**16% 절감**	**6.9% 절감 (110km/h의 경우 15% 절감 예상)**
		제동구간 전체 : 33.2% 절감		

2) 차량의 주요 성능시험 결과

- ○ 차량 성능 시험 조건 : 공차시(약 20ton)
- ○ 가감속도 : 4.0km/h/s 이상(0~45km/h 구간 평균)
- ○ 개선알고리즘의 경우 회생제동 종단 속도 : 17km/h 이하 (기존 20km/h)
- ○ 차량성능 시험시 측정한 데이터는 ① 가선전압, ② 인버터 입력전압, ③ 인버터 입력전류, ④ 인버터 지령전압, ⑤ LIM 상전류, ⑥ 운전단 지령(Notch), ⑦ 추력 및 제동력 지령, ⑧ 추력 및 제동력 연산값, ⑨ 전류지령, ⑩ 실제전류, ⑪ 차량속도, ⑫ 차량 가속도이며 로템의 계측시스템을 이용하여 실시간 계측하였으며, 인버터 입력단 소비전력량은 대전도시철도공사의 계측시스템을 이용하여 계측함.
- ○ 기존 알고리즘의 경우 노치별 추력 및 제동력 명령값에 대한 전류지령이 미스매칭되어 노치별 요구 추력 및 제동력 발생에 문제점이 있음.
- ○ 개선된 알고리즘의 경우 등가회로정수를 이용한 전류지령 방식을 이용하고 있으므로 노치별 요구 추력 및 제동력 값을 만족함.
  - 동력단 노치별 추력 명령 : P1(30%), P2(50%), P3(75%), P4(100%)
  - 제동단 노치별 제동력 명령 : B1(15%), B2(28%), B3(42%), B4(56%), B5(72%), B6(85%), B7(100%)
- ○ 아래에 차량의 주요 성능 시험 결과 그래프를 순차적으로 나타냄. 시험결과 그래프상에 나타난 번호별 데이터는 ① 가선전압, ② 인버터 입력전압, ③ 인버터 입력전류, ④ 인버터 지령전압, ⑤ LIM 상전류, ⑥ 운전단 지령(Notch), ⑦ 추력 및 제동력 지령, ⑧ 추력 및 제동력 연산값, ⑨ 전류지령, ⑩ 실제전류, ⑪ 차량속도, ⑫ 차량 가속도를 표현함.

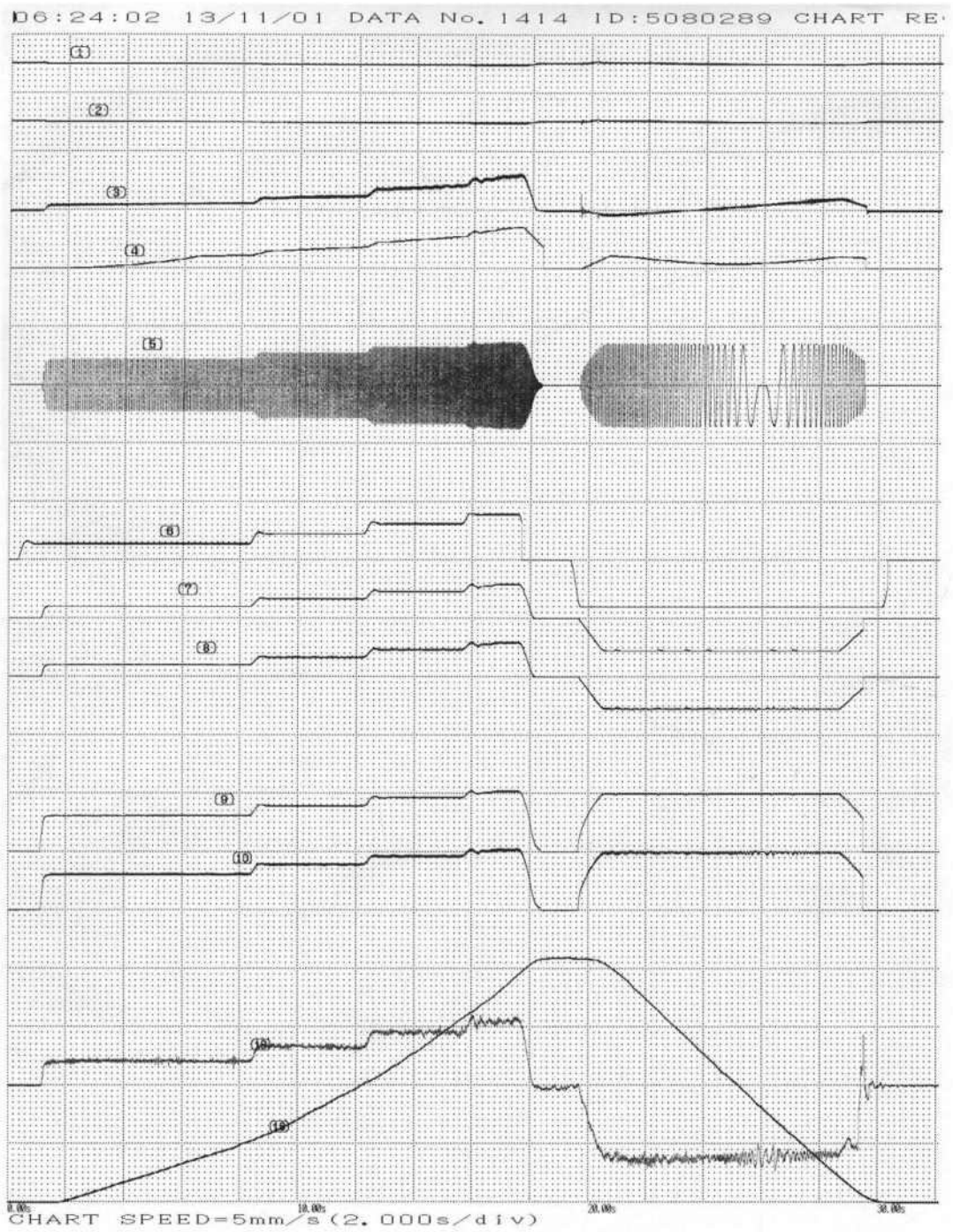
가) 동력운전시 P1-P2-P3-P4, 제동시 B7

① 기존 알고리즘



[그림 747]기존 알고리즘 적용시(P1-P2-P3-P4, B7)

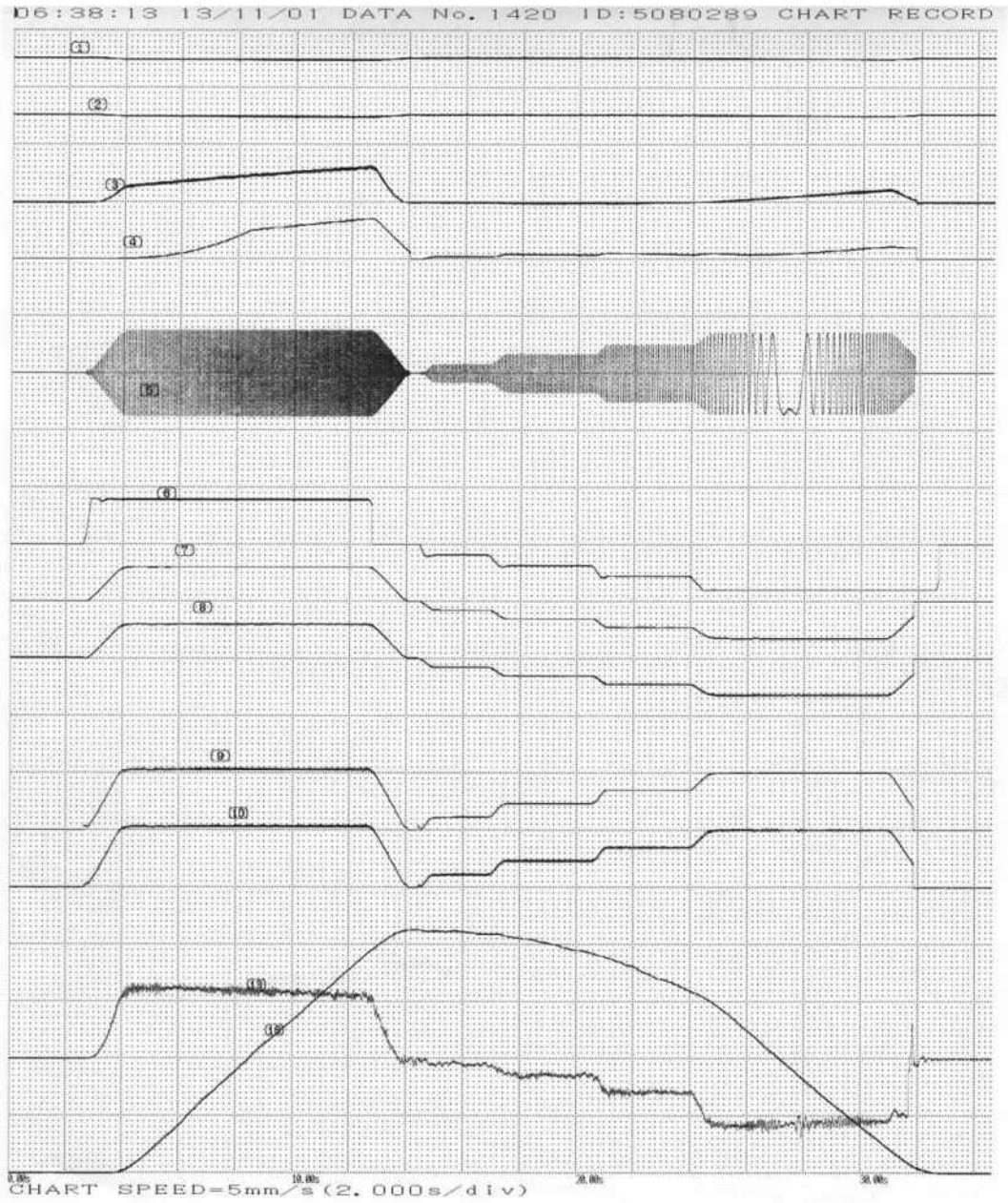
② 개선 알고리즘



[그림 748]개선 알고리즘 적용시(P1-P2-P3-P4, B7)

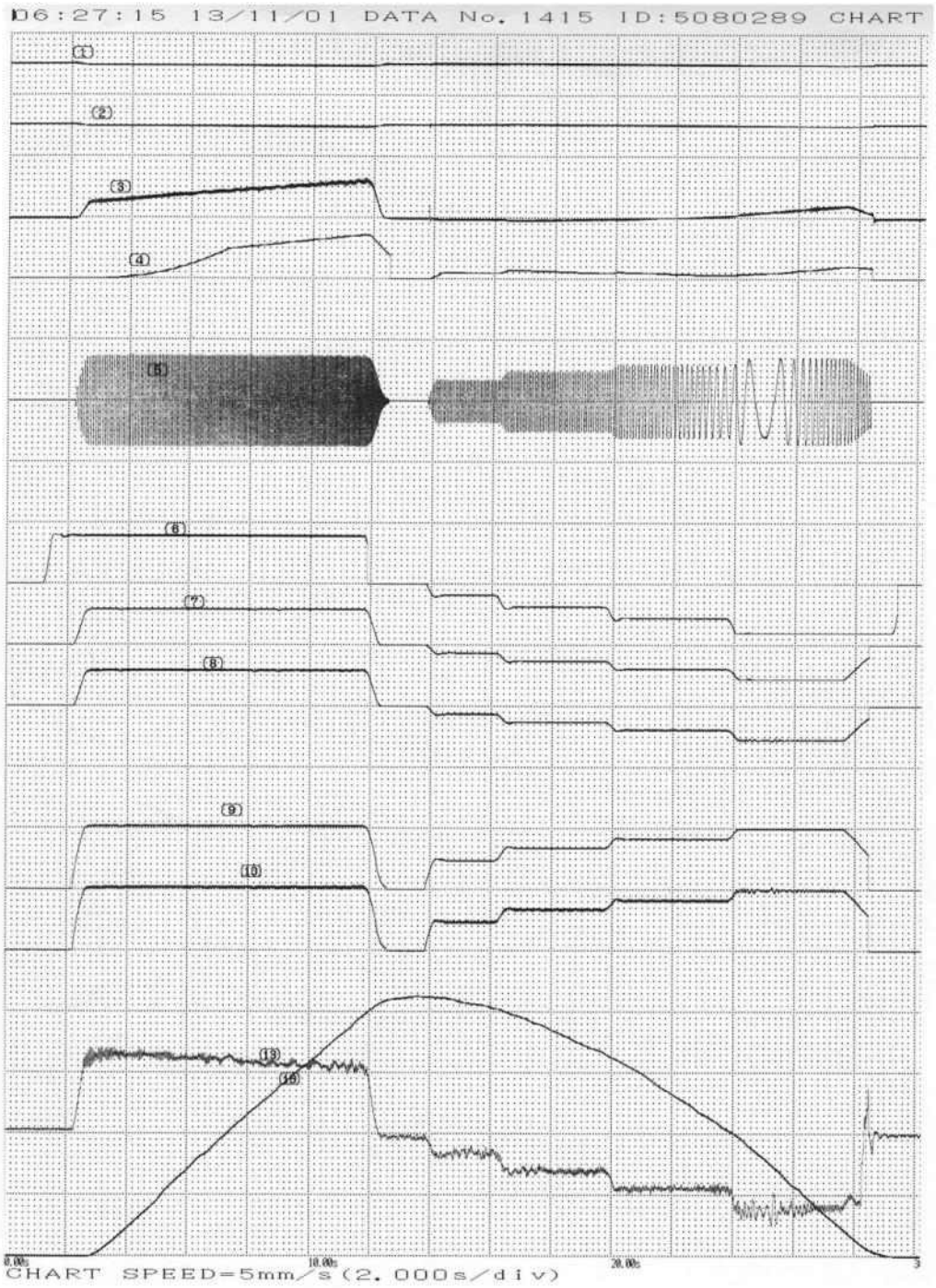
나) 동력운전시 P4, 제동시 B1-B3-B5-B7

① 기존 알고리즘



[그림 749]기존 알고리즘 적용시(P4, B1-B3-B5-B7)

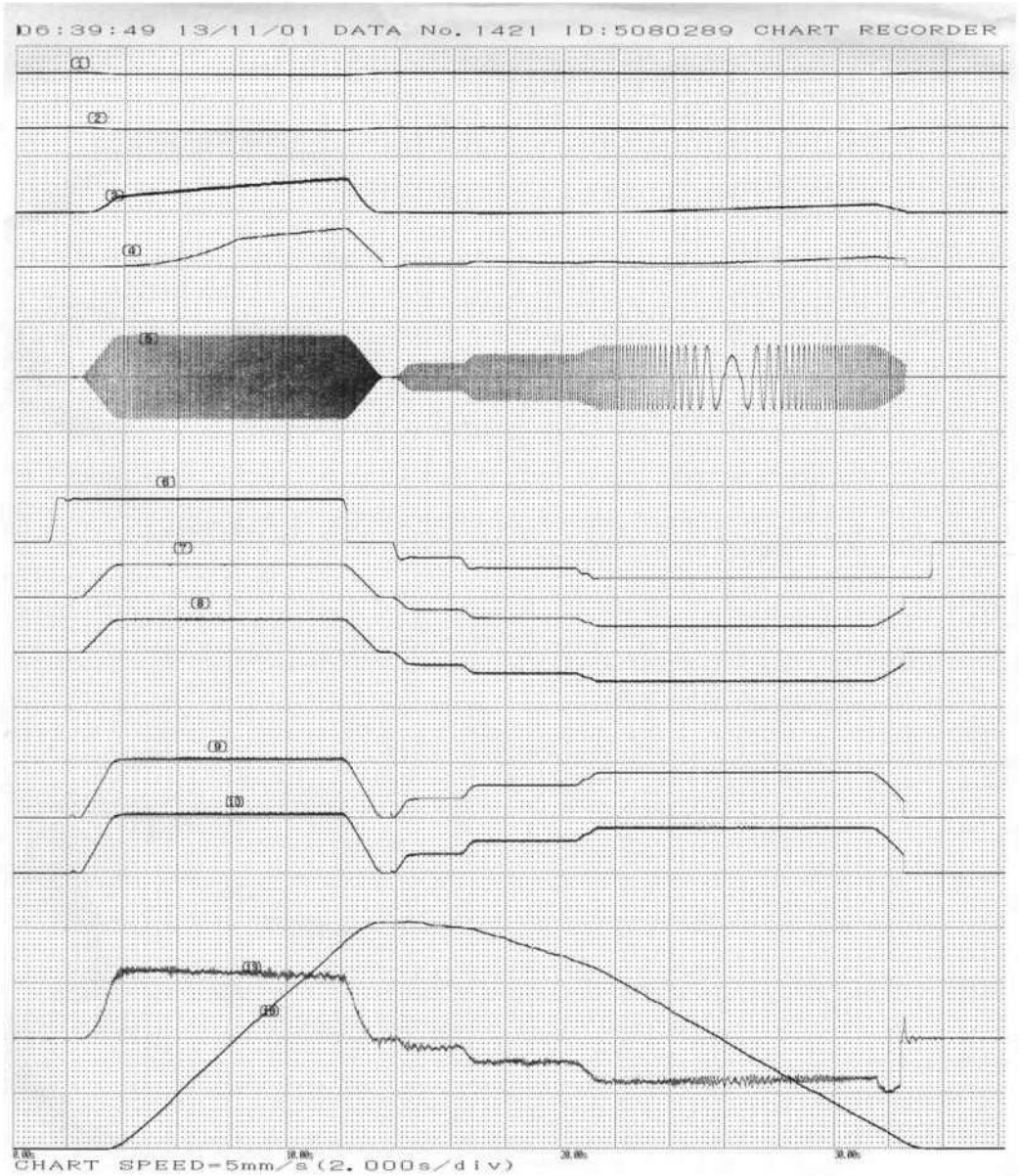
② 개선 알고리즘



[그림 750]개선 알고리즘 적용시(P4, B1-B3-B5-B7)

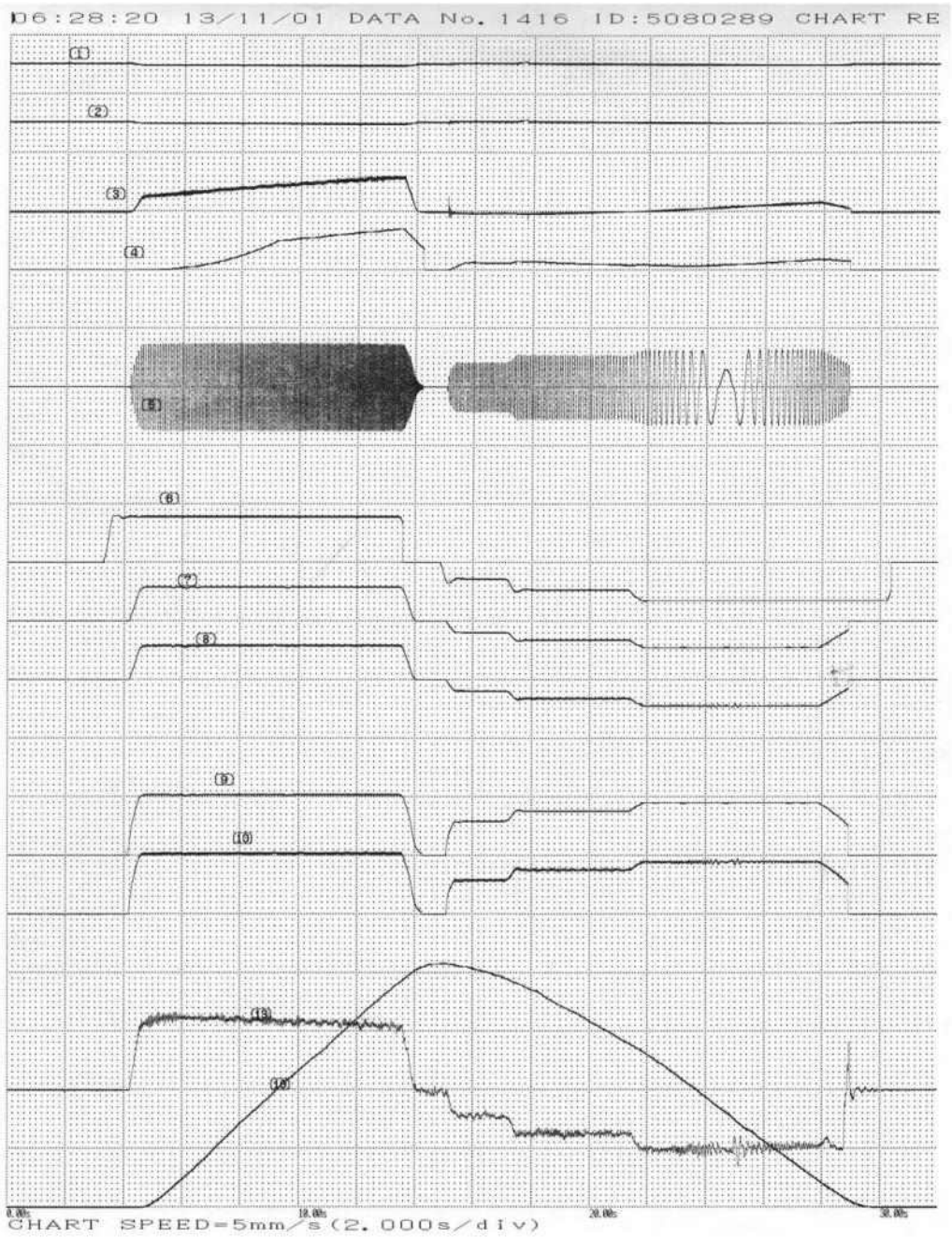
다) 동력운전시 P4, 제동시 B2-B4-B6

① 기존 알고리즘



[그림 751]기존 알고리즘 적용시(P4, B2-B4-B6)

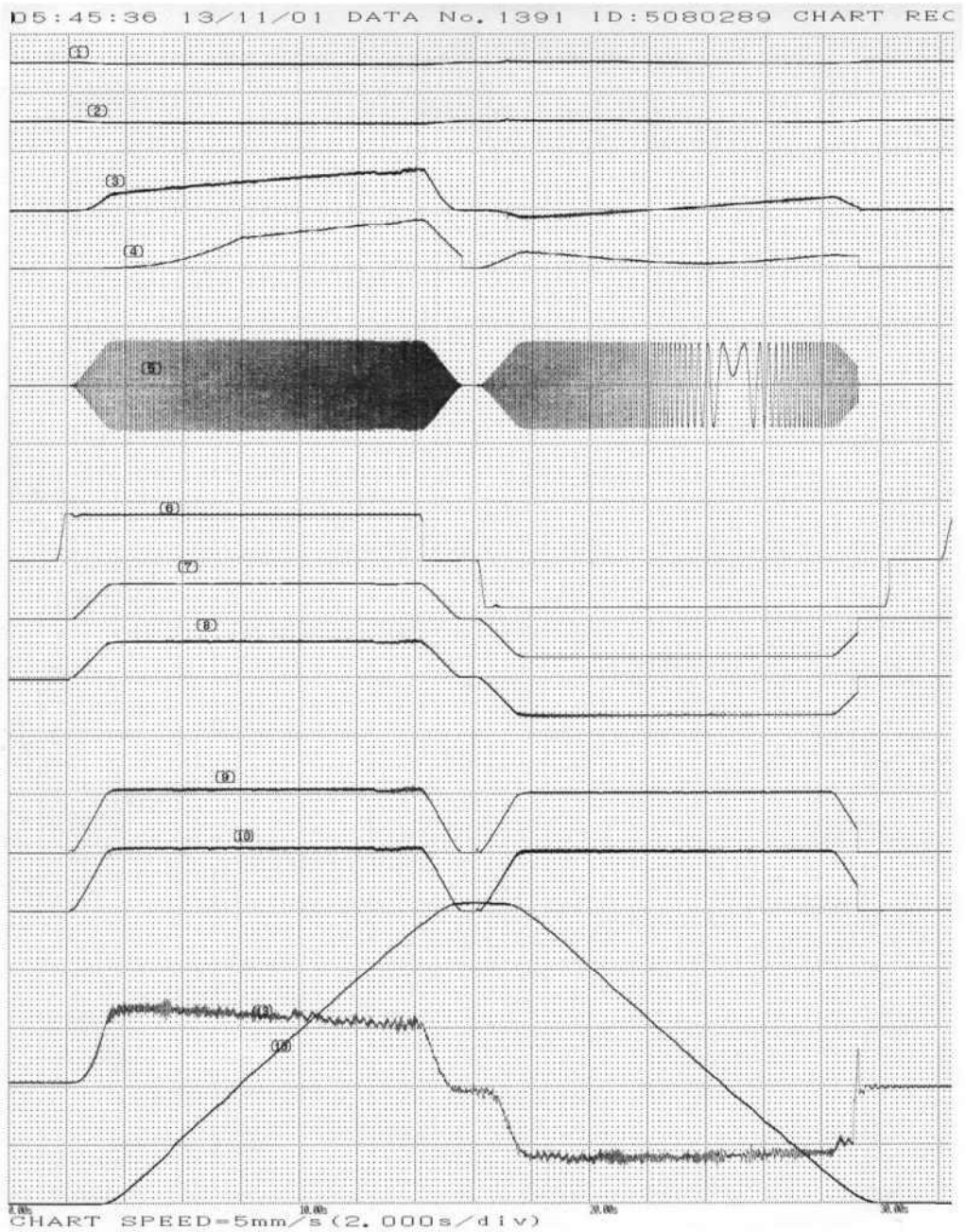
② 개선 알고리즘



[그림 752]개선 알고리즘 적용시(P4, B2-B4-B6)

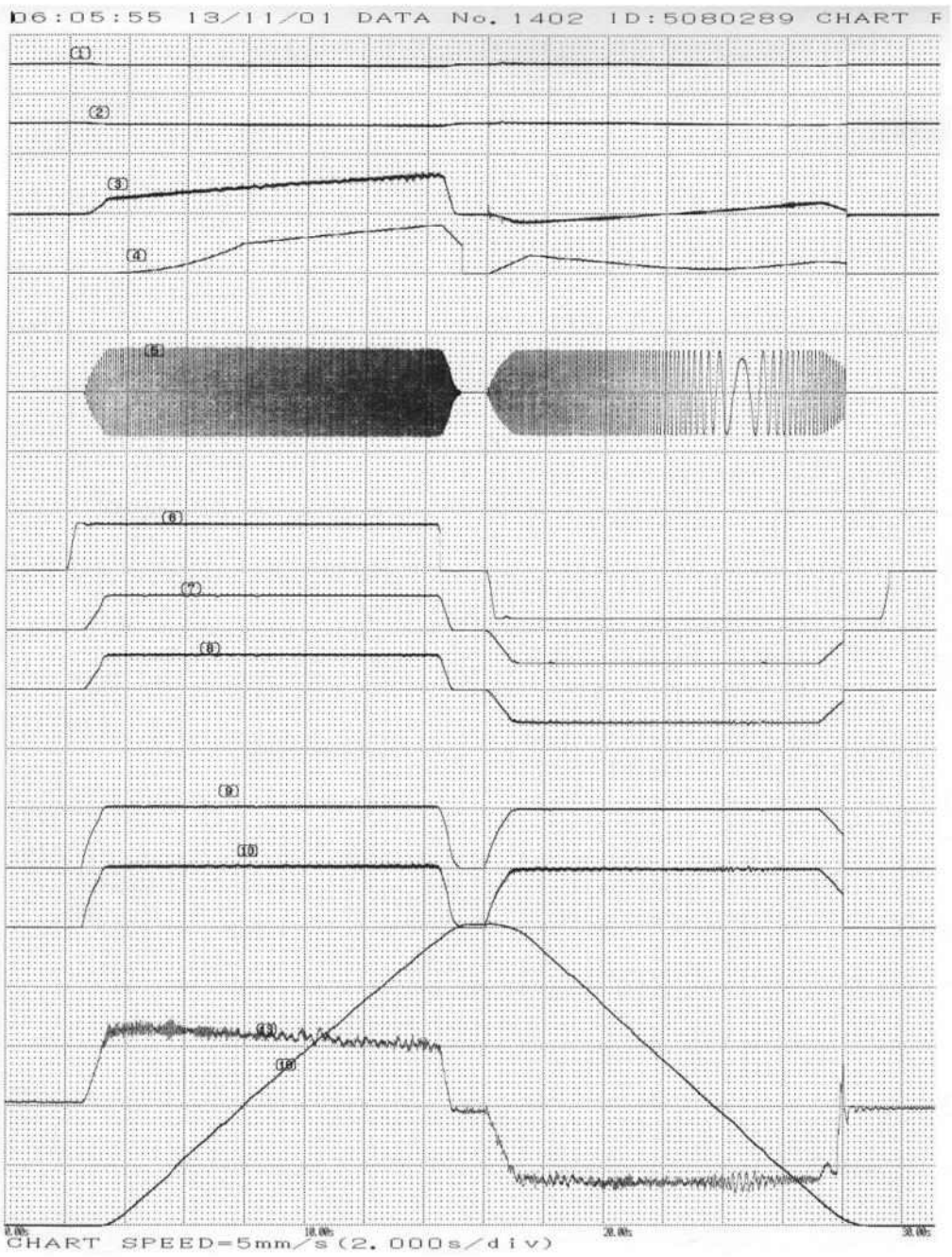
라) 동력운전시 P4, 제동시 B7

① 기존 알고리즘



[그림 753]기존 알고리즘 적용시(P4, B7)

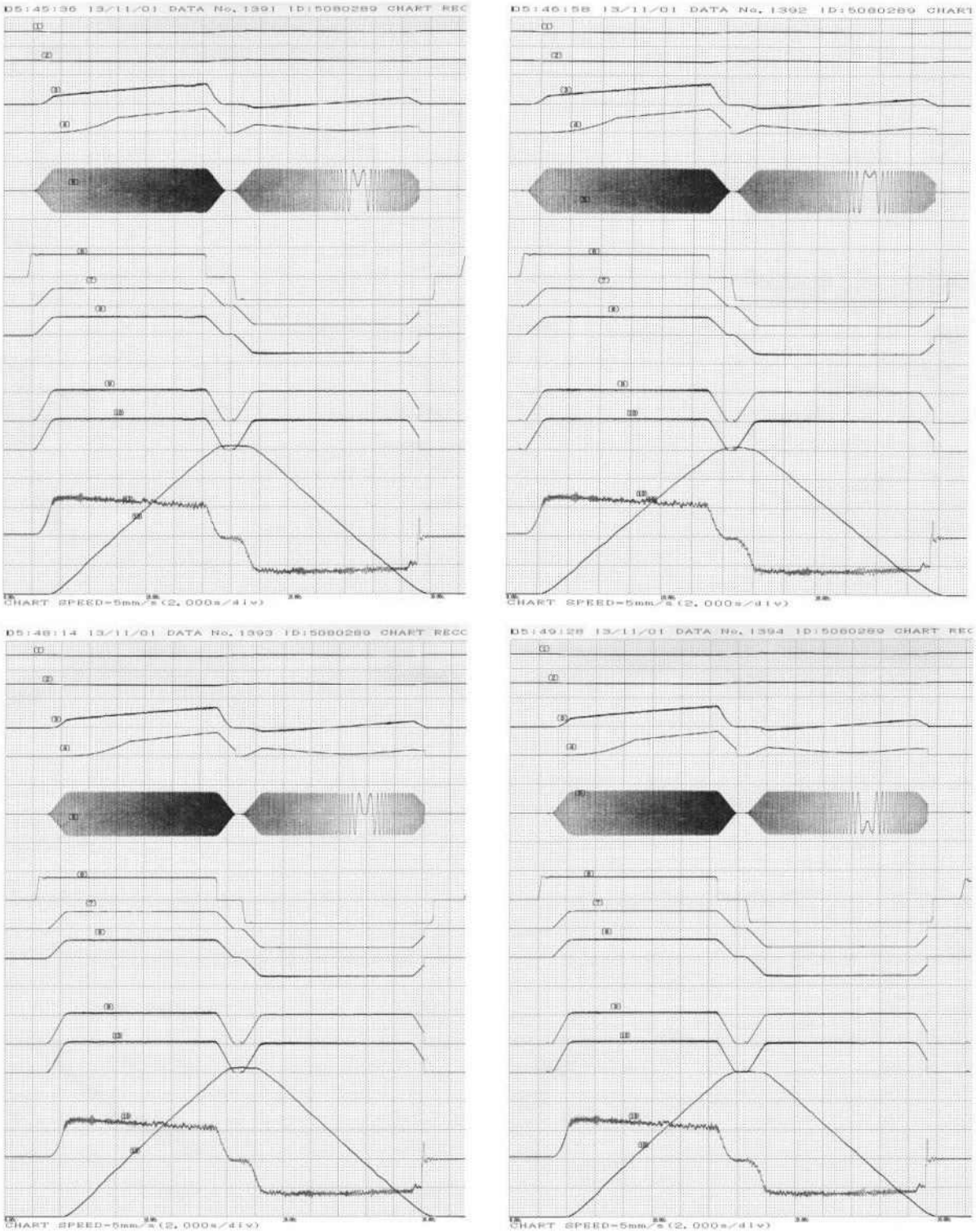
② 개선 알고리즘

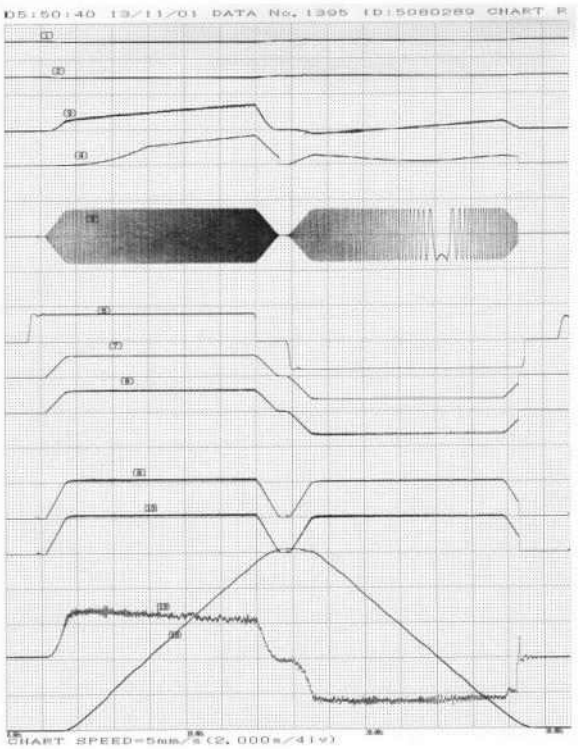


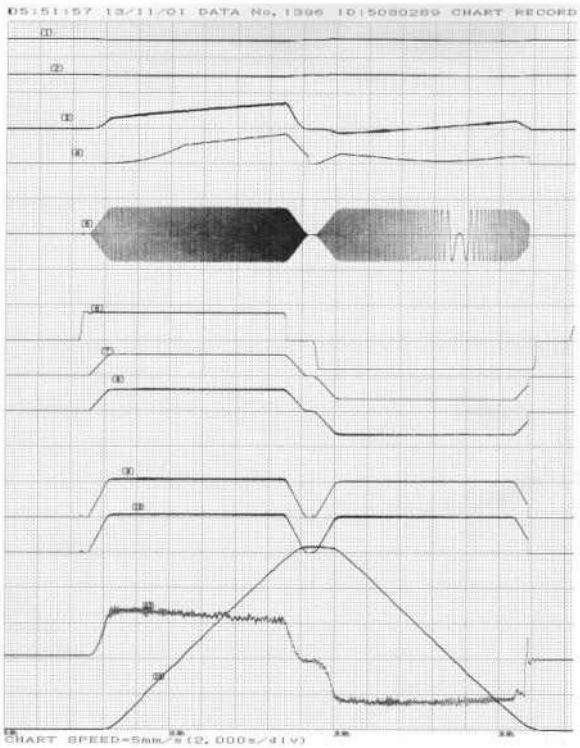
[그림 754]개선 알고리즘 적용시(P4, B7)

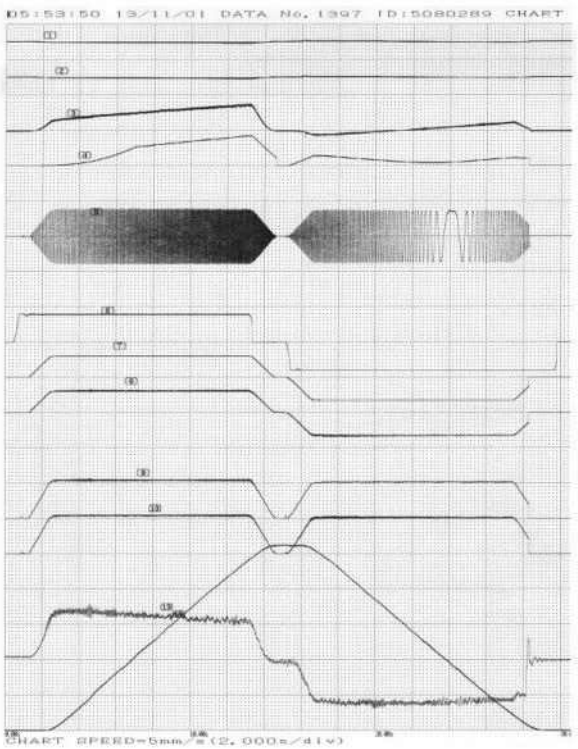
마) 추진시스템 소비전력량 측정을 위한 실험

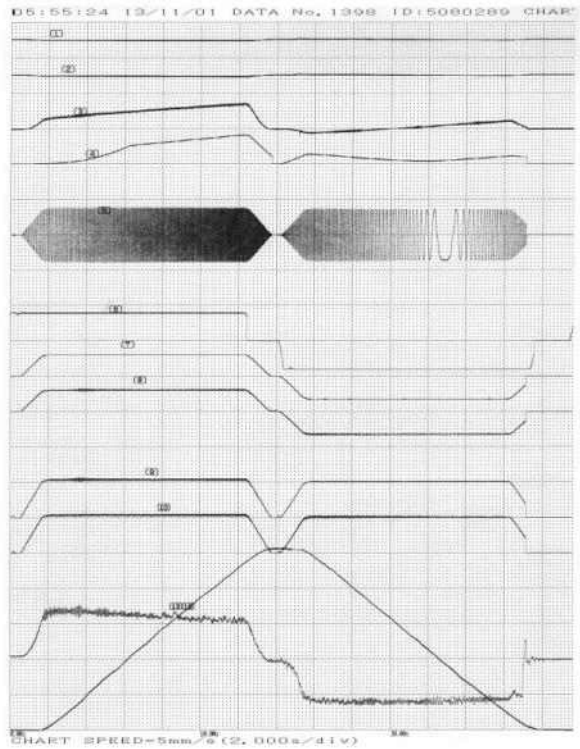
① 기존 알고리즘 (P4-B7 10회 시험 실시)

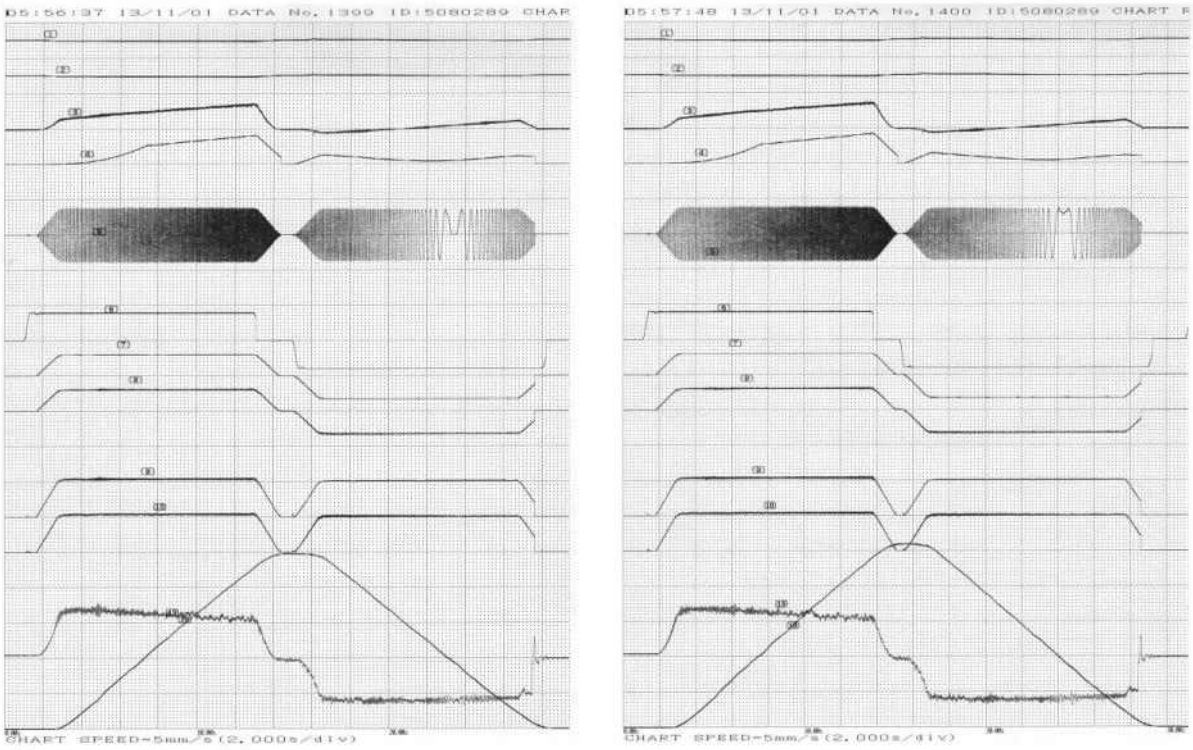



05:50:40 13/11/01 DATA No. 1395 ID:5080289 CHART R
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)


05:51:57 13/11/01 DATA No. 1396 ID:5080289 CHART RECORD
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)


05:53:50 13/11/01 DATA No. 1397 ID:5080289 CHART
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)

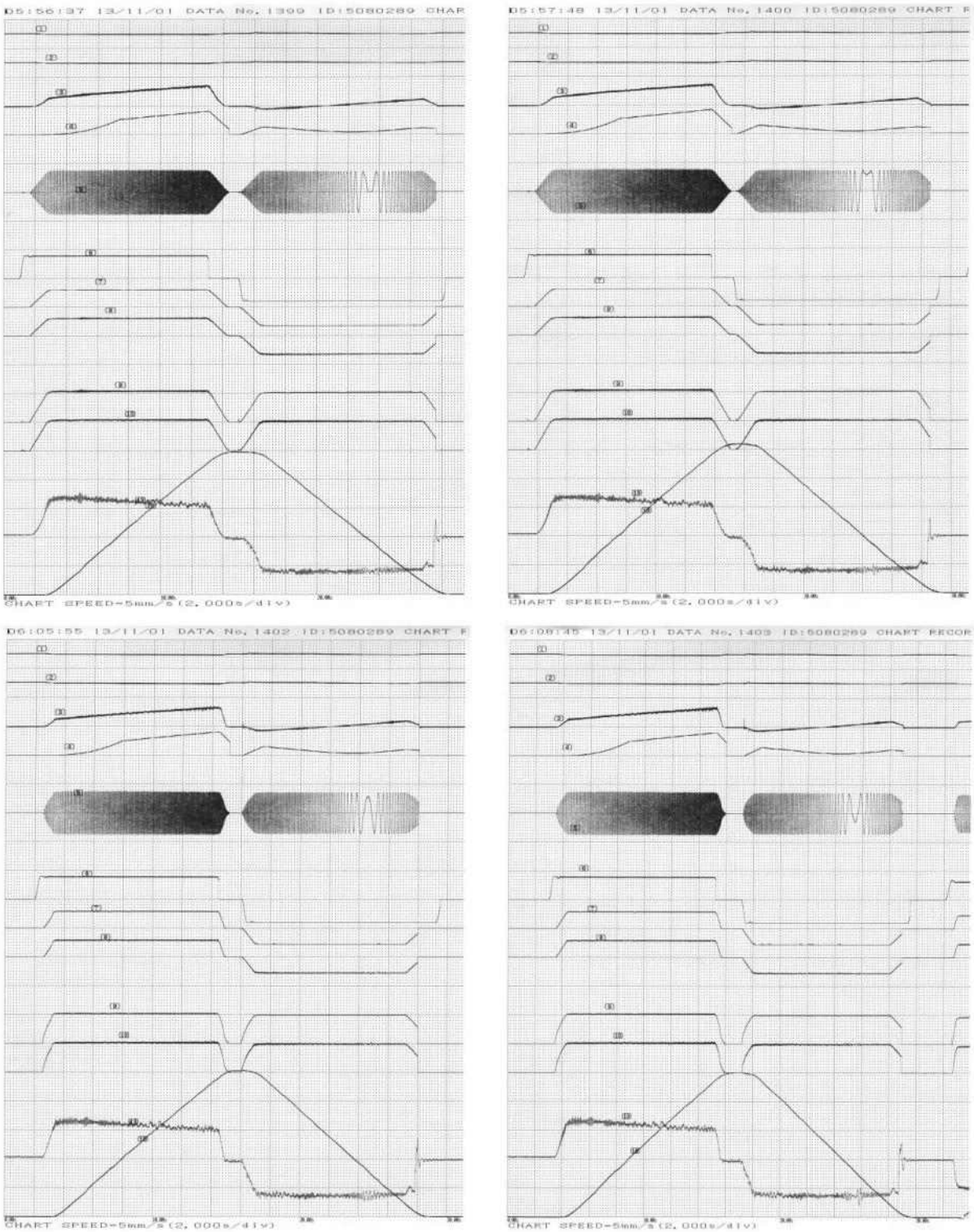

05:55:24 13/11/01 DATA No. 1398 ID:5080289 CHART
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)

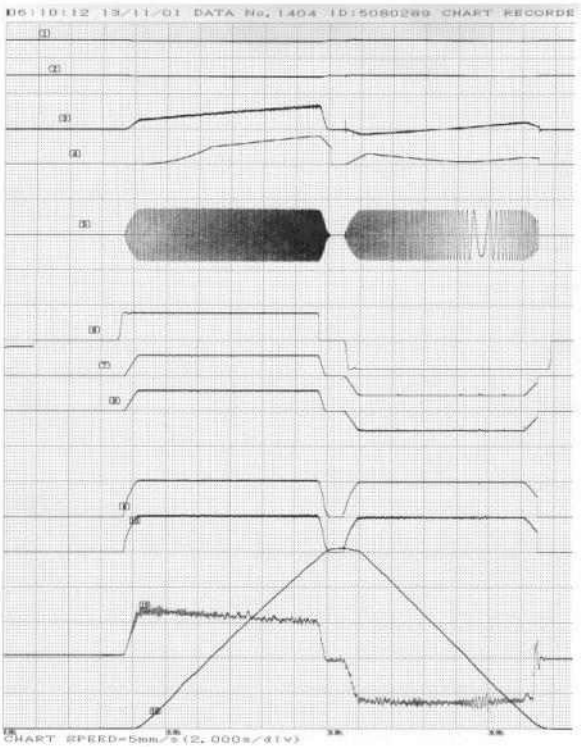


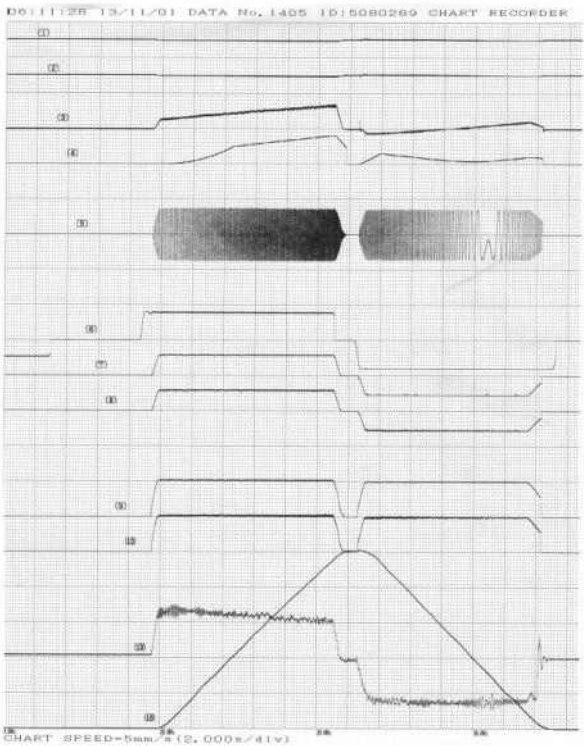
[그림 755]기존 알고리즘 적용시 인버터 입력 전력량[kWh] 측정을 위한 시험

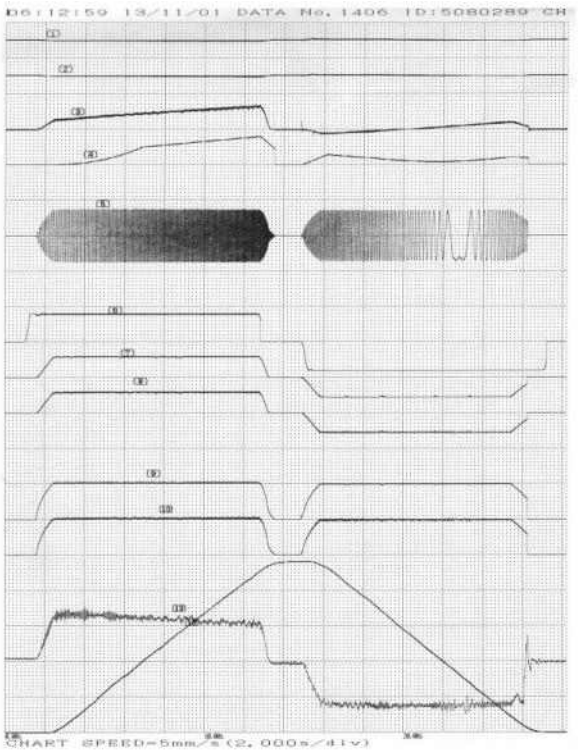
(P4-B7 10회 실시하여 평균함)

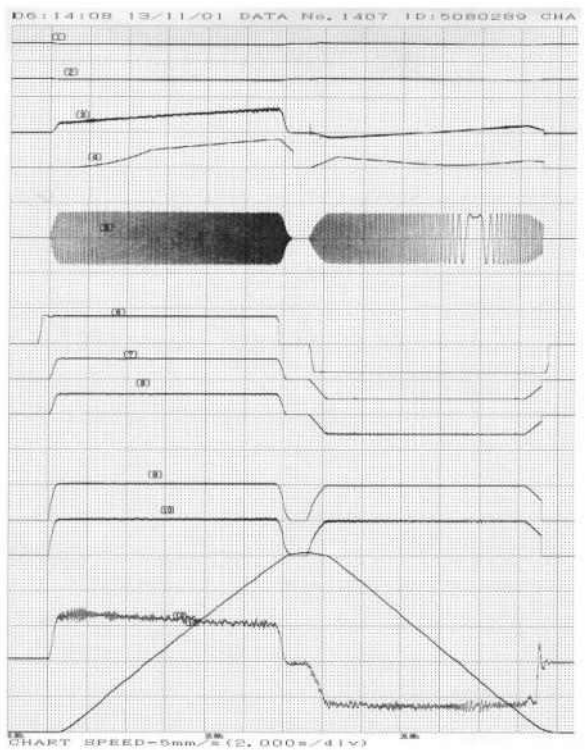
② 개선 알고리즘(P4-B7 10회 시험 실시)

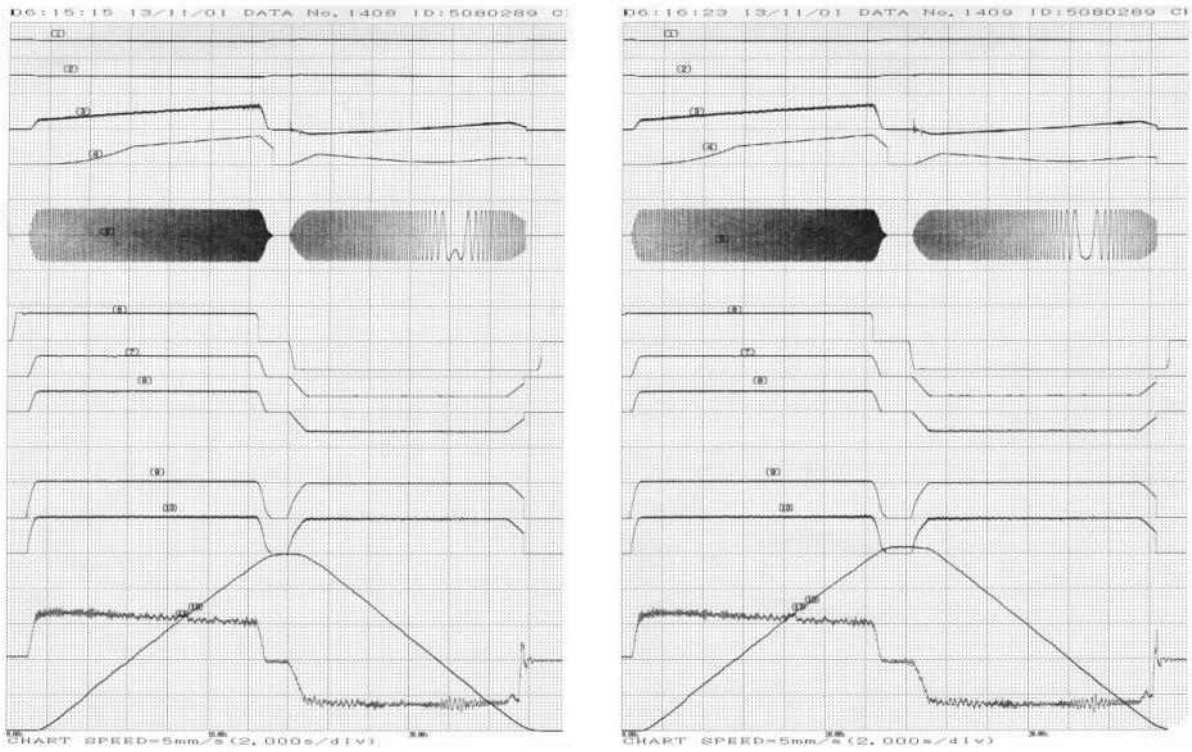



06:10:12 13/11/01 DATA No.1404 ID:5080289 CHART RECORDE
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)


06:11:28 13/11/01 DATA No.1405 ID:5080289 CHART RECORDER
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)


06:12:59 13/11/01 DATA No.1406 ID:5080289 CH
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)


06:14:08 13/11/01 DATA No.1407 ID:5080289 CHA
CHART SPEED=5mm/s(2.000s/div)



[그림 756]개선 알고리즘 적용시 인버터 입력 전력량[kWh] 측정을 위한 시험

(P4-B7 10회 실시하여 평균함)

(5) 도시형 자기부상열차 경량화 설계 개선(현대로템)

(가) 경량화 대상 품목 선정 및 추진방안

1) 기계 분야

순	장치	경량화 대상품목	절감 방안	절감목표 (kg/편성)	상세 방안
1	차체	압출재	압출재 프로파일 개선으로 경량화	120	- 실하중대비 안전율을 감안한 구조 최적화 설계
2	차체	객실 출입문	플러그인 --> 슬라이딩 도어 변경	220	- 플러그인--> 슬라이딩도어 변경 시 차체/도어 인터페이스 점검 - 중량변경,객실소음 등 차량성능 변경사항검토
3	의장	운전실 전면창	양산 차량 기준 형상 개선	50	- 실용화 차량 대비 전면창 굴곡 완화/축소 검토 - 제작성 및 조립성 향상
4	공통	각종 부품 /브라켓		110	강도 재해석, 기능 검토를 통한 중량 저감 검토
합 계				500	

2) 전기/전장품 분야

순	장치	경량화 대 상 품 목	절감 방안	절감목표 (k g / 편성)	상세 방안
1	전기	케이블	기기 최적 배치	40	- 기기 최적배치에 따른 배선길이 감소 - 외부수전장치위치이동(전두측=>후미측)
2	전장	VVVF	추진인버터 재질 개선을 통한 경량화	60	* Si 규소강판의 Si함량을 변경한 슈퍼 마그네틱 코어를 이용한 필터 리액터 경량화 설계 검토 1) 실차 데이터 취득을 통한 인버터의 소요용량 재검토를 통해 최적화된 용량을 제안 2) 최적화된 용량을 토대로 손실계산 3) 계산된 손실을 열해석을 통하여 히트싱크 최적화 4) 전체 박스 구조변경/축소/개선을 통한 시스템 중량저감
3	전장	필터 리액터	필터 리액터 재질 개선을 통한 경량화	100	* 실측 전류 반영을 통한 용량 최적화로 필터 리액터 및 추진인버터 냉각장치의 크키, 중량

					저감 1) 실차 데이터 취득을 통한 FL의 소요 용량 재검토를 통해 최적화된 용량 제안 2) 최적화된 용량을 토대로 FL 재설계 3) 전자기해석을 통한 설계 검증 4) 열해석을 통하여 FL 구조 최적화 5) 전체 박스 구조변경/축소/개선을 통한 시스템 중량 저감
4	전장	LIM	선형유도전동기 (LIM) 코어 재질 개선을 통한 경량화	320	1)코어 재질 개선을 통한 손실저감으로 경량화 구현 방안 검토 2)전자기해석을 통한 설계 개선 --> 코어의 치폭 개선(12.5mm->11.5mm) --> 코일의 단면적 축소(20.3㎟->18.6㎟)
5	공통	각종 부품 /브라켓		180	강도 재해석, 기능 검토를 통한 중량 저감 검토
합 계				700	

(나) 경량화 설계 상세

1) 차체 압출재 프로파일 개선으로 경량화 검토

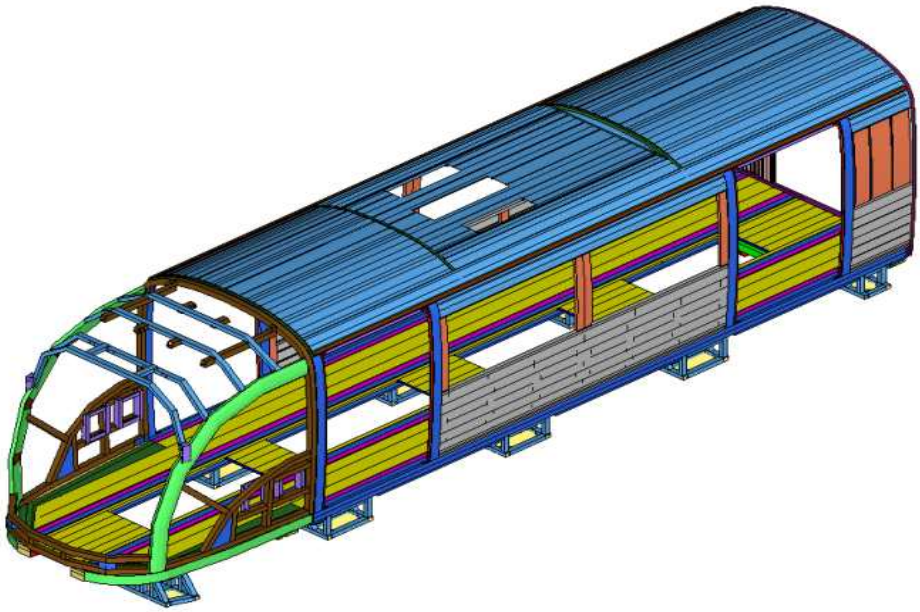
○ 차체 경량화 검토를 위해 치수최적설계를 실시 및 용접성/변형율을 감안한 경량화를 검토함

가) 차체 경량화를 위한 유한요소모델 및 표준전동차 구조체 하중시험조건

○ 유한요소모델 개요

[표 235]도시형 자기부상열차의 유한요소모델의 제원

구분	자기부상열차 모델
node 개수[EA]	355,571
elements 개수[EA]	392,682
평균요소길이[mm]	20~30
폭[mm]	11,900
길이[mm]	2,680
높이[mm]	2,548



[그림 757]도시형 자기부상열차의 유한요소모델 (shaded view)

[표 236]AL6005A 알루미늄 압출재의 기계적 성질

	인장 강도 [kgf/mm2]		항복 강도 [kgf/mm2]		피로 한도 [kgf/mm2]	
	모재부	용접부	모재부	용접부	모재부	용접부
AL6005	26.5		21.94	19.95	9.32	8.47
	탄성계수 [kgf/mm2]		포아송비		밀도 [kg/mm3]	
AL6005	7.0 × 103		0.33		2.7 × 10-6	

나) 자기부상열차 차체의 하중시험조건

○ 적용하중 근거 : 도시철도 차량의 성능시험에 관한 기준"의 「구조체 시험 4. 시험방법」

[표 237]도시형 자기부상열차의 계산 중량

No.	구 분	중 량	비 고
1	공차중량(We)	20.0 톤	차량중량 + 대차중량
2	대차중량(Wb)	7.30 톤	1.825 kg(1SET)×4 = 7,300 kg
3	차량중량(Wt)	12.70 톤	공차중량 - 대차중량 (운행상태의 차량중량)
4	구조체하중	2.94 톤	Bare frame 설계 중량
5	최대 승객하중	10.0 톤	구매규격서
6	동하중계수	0.2 g	도시철도차량 성능시험에 관한 기준

[표 238]하중조건 및 하중크기

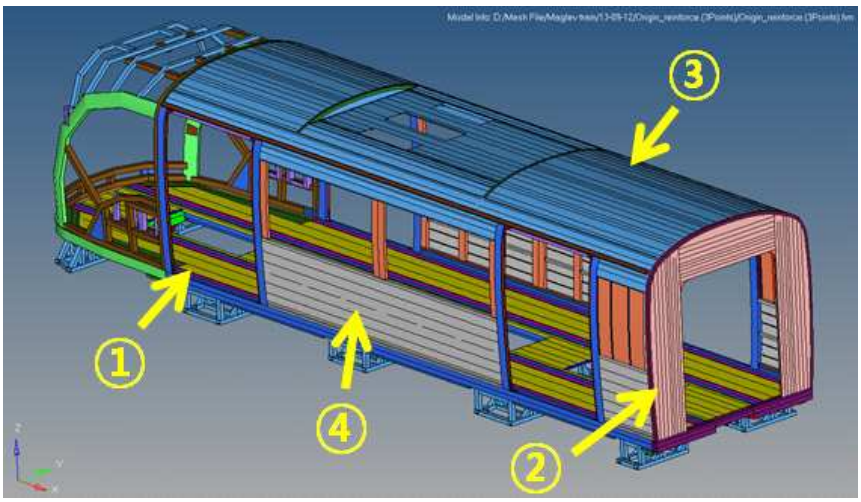
	하중 조건		하중 크기	산출근거
1	수직하중		24.3 ton	(공차중량 + 최대승객하중 - 대차중량) ×1.2 - 구조체중량
2	수평 압축하중	수직	9.76 ton	공차중량 - 대차중량 - 구조체중량
		압축	35.0 ton	35.0 ton (연결기취부)
3	비틀림하중		4.0 ton • m	39.2 kN • m
4	3점지지하중		9.76 ton	(공차하중 - 대차하중) - 구조체하중

다) 자기부상열차 차체의 치수최적설계

① 치수 최적 설계변수 정의

○ Under frame, End frame, Roof panel, Side panel 4개 component의 최소 설정 두께를 2.0T로 하여 최적화를 진행

- objective : minimize mass
- design variable : thickness of 4 components (roof frame, under frame, end frame, side frame)
- design constraints : Max. von Mises stress ≤ allowable stress



[그림 758]설계변수 정의

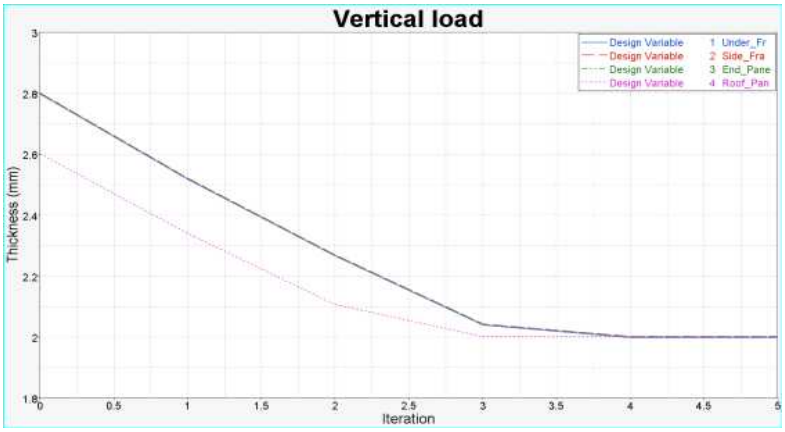
[표 239]설계변수 설정

설계변수		초기두께	최소설정두께
①	Under Frame	2.8	2.0
②	End Frame	2.8	2.0
③	Roof Panel	2.6	2.0
④	Side Panel	2.8	2.0

라) 치수 최적화 해석

① 치수최적설계에 따른 설계변수의 변화(수직하중시험조건)

○ 수직하중조건에서 4개 변수의 최소두께를 2.0T로 설정한 결과 변수 모두 2.0T 까지 줄었음



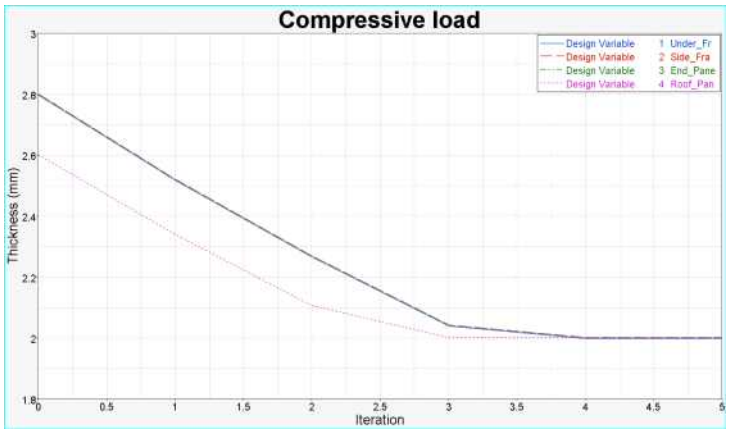
[그림 759]수직하중시험조건에서의 설계변수의 변화

[표 240]수직하중시험조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교

	Under frame	End frame	Roof panel	Side panel
초기두께 (mm)	2.8	2.8	2.6	2.8
최종두께 (mm)	2.0	2.0	2.0	2.0

② 치수최적설계에 따른 설계변수의 변화(수평압축하중시험조건)

○ 수평압축하중조건에서 4개 변수의 최소두께를 2.0T로 설정한 결과 변수 모두 2.0T 까지 줄었음



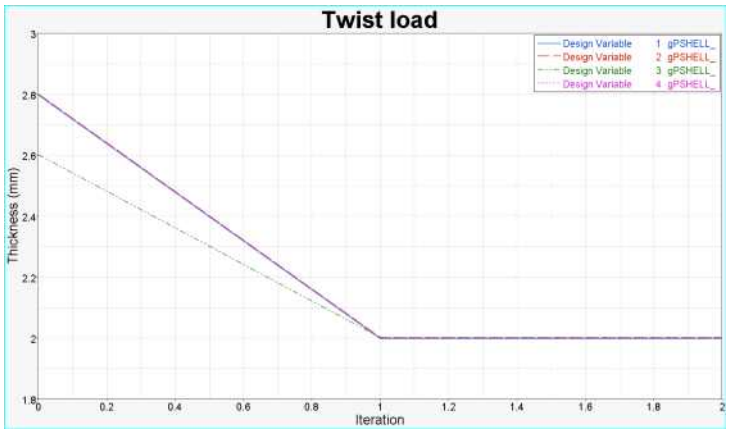
[그림 760]수평압축하중시험조건에서 설계변수의 변화

[표 241]수평압축하중시험조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교

	Under frame	End frame	Roof panel	Side panel
초기두께 (mm)	2.8	2.8	2.6	2.8
최종두께 (mm)	2.0	2.0	2.0	2.0

③ 치수최적설계에 따른 설계변수의 변화(비틀림 하중시험조건)

○ 비틀림 하중조건에서 4개 변수의 최소두께를 2.0T로 설정한 결과 변수 모두 2.0T 까지 줄었음



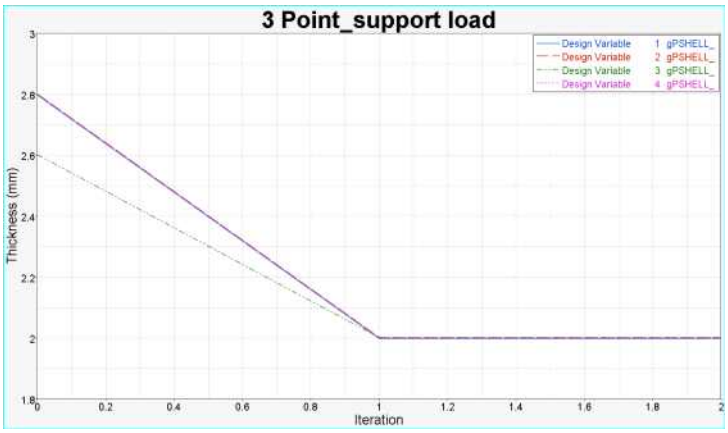
[그림 761]비틀림 하중조건에서 설계변수의 변화

[표 242]비틀림 하중조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교

	Under frame	End frame	Roof panel	Side panel
초기두께 (mm)	2.8	2.8	2.6	2.8
최종두께 (mm)	2.0	2.0	2.0	2.0

④ 치수최적설계에 따른 설계변수의 변화(3점지지 하중시험조건)

○ 3점지지 하중조건에서 4개 변수의 최소두께를 2.0T로 설정한 결과 변수 모두 2.0T 까지 줄었음



[그림 762]3점지지 하중시험조건에서 설계변수의 변화

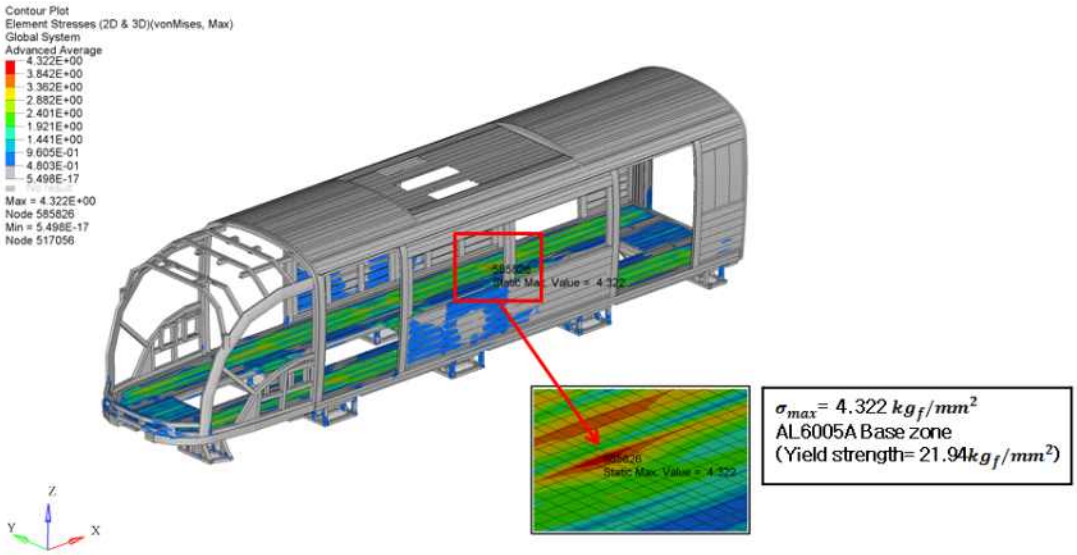
[표 243]3점지지 하중시험조건에서 치수 최적화 전과 후의 두께 비교

	Under frame	End frame	Roof panel	Side panel
초기두께 (mm)	2.8	2.8	2.6	2.8
최종두께 (mm)	2.0	2.0	2.0	2.0

마) 치수최적설계 모델을 이용한 정적강도 해석결과

① 유한요소해석결과(수직하중시험조건)

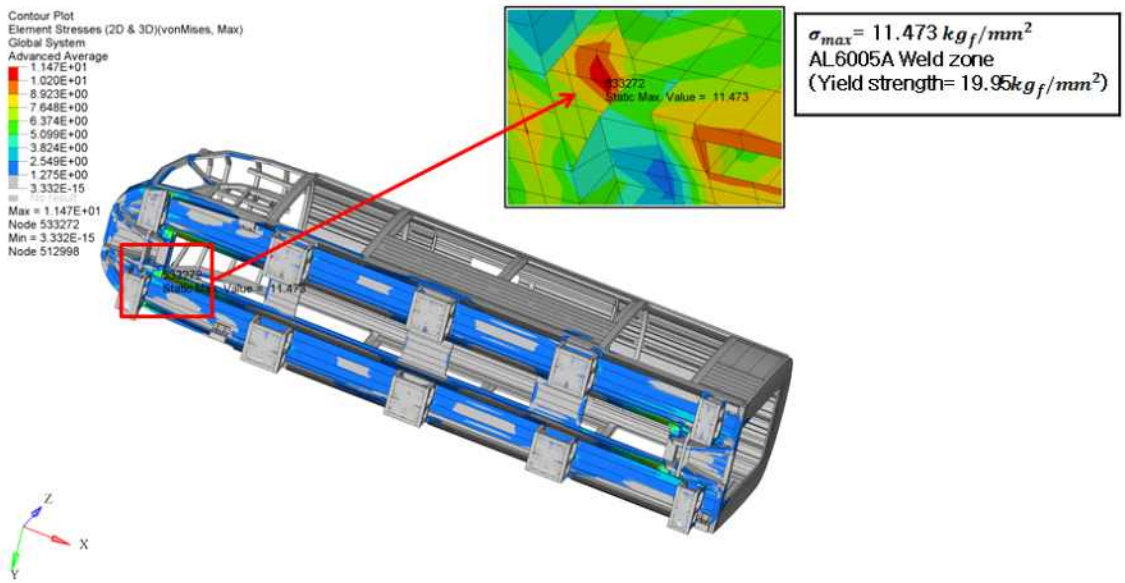
○ 최대응력 : 하부프레임에서 약 4.322(kgf/mm2)



[그림 763]최적화 된 모델의 수직하중시험조건에서의 응력분포

② 유한요소해석결과(수평압축하중시험조건)

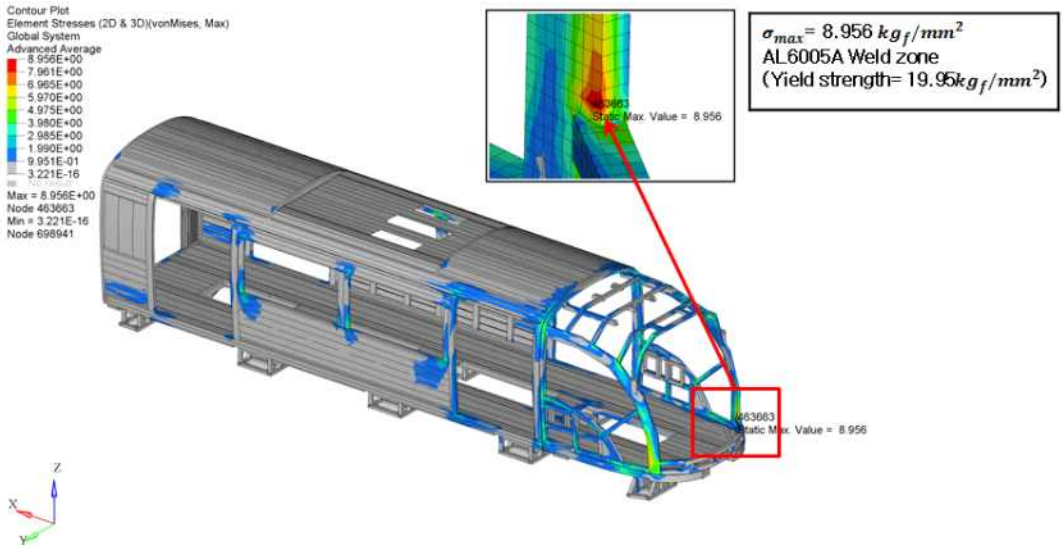
○ 최대응력 : 하부프레임 용접부에서 약 11.473(kgf/mm2)



[그림 764]최적화 된 모델의 수평압축 하중시험조건에서의 응력분포

③ 유한요소해석결과(비틀림하중시험조건)

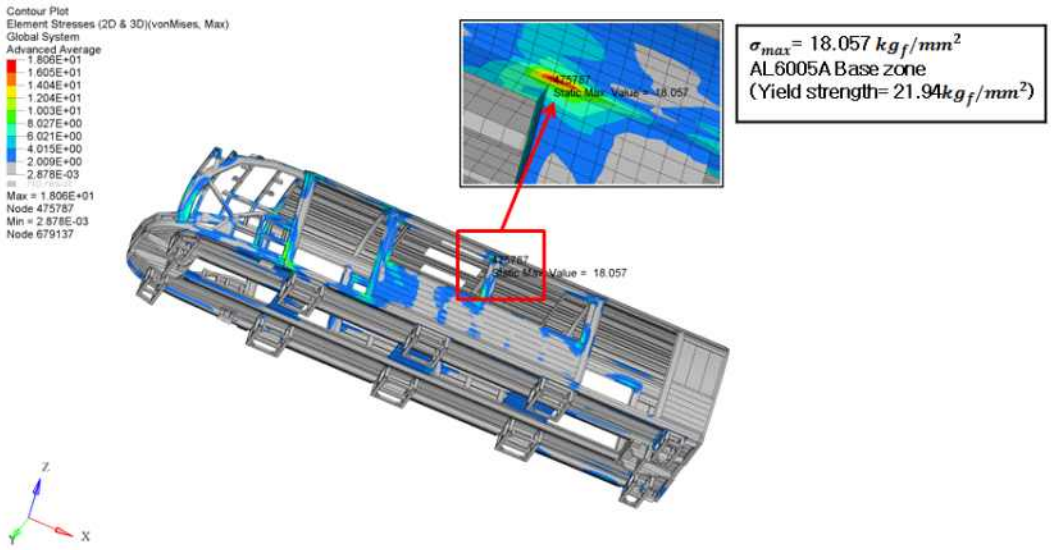
○ 최대응력 : 앞쪽 기둥부분에서 약 8.956(kgf/mm2)



[그림 765]최적화 된 모델의 비틀림 하중시험조건에서의 응력분포

④ 유한요소해석결과(3점지지하중시험조건)

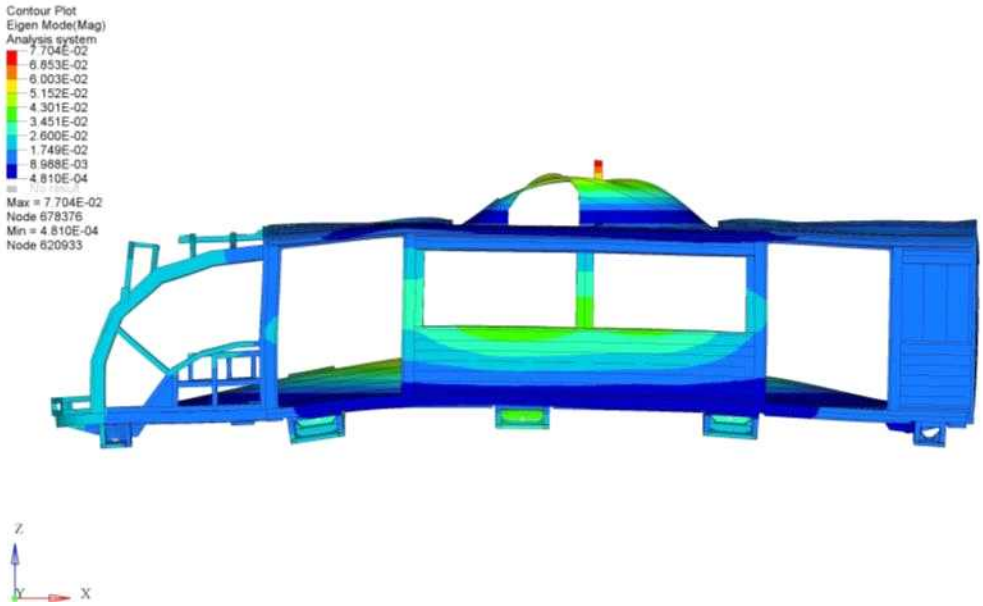
○ 최대응력 : 캔트레일 부분에서 약 18.057(kgf/mm2)



[그림 766]최적화 된 모델의 3점지지 하중시험조건에서의 응력분포

⑤ 유한요소해석결과(굽힘 고유진동수)

○ 굽힘 고유진동수 : 약 17.56 (Hz)



[그림 767]최적화 된 모델의 굽힘 고유진동수 (deformed shape)

바) 유한요소해석결과정리

○ 치수최적화 된 자기부상열차 모델 역시 도시철도차량 구조체 하중시험 조건에 의한 유한요소해석결과 허용조건 이내로 만족하며, 초기모델에 비해 이론적으로는 약 206kg정도 경량화가 가능하였다.

[표 244]치수최적화 전과 후 모델의 유한요소해석결과 비교

	현재 설계모델		최적화설계 적용모델		허용응력
최대응력 (kgf/mm2)	vertical load	3.147	vertical load	4.322	under 21.94
	compressive load	11.397	compressive load	11.473	under 19.95
	twist load	8.734	twist load	8.956	under 19.95
	3point load	16.387	3point load	18.057	under 21.94
고유진동수 (Hz)	bending mode	17.71	bending mode	17.56	over 10

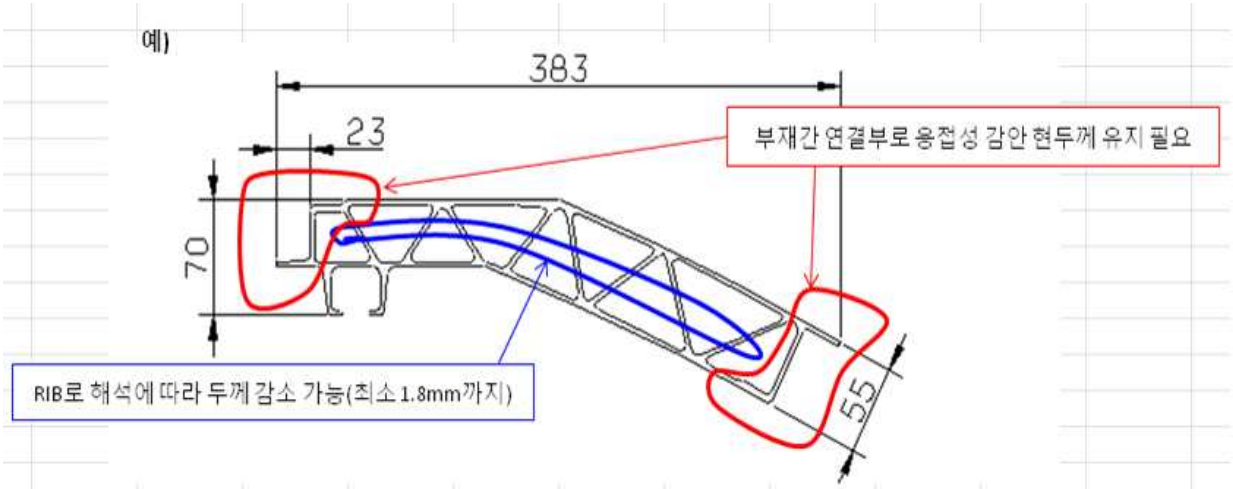
[표 245]치수최적화 해석결과에 따른 경량화비율

	Initial model (kg)	Optimized model (kg)	Weight Reduction (kg)	Weight reduction rate (%)
Mass	2397.674	2191.246	206.428	8.6

사) 제작성을 고려한 차체 경량화 검토

○ 주요 하중 부위별 압출재의 용접성 및 변형율을 감안하여 아래와 같이 검토한 결과, 압출재의 두께 감소는 부재의 안쪽 Rib 두께만 줄일 수 있으며 이를 통한 경량화는 50kg/량 정도이다.

- UF : Sole Bar 및 End UF은 차량의 전체적인 기준으로 현 두께 유지
- UF : 부재간 연결부는 용접성 및 변형 감안 현 두께 유지
- SF : 부재간 연결부는 용접성 및 변형 감안 현 두께 유지
- RF : 부재간 연결부는 용접성 및 변형 감안 현 두께 유지
- EF : 부재간 연결부는 용접성 및 변형 감안 현 두께 유지
- UF/SF/RF/EF 간 연결부도 용접성 등 작업방법 감안하여 현 두께 유지



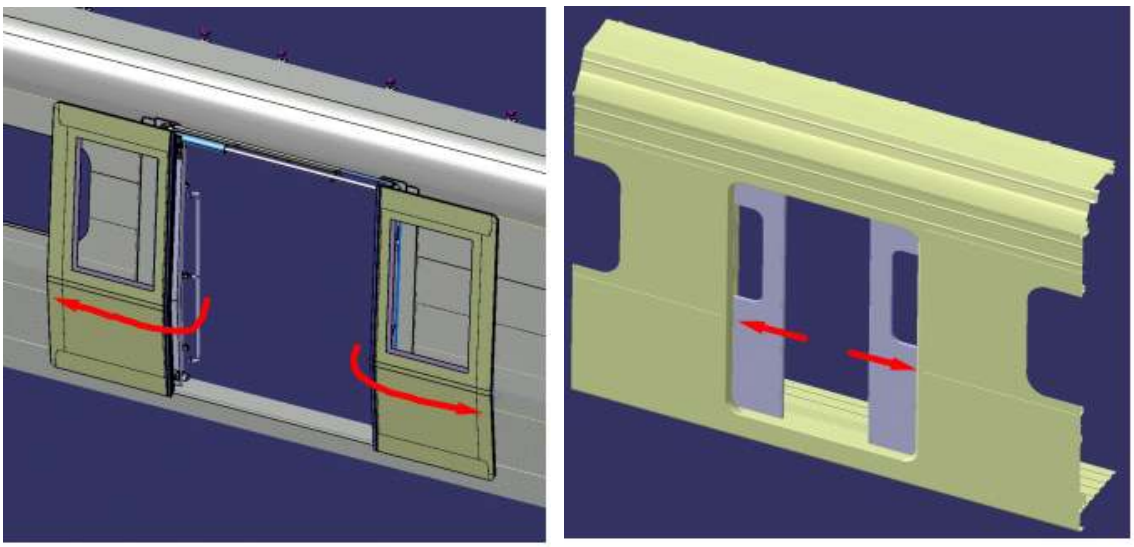
[그림 768]차체 주요 부재 두께 감소 가능 부위

2) 출입문 타입 변경에 의한 경량화 검토

가) 출입문 타입 변경 검토 목적

○ 도시형자기부상열차에는 플러그인 슬라이딩 타입의 출입문이 설치되어 있다. 이 타입의 출입문은 일반 전동차에 적용되는 포켓 슬라이딩 타입의 출입문보다 방음 및 방수 성능이 우수하지만, 플러그인 동작을 구현하기 위한 복잡한 기구가 필요하므로 상대적으로 고중량 및 고가의 출입문 시스템의 구성이 불가피하였다. 그리하여 향후 자기부상열차 프로젝트에서는 기존의 플러그인 슬라이딩 출입문 대신 일반 전동차용과 같은 비교적 간단한 포켓 슬라이딩 타입의 출입문을 적용하여

요구 성능대비 우수한 경량화 및 저가의 시스템 구성을 검토코자 한다.



[그림 769]출입문 형상 및 동작방식 비교(플러그인 슬라이딩/포켓 슬라이딩)

나) 출입문 타입 변경에 따른 사양 및 성능의 변화

○ 출입문 중량 감소

- 출입문 시스템의 중량 감소는 본 변경의 주 목적이며, 그 예상치는 다음과 같다.
- 플러그인 타입 출입문의 총 중량 : 약 160 kg / set
- 포켓 타입 출입문의 총 중량 : 약 140 kg / set
- 이와 같이 출입문 타입의 변경으로 출입문의 중량을 12% 정도 감소시킬 수 있으며, 1편성당 8세트의 출입문을 적용할 경우 약 160 kg/편성의 중량 감소가 가능할 것으로 판단된다.

○ 차음 성능의 감소

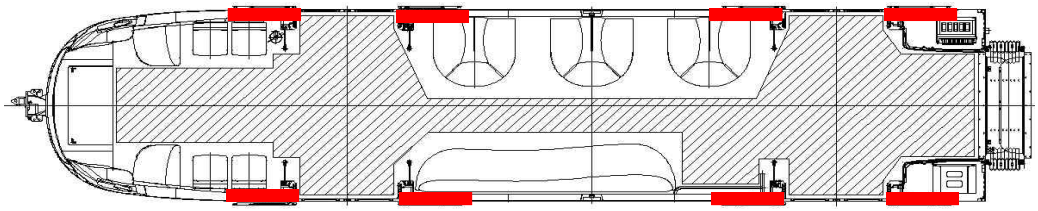
- 일반적인 포켓 슬라이딩 출입문의 차음 성능은 Rw = 27 dB 정도이며, 이는 플러그인 슬라이딩 도어의 Rw = 30 이상의 차음 성능에는 미치지 못하지만 자기부상 열차의 기확보한 소음 성능 기준시 향후 차량 운영시 소음 규정 불만족의 문제는 없을 것으로 판단된다.

다) 출입문 타입 변경에 따른 추가 인터페이스 요구 사항

① 차체

○ 도어포켓 구조의 추가

- 현 차량과 같은 플러그인 슬라이딩 도어를 설치하기 위해서는 도어포털 내측의 씰링프레임 (도어판넬 고무와 직접 접촉하는 앵글 형태의 구조물) 이외의 별도의 구조물은 필요하지 않으나, 포켓타입을 적용할 경우 내측으로 이동하는 도어패널을 수납할 공간이 추가로 필요하며, 이로 인해 차체 제작과정에서의 추가 작업이 필요하게 된다.



[그림 770]도어포켓 구조 설치 위치(차량 상면도)

○ 차체 컨투어 변경의 필요성

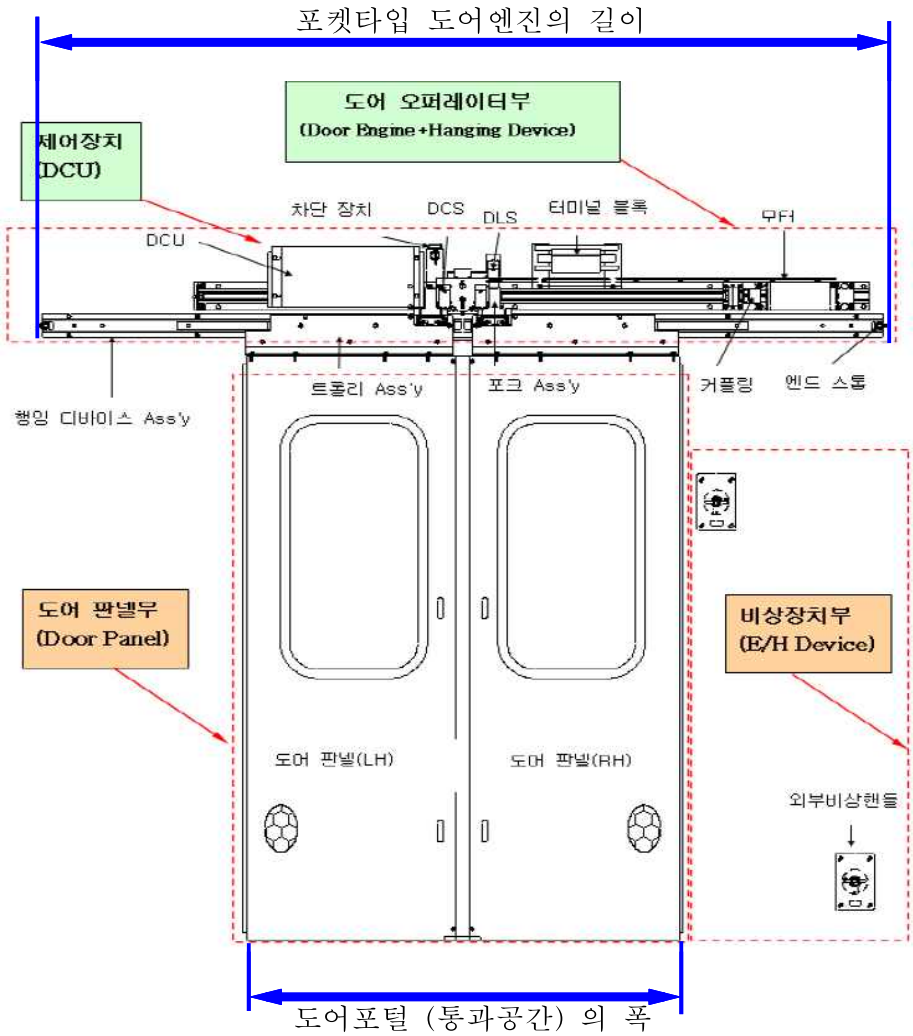
- 포켓 슬라이딩 도어의 판넬은 일정한 갭을 가진 구조물 내에 수납이 되며 작동시 이 구조물과 근접한 상태에서 이동을 하게 되므로, 기계적인 간섭을 방지하기 위해서는 도어판넬과 도어포켓 구조물의 형상이 매우 정밀하게 제작되어야 한다. 따라서 현행 차량과 같은 완전한 곡면의 차량 단면 및 도어패널 단면의 적용은 지양하는 것이 바람직하며, 완전한 직선 혹은 수 개의 직선과 곡선으로 이루어진, 계측이 용이한 차량 단면 형상을 갖도록 제작하는 것이 바람직하다.



[그림 771]도어포켓 적용에 따른 차량 외형 변경 부위
(차량외형 직선화 및 창문 축소)

○ 도어엔진 설치 구조의 길이의 증가

- 플러그인 슬라이딩의 경우 도어패널은 도어엔진에 포함된 행거브래킷에 고정이 되며, 이 행거브래킷은 서로 교차하는 형태로 제작이 되어 출입문 개방 및 폐쇄시에도 출입문 열림폭 공간을 벗어나지 않는다. 그러나 포켓 슬라이딩 도어를 적용할 경우 열림 상태에서 도어패널의 유동을 방지하기 위한 레일이 도어엔진 내에 포함이 되어야 하며, 그 길이는 출입문이 완전히 열려 있을 때의 도어패널 브래킷의 이동 거리만큼 필요하다. 결국 포켓 슬라이딩 타입을 적용할 경우 도어엔진의 길이가 현 차량에서보다 대폭 증가하며, 이를 고정하기 위한 브래킷이 추가로 필요하게 된다.



(플러그인 타입에서의 도어엔진의 길이)

[그림 772]포켓 슬라이딩 도어 구성품 배치도
(도어엔진의 길이와 통과공간의 차이를 비교)

② 실내 설비 및 의장

○ 실내 공간의 감소 및 의자 배치 변경

- 도어판넬 수납 공간이 실내쪽으로 들어옴에 따라 실내 공간의 감소가 불가피하며, 또한 출입문 인근의 의자 배치도 조정을 해야 한다.

○ 객실 측창 크기의 감소

- 도어포켓이 출입문 양측면에 설치되므로 이 부분에 존재하던 객실 측창은 제거되어야 한다. 따라서 현 차량과 같은 대형 측창은 적용할 수 없게 되며, 전후방 출입문의 도어포켓 공간만큼 줄어든 크기의 측창을 적용해야 한다.

○ 전두부 형상 변경 필요

- 전술한 내용과 같이 포켓 슬라이딩 도어엔진의 길이는 플러그인 타입보다 매우 긴 형태를가지며, 이로 인해 현재 운행되고 있는 자기부상열차에서의 전방 출입문의 경우 전두 방향으로 도어엔진을 설치하기 위한 직선의 공간이 필요하며, 이로 인해 현재와 같은 구형에 가까운 전두 형상은 적용이 곤란하게 된다.

라) 출입문 타입 변경에 따른 중량감소 검토

○ 상기 검토 결과와 같이 출입문을 플러그인 도어에서 슬라이딩 도어로 변경시 슬라이딩 도어를 설치하기 위한 차체 출입문의 도어포켓 공간만큼의 차체 골조가 추가되어 차체의 중량이 증가되어, 출입문 타입 변경에 따른 중량 감소 효과는 없는 것으로 검토되었다.

3) 운전실 전면창 축소에 따른 경량화 검토

가) 운전실 전면창 축소 검토 목적

○ 인천공항 자기부상열차의 경우 아래 그림과 같은 전두부 형상을 지닌다. 둥근 유선형의 FRP 캡마스크 형상을 따라 넓은 면적의 곡면 형상으로 약 11.5mm 두께의 안전 접합유리로 적용이 되어있다.

○ 이와같이 적용되어 있는 전면창 및 전두부 측창의 경우 치수 및 형상을 고려하면 전면창의 경우 약 88kg, 전두부 측창의 경우 33kg 정도의 중량이 계산값으로 나온다. 따라서 전면창 88kg, 전두부 측창 2EA 약

66kg 으로 전두부에 총 154kg중량의 유리가 전두부 측에 적용이 되어 있다

○ 자기부상열차의 전면/ 전두부 측면창은 승객의 시야 확보를 위해 상당히 크게 제작이 되었으며 유사한 크기의 타차량보다 큰 크기이므로 창문의 크기를 축소할 경우 유리 자체의 무게는 크기에 대비하여 일정 수준이상 감량이 가능할 것으로 판단된다.



[그림 773]전두부 및 전면창의 형상

나) 유사 차종과의 비교

○ 현재 비슷한 유형의 경전철의 전면창 크기와 자기부상열차의 전면창 크기를 비교하여 크기에 따른 중량을 살펴 보면 아래 표와 같다.

[표 246]차종별 전두부 유리창 크기와 중량비교(유리비중 2.5 참고치)

	자기부상열차	부산김해경전철	인천2호선	저상TRAM
전면창	88 kg (11.52x1770x1710)	61 kg (10.76x1680x1344)	60.5 kg (12.07x514x1300)	90.5 kg (11.52x1760x1785)
전두부 측 창 (2EA)	66 kg (9.52x1440x984)	47 kg (12.76x688x1070)	-	55 kg (6.76x1080x1505)

○ 상기 표와 같이, 타 차종에 비하여 자기부상열차 전면창 및 전두부 측창의 크기 때문에 중량이 많이 나가는 것을 알 수 있다. 따라서 신규

디자인 적용시 전면창 및 측창의 크기를 축소시킨다면 유리의 중량은 감량이 가능할 것으로 판단된다. 하지만 유리의 면적이 줄어드는 만큼 차체 혹은 Cam Mask의 면적이 늘어나므로 이에 따른 추가 검토가 필요하다.

다) 창문 크기 변경에 따른 중량 검토

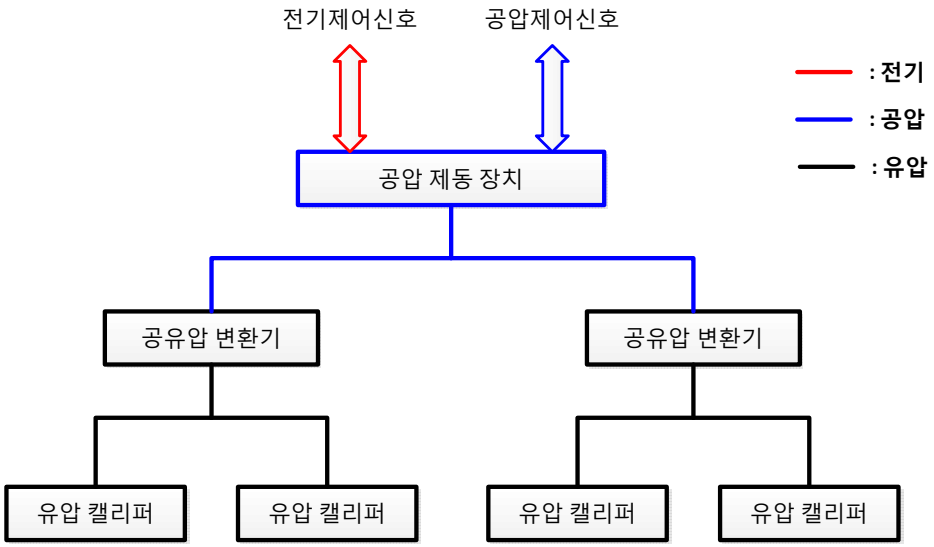
○ 앞에서 비교한 바와 같이 타 차종에 비해 전면창의 크기가 큰 만큼 중량이 더 나가는 것을 알 수 있다. 전두부의 형상을 바꾸고 타 차종과 비슷한 크기로 전면창을 변경 적용한다고 가정할 때 유리 무게만으로 약 46kg 정도 절감이 가능하다. 하지만 유리 무게가 줄어드는 면적만큼 Cab Mask의 면적이 늘어나게 되므로 실제 중량 절감량은 이에 미치지 못한다.

○ 부산김해 경전철을 기준으로 적어진 창 면적 만큼 Cab Mask의 FRP 면적이 늘어나므로 이 면적 만큼의 늘어난 FRP의 중량을 위의 중량 절감값에서 제외하면 실제 절감 가능한 중량값이 나온다. 전면창의 경우 약 6.2kg의 FRP 중량이 면적 대비하여 증가하며 전두부 측창의 경우 약 24kg 의 FRP 중량이 증가한다. 따라서 창문 크기를 줄여 실제 절감 가능한 중량은 약 15.8kg 정도로 예상된다. 또한 Cab Mask재질이 AL이 적용될 경우 유리와 AL의 비중 차이가 크지 않으므로 중량 절감 효과가 없을 것으로 판단된다.

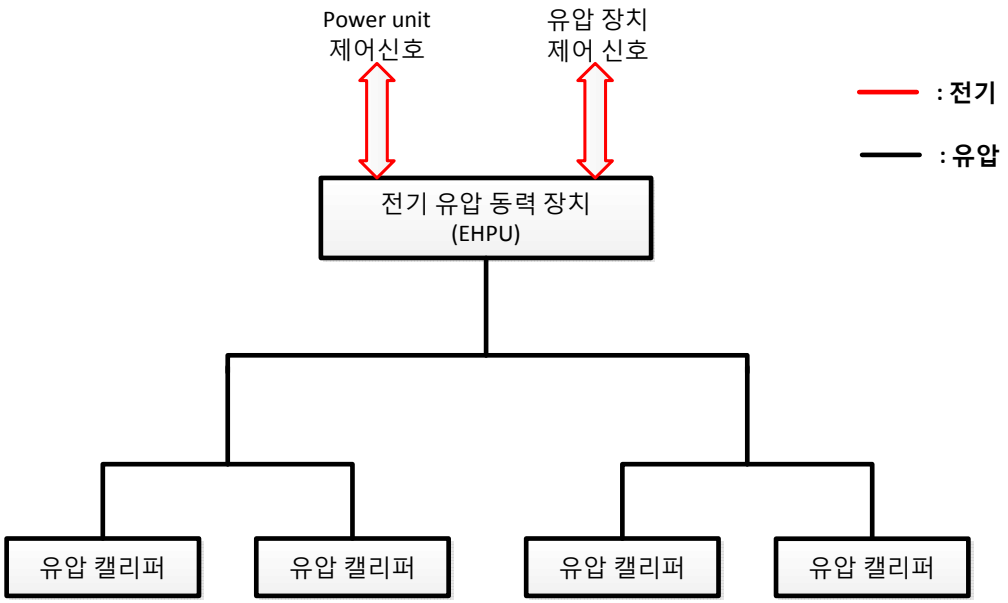
4) 공기제동시스템을 유압제동시스템 변경에 따른 경량화 검토

가) 유압제동시스템 검토 목적

○ 기존 인천공항 자기부상열차의 경우 공압을 유압으로 변환하여 제동캘리퍼를 적용하는 시스템으로 구성되어 있으며, 이에 따른 공유압변환기가 적용되었다. 유압제동시스템 적용시 공유압변환에 따른 제동력 손실 방지, 공유압변환기 및 일부 부품 삭제가 가능하다.



[그림 774]기존 제어시스템 블록 다이어그램



[그림 775]유압제동시스템 블록 다이어그램

나) 제동시스템 외형 및 중량 비교

○ 아래 표와 같이 유압제동시스템 적용시 공유압변환기 삭제 등으로 기존 공유압변환 시스템대비 29.1kg/량 중량 감소가 가능하다

[표 247]제동시스템 외형 및 중량 비교

구분	제동장치	제동제어장치	공유압변환기
공기 제동시스템			
유압 제동시스템			적용하지 않음.

구분	제동장치	제어장치	공유압 변환기	30L공기탱크 오버플로우밸브 차단콕크(SR,BC) SR, BC 배관	합계 (kg)
공유압제동	36.0	4.5	15.0	8.1/1.5/3.2/7.8 (20.6)	76.1
유압제동	30.0	7.0	N/A	10.0(부속물)	47.0

5) 공기압축기 기동장치(Compressor Motor Starting Box, CMSB) 미적용에 따른 경량화 검토

가) 공기압축기 직입 기동 검토

○ 기존 도시형 자기부상열차 공기압축기 기동장치는, 공기압축기 사양상 모터를 50Hz로만 구동이 가능하므로, 공기압축기 기동장치의 고장 시에 바이패스 기동(직입 기동)이 불가능하며, 해당 공기압축기 사용이 제한됨.

○ 보조전원장치 용량 여유가 있으므로 공기압축기 기동 전류를 보조전원장치의 용량으로 흡수가 가능하여, 공기압축기 기동장치를 적용하지 않아도 기동할 수 있도록 공기압축기 기동장치의 기능을 제어회로에 포함 개선하였다.

나) 공기압축기 직입 기동 적용시 효과 검토

① 직입기동 적용 시 중량 개선 효과 검토

○ 공기압축기 기동장치 미적용(1량)

- 장치 중량 감소 : -40 kg(설계 및 실측중량)
- 취부 볼트 4개 감소, 연결 배선용 자재 감소 : -1.5 kg(예상치)

○ 제어회로 부품 적용(배전반 설치 기준, 1량)

- 입력전원 검지 계전기 1개, 접촉기 1개, On Delay Timer 1개, 일반 계전기 2개(관련 배선 포함) : + 7.5 kg(예상치)

○ 중량 개선 효과 : -34 kg/량

- (공기압축기 변경에 따른 중량 변경 사항은 고려하지 않음)

② 경제성 검토

○ 에너지 소비 개선 효과 검토

- 공기압축기 기동장치 미적용에 따른 소비전력 감소효과는 미미함.
- 경량화에 따른 에너지 소비 감소 : 2량 1편성 기준으로 68kg 중량 감소는 국내 기준 1인 탑승 중량에 해당하며, 승객 1인 수송에너지 만큼의 에너지 절감이 가능함.

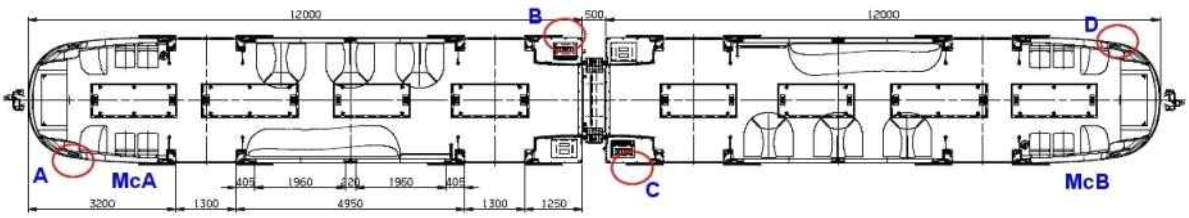
○ 재료비 개선 효과 검토

- 공기압축기 기동장치 재료비 감소 : 약 700만원
- 제어회로 부품 적용에 따른 재료비 증가 : 약 100만원
- 1량 기준으로 약 600만원의 재료비 감소 기대

6) 배선 최적화에 따른 경량화 검토

가) 기기 배치 검토

○ 외부수전 커넥터 변경 검토



[그림 776]외부수전 커넥터 위치

- 기존 인천공항 자기부상열차의 경우, 검수고 스팅거 설비에 맞추어 McA 및 McB에 각각 부상전원 및 제어전원용 외부수전 커넥터가 설치되어 있다.
- 하지만, McA 및 McB에 각 하나씩의 부상전원 및 제어전원용 외부수전커넥터만 설치하고 차량 구조에 맞게 검수고 설비를 구현할 경우에는 배선 경량화 및 재료비 감소를 기대할 수 있다.
- 중량 및 재료비 감소 검토

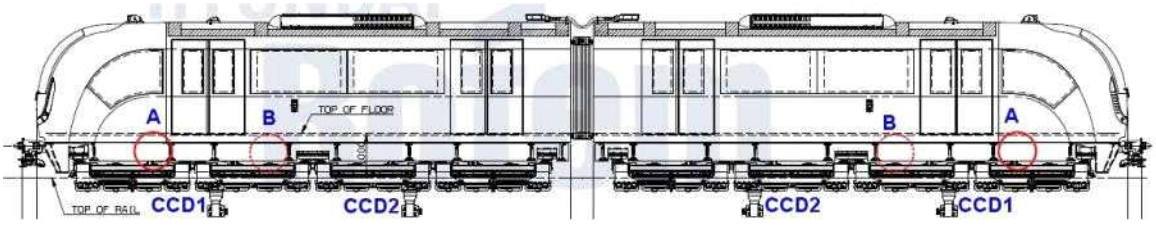
[변경 전] A,D : 부상전원용 외부수전커넥터 설치
B,C : 제어전원용 외부수전커넥터 설치
[변경 후] B : 부상전원용 외부수전커넥터 설치 (A 미설치)
C : 제어전원용 외부수전커넥터 설치 (D 미설치)
[중량 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	계산중량	비고
A(또는 D) 배선량	30m (50mm^2)	**17.7 kg**	배선 삭제
1) 외부수전커넥터 삭제에 따른 중량 감소는 없는 것으로 간주함 (기존 설치 시 볼스터 설치부위 컷팅 중량과 거의 동일한 것으로 판단). 2) B, C의 배선량은 기존과 동일함(동일 사양 케이블 적용).			

[재료비 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	수량	예상 재료비	비고
A(또는 D) 배선량	30m (50mm^2)	**366,000 원**	배선 삭제
외부수전커넥터	1 Set	**124,000 원**	장치 삭제

○ 단로기(PDS, NDS Box) 위치 변경 검토



[그림 777]단로기 위치 위치

- 기존 인천공항 자기부상열차의 경우, 단로기(PDS, NDS Box)의 설치 위치가 집전장치(CCD)가 1번대차 후위측과 2번대차 전위측에 설치되는 것을 기준으로 배치한 설계이나, 최종적으로는 집전장치의 위치를 2번대차 전위측과 3번대차 후위측으로 간격을 좀더 넓힌 상태이다. 집전장치의 배치를 현재와 같이 유지하는 조건에서 단로기의 설치위치를 기존 A 위치에서 B 위치로 변경할 경우에는 집전장치 배선에 소요되는 케이블 길이의 감소가 가능하다. 또한, 기존 B위치에 설치되어 있던 Main Fuse Box와 PDS Box를 일체형으로 제작할 경우, 추가적인 경량화가 가능하다.

- 중량 및 재료비 감소 검토

[변경 전] A : 전차선 +측 PDS Box(전차선 -측 NDS Box)

B : 전차선 +측 Main Fuse Box(전차선 -측 타 장치)

[변경 후] A : 타 장치 배치

B : 전차선 +측 Main Fuse+PDS 일체형 Box(전차선 -측 NDS Box)

[중량 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	계산중량	비고
집전장치 배선	10m ($70mm^2$)	**9.1 kg**	배선 감소
PDS Box와 Main Fuse Box간 배선	2.5m ($185mm^2$)	**4.7 kg**	배선 삭제

※ Main Fuse Box와 PDS Box 일체형 제작에 따른 중량 감소는 없는 것으로 가정.

[재료비 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	예상 재료비	비고
집전장치 배선	10m ($70mm^2$)	**230,000 원**	배선 감소
PDS Box와 Main Fuse Box간 배선	2.5m ($185mm^2$)	**105,500 원**	배선 삭제

7) 추진인버터 재질 개선을 통한 경량화 검토

가) 공기압축기 직입 기동 검토

나) 기타 - 전선 덕트 및 주전장품 형상 관련

○ 기존 상하(U/F) 전선 덕트의 경우, 좌/우 덕트가 서로 연결되지 않기 때문에 배선 우회로 인한 중량 증가가 있었고, 고압라인의 경우 주전장품 인입부 위치가 McA 및 McB가 서로 상이하므로 배선 우회에 따른 중량 증가가 있었다. 하지만, 전선 덕트 형상 및 주전장품 인입부를 변경할 경우 다른 설계에 영향을 미치는 요인이 있으므로 충분한 검토 및 설계에 따라서 변경을 해야 하므로 이번 검토 대상에서는 제외한다.

8) 케이블 단면적 최적화 검토

가) 선형유도전동기(LIM) 적용 케이블 단면적 검토

○ 현재 인천공항 자기부상열차에 적용된 선형유도전동기의 케이블은 95mm2을 적용하였다. 하지만, 노선 운영조건에 따른 평균전류가 200A를 약간 상회하는 수준이므로 70mm2을 적용하여도 평균전류 200A를 충분히 커버가 가능할 것으로 예상된다.

○ 중량 및 재료비 감소 검토

[변경 전] 선형유도전동기 전원케이블(U,V,W) 95mm^2 적용

[변경 후] 선형유도전동기 전원케이블(U,V,W) 70mm^2 적용

[중량 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	계산중량	비고
선형유도전동기 배선	100m (95mm^2)	**121.7 kg**	변경 전
	100m (70mm^2)	**91.4 kg**	변경 후

▸ 최종 감소 중량 = 121.7 - 91.4 = **30.4 kg**

[재료비 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	예상 재료비	비고
선형유도전동기 배선	100m (95mm^2)	**2,462,400 원**	변경 전
	100m (70mm^2)	**2,300,000 원**	변경 후

▸ 최종 감소 재료비 = 2,462,400 - 2,300,000 = 162,400 원

나) 전자석 코일 적용 케이블 단면적 검토

○ 현재 인천공항 자기부상열차에 적용된 전자석 코일의 케이블은

16mm2을 적용하였다. 하지만, 전자석의 정격전류(40A 이하) 및 만차 과부하 조건(1계 고장) 시의 평균전류(80A 1분 이하)를 고려하여도 10mm2을 적용하여도 무방할 것으로 예상된다.

○ 중량 및 재료비 감소 검토

[변경 전] 전자석 코일 케이블 16mm^2 적용

[변경 후] 전자석 코일 케이블 10mm^2 적용

[중량 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	계산중량	비고
전자석 코일 배선	280m (16mm^2)	**70.0 kg**	변경 전
	280m (10mm^2)	**51.8 kg**	변경 후

▸ 최종 감소 중량 = 70.0 - 51.8 = **18.2 kg**

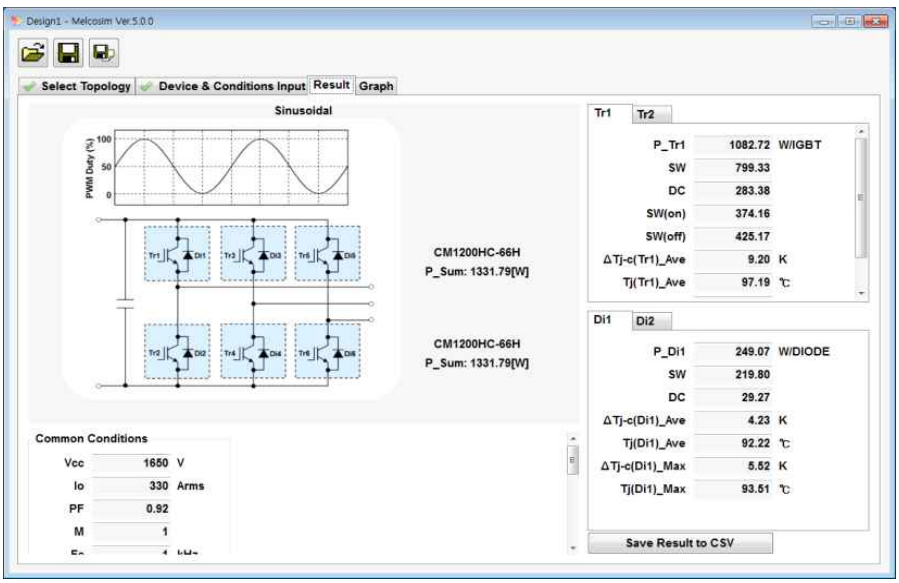
[재료비 감소 계산(예상)- 1량 기준]

구분	소요길이	예상 재료비	비고
전자석 코일 배선	280m (16mm^2)	**1,502,480 원**	변경 전
	280m (10mm^2)	**958,440 원**	변경 후

▸ 최종 감소 재료비 = 1,502,480 - 958,440 = **544,040 원**

9) 추진인버터 개선을 통한 경량화 검토

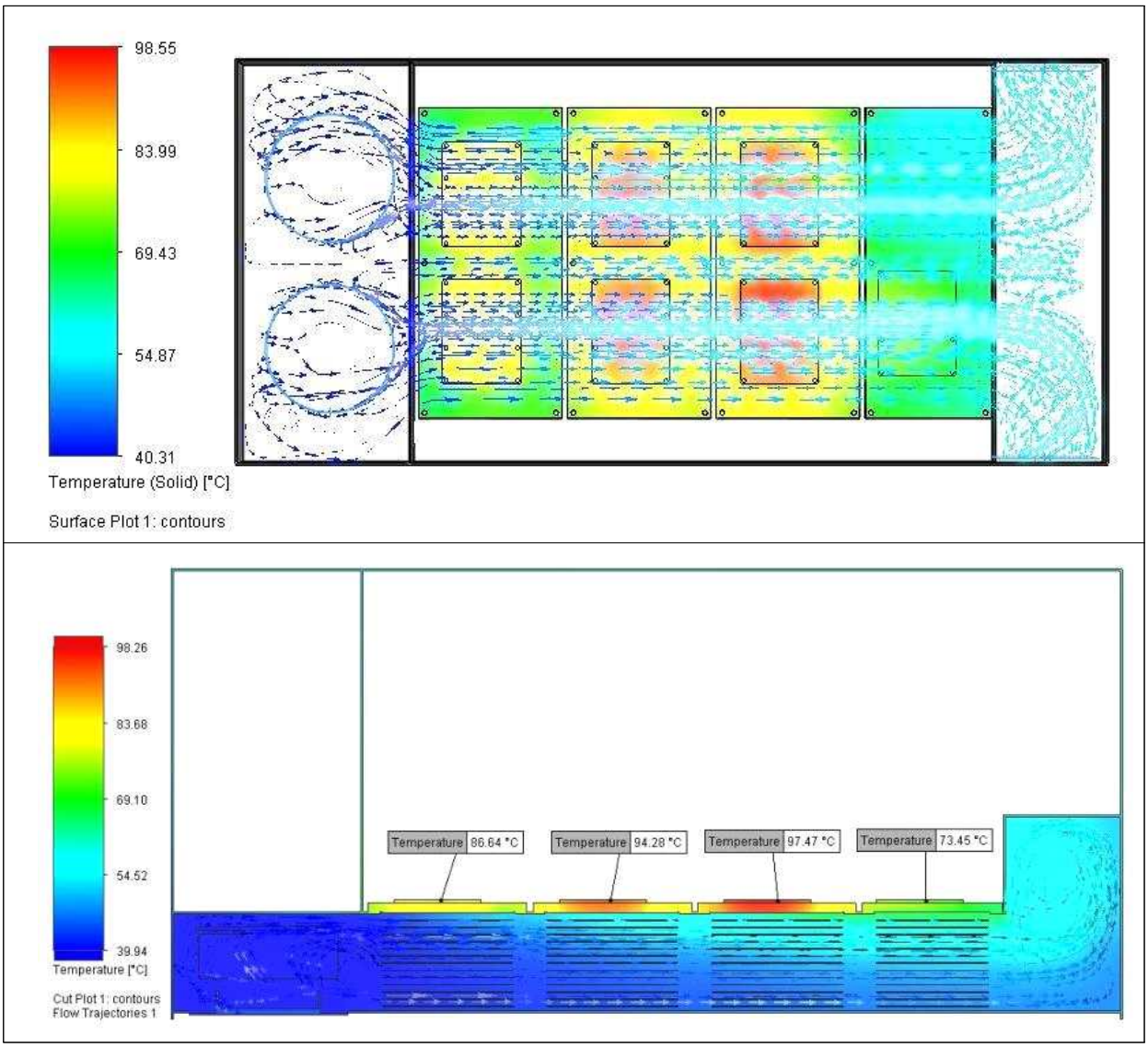
가) 기추진제어장치 손실 시뮬레이션 실시



[그림 778]자기부상열차 추진제어장치 손실계산 시뮬레이션

나) 히트싱크 열해석 실시

○ 손실 시뮬레이션에 따른 열해석을 실시하였으며, 현재 시스템에서 최고 온도는 히트싱크의 TOP 부분이며, 최고 온도는 98℃이며, △T = 58℃이므로 현 시스템의 규격을 만족함.

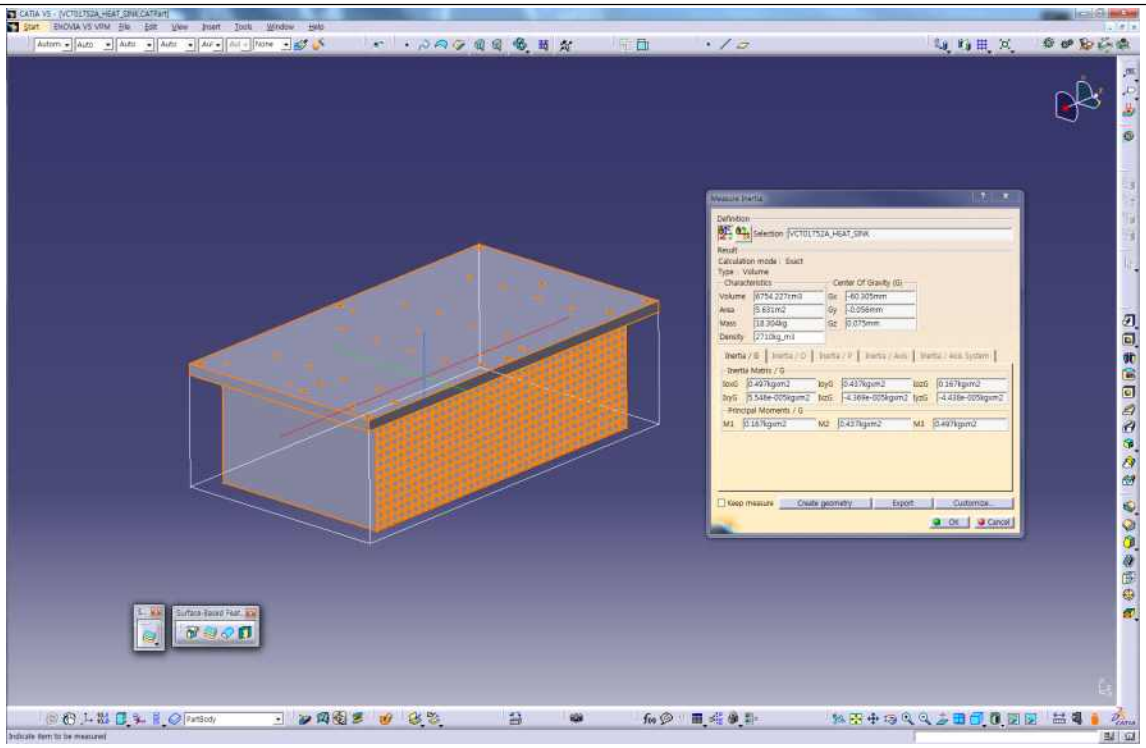


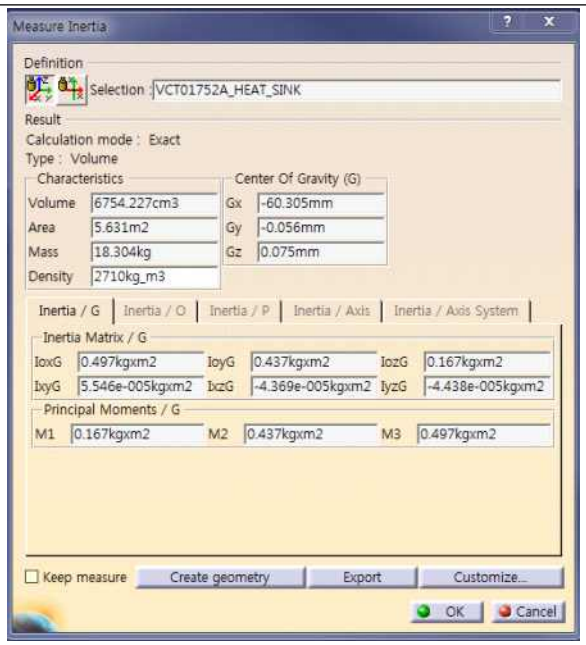
[그림 779]자기부상열차 추진제어장치 열해석 결과

다) 히트싱크 최적화 실시

○ Heat sink 사이즈를 최적화하였을 때 무게 감량 3.4kg 감량

기존 Heat sink 사이즈에 대한 무게 해석

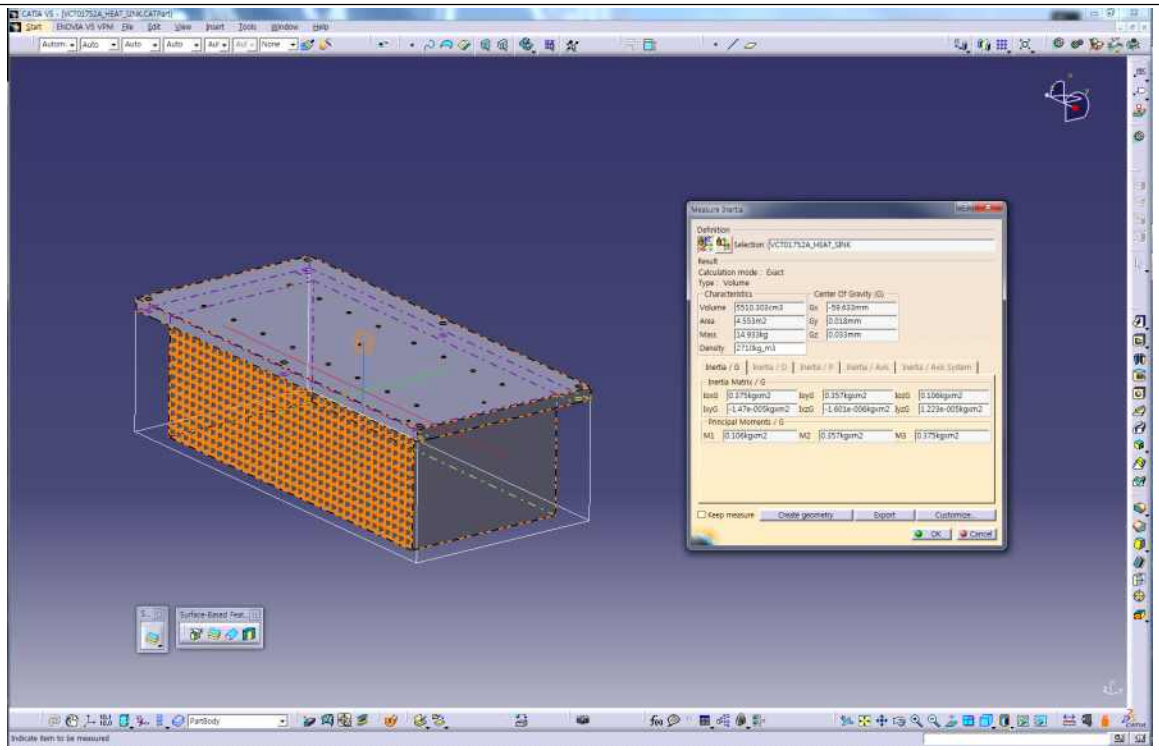


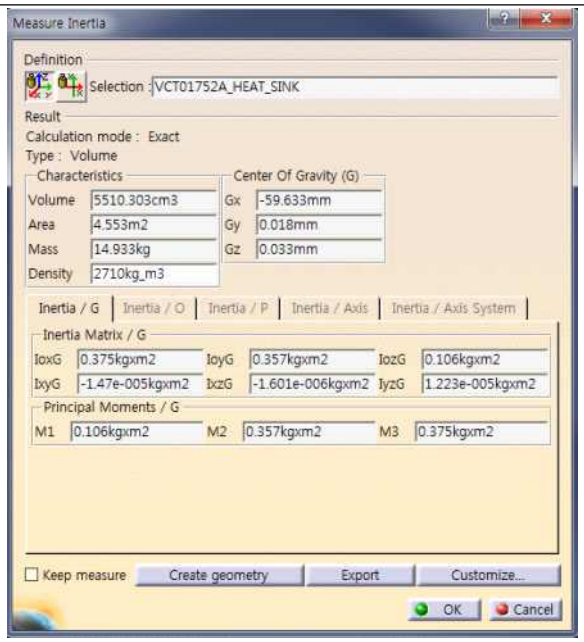


해석 결과

- 재질 : 알류미늄
- 중량 : 18.3 kg(100%)

개선 후 Heat sink 사이즈에 대한 무게 해석





해석 결과

- 재질 : 알류미늄
- 중량 : 14.9 kg(82%)

[표 248]Heat sink 크기 및 중량 비교

구 분	기존	개선 후
사이즈 (가로mm * 세로mm * 높이mm)	544 * 300 * 165	544 * 250 * 165
중량(kg)	18.3 kg(100%)	14.9 kg(82%)

라) 추진제어장치 개선을 통한 경량화

① BOX 중량 저감 개선설계

○ 3D tool을 이용한 추진제어장치 박스 구조변경, 축소, 개선을 통한 중량 저감 및 설계

	기존	개선 후	감량
Heat sink 1,2,3	18.3kg * 3 EA	14.9kg * 3 EA	10.2 kg
BOX	96.5kg	75.4kg	21.1 kg
총 무게 감량			31.3 kg

10) 필터 리액터 재질 개선을 통한 경량화

○ 유한요소해석법을 기반으로 전자기특성해석을 실시하였다.

가) 설계 및 해석 모델

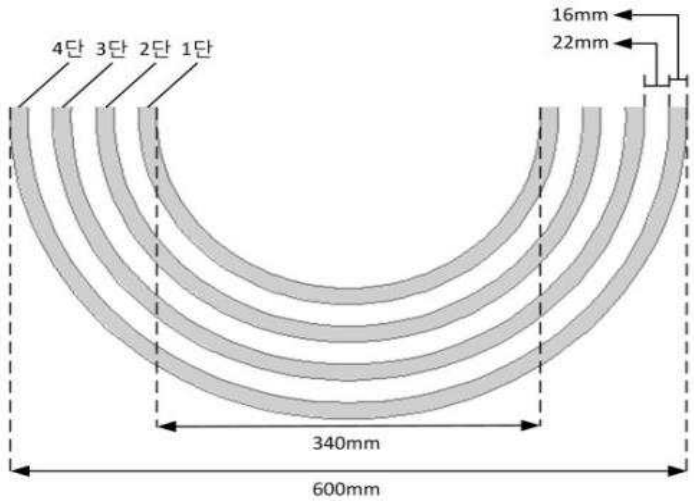
○ 리액터의 소형화·경량화.

○ 소형화·경량화를 위한 설계 변수 : 외반경, 단 수, 턴 수 및 축방향 길이.

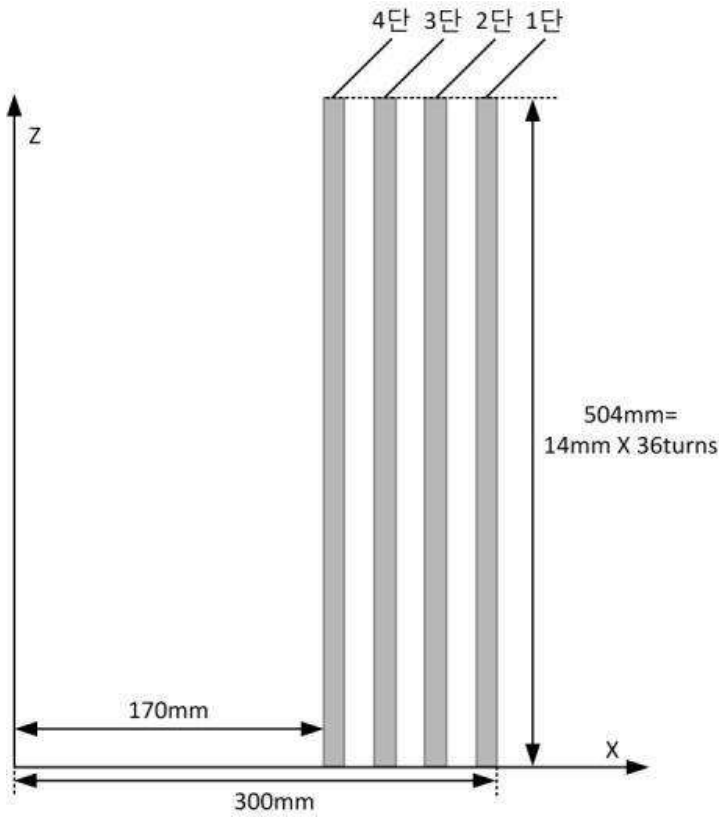
○ 동일 냉각 조건을 가정하기 위해 권선 간 간격 및 단면적은 고정.

○ 동일한 인덕턴스에서 체적과 무게를 감소를 위한 설계 수행.

○ 리액터의 설계 모델은 아래와 같음.



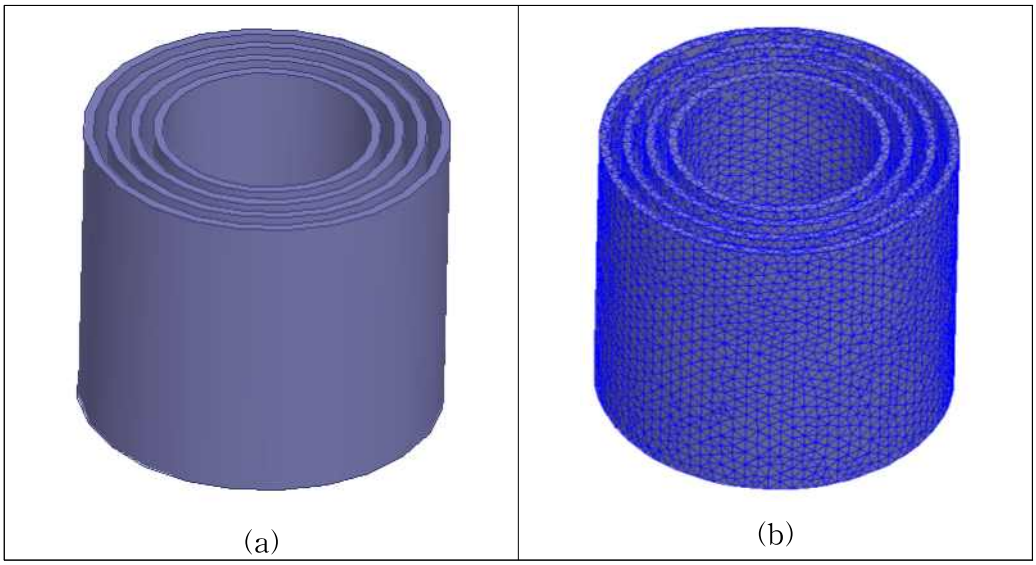
[그림 780]자기부상열차 리액터 설계 및 해석모델(위측)



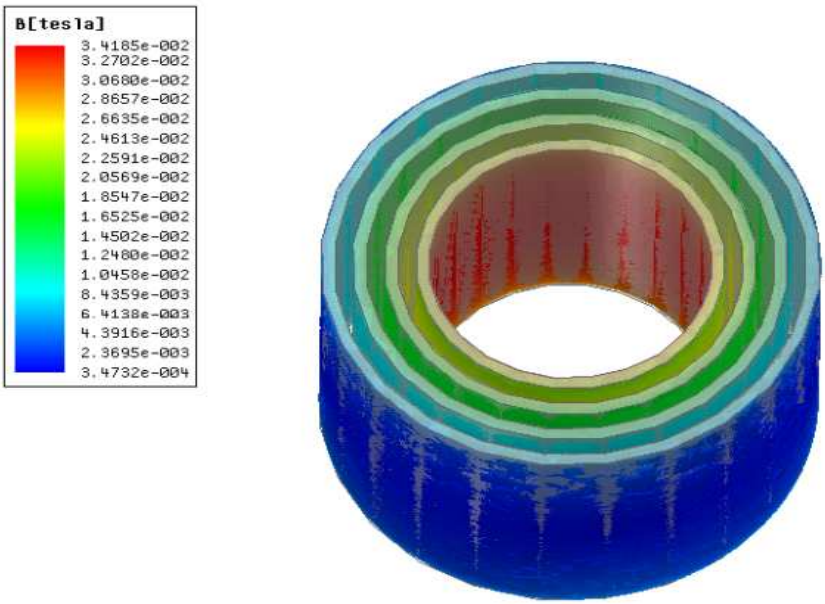
[그림 781]자기부상열차 리액터 설계 및 해석모델(단측)

나) 공심형 리액터 특성해석결과

① 초기 모델 해석 결과



[그림 782]공심형 리액터 3-d 유한요소 해석 모델



[그림 783]공심형 리액터 자속밀도 분포(해석시 전류 : 40[A])

[표 249]초기 모델 해석 결과

구 분	초기 모델
중량 [kg]	128
사이즈 [mm]	600*600*504
인덕턴스 [mH]	4.7
저항 [mOhm]	26.8
재질	AL 1050
전류밀도	$0.8[A/mm^2]$

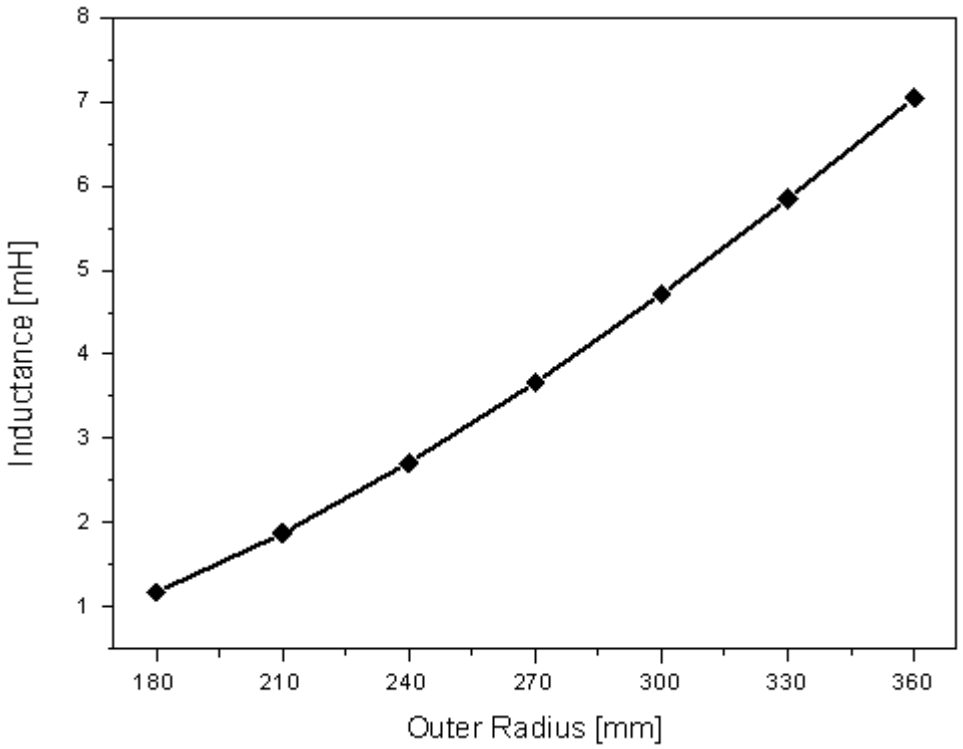
② 반경 조정

○ 축방향 길이와 턴 수 고정하고 외반경을 조정하면서 해석 수행.

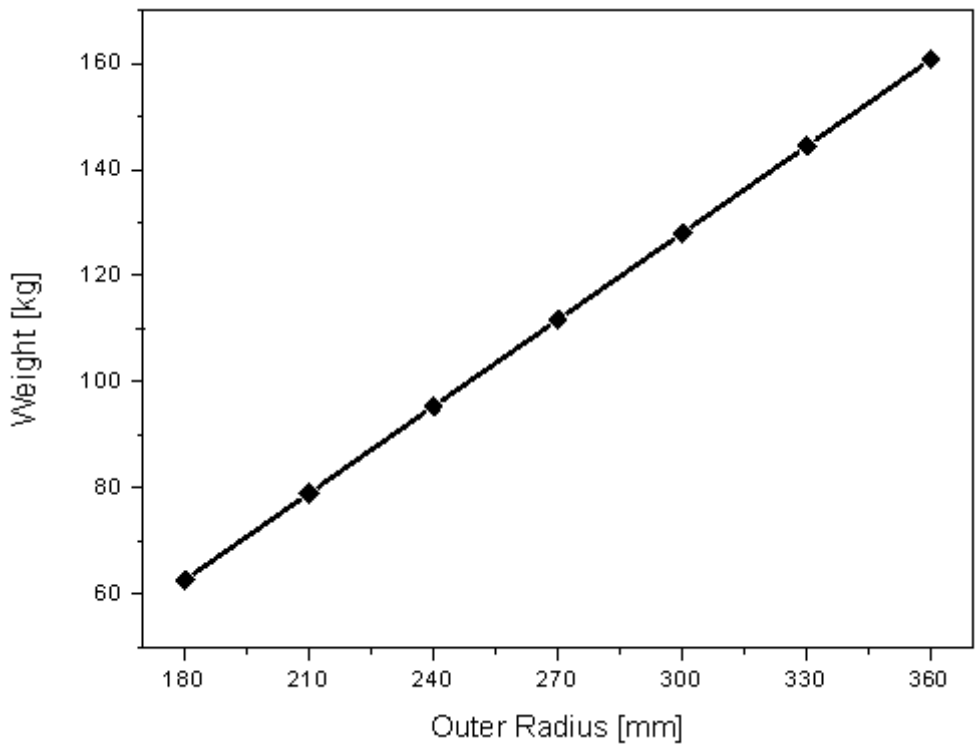
○ 해석 범위는 180 [mm] ~ 360 [mm] 까지이며 30 [mm] 씩 변화를 줌.

○ 코일의 단면적과 코일 간 거리 고정.

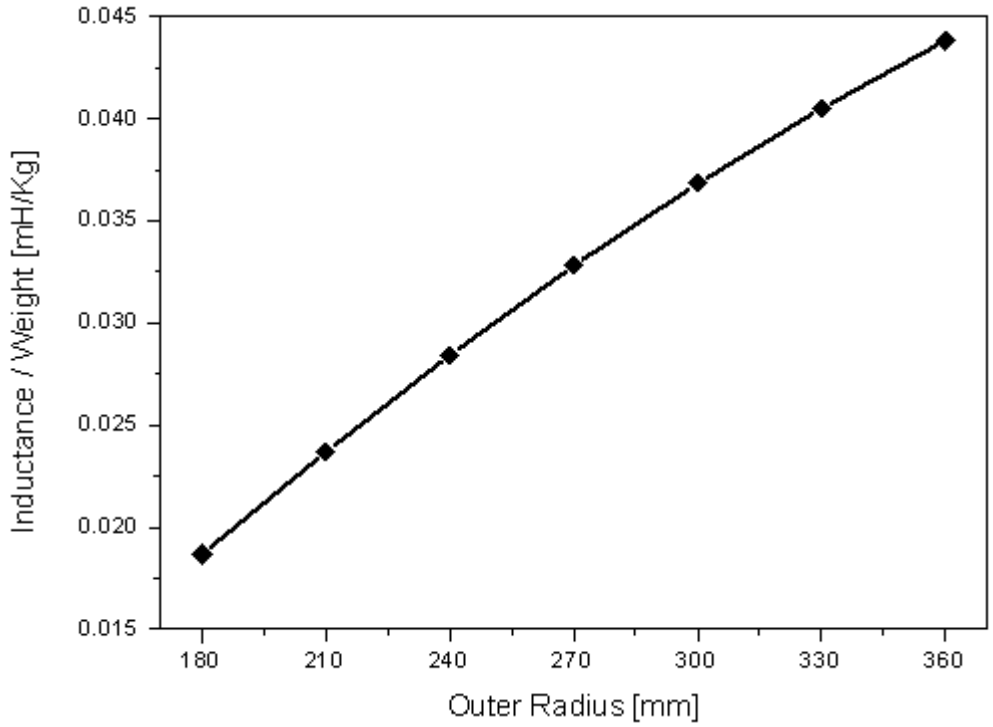
○ 반경 조정에 따른 인덕턴스와 중량, 중량 대비 인덕턴스 값 해석.



[그림 784]외반경에 따른 인덕턴스(Inductance)



[그림 785]외반경에 따른 중량(weight)

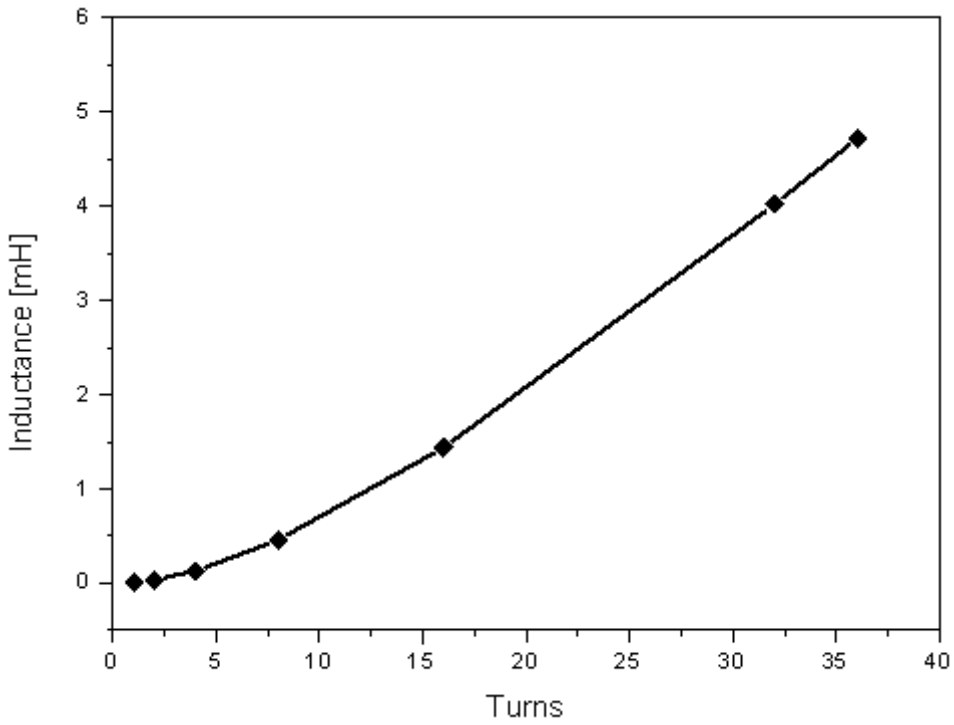


[그림 786]외반경에 따른 중량당 인덕턴스(Inductance/weight)

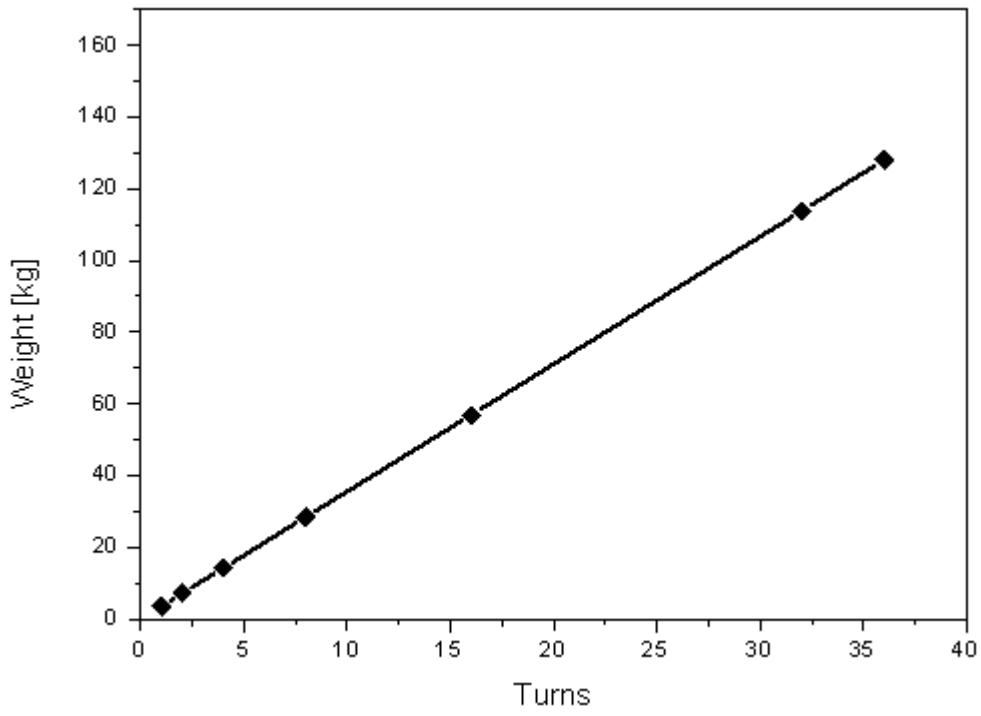
- 위 그림의 해석 결과를 보면 외반경이 줄어들면서 체적과 중량이 줄어들게 되지만 인덕턴스 값 역시 작아지는 것을 알 수 있음.
- 위 그림의 해석 결과를 보면 외반경이 줄어들수록 중량당 인덕턴스의 값이 줄어들게 되므로 에너지밀도 측면에서 떨어진다는 것을 알 수 있음.

③ 축방향 길이 감소

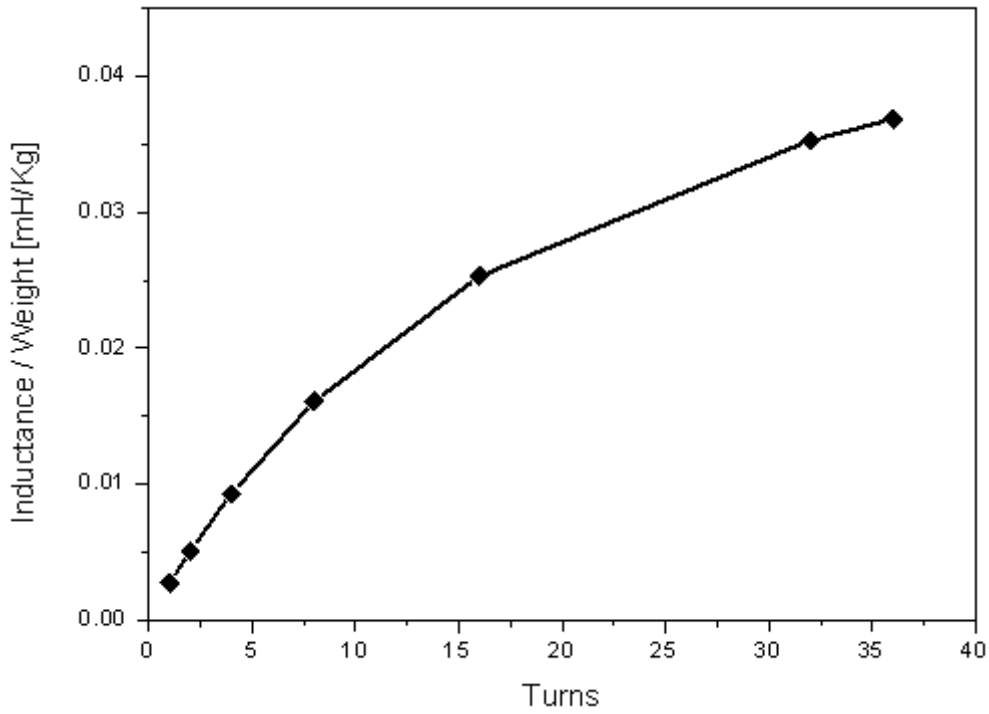
- 외반경 고정하고 턴 수와 축방향 길이를 줄여가면서 해석.
- 해석 범위는 턴 수를 조정하며 축방향 길이는 1 턴 당 14 [mm] 감소.
- 코일의 단면적과 코일 간 거리 고정.
- 턴 수 와 축방향 길이에 따른 인덕턴스와 중량, 중량당 인덕턴스 값 해석.



[그림 787]턴 수 및 축방향 길이에 따른 인덕턴스(Inductance)



[그림 788]턴 수 및 축방향 길이에 따른 중량(Weight)

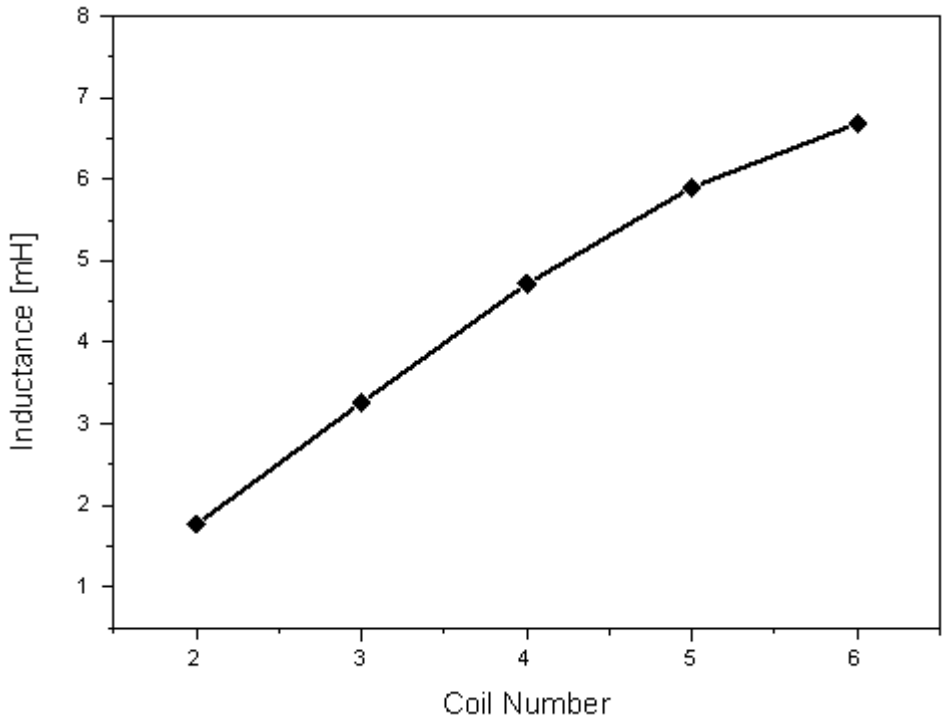


[그림 789]턴 수 및 축방향 길이에 따른 중량당 인덕턴스(Inductance/Weight)

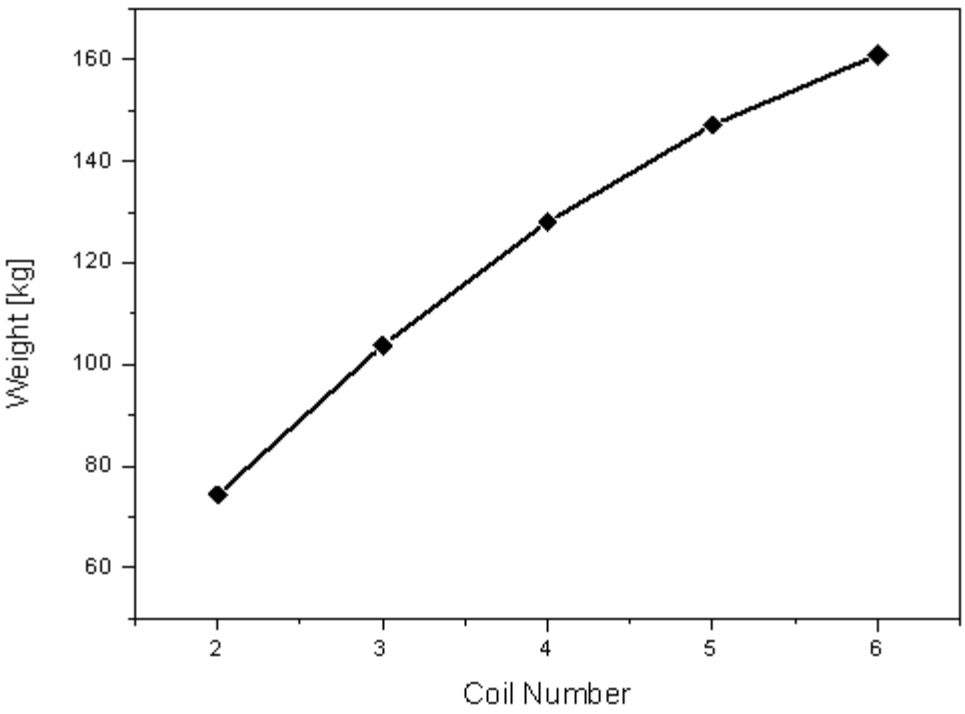
- 위 그림의 해석 결과를 보면 턴 수 및 축방향 길이가 줄어들면서 체적과 중량이 줄어들게 되지만 그림 2.2.5.6에서 인덕턴스 값 역시 작아지는 것을 알 수 있음.
- 위 그림의 해석 결과를 보면 턴 수 및 축방향 길이가 줄어들수록 중량 대비 인덕턴스의 값이 줄어들게 되므로 효율이 떨어진다는 것을 알 수 있음.
- => 반경이나 턴 수 및 축방향 길이를 감소시켜 리액터의 체적을 줄일 수는 있겠으나 인덕턴스의 크기가 줄어들고 중량당 인덕턴스의 크기가 작아지는 것을 알 수 있음.

④ 코일 단 수 조정

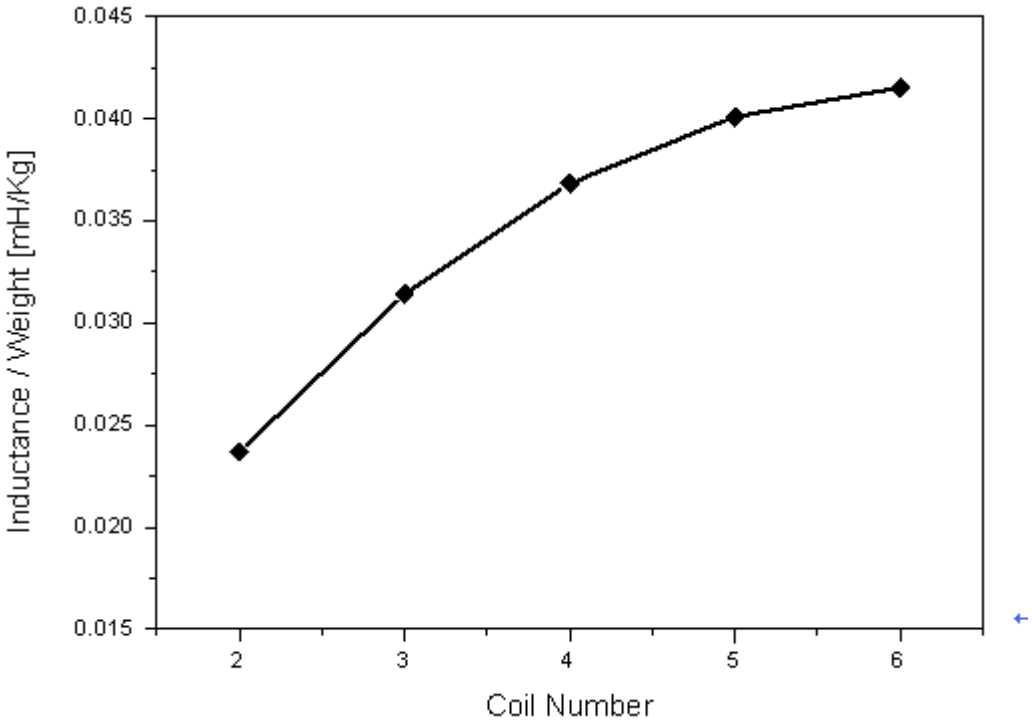
- 최외각반경, 축방향 길이와 턴수를 고정하고 코일단수를 조정하면서해석 수행.
- 해석 범위는 2단~6단까지이며 1단씩 변화를 줌.
- 코일의 단면적과 코일 간 거리 고정.
- 코일 단 수 조정에 따른 인덕턴스와 중량, 중량당 인덕턴스 값 해석.



[그림 790]코일 단 수에 따른 인덕턴스(Inductance)



[그림 791]코일 단 수에 따른 인덕턴스(Weight)

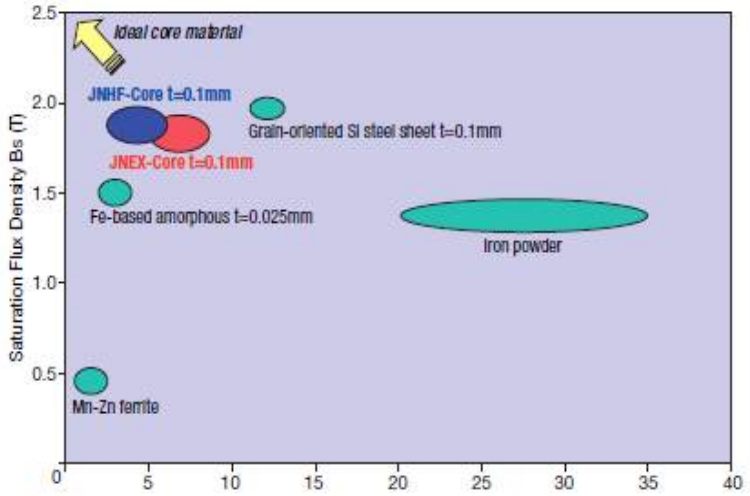


[그림 792]코일 단 수에 따른 중량당 인덕턴스(Inductance/Weight)

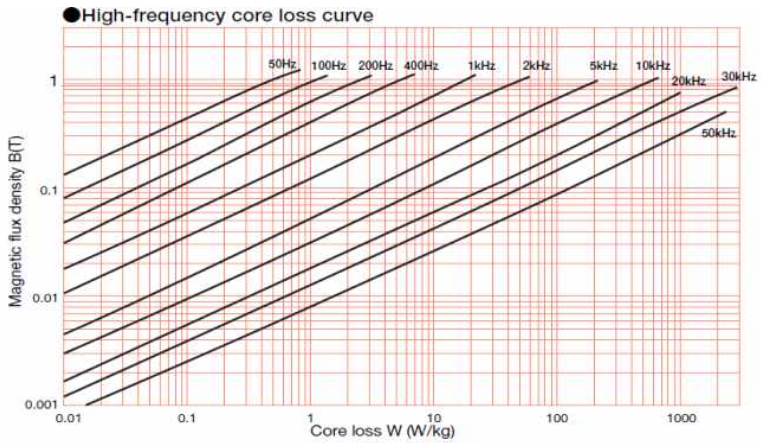
- 위 그림의 해석 결과를 보면 코일 단 수가 줄어들면서 중량이 줄어들게 되지만 인덕턴스 값 역시 작아지는 것을 알 수 있음.
- 위 그림의 해석 결과를 보면 코일 단 수가 줄어들수록 중량당 인덕턴스의 값이 줄어들게 되므로 효율이 떨어진다는 것을 알 수 있음.
- => 전체의 해석 결과를 종합해 볼 때 리액터 권선의 반경/축방향길이/단수를 줄일수록 중량당 인덕턴스 값이 작아짐.
- => 공심형 리액터의 경우 공기와 코일의 투자율이 동일하고 자성체가 존재하지 않기 때문에 에너지밀도는 체적에 비례하게 되므로 소형 및 경량화가 어려움.
- => 체적을 늘리게 될 경우 중량당 인덕턴스값이 늘어나므로 경량화가 가능하지만 자기 회로 구조상 외부 요인의 영향을 받기 쉬움.
- => 따라서 본 연구에서는 소형 경량화를 위해 실리콘 함량이 6.5[%] 정도인 슈퍼 마그네틱 코어를 사용하여 해석을 진행함.

다) 철심형 리액터 특성 해석

① 철심 재질 사양

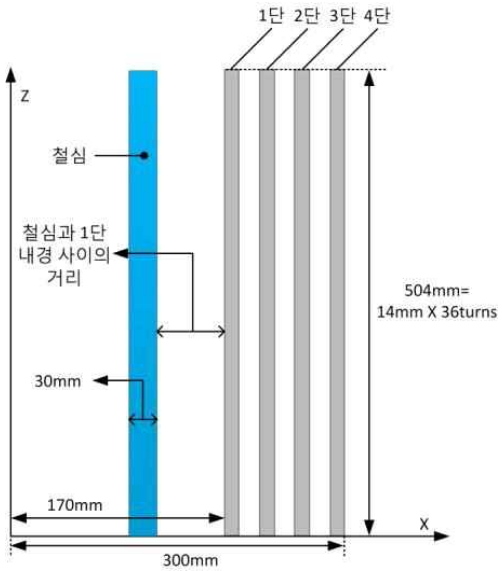


[그림 793]코일 20kHa, 0.05T[W/kg]에서의 코어 손실 비교



[그림 794]고주파수 코어손실 곡선

② 철심을 이용한 자기회로 구성과 철심의 두께 조정



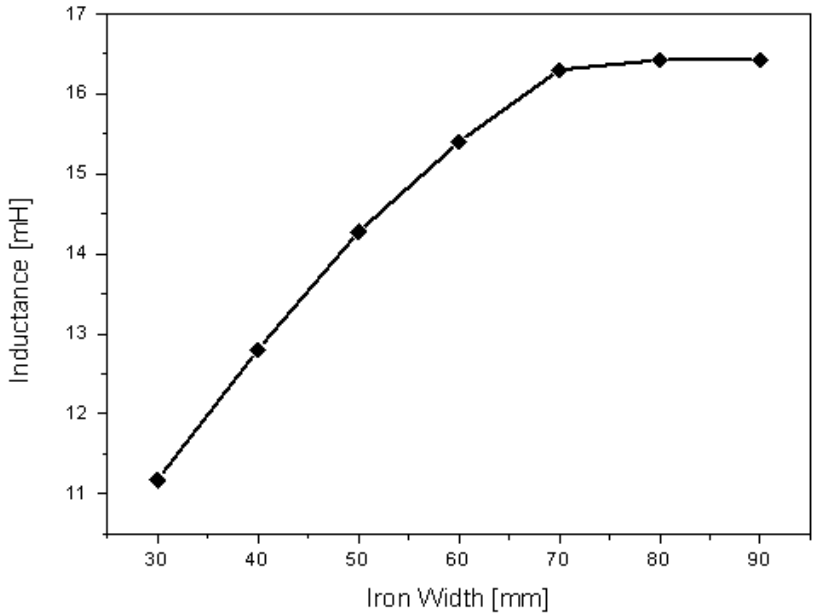
[그림 795]철심형 리액터의 해석사양

○ 철심은 공극보다 훨씬 높은 투자율을 가지므로 자기회로 상에서 자속이 집중될 수 있는 이점이 있음.

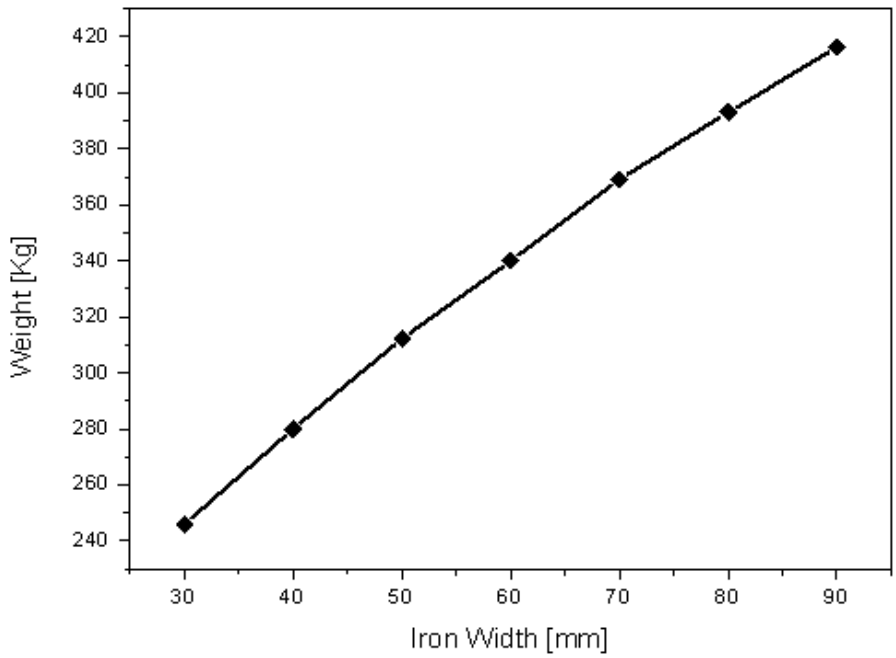
○ 최외각반경, 축방향 길이와 턴수 고정하고 철심 두께를 조정하면서 해석수행.

○ 코일의 단면적과 코일 간 거리 고정하고 철심은 1단 코일의 내경에 붙어있음.

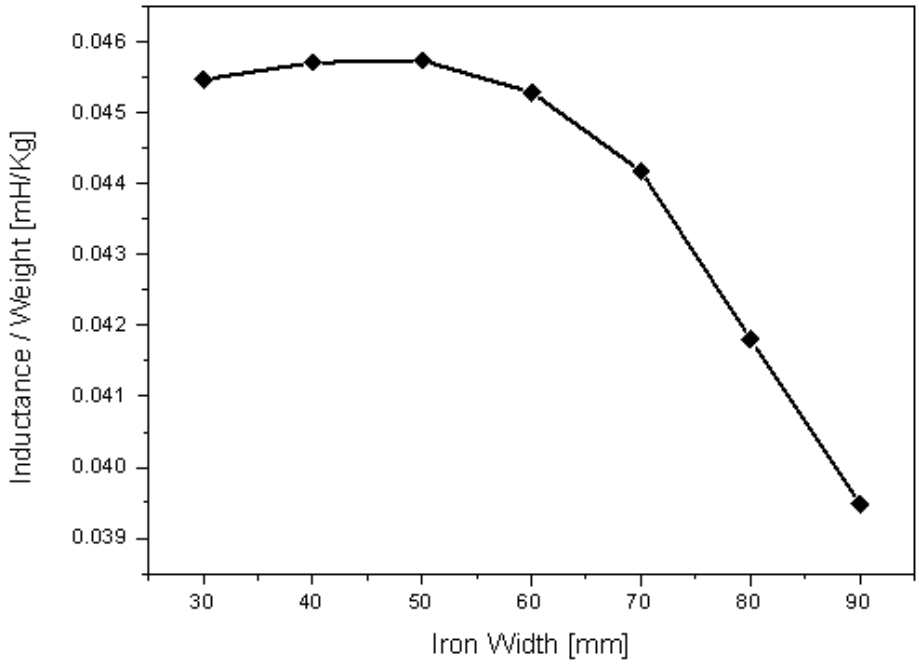
○ 철심의 두께 조정에 따른 인덕턴스와 중량, 중량 대비 인덕턴스 값 해석.



[그림 796]철심 두께에 따른 인덕턴스(Inductance)



[그림 797]철심 두께에 따른 중량(Weight)



[그림 798]철심 두께에 따른 중량대비 인덕턴스(Inductance/Weight)

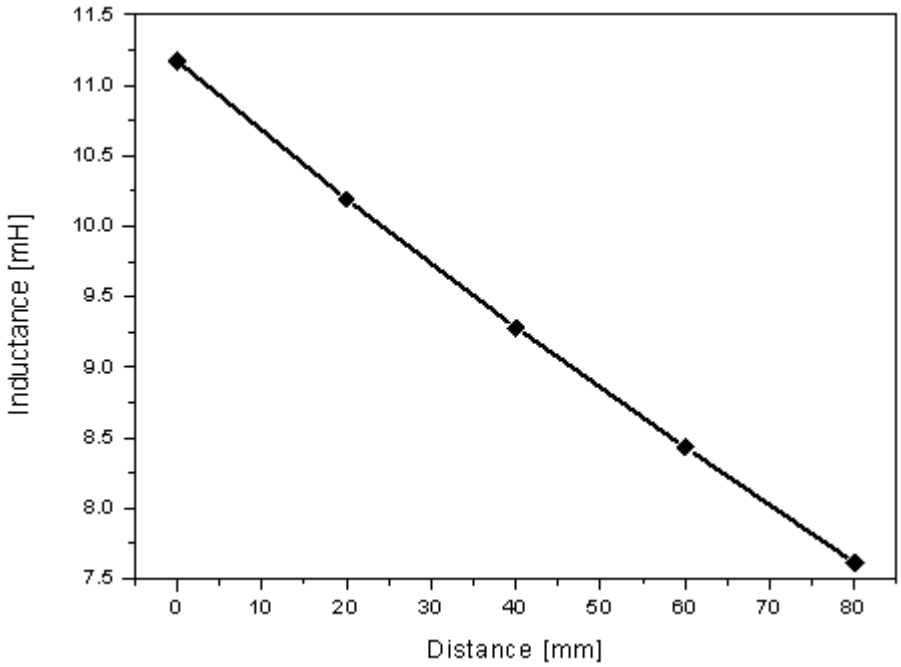
- 해석 결과를 보면 철심 두께가 증가하면서 중량이 커지게 되지만 인덕턴스 값 역시 커지는 것을 알 수 있음.
- 해석 결과를 보면 철심 두께가 증가할수록 중량당 인덕턴스의 값이 줄어들게 됨.
- 해석 결과를 보면 철심 두께 50 [mm] ~ 60 [mm]이하에서 높은 중량당 인덕턴스 값을 가지므로 철심 두께는 50[mm] ~ 60[mm]이하에서 가장 높은 에너지밀도를 가짐.
- 철심 두께가 50[mm]인 모델은 약 315[kg]으로 초기 모델의 중량(약 128[kg])대비 2.5배의 크기임.
- 경량화를 위해 축방향 길이를 40% 이하로 낮출 경우 그림 2.2.5.8에서와 같이 중량당 인덕턴스 값이 초기 모델 대비 50% 이하가 되어 인덕턴스 값이 3[mH] 이하가 될 것으로 예상됨.
- 따라서 비슷한 에너지밀도에서 가장 낮은 중량을 갖는 30[mm] 철심 두께 선정.

③ 철심과 1단 코일 내경의 거리 조정

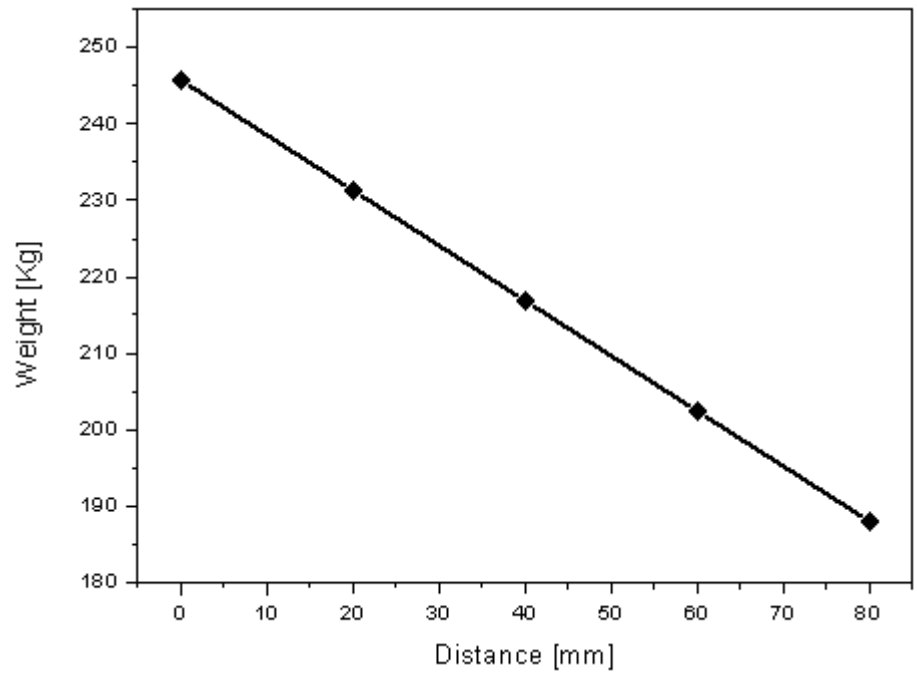
- 최외각반경, 축방향 길이와 턴 수 고정하고 철심과 1단 코일 내경의 거리를 조정하면서 해석 수행.

○ 코일의 단면적과 코일 간 거리 고정하고 철심의 두께는 30[mm] 으로 고정되어 있음.

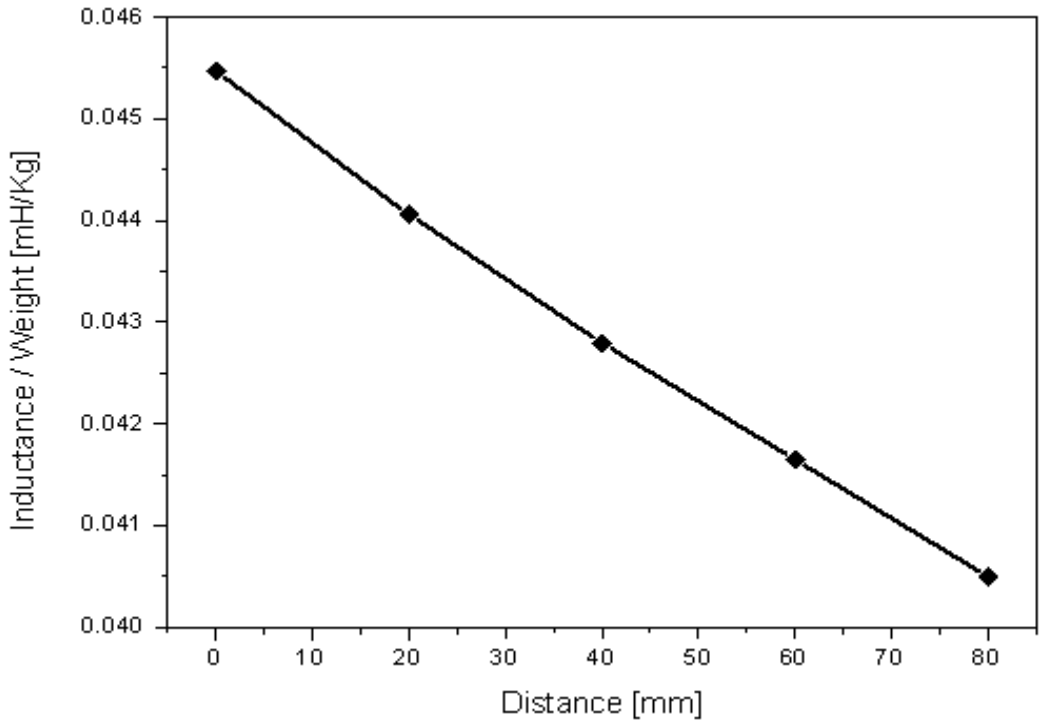
○ 철심의 1단 코일 내경의 거리를 조정에 따른 인덕턴스와 중량, 중량 대비 인덕턴스 값 해석.



[그림 799]철심과 코일 내경의 거리에 따른 인덕턴스(Inductance)



[그림 800]철심과 코일 내경의 거리에 따른 중량(Weight)

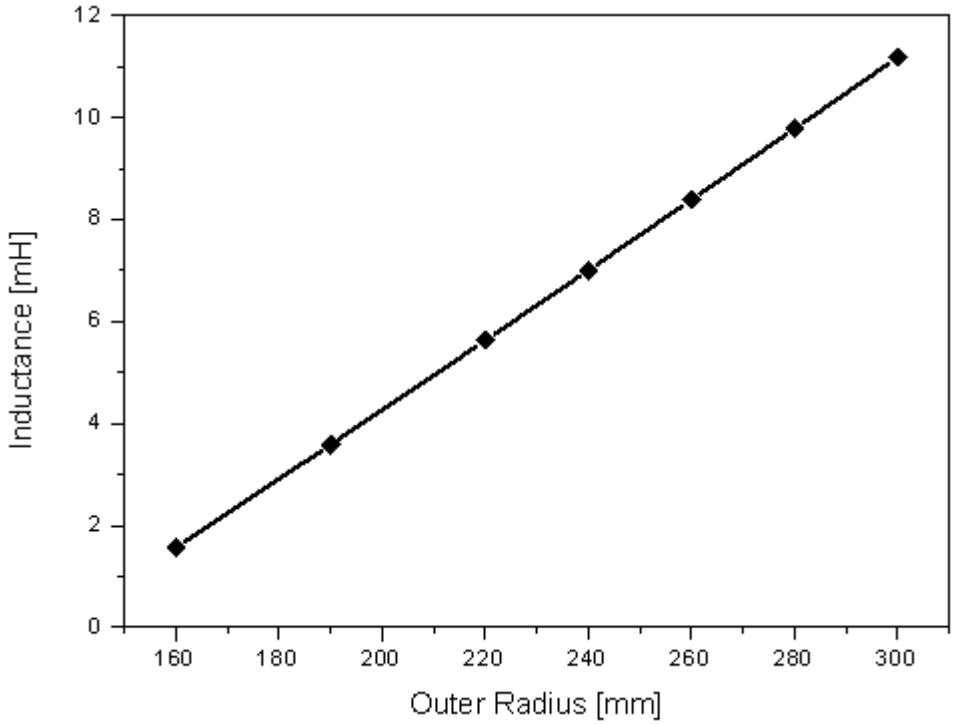


[그림 801]철심과 코일 내경의 거리에 따른 중량 대비 인덕턴스(Inductance/Weight)

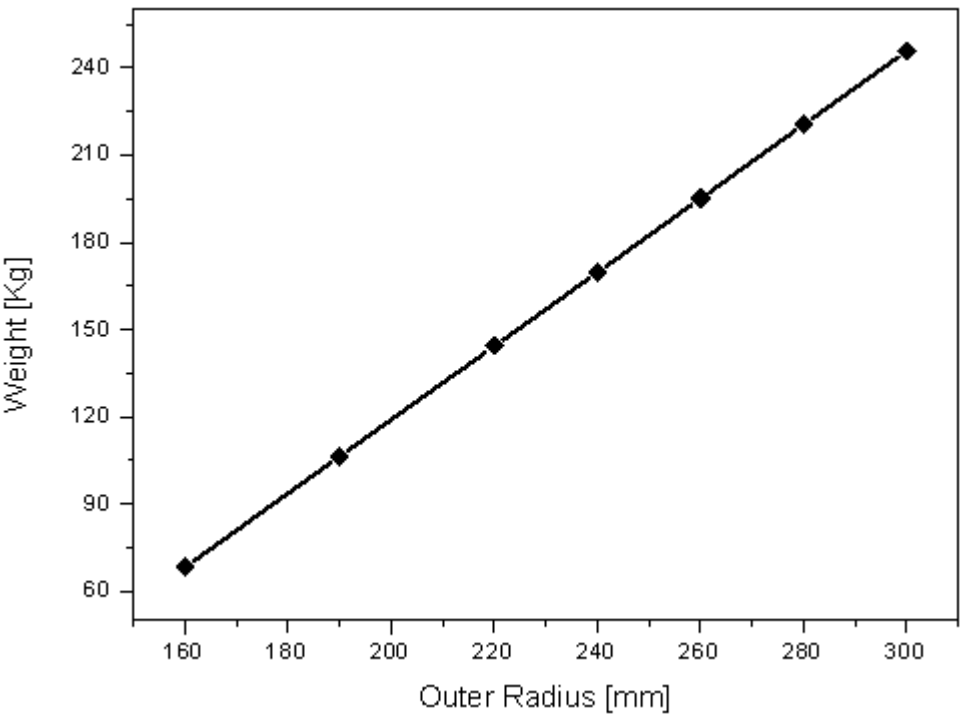
- 해석 결과를 보면 철심과 1단 코일 내경의 거리(Distance)가 멀어지면서 중량이 작아지게 되지만 그림 2.2.5.42에서 인덕턴스 값 역시 작아지는 것을 알 수 있음.
- 해석 결과를 보면 철심과 1단 코일 내경의 거리(Distance)가 멀어질수록 중량 대비 인덕턴스의 값이 줄어들게됨.

④ 반경 크기 조정

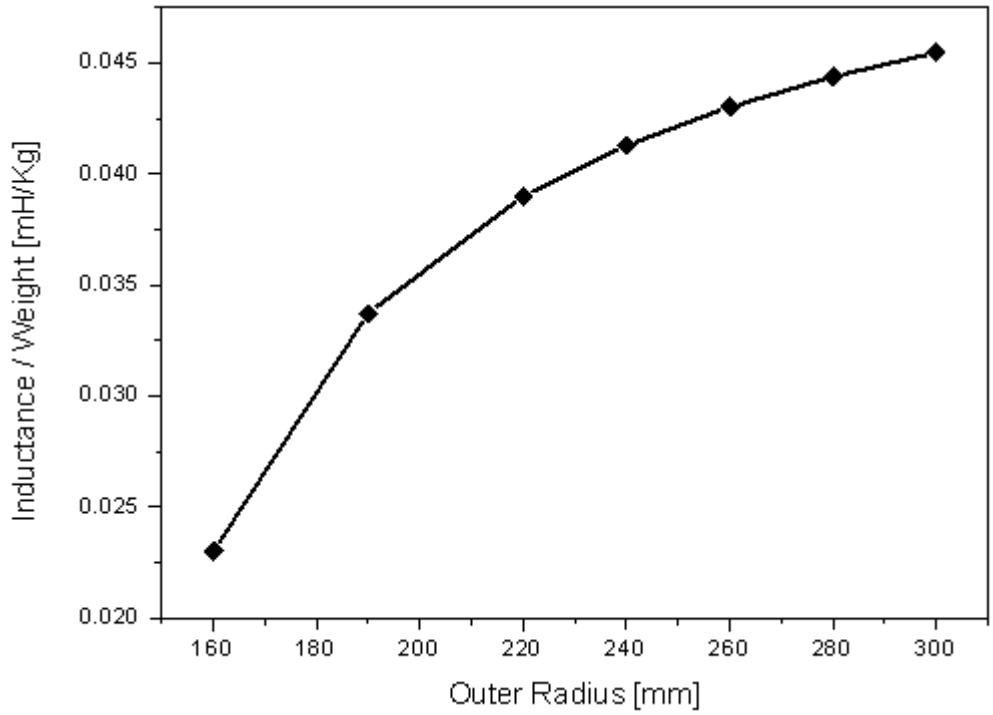
- 축방향 길이와 턴 수 고정하고 외반경을 조정하면서 해석 수행.
- 코일의 단면적과 코일 간 거리 고정하고 철심의 두께는 30[mm]으로 고정되어 있으철심과 1단 코일 내경은 붙어있음.
- 외반경 조정에 따른 인덕턴스와 중량, 중량 대비 인덕턴스 값 해석.



[그림 802]외반경에 따른 인덕턴스(Inductance)



[그림 803]외반경에 따른 중량(Weight)



[그림 804]외반경에 따른 중량대비 인덕턴스(Inductance/Weight)

- 해석 결과를 보면 외반경이 작아지면서 중량이 작아지게 되지만 인덕턴스 값 역시 작아지는 것을 알 수 있음.
- 해석 결과를 보면 철심과 1단 코일 내경의 거리가 멀어질수록 중량 대비 인덕턴스의 값이 줄어들게 됨.
- => 반경이 줄어들수록 중량당 인덕턴스 값이 작아지기 때문에 기존의 권선 사양은 고정.
- => 1단 권선 내경에 두께 30[mm]의 철심을 부착한 모델을 선택함.

라) 최종 설계

- 선택된 모델은 245[kg], 11.17[mH]로 초기 모델의 인덕턴스 4[mH]에 비해 2배이상 크므로 경량화 및 소형화를 위해 축방향 길이를 줄여야 함.
- 권선의 단면적을 유지한 상태에서 코일당 턴수를 15턴으로 변경하여 해석 결과 => 102[kg], 2.43[mH], 11.153[mΩ]
- 권선의 저항이 초기 모델의 저항 (26.7[mΩ]) 대비 50% 이하이기 때문에 권선 단면적을 줄이고 턴수를 늘림과 동시에 전류밀도를 변경하여 해석 진행.

○ 초기 모델의 전류밀도는 $0.8[A/mm^2]$으로 설계되어 있음

○ 권선의 재질이 구리인 경우 자냉 조건에서 약 $2 \sim 5[A/mm^2]$로 설계하는 것이 일반적임.

○ 본 연구에서 다룬 리액터는 AL1050 권선을 사용, AL1050의 도전율은 구리의 약 61[%]이기 때문에 약 $1.2 \sim 3[A/mm^2]$의 전류밀도로 설계가 가능함.

○ 권선의 저항은 다음 식으로 계산할 수 있음.

$R = \rho \frac{l}{A}$ (여기서,ρ는 도체의 저항율, l은 도체의 길이, A는 도체의 단면적)

○ 해석 모델의 경우 권선의 높이(14 [mm])가 축방향길이 (14[mm] * 36턴)와 관계가 있음. 따라서 권선의 높이를 줄인 비율 만큼 턴수를 늘리게 되면 권선은 동일 체적을 유지하게 됨.

○ 단면적 변화에 따른 턴수는 다음 식으로 계산할 수 있음.

$$R' = \rho \frac{l'}{A'} = \rho \frac{l \times k}{A \div k} = k^2 \rho \frac{l}{A}$$

여기서 $R = \rho \frac{l}{A}$ 이므로

$$k = \sqrt{\frac{R'}{R}}$$

○ 철심에서의 손실이 있기 때문에 본 연구에서는 $1.2[A/mm^2]$ 이하의 전류밀도로 설계를 진행.

○ 권선의 두께를 10[mm]로 줄임 => 전류밀도 $1.12[A/mm^2]$

○ 초기 모델과 동일 인덕턴스를 갖는 21턴 모델을 선택함.

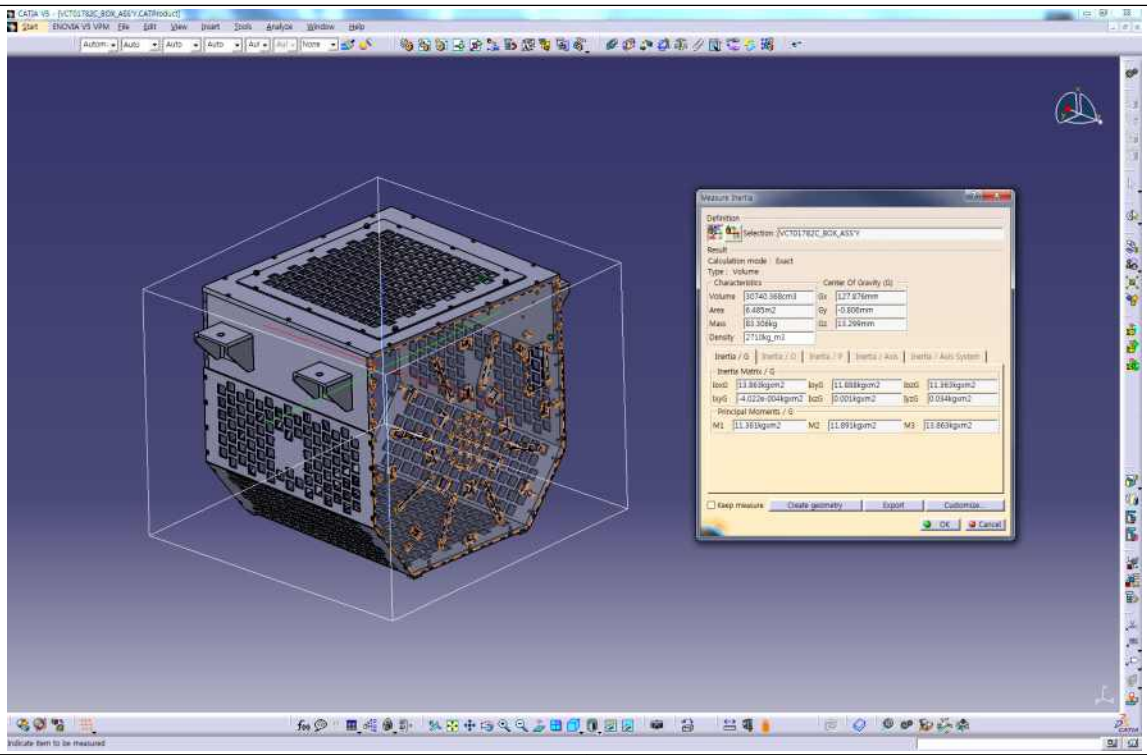
[표 250]최종 모델 해석 결과

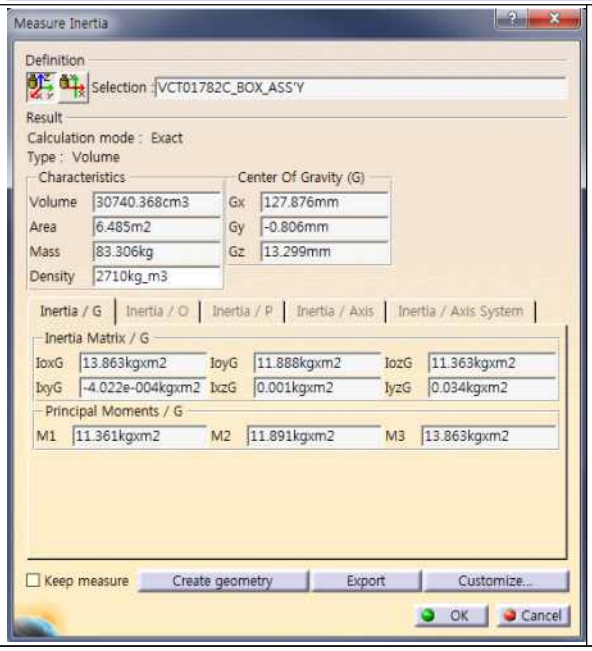
구 분	초기 모델	최종 모델
중량 [kg]	128 (100%)	102(79%)
사이즈 [mm]	600*600*504 (100%)	600*600*210(41%)
권선 사양 [mm]	2*14 8가닥	2*10 8가닥
턴수	36	21
인덕턴스 [mH]	4.7	
저항 [mOhm]	26.8 (100%)	21.8 (81%)



[그림 805]최종 모델

기존 BOX 사이즈에 대한 무게 해석





해석 결과

- 재질 : 알류미늄
- 중량 : 83.3 kg(100%)

마) 필터 리액터 박스 경량화 구조 변경

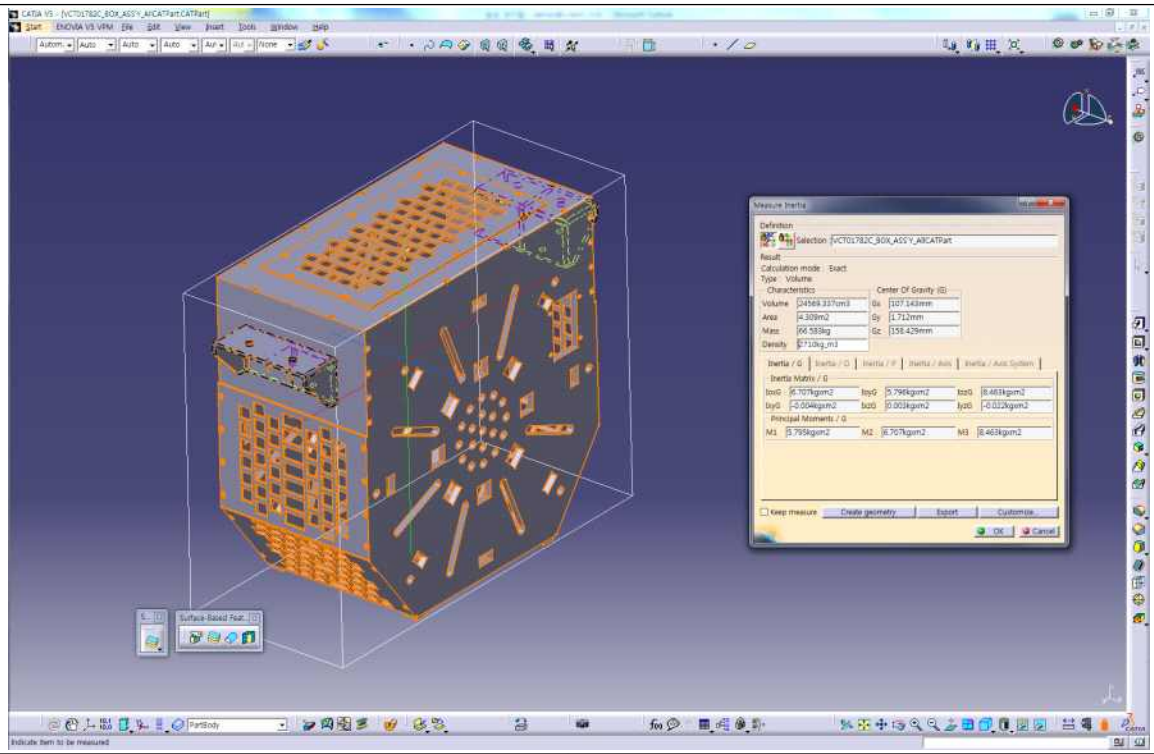
○ 전자기 특성 해석 결과에 뜨른 박스 최종 설계를 실시

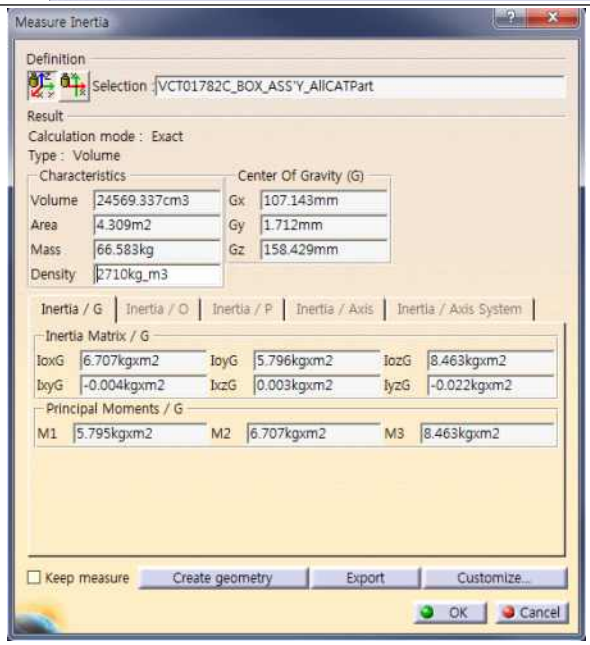
○ 박스 사이즈 변경 결과 16.8kg 감량

구 분	기존	개선 후
사이즈	707 * 990 * 771	707 * 990 * 413

(가로mm * 세로mm * 높이mm)		
중량(kg)	83.3 kg(100%)	66.5 kg(80%)

기존 BOX 사이즈에 대한 무게 해석





해석 결과

- 재질 : 알류미늄
- 중량 : 66.5 kg(80%)

11) 선형유도전동기(LIM) 코어재질 개선을 통한 경량화

가) 코어 재질 개선을 통한 손실저감으로 경량화 구현 방안 검토

○ 차량에 장착된 LIM에 적용된 Core는 철손을 줄이기 위해 실리콘 함유량이 높은 50A445(S12) 등급을 사용하고 있는데 이보다 실리콘 함유량

이 높은 경우 Core를 타발(Punching) 시 깨짐 현상이 발생하여 코일 삽입 시 절연을 손상시킬 수 있으므로 선형유도전동기 제작이 불가능하며, 깨짐 현상을 줄이기 위해 0.5t 보다 얇은 강판을 사용할 경우에는 제작성이 떨어지는 문제가 발생되는 바, 코어 재질 개선을 통한 경량화 추진은 불가한 것으로 판단된다.

나) 전자기해석을 통한 설계 개선

구 분	기존모델	개선모델
턴수	5	5
치폭	12.5mm	9.5mm
슬롯 폭	21mm	24mm
슬롯 높이	45mm	40mm

다) 경량화 및 효율 검토

- 설계 개선 결과 기존 모델 중량(210kg)대비 23kg의 경량화 효과
- 23kg x 8개/량 = 184kg/량
- 코일 두께 커짐으로 벤딩 R 커지고, 코일 끝단 로스로 효율 1% 저하 예상되며, 제작 비용은 기존 모델과 유사하다.

12) 경량화 설계 결과 요약

		1편성(2량) 기준	946.2
		1량 기준	473.1
장치	경량화 대상품목	절감 방안	실적 (kg/량)
차체	압출재	압출재 프로파일 개선으로 경량화	50
차체	객실 출입문	플러그인 --> 슬라이딩 도어 변경	0
의장	운전실 전면창	양산 차량 제작성 기준 형상 변경	16
제동	제동장치	공기제동 시스템 --> 유압제동 시스템	29.1
전기	공기압축기 기동장치(CMSB)	공기압축기 모터 사양변경	34

전기	케이블/기기배치	기기 최적 배치, 케이블 직경 감소, 기기배치 개선	80
전장	VVVF	추진인버터 개선을 통한 경량화	30
전장	필터리액터	필터 리액터 재질 개선을 통한 경량화	50
전장	LIM	선형유도전동기(LIM) 코어 재질 개선을 통한 경량화	184

13) 경량화 설계에 따른 소비전력 감소 검토

○ 각 구성품의 경량화 중량을 반영하고 제시된 사양 및 노선 데이터를 적용하여 시뮬레이션하여 소비 전력을 비교

가) 최종 경량화 반영 만차 중량(성능 계산 중량)

항목	실용화 중량	경량화 설계 중량
절감 중량/편성	-	946.2kg
편성 중량(만차)	53ton	52.054ton

나) 중량 절감에 따른 정토크 추력

추력/제동력	실용화	경량화 설계	비고
추력	3775N/LIM	3710N/LIM	약 1.72% 저감
제동력	3473N/LIM	3408N/LIM	약 1.87% 저감

다) 기존 도시형자기부상열차 시뮬레이션 결과

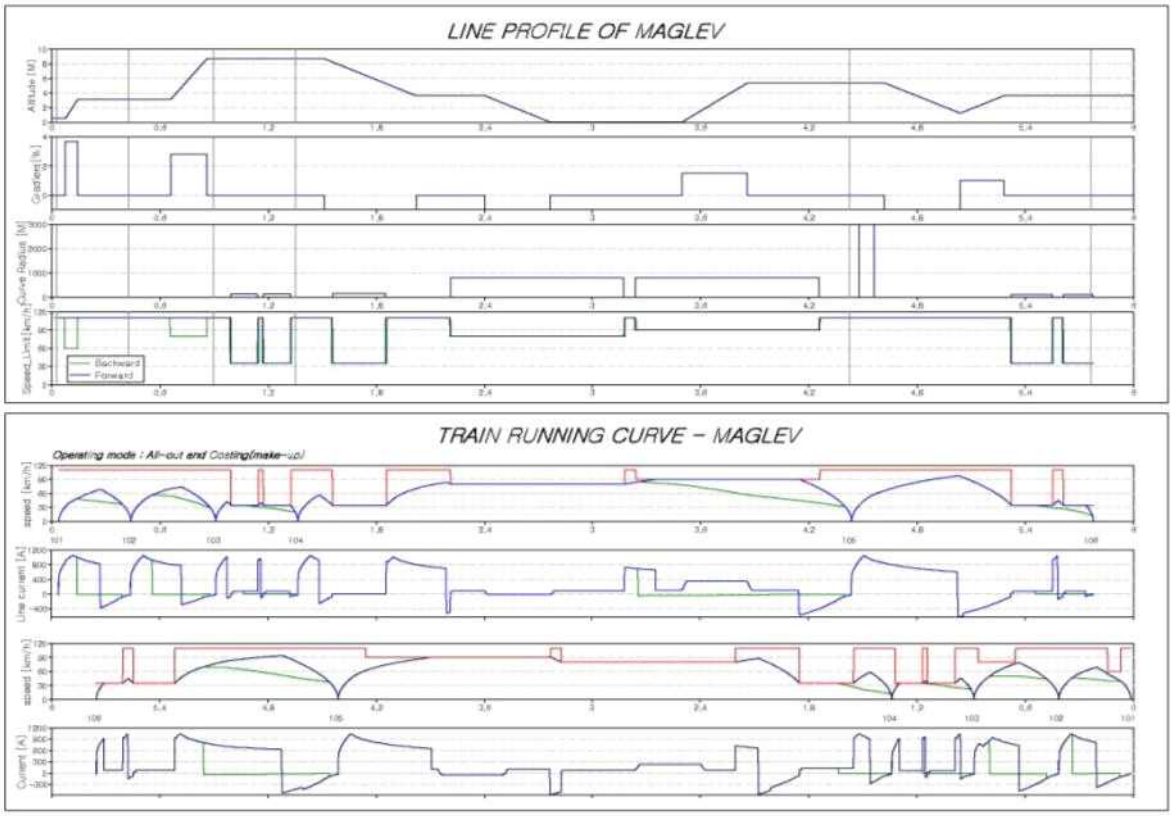
① 모든 운전 결과(상세 데이터)

Commercial MAGLEV 2M(Mc1-Mc2)
MAGLEV

		ALL-OUT			COASTING					ALL-OUT			COASTING		
	Distance	Run Time	Run Speed	Motor Energy	Regen. Energy	Run Time	Run Speed	Motor Energy	Regen. Energy	Make Up	Motor RMS	Motor RMS	Line RMS	Motor RMS	Motor RMS	Line RMS
Stations	km	min.	km/h	kwh	kwh	min.	km/h	kwh	kwh	%	amps	volts	amps	amps	volts	amps
101																
	0.399	0.65	36.77	7.3	1.1	0.74	32.43	4.4	0.3	13.4	293.2	754.6	625.8	209.9	570.2	437.0
102																
	0.470	0.70	40.48	7.7	0.9	0.79	35.74	4.7	0.2	13.3	265.4	778.7	608.9	195.7	608.7	437.2
103																
	0.455	0.91	29.86	4.5	0.3	1.04	26.35	3.3	0.2	13.3	189.9	786.4	343.4	148.9	501.5	288.9
104																
	3.073	2.94	62.70	16.7	3.3	3.33	55.29	12.8	1.9	13.4	183.4	899.7	412.3	144.1	788.8	350.1
105																
	1.340	1.71	47.11	13.1	2.7	1.93	41.62	11.4	2.5	13.2	215.8	890.1	496.6	182.8	728.2	442.6
106																
Journey Totals	5.737	8.91	38.64	49.2	8.3	9.83	35.02	36.8	5.1	10.3	188.5	756.2	416.2	149.5	629.4	344.4

Totals for Journey includes station stop times 2.00 minute

② 모든 운전 결과(프로파일)

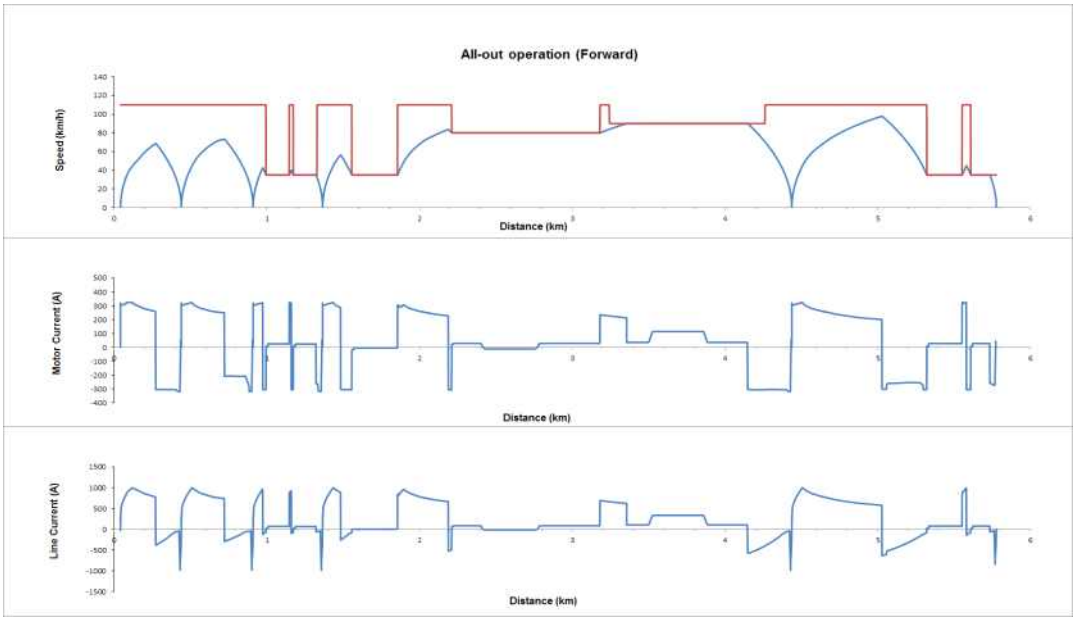


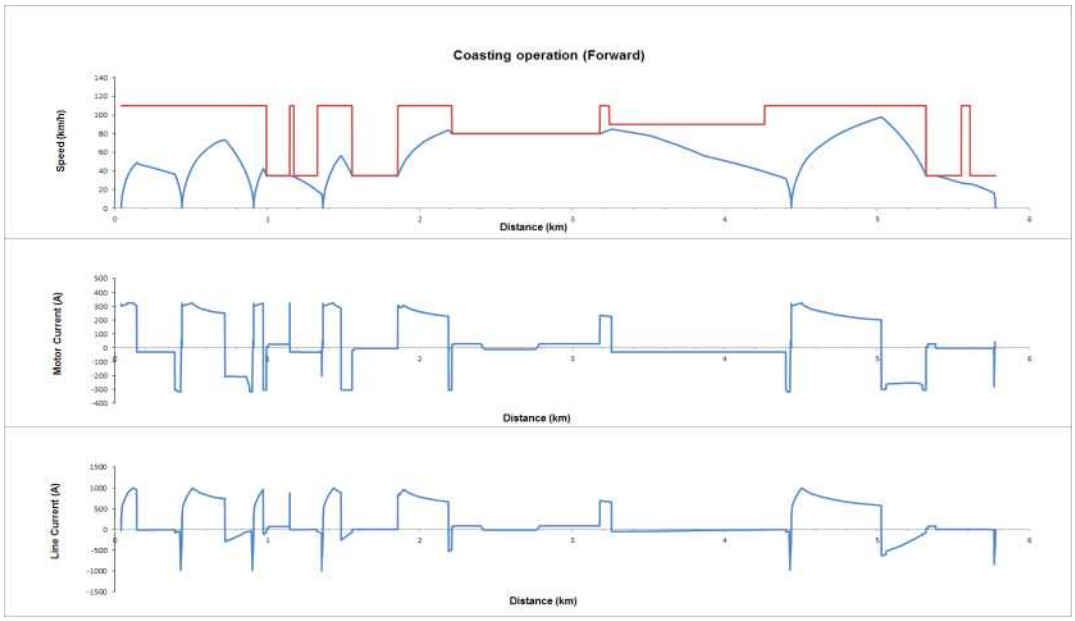
③ 소비 전력

항목	소비전력 량	
	전속운전모드(All out)	타행운전모드(Coasting)
역행 소비전력	49.2 kWh	36.8 kWh
회생 소비전력	8.3 kWh	5.1 kWh
순수 소비전력	40.9 kWh	31.7 kWh

라) 경량화 설계 결과 반영 시뮬레이션 결과

① 모든 운전 결과(상세 데이터)





② 소비 전력

항목	소비전력 량	
	전속운전모드(All out)	타행운전모드(Coasting)
역행 소비전력	48.3 kWh	37.7 kWh
회생 소비전력	8.1 kWh	6.8 kWh
순수 소비전력	40.2 kWh	30.9 kWh

마) 경량화 설계 결과에 따른 소비전력 개선 결과

항목	소비전력 량	
	실용화	경량화 설계
소비전력	31.7 kWh	30.9 kWh
개선 비율	2.5% 개선	

(6) 200kph급 고속자기부상열차 인버터시스템 설계(인천대학교)

(가) 200kph급 추진 인버터 설계

1) 벡터제어용 인버터 설계

가) 인버터 기본구조

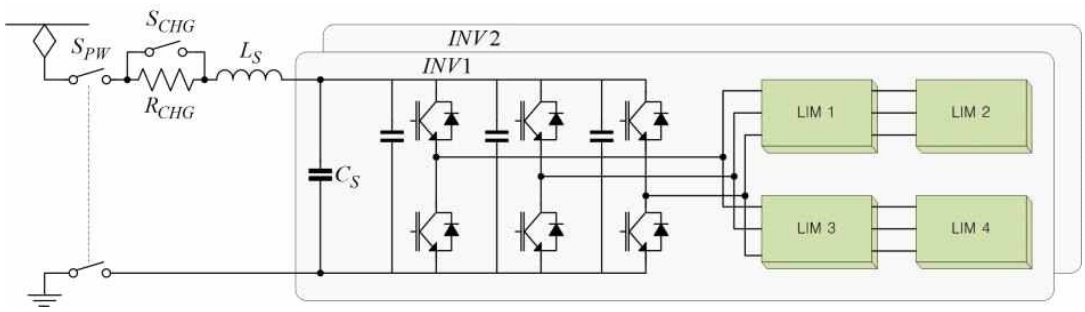
○ 자기부상 전동차량용 LIM 벡터제어를 위한 인버터의 기본 설계 조건 및 구성은 다음과 같다.

제원	값	비고
인버터 대수	2 EA	1EA당 최대 1MVA
LIM 대수	8 EA	1EA당 최대 4,000N/100kW
최대 추력	32,000N/800kW	
입력 전압	DC 1,500V	±10% 변동.

(*) 위 조건은 1량당 기본 구성임.

○ 인버터 1대당 2P2S 구조의 LIM 4대가 연결되며 LIM 최대 출력은 400kW(4LIM)이며 효율 및 역률을 고려하여 벡터제어용 인버터 1기의 출력용량은 1MVA로 산정한다.

○ 다음은 인버터의 기본 설계구조를 나타낸다.



[그림 806]자기부상용 인버터 구조

나) 인버터 용량 산정

○ 모든 AC전동기는 기본적으로 1상을 기준으로 전력을 계산하고 3상인 경우 상전력을 3배해서 계산한다.

○ 1상당 전력

$V_{ph}I_{ph}\cos\phi$ (V_{ph}:상전압rms, I_{ph}:상전류rms, ϕ:상전압,전류사이의 역률각)

○ 3상 전력(3 x 1상당전력)

$$3\,V_{ph}I_{ph}\cos\phi = 3\frac{V_{ll}}{\sqrt{3}}I_{ph}\cos\phi = \sqrt{3}\,V_{ll}I_{ph}\cos\phi$$ (V_{ll}: 선간전압rms)

$$3\,V_{ph}I_{ph}\cos\phi = 3\frac{V_{pp}}{\sqrt{2}}\frac{I_{pp}}{\sqrt{2}}cos\phi = \frac{3}{2}\,V_{pp}I_{pp}\cos\phi$$ (V_{pp}:상전압peak, I_{pp}:상전류peak)

○ 1상에 입력되는 전압은 DC가선전압에 의해 제한되며 최대전압은 다음의 식을 따른다.

(PWM) $$V_{ph(\max)} = \frac{1}{\sqrt{3}}\,V_{DC}$$

(6-Pulse) $$V_{ph(\max)} = \frac{2}{3}\,V_{DC}$$

○ 가선전압이 1500V인 경우 PWM제어를 할 때 최대 866V ($621\,V_{rms}$), 6-Pulse운전을 할 경우 1,000V($707\,V_{rms}$)의 전압을 인가할 수 있다.

○ 인버터의 출력 용량은 역률 및 효율을 사용하여 다음으로 구한다.

$$P_{INV(VA)} = P_{LIM(W)}/\{\cos\phi \cdot Eff\}$$

○ 식에서 Eff는 효율을 의미하며 인버터 및 LIM의 효율을 모두 포함한다. 예시로 인버터 효율 0.9, LIM 효율 0.7인 경우 전체 효율은 0.63인 된다. LIM의 최대 출력이 800kW, 정격에서의 역률이 0.7이라 할 때 인버터의 출력은 다음으로 계산된다.

$$P_{INV(VA)} = \frac{800}{0.7 \times 0.63} = 1.82\,MVA$$

○ 따라서 2인버터 시스템에서 1대가 담당하는 용량은 0.91MVA가 되며 설계 여유분 10%를 감안하여 1MVA로 결정한다.

○ 1500V/1MVA급 인버터의 출력 전류 용량은 다음으로 계산한다.

$$P_{INV(VA)} = 3\,V_{ph} I_{ph}$$
$$I_{ph(\min)} = \frac{P_{INV(VA)}}{3\,V_{ph(\max)}} = \frac{1 \times 10^6}{3 \times (621)} = 537 A_{rms}$$

○ 따라서 인버터에서 요구되는 상당전류는 $527 \times \sqrt{2} = 745 A_{peak}$ 이며 인버터 소자의 전류용량은 최소 800A가 필요하다. 제어계의 시뮬레이션을 통해 소자의 전류 용량을 1,000A로 결정한다.

○ 위의 해석을 통해 인버터의 스위칭소자는 2500V/1000A급 소자를 사용한다.

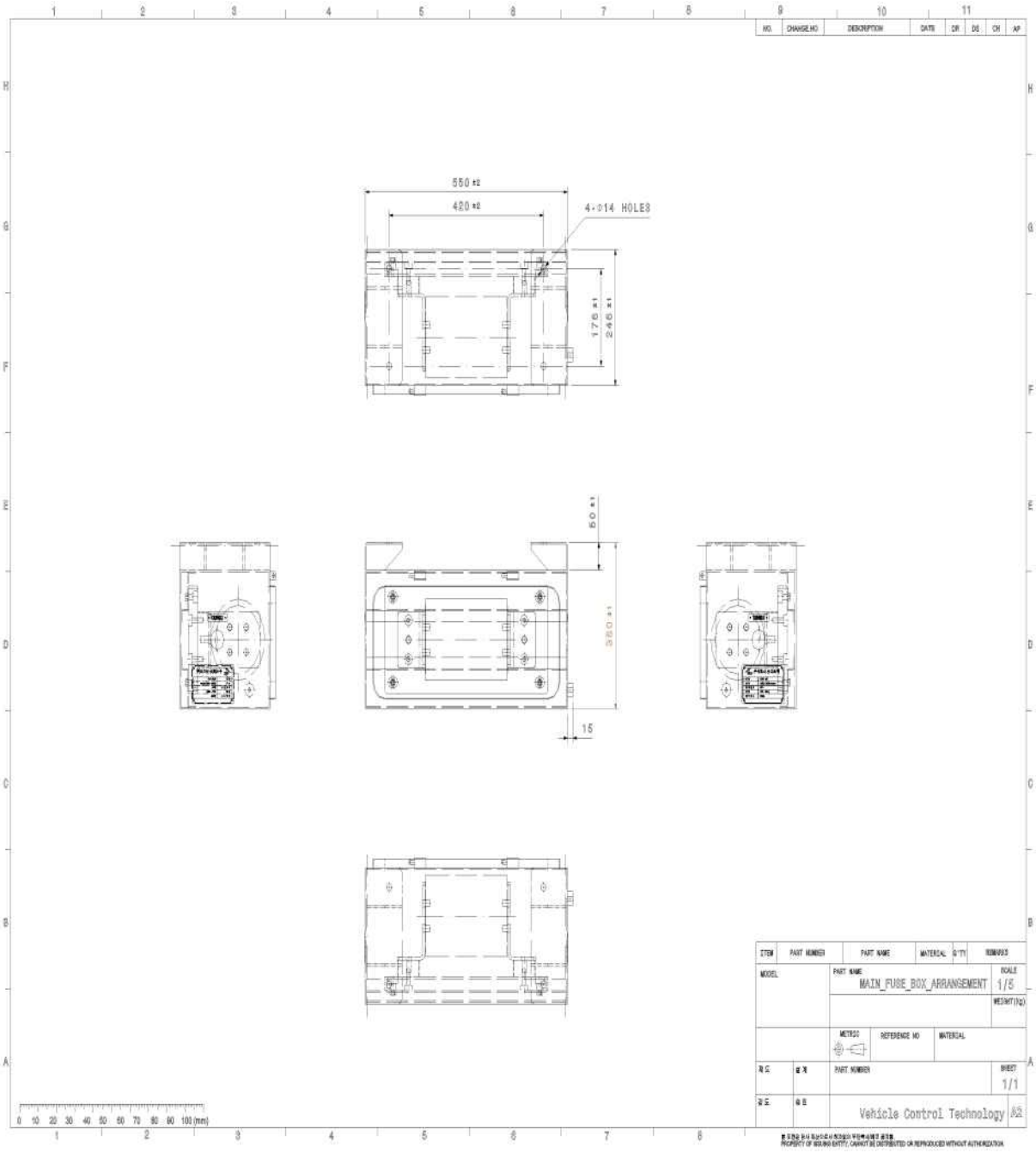
다) 인버터 입력 LC 필터 설계

○ (본 장의 내용은 별도로 제출되는 위탁연구 보고서를 참조한다.)

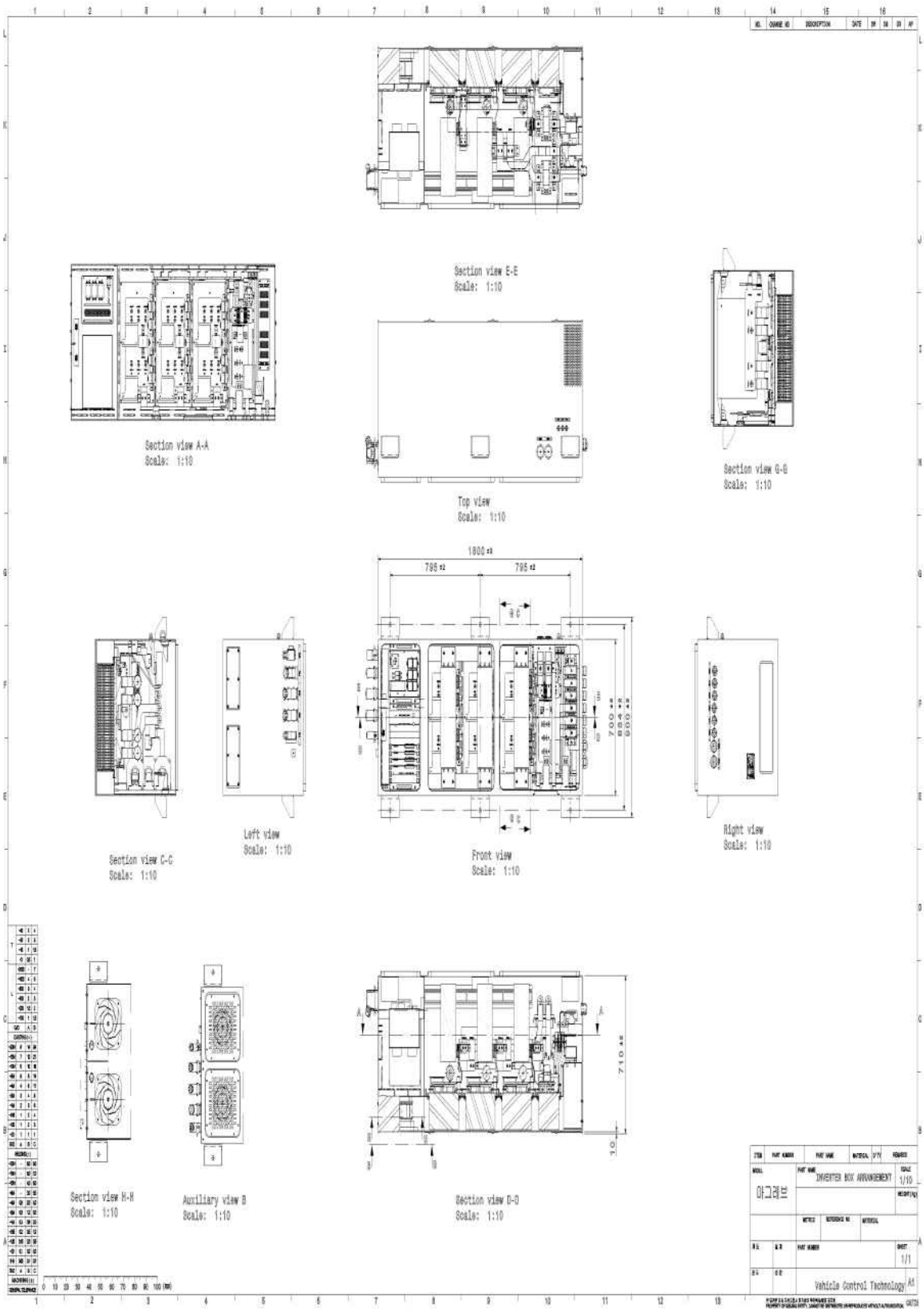
2) 설계도면

○ 본 연구를 통해 200km/h급 자기부상열차의 인버터 기본설계를 진행하였으며 설계의 구현성을 보이기 위하여 설계 전문업체의 도움을 받아 총 2MVA급 (1기당 1MVA) 인버터의 실시도면을 작성하였다.

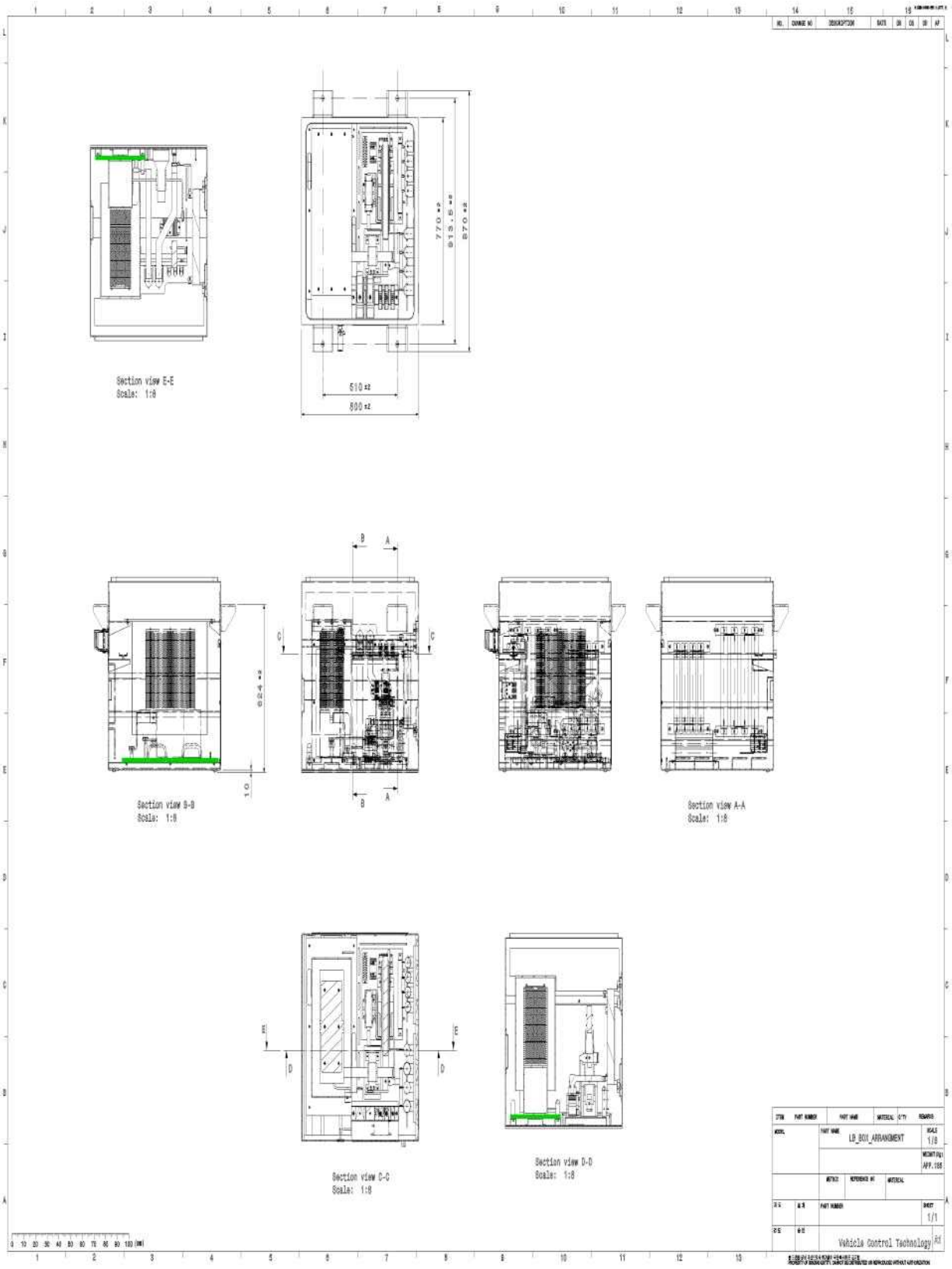
○ 다음 그림에는 설계된 인버터의 실사도면이 도시되어 있다.



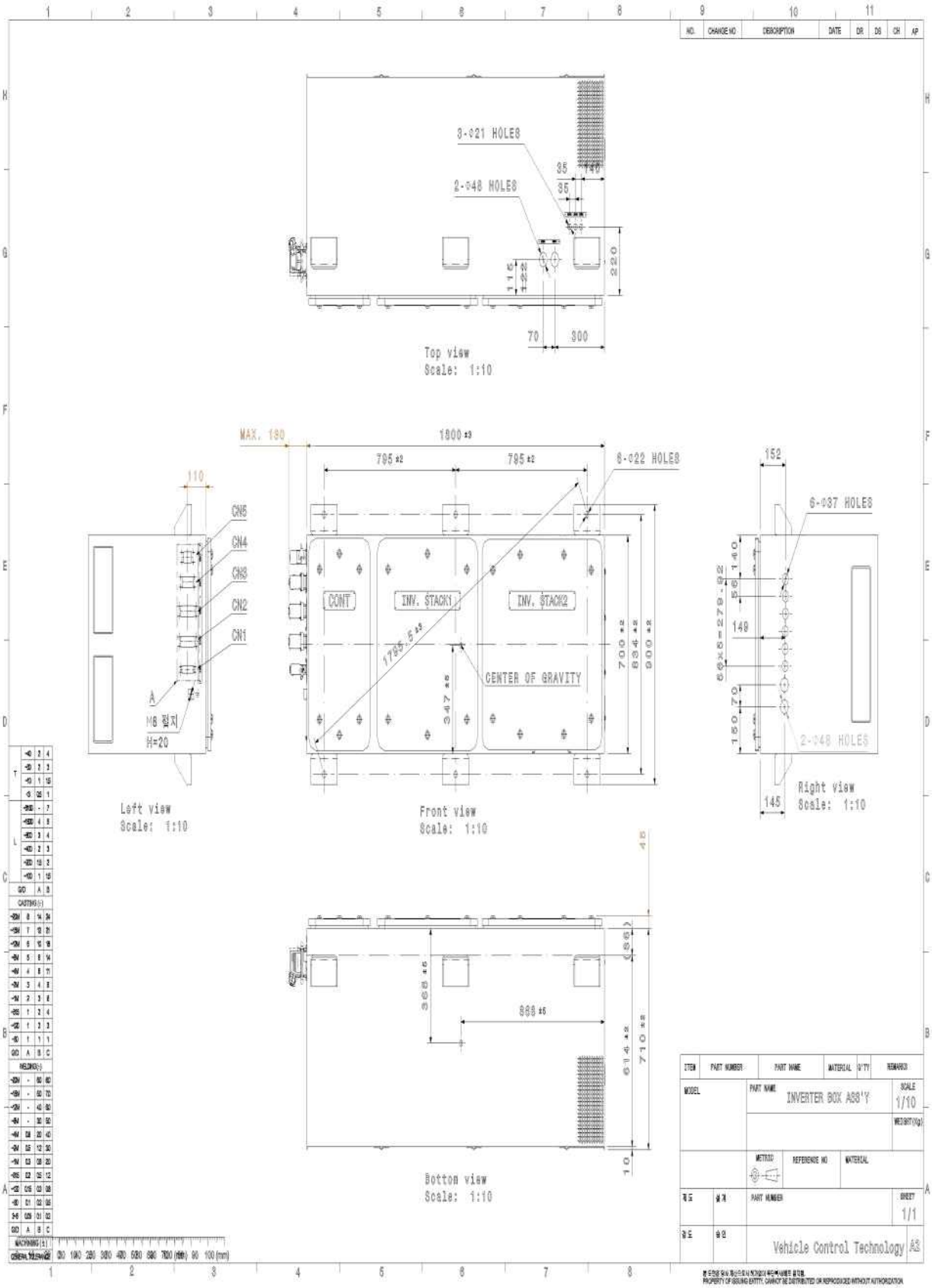
[그림 807]VCT00178B_MAIN_FUSE_BOX_ARRANGEMENT



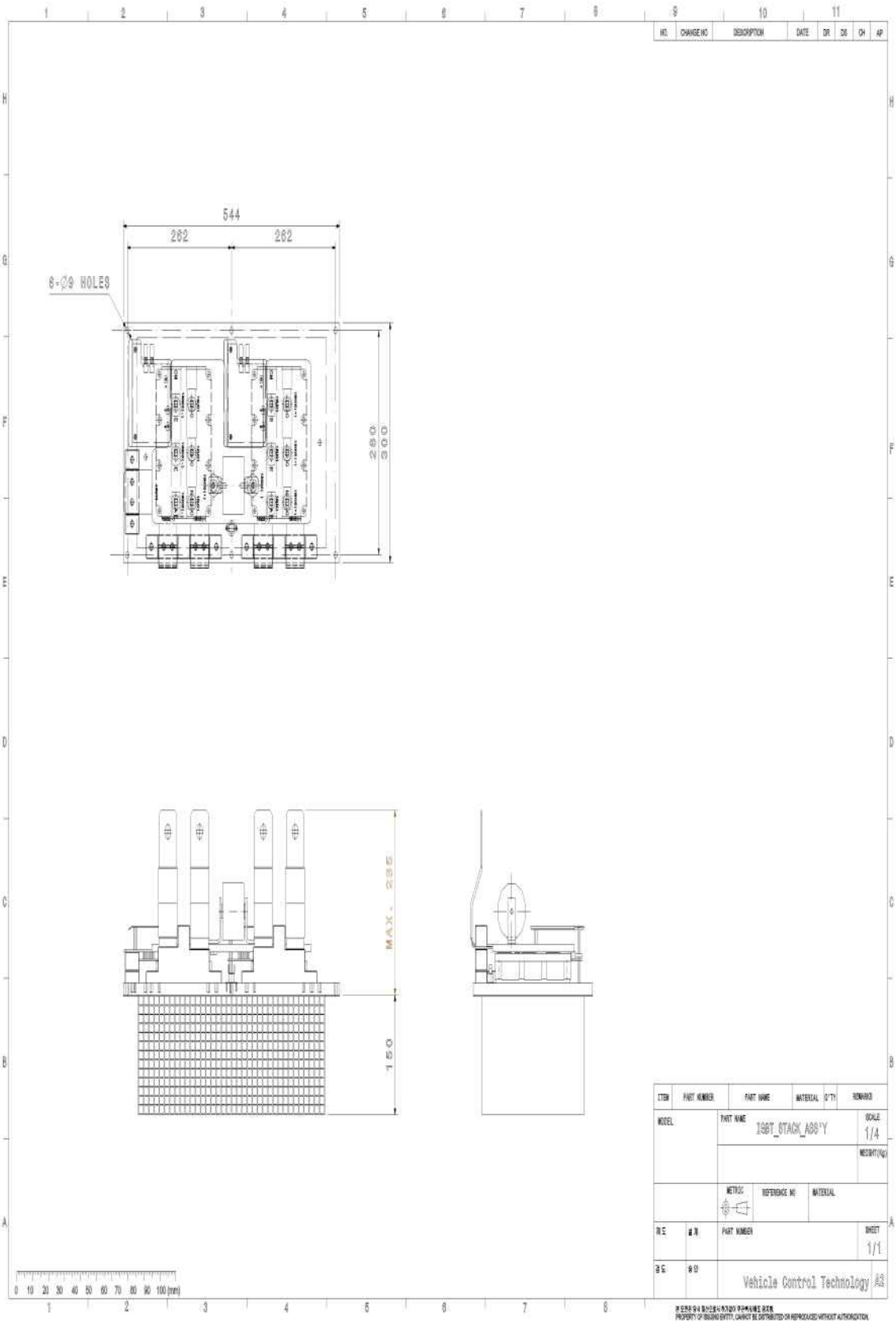
[그림 808]VCT01577D_INVERTER_BOX_ARRANGEMENT



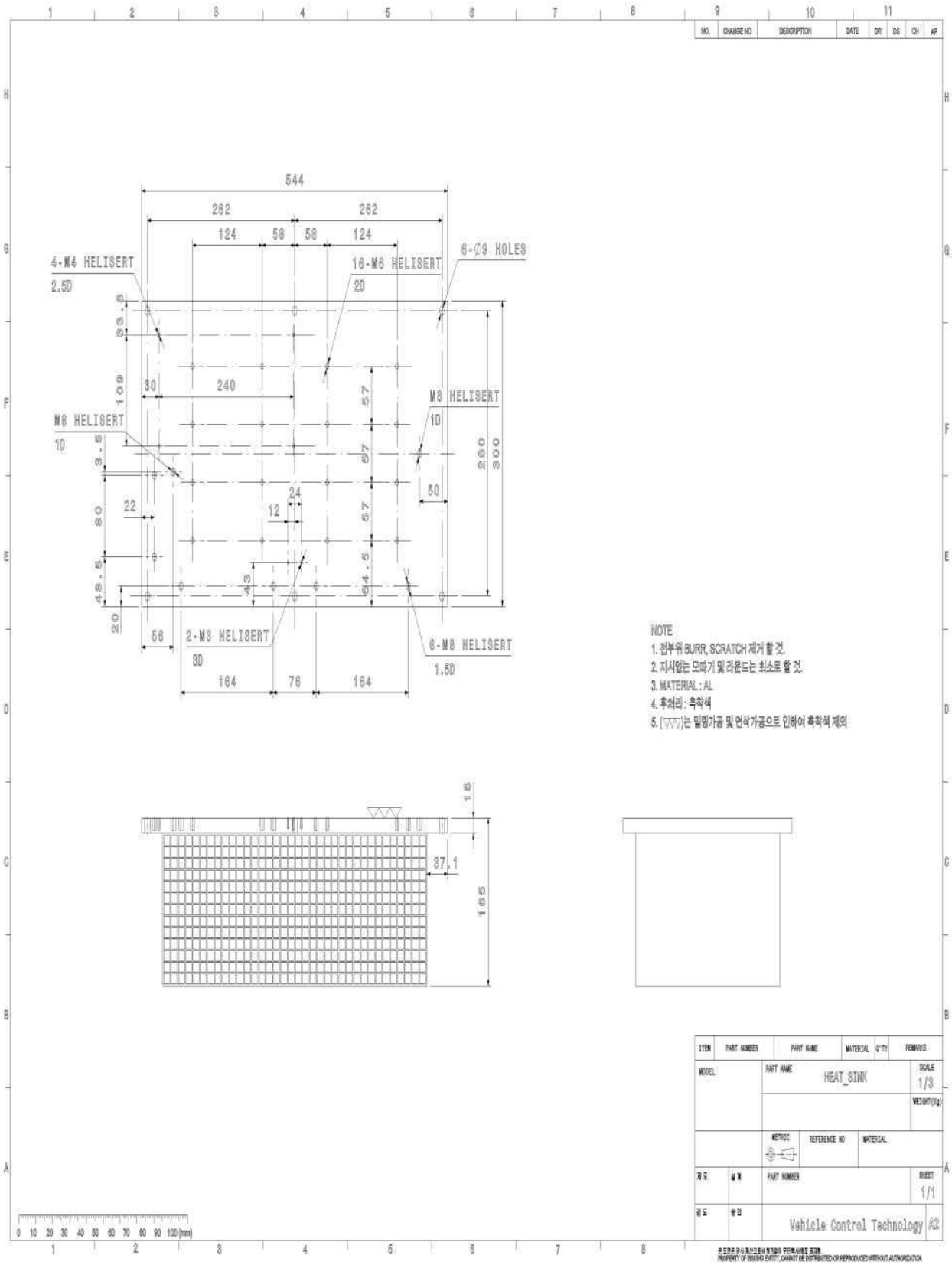
[그림 809]VCT01685E_LB_BOX_ARRANGEMENT



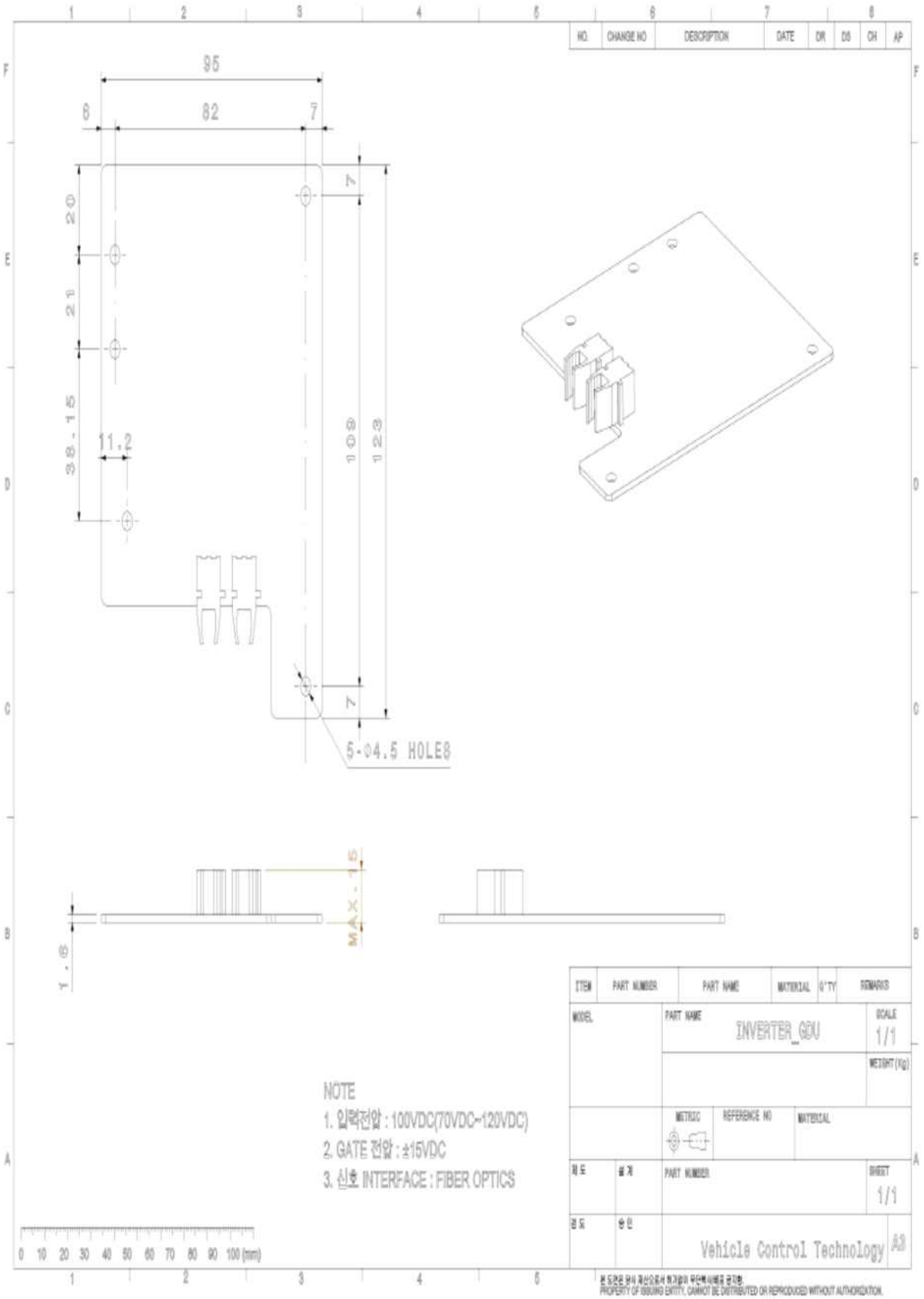
[그림 810]VCT01750D_INVERTER_BOX_OUTLINE



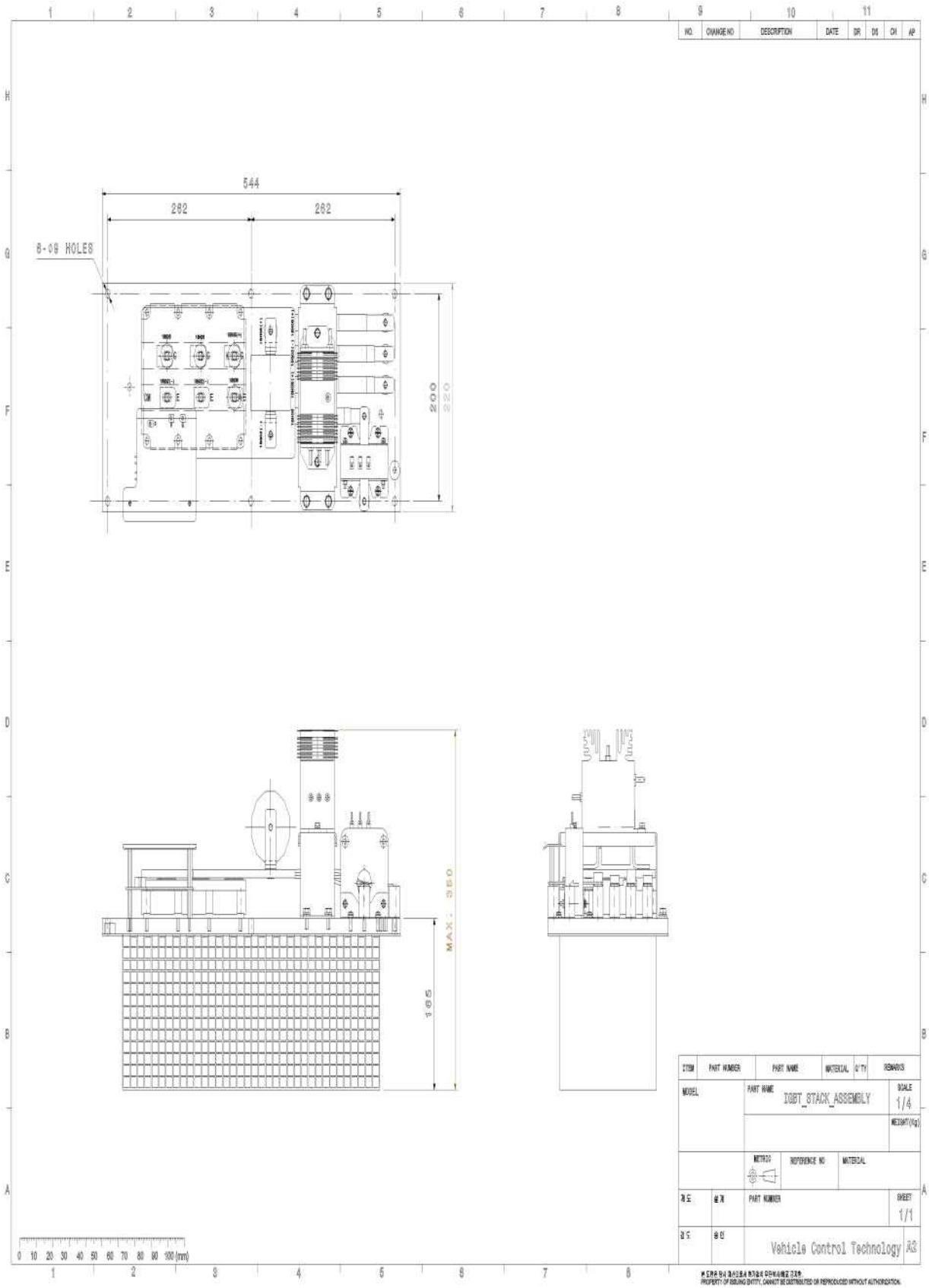
[그림 811]VCT01751B_IGBT_STACK_ASSEMBLY



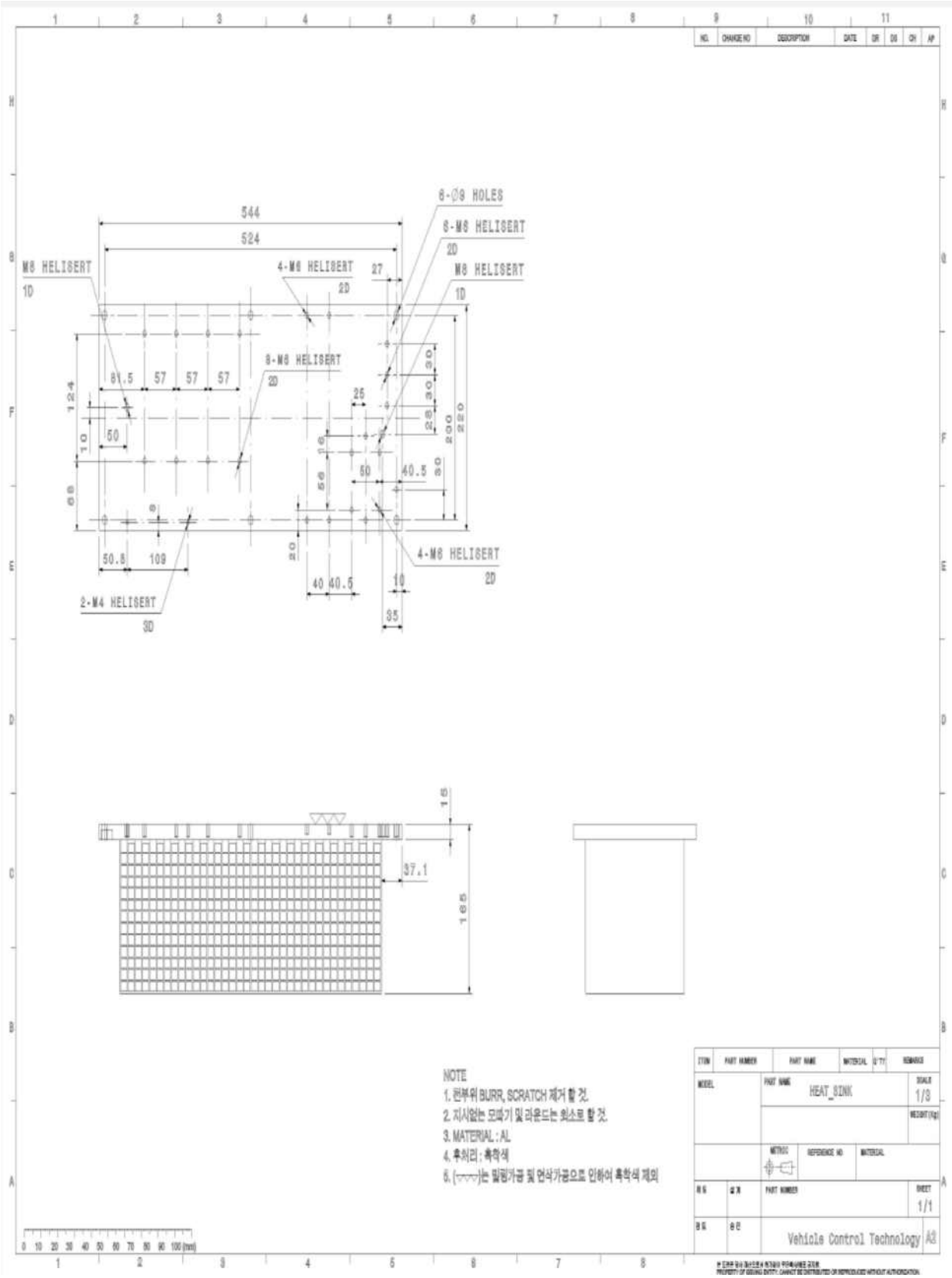
[그림 812]VCT01752A_HEAT_SINK



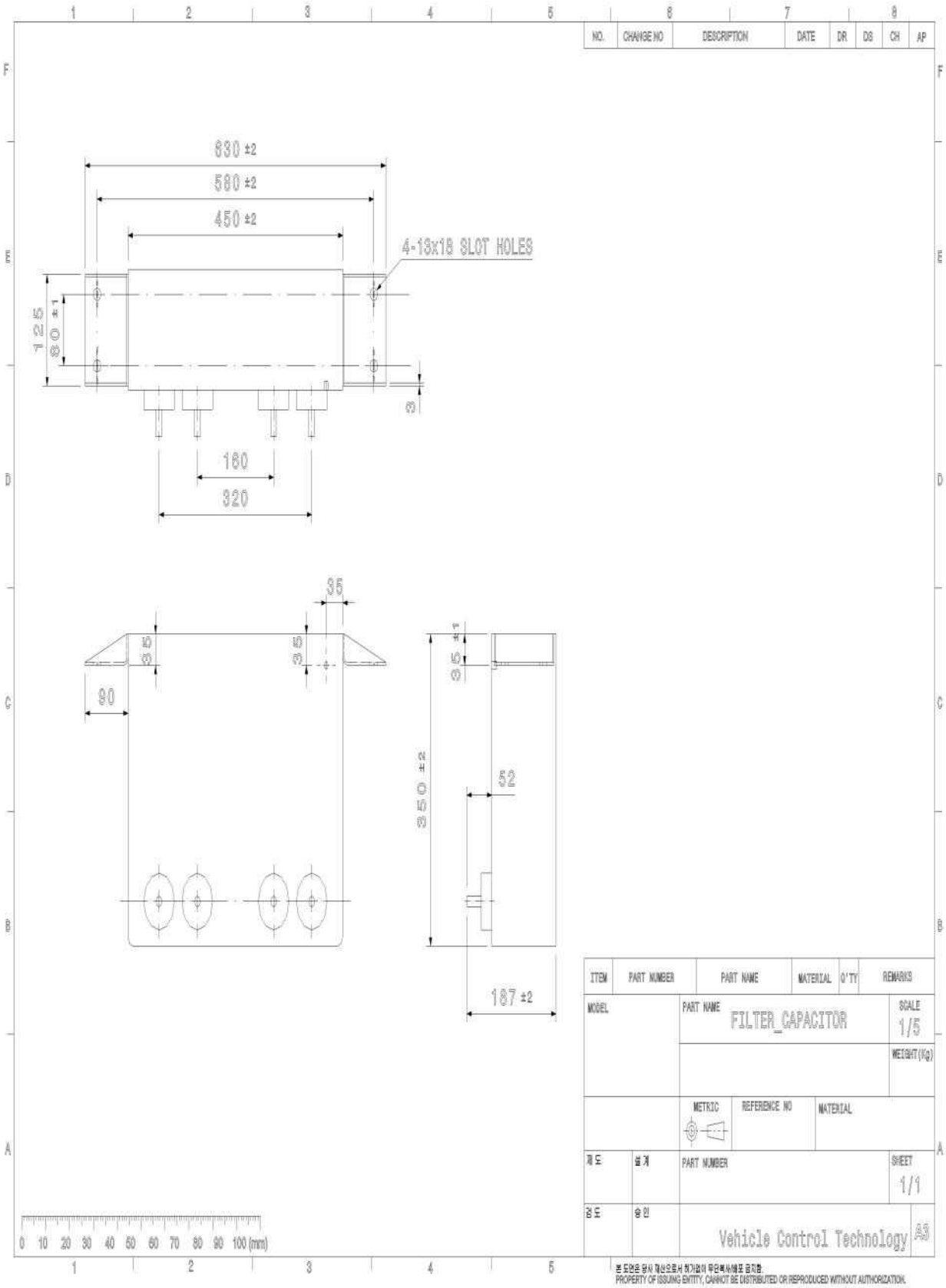
[그림 813]VCT01756_GDU_INVERTER



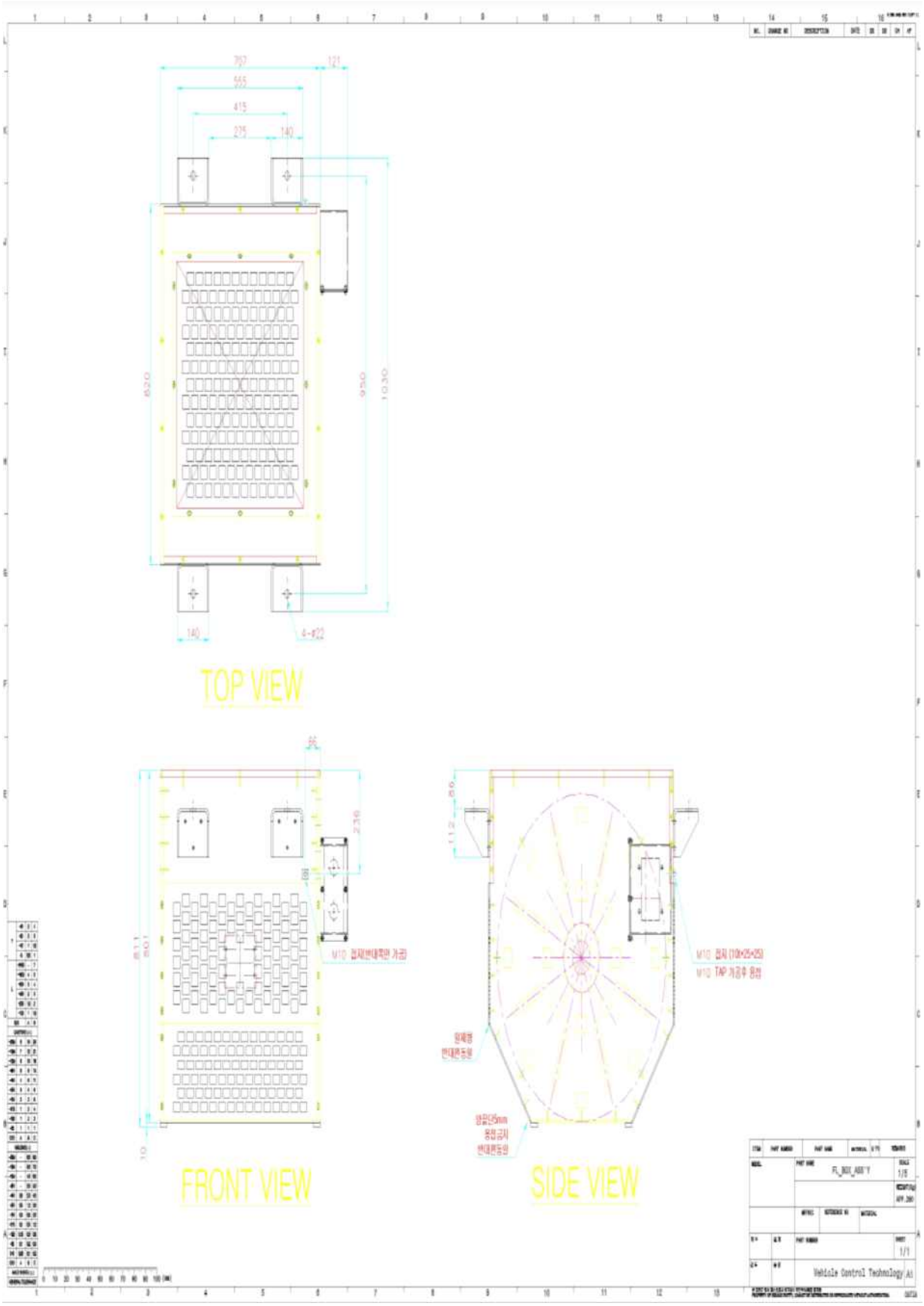
[그림 814]VCT01761C_IGBT_STACK_ASSEMBLY



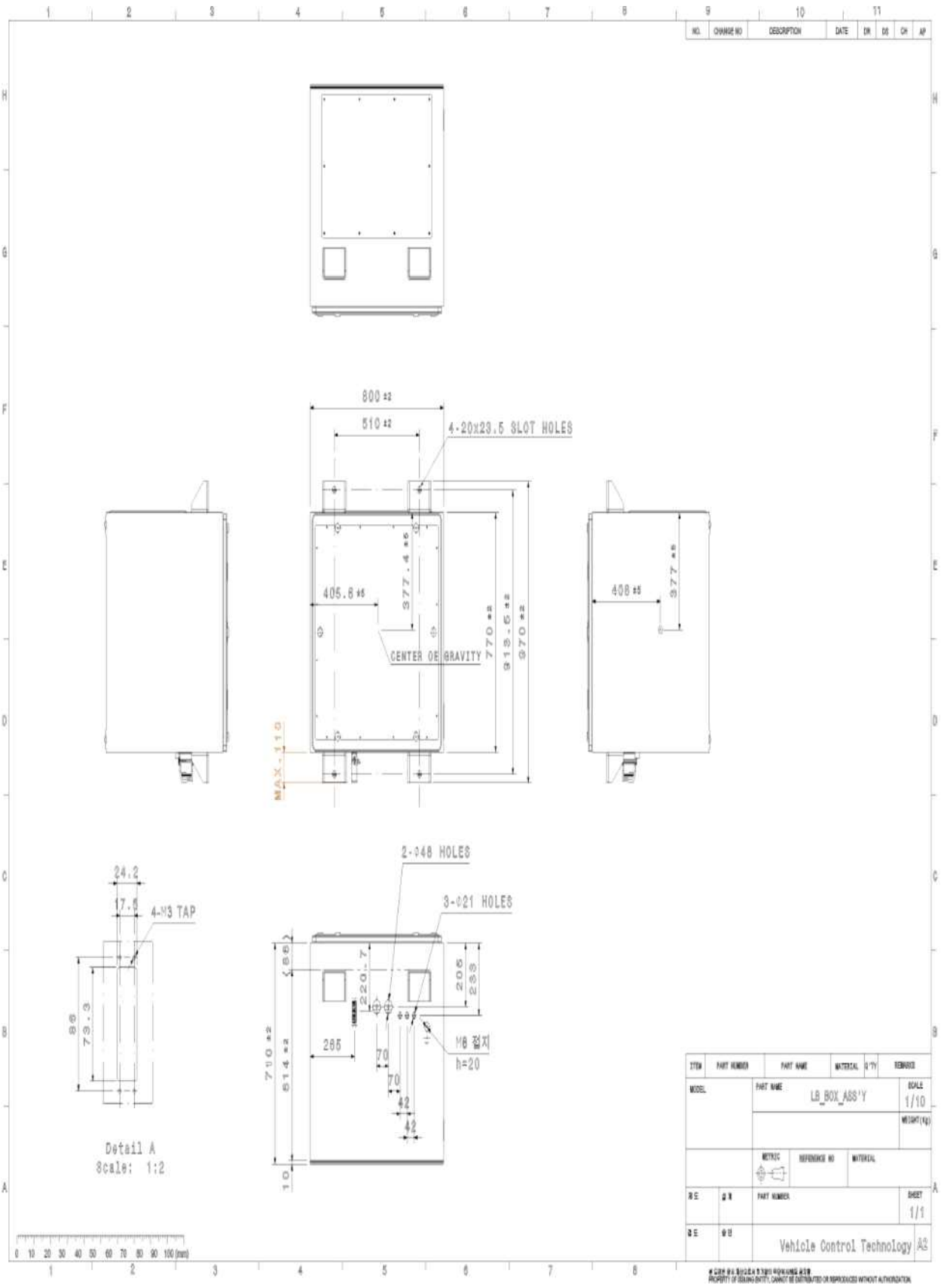
[그림 815]VCT01762B_HEAT_SINK



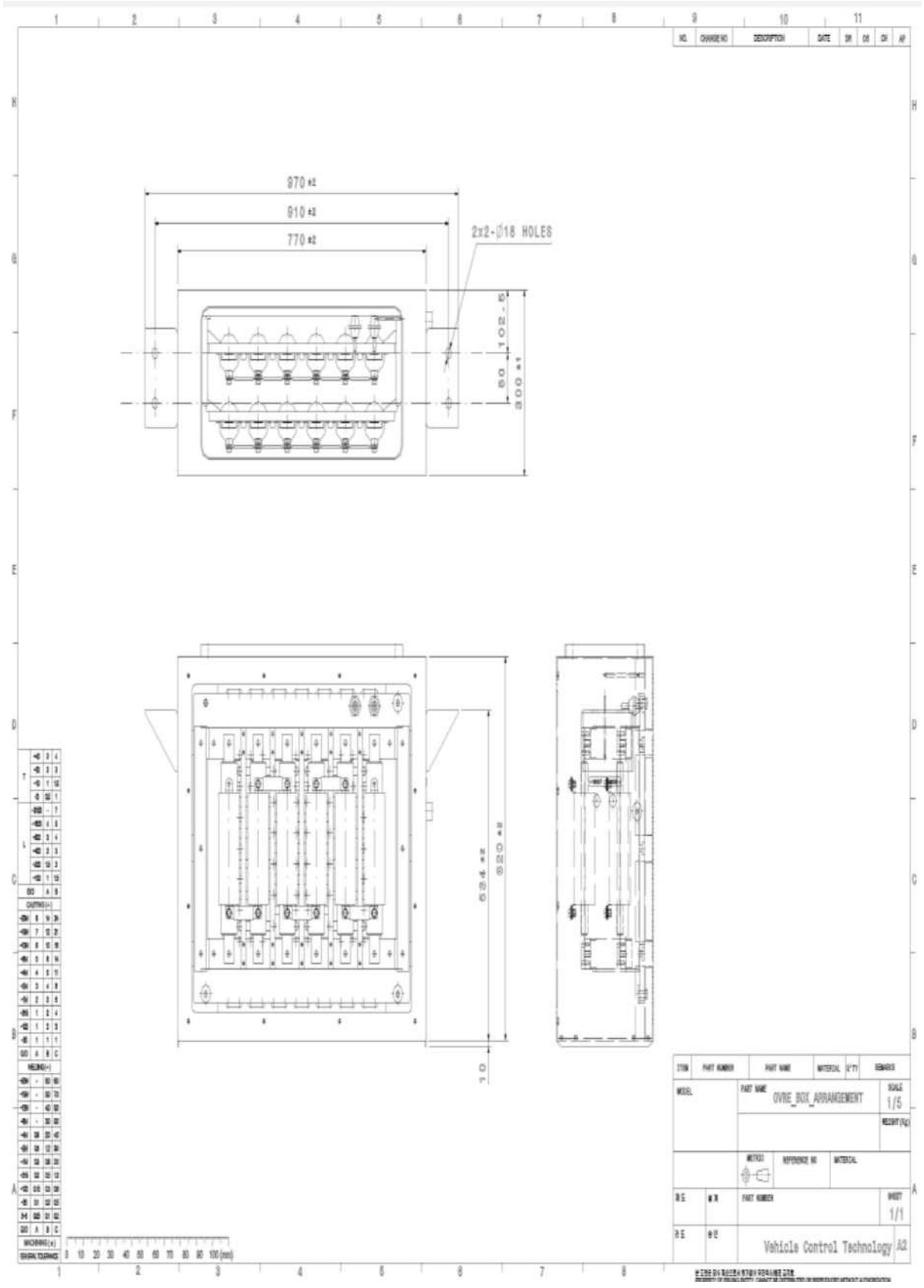
[그림 816]VCT01767_FILTER_CAPACITOR



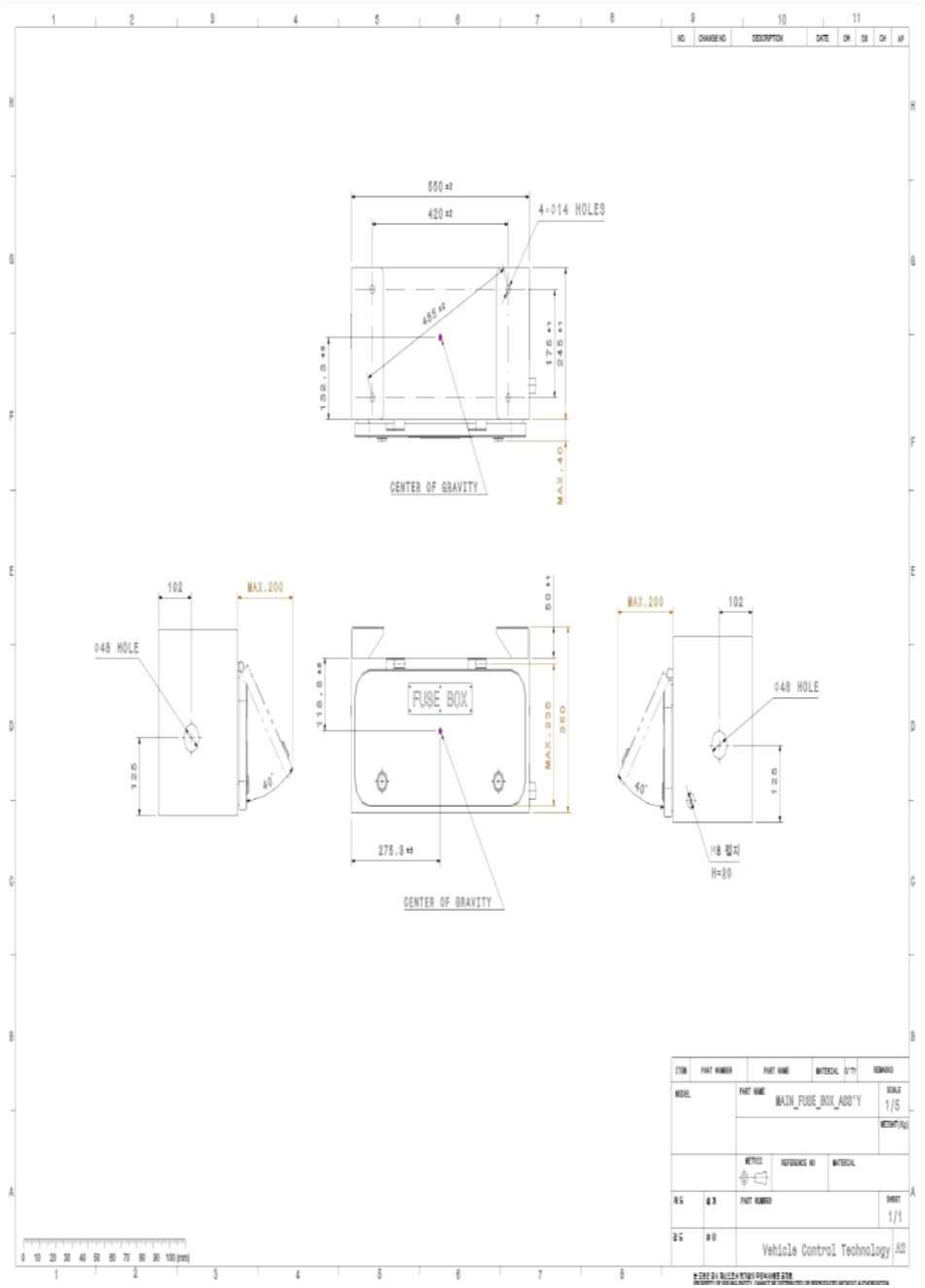
[그림 817]VCT01781C_FL_BOX_ARRANGEMENT



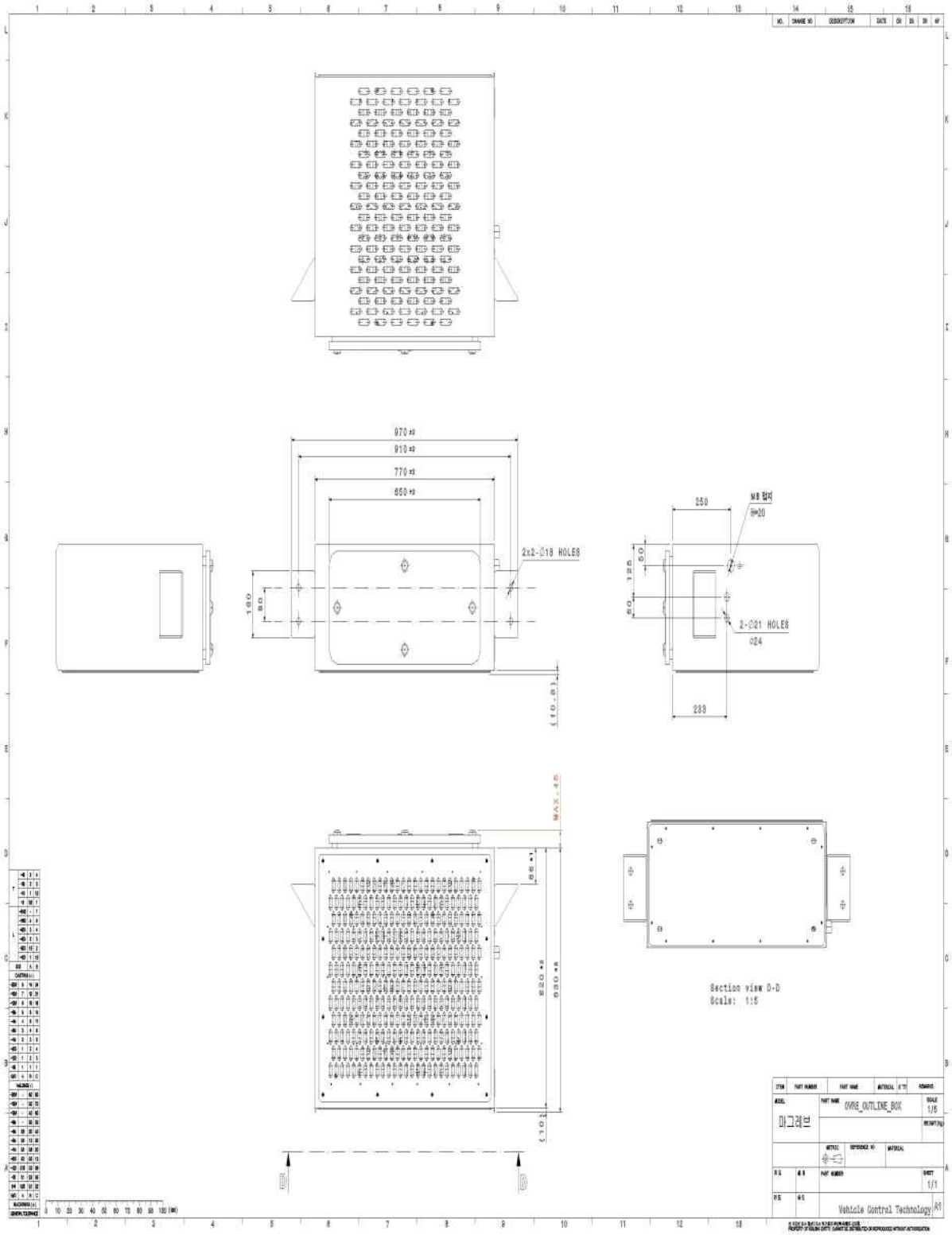
[그림 818]VCT01785E_LB_BOX_OUTLINE



[그림 819]OVRE_BOX_ARRANGEMENT



[그림 820]VCT01883B_MAIN_FUSE_BOX_OUTLINE



[그림 821]VCT01933C_OVRE_OUTLINE

(나) 200kph급 추진 알고리즘 개발

1) 200kph급 추진 알고리즘 개발

가) 일반 유도전동기 시뮬레이션 모델

○ 유도전동기를 시뮬레이션하는 경우에는 동기좌표계 보다는 동기각속도 ω_e가 필요없는 정지좌표계 모델을 사용하는 것이 유리하다. 동기좌표계에서 축변환에 사용하는 동기각속도 ω_e를 0으로 설정하면 정지좌표계로 변환할 수 있다. 아래의 식에는 고정자측 정지좌표계 상의 전압방정식이 표시되어 있다.

$$V_{ds}^s = R_s i_{ds}^s + \frac{d\lambda_{ds}^s}{dt} \qquad (2.2.6.1)$$
$$V_{qs}^s = R_s i_{qs}^s + \frac{d\lambda_{qs}^s}{dt}$$

$$V_{dr}^s = R_r i_{dr}^s + \frac{d\lambda_{dr}^s}{dt} + \omega_r \lambda_{qr}^s \qquad (2.2.6.2)$$
$$V_{qr}^s = R_r i_{qr}^s + \frac{d\lambda_{qr}^s}{dt} - \omega_r \lambda_{dr}^s$$

○ 위의 식을 적분형으로 바꾸어 표시하면 다음과 같다.

$$\lambda_{ds}^s = \int \left(V_{ds}^s - R_s i_{ds}^s \right) dt \qquad (2.2.6.3)$$
$$\lambda_{qs}^s = \int \left(V_{qs}^s - R_s i_{qs}^s \right) dt$$

$$\lambda_{dr}^s = \int \left(V_{dr}^s - R_r i_{dr}^s - \omega_r \lambda_{qr}^s \right) dt \qquad (2.2.6.4)$$
$$\lambda_{qr}^s = \int \left(V_{qr}^s - R_r i_{qr}^s + \omega_r \lambda_{dr}^s \right) dt$$

○ 위의 자속방정식을 연산하기 위해서는 전류값 연산이 필요하다. 자속방정식으로부터 전류와 자속간의 관계식을 전류를 기준으로 다시 정립하면 다음과 같다.

$$\left(\lambda_{ds} = L_s i_{ds} + L_m i_{dr} \right) \times L_r \quad ...(a)$$
$$\left(\lambda_{dr} = L_r i_{dr} + L_m i_{ds} \right) \times L_m \quad ...(b)$$

○ 위식의 (a)-(b)로부터,

$$L_r\lambda_{ds} - L_m\lambda_{dr} = \left(L_sL_r - L_m^2\right)i_{ds}$$
$$\therefore i_{ds} = \frac{1}{L_sL_r - L_m^2}\left(L_r\lambda_{ds} - L_m\lambda_{dr}\right)$$

$$\left(\lambda_{ds} = L_si_{ds} + L_mi_{dr}\right) \times L_m \quad ...(c)$$
$$\left(\lambda_{dr} = L_ri_{dr} + L_mi_{ds}\right) \times L_s \quad ...(d)$$

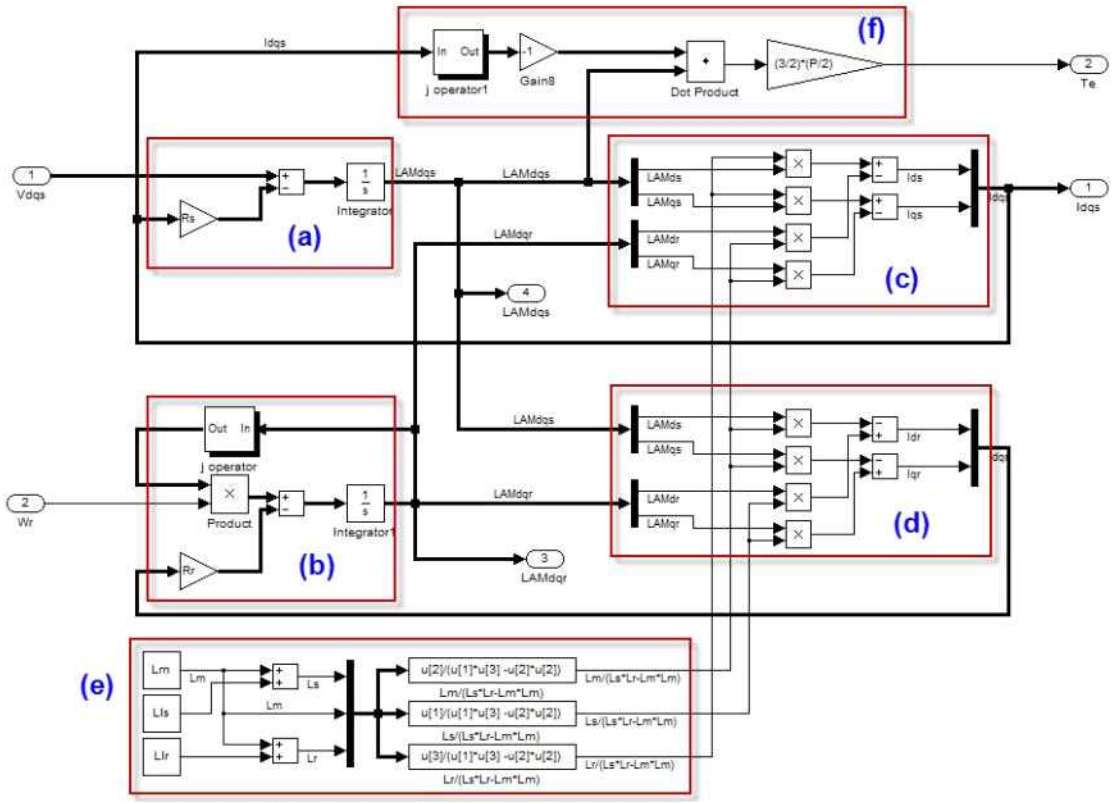
○ 위식의 (d)-(c)로부터,

$$L_s\,\lambda_{dr} - L_m\lambda_{ds} = \left(L_sL_r - L_m^2\right)i_{dr} \qquad (2.2.6.5)$$
$$\therefore i_{dr} = \frac{1}{L_sL_r - L_m^2}\left(L_s\,\lambda_{dr} - L_m\lambda_{ds}\right)$$

○ 위의 식과 동일한 연산을 하여 q축전류 방정식을 마저 구하면 다음의 전류 방정식을 얻을 수 있다.

$$i_{ds} = \frac{1}{L_sL_r - L_m^2}\left(L_r\lambda_{ds} - L_m\lambda_{dr}\right) \qquad (2.2.6.6)$$
$$i_{qs} = \frac{1}{L_sL_r - L_m^2}\left(L_r\lambda_{qs} - L_m\lambda_{qr}\right)$$
$$i_{dr} = \frac{1}{L_sL_r - L_m^2}\left(L_s\lambda_{dr} - L_m\lambda_{ds}\right)$$
$$i_{qr} = \frac{1}{L_sL_r - L_m^2}\left(L_s\lambda_{qr} - L_m\lambda_{qs}\right)$$

○ 위의 (2.2.6.4), (2.2.6.5) 식 및 (2.2.6.6)을 이용하여 MATLAB상에서 적분 방정식으로 유도전동기 모델을 구현하면 다음과 같이 나타난다.



[그림 822]일반 유도전동기 MATLAB 모델(고정자 정지좌표계)

○ 그림에서 굴게 표시된 선(line)은 '벡터'선으로 d축과 q축이 하나의 신호선으로 묶여있음을 나타내며, 'j operator'는 d-q변수를 서로 교환하고 출력측 d성분에 (-)부호를 부가한 함수를 의미한다.

○ 그림에서 (a),(b)부분은 식(2.2.6.4),(2.2.6.5)의 적분식을 각각 구현한 부분이며, (c)(d)는 식(2.2.6.6)의 전류 합성식을 구현한 부분이다. (e)는 전류합성식에 사용되는 파라미터를 나타내며 상수처리하지 않고 별도로 계산하는 이유는 나중에 설명되는 단부효과(end-effect)를 유도기 모델에 접목시키기 위함이다. 그림의 (f)부분은 토크식을 구현한 부분이다.

나) 유도전동기 자속 추정

○ 벡터제어는 기본적으로 자속의 각을 기준각으로 하여 자속과 토크를 독립적으로 제어하는 알고리즘이므로 정확한 자속정보가 매우 중요하게 사용된다. 회전자의 위치가 바로 자속의 위치인 동기 전동기의 경우 회전자의 위치로부터 쉽게 자속각을 구하지만, 슬립이 존재하는 유도전동기는 쉽게 기준 자속의 위치를 알아내기 어렵다, 자속각을 직접 사

용하지 않는 간접벡터제어(Indirect Field Oriented Control)방식의 경우에도 슬립을 결정할 때 자속정보를 사용하는 등 자속정보를 필요로 하는 경우가 종종 발생하며, 이런 경우 자속을 직접 취득하기 어렵기 때문에 일반적으로 자속관측기(Flux Observer)를 사용한다. 성능이 가장 우수한 자속관측기는 1994년 발표된 'Lorenz'관측기(참고문헌1)가 있으나 구현이 복잡하기 때문에 이를 전부 구현하지는 않고 전류모델 관측기만 사용하는 경우가 많다.

○ 전류모델(Current-Model)관측기는 IM의 회전자전압 방정식을 근거로 자속을 추정하는 관측기이다. 고정자기준 좌표계(Stator-frame coordination) 상의 2차측 전압 방정식은 식 (2.2.6.7)과 같이 나타난다.

$$V_{dr}^{e} = R_r i_{dr}^{e} + \frac{d\lambda_{dr}^{e}}{dt} - (\omega_e - \omega_r)\lambda_{qr}^{e} = 0 \qquad (2.2.6.7)$$
$$V_{qr}^{e} = R_r i_{qr}^{e} + \frac{d\lambda_{qr}^{e}}{dt} + (\omega_e - \omega_r)\lambda_{dr}^{e} = 0$$

○ 2차측 전압 방정식으로부터 회전자 전류와 속도를 알고 있다면, 회전자 자속을 구할 수 있다. 하지만 회전자 전류는 측정할 수 없기 때문에 회전자 쇄교 자속 식을 사용하여 회전자 전류를 측정 가능한 고정자 전류로 바꾸어야 한다.

$$i_{dr}^{e} = \frac{\lambda_{dr}^{e} - L_m i_{ds}^{e}}{L_r} \qquad \leftarrow \lambda_{dr}^{e} = L_r i_{dr}^{e} + L_m i_{ds}^{e} \qquad (2.2.6.8)$$
$$i_{qr}^{e} = \frac{\lambda_{qr}^{e} - L_m i_{qs}^{e}}{L_r} \qquad \leftarrow \lambda_{qr}^{e} = L_r i_{qr}^{e} + L_m i_{qs}^{e}$$

○ 구해진 전류를 회전자 전압 방정식에 대입하면 회전자 쇄교 자속식이 구해진다.

$$\frac{d\lambda_{dr}^{r}}{dt} = -\frac{R_r}{L_r}\lambda_{dr}^{r} + R_r\frac{L_m}{L_r}i_{ds}^{r} + (w - \omega_r)\lambda_{qr}^{r} \qquad (2.2.6.9)$$
$$\frac{d\lambda_{qr}^{r}}{dt} = -\frac{R_r}{L_r}\lambda_{qr}^{r} + R_r\frac{L_m}{L_r}i_{qs}^{r} - (w - \omega_r)\lambda_{dr}^{r}$$

○ 이때, 좌표계축을 고정자가 아닌 회전자를 기준으로하면 회전자기준 좌표계(Rotor-frame coordination)가 성립한다. 이때는 동기각속도를 회전자 각속도 ω_e가 아닌 고정자 각속도ω_r을 사용하므로 위 식에서 ω 대신 ω_r을 대입하면 결합성분을 제거할 수 있다.

$$p\lambda_{dr}^{r} = -\frac{R_r}{L_r}\lambda_{dr}^{r} + R_r\frac{L_m}{L_r}i_{ds}^{r} \qquad (2.2.6.10)$$
$$p\lambda_{qr}^{r} = -\frac{R_r}{L_r}\lambda_{qr}^{r} + R_r\frac{L_m}{L_r}i_{qs}^{r}$$

○ 위의 미분식을 주파수(s) 도메인으로 다시 쓰면 다음과 같다.

$$\lambda_{dqr}^{r} = \frac{\frac{R_r}{L_r}}{s+\frac{R_r}{L_r}}\left(L_m i_{dqs}^{r}\right) \qquad (2.2.6.11)$$

○ 즉, 회전자 프레임 상에서 회전자자속은 Lm이 곱해진 고정자전류에 L_r/R_r의 시정수를 갖는 1차 저역 필터가 부가된 형태로 나타난다. 이 때문에 회전자의 시정수를 L_r/R_r로 고려하는 것이 타당하다는 결론을 얻을 수 있다.

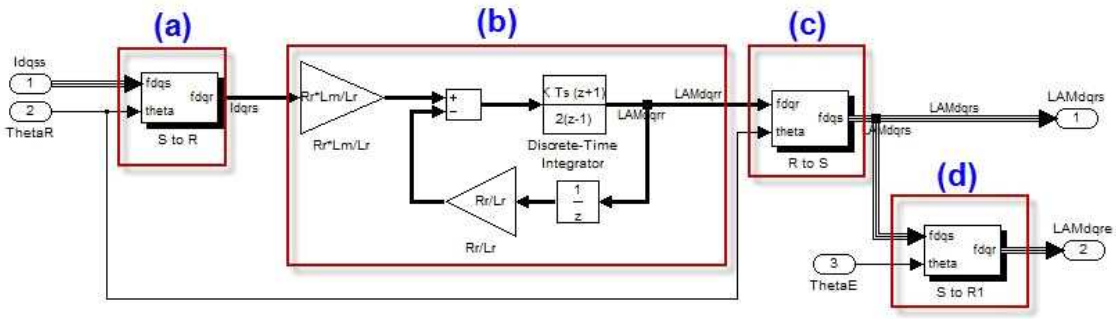
○ 식 (2.2.6.7)을 적분식으로 바꾸면 다음의 식으로 나타난다.

$$\lambda_{dqr}^{r} = \int\left(-\frac{R_r}{L_r}\lambda_{dqr}^{r} + R_r\frac{L_m}{L_r}i_{dqs}^{r}\right)dt \qquad (2.2.6.12)$$

○ 위의 (2.2.6.12)를 사용하여 회전자 자속을 연산하는 방식이 전류모델 자속관측기이다. 실제적으로는 관측(observe)의 의미보다는 연산의 의미가 강하므로 자속연산기라고 표현하는 것이 더 타당하다. 이러한 자속연산기는 전 속도 영역에서 매우 정확한 자속을 연산할 수 있지만 파라미터에 대한 의존도가 매우 높기 때문에 전동기 파라미터를 매우 정확하게 알고 있어야한다. 특히 전동기의 2차측 시정수에 해당하는 L_r/R_r을 정확히 알고 있어야 자속을 올바르게 연산할 수 있다. 문제는

L_r/R_r에 상당한 불확실성이 존재하고 온도에 따라 2차측 저항이 큰 폭으로 변동하는 변동성까지 있기 때문에 현장에 적용하기 어렵다는 것이다. LIM의 경우 일반 유동전동기에 비하여 설계값(혹은 FEM해석값)이 비교적 정확하고 2차측이 개방되어 있어서 온도에 대한 변동성을 고려하기가 쉽기 때문에 현장 적용에 큰 무리가 없다고 판단할 수 있다.

○ 다음의 그림은 전류모델 자속관측기를 MATLAB으로 구현한 모델을 도시한다.



[그림 823]전류모델 자속관측기의 구현(회전자 좌표계)

○ 그림에서 (a)는 회전자각 $\theta_r (= \int \omega_r dt)$을 이용하여 고정자 정지좌표계의 전류($i^s_{dqs}$)를 회전자 동기좌표계 전류($i^r_{dqs}$)로 변환시키는 부분이며, (b)부분은 식(1-1.14)를 구현한 부분으로 회전자 동기좌표계 자속(λ^r_{dqr})을 연산한다. (c)부분은 이를 다시 고정자 정지좌표계의 자속(λ^s_{dqr})으로 변환시키며, 제어에 사용하기 위하여 (d)부부에서 고정자 동기좌표계의 자속(λ^e_{dqr})으로 바꾼다.

○ 위의 전류모델 자속관측기는 파라미터가 정확한 경우 회전자 자속을 매우 정확하게 연산할 수 있는 장점이 있는 반면 위 [그림 3.1.2]과 같이 좌표계 변환을 여러번 해주어야하는 번거로움이 따른다. 식(2.2.6.11)은 고정자 프레임이 아닌 회전자 프레임 상에서만 성립하지만, 회전자 프레임 상에서 모든 상태변수가 직류로 관측되는 점을 유념한다면 식 (2.2.6.11)이 다음과 같은 고정자 프레임 상에서도 근사적으로 성립한다고 가정할 수 있다.

$$\lambda_{dqr}^{e} \cong \frac{\frac{R_r}{L_r}}{s+\frac{R_r}{L_r}}\left(L_m i_{dqs}^{e}\right) \tag{2.2.6.13}$$

○ 위 (2.2.6.13)에 근거한 자속관측기는 좌표계 변환이 많지 않으므로 연산이 편리하고 정상상태에서 비교적 우수한 성능을 보이는 장점이 있으나, 자속을 전류에 대한 필터의 출력으로만 연산하므로 과도 상태에서는 부정확한 자속을 추정하는 문제가 있다.

○ [참고문헌1]의 'Lorentz'방식은 저속에서는 전류모델을 사용하여 자속을 구하고 고속에서는 고정자 전압방정식을 사용함으로써 자속 추정 오차를 최소화하는 방식이다. 전동기 파라메터를 정확하게 알고 있는 경우에는 전류모델 자속관측기만으로도 우수한 결과를 얻을 수 있으나 파라메터(특히 R_r)에 불확실성이 있는 경우에는 전압모델을 석어서 사용하는 'Lorentz'방식에서 보다 양호한 결과를 얻을 수 있다.

○ 한편, 고정자자속과 회전자자속 사이에는 다음의 관계식이 성립한다.

$$\begin{aligned}
\lambda_{dr} &= L_r i_{dr} + L_m i_{ds} \qquad \Leftarrow i_{dr} = \frac{1}{L_m}(\lambda_{ds} - L_s i_{ds}) \\
&= \frac{L_r}{L_m}(\lambda_{ds} - \sigma L_s i_{ds}) \quad , \quad \sigma = 1 - \frac{L_m^2}{L_s L_r} \\
\lambda_{qr} &= \frac{L_r}{L_m}(\lambda_{qs} - \sigma L_s i_{qs})
\end{aligned} \tag{2.2.6.14}$$

○ 동일한 방식으로 q축을 연산하여 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{cases}
\lambda_{dr} = \dfrac{L_r}{L_m}(\lambda_{ds} - \sigma L_s i_{ds}) \\
\lambda_{qr} = \dfrac{L_r}{L_m}(\lambda_{qs} - \sigma L_s i_{qs})
\end{cases} \tag{2.2.6.15}$$

○ 위 식을 고정자 자속에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$\begin{cases} \lambda_{ds} = \dfrac{L_m}{L_r}\lambda_{dr} + \sigma L_s i_{ds} \\ \lambda_{qs} = \dfrac{L_m}{L_r}\lambda_{qr} + \sigma L_s i_{qs} \end{cases} \quad (2.2.6.16)$$

다) LIM 기계방정식

- LIM제어에서는 일반유도전동기에서 기본 상태변수로 다루는 토크(T_e: torque[Nm]) 및 기계각속도(ω_{rm}[rad/s]) 대신 전동기의 추력(F_e:Force[N])과 속도($v_{\lim}$[m/s])를 기본 상태변수로 다루게 된다.
- 선형 전동기에서는 회전기기의 회전자가 1회전할 때 원주에 해당하는 길이만큼 이동하는 개념이 성립하므로 회전기의 기계각속도 ω_{rm} 과 선형기의 속도 $v_{\lim}$ 사이에는 다음의 관계가 성립한다.

$$\omega_{rm} : v_{lim} = 2\pi/t : D/t \quad (2.2.6.17)$$

$$\therefore\ v_{lim} = \frac{D}{2\pi}\omega_{rm}$$

- 식에서 D는 전동기의 길이(회전기에서의 원주)를 의미한다.
- 위의 식을 이용하면 전동기 속도로부터 기계각속도 ω_{rm}을 연산할 수 있다.또한 회전기의 출력토크를 T_e, 선형기의 추력을 F_e라고 할 때, 전동기의 출력(Power[W])은 다음과 같이 표시될 수 있다.

$$P_{OUT} = \omega_{rm} T_e = v_{lim} F_e \quad (2.2.6.18)$$

$$\therefore F_e = \frac{\omega_{rm}}{v_{lim}} T_e = \frac{2\pi}{D} T_e$$

- 위식을 사용하여 회전기의 토크 T_e 로부터 선형기의 추력 F_e을 환산할 수 있다. 이때 선형전동기의 기계방정식은 다음으로 나타난다.

$$F_e = M\frac{dv_{\lim}}{dt} + Bv_{\lim} + F_{load} \quad (2.2.6.19)$$

- 식에서 M은 전동기 이동자(혹은 전동차량)의 질량([Kg])이며 B는 선

형 베어링 등에서 나타나는 마찰손실계수([Ns/m])이다. LIM 자기부상열차의 경우 베어링 손실이 거의 없기 때문에 주로 풍손(Wind-loss)에 대한 저항계수를 B로 사용한다. F_{load}는 부하힘(Load-Force[N])으로 자기부상열차에서는 거의 나타나지 않는다.

○ [참고1] P.L.Jansen and etc,"A physically insightful approach to the design and accuracy assessment of flux observers for field oriented induction machine drives" IEEE-Tran. on IA, 1994.

라) LIM 벡터제어 기법

① 슬립일정 벡터제어

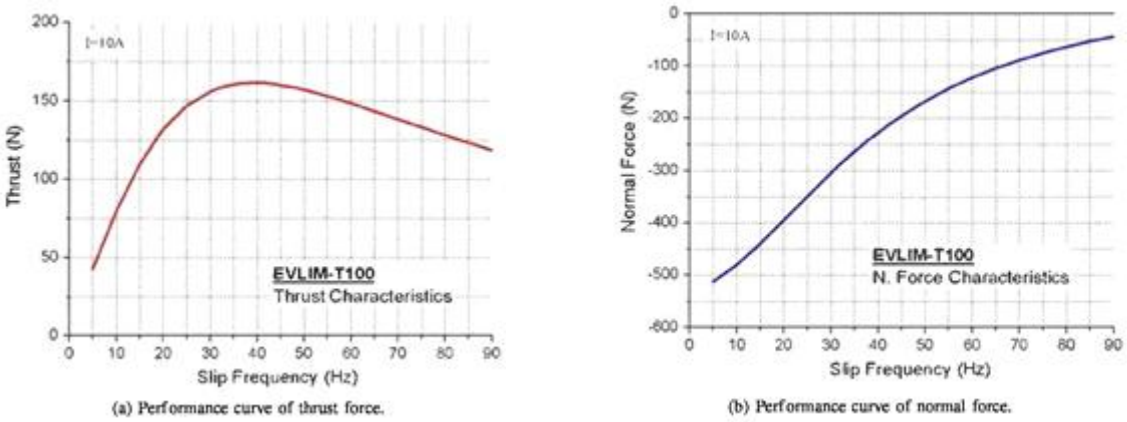
○ 회전자 자속기준 벡터제어(RFO)가 원활하게 수행되고 있을 때 식(2.2.6.20)에서와 같이 다음의 슬립식이 성립한다.

$$\omega_{sl} = \frac{R_r}{L_r}\frac{i_{qs}^e}{i_{ds}^e} \qquad (2.2.6.20)$$

○ 일반 유도전동기에 비하여 LIM제어에서 반드시 고려해야할 사항은 IM에는 존재하지 않는 수직력(Normal-Force)에 대한 고려이다. LIM의 모델 상에서는 표현되지 않지만 슬립이 작은 경우 매우 큰 수직력이 나타나기 때문에 LIM제어에서는 항상 일정이상의 슬립을 유지할 필요가 있다. [그림 3.1.18]에는 기계연구원에서 제작한 2kW급 선형유도전동기의 수직력 및 추진력 특성그래프가 도시되어 있다. 그림에서와 같이 슬립에 따라 수직력이 크게 변동하는 것을 볼 수 있으며 슬립주파수가 작을수록 큰 수직력이 유기되는 것을 알 수 있다. 따라서, 자기부상열차 제어시스템의 경우 슬립주파수를 항상 일정 값 이상으로 크게 유지해야할 필요가 있다.

○ 문제는 통상적인 벡터제어에서 자속성분의 d축전류(i_{ds}^e)와 토크성분의 q축전류(i_{qs}^e)를 개별적으로 제어하기 때문에 위의 슬립식에서와 같이 d축전류가 작고 q축전류가 매우 큰 경우에는 슬립이 매우 작은 값을 갖을 수 있다는 것이다. 슬립이 작게 되면 LIM의 부상계(Levitation System)에 부하가 가중되는 현상이 일어나므로 부상제어기가 정상적으로 동작하지 않을 가능성이 있다.

○ 따라서, LIM 벡터제어에서는 필요로 하는 슬립이 구현되도록 d축전류와 q축전류를 연동시켜서 제어할 필요가 있으며 본 연구에서는 슬립주파수를 12.5Hz를 일정하게 유지하는 벡터제어기법을 개발하였다.



[그림 824]LIM 수직력/추진력 특성 예

○ 회전자자속 벡터제어가 원활하게 동작할 때의 토크 수식은 다음과 같다.

$$T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m}{L_r}(\lambda_{dr}^e i_{qs}^e - \lambda_{qr}^e i_{ds}^e) \quad \Leftarrow \lambda_{qr}^e = 0. \tag{2.2.6.21}$$
$$= \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m}{L_r}\lambda_{dr}^e i_{qs}^e \quad \Leftarrow \lambda_{dr}^e = L_m i_{ds}^e$$
$$= \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{L_r} i_{ds}^e i_{qs}^e$$

○ 슬립주파수를 특정 값인 ω_{sl-set}값으로 일정하게 유지할 때의 dq축 전류 조건은 다음과 같다.

$$\omega_{sl} = \frac{R_r}{L_r}\frac{i_{qs}^e}{i_{ds}^e} \equiv \omega_{sl-set} \ [rad/s] \tag{2.2.6.22}$$
$$\therefore i_{qs}^e = \frac{L_r}{R_r}\omega_{sl-set} i_{ds}^e$$

○ 또한 토크 수식으로부터,

$$T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{L_r} i_{ds}^e i_{qs}^e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{L_r} i_{ds}^e \left(\frac{L_r}{R_r}\omega_{sl-set}\, i_{ds}^e\right) \quad (2.2.6.23)$$
$$= \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{R_r}\omega_{sl-set}\left(i_{ds}^e\right)^2$$

○ 따라서, 필요로하는 토크를 만족하는 dq축전류는 다음의 식으로 구할 수 있다.

$$i_{ds}^e{}^* = \left(\frac{T_e^*}{\frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{R_r}\omega_{sl-set}}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (2.2.6.24)$$

$$i_{qs}^e{}^* = \frac{L_r}{R_r}\omega_{sl-set} i_{ds}^e{}^* \quad (2.2.6.25)$$

○ 식 (2.2.6.21)을 이용하여 필요로 하는 토크를 만족하는 d축전류 $i_{ds}^e{}^*$를 구한 다음 식 (2.2.6.22)를 이용하여 q축전류 $i_{qs}^e{}^*$를 연산하면 슬립주파수를 일정하게 유지하면서 필요한 토크를 발생시킬 수 있다. 이때, q축전류를 먼저 구하고 나중에 d축전류를 q축전류로부터 구하는 방법도 있을 수 있으나 자속의 제한을 고려하면 d축전류를 먼저 구하는 것이 보다 편리하다.

○ LIM 벡터제어 d축전류 제한요소

○ d축 전류는 기본적으로 식 (2.2.6.24)에 의해 연산되지만 d축전류가 자속에 비례하므로 다음의 제한 조건하에서 d축전류를 결정해야 한다.

- 자속 포화값 제한

$$\lambda_{dr}^e \le \lambda_m \quad (2.2.6.26)$$

- 전류 최대값 제한

$$\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2 \le I_m^2 \quad (2.2.6.27)$$

- 전압 최대값 제한

$$\left(V_{ds}^e\right)^2 + \left(V_{qs}^e\right)^2 \le V_m^2 \quad (2.2.6.28)$$

○ 이중에서 ③번 제한은 약계자제어에 관련된 사항으로 다음 절에서 상세히 다룬다.

○ 자속 포화값에 의한 제한.

- 자속 포화값에 의한 제한은 자속밀도가 특정값을 넘는 경우 포화(saturation)로 인한 공극자속성분 전류의 이상 상승이 나타나므로 이를 억제하는 목적으로 d축전류를 제한한다. 원칙적으로는 LIM설계시에 고려된 자속밀도 포화값을 이용해서 d축전류를 제한해야 하지만, 간단하게 전동기의 정격 동작상태를 이용하여 최대 자속을 구할 수 있다.
- 정상상태에서 고정자 전압 방정식을 벡터로 표시하면 다음과 같이 나타난다.

$$\begin{aligned}\overrightarrow{V_s} &= R_s\overrightarrow{I_s} + j\omega_e\overrightarrow{\lambda_s} \\ &= R_s\overrightarrow{I_s} + j\omega_e\overrightarrow{\lambda_r} + j\omega_e\sigma L_s\overrightarrow{I_s} \\ &= (R_s + \omega_e\sigma L_s)\overrightarrow{I_s} + j\omega_e\overrightarrow{\lambda_r}\end{aligned} \tag{2.2.6.29}$$

- 그러므로,

$$\begin{aligned}\left|\overrightarrow{\lambda_r}\right| &\cong \frac{1}{\omega_e}\left|\overrightarrow{V_s} - (R_s + j\omega_e\sigma L_s)\overrightarrow{I_s}\right| \\ &\cong \frac{1}{\omega_e}\left(\left|\overrightarrow{V_s}\right| - \left|(R_s + j\omega_e\sigma L_s)\overrightarrow{I_s}\right|\right) \\ &\cong \frac{1}{\omega_e}\left(V_{rate} - \sqrt{R_s^2 + (\omega_e\sigma L_s)^2}\, I_{rate}\right)\end{aligned} \tag{2.2.6.30}$$

- 식에서 V_{rate}는 정격속도에서의 전압(피크전압), I_{rate}는 전류(피크전류), ω_e는 전기각 주파수를 의미한다. 하나의 예시로 $R_s = 0.13\Omega$, $\sigma L_s = 0.48mH$인 전동기가 정격속도에서 전압 $260\,V_{pp}$, 전류 $500A_{pp}$로 동작할 때 전기가 주파수가 $\omega_e = 2\pi(60) = 377rad/s$라고 가정하면 다음과 같이 자속을 결정할 수 있다.

$$\begin{aligned}\left|\overrightarrow{\lambda_r}\right| &\cong \frac{1}{\omega_e}\left(V_{rate} - \sqrt{R_s^2 + (\omega_e\sigma L_s)^2}\, I_{rate}\right) \\ &= \frac{1}{377}\left(260 - \sqrt{0.13^2 + (377 \cdot 0.48\times 10^{-3})^2} \cdot 500\right) \\ &= 0.395\ wb\end{aligned} \tag{2.2.6.31}$$

- 위의 자속이 모두 d축 자속이라고 가정할 때, 1500Nm의 토크를 발생

시키려한다면 필요로 하는 전류는 다음으로 계산된다.

$$T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m}{L_r}\lambda_{dr}^e i_{qs}^e \tag{2.2.6.32}$$
$$1500 = \frac{3}{2}\frac{12}{2}\frac{1.8\times10^{-3}}{2.2\times10^{-3}}0.395\, i_{qs}^e$$
$$\therefore\ i_{qs}^e = 500\, A_{pp}$$

- 일단, 자속에 의한 제한을 d축전류에 부가하면 다음의 식으로 d축전류 제한을 표시할 수 있다.

$$i_{ds}^e = \frac{1}{L_m}\lambda_{dr}^e \tag{2.2.6.33}$$
$$\therefore \left|i_{ds}^e\right| \le \frac{1}{L_m}\lambda_{dr-\max}^e$$

○ 최대전류에 의한 제한.

- 최대전류 제한의 경우 전류 벡터의 크기가 미리 설정된 최대크기 I_m 보다 작아야함을 의미하며 일반적으로 전류의 최대크기는 전동기의 전류용량 및 인버터의 전류용량, 둘 중에서 작은 값에 의해 결정된다. 전류제한식을 d축전류에 대하여 정리하면 다음과 같다.

$$\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2 \le I_m^2 \tag{2.2.6.34}$$
$$\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(\frac{L_r}{R_r}\omega_{slip} i_{ds}^e\right)^2 \le I_m^2$$
$$\left(i_{ds}^e\right)^2\left(1+\left(\frac{L_r}{R_r}\omega_{slip}\right)^2\right) \le I_m^2$$
$$\therefore \left|i_{ds}^e\right| \le \left(\frac{I_m^2}{1+\left(\frac{L_r}{R_r}\omega_{slip}\right)^2}\right)^{\frac{1}{2}}$$

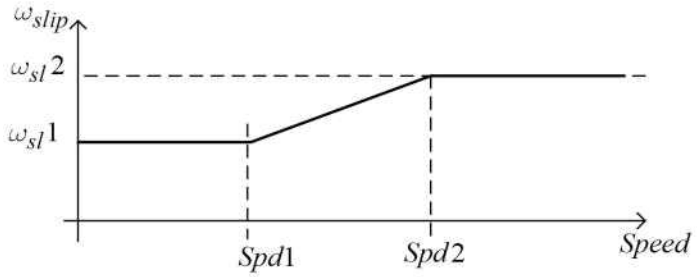
- 위에서 언급된 식 (2.2.6.33) 및 (2.2.6.34)의 제한식과 다음 장에서 언급하는 전압제한식을 모두 만족하는 전류가 최종적으로 제어에 사용되는 q축 전류이다.

○ LIM 슬립주파수 제어

- 슬립주파수를 일정하게 제어하기 위해서 d축전류와 q축전류의 비율을 일정하게 유지하는 경우에 자속의 제한으로 인하여 필요한 토크를 발생시키지 못하는 경우가 발생할 수 있다. 다음의 식 (2.2.6.35)을 보면 토크가 d축전류의 제곱에 비례함을 알 수 있다.

$$T_e = \frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{R_r}\omega_{sl-set}\left(i_{ds}^e\right)^2 \qquad (2.2.6.35)$$

- 약계자 영역의 경우, 속도에 따라 자속(d축전류)이 감소하는 경향을 갖게 되며 q축전류가 자속에 비례하여 감소하게 되면 결과적으로 토크는 속도의 제곱에 반비례하는 결과가 발생한다. 따라서 속도가 큰 약계자 영역에서는 슬립주파수를 증가시켜서 토크의 감소폭을 완화시킬 필요가 있다.



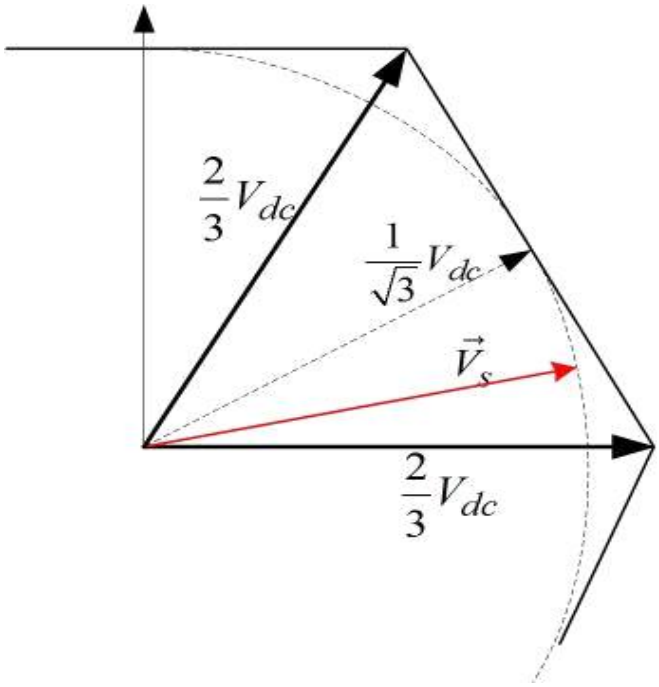
[그림 825] 슬립주파수 가변제어

- 위의 그림은 속도에 따라 설정된 슬립을 구간별로 증가시키는 알고리즘을 나타내고 있다. 슬립이 과도하게 큰 경우 LIM의 2차측에서 철손이 크게 나타날 수 있으므로 적정한 값으로 슬립을 제한할 필요가 있다.

② 약계자(Field-Weakening)제어

○ 전동기의 속도가 높아지면 ω_e가 증가하고 고정자 전압방정식에서 $\omega_e\lambda_{qs}^e$ 및 $\omega_e\lambda_{ds}^e$가 같이 증가한다. 특히 λ_{ds}^e의 크기가 크므로 속도가 큰 영역에서는 $\omega_e\lambda_{ds}^e$가 매우 큰 전압으로 나타난다. 한편, 인버터는 DC-Link전압

을 이용하여 3상 전압을 출력하는 기능을 수행하므로 특정전압 이상의 전압을 발생시킬 수 없다. 따라서, 유한한 DC-Link전압을 이용하는 경우 전동기의 상전압에 인가할 수 있는 최대전압에 제한이 발생한다. 전압 이용률이 가장 우수한 공간전압벡터 PWM 기법을 사용하는 경우 아래의 그림과 같은 3상 출력전압의 범위가 결정된다.



[그림 826] 공간전압벡터PWM 전압제한.

○ 그림과 같이 전동기 하나의 상에 인가할 수 있는 전압의 이론적 최대값은 $(2/3)V_{DC}$이며, 전동기의 고정자 전압 벡터 $\overrightarrow{V_s}$ 가 전압인가 가능 영역의 내접원을 따라 이동한다고 가정하면 $V_{DC}/\sqrt{3}$의 전압이 전동기에 인가할 수 있는 최대전압이다.

○ 따라서 아래의 식과 같은 전압 제한식이 성립한다.

$$V_{ds}^2 + V_{qs}^2 \leq V_m^2 \quad \left(V_m \cong \frac{V_{DC}}{\sqrt{3}} \right) \tag{2.2.6.36}$$

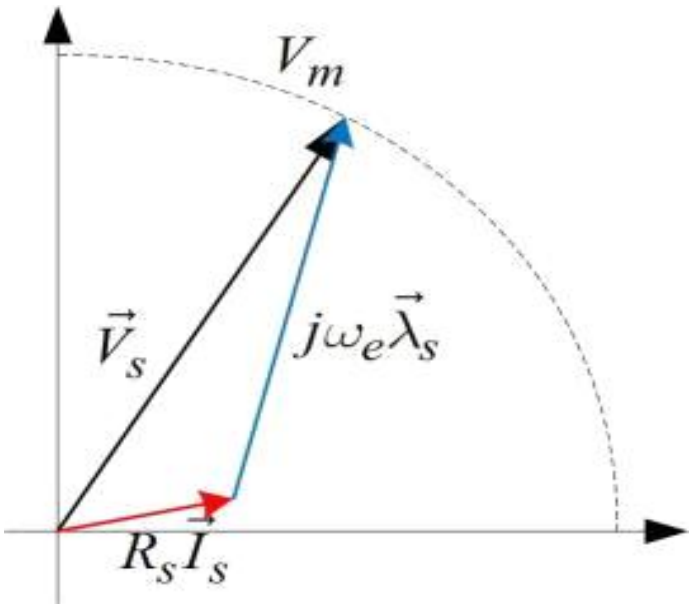
○ 식에서 최대 전압 V_m은 근사적으로 $V_{DC}/\sqrt{3}$이지만 실제로는 인버터의 전력용 반도체 소자에서 나타나는 On-Drop전압과 dead-time 인가에 따른 전압의 감소분을 고려하면 실제로는 $V_{DC}/\sqrt{3}$보다 더 작은 값을 갖는다. $V_{DC}/\sqrt{3}$는 어디까지나 이론적인 전압 제한값일 뿐이다.

○ 회전자자속기준 벡터제어(RFO)가 수행될 때 정상상태에서 고정자의 전압방정식이 다음 식으로 나타난다.

$$\begin{aligned} V_{ds}^{e} &\cong R_s i_{ds}^{e} - \omega_e \lambda_{qs}^{e} \\ &= R_s i_{ds}^{e} - \omega_e \left(\frac{L_m}{L_r}\lambda_{qr}^{e} + \sigma L_s i_{qs}^{e}\right) \quad \Leftarrow \lambda_{qr}^{e} = 0 \\ &= R_s i_{ds}^{e} - \omega_e \sigma L_s i_{qs}^{e} \end{aligned} \tag{2.2.6.37}$$

$$\begin{aligned} V_{qs}^{e} &\cong R_s i_{qs}^{e} + \omega_e \lambda_{ds}^{e} \\ &= R_s i_{qs}^{e} + \omega_e \left(\frac{L_m}{L_r}\lambda_{dr}^{e} + \sigma L_s i_{ds}^{e}\right) \quad \Leftarrow \quad \lambda_{dr}^{e} = L_m i_{ds}^{e} \\ &= R_s i_{qs}^{e} + \omega_e \left(\frac{L_m^2}{L_r} + \sigma L_s\right) i_{ds}^{e} \quad \Leftarrow \quad \sigma L_s = L_s - \frac{L_m^2}{L_r} \\ &= R_s i_{qs}^{e} + \omega_e L_s i_{ds}^{e} \end{aligned} \tag{2.2.6.38}$$

○ 이때 $R_s i_s$성분은 벡터적으로 전압을 감소시키는 역할을 하므로, 아래의 그림과 같은 벡터도에서 $R_s i_s$성분을 제외한 나머지 전압성분이 $V_s - R_s I_s$벡터에 비해 작은 값을 만족하면 전압벡터가 V_m보다 항상 작은 값을 유지할 수 있다.



[그림 827]전압제한 하에서의 전압벡터도

○ 식 (2.2.6.37), (2.2.6.38)으로부터

$$V_{ds}^e - R_s i_{ds}^e \cong -\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e \quad (2.2.6.39)$$
$$\left(V_{ds}^e - R_s i_{ds}^e\right)^2 = \left(-\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e\right)^2$$
$$\therefore \left(-\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e\right)^2 = \left(V_{ds}^e\right)^2 - 2R_s V_{ds}^e i_{ds}^e + R_s^2 \left(i_{ds}^e\right)^2$$

$$V_{qs}^e - R_s i_{qs}^e \cong -\omega_e L_s i_{ds}^e \quad (2.2.6.40)$$
$$\left(V_{qs}^e - R_s i_{qs}^e\right)^2 = \left(-\omega_e L_s i_{ds}^e\right)^2$$
$$\therefore \left(-\omega_e L_s i_{ds}^e\right)^2 = \left(V_{qs}^e\right)^2 - 2R_s V_{qs}^e i_{qs}^e + R_s^2 \left(i_{qs}^e\right)^2$$

○ 식 (2.2.6.39) 와 (2.2.6.39)의 양변을 각각 더하면,

$$\left(\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e\right)^2 + \left(\omega_e L_s i_{ds}^e\right)^2 \quad (2.2.6.41)$$
$$= \left[\left(V_{ds}^e\right)^2 + \left(V_{qs}^e\right)^2\right] - 2R_s\left(V_{ds}^e i_{ds}^e + V_{qs}^e i_{qs}^e\right) + R_s^2\left[\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2\right]$$

○ 위식에서 $\left(V_{ds}^e i_{ds}^e + V_{qs}^e i_{qs}^e\right)$는 입력전력에 해당하므로 2차측 동손 및 철손을 무시하면 다음 식이 성립한다.

$$P_{in}(\text{입력전력}) = P_{loss}(\text{동손}) + P_{out}(\text{출력}) \quad (2.2.6.42)$$
$$\therefore V_{ds}^e i_{ds}^e + V_{qs}^e i_{qs}^e = R_s\left(i_{ds}^{e^2} + i_{qs}^{e^2}\right) + \omega_r T_e$$

○ 따라서 (2.2.6.41)은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\left(\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e\right)^2 + \left(\omega_e L_s i_{ds}^e\right)^2 \quad (2.2.6.43)$$
$$= \left[\left(V_{ds}^e\right)^2 + \left(V_{qs}^e\right)^2\right] - 2R_s\left(R_s\left(i_{ds}^e\right)^2 + R_s\left(i_{qs}^e\right)^2 + P_{out}\right) + R_s^2\left[\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2\right]$$
$$= \left[\left(V_{ds}^e\right)^2 + \left(V_{qs}^e\right)^2\right] - R_s^2\left[\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2\right] - 2R_s P_{out}$$
$$\leq V_m^2 - R_s^2\left[\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2\right] - 2R_s P_{out}$$

○ 식에서 V_m은 인버터에서 최대로 인가할 수 있는 전압의 크기이며 통상 $V_{dc}/\sqrt{3}$으로 주어진다.

○ 위의 식에서 좌측항의 역기전력 전압벡터의 크기는 V_m에서 일정크기의 전압을 감한 크기보다 작아야한다는 것을 알 수 있다. 이때 감하여지는 크기는 “동손+출력x2”값에 R_s를 곱한 값이 된다.

○ 또한, $\left(i_{ds}^e\right)^2 + \left(i_{qs}^e\right)^2 \leq I_m^2$ 이 항상 성립해야하므로 동손의 최대값은 $R_s I_m^2$ 값이 된다. 따라서 위 식은 다음과 같이 기술하여도 무방하다.

$$\left(\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e\right)^2 + \left(\omega_e L_s i_{ds}^e\right)^2 \le V_m^2 - \left((R_s I_m)^2 + 2R_s P_{out}\right) \quad (2.2.6.44)$$

○ 그러므로, 전압제한을 고려한 d축전류의 크기는 다음과 같이 결정할 수 있다.

$$\left(\omega_e L_s i_{ds}^e\right)^2 \le V_m^2 - \left((R_s I_m)^2 + 2R_s P_{out}\right) - \left(\omega_e \sigma L_s i_{qs}^e\right)^2 \quad (2.2.6.45)$$

$$i_{ds}^e \le \sqrt{\frac{V_m^2 - \left((R_s I_m)^2 + 2R_s P_{out}\right)}{(\omega_e L_s)^2} - \left(\sigma i_{qs}^e\right)^2}$$

○ 위의 d축전류에 대한 제한값을 적용하면 RFO제어의 기준 자속은 다음으로 기술할 수 있다.

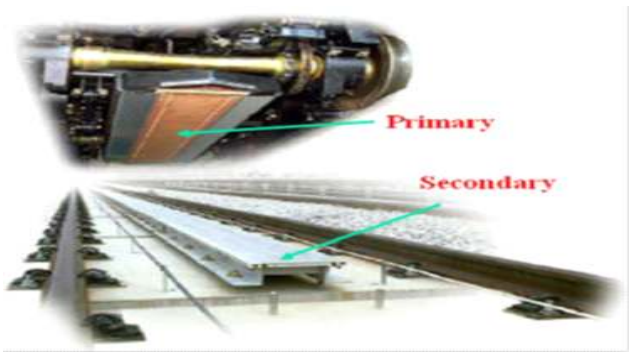
$$\begin{aligned} \lambda_{ds}^e &= L_m i_{ds}^e \\ &\le L_m \sqrt{\frac{V_m^2 - \left((R_s I_m)^2 + 2R_s P_{out}\right)}{(\omega_e L_s)^2} - \left(\sigma i_{qs}^e\right)^2} \end{aligned} \quad (2.2.6.46)$$

○ 위식을 이용하여 자속을 결정하는 과정에서 i_{qs}^e의 값이 필요하지만 σi_{qs}^e 값이 실제로는 매우 작은 값이므로 무시해도 큰 문제가 없으며, 무시하지 못하는 경우에도 제어 중에 취득하는 실제 q축전류를 사용하거나 제어에 사용되었던 과거의 전류지령을 사용하여도 큰 오차 없이 (2.2.6.46)식을 연산할 수 있다.

○ 속도(ω_e)가 증가하면 자속이 감소해야하며, 동일 속도에서도 출력(P_{out})이 큰 경우에는 자속이 더 감소해야한다는 것에 유의한다.

2) 단부효과

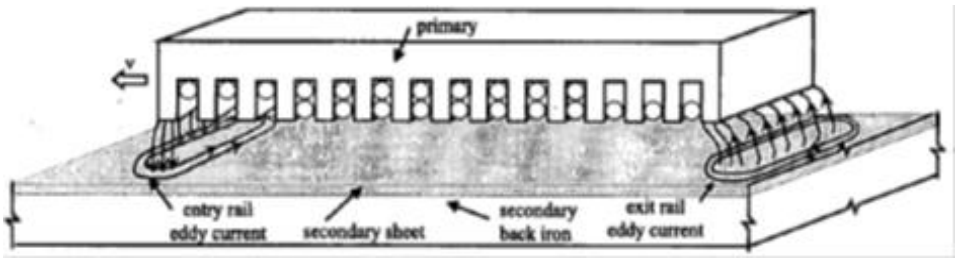
가) LIM의 단부효과(End-Effect)



[그림 828]상전도식 LIM 구조

○ 위 그림은 상전도식 LIM(Linear Induction Motor)의 기계적 배치 구조를 도시하고 있다. LIM을 제어(벡터제어)하기 위해서는 무엇보다도 정확한 LIM의 등가모델이 필요하며 RIM(Rotary Induction Motor)와는 달리 LIM에서는 단부효과(End-Effect)로 인한 자속의 감소 및 와전류(Eddy Current)에 의한 철손의 증가라는 문제 때문에 등가모델 자체가 복잡해진다.

○ 지금부터 LIM의 단부효과 및 철손에 대한 문제를 집중적으로 다룬다.



[그림 829]LIM의 와전류 형성

○ LIM의 단부효과는 근본적으로 선형기기에서 1차측의 교류자속이 선로를 따라 진행하면서 진행방향의 자속이 없는 2차측 알루미늄 판을 지나가게 되고 2차측 판에는 와전류가 형성되어 1차측에서 형성되는 공간자속에 반대되는 자속이 나옴으로써 결과적으로 공극자속이 왜곡되는(감소하는) 문제이다. [그림 3.2.2]에 1차측 이동자가 그림의 외쪽 v 방향으로 이동하면서 2차측 알루미늄 판에 존재하지 않았던 와전류를 진행방향 쪽에 형성하는 과정이 도시되어 있다. 단적으로 교류 전자석에 알루미늄 판을 가까이 대면 알루미늄 판에 와전류가 형성되고 이때 와전류가 흐르는 방향은 렌쯔의 법칙에서와 같이 공간의 자속을 억제하는 방향으로 흐르게 되므로 공간의 자속이 순간적으로 감소하는 현상과 동일하다고 할 수 있다. 문제는 LIM에서 1차측 코일이 특정방향으로 움직이면서 2차측 알루미늄판에 새로운 와전류를 연속하여 발생시킨다는 것이며 이는 회전형으로 구성된 RIM과 확연히 다른 양태를 보인다. 또한 이동 속도가 커질 수록 와전류가 상대적으로 강해지는 현상이 발생하므로 속도에 비례하여 공극자속이 더 크게 감소한다.

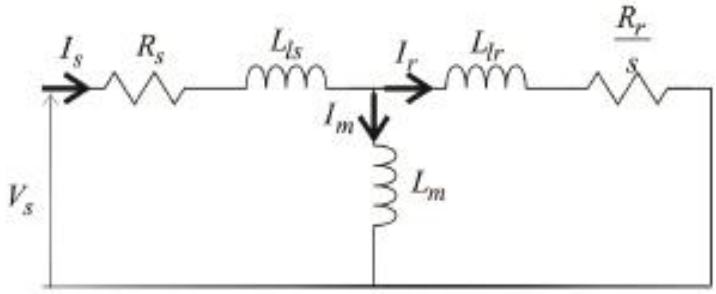
○ 한편 진행방향의 반대측에서는 코일이 움직임으로서 알루미늄판에 쇄

교하던 자속이 감소하게 되고 이는 감소되는 자속을 다시 복원시키려는 방향으로 또다른 와전류를 알루미늄판에 발생시킨다. 그림2.의 후면부에 형성되는 와전류를 참조한다. 결과적으로 진행방향의 반대쪽에 형성되는 와전류는 이동자를 잡아끄는 힘으로 작용하여 발생하는 추진력을 감소시키는 요인으로 작용한다. LIM에서는 진행방향의 전면부 및 후면부에서 발생하는 와전류로 인한 공극의 자속 감소 및 추력 감소 효과를 통칭하여 단부효과(End-Effect)라고 부른다. 또한, LIM은 상기의 와전류로 인하여 RIM에 비해 매우 큰 철손이 발생한다.

○ 한가지 더 부언하면, LIM에서는 선형기에서 피해갈 수 없는 문제로 1차측 권선이 불균일하게 감겨지는 또다른 문제가 발생한다. 즉, 회전기에서는 A-B-C 권선이 또다른 A-B-C권선과 연이어 연결되고 종단권선이 시작지점의 권선과 다시 연결되므로 모든 공극에서 권선이 균일하게 감겨지지만, 선형기에서는 시작지점의 A-B-C 권선과 종단지점의 A-B-C 권선이 존재하게 되므로 공극 자속 밀도의 입장에서 보았을 때 필연적인 자속의 불균일이 일어난다. 이러한 문제는 극수를 증가시켜서 어느 정도 보완이 가능하지만, 이동자의 앞뒤로 극피치(극간 거리)의 2/3만큼은 권선이 감겨지지 못하는 문제가 발생하기 때문에 선형 전동기의 이동자 실효길이가 극피치의 1/3정도 감소하는 현상으로 나타난다. 물론 이에 따른 공극자속의 왜곡이 수반되지만 LIM의 경우 단부효과가 훨씬 더 크게 작용하므로 권선의 불균일로 인한 자속 감소를 크게 고려하지 않고 이동자의 유효 길이가 감소하는 효과 정도로만 반영한다.

○ 이러한 단부효과를 모델링하는 작업이 매우 오래전부터 있어왔으며 여러가지 이론에 의한 해석이 가능하지만 1983년에 Duncan이 발표한 단부효과에 의한 자속 감소 모델이 제어에 응용하기에 가장 적합한 모델을 제시하고 있기 때문에 'Duncan 모델'을 기준으로 단부효과 및 이의 모델링에 대하여 설명한다. 'Duncan 모델'은 앞에서 설명된 단부효과가 궁극적으로 LIM의 공극자속을 감소시키므로 자속의 평균적인 감소량을 수식화하였다는 것에 그 의의를 둘 수 있다.

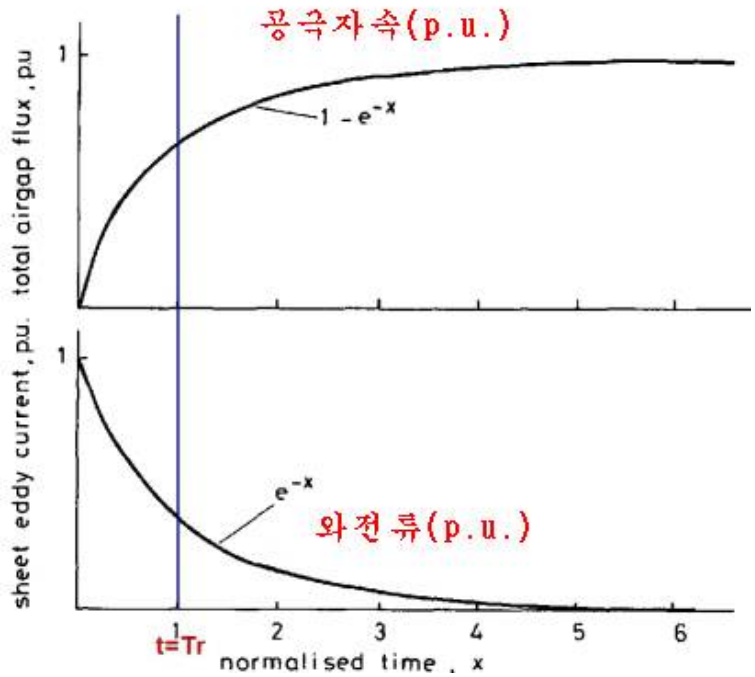
① LIM의 공극자속



[그림 830]일반 유도전동기의 상당 등가회로

○ 위 그림에 일반 IM의 상당 등가회로가 도시되어 있다. LIM의 진행방향 와전류에 초점을 맞추면, 진행방향으로 2차측에는 1차 측에서 공급되는 교류자속으로 인하여 와전류가 발생한다고 가정할 수 있다. 이때, 자속에 대한 수식전개의 편의성을 위해 전방부분에 위치하는 2차 측의 유효길이를 이동자의 유효길이와 동일하다고 가정한다.(이 부분은 약간의 오류가 있을 수 있다.) 이러한 와전류는 t=0인 시점에서 가장 크게 나타나고 시간이 지나면서 2차 측 시정수(time constant)에 의해 지수적으로 감소한다고 가정한다. 이 가정이 성립한다면 단위(normalized) 와전류 및 공극 자속은 다음 그림4.와 같이 와전류의 크기가 지수적으로 감소할때 공극자속은 그 반대로 시간이 지날수록 0에서 정상상태 값('1p.u.)으로 회복하는 것으로 볼 수 있다. 이때 시간축을 시정수를 기준으로 한 단위시간으로 환산하며 이때의 단위시간 x는 x=t/Tr 로 표시된다. 즉 시간이 시정수가 되었을 때 1의 단위시간값을 갖는다. 또한 2차 측 시정수는 다음 식으로 나타난다.

$$T_r = \frac{L_m + L_{lr}}{R_r}$$

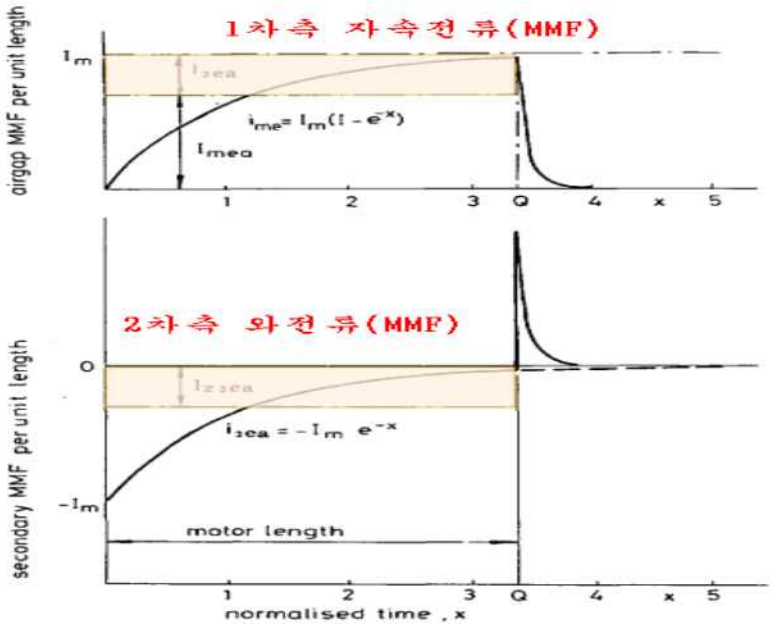


[그림 831]단위 와전류 및 단위 공극자속의 시간적 변화

- 이제 선형전동기의 이동자가 v의 속도로 이동하는 상황에서 이동자의 길이만큼 움직일때 필요한 시간을 추론한다. L을 선속 길이, T를 시간이라 하면, 이동속도는 $v = \frac{dL}{dt} \cong \frac{L}{T}$가 된다. 모터 이동자의 길이가 D이고 Tr의 시간이 소요된다면 $v \cong \frac{D}{T_r}$이므로, 이동자 길이만큼 이동하는 시간을 $T_r \cong \frac{D}{v}$로 표시할 수 있다.
- 이때, [그림 3.1.25]의 공극자속 변화 도표에서 이동자 길이만큼 이동하는 시간이 지나면 공극자속이정상상태의 자속만큼 회복된다고 가정하면(이 가정은 논란이 있을 수 있으나, 이동자가 정지해 있는 경우 자속은 항상 정상상태 값을 그대로 유지한다는 가정을 도입하면 크게 문제되지 않음),
- 다음과 같이 자속이 완전히 회복되는 필요시간 Q라는 단위 시간을 도입할 수 있다.

$$Q \equiv \frac{T_v}{T_r} = \frac{\frac{D}{v}}{\frac{L_m + L_{lr}}{R_r}} = D\frac{R_r}{(L_m + L_{lr})v} \qquad (2.2.6.47)$$

○ 위의 Q는 그 자체로는 단위가 없는 값이지만, 이동자의 유효길이를 D라고 할 때 이동자가 D만큼 이동하는 데 필요한 시간과 동일한 의미를 갖는다. 따라서 속도가 0일때는 이동자 Q가 무한대가 되어 회전기와 동일한 형상을 유지하게 되며(단부효과 없음), 속도가 증가할수록 Q가 감소하여 유효 자속을 감소시키는 역할을 한다. [그림 3.3.4]에서 공극 자속 대신 단위길이당 자속분 전류(MMF)로 표시하면 다음의 [그림 3.2.6]과 같이 표시된다.



[그림 832]1차/2차 자속분전류(MMF)

○ 그림에서 볼 수 있는 바와 같이 Q의 단위시간이 지나면 1차측 자속분전류(MMF)는 정상상태 값(Im)이 되고 2차측 자속분 전류(와전류)는 -Im에서 0으로 수렴하는 곡선을 고려할 수 있다. Q의 시간 이후에는 이동자가 이동자의 길이만큼 이동한 것으로 간주하여 자속분 전류가 급격히 0으로 감소한다고 볼 수 있으며 이는 2차측 알루미늄 판에서 자속감소를 억제하는 크기로 와전류가 증가한다고 볼 수 있기 때문에 위의 그림과 같이 (+)값의 와전류가 나타나는 것으로 고려한다. Q가 단위시간상의 특정 지점이지만 마치 이동자의 유효길이와 동일한 개념으로 적용된다는 것을 알 수 있다. 이제 평균 자속전류를 연산하기 위해, 0~Q시간 동안의 2차측 와전류의 평균 Ie(ea)를 다음과 같이 연산한다.

$$I_{e(ea)} \cong \frac{I_m}{Q}\int_0^Q e^{-x}dx = I_m\left\{\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right\} \qquad (2.2.6.48)$$

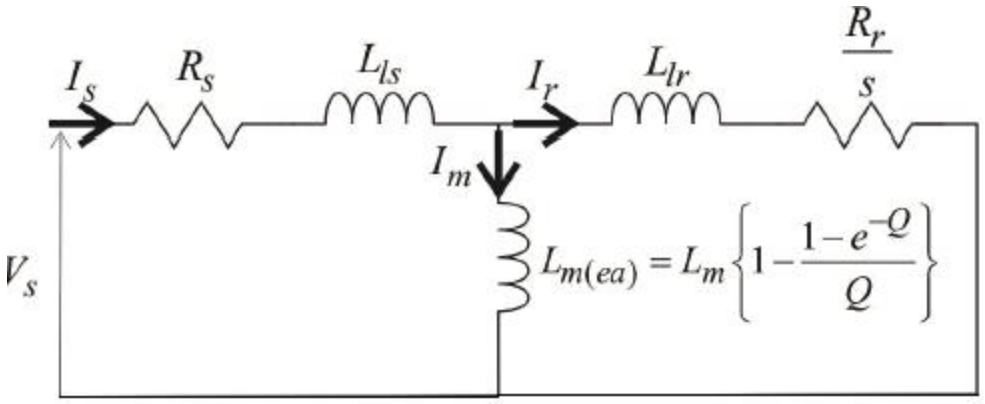
○ 이러한 평균전류는 2차측의 와전류가 형성되어 실제 공극 자속이 감소된 양과 같은 값이라고 간주될 수 있으며, 따라서 공극자속분 유효전류의 평균값 Im(ea)는 다음의 식으로 나타낼 수 있다.

$$I_{m(ea)} = I_m - I_{e(ea)} = I_m\left\{1-\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right\} \qquad (2.2.6.49)$$

○ 위에서는 자속분 전류가 감소하는 것으로 고려되었으나 실제로는 공극자속이 감소하므로 등가 공극자속을 다음 식으로 나타낼 수 있다.

$$\lambda_{(ea)} = I_m - I_{e(ea)} = L_m I_m\left\{1-\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right\} = I_m \cdot L_m\left\{1-\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right\} \qquad (2.2.6.50)$$
$$= I_m \cdot L_{m(ea)}$$
$$\therefore L_{m(ea)} = L_m\left\{1-\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right\} = L_m\{1-F(Q)\} \quad \left(F(Q)=\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right)$$

○ 따라서, 자속감소를 고려한 LIM의 상당 등가회로는 다음과 같이 표현할 수 있다.

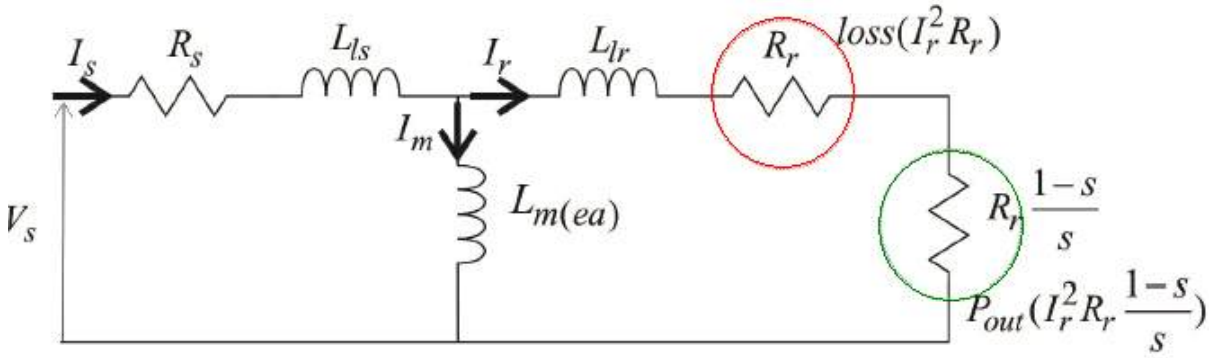


[그림 833]자속감소를 고려한 LIM의 상당 등가회로

② LIM의 와전류 손실

○ 위 그림 LIM의 상당 등가회로에서 2차측 회로를 관찰하면 일반적인 유도 전동기의 등가 회로와 동일하게 2차측 전류 Ir에 의해 2차측 저항

손이 발생하며 저항손을 제외한 소비전력이 출력으로 환산된다.



[그림 834]출력기준 LIM의 상당 등가회로

- 위의 그림과 같이 2차측 등가저항 $\frac{R_r}{s}$을 존재하는 저항 Rr과 가상적 유효저항 $R_r\frac{1-s}{s}$로 나누고, 실제 존재하는 저항값 Rr로 인하여 2차측 동손(Copper-Loss)가 발생하며 나머지 유효저항에서 소비되는 전력이 출력과 동일하다고 등가화 시킴으로써 동손과 출력을 분리할 수 있다.
- 이때 문제는 앞에서 거론한 2차측 와전류 Ie(ea) 역시 2차 회로를 통하여 흐르며 이 역시 손실, 즉 철손(Iron-Loss)을 발생시키며 이를 등가회로에서 고려할 필요가 있다는 것이다.
- 철손을 모델링하기 위해 2차 와전류의 RMS값을 구하면 다음과 같다.

$$I_{e(s)} = \left\{\frac{1}{Q}\int_0^Q (I_m e^{-x})^2 dx\right\}^{1/2} = \left\{\frac{I_m^2}{Q}\int_0^Q (e^{-2x})dx\right\}^{1/2} \qquad (2.2.6.51)$$
$$= I_m\left\{\frac{1-e^{-2Q}}{2Q}\right\}^{1/2}$$

- 이 전류는 2차측 패스를 흐르게 되므로 2차측 저항 Rr과의 작용으로 손실을 발생시킨다. 따라서 와전류 Ie에 의한 철손(와전류손)은 다음식과 같이 표시될 수 있다.

$$Eddy-Loss = I_{e(s)}^2 R_r = I_m^2\left\{\frac{1-e^{-2Q}}{2Q}\right\}R_r \qquad (2.2.6.52)$$

- 위의 와전류에 의한 철손은 LIM의 진행방향에서 발생되는 것이므로 진행 반대방향에서 발생하는 와전류 역시 그 크기가 진행방향의 크기

와 거의 같다고 가정하면 동일한 손실이 발생한다. 따라서, 위 손실(철손)의 약 2배가 실제 손실이라고 할 수 있다. 이러한 내용을 'Ducan' 논문에서는 다음과 같이 설명하고 있다.

○ 자기회로에 저장되는 에너지는 $\frac{1}{2}L \cdot I^2$으로 표시되므로, 전동기의 유효길이 Q인 지점, 즉 이동자가 후방 지점의 자화전류 $I_m\{1-e^{-Q}\}$로 인하여 2차측에는 다음의 에너지가 축적된다.

$$Magnetic-Energy = \frac{1}{2}(L_m + L_{ls})\{I_m(1-e^{-Q})\}^2 \quad (2.2.6.53)$$

○ 이러한 에너지가 모두 손실로 작용한다면, 이동자가 이동자 길이 D만큼 이동할 때 소요되는 시간 $T_r \cong \frac{D}{v}$로 나누면 소비전력이 된다.

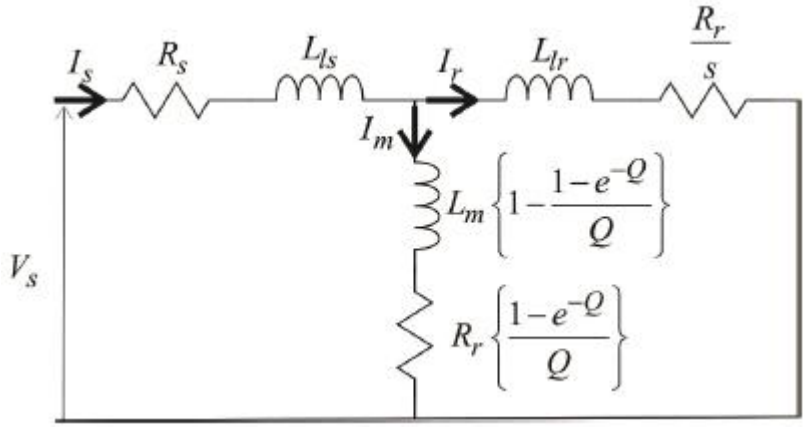
$$\begin{aligned} Power-Loss &= \frac{1}{2}(L_m + L_{ls})\{I_m(1-e^{-Q})\}^2 / T_r \quad (2.2.6.54)\\ &= \frac{1}{2}(L_m + L_{ls})\{I_m(1-e^{-Q})\}^2 \cdot v/D \\ &= \frac{1}{2}\{I_m(1-e^{-Q})\}^2((L_m + L_{ls}) \cdot v/D) \\ &= \frac{1}{2}\{I_m(1-e^{-Q})\}^2 \cdot \frac{R_r}{Q} \\ &= I_m^2 \frac{(1-e^{-Q})^2}{2Q} R_r \end{aligned}$$

○ 이때 $(1-e^{-Q})^2 = (1-2e^{-Q}+e^{-2Q})$임을 고려하면, 위의 Eddy-Loss 와 Power-Loss를 합하여 다음의 총 철손을 구할 수 있다.

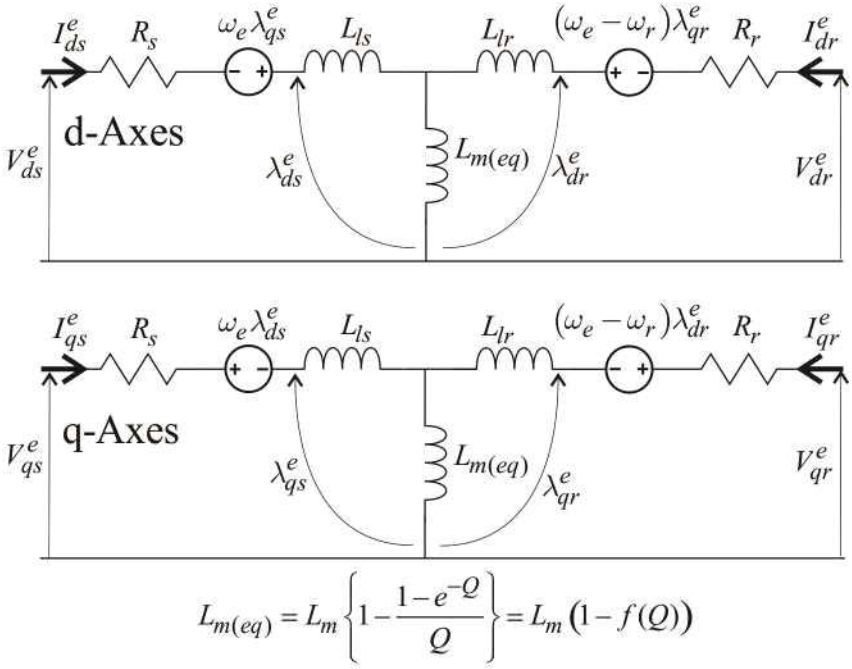
$$\begin{aligned} Iron-Loss &= I_m^2(\frac{1-e^{-2Q}}{2Q})R_r + I_m^2 \frac{(1-e^{-Q})^2}{2Q} R_r \quad (2.2.6.55)\\ &= I_m^2 \left\{ \frac{(1-e^{-2Q}) + (1-2e^{-Q}+e^{-2Q})}{2Q} \right\} R_r \\ &= I_m^2 \left\{ \frac{2-2e^{-Q}}{2Q} \right\} R_r \\ &= I_m^2 \left\{ \frac{1-e^{-Q}}{Q} \right\} R_r \end{aligned}$$

○ 따라서, 자화전류 Im에 의해 등가저항 $\left\{\frac{1-e^{-Q}}{Q}\right\}R_r$에서 손실이 발생하는 것으로 모델링이 가능하며 이를 상당 등가회로에 적용하면 다음과

같이 나타낼 수 있다.

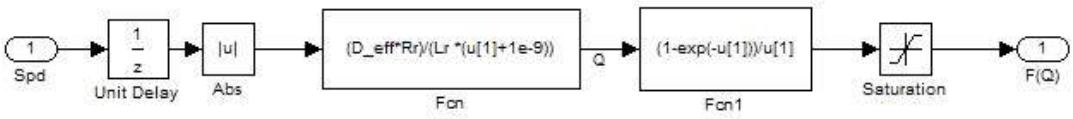


[그림 835]단부효과를 고려한 LIM의 상당 등가회로(Ducan모델)



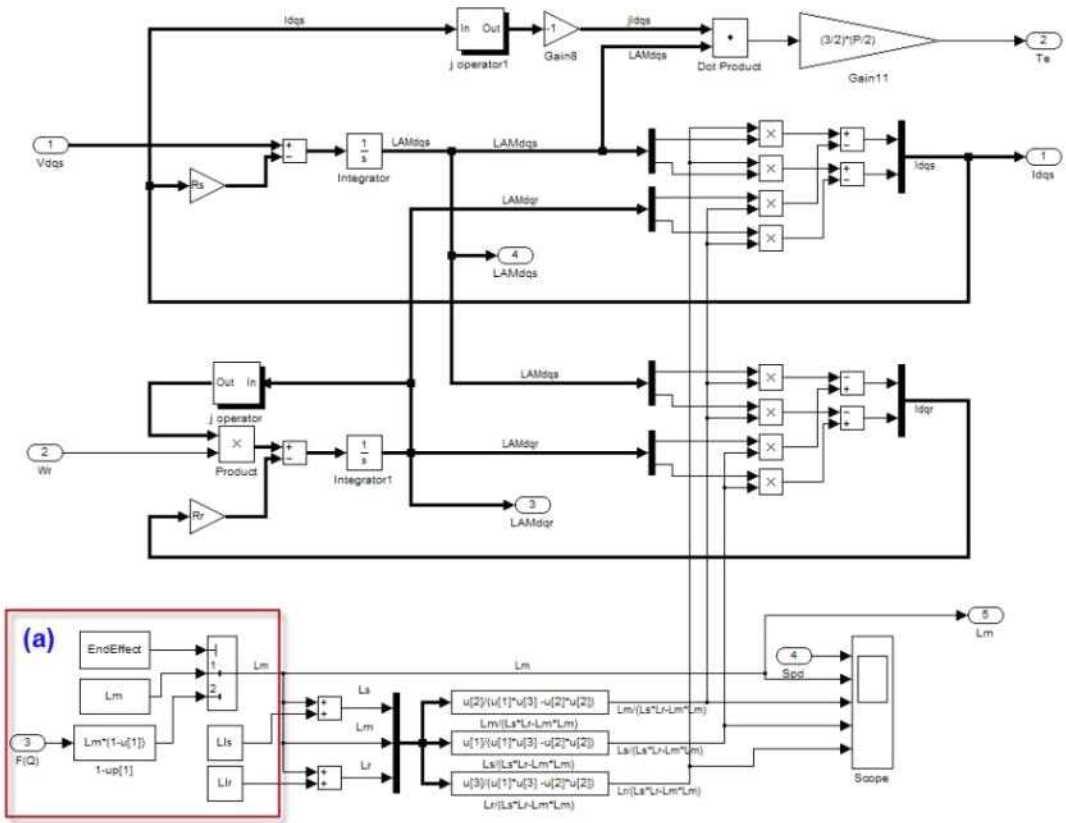
[그림 836]유효 등가인덕턴스를 고려한 LIM의 dq 등가회로

○ 위의 등가회로를 MATLAB 모델에 적용시키기 위해서는 일단 Q팩터를 먼저 연산할 필요가 있다.



[그림 837]단부효과 Q팩터 및 F(Q) 연산회로

- 위의 그림은 MATLAB에서 단부효과 Q팩터 및 F(Q) 연산회로를 나타낸다. 속도를 입력으로하여 식 (2.2.6.47)의 Q 및 식 (2.2.6.48) F(Q)를 연산한다.
- 다음 그림에는 단부효과를 고려한 LIM MATLAB모델이 도시되어 있다. 일반 유도전동기 모델에서 Lm성분을 식 (2.2.6.50)에 따른 가변 모델로 전환한 것이다. [그림 3.1.32]의 (a)부분에 등가 상호인덕턴스인 $L_{m(ea)}$를 연산하는 부분이 있다. 'EndEffect'변수는 단부효과의 적용여부를 결정하는 변수로 사용된다.



[그림 838]단부효과를 고려한 LIM MATLAB 모델

3) LIM 벡터제어 시뮬레이션

가) LIM 벡터제어 구현

○ LIM 벡터제어기를 구현하기 위해 MATLAB시뮬레이션을 수행하였다.

○ 아래의 테이블에는 55m/s(200km/h)급 LIM전동기의 파라미터가 표시되어 있다.

[표 251]LIM 제정수 (KIMM설계)

LIM파레메터	값	비고
P	12	극수(poles)
pp	0.1962 m	극간격(pole pitch)
R_s	0.0761714 Ω	(KIMM제공)
R_r	0.20933 Ω	(KIMM제공)
L_{ls}	0.905898 mH	(KIMM제공)
L_{lr}	0.805769 mH	(KIMM제공)
L_m	1.779 mH	(KIMM제공)
$Speed_{\max}$	55.6 m/s	정격속도= 20m/s
$Force_{\max}$	4000 N	at 20m/s
$Power_{\max}$	100 kW	at 20m/s

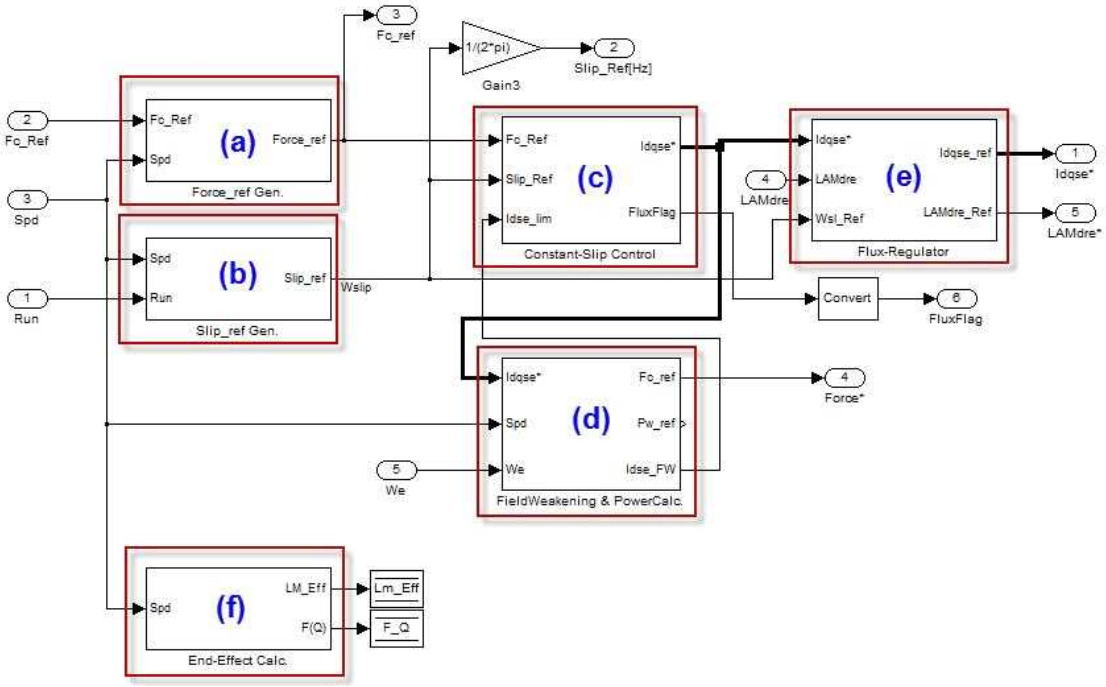
○ 벡터제어는 회전자자속 기준제어(RFO)를 기반으로 슬립주파수 일정제어를 도입하였다. 2p2s의 시스템으로 DC 1500V를 기준으로 모터 한 대당 750V를 사용하기 때문에 인버터의 DC전압은 750V를 사용하였으며 스위칭 주파수는 2.5kHz를 가정하였다.

○ 자기부상열차의 중량이 약 20,000kg이라고 가정할 때 8개의 LIM이 견인한다고 가정하면 1개의 LIM이 부담하는 중량은 약 20,000kg/8 = 2,500kg이다. 이러한 중량으로 시뮬레이션을 진행하기 어렵기 때문에 본 시뮬레이션에서는 차량중량을 2,500kg/70 = 35.7kg으로 가정하였다. 부상계에 의해 차량이 부상되므로 별도의 마찰 손실은 고려하지 않았다. 특히, 진행방향의 공기저항에 의한 풍손이 존재하지만 이에 대한 정확한 정보가 없기 때문에 본 시뮬레이션에서는 무게이외의 부하를 0으로 가정하였다.

○ 일단, 단부효과는 고려하지 않았으며 시뮬레이션 후반에 단부효과가

고려된 모델에 대한 시뮬레이션을 별도로 진행하였다.

○ 다음의 제어블록은 LIM벡터제어 메인알고리즘 파트를 보이고 있다.

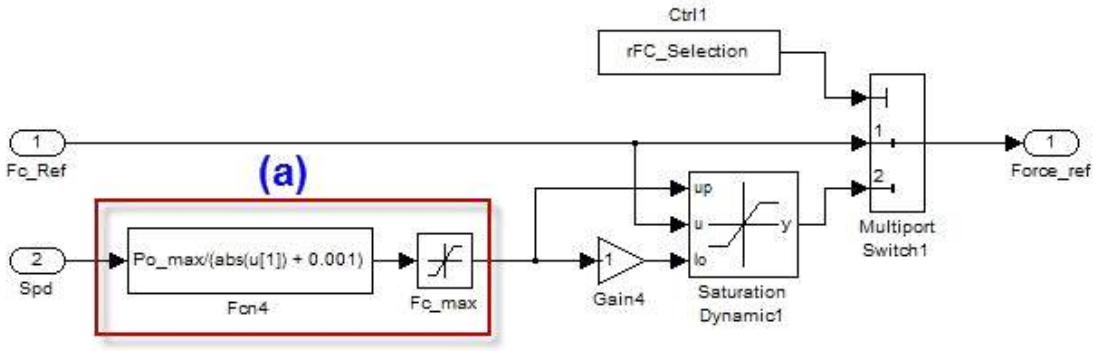


[그림 839]LIM벡터제어 메인 알고리즘 블록

○ [그림 839]에서 (a)부분은 '포스발생(제한)부'로서 최대출력 제한이 고려된 추력 명령을 발생하며, (b)부분은 '기준슬립주파수 발생부'이다. (c)는 힘명령과 기준슬립에 대한 정보를 이용하여 '일정슬립주파수 벡터제어부'로서 dq축 전류명령을 발생한다. (d)는 '약계자제어기'로서 전압제한을 고려한 자속기준값을 생성한다. 이때 생성된 자속기준값은 (c)의 벡터제어부에서 d축전류를 제한하는 용도로 사용된다. (e)는 '자속제어기'로서 필요한 자속을 정확히 발생시킬 수 있는 유효 d축 명령을 생성한다. (f)부분은 '단부효과 보정부'로서 단부효과를 보정하기 위해 유효 상호인덕턴스$L_{m(eff)}$를 계산하는 부분이다.

① 포스발생(제한)부

○ '포스발생(제한)부'는 다음의 그림과 같이 구성되어있다.

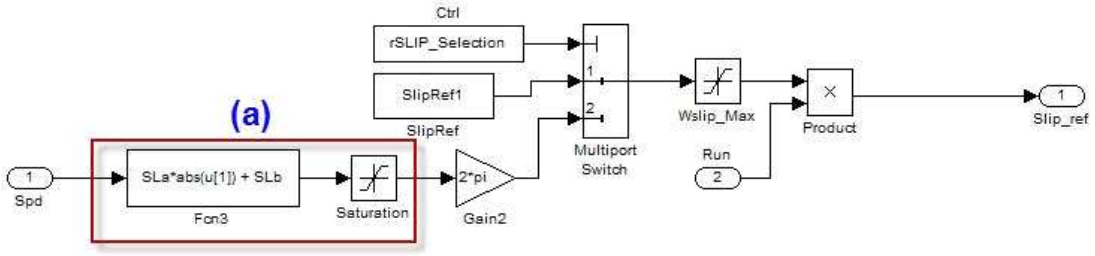


[그림 840]LIM벡터제어 메인 알고리즘 블록

○ 외부에서 입력된 포스-기준값(Fc_Ref)은 real-switch의 동작('rFC_Selection')에 따라 바로 출력되거나 [그림 840]의 (a)부분에 의해 최대 파워를 고려한 포스값으로 제한된 값이 출력된다. (a)부분의 'Po_max'는 최대출력을 의미 한다. 실제 동작할 때에는 약계자 제어에 의해 포스가 자동적으로 제한되므로 큰 의미는 없다.

② 기준슬립주파수 발생부

○ '기준슬립주파수 발생부'는 슬립-기준값을 발생시키는 부분으로 아래와 같이 구성되어있다.



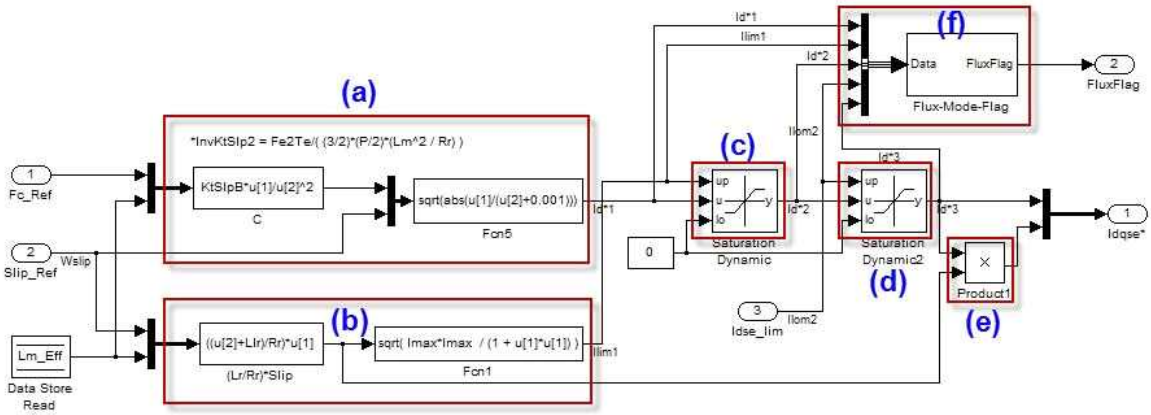
[그림 841]LIM벡터제어 슬립-기준값 발생부

○ 위 그림에서 슬립은 'rSLIP_Selection'에 따라 고정된 'SlipRef1'이 출력되거나 속도에 따라 증가하는 슬립을 갖도록 동작할 수 있다. 그림의 (a)부분은 약계자 영역에서 토크를 증가시키기 위해 고속에서 슬립주파수를 증가시키는 부분이다.

③ 일정슬립주파수 벡터제어부

○ '일정슬립주파수 벡터제어부'는 슬립주파수를 일정하게 유지하며 필요

한 토크를 발생시키는 벡터제어를 수행하는 부분으로 d축전류 및 q축 전류 명령을 생성하는 부분이다.



[그림 842]LIM벡터제어 일정슬립주파수 벡터제어부

○ (a)부분은 다음의 식 (2.2.6.56)을 구현한 부분으로 추력기준값(Fc_Ref)과 슬립기준값(Slip_Ref)을 이용하여 d축 전류를 계산한다.

$$i_{ds}^{e}* = \left(\frac{T_e*}{\frac{3}{2}\frac{P}{2}\frac{L_m^2}{R_r}\omega_{sl-set}} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2.2.6.56)$$

○ (b)부분에서는 슬립기준값을 유지하는데 필요한 q축전류를 계산하고 이를 이용하여 최대전류(Imax)에 의한 제한값을 계산하는 부분으로 아래의 식(1-2.31)에 의한 전류제한식을 구현한 것이다.

$$\left| i_{ds}^{e} \right| \le \left(\frac{I_m^2}{1+\left(\frac{L_r}{R_r}\omega_{slip} \right)^2} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad (2.2.6.57)$$

○ 이렇게 계산된 제한값은 (c)부분에서 d축전류를 제한하는 목적으로 사용된다.

○ (d)부분은 다음에 설명하는 '약계자제어기'로부터 제공되는 제한값을 이용하여 d축전류의 최대값을 제한하는 부분이다.

○ (e)는 최종적으로 연산된 d축전류를 이용하여 슬립주파수를 일정하게

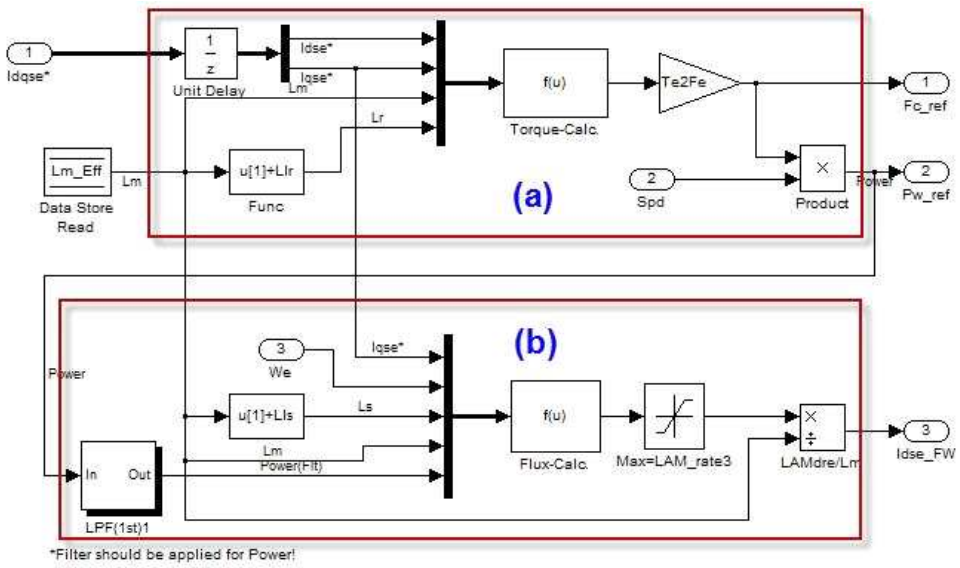
유지하기 위한 q축전류명령을 계산하는 부분이다. q축전류명령은 다음의 식으로 계산된다.

$$i_{qs}^{e}* = \frac{L_r}{R_r}\omega_{sl-set} i_{ds}^{e}* \qquad (2.2.6.58)$$

○ (f)부분은 제어 알고리즘 상에서 d축전류가 어떤 제한을 받고 있는지를 표시하는 플래그(flag)를 생성하는 부분이다.

④ 약계자제어부

○ '약계자제어부'는 최대전압제한을 고려한 약계자 제어를 구현한 부분으로 다음과 같이 구성되어 있다.



[그림 843]LIM벡터제어 약계자제어부

○ 그림에서 (a)부분은 직전 제어에서 사용된 dq축전류-기준값을 사용하여 추력(Force)을 계산하고 여기에 속도를 곱하여 출력(Power)를 계산하는 부분이다. (b)부분은 아래의 식 (2.2.6.59)을 이용하여 전동기 속도에 따른 자속값을 결정하고 이로부터 d축전류의 최대값을 계산하는 부분이다.

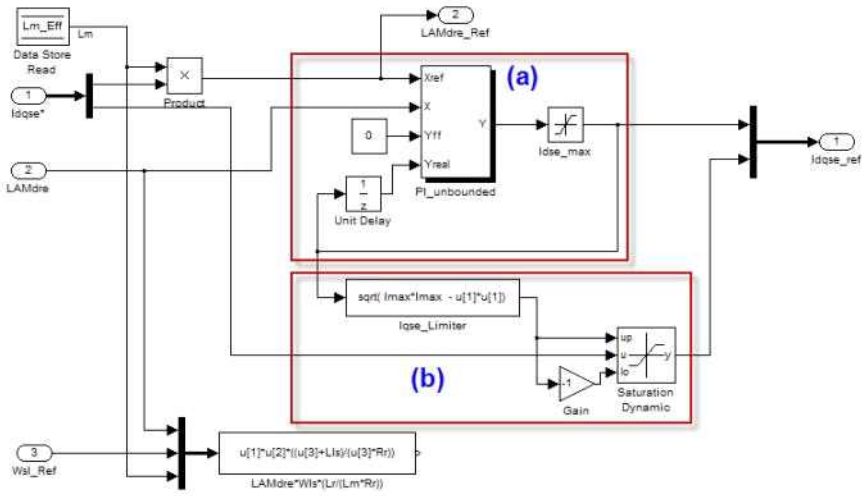
$$i_{ds-\max}^{e} \le \sqrt{\frac{V_m^2 - \left((R_s I_m)^2 + 2R_s P_{out}\right)}{(\omega_e L_s)^2} - \left(\sigma i_{qs}^{e}\right)^2} \qquad (2.2.6.59)$$

○ 위에서 계산된 d축전류의 최대값은 '일정슬립주파수 벡터제어부'에 입력되어 d축전류를 제한하도록 설계되었다.

⑤ 자속제어기

○ '자속제어기'는 제어안정화를 위하여 설치된 부분으로 전단에서 계산되어진 d축전류명령을 이용하여 벡터제어에서 요구되는 실제 자속을 제어하는 부분이다. 원론적으로는 본 블록의 전단에서 출력된 d축 및 q축 전류명령을 바로 전류제어기에 입력하여도 제어상에는 큰 하자가 없다. 그러나 $\lambda_{dr}^{e} = L_m i_{ds}^{e}$가 성립하는 과정에는 정상상태에 대한 고려만 있기 때문에 힘(토크)명령이 크게 변하는 과도상태에서는 힘을 정확히 추종하기 어려운 문제가 발생한다. 따라서 본 연구에서는 전단에서 생성된 d축전류명령, 즉 자속에 대한 명령을 이용하여 자속제어를 수행함으로써 과도 상태에서 급격한 자속의 변동을 억제하고 정확한 토크를 발생시키기위하여 '자속제어기'를 추가로 삽입하였다. 이에 대한 효과는 시뮬레이션 결과부분에서 다시 다룬다.

○ '자속제어기'는 다음의 구조로 설계되었다.



[그림 844]LIM벡터제어 자속제어기

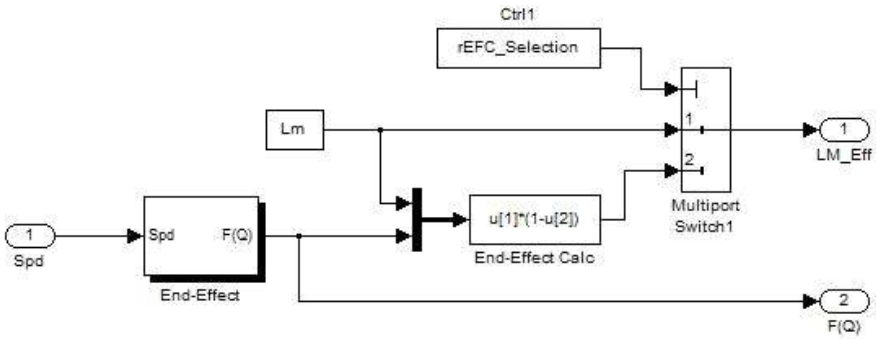
○ 자속제어기의 입력은 요구되는 d축전류명령에 Lm을 곱하여 계산하였

으며 전동기의 자속은 전류모델형 자속추정기에서 추정된 자속값을 사용하였다. (a)부분은 자속제어를 위한 PI제어기 블록을 나타내며 PI제어기의 출력은 유효 d축전류명령이다. 입력부분의 d축전류명령은 정상상태에서 이론적으로 필요한 자속에 대한 정보를 의미하며 출력부분의 d축전류명령은 이론적인 자속을 추종하기 위한 전류명령으로 이해하면 된다.

- (b)부분은 과도 상태에서 d축전류가 크게 증가할 가능성이 있기 때문에 이로인한 과전류 발생을 억제하기 위하여 최대전류제한에 근거하여 q축전류명령을 최종적으로 제한하는 역할을 한다.

⑥ 단부효과 보정부

- '단부효과 보정부'는 다음의 구조로 되어 있다.



[그림 845]LIM벡터제어 단부효과 보정부

- LIM의 단부효과와 동일한 형태로 구성되어 있으며 제어에서 사용하는 상호인덕턴스 Lm값을 직접 보정하도록 설계되어 있다.

나) LIM 벡터제어 시뮬레이션 결과

- LIM 벡터제어 시뮬레이션은 다음의 시나리오에 따라 진행하였다.
  - 자속제어기 사용하지 않은 경우 (단부효과없음)
  - 자속제어기 사용한 경우 (단부효과없음)
  - 단부효과가 있는 경우 (단부효과 보정 않함)
  - 단부효과 보정한 경우 (단부효과 보정함)

① 자속제어기 사용하지 않은 경우

○ 설계된 LIM은 1500V의 DC전압에서 2개의 LIM이 직렬운전을 하므로 하나의 LIM에 할당되는 DC전압은 750V이다. [그림 3.1.40],[그림 3.1.41]는 인버터 DC전압을 750V로 가정한 경우의 LIM시뮬레이션이다.

○ 인버터 DC전압 750V에 스위칭 주파수는 2.5kHz를 가정하였으며 공간전압벡터 PWM이 적용되었다. LIM의 단부효과는 없다고 가정하였으며 자속제어기는 사용되지 않았다.

○ 입력조건으로 최대출력인 4000[N]이 램프형태로 입력된다고 가정하였으며 0.02초 동안 0[N]에서 4000[N]으로 증가한다고 가정한다.

○ 설계된 LIM의 최대 자속은 계산상으로 0.4Wb가 적정값이지만 이 경우 3000N이상을 출력하기가 어렵기 때문에 0.7Wb를 최대 허용자속으로 설정하였다.

○ 슬립주파수는 12.5Hz를 기본으로 사용하였으며 18m/s 속도부터 슬립주파수를 증가시키기 시작하여 40m/s에 최대 20Hz까지 증가시켰다.

○ 그림의 순서는 다음과 같다.(모든 결과파형 동일)

[1번 그림]

[1-1] Idse* & Idse [A] : d축 전류명령(황색) 및 LIM d축전류(자주색) (동기좌표계)

[1-2] Iqse* & Iqse [A] : q축 전류명령(황색) 및 LIM q축전류(자주색) (동기좌표계)

[1-3] Force* & Force** & Force [N]: 추력명령1(황색,출력제한),추력명령2(자주색,벡터제어),

LIM 추력(하늘색)

(*) 힘명령2(벡터제어)는 벡터제어에서 모든 제한을 고려한 최종 힘명령.

[1-4] Spd [m/s] : LIM 속도

[1-5] Slip* & Slip [Hz]: Hz단위의 슬립주파수기준값(황색) 및 LIM 슬립주파수(자주색)

[1-6] We* [Hz] : Hz단위의 동기 입력주파수

[2번 그림]

[2-1] Vabc* [V] : LIM 상전압(Va:황색, Vb:자주색, Vc:하늘색)

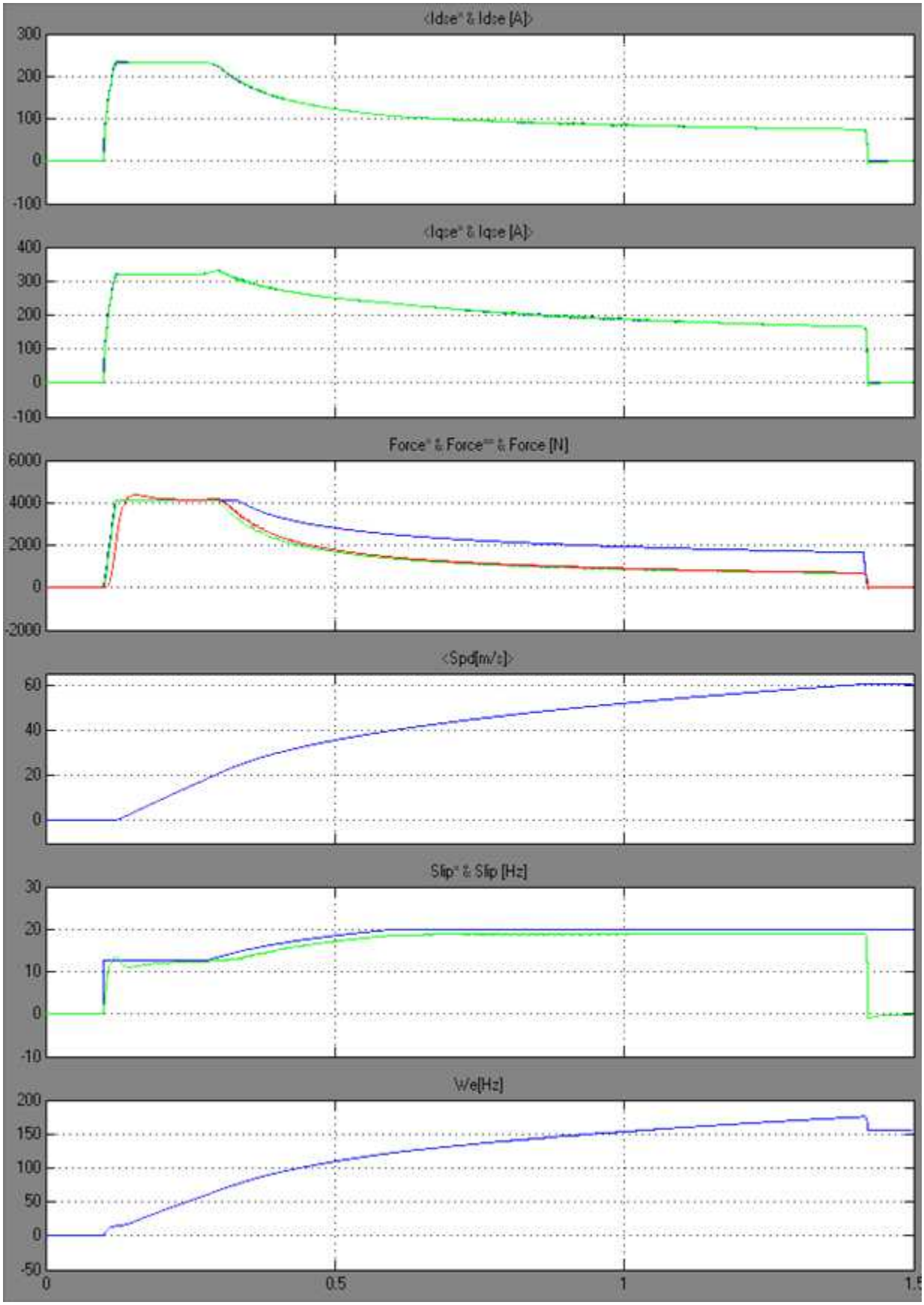
[2-2] Ia, Ib, Ic [A] : LIM 상전류(Ia:황색, Ib:자주색, Ic:하늘색)

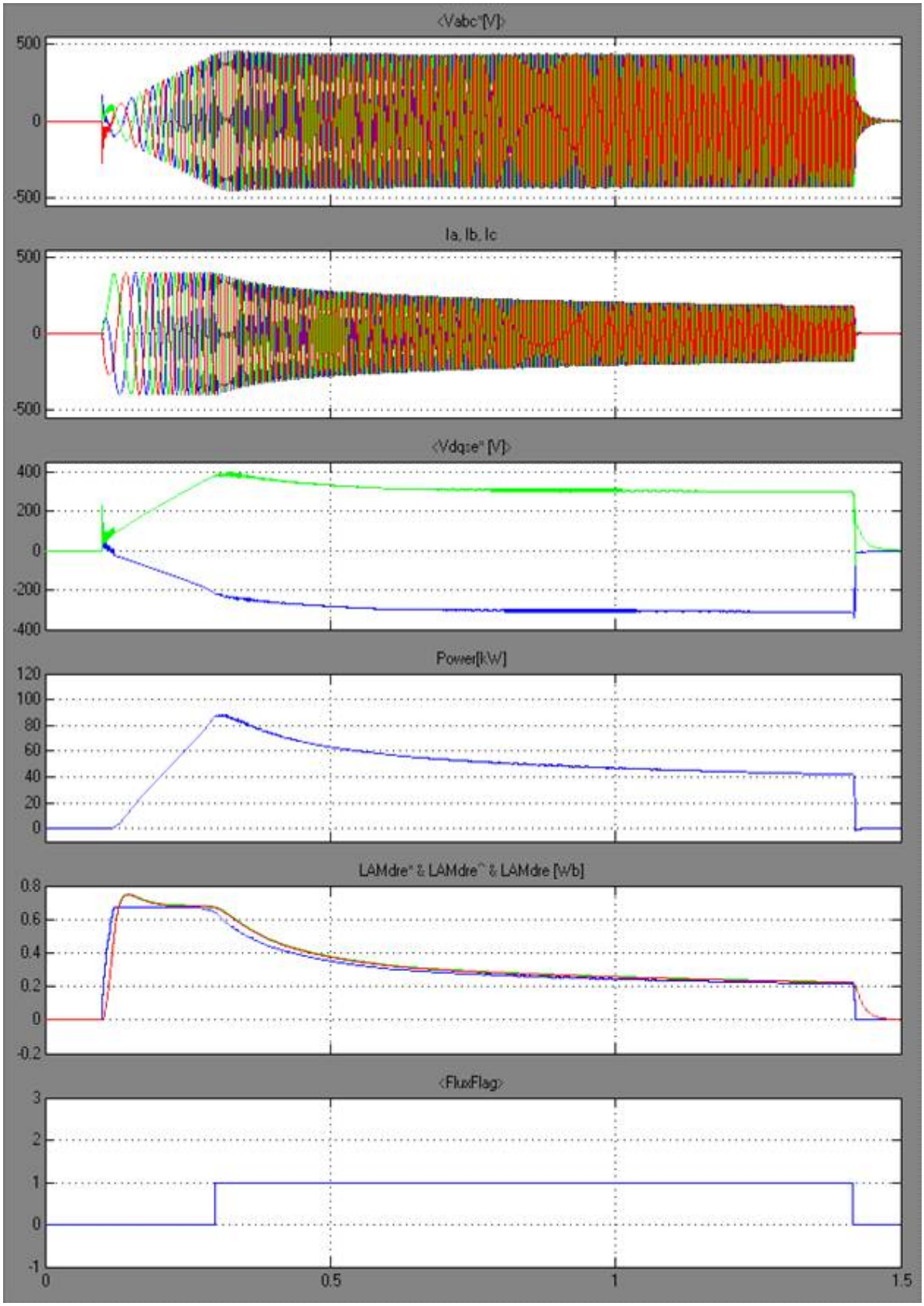
[2-3] Vdqse* [V] : 동기좌표계 d축(황색) 및 q축(자주색)전압기준값

[2-4] Power [kW] : kW단위의 출력

[2-5] LAMdre* & LAMdre [Wb] : d축자속기준값(황색) 및 LIM d축자속(자주색)

[2-6] FluxFlag : d축자속 제한 플래그


<Idse* & Idse [A]>
300
200
100
0
-100
<Iqse* & Iqse [A]>
400
300
200
100
0
-100
Force* & Force** & Force [N]
6000
4000
2000
0
-2000
<Spd[m/s]>
60
40
20
0
Slip* & Slip [Hz]
30
20
10
0
-10
We[Hz]
200
150
100
50
0
-50
0
0.5
1
1.5



[그림 846]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V,자속제어하지 않은 경우)

○ 그림의 [1-1] 및 [1-2] 전류파형을 관찰하면 전류제어가 매우 잘 이루

어지고 있음을 알 수 있으며 [1-4] 속도파형에서 보는 바와 같이 25m/s까지는 4000N의 일정토크가 발생하고 있음을 알 수 있다. LIM속도는 부하가 거의 없는 상태에서 약 60m/s까지 증가하는 것을 볼 수 있다.

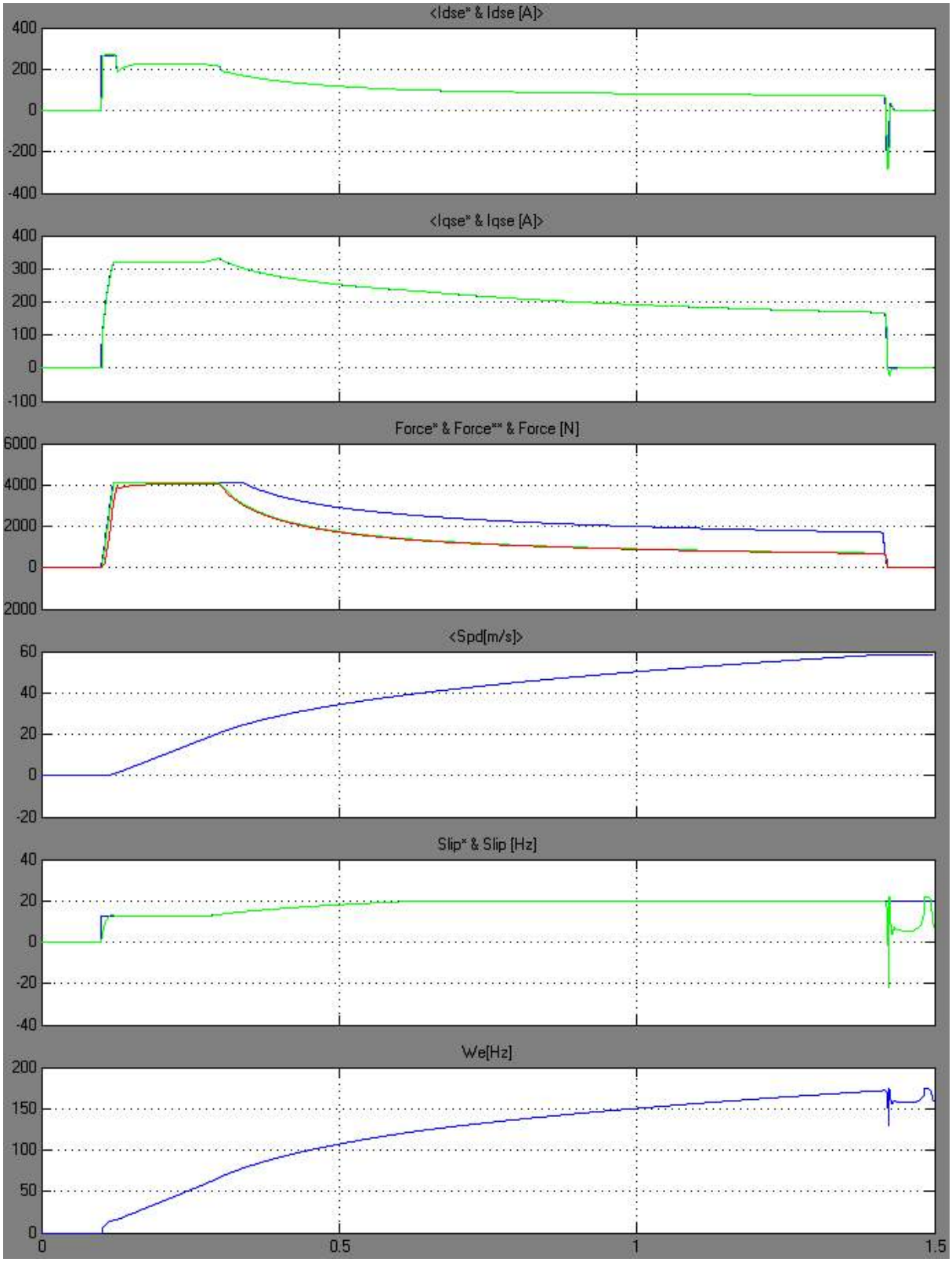
- 슬립주파수기준값은 12.5Hz를 유지하다가 18m/s의 속도에서 증가하기 시작하여 40m/s가 되면 20hz로 고정되는 것을 볼 수 있다. LIM 슬립은 기준값에 약간 미치지 못하는 것을 볼 수 있으며 이는 자속제어기가 사용되지 않았기 때문에 필요로 하는 자속보다 큰 자속이 LIM에서 유도되었기 때문이다. [2-5]파형을 보면 자속기준값을 약간 상회하는 자속이 발생하고 있음을 볼 수 있다. 이로 인하여 슬립이 기준값보다 약간 작아지는 현상이 나타난다.
- [2-1]파형을 관찰하면 전동기 입력전압이 속도에 따라 계속 증가하여 60m/s의 속도에서는 약 430V에 이르는 것을 볼 수 있다. [2-2]파형과 같이 전류도 400A 근처의 값까지 사용되는 것을 볼 수 있다.
- [2-4]파형에서 LIM출력이 88kW까지 나타나는 것을 볼 수 있다.
- [2-5]파형에서 자속의 기준값이 약 0.68[Wb]로 유지되다가 속도가 증가할수록 감소하는 것을 볼 수 있다. 최대자속을 0.7[Wb]로 설정하였지만 슬립주파수 12.5Hz를 만족하는 자속이 약 0.68[Wb]이므로 이에 대한 d축전류기준값이 생성되어 자속이 약 0.68[Wb]로 유지되고 있음을 알 수 있다. 또한, 자속 기준값의 감소는 약계자제어에 의한 것이 아니라 최대 출력이 제한되면서 추력 명령이 감소하고 이에 따라 자속기준값이 감소하는 현상이다. 감소되는 초기에 급격하게 자속기준값이 감소되는 현상은 해당시점에서 슬립주파수를 강제로 증가시키기 때문이다.

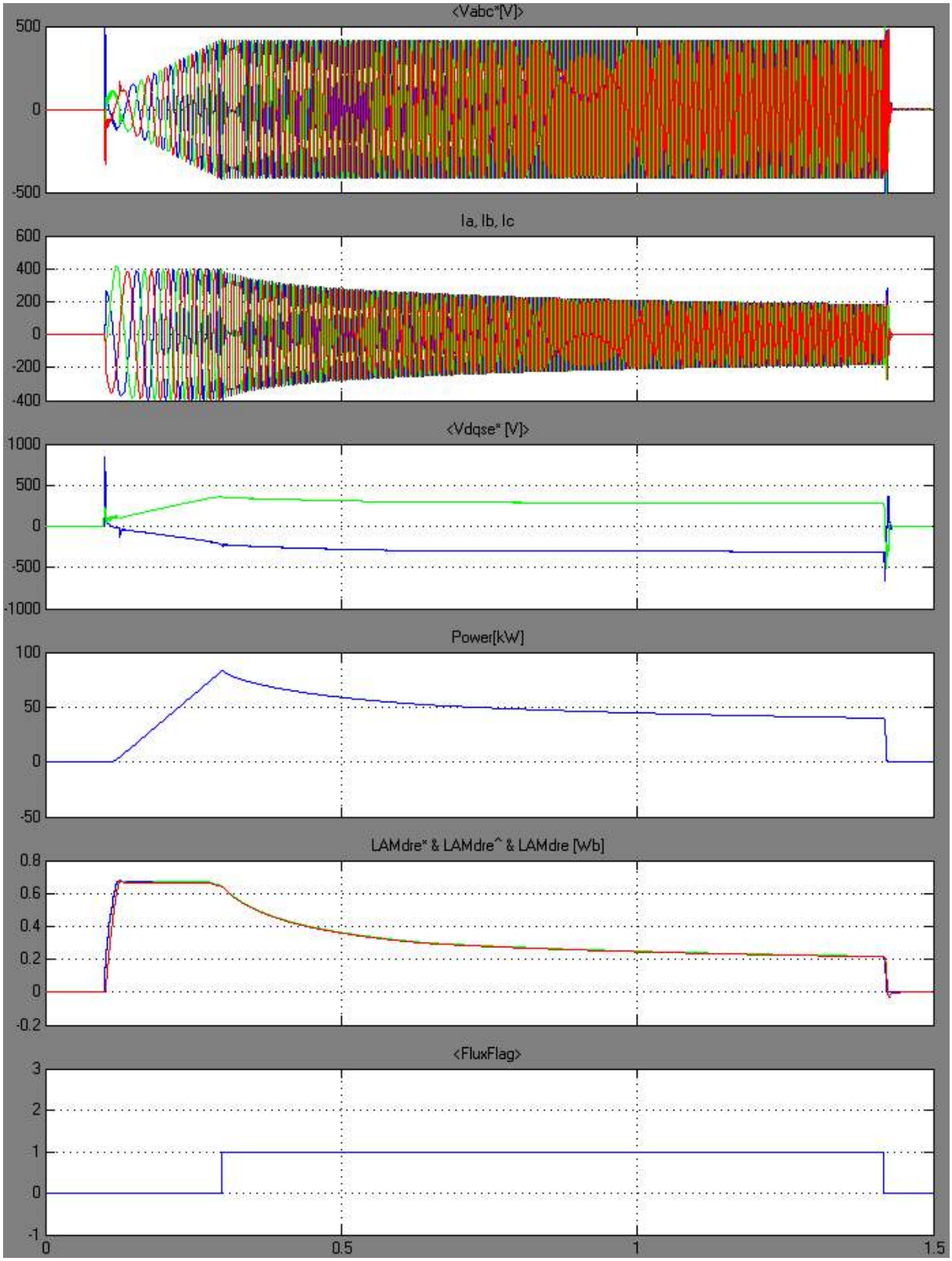
② 자속제어기 사용한 경우 (단부효과없음)

- 다음 [그림2.3.9]는 자속제어기를 사용했을 때의 LIM 벡터제어 시뮬레이션 결과파형이다. 750V의 DC전압을 사용하며 그 이외의 조건은 위 자속제어기 사용하지 않은 경우 와 완전히 동일하다.
- [1-1]파형을 관찰하면 자속제어가 수행되면서 d축전류 명령이 큰 폭으로 움직이며 이에 따라 [2-5] 자속파형에서 LIM자속이 자속 기준값을 정확히 추종하고 있음을 확인할 수 있다. 자속제어가 수행됨으로써 [1-3]에서 LIM 추력이 기준값과 동일하게 유지되고 있음을 확인할 수

있다.

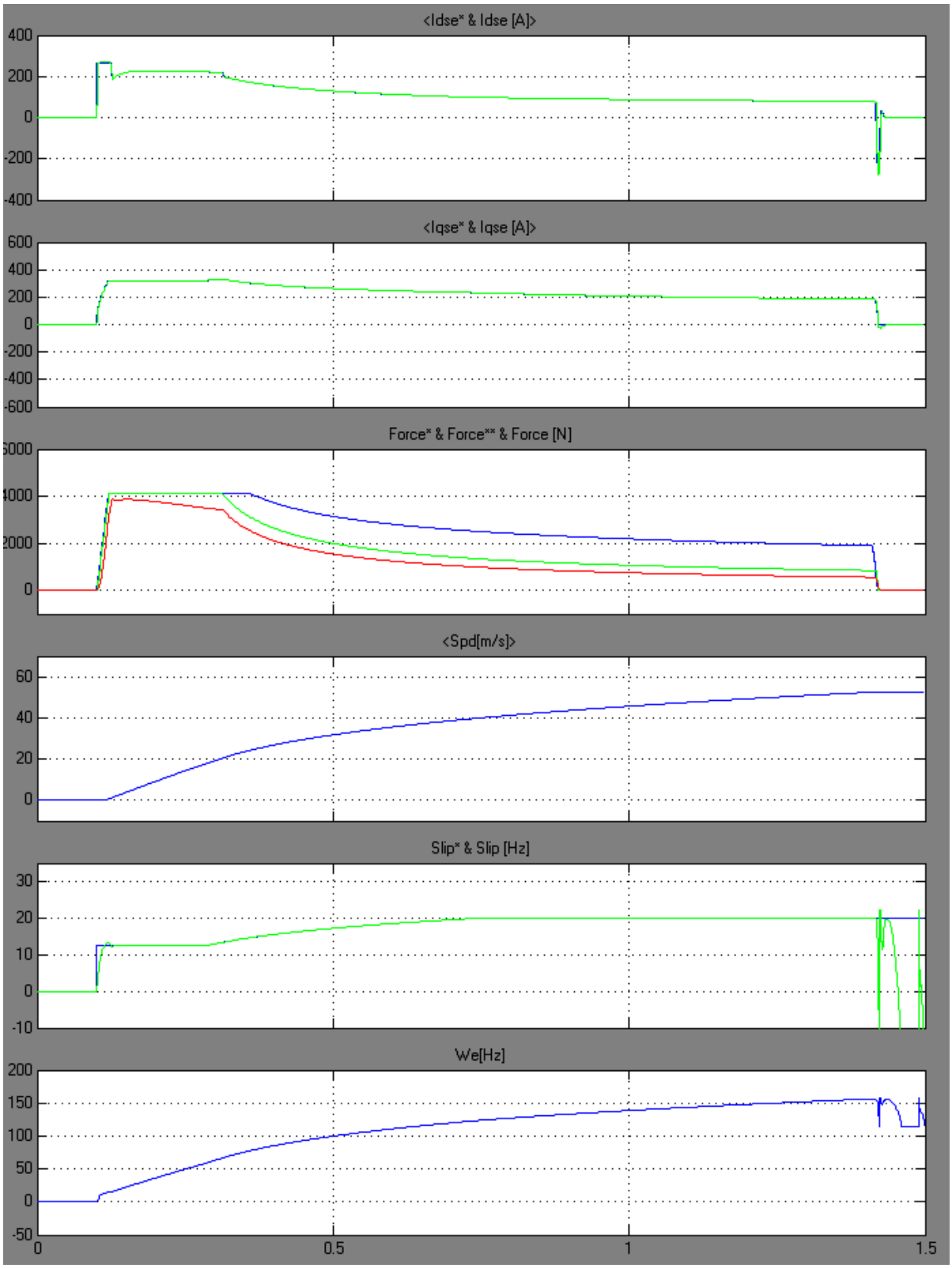
- [2-5]파형을 관찰하면 속도가 약 20m/s가 되는 시점부터 전류제한으로 인한 약계자제어가 시작되는 것을 볼 수 있다. [2-6]파형은 자속기준값 발생시의 제한요소에 대한 플래그가 도시되어 있으며 이 플래그가 '0'인 경우는 최재 출력에 대한 제한만 있음을 표시하며, '1'인 경우는 최대전류에 의한 제한을, '2'는 최대전압에 따른 약계자제어에 의한 제한이 인기됨을 표시한다. [2-6]에서 보이는 바와 같이 약 20m/s 속도부터 '1'의 제한, 즉 약계자 제어 루프가 동작함을 알 수 있다.
- 전류제한 하에서는 LIM 입력전류가 전압제한의 상한선이 되도록 자속이 감소하며 [2-1]파형과 같이 LIM 상전압이 415V 근처를 유지하며 제어가 수행되고 있는 것을 볼 수 있다. 이는 인버터가 발생시킬 수 있는 상전압의 최대값인 $750/\sqrt{3} = 433.01$V를 거의 다 사용하고 있음을 의미한다.
- [2-2]파형에서 전류는 최대 400[A]까지 사용되고 있다.
- 실제 인버터가 사용될 때는 전력용 반도체소자의 전압강하 및 데드타임에 의한 전압활용률의 감소분을 감안해야하며 DC전압의 변동성분 역시 고려해야하므로 시뮬레이션 보다 추력이 더 감소할 가능성이 높다. 이에 대한 시뮬레이션을 진행하기 위해서는 가선의 임피던스에 대한 정확한 정보가 필요하다.
- [1-4] 속도파형은 약 1초 동안의 가속으로 LIM이 50m/s에 도달하는 것을 보이고 있다. 실제 중량의 1/70배로 시뮬레이션을 진행하고 있으므로 중량이 증가함에 따라 선형적으로 가속시간이 증가한다고 가정하면 실제 차량에서는 50m/s에 도달하기 위해 약 70초의 가속시간이 필요하다는 결론을 얻을 수 있다.
- [1-6] 슬립주파수는 12.5Hz로 일정하게 유지되다가 18m/s부터 증가하기 시작하여 40m/s에서 20Hz에 도달하는 것을 볼 수 있다.
- [2-4] 출력파형을 관찰하면 최대출력이 83kW임을 볼 수 있다.
- 인버터 전압의 제한은 인버터의 6pulse 운전(구형파 운전)으로 어느 정도 완화 될 수 있으나 이 경우 전류제어가 불확실해지므로 벡터제어의 유효성을 보장하기 어렵다. 6pulse 운전을 한다고 가정하여도 고속에서만 적용되므로 정격속도에서의 출력 향상에는 큰 도움이 되지 않을 것으로 예측된다. 저속에서는 벡터제어 알고리즘이 가장 좋은 효용성을 갖는다.

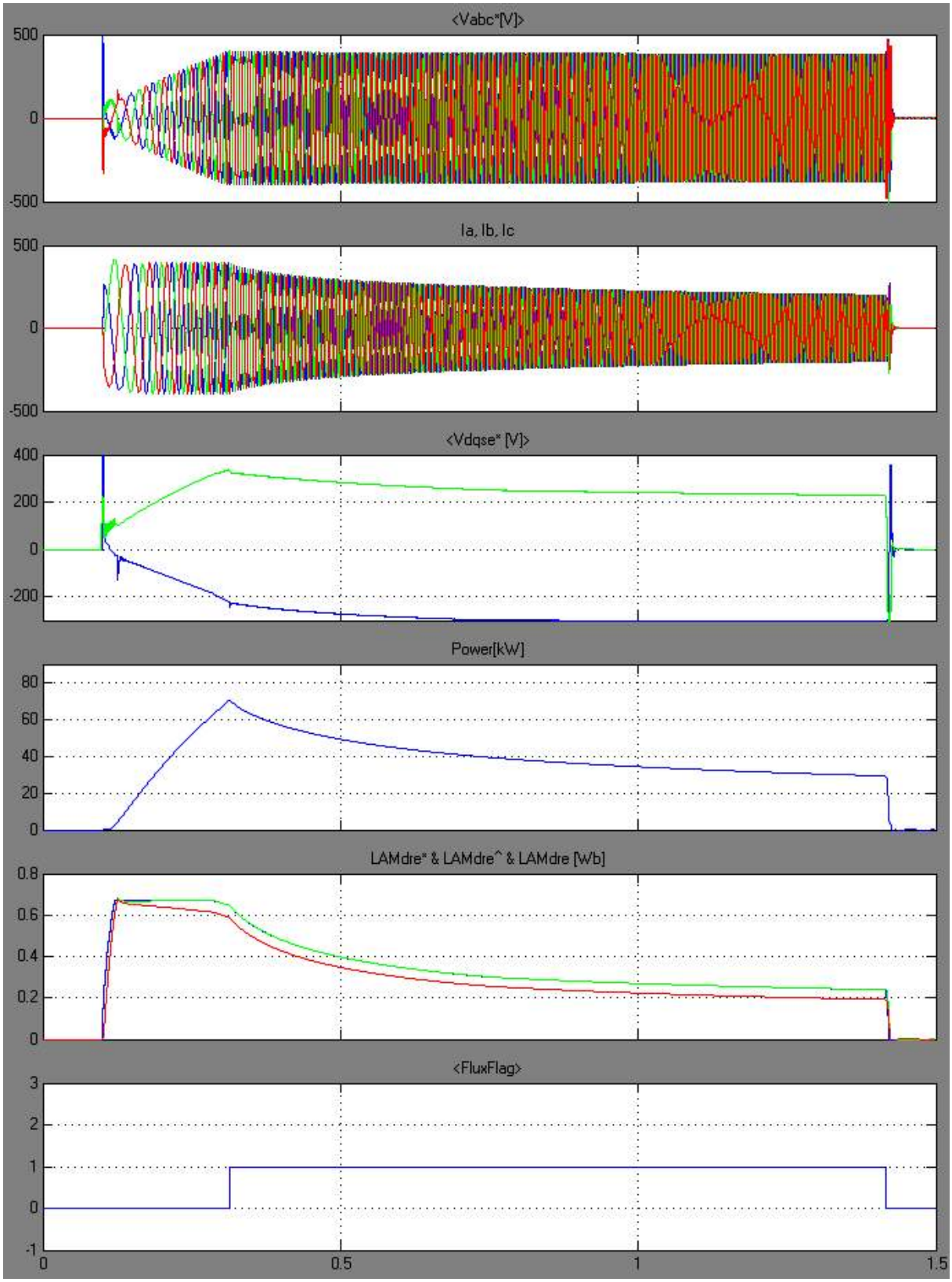

<Idse* & Idse [A]>
400
200
0
-200
-400
<Iqse* & Iqse [A]>
400
300
200
100
0
-100
Force* & Force** & Force [N]
6000
4000
2000
0
2000
<Spd[m/s]>
60
40
20
0
-20
Slip* & Slip [Hz]
40
20
0
-20
-40
We[Hz]
200
150
100
50
0
0
0.5
1
1.5



[그림 847]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V, 자속제어 함)

③ 단부효과 있는 경우


<Idse* & Idse [A]>
400
200
0
-200
-400
<Iqse* & Iqse [A]>
600
400
200
0
-200
-400
-600
Force* & Force** & Force [N]
6000
4000
2000
0
<Spd[m/s]>
60
40
20
0
Slip* & Slip [Hz]
30
20
10
0
-10
We[Hz]
200
150
100
50
0
-50
0
0.5
1
1.5



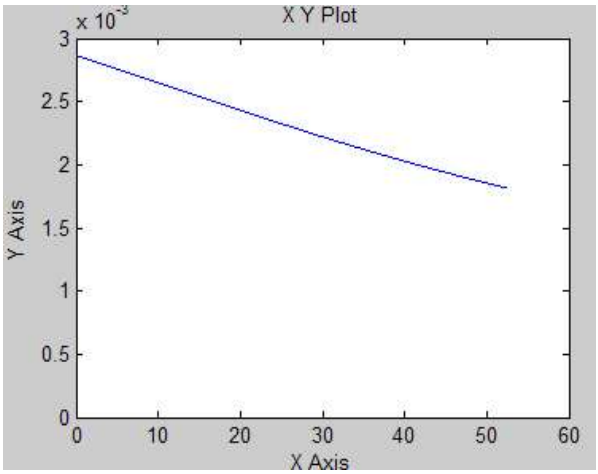
[그림 848]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V, 단부효과있음, 보상 않함)

○ [그림 848]은 LIM벡터제어에서 단부효과(End-Effect)가 고려된 경우의 시뮬레이션 파형이다. 750V 전압이 사용되었으며 단부효과 보상제

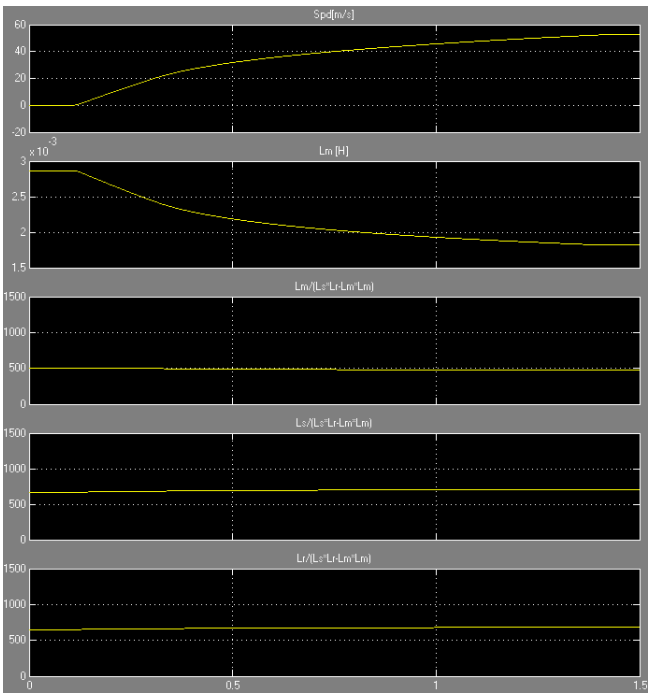
어는 사용하지 않는다. 단부효과는 'Duncan'모델에 따라 속도에 따른 Lm의 감소로만 적용되었다.

○ 단부효과의 주요 특징은 속도에 따른 공극자속의 감소이다. 이러한 자속의 감소는 'Duncan'모델에서 상호인덕턴스의 감소로 나타난다. 다음의 그림은 주어진 제정수를 이용하여 속도에 따른 단부효과를 x-y그래프로 나타낸 것이다.

○ [그림2.3.11]은 단부효과를 고려하여 x-y그래프를 적용하여 출력한 파형으로 x축은 속도[m/s] y축은 상호인덕턴스의 변화[H]을 도시한 그래프이다. 그림을 보면 초기에 2.8mH의 상호인덕턴스가 약 40m/s에 도달하면 2.01mH로 감소함을 알 수 있다.



[그림 849]속도변화에 따른 상호인덕턴스의 변화



[그림 850]LIM 단부효과

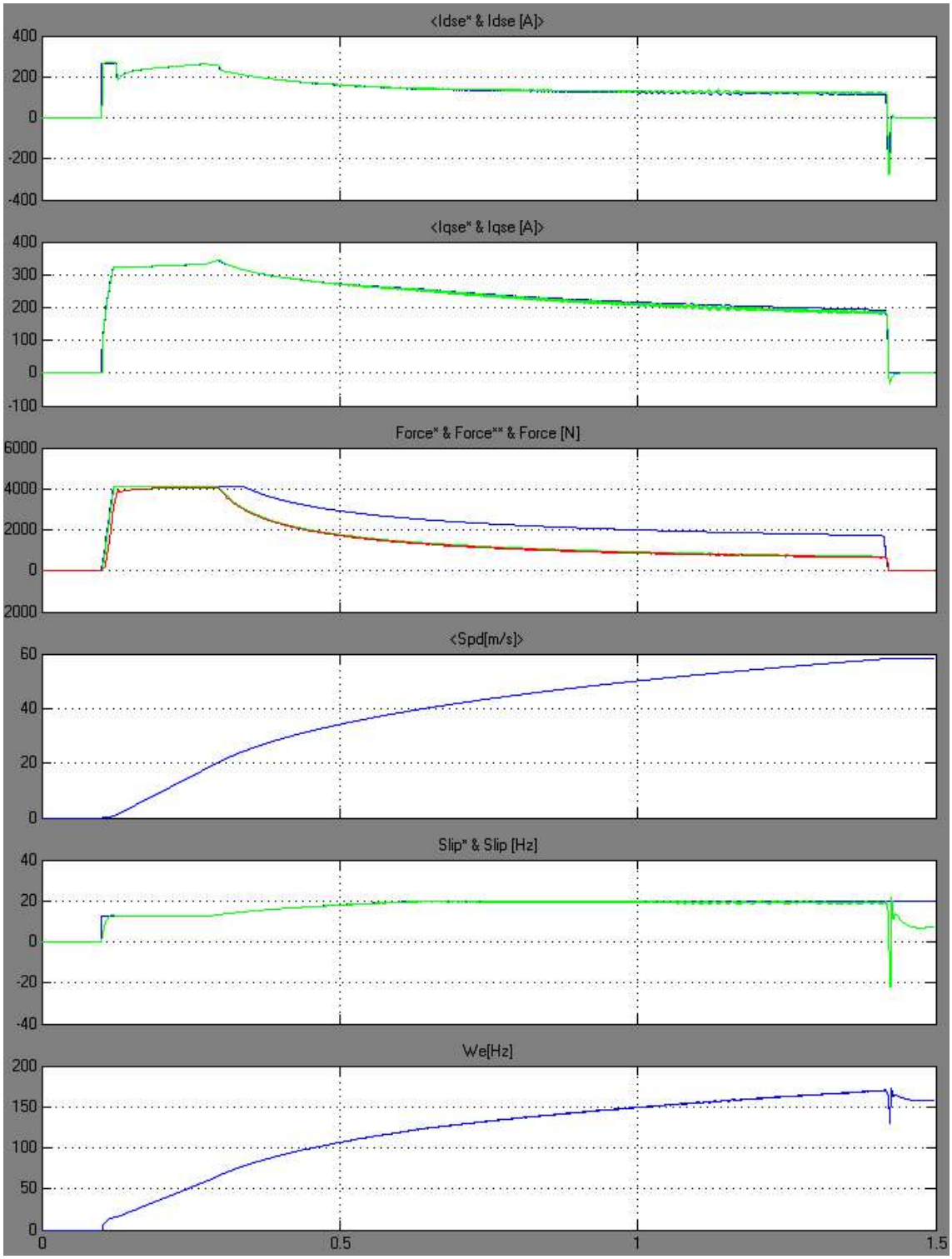
○ 위 그림에는 단부효과가 LIM의 상태변수에 미치는 영향을 LIM의 전기계 계수로 출력한 파형이 도시되어 있다. 1번파형은 LIM의 속도파형이며 2번 파형은 상호 인덕턴스값의 변화를 나타낸다. 전동기의 속도가 상승할 때 유도전동기의 상호 인덕턴스가 큰 폭으로 감소하는 것을 볼 수 있다. 그림의 3,4,5번째 파형은 LIM의 전류모델에서 고정자 자속 및 회전자 자속으로부터 고정자/회전자 전류를 연산하기 위한 계수가 도시되어 있다. 이 계수의 용도는 [그림 3.1.11]을 확인하면 알 수 있다. 파형을 세심히 관찰하면 상호인덕턴스의 변화가 실제 LIM에 미치는 영향은 추력(토크)을 제외하면 그리 크지 않다는 것은 쉽게 알 수 있다.

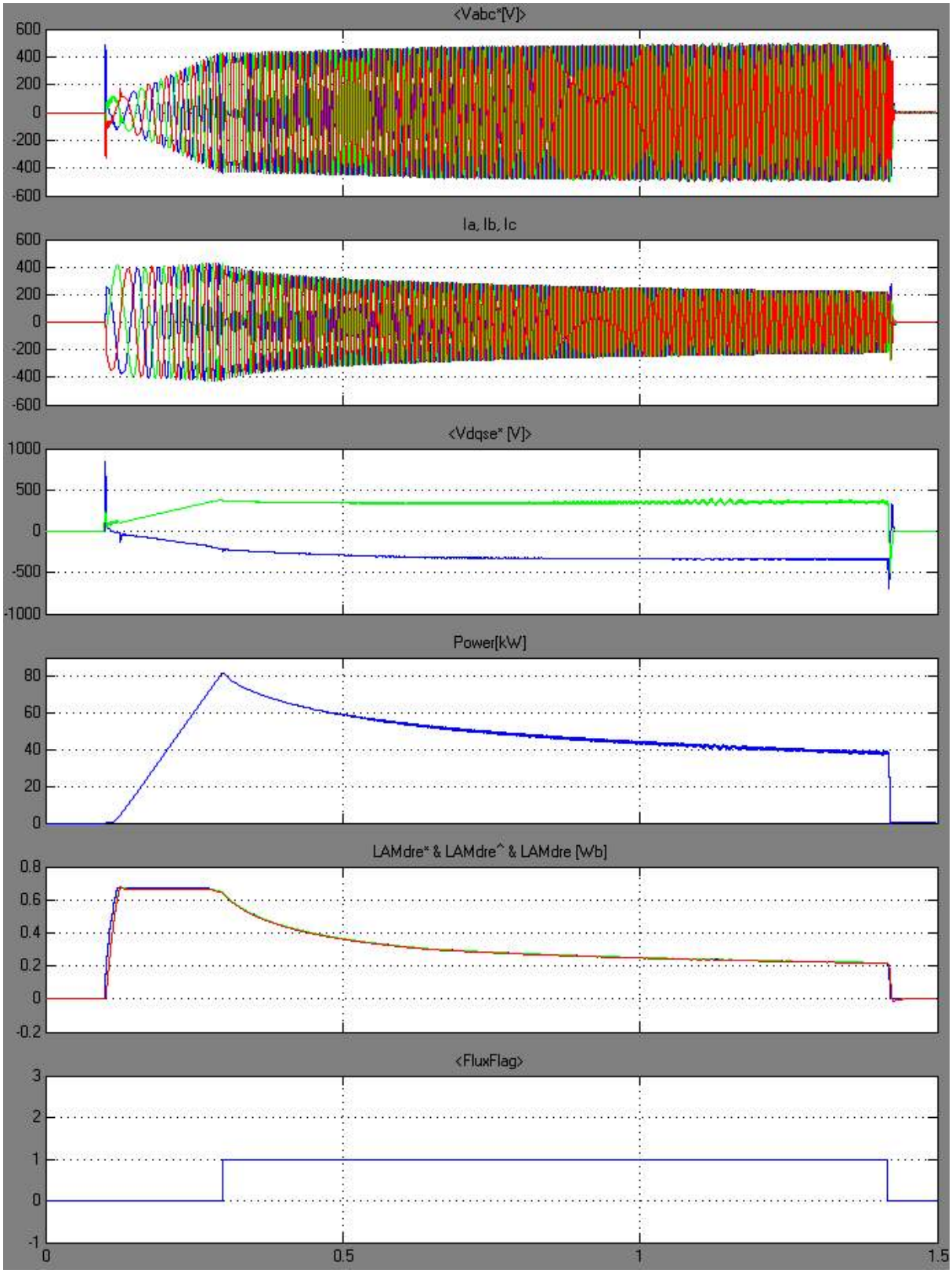
○ [2-5]파형의 자속을 관찰하면 자속이 요구되는 것보다 약간 작게 나타나고 [1-3]추력 역시 조금 작게 나오는 것을 제외하면 LIM의 단부효과가 전체 제어계에 미치는 영향이 생각보다 크지 않다는 것을 확인할 수 있다. 제어기에서 계산된 자속보다 약간 작은 자속이 발생하기 때문에 [2-1] 전압파형에서 확인할 수 있는 바와 같이 전압의 활용도가 조금 떨어지고 추력이 감소하는 것을 볼 수 있다.

④ 단부효과 보정동작한 경우

○ 위 그림은 D=2.3m를 가정했을 때 단부효과 보상알고리즘을 적용한 경우의 시뮬레이션 파형이다. 단부효과의 보상원리는 매우 간단하며 제어알고리즘에서 사용된 L_m값을 전동기와 마찬가지로 속도에 따라 변하는 시변함수로 가정하여 $L_m(1-f(Q))$의 변수를 슬립계산 및 약계자제어, 자속추정기 등 사용된 모든 알고리즘에 적용하는 방법을 사용하였다. LIM의 상호 인덕턴스 변화추이에 대한 'Duncan'모델이 정확하다면 제어기에서도 동일한 변화를 수용함으로써 LIM의 자속 및 전류와 같은 상태변수를 요구되는 값으로 제어할 수 있다. 보상기의 성패여부는 'Duncan'모델의 정확도에 달려있다.

○ 단부효과 보상 알고리즘을 적용하면 적용하지 않은 경우에 비하여 저속에서의 추력(Force)가 4000N 부근까지 이상없이 나타나는 것을 볼 수 있다. 4000N의 값이 정확하게 나오지 않는 이유는 자속추정기의 오차로 인하여 실제자속보다 약간 큰 자속을 추정하고 이를 이용하여 자


<Idse* & Idse [A]>
400
200
0
-200
-400
<Iqse* & Iqse [A]>
400
300
200
100
0
-100
Force* & Force** & Force [N]
6000
4000
2000
0
2000
<Spd[m/s]>
60
40
20
0
Slip* & Slip [Hz]
40
20
0
-20
-40
We[Hz]
200
150
100
50
0
0
0.5
1
1.5



[그림 851]LIM벡터제어 시뮬레이션 (750V, 단부효과있음, 보상기적용, D=2.3m)

속제어를 수행하기 때문이다. 전류모델 자속추정기의 성능이 우수하기는 하지만 파라메터에 의존한 디지털 연산에 불과하므로 실제자속과는

약간의 오차를 지닌다.

- 시뮬레이션 결과에서 확인할 수 있는 바와 같이 인버터 DC전압이 750V인 경우에도 전압제한 하에서 보다 높은 토크를 유지하며 1.3초만에 전동기 속도가 55m/s에 도달하는 것을 알 수 있다.
- 시뮬레이션에서 차량 중량을 1/70으로 적용하였기 때문에 실차에서는 이론적으로 55m/s로 가속하는데 약 91초가 소용된다. 본 연구에서는 LIM벡터제어에 의해 차량이 55m/s로 가속할 수 있음을 보이는 것에 초점을 맞추었기 때문에 풍손 및 기타 마찰 손실을 고려하지 않았다. 실제 차량 주행 시뮬레이션에서는 이를 충분히 고려해야 할 필요가 있다.

라. 도시형자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축

(1) 공공-민간 협업을 통한 국내외 기술사업화 성공 사례 분석 및 벤치마킹 시사점 도출

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차 해외시장 진출 전략 수립 지원을 위하여, 기존 SOC 산업의 해외시장 진출사례에 대한 벤치마킹 요소 및 시사점 도출

- 원자력발전소, 한국전력공사, ITS시스템, KTX 브라질 수출지원 사례에 대하여 전문가 인터뷰 실시

○ 공공-민간 협업을 통한 SOC 산업의 시장개척 추진 경험에 기반을 둔 각 사례별 전문가들의 견해를 수렴함으로써 도시형 자기부상열차의 해외 진출에 고려해야 할 Key Point 도출

- 해당 사례에 대한 과제 담당자, 사업 및 연구책임자 등을 대상으로 전문가 인터뷰 실시
- SOC 산업의 시장진입 프로세스 및 전략, SPC를 활용한 Financing 전략, 핵심 성공요인, 사업단·협력단 등의 주체별 역할에 대하여 조사

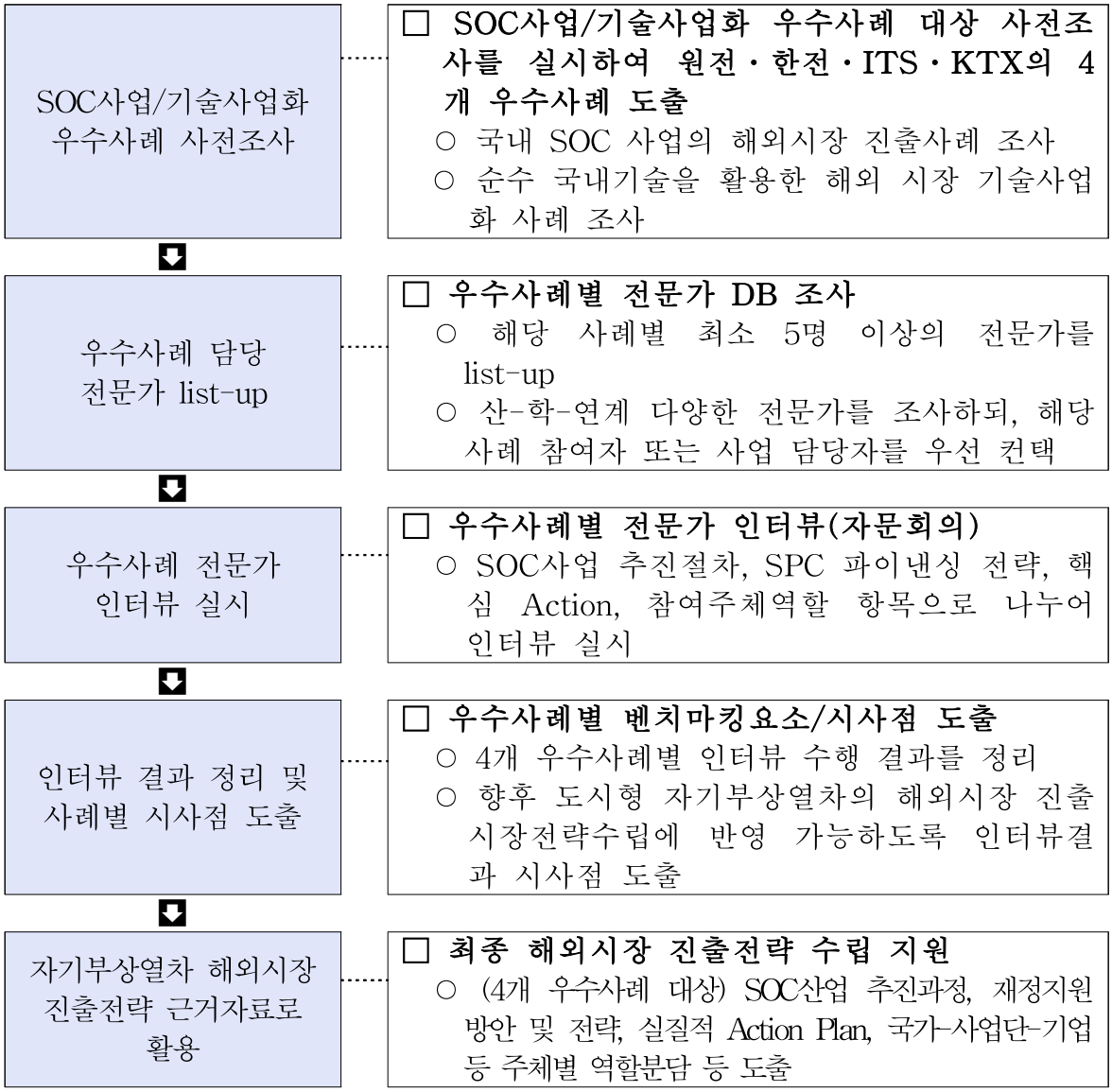
○ (연구 추진목표) 건설교통분야 기술사업화 성공사례 분석 및 펀딩모델 사례조사 등을 통한 기술사업화 성공요인 도출

- 우수사례 조사 결과는 향후 도시형 자기부상열차 해외시장진출 전략 수립 및 비즈니스 전략 로드맵 구축에 지원·근거자료로 활용

(나) 추진방법

○ (전체 추진프로세스) SOC 산업 및 기술사업화 해외진출 성공사례별 전문가를 list-up하고, 해당 제품(시스템)의 해외시장개척 과정에서 고려해야 할 주요 항목별 인터뷰를 수행함으로써 도시형 자기부상열차 해외시장 진출 전략 벤치마킹요소 발굴

[표 252]SOC사업/기술사업화 우수사례조사 인터뷰 수행 프로세스



○ (사전조사) SOC사업 및 기술사업화 사례를 대상으로 사전조사 실시

- 국내 SOC 사업의 해외시장 진출 사례를 조사한 결과, 가장 Issue화된 사례로 원자력 발전소·한국전력공사·ITS 시스템·KTX 브라질 수출지원 사례가 도출됨
- 각 사례의 담당 주체로는 기업, 정부부처, 정부출연 연구기관, 학교 등 다양한 산-학-연 이해관계 인력이 참여

○ (전문가 list-up) 주요 우수 사례에 대하여 과업 선정-추진-활용 등 과제 수행 전반에 종합 자문이 가능한 과제 전문가 list 작성

- 우선적으로, 해당 사례와 관련된 사업 담당자를 DB화
- 각 우수 사례별 참여 인력과 연계 사업 참여자를 추가 list-up

○ (인터뷰 항목) 해외시장 진출에 목적을 둔 SOC 사업 기획에서 실제 해외시장 진출 및 시장운영에 이르는 전주기적 조사 실시

- (SOC사업 프로세스 및 전략) 사회간접자본 사업 기획단계에서 수출을 통한 매출성과 발생단계까지 소요된 총 기관과 이를 위해 수립된 산업 수행 로드맵, 사업 특성상 국가 내외간 기울인 노력 등을 조사
- (SPC활용 파이낸싱 전략) 국제 특수목적회사 설립 및 운영을 통한 투자지원 수행 사례, 국제 채권발행 및 국내외 대출·투자 활용방안, 기업 간 주요 과업추진비용 설정 등 구체적인 자금조달 방안을 마련
- (핵심성공요인) 우수사례 제품별 수출 성과에 기여한 실질적인 Action Plan을 도출하고 국가 간 협업과정에서의 커뮤니케이션 방법, 법·제도 대응방안 등 구체적인 추진방안을 확인
- (주체별 역할) 사업 추진 단계에서 설립 및 운영된 사업단의 운영·추진과정 조사, 해외시장 개척을 목적으로 파견된 TFT 구성방안 및 활용 이력, 사업 지원체계 활용방안 등의 피드백 도출

[표 253]SOC사업/기술사업화 우수사례조사 전문가 인터뷰 실시항목 작성

연번	인터뷰 내용	설명(예시)
1	SOC사업의 시장 진입 프로세스 및 전략	- 제품수출과정의 전반적 프로세스 - 사회간접자본 사업의 수행 및 운영과정
2	SPC를 활용한 Financing 전략	- SOC사업 지원을 위한 특수목적회사(SPC) 및 자금 운영 체계 설립과 그 활용 전략
3	핵심 성공요인	- 제품 수출의 성공적 견인에 기여한 Key Point (실질적 Action, 마케팅 홍보방법/전략, 사전작업, 법/제도 개선노력 등)
4	주체별(사업단, 협력단 등) 역할	- 사업 수행과정에서 설립/운영 주체별 역할 및 운영사례

○ (사례별 시사점 도출) 우수사례조사 결과를 인터뷰 항목별로 비교·분석함으로써 도시형 자기부상열차 해외시장 진출 전략 수립에 필요한 벤치마킹요소 및 시사점 도출

- (SOC사업 프로세스 및 전략) SOC 사업 추진과정에 있어서 공기관의 적극적인 협력지원 반영, 기업-금융-연구지원 기관의 적극 참여와 협력을 도모, 체계적인 과업 추진내용 관리점검 등 핵심요소 발굴
- (SPC활용 파이낸싱 전략) 대-중소기업 간의 공동협력체계 구성을 통한 상생협력 추진, 수출입은행 및 세계은행 등 국내외 금융기관 지원금 수령, ODA 또는 PPP 방식 등의 활용 등 다양한 자금운용전략 도출
    * ODA:공적개발원조(Official Development Assistance) / PPP:민관협력(public-private partnership)
- (핵심성공요인) 오랜 기간 동안 타깃국가와의 정치·경제·문화적 사전교류 활성화 투자 지원, 해당 국가의 대사관 및 대외무역정책 기구와의 긴밀한 협조관계 형성 등 Key Point 확인
- (주체별 역할) 사업 추진 전체 과정에서 각 구성원 간 역할분담의 명확화 및 과업 분배의 매뉴얼화 필요

○ 최종 도출된 SOC 사업의 해외진출전략 및 기술사업화 성공 지원 시사점에 대한 종합 분석을 실시하고, 그 결과는 추후 도시형 자기부상열차의 해외수출 추진 전략 도출에 반영 및 근거자료로 활용

- 기존 국내 SOC 사업 수출과정을 先 경험한 전문가들의 제언을 수렴함으로써 도시형 자기부상열차 해외시장 진출 전략 수립의 고도화 방안이 도출되었음

(다) 연구결과

1) 원자력발전소

▶ **SOC 산업의 시장 진입 프로세스 및 전략**
▷ 오랜 기간 축적된 운영 결과를 바탕으로 안정성 및 이용실적 증명
▷ 단기적 플랜에서 중장기적 플랜으로의 연계성 제고

▶ **사업 수행 지원을 위한 Financing 전략 및 SPC 활용 사례**
▷ 다양한 Financing 전략의 마련 및 적용

▶ **한국형 원자력발전소 해외 수출 산업 지원 Action**
▷ 해외 기술의 국산화 및 기술 자립화를 위한 꾸준한 노력 수행
▷ 원자력 관련 주요 기관의 구성 및 각 역할 분담의 명확화

▶ **정부 차원의 외교 및 정책지원**

▷국가 차원의 전폭적인 지원 및 관련정책 제정
▷사업화 전문기관 중심의 점진적이고 중장기적인 마케팅 추진

▶ **국가 간 기술 및 연구교류 활성화 추진**
▷체계적인 해외 수출 전략 수립
▷기술 협력 과정을 통한 기술 자립 지원

□ SOC 산업의 시장 진입 프로세스 및 전략

○ 오랜 기간 축적된 운영 결과를 바탕으로 안정성 및 이용실적 증명

- 원자력발전소의 경우 지난 1970년대 고리원자력발전소 1호기를 시작으로 현재 40년이 넘는 운영 실적을 보유하고 있음
- 40년간 축적된 원자력발전소 운영 결과 그 안정성과 에너지 효율의 우수성이 입증됨

* 세계 400여개 원자력발전소 중 이용률과 실적 통계 결과 상위 5위권 수준의 기술 및 안정성 확보

- 원자력발전소의 꾸준한 운영은 관련 산업분야의 발전과 기술 노하우 축적 및 기술 자립화에 가장 큰 기반으로 작용함

* 매년 1대의 원자력발전소 신설이 추진 중이며, 원자력발전소 1대 신설에 소요 기간은 약 54개월로 짧아 경쟁력 있음

○ 단기적 플랜에서 중장기적 플랜으로의 연계성 제고

- 국가 기술 자립화 및 기술의 역수출을 중장기적 목적으로 두고, 이를 지원하기 위한 사전기반조성・연구지원・산업주체 구성 등을 단기적으로 활성화함
- 지식경제부 산하기관인 한국원전수출산업협회 주관으로 12개 타깃국가를 설정하고 지속적인 모니터링을 실시함

* 최종적으로 아랍에미리트(UAE), 베트남, 터키 3개 국가로 핵심 타깃국가 도출

□ 사업 수행 지원을 위한 Financing 전략 및 SPC 활용 사례

○ 다양한 Financing 전략의 마련 및 적용

- 원자력발전소 무상 건설 완료 후 발생하는 전기료 수입의 일부를 일정 기간(약 5~20년) 동안 환급받거나, 원자력발전소 건설비용의 일부와 수입의 일부를 환급받는 등 다양한 형식의 Financing 전략 실현
- 국가 형편과 자금력에 따라 적합한 지원 방안을 모색하고, 나아가 국내

Financing 기업과의 co-work을 통한 SOC 사업수행 안을 고려

□ 한국형 원자력발전소 해외 수출 산업 지원 Action

○ 해외 기술의 국산화 및 기술 자립화를 위한 꾸준한 노력 수행

- 원자력발전소 도입 초기 Turn-key(1970년대) 방식을 시작으로, 1980년대 국내Owner-해외Vender 방식을 적용하여 국산화에 주력한 결과, 1990년대부터 자체기술(95%)을 활용한 원자력발전소가 설립됨

* 국내 순수 기술을 활용하여 OPR1000(1,000MW)과 APR1400(1,400MW) 개발

- 1990년대 기자재국산화정책을 통하여 미자립 분야로 남아있던 5%의 핵심기술*을 최종 국산화하는데 성공함

* 로심핵설계기술(코드개발 및 해석), 냉각재 대형 펌프개발기술 등

- 기술 자립화를 위한 Manpower 확보를 목적으로 연구・설계・기술제작 국내 인력을 양성

○ 원자력 관련 주요 기관의 구성 및 각 역할 분담의 명확화

- 원자력발전소 관련 사항은 크게 한국전력공사(KEPCO)와 한국수력원자력(KHNP)을 중심으로 수행됨

* KEPCO : 계약, 기획, 해외비즈니스 / KNHP : 공공프로젝트관리, Commissioning, O&M

- 관련 업무분야의 원활한 지원을 위하여 다양한 기관이 유기적 협력관계를 가지고 있음

* KEPCO E&C : 디자인, 설계 / KEPCO NF : 핵연료생산 / KEPCO KPS : 유지보수 및 정비 / 두산중공업 : 중대형장비설비 / 기타기업(두산, 대우, 삼성, 현대, SK, 대림, GS 등) : 시공

□ 정부 차원의 외교 및 정책지원

○ 국가 차원의 전폭적인 지원 및 관련정책 제정

- 정부는 원자력발전소의 국산화(한국화)뿐만 아니라 이를 역수출 하는 데 필요한 전주기적 프로세스를 적극적으로 지원

- 1980년대부터 추진된 기자재국산화정책을 통하여 기업 간 연계를 강화하고, 국가경쟁력 제고에 기여함

- 이명박 전 대통령 직무 당시, 적극적인 수주외교를 목적으로 원자력발전소 관리

를 위한 직속 기관을 운영함으로써 국가 최고지도자의 사업 주력 의지를 극대화

* 현 미래창조부 차관급에서 해당 기관 관리

○ 사업화 전문기관 중심의 점진적이고 중장기적인 마케팅 추진

- 한국수력원자력을 Headquarter로 중장기 사업 수행에 대한 안정성 부여 및 지원관리 실시

* 현 산업통상부의 지원 부처로는 원전수출진흥과와 원전산업정책과가 있음

- 원자력발전소 1대에는 약 300만개의 부품이 소요되기 때문에 한국수력원자력은 Custom-Made 중심의 기업을 구성하고 관련부품산업 네트워크를 구성 및 실현함
- 중대형 기기설비 국산화를 목적으로, 공기업인 한국중공업에 꾸준한 국가적 투자지원을 실시한 뒤 정부의 민영화 방침에 따라 이후 두산그룹(현 두산중공업)으로 민영화

□ 국가 간 기술 및 연구교류 활성화 추진

○ 체계적인 해외 수출 전략 수립

- 해외 대규모 전시회를 개최하고, 국내외 워크숍을 개최하는 등 지속적인 원자력발전소 활용 가능성을 홍보
- 원자력의 안정성과 가치를 홍보함과 동시에 지속적인 핵심기술 경쟁력을 개발하여 틈새시장 공략을 위한 기반을 조성함
- 현재, 기 보유한 우수 기술력과 노하우를 바탕으로 해외 원자력발전소 수요국가별 맞춤형 지원 전략을 수립 중임

○ 기술 협력 과정을 통한 기술 자립 지원

- 원자력발전소 수출을 위하여 타깃국가 Policy Maker를 대상으로 세미나 및 홍보교육을 실시하고, 실무자를 대상을 한 기술교육을 추진함으로써 밀접한 네트워크를 형성
- 수출 국가의 원자력발전소 기술력 확보를 지원 할 수 있도록 국내 기업과의 MOU 체결 및 기술세미나 등 마련

2) 한국전력공사

▸ **SPC를 활용한 Financing 전략**
▹ 프로젝트 파이낸싱 방식의 개요
▹ 프로젝트 파이낸싱 방식의 구조와 참여자의 역할

▷ 프로젝트 파이낸싱 방식을 적용한 발전소 수출지원

▶ **도시형 자기부상열차 수출 관련 제언**
▷ OECD Arrangement를 활용한 지원체계 구축
▷ 旣 자립화된 국내 기술 활용으로 사업화 기간 단축을 기대
▷ 자체 운영기관을 설립하여 활용 및 운영

□ SPC를 활용한 Financing 전략

○ 프로젝트 파이낸싱 방식의 개요(기업 금융과의 비교)

- 프로젝트 파이낸스는 배당금 수익 수취를 목적으로 하는 사업주가 프로젝트 코스트의 일부(통상 20~40%)를 자기자본으로 투여하고, 나머지부분을 상업금융기관 또는 ECA(Export Credit Agency) 금융을 통하여 조달하여 사업을 수행하는 것임
- 프로젝트 파이낸스는 민간베이스로 추진됨을 원칙으로 하지만 발전산업의 경우, 전력시장이 완전 민영화된 경우를 제외하고, 정부에서 장기전력구매계약(Power Purchase Agreement)상의 전력요금 및 Termination Payment등을 보장해주고 환율변동리스크를 부담하는 것이 일반적
- 발전소 설치 국가의 전력법이 대주들의 Step-In권리 및 담보권 행사등과 상충(Conflict)이 있을 경우, 통상적으로 정부에서 대주들의 권리를 자유롭게 행사할 수 있도록 Concession을 제공

* 원전사업의 경우에는 특히 환경문제, 폐기물처리, 주민동의 및 이주 문제 등과 관련하여 피투자국 정부의 역할이 더욱 큼

※ 기업신용방식의 경우, 기존 차주의 신용도를 기준으로 대출을 실시하며 프로젝트 파이낸스방식에 비해 적은 프로젝트 금액과 짧은 상환기간을 가지고 있어 기업 전체의 자산(또는 특정 자산)을 담보(Floating Charge)로 하는 것이 일반적

[표 254]프로젝트 파이낸스와 기업금융의 비교

구분	프로젝트파이낸스(P/F)	기업금융(C/F)
차 주	SPC*(특수목적회사) 타사업 겸업금지	기존회사
자기자본	SPC앞 Sponsor(사업주)의 자기자본 투자의무 부가	자기자본 투자의무 없음
사고시 구상	대주의 SPC의 모기업(사업주)앞 소구 불가(Without Recourse)	대출금의 차주앞 완전 소구
상환재원	SPC의 사업수익	기업 전체의 현금흐름 (수익 + 대출금)

사업성검토	제 3자의 사업성 검토	대출금융기관의 차주사에 대한 자체 신용도 검토
계약서	프로젝트 계약서와 금융계약으로 구성되며 매우 복잡	대출기관과 기존회사간의 금융계약서
관계당사자	당사가가 많고 구조가 복잡 (다수의 프로젝트 계약 상대방)	대출기관과 차주로 간단
대출기간	10년 이상 중장기	8년 미만의 중단기
대출금종류	SPC의 대출 (투자자의 채무에서 제외)	기업자체 대출에 포함
담보	SPC 소유의 모든 유무형 자산	기업의 전체의 자산(Floating Charge) 또는 특정자산(Fixed Charge)

※ SPC : Special Purpose Company

○ 프로젝트 파이낸싱 방식의 구조와 참여자의 역할

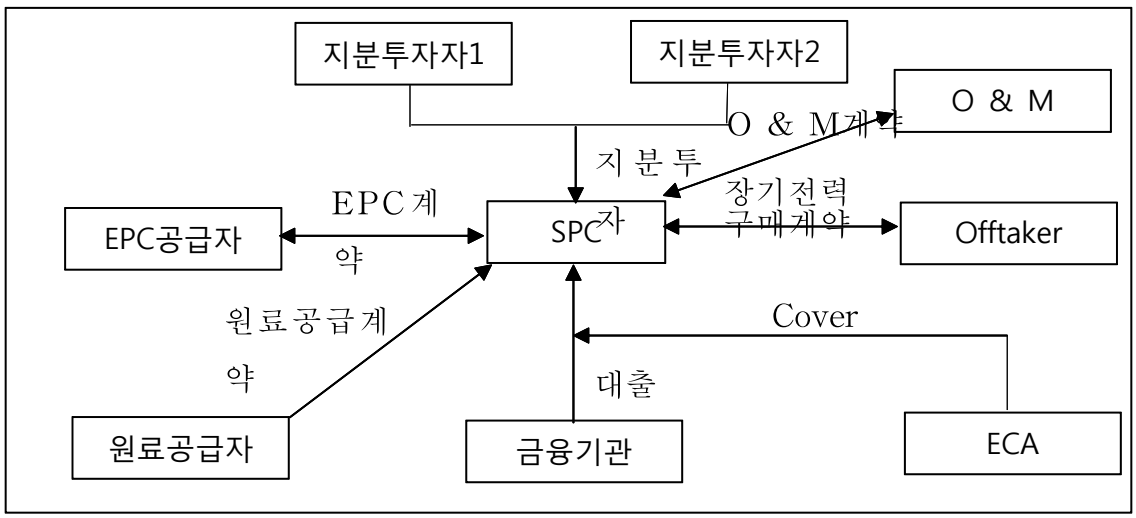
-일반 발전소 건설시 참여자는 다음과 같이 구성됨

: 각기 다른 나라로부터 프로젝트를 개발·운영하는 사업주(Sponsor), EPC*공급자, 원재료 공급자(Feedstock Supplier), 생산물 장기구매자(Offtaker), 제 3의 발전소 운영자(O&M Contractor) 등

※ EPC : Engineering, Procurement & Construction

- 이 때, 금융기관들은 사업참여자의 신용도, 프로젝트 수행경험, 환경문제 등에 대한 전문가 그룹(Consultants Group)*의 의견을 참고하여 프로젝트를 평가하고 금융지원 의사결정을 수행함

※ 프로젝트 리스크 평가를 위하여 법률, 환경, 기술, 시장(산출물 수요·공급), 상업보험, 원재료공급 관련 Consultant 고용



[그림 852]일반 발전소 프로젝트파이낸스 기본구조

- 발전소 수출을 위해서는, 상업적 사업성에 근거한 환경, 기술, 원재료공급 등에 대한 리스크를 분석하고 계약 체결을 통해 금융조달을 시작함

※ 원전에 비해 상대적으로 정책적 결정사항이 적어 Political Risk가 낮음

- 일반 발전소의 경우 한국이 주체적으로 EPC를 수행하더라도 실제 사용되는 세부 핵심부품은 미국, 독일, 일본 등에 의존하고 있기 때문에, 타국 ECA활용도를 높여 금융조달의 용이성을 도모하고, IFC, ADB 등 Multilateral의 참여를 통해 안정적인 금융구조를 조성할 수 있음

○ 프로젝트 파이낸싱 방식을 적용한 발전소 수출지원

- 발전소 수출 과정에서 정부-현지주민과의 커뮤니케이션을 통하여 발전소 건설 동의, 사업권 보장, 건설 및 운영관련 인허가보장, 적정수준의 ROI(Return On Investment) 보장, 폐기물 처리 보장 등과 같은 정부 보장지원이 요구됨

- BOT(built-operate-transfer method)사업유형에 PPP(Public Private Partnership)의 형태를 적용함으로써, 사업전반에 피투자국 및 투자국 정부의 적극적인 참여를 유도할 수 있고 ECA 및 상업금융의 활용 지원이 용이해짐

※ 소규모 프로젝트(일반 발전소)는 ECA의 금융 조달을 통한 전액 지원이 가능하고, ECA의 참여 없이도 상업금융으로 프로젝트 파이낸스자금 조달이 가능함

[표 255]원전과 일반 발전소의 주요 차이점

구 분	일반 발전소	원자력 발전소
사용원료	석탄, 가스, 중류 등	우라늄
건설기간	5년 미만	7년 이상
상환기간	14년 미만	15년 이상
발전소규모	소규모(100MW이하) 부터 대규모(2,000MW이상)	2,000MW 이상
건설비용	약 USD1억/100MW	약 USD3억/100MW
주민반발	상대적으로 적음	반발이 심함
환경	문제발생시 보완을 통한 운영 가능성 높음	문제발생시 전면중단 가능성 높음
폐기물	사업주가 직접처리	사업주가 직접 처리 어려움 (정부의 지원 필요)
대출기간	12년~14년	20년 이상
정부의 역할	상대적으로 덜 중요	매우 중요
금융기관 참여의사	높음	낮음

□ 도시형 자기부상열차 수출 관련 제언

○ OECD Arrangement를 활용한 지원체계 구축

- OECD에서는 회원 국가들의 수출 지원을 위한 공적수출신용 제공시 최소보험료, 최대지원가능금액, 최장상환기간 등을 OECD Arrangement on Officially Supported Export Credits을 통해 규제함으로써 회원국가간의 공정 수출경쟁을 유도하고 있음
- 공적수출신용기관(ECA)에서 지원 가능한 금액은 EPC금액의 85%를 한도로 하며, 나머지 금액은 국가에서 자체 부담하는 경우가 대부분임
- 도시형자기부상열차의 SOC 산업 특성과 대한민국이 OECD 가입국인 강점을 활용하여 외화 지원을 기대할 수 있음

○ 旣 자립화된 국내 기술 활용으로 사업화 기간 단축을 기대

- 일반적으로 해외 기술을 도입하여 기술자립을 이루어 낸 뒤, 이를 재수출 할 수 있는 기반을 확보하기까지는 약 15년 정도의 기간이 소요
- 이미 기술 자립이 완료된 도시형 자기부상열차의 경우, 타깃 국가에 대한 맞춤형 전략 지원 방안마련 및 전략적 로드맵 수립을 통하여 해외진출 기간에 소요되는 시간과 노력을 절약할 수 있음

○ 자체 운영기관의 활용 및 운영을 조언

- 도시형 자기부상열차사업 전체 기획단계에서 旣 수립된 로드맵을 관리할 수 있는 전문기관(Headquarter)의 설립을 건의
- 이러한 전문기관은 해외 수출거점으로 활용 가능하며, 도시형 자기부상열차 사업의 체계적 운영지원에 기여함

3) ITS 시스템

▶ **SOC 산업의 시장 진입 프로세스 및 전략**
▷ 해외 발주사업 모니터링 및 주요 사업정보에 대한 제공서비스 실시

▶ **사업 수행 지원을 위한 Financing 전략 및 SPC 활용 사례**
▷ 해외 투자자금 유입 지원을 목적으로 과제 심사 및 선정과정 관리

▶ **ITS 시스템 해외 수출 산업 지원 Action**
▷ 체계적인 TFT 구성을 통하여 사업의 대내외적 협력 수행
▷ 대기업과 중소기업의 컨소시엄 운영체계 구성으로 기업 간 상생 도모
▷ 대한무역투자진흥공사(KOTRA)를 중심으로 국내외 정부 간 교류 강화

▶ **국내 기업의 해외시장 진출을 위한 제언**
▷ 해외시장 진출 경험을 旣 보유한 국내기관의 활용 및 협조 요청을 추천

□ SOC 산업의 시장 진입 프로세스 및 전략

○ 해외 발주사업 모니터링을 통한 사업정보 국내 제공 수행

- 국내 기업에 대한 정보제공 및 사업-기업의 맞춤형 연결지원을 목적으로 해외 발주사업 정보 update 실시(Web Site 게시)
- 3~4년간의 지속적인 사업 축적과 모니터링을 실시하여 Project Management System 운영

※ 해외 프로젝트 정보 list 제공 mailing 서비스 포함

- ITS 해외수출 사례는 KOTRA를 중심으로 해외 국가들의 ITS 관련 산업 수요 증대와 국내 기업의 해외시장 진출 요구가 수렴되어 국가사업으로 발주된 것임

※ KOTRA를 Control Tower로 ITS 수출 Process 진행

: 해외국가사업 사전 기획 → 국내외 기업 간 MOU체결 → EDCF*재정지원 배경확보 → 사업발주(RFP) 및 입찰 → 수주계약체결

* EDCF : 대외경제협력기금(Economic Development Cooperation Fund)



kotra

KOTRA 해외프로젝트 정보(20130430)

- 교량, 도로, 수력발전, 발전소 등 -

KOTRA 프로젝트총괄팀에서는 아래와 같이 해외조직망에서 면담을 통해 수집한 프로젝트 정보를 송부하오니 관심 있으신 분은 프로젝트별 담당자를 접촉하여 주시기 바랍니다.

= 아 래 =

번호	프로젝트명	국가
1	루마니아 인프라 프로젝트(교량, 도로 및 터미널)	루마니아
2	과테말라 PAH 수력발전소 건설 프로젝트	과테말라
3	과테말라 San Luis 수력발전 프로젝트	과테말라
4	CC Baja California II 열병합 발전소 건설 및 운영사업	멕시코
5	CC Topolobampo III 열병합발전소 건설 및 운영사업	멕시코

- 첨부 -

1. 해외프로젝트정보리스트 5부.
2. 과테말라 PAH 수력발전소 건설 프로젝트 1부.
3. 과테말라 San Luis 수력발전 프로젝트 1부. 끝.

[그림 853]KOTRA 해외프로젝트 정보제공 메일서비스 예시

□ 사업 수행 지원을 위한 Financing 전략 및 SPC 활용 사례

○ 해외 투자자금 유입을 위한 심사 및 선정과정 지원

- 해외 발주 과제에 대하여 유관기관과 정부기관 등 주요 기관의 타당성 조사를 실시하고, 이를 통한 과제 선정 실시
- 국내 및 해외 기관에서 추진 예정인 과제를 각자 국가연구개발사업의 우선순위에 상정함으로써, 해외 자금지원 확보에 전략적 활용
- 대기업과 중소기업간 협력체계를 구성함으로써 자체 자금을 활용하여 Project 수행이 가능하도록 연계

□ ITS 시스템 해외 수출 산업 지원 Action

○ 체계적인 TFT 구성을 통하여 사업의 대내외적 협력 수행

- 국내 기업의 해외진출 지원을 위한 KOTRA 자체 추진체계 旣 보유

: 국내 해외사업지원부서 활용 및 해당 국가에 KOTRA 지사 在

- 해외사업 참여 업체를 대상으로 각 업체별 컨택라인을 설정하고 전체 과업의 TFT(Task Force Team)로 구성
- ITS(지능형 교통시스템)* 수출 사례의 경우, ITS 수출지원에 참여하는 국내 기업 내부 인력을 list-up 하고 이를 활용함으로써 TFT팀을 확보

※ 지능형 교통시스템(ITS) : Intelligent Transport Systems

○ 대기업과 중소기업의 컨소시엄 운영체계 구성

- 해외사업 수주 시, 대기업과 연관 중소기업의 동반진출을 유도함으로써 대-중소기업의 상생협력을 기대

※ ITS 사업의 해외수출 사례의 경우, 대-중소기업 자체 사업비 부담으로 과제 추진

- 중소기업 연합 체계 형성으로 국내외 중소기업 지원 자금의 운용 및 활용을 도모

○ KOTRA를 중심으로 국내외 정부 간 협력을 강화

- 국내 기업의 해외진출 지원을 위한 KOTRA 자체 추진체계 旣 보유
- 국내외 프로젝트 교류 지원을 위하여 해외 인사 초청 및 프로젝트 상담창구 운영 등의 연간행사 추진·지원

□ 국내 기업의 해외시장 진출을 위한 제언

○ 해외시장 진출 경험을 보유한 국내 기관(KOTRA)의 적절한 활용 추천

- 다양한 해외시장 진출 경험과 대내외적 협력관계를 유지하고 있는 국내 유관기관의 협조 요청 필요
- 관련 유관기관으로 대한무역투자진흥공사(KOTRA)를 추천

4) KTX 브라질 수출

▶ **SOC 산업의 시장 진입 프로세스 및 전략**
▷ 사업화 단계별 전략 수립을 위한 다각적 매트릭스와 체크리스트 활용
▷ 단기-중장기적 사업 프로세스 확립
▶ **사업 수행 지원을 위한 Financing 전략 및 SPC 활용 사례**
▷ 지원 주체의 명확화를 통한 재정지원 전략 수립
▷ 전형적인 건설사업 모델과 PF조달을 고려한 Financing 방향성 확립
▶ **한국-브라질 KTX 수출지원 주요 Action**
▷ '브라질 고속철 한국사업단'의 설립 및 운영으로 해외진출협력 도모
▷ 국내 및 현지 대사관 차원의 외교정책 지원 실시
▶ **도시형 자기부상열차의 해외 시장 진출을 위한 제언**
▷ 공신력 있는 기관의 국내외간 긴밀한 협조지원 필요
▷ 타깃국사 선정 이후, 연계 국가로의 시장 진출계획 수립을 병행
▷ 사업 RFP 공지 이전에, 해당 사업에 대하여 발주처와 사업추진계획을 旣수립

□ SOC 산업의 시장 진입 프로세스 및 전략

○ 다각적 매트릭스와 체크리스트를 활용한 추진단계 설정으로 사업화 단계별 전략 수립
- 철도사업 사업화 단계별 세부 활동 항목 추진단계를 설정하고 이에 따른 세부 활동을 매칭 함으로써 과업 추진을 지원

[표 256]철도사업의 추진 단계별 세부 활동

도출(P1)	타당성(P2)	설계(P3)	건설(P4)	운영(P5)
①도출 ②사전타당성연구 - 수요예측 및 교통서비스배분 - 기본계획 수립 (환경분야고려)	③타당성 연구 ④환경영향평가 ⑤재정 및 경제성 분석 ⑥다면분석 ⑦기본설계 ⑧승인	⑨운영 및 유지관리 계획 수립 ⑩상세설계	⑪건설계획 ⑫건설시행 ⑬시험인증	⑭운영 및 유지관리 ⑮사후평가
ODA (KOICA)	ODA(KOICA) / ISO / TSI-EN-UIC-Local	ODA(KOICA) / ISO / TSI-EN-UIC-Local	ODA(EDCF) Procurement / IRIS TSI-EN-UIC-Local	ODA(EDCF/KOICA)

- 철도시스템의 사업화 단계별 주요 검토항목 매트릭스를 활용함으로써 경제적·기능적·기술적·환경적·사회적 특성에 대한 진행사항 점검

[표 257]철도시스템의 사업화 단계별 주요 검토항목

단계 / 측면	도출(P1)	타당성(P2)	설계(P3)	건설(P4)	운영(P5)
	1~5년	3~5년	2~3년	4~6년	-
경제적	수요예측	재정 및 경제성 분석	사업평가	재정투입	수입, 운영 및 유지보수 비용
기능적	교통서비스 배분	기능적 해결방안	RAMS 요구조건	유지보수 및 운영 계획	RAMS 평가
기술적	주요 전력시장	기본설계	상세설계	품질관리	RAMS 확인
환경적	지속가능 전략	환경영향 평가	활동 정의	활동 실현	환경적 결과 및 관리
사회적	수요대응 정책	수용 가능성	협상	임시 고용	이동성 향상
도출에서 운영까지 소요기간 : 최소(10년+α), 최대(19년+α)					-

○ 사업 계획에서 추진에 이르는 전주기적 청사진을 설정하고, 과업 수행 및 업무분장에 대한 지속적 확인 실시

- KTX 제품 수출 과정 지원의 전반적 프로세스는 다음과 같이 설정됨

: 적합한 도시 설정(인구, 상징성, 전시적의미 등 종합list-up)→국가의 정치·경제·산업기반 확인→공공기관 섭외 및 자원공조→해외 지자체 도출→대사관 중심의 해외사업 관리 및 운영→정치적 호소

- 철도분야 ODA(Official Development Assistance)활용 방안에 대한 모색

: (단기간) 교육, 훈련, 기술지도, 기술교류 MOU, 철도기관 및 정책결정그룹과의 네트워크 구축 등 지원

: (중장기) ODA사업 발굴을 위하여 유상원조사업화 이전에 무선원조사업 추진, 연구원 보유역량 제고 및 특수항목 지원 등 추진

□ 사업 수행 지원을 위한 Financing 전략 및 SPC 활용 사례

○ 지원 주체의 명확화를 통한 재정지원 전략 수립

- 브라질 KTX 수출지원과정에서는 대한민국-브라질 정부간 旣 형성된 정치적 관계와 고속철 수입에 대한 강력한 타당성 인식을 통해 98%의 재정이 브라질과 국제금융의 주체로 지원됨

* (한국) 약2~4%(약2조)의 금액지원 과정에서, 청와대가 국내 수출입은행 자본금 증액을 신청

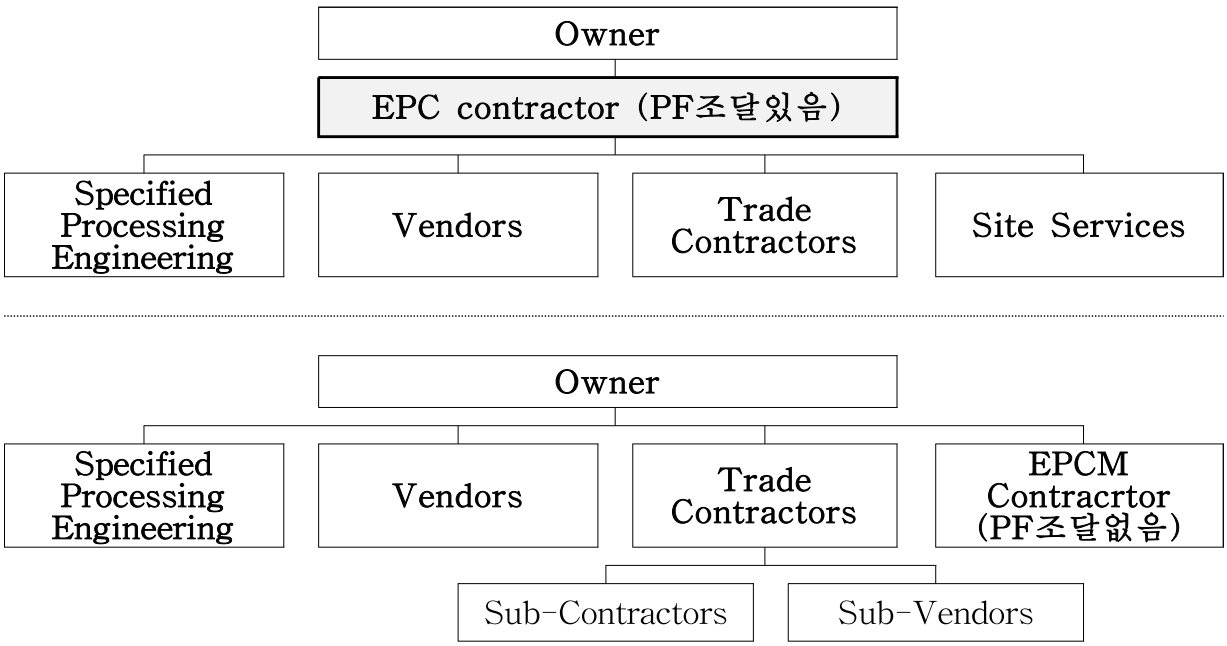
- 브라질의 강력한 고속철 수입의지로 상당한 비중의 재정투자지원을 수렴했지만, 실무 추진과정에서 한국의 전략 노하우와 기술·제품의 지원으로 인해 의사결정권의 비중은 한국이 강한 편이었음

○ 전형적인 건설사업 모델 및 PF조달을 고려한 Financing 방향성 확립

- 자금지원의 경로에 관여하는 다양한 주체의 역할 명확화를 지원하고, EPC 및 EPCM 모델과 Vendor(판매자) 구축으로 사업화 추진 과정의 안정성 부여

* EPC : Engineering, Procurement & Construction /
EPCM : Engineering, Procurement & Construction Management

[표 258]건설사업 EPC/EPCM 모델과 Vendor



- Project Financing(PF) 조달 여부에 따라 사업 추진 이전에 현물개념의 해당국가 투자와 현금 개념의 민간조달정도 계획을 구체화해야함

* 브라질 KTX 수출과정에서 소요되는 부지, 현지 기계 등의 현물 지원방안 사전협의 수행

- 추가적으로, PPP(Public-Private Partnership), 매칭펀드 등의 재정지원방안 고려

□ 한국-브라질 KTX 수출지원 주요 Action

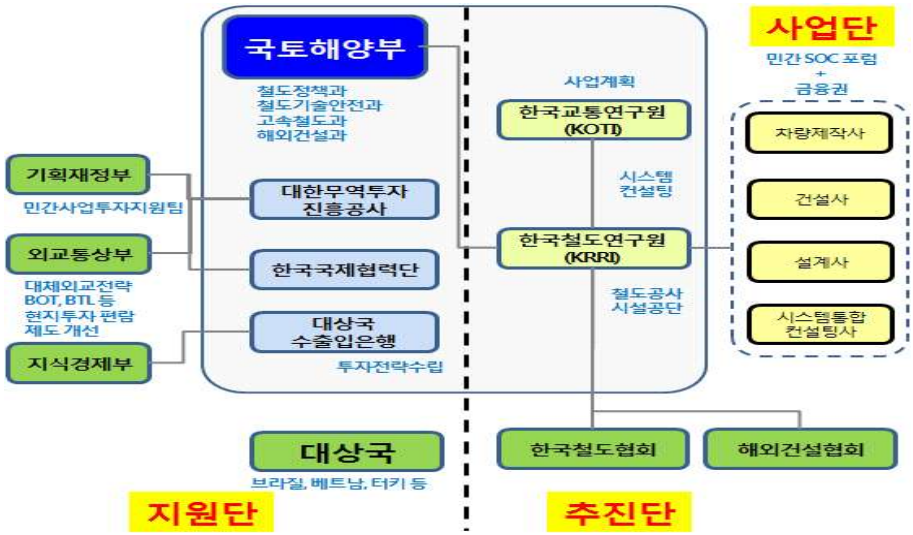
○ '브라질 고속철 한국사업단'의 설립으로 고속철 해외진출을 위한 추진체계를 구성

- 본 사업단은 공기업 3곳과 민간기업 7곳 등으로 구성

: (공기업) 철도공사, 철도시설공단, 철도기술연구원

(민간기업) 현대중공업, 삼성SDS, LG CNS, SK C&C, LS산전, 효성, 일진전기

- 다양한 의견 수렴과 분석, 제도·정책의 제안 및 전환을 지원할 수 있도록 해외철도사업의 전주기적 통합대응이 가능한 조직체계 확립



[그림 854]국내 고속철도의 해외진출 추진체계

* 사업단(민간/공공_사업실현)·지원단(정부/공공부문_공신력제공)·추진단(공공/민간_사업단지원) 구성

○ 국내 및 현지 대사관 차원의 외교정책 지원

- 약 5년 이상을 소요하여 지속적인 한국-브라질 외교관계를 형성하고, 국내 KTX의 성능 및 기술의 우수성을 홍보함으로써 브라질 자체적으로 한국 기술에 대한 인정 및 제품 수입을 추진하도록 유도

* 한국 기업의 사업 지원을 위하여 브라질 內 과제지원기준 변경 등 정책·제도적 지원추진

- 브라질 현지에 위치한 한국 대사관의 지속적 국내외 협력체계 지원을 통해 청와대 등 국내 중앙정부 협력을 도출함으로써 국내 민-관-금융 등의 모든

지원체계를 구축

□ 도시형 자기부상열차의 해외 시장 진출을 위한 제언

○ 현지의 한국 대사관과 국내 대사관의 협력지원을 추진

- 공신력 있는 기관을 활용함으로써 국가 간 지속적인 신뢰성 제고와 사업 협력을 지원할 수 있음

○ 수출대상 국가 선정과 동시에 연계 국가로의 수출전략을 도모

- 타깃 국가와의 정책·재원·기술적 국내외 관계에서 지속적 피드백을 실시하고, 현지에 적합한 기술 및 제품으로 국내 기술을 고도화하여 추후 타 국가로의 연계 수출을 고려한 전략 수립

○ 사업화 단계 이전에 이미 사업화 추진계획이 수립되도록 협의

- 국가사업 RFP가 발주되기 이전에, 타깃국가와 선제적인 업무논의 및 추진체계가 설정되어야 함

- 현지-한국과의 그랜드 컨소시엄을 기획하고 이를 실현하기 위한 긴밀한 협조체계를 형성

(2) 자기부상열차 국내외 시장 현황 분석 및 잠재적 시장 발굴

- 자기부상열차 국내외 시장진입기준 설정 및 10개 타깃국가 도출

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차의 해외 진출을 목표로 신규시장개척 및 기존시장 확대가 가능한 타깃국가를 선정

- 전 세계를 대상으로 타깃국가 후보군을 선정하여 10대 타깃시장을 도출

○ 타깃국가 선정 과정에서 논리적인 시장진입기준을 선정함으로써 최종 도출되는 타깃 시장에 대한 객관성 및 타당성 확보

- 정량적 지표와 정성적 지표를 활용한 점수표 활용

- 자기부상열차 도입 제한요소 반영

○ (연구 추진목표) 도시형 자기부상열차 도입 가능 국가를 도출함으로써 타깃 시장별 맞춤형 시장개척 전략 수립이 가능

- 전 세계 262개 국가를 대상으로 한 타깃국가 선정 과정에서 국가별 경제 ·

사회 핵심요소, 수요자 성향 등의 정량적 기본 정보 수집

- 8개 대륙에 대한 정성적 조사 결과 도출된 자기부상열차사업 해외시장 진출에 필요한 입지조건, 국가상황 등의 제한사항 반영
- 최종 3개 핵심 타깃시장 선정을 위한 사전 조사 자료로 활용

(나) 추진방법

[표 259]10대 타깃국가 선정 프로세스

전 세계 262개국 (8개 대륙)대상 list-up	□ 전 세계 262개국(8개 대륙) 대상으로 후보국가 list-up ○ 사업단 의견을 반영하여 CIS국가, 브라질(KTX수출이력), 중동 등의 지역을 예상 후보국가로 checking
[1차] 정량지표(30개)	□ 정량적 지표 설정을 통한 1차 후보군 도출(국가별) ○ (일반/조건지표_29개) 경제수준 및 SOC산업수행능력, 수요자니즈반영능력, 시장진입능력, 운송 및 수송능력, 기술수준유지 및 건설보수능력으로 분류 ○ (결정지표_1개) 자기부상열차 旣 보유국은 후보군에서 제외
[2차] 정성지표(7개)	□ 정성적 지표 설정을 통한 2차 후보군 도출(대륙별) ○ (정성지표_7개) 대륙별 교통 Mega-trend를 반영하여, 인구밀집도에 따른 입지요건, 교통산업수준, 교통혼잡도, 중앙정부영향력, 국가안정성, 제한요건(지형, 기후 등), 해외 신기술 도입의지로 분류 ○ 대륙구분 : 유럽(동/서), 아메리카(북/라틴), 아시아(중동/중동 이외), 아프리카(북/사하라 이남)
[3차] 제한지표(3개)	□ 제한지표 설정을 통한 3차 후보군 도출(국가별) ○ (제한지표_3개) 외교부 여행경보(제한/금지단계), 기존 교통수단의 고착화, 극빈국에 해당하는 국가는 후보군에서 제외
10대 타깃국가 도출	□ 최종 10대 타깃국가 도출 완료 ○ (대륙별 선정국가 현황) 중동 2개국, 중동 이외의 아시아 3개국, 라틴아메리카 3개국, 북아프리카 2개국

○ 세계은행지표와 한국무역협회(KITA) 지표를 활용하여 전 세계 국가별 시장진입 조건을 고려한 정량적 지표 설정

- (시장진입조건) 경제수준 및 SOC사업 수행능력, 수요자니즈반영능력, 시장진입능력, 운송 및 수송능력, 기술수준유지 및 건설보수능력을 기준으로 30개

(결정지표 1개 포함)의 정량지표 설정

- (결정지표설정) 이미 자기부상열차 기술을 개발 및 도입 완료하여 활용중인 국가는 타깃국가 항목에서 삭제
- (점수화기준) 전 세계 262개 국가의 정량지표별 최저 점수를 0점, 최고 점수를 1점으로 산정하여 평균값을 책정한 후 순위화

※ 해당 지표 값이 없는 경우 최소값(0점)으로 산정, 지표별 점수분포에 percentrank 함수 사용

○ 대륙별 교통 Mega-trend를 반영하여 자기부상열차 사업 도입에 대한 고려사항을 정성적 지표로 제시

- (시장진입조건) 입지요건, 교통산업수준, 교통혼잡도, 정부영향력, 국가안정성, 제한요건, 신기술도입의지를 기준으로 7개의 정성지표 설정
  - (세부조건설정) 설정된 시장진입조건의 대륙별 통상적 반영이 가능하도록 세부 조건을 설정
- (대륙분류기준) 전 세계를 유럽 · 아메리카 · 아프리카 · 아시아 4개 대륙으로 구분하고, 이를 각각 동유럽/서유럽 · 북아메리카/라틴아메리카 · 북아프리카/사하라 이남 아프리카 · 중동/중동 이외의 아시아로 분류
- (점수화기준) 각 정성지표의 세부조건 점수 총합을 10점으로 산정하여 평균값을 책정한 후 순위화

※ 정성지표 점수화 결과 1~4위 대륙 국가에는 1점, 나머지 국가에는 0.5점을 부여하여 정량지표 점수결과에 반영

○ 정량지표와 정성지표를 활용하여 도출된 타깃국가 후보군 list에서 자기부상열차 시장 진출에 우려되는 사항을 제한지표로 반영

- (시장진입 제한조건) 외교부 기준 해외여행 제한 및 금지국가, 기존 교통수단의 고착화로 하이테크 신규 교통수단의 진입장벽이 높은 국가, 극빈국가로 분류되어 대중교통수단 도입 및 운영이 불가능한 국가
  - (점수화기준) 제한지표에 해당하는 국가는 타깃국가 후보군에서 제외

○ 정량지표 · 정성지표 · 제한지표 반영결과 도출된 최종 후보군 list에서 상

위 10개 국가를 “10대 타깃국가”로 선정

- 자기부상열차 수출 대상 10대 타깃국가는 전 세계 국가(대륙)를 대상으로 국내외 정량지표 및 교통 Mega-trend(정성지표)를 반영한 것은 물론, 사업 특성상 우려되는 제한요소를 제외함으로써 객관적이고 체계적으로 도출되었음

(다) 연구결과

○ 1차 후보군 도출

- 262개 국가(8개 대륙) 대상, 30개 정량지표 활용

No	진입조건	지표 종류	환산 여부	단위	지표명	지표정의	지표측정방법(산출방법)
1	수요자 니즈 반영능력	일반	-	명 /km2	인구밀도	기준 국토 단위면적 당 인구 분포 정도	국토면적의 제곱킬로미터 당 인구수를 계산
2	경제수준 및 SOC산업 수행능력	조건 (0.5/1)	-	$	명목GDP	당해연도의 최종생산물의 수량에 당해연도의 시장가격을 곱하여 산출되는 GDP(경상가격 GDP)	- 한 나라의 영역 내에서 가계, 기업, 정부 등 모든 경제 주체가 일정기간동안 생산활동에 참여하여 창출한 부가가치 또는 최종 생산물을 시장가격으로 평가한 합계(국내에 거주하는 비거주자(외국인)에게 지불되는 소득과 국내 거주자가 외국에 용역을 제공함으로써 수취한 소득 포함) - IMF에서 GDP 산정이 가능한 국가는 1, 그렇지 않은 국가는 0.5 *국내총생산(GDP): 한 나라의 영역 내에서 가계, 기업, 정부 등 모든 경제 주체가 일정기간동안 생산활동에 참여하여 창출한 부가가치 및 최종생산물을 시장가격으로 평가한 합계
3	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	-	10억 달러	경제주체 (국가+다국적 기업) 순위	경제활동을 행하는 주체들의 수출액 순위	해당 국가의 경제주체(다국적 기업 포함)의 수출, 수입, 무역수지를 종합 비교한 뒤, 수출액을 기준으로 순위 산정
4	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	-	%	연평균 실질 GDP 증가율	기준 연도의 가격으로 서비스와 재화의 가격을 계산한 GDP의 연평균 증가율	기준 연도의 가격으로 서비스와 재화의 가격의 연평균 계산 값의 연간 증가율
5	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	-	수출대비 %, 근로자 송금 제외	공공 및 공공 보증 채무 상환액(수출대비%, 근로자송금 제외)	해외부채(상품구입 미지급금액 및 금융부채)를 갚기 위해 유출되는 외화가 총수출금액에서 차지하는 비중(임금송금 제외) *수출액대비 외채상환비율(수출 대비 %, 근로자 송금은 제외)	공공부문에서 해외국가에 갚는 이자, 공공부문에서 구입한 상품에 지급되는 비용, 공공부문의 장기부채 상환금액 및 정부가 보증한 민간부채 상환액의 합을 총수출로 나눈 값
6	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	-	$	구매력평가지수(PPP) 기준 1인당 국민총소득($)	각 국가의 물가 수준을 고려하여 산출한 GDP를 기준으로 산출한 1인당 국민 총 소득(GDI,$)	해당 국가의 1인당 국민총소득($)을 구매력평가지수(PPP)로 나누어 계산 * 국민총소득(GDI): 실질국내총생산(GDP)에 교역조건의 변화를 반영하기 위해 실질무역손익을 더한 개념 * 구매력평가지수(PPP): 국가별 화폐의 구매력으로 GDP를 조정하여 상대적인 실제 구매력을 나타낸 것(예:빅맥지수,스타벅스지수,애니콜지수 등)
7	시장진입 능력	일반	-	억 달러	교역규모	해외 국가와의 무역 규모를 $로 환산한 값	해당 국가의 해외무역(수출입) 규모를 $로 계산
8	시장진입 능력	일반	-	6점 만점	개방시장 지수	해외 시장의 특정상품에 대한 잠재수요를 지수화하기 위하여 인구, 소득, 생활태도 등을 종합하여 점수화 한 것	무역개방도, 무역정책, FDI개방도, 무역인프라 기준, 35:35:15:15비율로 계산
9	운송 및 수송능력	일반	환산	대	자동차 보유대수	국가 내에 보유한 자동차 수	국가 내에 등록된 차량을 전수조사
10	운송 및 수송능력	일반	-	천명	항공사별 여객수송	항공사 여객 수송 인원수	해당 국가 내 항공사별 여객 수송 인원을 전수조사

No	진입조건	지표 종류	환산 여부	단위	지표명	지표정의	지표측정방법(산출방법)
11	운송 및 수송능력	조건 (0.5/1)	-	km	철로(총 경로-km)	국가별 구축된 철도 길이	해당 국가 내 구축된 철도의 길이를 km로 조사 * 철로 보유 국가는 1, 그렇지 않은 국가는 0.5
12	운송 및 수송능력	일반	-	100만명/km	철도이용 대비 이용객수(100만명/km)	철도 길이 대비 철도 이용객 수	국가 내 철도 전체 길이(km) 대비 이용 승객을 100만명 단위로 계산
13	기술수준 유지 및 건설보수 능력	일반	-	%	연구개발투자/GDP	전체 GDP 대비 연구개발비 투자에 사용되는 비용	해당 국가 전체 GDP 중, 연구개발에 투자되는 비용의 비율
14	기술수준 유지 및 건설보수 능력	일반	-	1,000명당	인구 1,000명당 연구개발인력	인구 1,000명 당 연구개발인력의 수	해당 국가 인구 1,000명 당, 연구개발 인력의 수
15	수요자니즈 반영능력	일반	-	백만BTU	1인당 에너지 소비량	1인당 소비하는 에너지 열량을 백만 비열로 계산한 값	국가 전체 소비 에너지 열량(백만 비열 단위)을 1인 국민을 기준으로 계산
16	수요자니즈 반영능력	일반	-	1000bbl/day	석유소비	1일 동안 소비되는 석유를 1,000배럴 기준으로 계산한 값	1일 동안 소비되는 국가 전체 소비 석유량을 1,000배럴 기준으로 계산
17	수요자니즈 반영능력	일반	-	10억KWH	전력소비	소비되는 전력량을 10억 KWH로 계산한 값	국가 전체 소비 전력량을 10억 KWH 기준으로 계산
18	수요자니즈 반영능력	일반	-	$	관광수입	국내에서 관광을 통해 발생한 수입	국내 관광산업에서 발생한 수입액을 전수조사
19	수요자니즈 반영능력	일반	-	명	외국인 관광 입국	국내 외국인 관광객 입국자 수	해당 국가로 입국한 외국인 관광객을 전수조사
20	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	환산	100점 만점	IMD 국제경쟁력 순위	국제경영개발원(IMD)이 발표한 국제시장에서의 제품 경쟁력 순위	제품 경쟁력은 크게 가격 경쟁력과 가격 경쟁력을 제외한 분야의 경쟁력으로 나누어 계산됨 * 가격경쟁력:노동생산성, 임금수준, 외환시세, 물가수준 등 * 기타경쟁력:품질/성능/신제품 개발력, 납품기간, 판매능력 등
21	시장진입 능력	일반	-	10점 만점	경제자유도	해당 국가가 기업들이 경영하기에 어느 정도 자유롭고 편한 환경을 가지고 있는지 나타내는 지표	- 1994년부터 미국 헤리티지 재단과 월스트리트 저널이 매년 발표 - 세계 156개국의 금융시장, 자본이동, 외국인투자, 정부재정상태, 정부시장개입, 무역정책, 임금 및 물가, 통화정책, 재산권보호정도, 각종 규제, 암시장 등 10개 문야의 50개 항목 평가
22	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	-	10점 만점	부패지수 (CPI)	국제투명성기구(TI)가 매년 발표하는 국가별 부패지수	- 세계은행 등 7개 독립기구가 실시한 국가별 공직자의 부패정도에 관한 설문조사를 종합하여 10점 만점으로 계산한 값
23	시장진입 능력	일반	-	0~10	글로벌화에 대한 태도	해당 국가가 글로벌화에 대하여 취하는 태도를 점수화	글로벌화 선호 의향 및 관심, 외국어 활용 정도, 사업발전 계획 반영도, 글로벌화 방해요인 등을 점수화(0~10점)하여 분석한 뒤 평균값을 계산
24	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	-	0~10	삶의질	해당 국가 국민들이 얼마나 행복하고 풍요로운 삶을 영위하고 있는가를 척도화한 지표(생활질의 지표)	경제, 사회, 문화, 환경 등의 측면을 포괄적으로 점수화(0~10점)하여 분석한 뒤 평균값을 계산
25	시장진입 능력	일반	-	0~10	국가문화의 외국문화수용정도	해당 국가에서 외국 문화를 수용하는 정도를 점수화한 지표	해당 국가의 외국문화 수용 정도를 점수화(0~10점)하여 분석
26	경제수준 및 SOC산업 수행능력	일반	환산	%	경제 고통지수	국민들이 느끼는 경제생활의 고통을 계량화하여 수치화	소비자물가 상승률(CPI)과 실업률을 더하여 산출
27	경제수준 및 SOC산업 수행능력	조건 (0.5/1)	-	뉴욕=100	도시 생계비	미국 뉴욕(100)을 기준으로 각국의 생계비 항목을 반영한 생활물가지수	세계 주요 도시들의 주택, 교통, 음식 등을 포함한 200개 항목을 비교조사하여 뉴욕(100)을 기준으로 점수화

No	진입조건	지표 종류	환산 여부	단위	지표명	지표정의	지표측정방법(산출방법)
28	수요자니즈 반영능력	일반	-	%	보호지역/총면적	국토 총 면적 대비 보호지역 면적의 비율	결과값이 클수록 가용 국토 면적이 감소하여 좁은 국토 면적을 효율적으로 이용할 수 있도록 자기부상열차와 같은 High-tech 교통수단 수요가 발생하는 것으로 판단
29	수요자니즈 반영능력	일반	-	대/명	인구당보유자동차수(교통혼잡도)	인구당 보유하고 있는 자동차 수를 계산하여 차량 보유로 인한 교통혼잡 정도	인구,연양추계지표 분에 자동차보유지표
30	-	결정(Y/N)	-	Y/N	자기부상열차보유여부	해당 국가에서 이미 자기부상열차 관련 기술을 보유하고 있는지 여부를 Y/N로 나타냄	자기부상열차를 보유하여 실제 운행하고 있는지를 기준으로 판단하며, 기존 정량지표들을 모두 사용하여 세계 국가를 list-up 한 뒤, 자기부상열차를 기 보유한 국가들을 제외하는 데 사용

○ 2차 후보군 도출

- 8개 대륙(262개 국가) 대상, 7개 정성지표 활용

No	시장진입 조건	환산 여부	조건사례(10)	조건정의
1	인구 밀집도에 따른 입지요건	-	- 일구밀집도가 높은 도시를 소유한 국가(2) - 공항, 여객, 터미널 등의 인구밀집 지역(3) - 테마파크, 관광산업 발달 등으로 유동인구가 많은 특성을 보유한 지역(3) - 높은 인구밀집도와 많은 유동인구로 인해 친환경적이고 간편한 방식의 교통수단 수요발생 지역(2)	인구 밀집 요건 보유정도에 따른 자기부상열차 이용객 확보 가능성 판단
2	교통산업 수준 (인프라 한계성)	환산	- 자기부상열차 이하 수준의 교통수단(자전거, 자동차 등)이 주 교통수단으로 고정화되어 하이테크 교통수단의 수요가 없는 국가(4) - 자기부상열차 유사교통수단(모노레일, 기차, 트램 등) 보유로 자기부상열차 도입에 대한 수요도가 낮은 국가(5) - 자기부상열차 추진 시 지원 가능한 교통 인프라(시스템, 교통체제 등)의 보유도 및 확보 의지가 미비한 국가(1)	기 보유한 국가별 교통산업 수준과 인프라 정도에 근거한 자기부상열차 도입 가능성 판단
3	교통 혼잡도	-	- 교통 체증 상습 발생지역(4) - 인구 수 대비 개인교통수단 과다 보유 지역(3) - 복잡한 도로환경을 보유한 국가(3)	교통체증, 인구당 차량보유정도, 기존 교통수단 활용도 등을 통하여 높은 교통혼잡도가 예상되는 국가에 자기부상열차를 교통혼잡 해결 방안으로 제안
4	중앙정부 영향력 (국가예산 확보능력)	-	- 정부 중앙집권체제 국가(2) - 내부 정부 마찰 없이 원활한 정부 과제 집행 가능국가(4) - 국가 예산 및 관련정책 확보 여부(4)	자기부상열차 사업의 SOC 산업 특성을 고려한 정부 영향력 판단
5	국가 안정성	-	- 전쟁 발생지역 제외(6) - 국내외 분쟁발생국가 제외(3) - 국경 접견지역 제외(1)	자기부상열차의 안전한 활용 및 도입을 위한 국가 안정성 확인
6	제한요건 (지형, 기후 등)	환산	- 주요 진원지 등 지진 발생지역(2.5) - 폭우, 폭설 등의 기상악화지역(2.5) - 화산지역 및 경사가 급한 산지지역(2.5) - 기타 지형 및 기후조건 악화지역(2.5)	지형, 기후 등의 제한요건 분석을 통하여 자기부상열차 도입 가능국가 판단을 지원
7	해외 신기술 도입 의지	-	- 해외 문물 및 신기술 유입 사례 보유국(3) - 외교적 자유도 및 개방적 분위기 보유국(3) - 연구자의 해외 파견 및 해외 연구자의 국내연구가 활발한 국가(3) - 국제교류 활성화 국가(1)	장기간 기술 도입을 위해서는 국가간 친밀도를 유지하고, 지속적인 인력 교류가 수행되어야 하기 때문에 해외 신기술에 대한 기존 교류사례를 보유한 국가 또는 그러한 의지가 높은 국가를 타깃 시장으로 선정할 수 있음

- 대륙별 교통시장 Mega-trend분석(1) : 동/서유럽, 북/라틴아메리카

No	시장진입 조건	환산 여부	동유럽	서유럽	북아메리카	라틴아메리카
1	인구	-	- 풍부한 문화유산과 관광지를	- 풍부한 문화유산과 관광지를	- 중심 상업지구의 주변부는	- 중심상업지구 주변에 중산층

No	시장진입 조건	환산 여부	동유럽	서유럽	북아메리카	라틴아메리카
	밀집도에 따른 입지요건		보유해, 관광객 밀집 양상을 보임	보유해, 관광객 밀집 양상을 보임	주로 슬럼이나 불량주거지역이 위치해 있음	인구가 밀집
2	교통산업 수준 (인프라 한계성)	환산	- 지하철, 버스 등의 교통이 발달해 있으며 그 활용도 또한 우수함 -Strassenbahn(Tram)을 이용하여 정체 없이 도시 경관을 감상할 수 있도록 함	- 지하철, 버스 등의 교통이 발달해 있으며 그 활용도 또한 우수함 -Strassenbahn(Tram)을 이용하여 정체 없이 도시 경관을 감상할 수 있도록 함	- 잘 정비된 유수한 철도망을 보유함 - 항공 또한 발달하였음 - 우수한 교통인프라를 갖추었으나 주로 물류 이동에 집중된 이용양상을 보임	- 잘 정비된 유수한 철도망을 보유함 - 항공 또한 발달하였음 - 우수한 교통인프라를 갖추었으나 주로 물류 이동에 집중된 이용양상을 보임
3	교통 혼잡도	-	- 도로+전철 인프라가 구성된 상태임 - 도시별 교통혼잡도가 높음	- 도로+전철 인프라가 구성된 상태임 - 도시별 교통혼잡도가 높음	- 도로+전철 인프라가 구성된 상태임 - 도시별 교통혼잡도가 높음	- 도로 인프라만 구성된 상태임 (전철 인프라는 진행중) - 도시별 교통혼잡도가 높음
4	중앙정부 영향력 (국가예산 확보능력)	-	- 정부 중앙집권체제 국가 - 안정된 정부체계 하에, 안정된 정책집행 가능 - 국가 예산 및 관련정책 확보 가능 - 문화재 보존 차원에서 엄격한 건축 제한이 가해지고 있음	- 정부 중앙집권체제 국가 - 안정된 정부체계 하에, 안정된 정책집행 가능 - 국가 예산 및 관련정책 확보 가능 - 문화재 보존 차원에서 엄격한 건축 제한이 가해지고 있음	- 정부 중앙집권체제 국가 - 안정된 정부체계 하에, 안정된 정책집행 가능 - 국가 예산 및 관련정책 확보 가능	- 정부 중앙집권체제 국가 - 안정된 정부체계 하에, 안정된 정책집행 가능 - 국가 예산 및 관련정책 확보 가능
5	국가 안정성	-	- 국외전쟁 위협은 없음 - 경제문제로 인한 내부민란 위협이 있으며(PIGS), 인종/종교문제로 인한 내부민란(시리아, 이스라엘)위협이 있음	- 국외전쟁 위협이 없음 - 내부민란 위협요인 없음	- 국외전쟁 위협이 없음 - 내부민란 위협요인 없음	- 국외전쟁 위협이 없음 - 내부민란 위협요인 없음
6	제한요건 (지형, 기후 등)	환산	- 지진경험 있음(그리스, 터키, 러시아, 우즈벡, 이탈리아) -한파 및 폭설문제(러시아)	- 지형 및 기후조건 문제 없음	-지진경험(미국서부) -허리케인(미국동부) -폭설문제(미국, 캐나다)	- 지진경험(과테말라, 멕시코, 콜롬비아, 칠레) - 화산폭발(과테말라, 이르헨티나, 콜롬비아, 페루, 칠레)
7	해외 신기술 도입 의지	-	- 한국과는 문화적, 기술적 교류가 활발함 - 세계국가간 기술적 교류는 많으며(ex-국제철도협력기구 회원), 문화적 교류도 활발한 편임	- 한국과는 문화적, 기술적 교류가 활발함 - 세계국가간 기술적 교류는 많으며(ex-국제철도협력기구 회원), 문화적 교류도 활발한 편임	- 한국과는 문화적, 기술적 교류가 활발함 - 세계국가간 기술적 교류는 많으며(ex-국제철도협력기구 회원), 문화적 교류도 활발한 편임	- 한국과는 문화적, 기술적 교류가 활발함 - 세계국가간 기술적 교류는 많으며, 문화적 교류도 활발한 편임

- 대륙별 교통시장 Mega-trend분석(2) : 중동, 아시아, 북/남 아프리카

No	시장진입 조건	환산 여부	중동	중동 이외의 아시아	북아프리카	사하라 이남 아프리카
1	인구 밀집도에 따른 입지요건	-	- 두바이에 집중된 관광객 밀집 양상을 보임 - 두바이 메트로라인은 4개의 쇼핑몰, 공항터미널 1개, 일반 터미널 3개를 연결함 - 추후 두바이를 중심으로 상업, 주거 지구 개발을 계획하고 있어 이에 대응할 교통수단 도입이 필요함	- 주요 휴양지 및 쇼핑지로 관광객 밀집 양상을 보임 - 주요 항공사가 밀집되어 있음	- 많은 인구 밀집도를 보이고 있으나, 어려운 경제상황을 보이는 국가가 밀집해 있어 대중교통 이용이 어려운 실정임 - (이집트, 수단, 카녜, 에티오피아) 북아프리카 지역 중 UAE에 인접한 국가들에서는 관광업이 발달함	- 많은 인구 밀집도를 보이고 있으나, 어려운 경제상황을 보이는 국가가 밀집해 있어 대중교통 이용이 어려운 실정임
2	교통산업 수준 (인프라 한계성)	환산	- UAE는 중동 최초로 자기부상열차 도입을 검토하고 있음 - 고온다습하고 미세모래 먼지가 많은 UAE의 자연환경에서 탈선이 우려되어 자기부상열차를 고려하게 됨	- (베트남, 태국, 인도) 좁은 국토면적과 협소한 도로환경으로 인해 오토바이가 주요 교통수단으로 고정화 되어 있음	- 교통수단이 열악하여 자동차 및 오토바이 등 개인교통수단이 주요 교통수단으로 각광받음	- 교통수단이 열악하여 자동차 및 오토바이 등 개인교통수단이 주요 교통수단으로 각광받음
3	교통 혼잡도	-	- 도로 인프라만 구성된 상태임 - 도시별 교통혼잡도는 보통 수준임	- 도로 인프라만 구성된 상태임 - 도시별 교통혼잡도는 높으며 대체 수단(자전거, 오토바이)등이 많이 활용됨	- 도로 인프라만 구성된 상태임 - 도시별 교통혼잡도는 높음	- 도로 인프라도 미미한 상황임
4	중앙정부 영향력 (국가예산 확보능력)	-	- 왕족 중심의 독재로 국정이 운영됨 - 산유국의 경우, 신뢰에 기반한 안정적인 정책집행이 가능	- 정부 중앙집권체제 국가 - 안정된 정부체계 하에, 안정된 정책집행 가능(대만은 예외) - 국가 예산 및 관련정책 확보	- 정부 중앙집권체제 국가 - 안정된 정부체계 하에, 안정된 정책집행 가능(이집트는 제외)	- 대부분 1인 독재로 국정이 구성됨 - 쿠데타로 인한 정권교체 때문에, 정국운영의 어려움이 큼

No	시장진입 조건	환산 여부	중동	중동 이외의 아시아	북아프리카	사하라 이남 아프리카
			- 대형 SOC를 유치할 수 있을만큼 자금이 풍부함	가능	- 대형 SOC를 유치할만한 자금조달은 가능한 수준임	- 대형 SOC를 유치할만한 자금운영이 힘듦
5	국가 안정성	-	- 산유국 중, 이란과 이라크를 제외한 국가는 외부위협이 없음 - 산유국 이외의 국가는 "아랍의 봄"으로 인한 내부갈등이 심화되는 중임(민란가능성 증대)	- 국외전쟁 위협이 없음 - 내부민란 위협요인 없음	- 국외전쟁 위협이 없음 - 특정국가(이집트)를 제외하면, 내부민란 위협요인 없음	- 국외전쟁 위협은 없음 - 잦은 내란 및 쿠데타로 인한 불안요소가 큼
6	제한요건 (지형, 기후 등)	환산	- 지형 및 기후조건 악화지역 없음	- 지진경험(뉴질랜드, 대만, 말레이시아 필리핀, 인도네시아,) - 열대성 저기압(중국, 인도, 호주)	- 지진경험(모로코, 알제리)	- 지형 및 기후조건 악화지역 없음
7	해외 신기술 도입 의지	-	- 산유국은 경제/외교적인 교류는 많지만, 문화/기술적인 교류는 작은편임 - 비산유국은 경제/외교 및 문화/기술 교류가 작은편임	- 한국과는 기술교류 뿐 아니라 농업, 에너지 및 IT등 다양한 분야에 걸쳐 교류가 있음 - APEC에 기반한 인접국가간 들간의 교류가 많음	- 한국과는 기술적 교류가 많음(ODA를 통한 교류多) - GCC를 기반으로 인접국가간 협력이 많으며, 선진국들과 자원 교류는 많음	- 한국과는 기술적 교류가 많음(ODA를 통한 교류多) - 세계국가와 문화적, 기술적 교류는 적은 편임

○ 3차 후보군 도출

- 정량·정성지표 적용 국가 대상, 3개 제한지표 활용

No	시장진입조건	제한지표	제한사유
1	국가안정성	국가안정성 _전쟁지역제외	외교부에서 지정한 해외 안전여행국가 단계 중, 3/4단계에 해당하는 국가는 제외 * 1단계(여행유의):신변안전 유의 * 2단계(여행자제):신변안전 특별유의 / 여행필요성 신중검토 * 3단계(여행제한):긴급용무가 아닌 한 귀국 / 가급적 취소 또는 연기 * 4단계(여행금지): 즉시 대피 및 철수
2	교통산업수준 (인프라한계성)	교통산업수준_기존 교통수단의 고착화	기존 교통수단의 최적화 및 안정화로 인해 새로운 교통수단에 대한 수요도가 낮고, 자기부상열차의 역할과 용도를 대신할 교통수단을 기 보유하여 하이테크 신규 교통수단의 활용도가 낮은 국가 제외
3	제한요건 (지형, 기후 등)	제한요건 _극빈국 제외	자기부상열차를 도입하기 위한 국가 재정이 부족하고, 기타 대중교통 수단의 발달 및 운영이 부진한 극빈국가 제외

○ 지표 적용 결과 및 10대 타깃국가 선정 결과

< 지표 정의 >

▸ **정량지표** : (262개 국가 대상) 일반/조건지표와 결정지표로 구분
- 일반지표 : 경제수준 및 SOC산업수행능력, 수요자니즈반영능력, 시장진입능력, 운송 및 수송능력, 기술수준유지 및 건설보수능력으로 분류되며, 각 지표 당 1점을 기준으로 계산
- 조건지표 : 지표 항목의 조건을 만족할 경우 1점, 그렇지 않을 경우 0.5점으로 계산

▸ **정성지표** : (8개 대륙 대상) 대륙별 교통 Mega-trend를 반영
- 인구밀집도에 따른 입지요건, 교통산업수준, 교통혼잡도, 중앙정부영향력, 국가안정성, 제한요건(지형, 기후 등), 해외 신기술 도입의지로 분류
- 각 지표 당 10점을 총점으로 계산한 뒤, 대륙별 총 합계를 계산

▸ **제한지표** : (정량/정성지표 적용 국가 대상) 제한조건에 해당하는 국가는 후보군에서 제외
- 외교부 여행경보(제한/금지단계), 기존 교통수단의 고착화, 극빈국은 제한사항으로 설정

- 정량/정성지표 및 제한지표 반영

No	ID	국가명	정량점수	대륙구분	정성점수	점수합계	제한지표 대상 국가 제외		
							외교부 여행경보	기존 교통수단의 고착화	극빈국
1	14	호주	0.78069	중동 이외의 아시아	1	1.78069		탈-모노레일화 인식 정착	
2	159	말레이지아	0.776207	중동 이외의 아시아	1	1.776207			
3	206	싱가포르	0.759655	중동 이외의 아시아	1	1.759655		(모노레일 보유 _고착화수준 아님)	
4	30	브라질	0.72	라틴아메리카	1	1.72			
5	105	인디아(인도)	0.701379	중동 이외의 아시아	1	1.701379	[3단계-여행제한		
6	45	칠레	0.701034	라틴아메리카	1	1.701034			
7	101	인도네시아	0.685172	중동 이외의 아시아	1	1.685172			
8	175	뉴질랜드	0.681379	중동 이외의 아시아	1	1.681379		개인교통수단의 고착화	
9	11	아르헨티나	0.678621	라틴아메리카	1	1.678621			세계 3대 극빈국
10	103	이스라엘	0.666552	중동	1	1.666552	[3단계-여행제한		
11	182	필리핀	0.657931	중동 이외의 아시아	1	1.657931	[3단계-여행제한		
12	236	대만	0.652414	중동 이외의 아시아	1	1.652414		일본형 자기부상 열차도입 계획중	
13	48	콜롬비아	0.61931	라틴아메리카	1	1.61931	[3단계-여행제한		
14	246	베네주엘라	0.611724	라틴아메리카	1	1.611724	사회혼란(차베스 대통령 서거 2013.03)		
15	65	이집트	0.596897	북아프리카	1	1.596897	[3단계-여행제한		
16	112	요르단	0.586552	북아프리카	1	1.586552			
17	201	사우디아라비아	0.57069	중동	1	1.57069			
18	230	튀니지	0.546897	북아프리카	1	1.546897	사회혼란(야당지도자 암살, 2013.02)		
19	225	태국	0.544138	중동 이외의 아시아	1	1.544138	[3단계-여행제한		
20	137	모로코	0.542759	북아프리카	1	1.542759			
21	158	멕시코	0.542759	라틴아메리카	1	1.542759			
22	183	파키스탄	0.540345	중동 이외의 아시아	1	1.540345	[3단계-여행제한		
23	2	아랍에미리트 연합	0.538966	중동	1	1.538966			
24	179	페루	0.534138	라틴아메리카	1	1.534138			
25	135	라트비아	0.523448	중동	1	1.523448		Tram-Train 연계운행 정착	
26	62	알제리	0.498966	북아프리카	1	1.498966	[3단계-여행제한		
27	242	우루과이	0.498621	라틴아메리카	1	1.498621			
28	19	방글라데시	0.487241	중동 이외의 아시아	1	1.487241	[3단계-여행제한		
29	249	베트남	0.483793	중동 이외의 아시아	1	1.483793			
30	108	이란	0.483448	중동	1	1.483448	[3단계-여행제한		
31	130	스리랑카	0.475862	중동 이외의 아시아	1	1.475862	안전위협(북부지역 지뢰, 2012.12)		
32	49	코스타리카	0.475172	라틴아메리카	1	1.475172			
33	123	쿠웨이트	0.472759	중동	1	1.472759			
34	61	도미니카 공화국	0.471034	라틴아메리카	1	1.471034			
35	127	레바논	0.461379	중동	1	1.461379	[3단계-여행제한		
36	16	아제르바이잔	0.455862	중동	1	1.455862			
37	91	과테말라	0.455172	라틴아메리카	1	1.455172			
38	80	그루지아	0.453793	중동	1	1.453793			
39	63	에쿠아도르	0.447931	라틴아메리카	1	1.447931			
40	219	시리아	0.441724	중동	1	1.441724	[4단계-여행금지		
41	177	파나마	0.437241	라틴아메리카	1	1.437241			
42	176	오만	0.436897	중동	1	1.436897			
43	111	자마이카	0.427241	라틴아메리카	1	1.427241			
44	218	엘살바도르	0.423448	라틴아메리카	1	1.423448			
45	7	아르메니아	0.417586	중동	1	1.417586			
46	148	몽골	0.416897	중동 이외의 아시아	1	1.416897			
47	154	몰타	0.41	중동	1	1.41			
48	193	파라과이	0.399655	라틴아메리카	1	1.399655			
49	168	네덜란드	0.803793	서유럽	0.5	1.303793		Tram-Train 연계운행 정착	
50	42	스위스	0.797241	서유럽	0.5	1.297241			
51	75	프랑스	0.782414	서유럽	0.5	1.282414		Tram-Train 연계운행 정착	
52	205	스웨덴	0.781724	서유럽	0.5	1.281724		Tram-Train 연계운행 정착	
53	68	스페인	0.774828	동유럽	0.5	1.274828		Tram-Train 연계운행 정착	
54	110	이탈리아	0.76931	동유럽	0.5	1.26931		Tram-Train 연계운행 정착	
55	70	핀란드	0.768276	서유럽	0.5	1.268276			
56	78	영국	0.767931	서유럽	0.5	1.267931			
57	233	터키	0.763793	동유럽	0.5	1.263793	[3단계-여행제한		

No	ID	국가명	정량점수	대륙구분	정성점수	점수합계	제한지표 대상 국가 제외		
							외교부 여행경보	기존 교통수단의 고착화	극빈국
58	259	남아프리카	0.757931	사하라 이남 아프리카	0.5	1.257931			
59	37	카나다	0.752759	북아메리카	0.5	1.252759			
60	59	덴마크	0.749655	서유럽	0.5	1.249655			
61	20	벨기에	0.747931	서유럽	0.5	1.247931			
62	169	노르웨이	0.738276	서유럽	0.5	1.238276			
63	199	러시아 연방	0.735862	동유럽	0.5	1.235862	[3단계-여행제한		
64	102	아일랜드	0.734828	서유럽	0.5	1.234828			
65	56	체코공화국	0.723103	동유럽	0.5	1.223103		Tram-Train 연계운행 정착	
66	184	폴란드	0.716897	동유럽	0.5	1.216897		Tram-Train 연계운행 정착	
67	100	헝가리	0.709655	동유럽	0.5	1.209655		Tram-Train 연계운행 정착	
68	190	포루투갈	0.70931	동유럽	0.5	1.20931		Tram-Train 연계운행 정착	
69	197	루마니아	0.68069	동유럽	0.5	1.18069			
70	238	우크라이나	0.672069	동유럽	0.5	1.172069			
71	89	그리스	0.671724	동유럽	0.5	1.171724			
72	208	슬로베니아	0.657241	동유럽	0.5	1.157241			
73	22	불가리아	0.652759	동유럽	0.5	1.152759			
74	133	리투아니아	0.652759	동유럽	0.5	1.152759			
75	134	룩셈부르그	0.646897	서유럽	0.5	1.146897			
76	64	에스토니아	0.637931	동유럽	0.5	1.137931			
77	210	슬로바키아	0.637586	동유럽	0.5	1.137586		Tram-Train 연계운행 정착	
78	98	크로아티아	0.621034	동유럽	0.5	1.121034			
79	13	오스트리아	0.577586	서유럽	0.5	1.077586			
80	109	아이슬란드	0.571724	서유럽	0.5	1.071724			
81	125	카자흐	0.551034	동유럽	0.5	1.051034			
82	165	나이지리아	0.475517	사하라 이남 아프리카	0.5	0.975517	[3단계-여행제한		
83	6	알바니아	0.448276	동유럽	0.5	0.948276			
84	17	보스니아-헤르체고비나	0.446897	동유럽	0.5	0.946897			
85	145	마세도니아	0.44	동유럽	0.5	0.94			
86	256	마세도니아	0.44	동유럽	0.5	0.94			
87	35	벨라루스	0.43931	동유럽	0.5	0.93931			
88	115	케냐	0.431724	사하라 이남 아프리카	0.5	0.931724	[3단계-여행제한		
89	155	모리셔스	0.427241	사하라 이남 아프리카	0.5	0.927241			
90	116	키르기스	0.417931	동유럽	0.5	0.917931			
91	260	잠비아	0.39931	사하라 이남 아프리카	0.5	0.89931			
92	239	우간다	0.396897	사하라 이남 아프리카	0.5	0.896897			
93	243	우즈베크	0.396897	동유럽	0.5	0.896897			
94	34	보츠와나	0.389655	사하라 이남 아프리카	0.5	0.889655			

※ 상위 100개 국가 중 자기부상열차를 旣 보유한 6개 국가 제외

- 최종 선정된 10대 타깃국가

No	ID	국가명	정량점수	대륙구분	정성점수	점수합계	제한지표 대상 국가 제외		
							외교부 여행경보	기존 교통수단의 고착화	극빈국
1	159	말레이지아	0.776207	중동 이외의 아시아	1	1.776207	-	-	-
2	206	싱가포르	0.759655	중동 이외의 아시아	1	1.759655	-	(모노레일 보유_고착화수준 아님)	-
3	30	브라질	0.72	라틴아메리카	1	1.72	-	-	-
4	45	칠레	0.701034	라틴아메리카	1	1.701034	-	-	-
5	101	인도네시아	0.685172	중동 이외의 아시아	1	1.685172	-	-	-
6	112	요르단	0.586552	북아프리카	1	1.586552	-	-	-
7	201	사우디아라비아	0.57069	중동	1	1.57069	-	-	-
8	137	모로코	0.542759	북아프리카	1	1.542759	-	-	-
9	158	멕시코	0.542759	라틴아메리카	1	1.542759	-	-	-

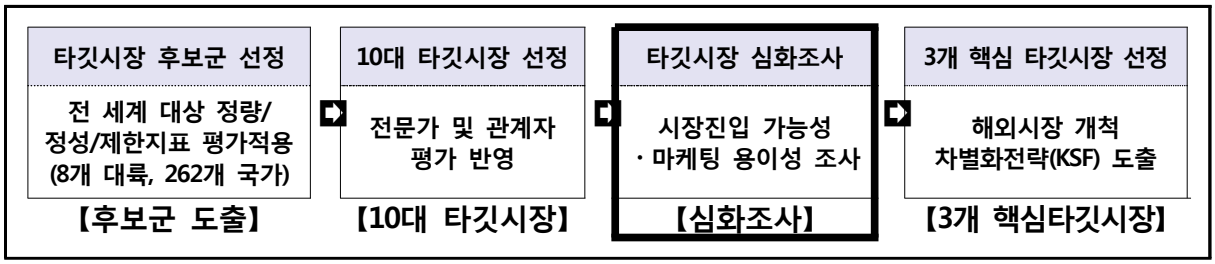
No	ID	국가명	정량점수	대륙구분	정성점수	점수합계	제한지표 대상 국가 제외		
							외교부 여행경보	기존 교통수단의 고착화	극빈국
10	2	아랍에미리트 연합	0.538966	중동	1	1.538966	-	-	-

(3) 해외 시장의 법적, 제도적 문제점 분석 및 시사점 도출

- 10대 타깃시장별 심화조사·분석 및 시사점 도출

(가) 연구 추진목적 및 목표

[표 260]타깃시장 도출 프로세스



○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차 해외시장 진출에 적합한 3개 핵심타깃시장 선정을 위하여 10대 타깃시장을 대상으로 심화조사 실시

- 旣 선정된 10대 타깃시장에 대하여 전문가 인터뷰 수행

○ 핵심타깃시장 선정 과정에서 해당 국가 전문가들의 견해를 수렴함으로써 해외 진출 시 고려할 시장진입조건 및 전략도출에 활용

- 해당 국가에 대한 SOC사업 수행 경력 보유자, 국가별 연구센터 연구원, 관련 학과 교수 등을 대상으로 전문가 인터뷰 실시
- 지형·환경적, 사회·문화적, 정책·제도적 특성에 대하여 조사

○ (연구 추진목표) 해당 국가 전문가들을 대상으로 다각적 항목에 대한 심화조사로, 최종 3개 핵심타깃시장 선정과정 및 국가별 맞춤형 전략 수립을 지원

- 심화조사 결과는 향후 10대 타깃시장별 도시형 자기부상열차의 해외시장진입 가능성 및 마케팅 용이성 판단근거자료로 활용

(나) 추진방법

○ (전체 추진프로세스) 旣 도출된 10대 타깃시장별 전문가를 list-up하고, 조사대상 국가의 시장 진출 가능성을 판단 가능한 항목별 인터뷰를 수행함으로써 핵심타깃시장 진출전략 시사점 도출

[표 261]10대 타깃시장 심화조사 수행 프로세스

10대 타깃시장에 대한 문헌조사 실시	□ **10대 타깃시장 선정 완료 후 문헌조사 수행** ○ 태국, 인도네시아, 필리핀, 인도, 아랍에미리트연합(UAE), 카타르, 사우디아라비아, 러시아연방, 브라질, 멕시코
⬇	
10대 타깃시장별 국가 전문가 list-up	□ **타깃시장별 전문가 DB조사** ○ 해당 국가별 최소 10명 이상의 전문가를 list-up ○ 산-학-연계 다양한 전문가를 조사하되, 해당 국가에 대한 사업화 수행 유경험자를 우선
⬇	
10대 타깃시장 국가별 전문가 인터뷰 실시	□ **타깃시장별 전문가 인터뷰(면담조사)** ○ 지형·환경적, 사회·문화적, 정책·제도적 항목으로 나누어 다각적 측면에서 심화조사 실시
⬇	
인터뷰 결과 정리 및 국가별 시사점 도출	□ **타깃시장별 시장전략수립 Key Point 도출** ○ 10대 타깃시장별 인터뷰 수행 결과를 정리 ○ 향후 시장전략수립에 반영 가능하도록 심화조사결과 시사점 도출
⬇	
3개 핵심타깃시장 선정 근거자료로 활용	□ **최종 3대 핵심타깃시장 도출 지원** ○ (10대 타깃시장 현황) 중동 이외의 아시아 4개국, 중동 3개국, 라틴아메리카 2개국, 동유럽 1개국 중에서 3개국 선정

○ (문헌조사) 10대 타깃시장을 대상으로 사전 문헌조사 실시

- 10대 타깃시장 : 태국, 인도네시아, 필리핀, 인도, 아랍에미리트연합(UAE), 카타르, 사우디아라비아, 러시아연방, 브라질, 멕시코
- 타깃시장 후보군 도출과정에서 사용한 정량·정성·제한 지표를 제외하고, 실질적으로 해당 국가 시장 진출을 고려한 조사항목*을 설정

  ※ SOC산업에 대한 국가 지원정도, 신도시·특수도시 건설 계획, 산업시장 先점유국(기업) 등

○ (전문가 list-up) 해당 국가에 대하여 환경, 문화, 정치, 사회 등 다양한 방면으로 종합 자문이 가능한 산학연 전문가 list 작성

- 우선적으로, 해당 국가에 사업화 실무경험이 있는 전문가를 조사
- 전문가 DB에 추가적으로, 해당국가 거주경력, 연구학회 활동정도, 국내외 문

헌 및 보도자료 기고이력 등을 조사

- 10대 타깃시장 중, 도시형 자기부상열차가의 시장 진출여부를 판단할 수 있도록, 다각적 판단력과 해당국가 연구경험을 보유한 전문가를 인터뷰 대상자로 섭외

○ (심화조사 항목)「지형·환경적-사회·문화적-정책·제도적」특성을 반영한 세부 질문 항목을 활용하여 타깃시장에 대한 심화조사 실시

- (지형·환경적 특성) 도시형 자기부상열차를 수출 및 현지 적용하기 위하여 고려해야 할 지역 및 지형 환경의 특수성과 특이성을 조사
- (사회·문화적 특성) 도시형 자기부상열차 해외시장진출전략 수립과정에서 반영해야할 정치·종교 및 교통·문화적 특성 조사
- (정책·제도적 특성) 항공 및 철도 부문과 연계되는 정책·제도적 특징과 그 현황 조사

[표 262]10대 타깃시장별 전문가 인터뷰 실시항목 작성

항목	내용	설명(예시)
지형·환경적	지역별 인구밀도	관광지, 도심 등 주요 인구 및 유동인구 밀집지역
	지형 및 기후특성	도시별 지형 및 기후 특이성
	주변 인프라 환경 및 국가 행사	공항 및 신도시 도입예정 사항, 월드컵 및 올림픽 등 범국가적 행사 개최 준비사항
사회·문화적	정치·종교적 특성	정치 및 종교에 따른 유의사항
	교통 특성	주요 도시와 해당 도시에 고착화된 주요 교통수단 및 그 특성
	문화적 특성	국가별로 특징적인 사회 문화 특성
	국가의 외부 개방성	관세협정 여부, SOC 산업 도입 여부, 국내외 기업 및 기관과의 거래실적, 외부 기술에 대한 도입의지, 공동연구사항 등
정책·제도적	국가 경제력 및 산업지원구조	개인 또는 기업의 경제·산업 참여정도 및 국가지원정도, SOC 산업 투자지원규모, 교통산업 투자지원규모 등
	철도관련 행정기관 및 운영 현황	철도 시설 및 철도 사용 구간, 철도 운영 빈도, 철도 운영지원 정부구조 및 관련기관, 관련 법·제도·규정 등
	철도 관련 현황 및 정책	한국 철도와의 차이점(이용방법, 규칙, 편이성 등)
	항공 및 신도시 관련 정책	공항에서 도심으로 이동하는 주요 교통수단, 불편·애로사항 및 선진사례

○ (시장전략 Key-Point) 10대 타깃시장별 심화조사 결과를 항목별로 비교·분석

함으로써 도시형 자기부상열차 시장전략 수립에 필요한 핵심요소 도출

- (지형·환경적 특성) 높은 인구밀도와 관광요소를 보유한 국가, 공항 및 신도시 도입예정지와 범국가적 행사 예정지 보유국이 적합
- (사회·문화적 특성) 신규 교통수단의 진입장벽이 낮은 국가, 국내외 기업·기관간 공동연구 빈도가 높고 첨단 기술 도입 의지가 우수한 국가에 적용
- (정책·제도적 특성) 철도운영기관 및 관련 규정(법·제도)의 확립정도, 국가의 SOC산업에 대한 수용 및 지원 적극성이 우수한 국가로 선정

○ 旣 도출된 10대 타깃시장별로「지형·환경-사회·문화-정책·제도」특성 종합분석을 실시하고, 그 결과를 반영하여"3개 핵심타깃시장"선정

- 자기부상열차 수출 대상 3개 핵심타깃시장은 정량·정성·제한지표를 활용하여 旣 도출된 10대 타깃시장을 대상으로, 다각적 심화조사결과와 실제 국가별 전문가들의 의견을 반영함으로써 합리적이고 실용적으로 도출되었음

※ 국가별 인터뷰 수행 전문가 list-up

No.	국가	이름	직위	소속	방문일정
1	태국	안영훈	부사장	세종기술	4/25(목)
2	인도네시아				
3	인도	조충제	팀장	대외경제정책연구원	4/25(목)
4	멕시코	김종섭	교수	서울대학교	4/30(화)
5	아랍에미리트(UAE)	서정민	교수	한국외국어대학교	4/30(화)
6	카타르				
7	사우디				
8	필리핀	박태훈	부장	한국철도공사	4/30(화)
9	러시아	김석환	교수	한국외국어대학교	4/30(화)
10	브라질	조희문	교수	한국외국어대학교	5/8(수)

(4) 체계적인 해외시장 개척을 위한 전략수립

< 국가별 심화조사 결과(1) : 브라질・인도네시아・아랍에미리트연합・필리핀 >

항목		①브라질	②인도네시아	③아랍 에미리트연합	④필리핀
지형・환경	타깃도시	-최대도시 : 상파울로 -후보도시 : 리오데자네루 (교육) 브라질리아, (관광) 살바도르	-최대도시 : 자카르타 -후보도시 : 수라바야 (교육) 반둥, (관광) 발리	-최대도시 : 아부다비 -후보도시 : 두바이	-최대도시 : 마닐라 -후보도시 : (교육) 일로일로, (관광) 세부
		-상파울로 : 인구밀집도시	-자카르타 : 인구/주요기관 밀집 -반둥 : 산업생산시설 집중	-아부다비 : 탄소제로도시 정책 추진 중	-마닐라 : 인구밀집 및 교통 혼잡 지역
	지형/기후특성	-지형 : 열대우림(북구) 고원지대(남부) -자연재해 : 없음	-지형 : 열대우림 -자연재해 : 지진	-지형 : 사막지형 -자연재해 : 모래폭풍	-지형 : 열대우림 -자연재해 : 홍수
	지역/국가특수	-월드컵('14, 상파울로), -하계올림픽('16, 리오데자네루) -유니버시아드 대회(추진중) ('19, 브라질리아)	-	-	-
사회・문화	정치/종교특성	-정치 : 주지사 권한 강함 -종교 : 분쟁 없음(카톨릭)	-정치 : 군부세력 중심 -종교 : 분쟁 없음(이슬람)	-정치 : 왕족세력 중심 -종교 : 분쟁 없음(이슬람)	-정치 : 대통령 중심 -종교 : 이슬람분쟁 있음
		-정책 중심의 산업추진 시스템 보유	-	-	-최근 우려사항으로 거론된 이슬람은 극소수에 해당
	교통특성	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 버스, 지하철	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 버스	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 버스	-주요교통 : 오토바이, 자전거 -대중교통 : 버스
		-공항수가 많고 이용율 높음 -리오-상파울루 고속철과 연계 보완할 경전철 필요	-외곽지역에 물류용 철도 존재 -섬과 섬을 연결짓는 관광철도 수요	-도심과 외곽의 교통인프라 격차가 큼	-높은 교통 혼잡도 보유 -대중교통을 서민의 교통수단으로 인식
	문화특성	-인간관계 중시문화 -가부장적인 생활방식 -식민지 경험 및 많은 혼혈로 인한 개방적인 분위기	-온순하고 여유있는 성향 -지역별 관습법에 따른 상의한 문화 -다국적·다민족으로 인한 개방적인 문화	-친인척간 우애●협력 중시 -성격이 느긋함 -가족중시 성향으로 인해 사회적 책임과 공중도덕 관념이상대적으로 미약	-자존심이 강하고 과시하기를 좋아하는 성향 -민다오섬에서는 회교율법에 의한 금기사항 있음
		-한국과 브라질 간 노동자 운영체계에 괴리감 존재	-온화한 성격 -과거 식민지 영향으로 국민 자부심이 높음	-첨단기술 및 차세대산업 관심이 높음	-교통의 질보다 국민 이동권 우선확보를 강조
	외부개방성	-한국과 무역협정 없음 -과학기술협력협정 ('91) -국내기업 진출현황 : LG전자, 삼성전자	-한-ASEAN FTA -국내기업 진출현황 : KORINDO	-한국과 무역협정 없음 -원전 관련 기술교류 -국내기업 진출현황 : UAE원전관련 기업	-한-ASEAN FTA -과학및기술협력협정 ('86) -국내기업 진출현황 : 삼성전자, CJ
		-응용기술에 높은 관심 -세금 및 가격산정 어려움	-지리적 위치상 혼혈이 많고 다국적/다문화로 개방적	-다국적 건설기업 진출이 활발해 외부 기업에 개방적	-개방적 성향을 가짐 -치안이 좋지 않음

항목		①브라질	②인도네시아	③아랍 에미리트연합	④필리핀
정책·제도	국가경제/산업지원구조	-산업 구조 : 농업, 광업 -SOC 투자규모 : 542억$ -교통 투자규모 : 133억$	-산업 구조 : 농업, 광업 -SOC 투자규모 : 67억$ -교통 투자규모 : 4.8억$	-산업 구조 : 석유 -SOC 투자규모 : 121억$ -교통 투자규모 : 20.4억$	-산업 구조 : 단순가공 -SOC 투자규모 : 33억$ -교통 투자규모 : 1.6억$
		-PPP방식 산업추진 선호 -미국을 Role Model로 여김	-지방 수장, 자치단체장의 권력이 강함 -국고부족으로 Loan, PPP활발	-중앙정부와 참여국가 간의 균형적 교류지원 필요	-도로/교통 인프라는 BOT형식의 민간투자 진행 중 -SOC인프라에 민간투자 선호
	철도행정기관/운영현황	-중앙기관 : 국토 교통청 -PPP법률 : Lei 11.079 -PPP의 철도적용 : 가능 (사례 : 상파울로 지하철 4호선)	-중앙기관 : 교통부산하 철도부서 -PPP법률 : PPP기본규정 -PPP의 철도적용 : 가능	-중앙기관 : 연방교통청 -PPP법률 : 있음 -PPP의 철도적용 : 가능	-중앙기관 : 교통통신부 -PPP법률 : GPRA법 -PPP의 철도적용 : 가능 (사례 : LRT1 Extension Project)
	철도현황/정책	-승객 위주의 철도정책 -도심 지하철 운행중 -지하철 중심의 도심경전철 운영 계획중	-물자 위주의 철도정책 -도심 경전철 없음 -모노레일 위주의 도심경전철 운영 계획중	-물자 위주의 철도정책 -도심 경전철 없음 -모노레일 및 지하철 운영 진행중	-물자 위주의 철도정책 -도심 경전철 운행중 -지하철 중심의 확장계획 추진중
공항특수	공항건설및확장	-신규공항 : Guarulhos, Juscelino -공항확장 : São Gonçalo -신도시계획 : 없음	-신규공항 : 없음 -공항확장 : Soekarno-Hatta, Ngurah Rai, Juanda -신도시계획 : 없음	-신규공항 : Al Maktoum -공항확장 : Dubai, Abu Dhabi -신도시계획 : Blue Water 인공섬, Mohammad City	-신규공항 : New Bohol, Laguindingan -공항확장 : Mactan-Cebu, Puerto Princesa -신도시계획 : 없음
국가별 진입전략		-전/현직 공무원간의 유착관계가 긴밀하게 형성되어 있기 때문에 지속적인 외교관계 형성이 필요	-군 경력을 지닌 공무원들이 Policy-maker 역할을 수행하고 있어 정계와의 협력 도모	-'탄소제로시티'와 같은 정책적 지향점에 맞춰 자기부상열차 도입 타당성 확보	-4대 교통민간 대기업과의 연계를 통한 시장진입 가능

< 국가별 심화조사 결과(2) : 카타르·태국·사우디아라비아 >

항목		⑤카타르	⑥태국	⑦사우디아라비아
지형·환경	타깃도시	-최대도시 : 도하 -후보도시 : 알코호르	-최대도시 : 방콕 -후보도시 : 핫아이, (관광)푸켓, 치앙마이	-최대도시 : 리야드 -후보도시 : 제다, (관광) 메카
		-도하 : 스포츠시티 발전가능성	-방콕 : 높은 인구밀집도와 유동인구(관광객)	-리야드 : 수도지역 -제다/메카/메디나 : 성지순례경로
	지형/기후특성	-지형 : 사막지형 -자연재해 : 모래폭풍	-지형 : 열대우림(남부)/고원지대(북부) -자연재해 : 홍수	-지형 : 사막지형 -자연재해 : 모래폭풍
	지역/국가 특수성	-월드컵('22, 도하)	-	-
사회·문화	정치/종교특성	-정치 : 왕족세력 중심 -종교 : 분쟁 없음(이슬람)	-정치 : 대통령 중심 -종교 : 분쟁 없음(불교)	-정치 : 왕족세력 중심 -종교 : 분쟁 없음(이슬람)
		-특정 동물/사람을 사용한 로고	-왕당파와 정당파 사이에서 중립	-성지순례용 기차 운행 및 지속

항목		⑤카타르	⑥태국	⑦사우디아라비아
		는 기피	적 우호관계 형성	적 유지보수계획 수립
	교통특성	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 없음	-주요교통 : 오토바이 -대중교통 : 버스, 지하철	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 버스
		-더운 기후로 대중교통 유지보수 비용이 높아 대중교통 전무	-도심 내 관광객으로 유동인구 포화상태 -모든 국제공항이 방콕 경유	-항구와 공항 근처에 한정적 교통발달 -더운 기후로 도보 꺼림
	문화특성	-가족중심 성향이 강함 -남녀간의 내외가 엄격하며, 여성의 사회적 참여가 낮은 수준임	-불교의 영향으로 인해 관대함과 여유로운 국민성을 가지고 있음 -대학교수나 학자들의 사회적 지위가 높음	-금욕적이면서도 세속적이지 않은 이슬람 생활습관 -이슬람 문화로, 공공시설 남녀 이용공간이 구분됨(성지순례기간 허용)
		-가족적 이동은 선호 -가부장적 여성보호문화로 여성은 대중교통 이용을 꺼림	-온화한 국민적 특성 보유 (태국 국가명의 의미 '미소')	-여성운전 금지 -가부장적 사회 -경제성보다 과시욕에 치중
	외부 개방성	-한국과 무역협정 없음 -한국과 기술협정 없음 -국내기업 진출현황 : LS산전, GS건설	-한-ASEAN FTA(창설주도) -과학기술협력협정 ('85) -국내기업 진출현황 : 대웅제약, NC soft	-한국과 무역협정 없음 -고등교육협력MOU(2007) -국내기업 진출현황 : 두산중공업, LG전자
		-해외문물 도입 시, 타 국가에서의 실적 결과물을 요구 -유럽문물에 높은 개방/선호도	-탄력적 관세협정 운영 -첨단/신기술 도입에 적극적 -다국적 기업 유치 활발	-관세협정 적극, SOC 도입의지 우수 -삼성에 대한 높은만족도 -공동연구/제조공장 유치에 적극
정책·제도	국가경제/산업 지원구조	-산업 구조 : 석유 -SOC 투자규모 : 276억$ -교통 투자규모 : 34억$	-산업 구조 : 관광 -SOC 투자규모 : 20억$ -교통 투자규모 : 13억$	-산업 구조 : 석유 -SOC 투자규모 : 1,136억$ -교통 투자규모 : 173억$
		-SOC 사업지원 정부의지 높음 -정권-왕족 간 지속적 협력 필요	-철도분야 인프라 확장에 SOC산업지원금 70%지원 -5년 단위로 마스터플랜 수립	-계약과 실적을 중요시 -반정부 시위 움직임으로 고급인프라 투자에 부담
	철도 행정기관/운영 현황	-중앙기관 : 카타르철도공사 -PPP법률 : 있음('13 개정) -PPP의 철도적용 : 가능	-중앙기관 : 태국교통부 -PPP법률 : PPP-conducive -PPP의 철도적용 : 가능(도시철도만)	-중앙기관 : 사우디 교통부 -PPP법률 :가능 -PPP의 철도적용 : 가능
	철도현황/정책	-물자 위주의 철도정책 -도심 경전철 없음 -지하철, 경전철, 트램 운행 진행중	-승객 위주의 철도정책 -방콕 지하철 운행중 -지하철 중심의 확장계획 추진중	-물자 위주의 철도정책 -도심 경전철 없음 -도시교통 상호 연계 교통종합망 구상
공항특수	공항건설 및 확장	-신규공항 : Hamad -공항확장 : 없음 -신도시계획 : Lusai, AlKhor City, Pearl Qatar 인공섬	-신규공항 : 없음 -공항확장 : Suvarnabhumi, Phuket -신도시계획 : 없음	-신규공항 : 없음 -공항확장 : Riyadh, Jeddah, Medina -신도시계획 : Riyadh Airport City
국가별 진입전략		-스포츠시티로의 발전가능성이 높아, 월드컵 개최 예정지에 계획적 자기부상열차 도입을 고려	-잉락 총리의 정치 콘셉트인 포퓰리즘에 입각한 전략적 자기부상열차 도입 추진방안 제안	-성지순례기간에 집중된 인구이동 및 인구밀집 해소를 위하여 제타-메카-메디나를 잇는 교통수단 지원

< 국가별 심화조사 결과(3) : 러시아·멕시코·인도 >

항목		⑧러시아	⑨멕시코	⑩인도
지	타깃도시	-최대도시 : 모스크바	-최대도시 : 멕시코씨티	-최대도시 : 뭄바이

항목		⑧러시아	⑨멕시코	⑩인도
형·환경		-후보도시 : 상트페쩨부르크, 노보시비르스트	-후보도시 : 과달라하라 (관광) 몬테레이, 메디나	-후보도시 : 델리 (교육) 푸네, (산업) 뱅갈로
		-모스크바 : 교통체증 심각 -블라디보스톡 : 인구밀집 -피터스버스 : 인구밀집	-멕시코시티, 몬테레이, 과달라하라 : 인구밀도 -아카뿔코, 칸쿤 : 해변지역	-델리, 구자라트, 마하라슈트라, 뭄바이, 첸나이, 콜카타 : 인구밀집
	지형/기후특성	-지형 : 툰드라 지형 -자연재해 : 눈보라	-지형 : 고원(북·중부) / 평야(남부) -자연재해 : 지진	-지형 : 고원(중부) / 평야(해안근처) -자연재해 : 없음
	지역/국가 특수성	-동계올림픽(′14, 소치), -월드컵(′18, 모스크바) -유니버시아드 대회('13, 카잔)	-	-
사회·문화	정치/종교특성	-정치 : 대통령 중심 -종교 : 분쟁 없음(정교)	-정치 : 대통령 중심 -종교 : 분쟁 없음(카톨릭)	-정치 : 대통령 중심 -종교 : 분쟁 없음(힌두교)
		-외부적으로는 해외사업 유치에 적극적이나 실제로는 중앙정부 의지가 강함	-	-다신교 문화로 오히려 개방적 마인드를 보유
	교통특성	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 버스, 지하철	-주요교통 : 자동차 -대중교통 : 버스, 지하철	-주요교통 : 오토바이 -대중교통 : 버스, 지하철
		-철도 고속화 지원 활발(역동성 제고, 시베리아고속철 계획) -철도기반조성 노력 수반	-개별 차량 이용의 고착화 -대중교통은 서민이 이용하는 교통수단이라는 인식	-수도인 델리를 제외한 지역의 교통인프라는 열악함
	문화특성	-개방적인이며, 유럽 문화를 선호하는 성향이 있음 -인종혐오 범죄가 발생하는 등 인종차별 문제가 잔재해 있음	-국문화의 영양으로 타산적인 성향이 강함 -사회적으로는 신분을 중시하는 경향이 있음	-인내와 관용의 국민성이 갖추어져 있음 -남아선호사상으로 인해, 여자 영아의 유기 및 여성 폭력이 문제되고 있음
		-개방적 문화 -유럽 문화를 선호	-혼혈/외국인 비중 높아 개방적 -공무원 중에도 외국인 존재 -외국인 직접투자율 높음	-신흥 도시국가 발달 -최첨단/신기술에 대한 호기심과 수요 발달
	외부 개방성	-에너지 산업 협력 -과학기술 협력사업 -국내기업 진출현황 : 한국야쿠르트	-한-멕 FTA 협상 재개추진 -경제과학기술 공동위원회 -국내기업 진출현황 : 삼성, LG, 포스코	-한-인 포괄적 경제동반자협정 -한-인 산업박람회 참석 -국내기업 진출현황 : LG전자, 삼성전자, 현대자동차
		-외부기술 도입 및 공동연구 개방성 높음 - 보이지 않는 진입장벽 존재	-국내 기업은 대부분 판매 법인으로 진출 -생산라인은 대부분 북쪽 위치	-관세협정에 지속적 수정보완으로 무역제도 개선 노력 -기술이전 요구
정책·제도	국가경제/산업 지원구조	-산업 구조 : 석유 -SOC 투자규모 : 2,877억$ -교통 투자규모 : 300억$	-산업 구조 : 자원, 단순가공 -SOC 투자규모 : 195억$ -교통 투자규모 : 21억$	-산업 구조 : IT산업 -SOC 투자규모 : 10,204억$ -교통 투자규모 : 27억$
		-중앙집권으로 인해 연방예산 및 재정지원이 중요 -전폭적인 해외투자유치 선호	-SOC 낙후지역임에도, 전력/교통 투자지원 확대 노력 -해외제품 도입 기준(FTA 등)	-주 단위의 특수지역 대상 도시형자기부상열차 도입 용이
	철도 행정기관/운영 현황	-중앙기관 : 러시아 철도성 -PPP법률 : 없음(법안상정중) -PPP의 철도적용 : (가능)	-중앙기관 : 통신 및 교통부 -PPP법률 : Enacts PPP -PPP의 철도적용 : 가능	-중앙기관 : 인도철도부 -PPP법률 : PPP-Rules -PPP의 철도적용 : 가능(고속철 사례)
	철도현황/정책	-물자 위주의 철도정책 -도심 지하철·트램 운행중 -지하철 중심의 확장계획 추진중	-승객 위주의 철도정책 -도심 지하철 운행중 -도심 지하철 확장계획 추진중	-승객 위주의 철도정책 -도심 지하철 운행중 -도심 지하철·모노레일 계획 진행

항목		⑧러시아	⑨멕시코	⑩인도
				중
공항특수	공항건설 및 확장	-신규공항 : 없음 -공항확장 : Domodedovo -신도시계획 : Skolkovo혁신센터	-신규공항 : 없음 -공항확장 : 없음 -신도시계획 : 없음	-신규공항 : New Pune, Hassan, Taj, Hassan -공항확장 : 없음 -신도시계획 : DMIC 주변 신도시(7개)
국가별 진입전략		-고속철 산업인프라 구축 증가에 따라, 고속철 정류장에서 도심에 이르는 경전철 추가수요 발생	-해외 제품 도입 과정에서 제품 수출국의 FTA체결 상황 확인, 제품판매 이력 증빙 등 조건이 다소 까다로움	-첨단산업기술에 대한 홍보 및 과시적 성향에 부합하는 시장진입전략 수립

(5)-1 미주, 유럽, 중국, 동남아 등 주요 국가별 시장 수요 조사

- (도시순위 조사) 시장 세분화 전략 및 실행방안 수립

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 전 세계를 대상으로 우수 도시 순위를 조사하고, 이에 대한 근거자료 확인을 통하여 우수 도시 보유 국가를 list-up

- 사업·인력·정보·문화·정책 등 도시 전반 사항에 대한 평가결과와 재정·경제적 성장성 및 내부 환경·복지 개선정도에 대한 평가결과를 종합 분석
- 본 조사 자료는 A.T.Kearney 社의 2012년 보고서를 근거로 함

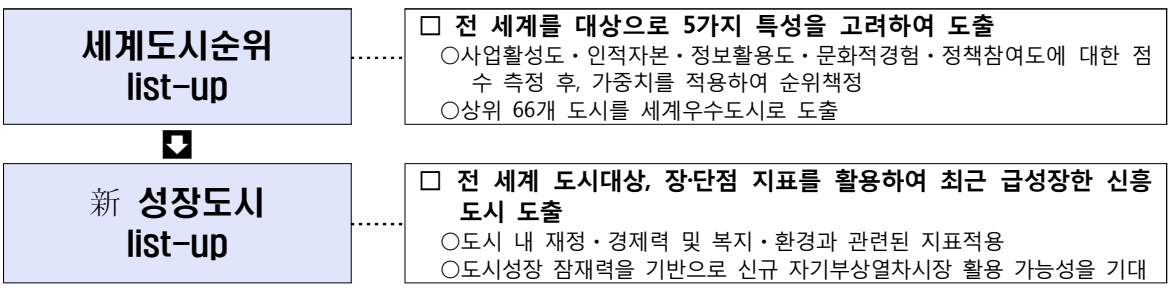
: "2012 Global Cities Index and Emerging Cities Outlook"

○ (연구 추진목표) 세계 우수도시 및 신도시 조사결과 도출된 신규 산업진출 유망도시 및 연계 국가를 도시형 자기부상열차 도입 핵심타깃시장 선정에 반영

- 기존 타깃국가별 연구 자료와 병행하여 조사·분석 실시

(나) 추진방법

[표 263]타깃도시 선정 프로세스



세계도시 및 신성장도시 설정지표 종합분석

☐ **세계도시순위 및 신성장도시 설정 지표의 종합분석**
○(세계도시순위)경제·사업 활성도, 관광·문화적 요소 등
○(신성장도시)도시 경제력, 부패지수, 국가안정성 등

자기부상열차 도입 타깃도시 설정

☐ **자기부상열차 도입에 적합한 타깃도시-국가 연계**
○도시지표 종합분석결과, 자기부상열차 도입에 적합한 최종 핵심타깃시장(도시-국가) 선정

○ (세계도시순위)전 세계 도시를 대상으로 사업 활성도·인적자본·정보 활용도·문화적 경험·정책참여도 점수를 책정한 후, 총 합계로 순위 설정

- 기존 우수도시의 경우 도시 자체적으로 재정·경제적 자립성이 뛰어나 신규 산업의 도입 및 활용이 용이하기 때문에, 향후 도시 자체 주관의 자기부상열차 도입 의중에 따른 제품 수주 성과를 기대할 수 있음

- 세계도시순위 활용지표

:(사업활성도_30%)주요 글로벌 기업의 본부 수, 기업별 상위 기관의 입지여부, 국제 콘퍼런스 개최 횟수, 항공 및 수송을 통한 물류 이동량 등

:(인적자본_30%)외국인 출생도, 대학 수준, 국제학교 수, 국제학생 수, 학위취득 목적 거주자 수 등

:(정보활용도_15%)주요 TV 뉴스 채널 또는 주요 지역·국제신문 이용 가능성, 인터넷 접근성, 인터넷 뉴스보도채널 수, 정보검열수준, 광대역 활용도 등

:(문화적경험_15%)주요도시 행사지원 수, 박물관 수, 공연·예술관 수, 다국적 레스토랑, 국제 관광객 수, 자매결연 도시 수 등

:(정책참여도_10%)대사관 수, 영사관 수, 주요 지식집단 수, 국제기구 보유 수, 국제기구 지역기관 유치 수, 정책 회의 개최 수 등

○ 세계 주요 도시 순위 누적결과(66개국, ′08~′12)

연도별 순위			국가명	사업활성도(30%) 인적자본(30%) 정보활용도(15%) 문화적경험(15%) 정책참여도(15%)
2008년	2010년	2012년		
1	1	**1**	**뉴욕**	
2	2	**2**	**런던**	
3	4	**3**	**파리**	
4	3	**4**	**도쿄**	
5	5	**5**	**홍콩**	
6	7	**6**	**로스앤젤레스**	
8	6	**7**	**시카고**	
9	10	**8**	**서울**	
13	11	**9**	**브뤼셀**	
11	13	**10**	**워싱턴**	
7	8	**11**	**싱가포르**	

16	9	**12**	**시드니**	6.35
18	18	**13**	**비엔나**	5.79
12	15	**14**	**베이징**	5.48
29	19	**15**	**보스톤**	4.99
10	14	**16**	**토론토**	4.56
15	12	**17**	**샌프란시스코**	3.94
14	17	**18**	**마드리드**	3.66
19	25	**19**	**모스크바**	3.41
17	16	**20**	**베를린**	3.33
20	21	**21**	**상하이**	3.22
33	22	**22**	**부에노스아이레스**	3.20
21	20	**23**	**프랑크푸르트**	3.13
NA	26	**24**	**바르셀로나**	3.11
26	24	**25**	**취리히**	3.05
23	29	**26**	**암스테르담**	2.94
24	23	**27**	**스톡홀름**	2.92
30	28	**28**	**로마**	2.89
27	27	**29**	**두바이**	2.80
NA	31	**30**	**몬트리올**	2.77
35	33	**31**	**뮌헨**	2.76
NA	NA	**32**	**멜버른**	2.73
31	35	**33**	**상파울루**	2.71
25	30	**34**	**멕시코시티**	2.69
NA	32	**35**	**제네바**	2.59
32	34	**36**	**마이애미**	2.53
28	41	**37**	**이스탄불**	2.45
NA	38	**38**	**휴스턴**	2.43
37	40	**39**	**애틀랜타**	2.36
34	39	**40**	**타이베이**	2.32
39	42	**41**	**밀라노**	2.32
36	37	**42**	**코펜하겐**	2.31
22	36	**43**	**방콕**	2.25
44	44	**44**	**더블린**	2.19
49	46	**45**	**뭄바이**	2.18
42	50	**46**	**텔아비브**	2.13
45	47	**47**	**오사카**	2.13
41	45	**48**	**뉴델리**	2.10
40	48	**49**	**쿠알라룸푸르**	2.08
38	43	**50**	**카이로**	2.06
46	51	**51**	**마닐라**	2.05
50	52	**52**	**요하네스버그**	2.01
47	49	**53**	**리우데자네이루**	1.99
48	53	**54**	**자카르타**	1.93
43	54	**55**	**보고타**	1.82
NA	56	**56**	**나이로비**	1.79
51	55	**57**	**카라카스**	1.69
58	58	**58**	**방갈로**	1.57
53	59	**59**	**라고스**	1.55
52	57	**60**	**광저우**	1.49
55	61	**61**	**호치민 시**	1.49
57	60	**62**	**카라치**	1.49
56	64	**63**	**다카**	1.48
60	63	**64**	**콜카타**	1.31
54	62	**65**	**선전(심천)**	1.30
59	65	**66**	**충칭**	1.17
				0.98
				0.89
				0.85
				0.84
				0.82
				0.72
				0.66
				0.65
				0.63
				0.62
				0.25

○ (新 성장도시 분석)도시 영향력을 평가할 수 있는 강점 및 약점요소 지표를 활용하여 사분면 분포도 분석 수행결과, 신규 성장도시 도출

- 최근 국가 영향력이 확대되고 자국 내 복지환경이 개선되는 양상을 보인 신성장도시의 경우, 인구밀집의 가속화·SOC산업 인프라 수요증대·국내외 신규문물에 대한 높은 수용력 등의 특성을 나타냄
- 이러한 특성에 타깃한 자기부상열차 도입 전략을 수립함으로써 신규시장 개척 성과를 기대할 수 있음
- 신성장도시 도출지표

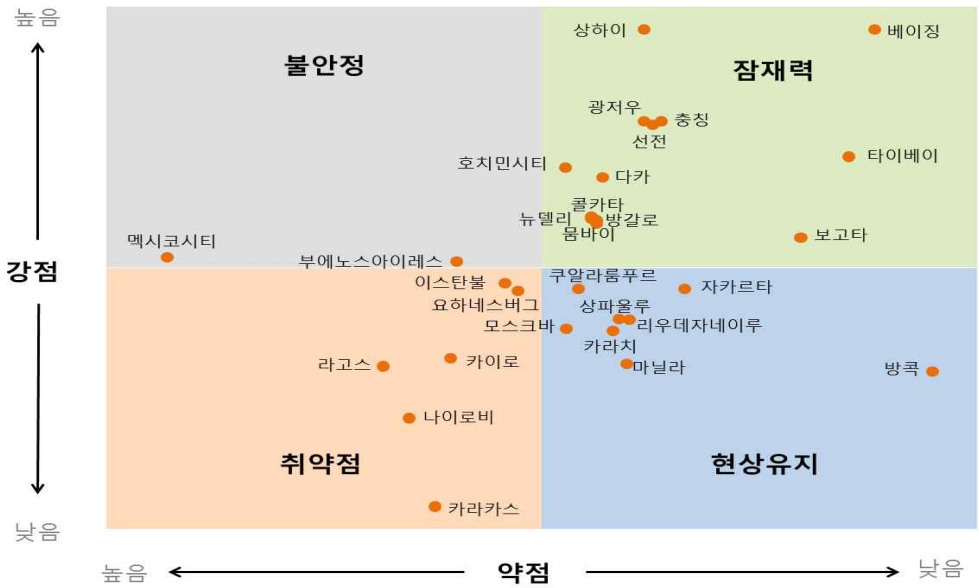
: (강점지표)인프라 보유도, 국내외 사업 참여 용이성, 국내총생산(GDP), 중산층 성장도 등

: (약점지표)국가 불안정성, 국가 의료시스템 수준, 부패지수, 환경오염도 등

○ 신성장도시의 세계영향력 분석결과

- 도시별 불안정·잠재력·취약점·현상유지 분석결과

※ 불안정(U): Uncertain, 잠재력(P) : Potential, 취약점(V) : Vulnerable, 현상유지(S) : Status quo



(다) 유망도시 도출결과

○ (타깃도시선정)세계도시순위와 신성장도시 도출결과를 종합적으로 고려하여

도시형 자기부상열차 도입이 가능한 후보도시 설정

- 신성장도시 평가지표 반영결과 “1사분면(잠재력)”에 도출된 도시를 대상으로, 세계도시순위 평가지표를 추가 적용하여 자기부상열차 도입 가능 도시를 list-up

: 세계도시순위 평가지표 중, 사업 활성도와 문화적 경험에 관련된 지표 결과를 활용

※ (사업활성도)글로벌기업 수, 국제물류 이동량 등 / (문화적경험)국제 관광객 수, 주요도시 행사 등

- 자기부상열차의 신규도입 및 시장 활성화를 고려한 지표를 종합 반영한 결과, 최종적으로 타깃시장(도시)을 선정

○ 도시형 자기부상열차 도입 유망도시 분석결과

- 베이징(중국)은 글로벌 기업에 대한 높은 수용력을 갖고 있으며 많은 외국인 관광객 수를 보유하고 있어 향후 도시형 자기부상열차 도입에 가장 유력한 조건을 가지고 있는 것으로 판단됨
- 상하이(중국)와 타이베이(타이완)는 신성장도시 순위에서 상위권 국가에 속해 있어 도시형 자기부상열차 도입 시장에 긍정적인 시장 환경을 보유함
- 뭄바이(인도)는 물류의 이동 및 자원순환이 원활하기 때문에, 향후 발한 활동 추진에 기반한 자기부상열차 도입을 기대해 볼 수 있음
- 뉴델리(인도)는 정부 정책 참여율이 높은 도시로, 자기부상열차 도입과 관련하여 정부차원의 지원전략 수립이 요구됨

(5)-2 미주, 유럽, 중국, 동남아 등 주요 국가별 시장 수요 조사

- (공항 특수성) 도시형 자기부상열차 도입 가능시장 조사

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차의 타깃시장 도출 과정에서 공항설립 수요・계획이 있는 국가(도시)에 대한 사전조사 진행

- 전 세계 항공 수송능력 보유 100개 국가를 대상으로 전수조사 실시

○ (연구 추진목표) 現 공항 신규건설 및 확장 예정 국가(도시)를 타깃으로 도시형 자기부상열차 수출전략 지원을 도모

- 국내 시범운행중인 도시형 자기부상열차의 공항인프라로써의 가능성을 기반으로, 해외 공항 특수성 보유 국가에 타깃을 둔 시장진출 전략 수립 고려

(나) 추진방법

○ (전체 추진프로세스) 100개 국가를 대상으로 신규공항 건설 및 기존공항 확장공사 여부를 조사함으로써 도시형 자기부상열차 타깃시장 국가(도시) 선정에 반영

- 도시형 자기부상열차 수출 타깃국가 선정 과정에서 旣 도출된 100개국을 대상으로 전수조사를 실시

(다) 연구결과

No.	국가명	대륙	국제 공항 수	대표공항	공항 신설	공항 확장	페이지
1	네덜란드	서유럽	2	Amsterdam Airport Schiphol	-	-	-
2	스위스	서유럽	2	Geneva Int' Airport	-	-	-
3	프랑스	서유럽	57*	Paris-Charles de Gaulle Airport	-	-	-
4	스웨덴	서유럽	41*	Stockholm-Arlanda Airport	-	-	-
5	호주	중동 이외의 아시아	5	Sydney Airport	-	-	-
6	말레이지아	중동 이외의 아시아	6	Kuala Lumpur Int' Airport	-	-	-
7	스페인	동유럽	35	Aeropuerto de Madrid-Barajas	-	-	-
8	이탈리아	동유럽	43*	Leonardo da Vinci–Fiumicino Airport	-	-	-
9	핀란드	서유럽	21	Helsinki-Vantaa Int' Airport	-	-	-
10	영국	서유럽	66*	London Heathrow Airport	-	-	-
11	터키	동유럽	5	Istanbul Ataturk Airport	-	-	-
12	싱가포르	중동 이외의 아시아	1	Singapore Changi Int' Airport	-	-	-
13	남아프리카	사하라 이남 아프리카	8	Johannesburg Int' Airport	-	-	-
14	카나다	북아메리카	27	Vancouver Int' Airport	-	-	-
15	덴마크	서유럽	1	Copenhagen Int' Airport	-	-	-
16	벨기에	서유럽	3	Brussels Int' Airport	-	-	-
17	노르웨이	서유럽	1	Oslo Gardermoen Int' Airport	-	-	-
18	**러시아 연방**	**동유럽**	**12**	**Domodedovo Int' Airport**	**-**	**o**	**4**
19	아일랜드	서유럽	5	Dublin Airport	-	-	-
20	체코공화국	동유럽	6	Vaclav Havel Airport Prague	-	-	-
21	**브라질**	**라틴아메리카**	**34**	**Greater Natal International Airport**	**o**	**o**	**4**
22	폴란드	동유럽	13*	Warsaw Chopin Airport	-	-	-
23	헝가리	동유럽	5	Budapest Liszt Ferenc Int' Airport	-	-	-
24	포루투갈	동유럽	4	Lisbon Int' Airport	-	-	-
25	**인디아**	**중동 이외의 아시아**	**24**	**Indira Gandhi Int' Airport**	**o**	**-**	**5**
26	칠레	라틴아메리카	7	Santiago Int' Airport	-	-	-
27	**인도네시아**	**중동 이외의 아시아**	**14**	**Soekarno-Hatta Int' airport**	**-**	**o**	**5**
28	뉴질랜드	중동 이외의 아시아	5	Auckland Int' Airport	-	-	-
29	루마니아	동유럽	10	Henri Coandă Int' Airport	-	-	-
30	아르헨티나	라틴아메리카	19	Ezeiza Int' Airport	-	-	-
31	우크라이나	동유럽	19	Boryspil Int' Airport	-	-	-
32	그리스	동유럽	15	Athens Int' Airport	-	-	-

No.	국가명	대륙	국제 공항 수	대표공항	공항 신설	공항 확장	페이지
33	이스라엘	중동	2	Ben Gurion Int' Airport	-	-	-
34	**필리핀**	**중동 이외의 아시아**	**12**	**Panglao Island International Airport**	**o**	**o**	**5**
35	**슬로베니아**	**동유럽**	**1**	**Ljubljana Jože Pučnik Airport**	**-**	**o**	**6**
36	불가리아	동유럽	1	Sofia Airport	-	-	-
37	**리투아니아**	**동유럽**	**4**	**Riga Int' Airport**	**o**	**-**	**6**
38	대만	중동 이외의 아시아	4	Taiwan Taoyuan Int' Airport	-	-	-
39	룩셈부르그	서유럽	1	Luxembourg–Findel Airport	-	-	-
40	**에스토니아**	**동유럽**	**6**	**Lennart Meri Tallinn Airport**	**-**	**o**	**7**
41	슬로바키아	동유럽	1	Košice Int' Airport	-	-	-
42	**크로아티아**	**동유럽**	**5**	**Dubrovnik Airport**	**-**	**o**	**7**
43	**콜롬비아**	**라틴아메리카**	**12**	**Aeropuerto Internacional El Dorado**	**-**	**o**	**7**
44	베네주엘라	라틴아메리카	9	Simón Bolívar Int' Airport	-	-	-
45	이집트	북아프리카	11	Cairo Int' Airport	-	-	-
46	**요르단**	**북아프리카**	**2**	**Queen Alia Int' Airport**	**-**	**o**	**8**
47	**오스트리아**	**서유럽**	**1**	**Vienna Int' Airport**	**-**	**o**	**8**
48	아이슬란드	서유럽	1	Keflavík Int' Airport	-	-	-
49	**사우디아라비아**	**중동**	**3**	**King Khalid Int' Airport**	**o**	**o**	**8**
50	카자흐	동유럽	2	Almaty Int' Airport	-	-	-
51	튀니지	북아프리카	9	Tunis - Carthage Int' Airport	-	-	-
52	**태국**	**중동 이외의 아시아**	**7**	**Suvarnabhumi Int' Airport**	**-**	**o**	**9**
53	모로코	북아프리카	1	Mohammed V Int' Airport	-	-	-
54	멕시코	라틴아메리카	56	Benito Juárez Int' Airport	-	-	-
55	**파키스탄**	**중동 이외의 아시아**	**12**	**Jinnah Int' Airport**	**o**	**o**	**9**
56	**아랍에미리트 연합**	**중동**	**7**	**Abu Dhabi Int' Airport**	**o**	**o**	**10**
57	**페루**	**라틴아메리카**	**5**	**Jorge Chávez Int' Airport**	**-**	**o**	**11**
58	**라트비아**	**중동**	**4**	**Riga Int' Airport**	**-**	**o**	**11**
59	알제리	북아프리카	11	Houari Boumediene Airport	-	-	-
60	우루과이	라틴아메리카	7	Carrasco Int' Airport	-	-	-
61	방글라데시	중동 이외의 아시아	3	Shahjalal Int' Airport	-	-	-
62	**베트남**	**중동 이외의 아시아**	**9**	**Tan Son Nhat Int' Airport**	**-**	**o**	**11**
63	이란	중동	10	Tehran Imam Khomeini Int' Airport	-	-	-
64	스리랑카	중동 이외의 아시아	2	Bandaranaike Int' Airport	-	-	-
65	나이지리아	사하라 이남 아프리카	4	Murtala Muhammed Int' Airport	-	-	-
66	**코스타리카**	**라틴아메리카**	**5**	**Juan Santamaría Int' Airport**	**o**	**-**	**12**
67	쿠웨이트	중동	1	Kuwait Int' Airport	-	-	-
68	도미니카 공화국	라틴아메리카	8	Las Américas Int' Airport	-	-	-
69	레바논	중동	1	Beirut Int' Airport	-	-	-
70	**아제르바이잔**	**중동**	**3**	**Heydar Aliyev Int' Airport**	**-**	**o**	**12**
71	과테말라	라틴아메리카	2	La Aurora Int' Airport	-	-	-
72	그루지아	중동	4	Tbilisi Int' Airport	-	-	-
73	알바니아	동유럽	1	Tirana Int' Airport	-	-	-
74	에쿠아도르	라틴아메리카	4	José Joaquín de Olmedo Int' Airport	-	-	-
75	보스니아-헤르체고비나	동유럽	4	Sarajevo Int' Airport	-	-	-
76	시리아	중동	3	Aleppo Int' Airport	-	-	-
77	마세도니아	동유럽	1	Macedonia Int' Airport	-	-	-
78	벨라루스	동유럽	1	Minsk Int' Airport	-	-	-
79	파나마	라틴아메리카	5	Tocumen Int' Airport	-	-	-
80	**오만**	**중동**	**1**	**Muscat Int' Airport**	**-**	**o**	**12**
81	케냐	사하라 이남 아프리카	3	Jomo Kenyatta Int' Airport	-	-	-
82	**자마이카**	**라틴아메리카**	**3**	**Sangster Int' Airport**	**-**	**o**	**13**
83	모리셔스	사하라 이남 아프리카	2	Sir Seewoosagur Ramgoolam Int' Airport	-	-	-
84	**엘살바도르**	**라틴아메리카**	**2**	**El Salvador Int' Airport**	**-**	**o**	**13**
85	키르기스	동유럽	2	Manas Int' Airport	-	-	-
86	아르메니아	중동	2	Zvartnots Int' Airport	-	-	-
87	**몽골**	**중동 이외의 아시아**	**1**	**Chinggis Khaan Int' Airport**	**o**	**-**	**14**
88	몰타	중동	1	Malta Int' Airport	-	-	-
89	파라과이	라틴아메리카	2	Silvio Pettirossi Int' Airport	-	-	-
90	잠비아	사하라 이남 아프리카	1	Lusaka Int' Airport	-	-	-

No.	국가명	대륙	국제 공항 수	대표공항	공항 신설	공항 확장	페이지
91	우간다	사하라 이남 아프리카	1	Entebbe Int' Airport	-	-	-
92	우즈베크	동유럽	6	Navoi Int' Airport	-	-	-
93	보츠와나	사하라 이남 아프리카	1	Sir Seretse Khama Int' Airport	-	-	-
94	카타르	중동	1	Doha Int' Airport	-	-	-
95	**온두라스**	**라틴아메리카**	**4**	**Toncontín Int' Airport**	**-**	**o**	**14**
96	가나	사하라 이남 아프리카	1	Kotoka Int' Airport	-	-	-
97	모잠비크	사하라 이남 아프리카	1	Maputo Int' Airport	-	-	-
98	볼리비아	라틴아메리카	3	El Alto Int' Airport	-	-	-
99	타지크	중동	2	Dushanbe Int' Airport	-	-	-
100	**앙골라**	**사하라 이남 아프리카**	**1**	**Quatro de Fevereiro Airport**	**o**	**-**	**15**
합계			**605**	**-**	**10**	**22**	**-**

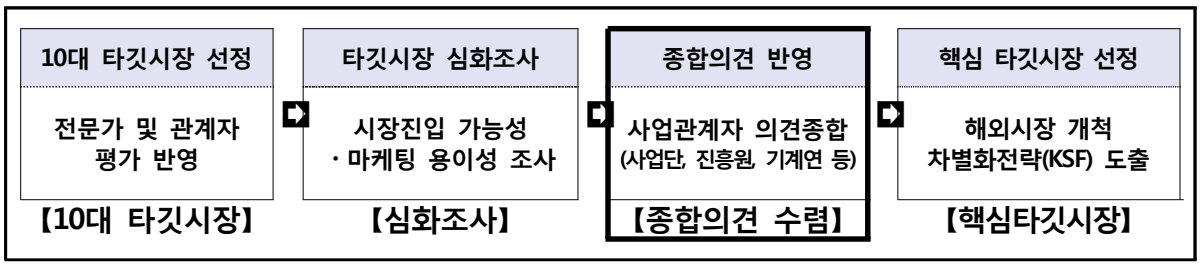
※ International 공항구분이 불명확한 국가는 운행 중인 공항을 모두 포함

(6) 지역별, 국가별 시장개척 방향성 도출

- (타깃국가 심화조사) 시장 세분화 전략 및 실행방안 수립

(가) 연구 추진목적 및 목표

[표 264]타깃시장 도출 프로세스



○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차 도입 타깃국가 설정을 위하여 추가 인터뷰 실시 및 사업 관계자들과의 컨센서스 형성

- 도시형자기부상열차 실용화 사업단 요청으로 추가국가 조사
- 국토교통과학기술진흥원과의 협의 진행으로 과업 수행내용 및 방향확인

○ (연구 추진목표) 旣 도출된 10개(+α) 타깃국가를 대상으로 다각적 심화 조사 내용 및 분석결과를 도출함으로써 사업 관계자들 간 최종 핵심타깃시장(국가) 선정을 지원

- 10개 타깃국가 선정과정과 같이, 핵심타깃시장(국가) 선정에 지표 설정

(나) 추진방법

○ (전체 추진프로세스) 10대 타깃시장 이외에 사업단에서 요청하는 추가 국가에 대한 조사를 실시하고, 진흥원의 의견을 반영하여 추가 전문가 인터뷰 실시 및 심화조사 수행으로 핵심타깃시장 진출전략 시사점 도출

- 추가적으로 국가별 기술의존성향, 도시순위(경쟁력) 등을 심화조사

[표 265]핵심타깃시장 도출 수행 프로세스

10대 +α타깃국가 심화조사 실시	**☐ 10대 타깃시장 外, 추가 후보국가 조사수행(사업단 요청)** ○ (10대 타깃시장) 태국, 인도네시아, 필리핀, 인도, 아랍에미리트연합(UAE), 카타르, 사우디아라비아, 러시아연방, 브라질, 멕시코 ○ (추가국가) 부르나이, 카자흐스탄, 하와이
⬇	
추가 전문가 인터뷰 대상 list-up 및 과업추진 방향성 설정	**☐ 진흥원 의견을 반영한 추가 전문가 인터뷰 실시** ○ 국내 거주 중인 외국인 연구자 및 진흥원 추천 전문가 대상 인터뷰 수행 ○ 기술 수요조사 관련 방향성 설정(지표설정/대기업 수요조사 등)
⬇	
핵심타깃시장 도출을 위한 정량/정성지표 논의	**☐ 사업 관계자 의견을 반영한 지표 설정** ○ 지형・환경/사회・문화/정책・제도 조사결과 시사점 기반 ○ 국가별 기술의존도, 도시순위(경쟁력), 공항특수성 추가반영
⬇	
사업 관계자 협의를 통한 핵심타깃시장 선정	**☐ 조사내용 종합검토 후, 핵심타깃시장 선정** ○ 사업 관계자 간 컨센서스 형성 및 시장진출 가능성 논의 ○ 최종 핵심타깃시장(국가) 선정

○ (타깃국가 심화조사) 旣 조사된 10대 타깃시장에 사업단 요청 국가를 추가 조사하여 국가별 분석 및 시사점 도출

- 10대 타깃시장 : 태국, 인도네시아, 필리핀, 인도, 아랍에미리트연합(UAE), 카타르, 사우디아라비아, 러시아연방, 브라질, 멕시코
- 사업단 요청으로 3개 국가 대상 추가조사 실시

: (부르나이) 산유국・왕정국가・교통인프라 부재에 기반한 시장성 확인

: (카자흐스탄) 2017년 아스타나 엑스포 관련 시장진출 가능성 확인

: (하와이) 호놀룰루 지역 고가철도 도입관련 시장진출 가능성 확인

○ (추가 인터뷰 수행) 진흥원 추천 국내외 전문가를 대상으로 추가 방문 인터뷰 조사를 실시

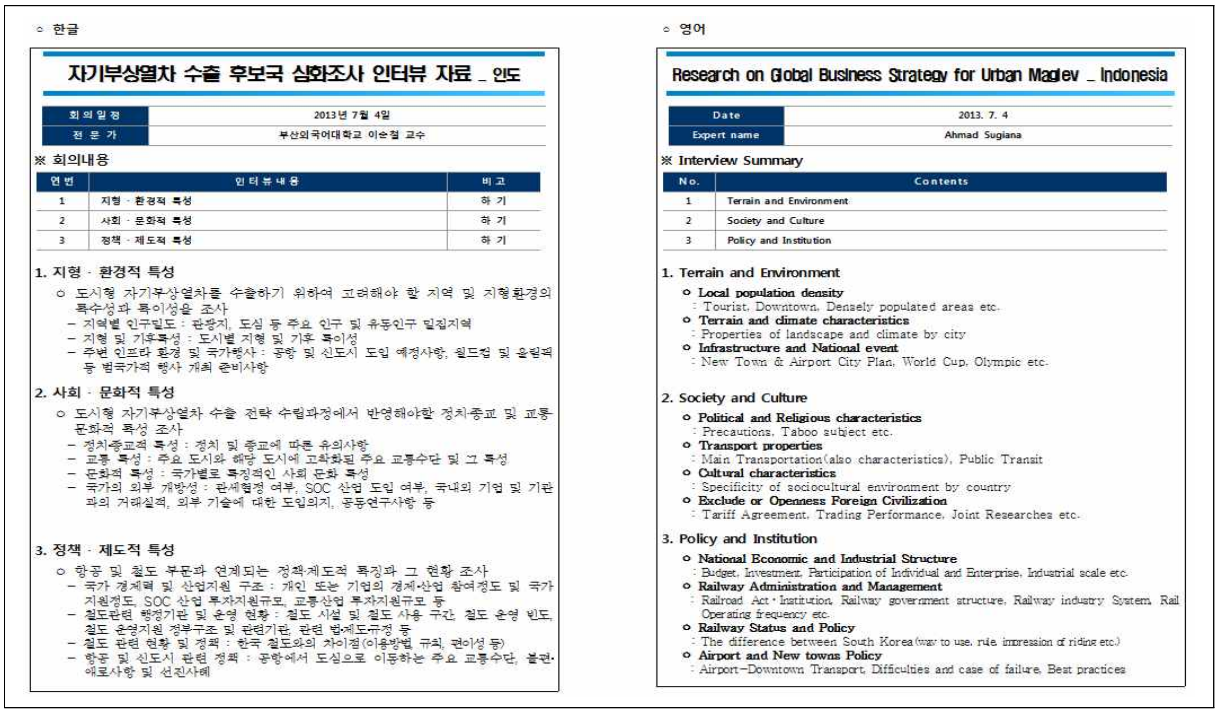
- 국내 거주 중인 외국인 연구자 list* 수령 후, 사업 연관 연구자들을 대상으로 Contact 및 실제 인터뷰 실시

* 10개 사업 內 52명 연구자 대상 검토결과, “도시건축연구사업” 및 “철도기술연구사업” 관련 연구자 컨택(단, 대기업파견・일본・중국인 제외)

[표 266]국가별 추가 인터뷰 수행 전문가

No.	국가	이름	직위	소속	방문일정
1	인도네시아	아흐마드 수기아나	과장급	KERETA API	6/29(토), pm4~
2	인도	이순철	교수	부산외국어대학교	7/4(목), pm3~

[인터뷰 자료(한/영)]



○ 한글

자기부상열차 수출 후보국 심화조사 인터뷰 자료 _ 인도

회의일정	2013년 7월 4일
전 문 가	부산외국어대학교 이순철 교수

※ 회의내용

연 번	인터뷰 내용	비 고
1	지형 · 환경적 특성	하 기
2	사회 · 문화적 특성	하 기
3	정책 · 제도적 특성	하 기

1. 지형 · 환경적 특성

○ 도시형 자기부상열차를 수출하기 위하여 고려해야 할 지역 및 지형환경의 특수성과 특이성을 조사
- 지역별 인구밀도 : 관광지, 도심 등 주요 인구 및 유동인구 밀집지역
- 지형 및 기후특성 : 도시별 지형 및 기후 특이성
- 주변 인프라 환경 및 국가행사 : 공항 및 신도시 도입 예정사항, 월드컵 및 올림픽 등 범국가적 행사 개최 준비사항

2. 사회 · 문화적 특성

○ 도시형 자기부상열차 수출 전략 수립과정에서 반영해야할 정치종교 및 교통 문화적 특성 조사
- 정치종교적 특성 : 정치 및 종교에 따른 유의사항
- 교통 특성 : 주요 도시와 해당 도시에 고착화된 주요 교통수단 및 그 특성
- 문화적 특성 : 국가별로 특징적인 사회 문화 특성
- 국가의 외부 개방성 : 관세협정 여부, SOC 산업 도입 여부, 국내외 기업 및 기관과의 거래실적, 외부 기술에 대한 도입의지, 공동연구사항 등

3. 정책 · 제도적 특성

○ 항공 및 철도 부문과 연계되는 정책제도적 특징과 그 현황 조사
- 국가 경제력 및 산업지원 구조 : 개인 또는 기업의 경제·산업 참여정도 및 국가 지원정도, SOC 산업 투자지원규모, 교통산업 투자지원규모 등
- 철도관련 행정기관 및 운영 현황 : 철도 시설 및 철도 사용 구간, 철도 운영 빈도, 철도 운영지원 정부구조 및 관련기관, 관련 법제도규정 등
- 철도 관련 현황 및 정책 : 한국 철도와의 차이점(이용방법, 규칙, 편이성 등)
- 항공 및 신도시 관련 정책 : 공항에서 도심으로 이동하는 주요 교통수단, 불편·애로사항 및 선진사례

○ 영어

Research on Global Business Strategy for Urban Maglev _ Indonesia

Date	2013. 7. 4
Expert name	Ahmad Sugiana

※ Interview Summary

No.	Contents
1	Terrain and Environment
2	Society and Culture
3	Policy and Institution

1. Terrain and Environment
- **Local population density**
  : Tourist, Downtown, Densely populated areas etc.
- **Terrain and climate characteristics**
  : Properties of landscape and climate by city
- **Infrastructure and National event**
  : New Town & Airport City Plan, World Cup, Olympic etc.

2. Society and Culture
- **Political and Religious characteristics**
  : Precautions, Taboo subject etc.
- **Transport properties**
  : Main Transportation(also characteristics), Public Transit
- **Cultural characteristics**
  : Specificity of sociocultural environment by country
- **Exclude or Openness Foreign Civilization**
  : Tariff Agreement, Trading Performance, Joint Researches etc.

3. Policy and Institution
- **National Economic and Industrial Structure**
  : Budget, Investment, Participation of Individual and Enterprise, Industrial scale etc.
- **Railway Administration and Management**
  : Railroad Act · Institution, Railway government structure, Railway industry System, Rail Operating frequency etc.
- **Railway Status and Policy**
  : The difference between South Korea(way to use, rule, impression of riding etc.)
- **Airport and New towns Policy**
  : Airport-Downtown Transport, Difficulties and case of failure, Best practices

- 기술 수요조사는 핵심타깃국가 선정 후, 자기부상열차 관련 주요기업* 및 사업 참여기업을 대상으로 조사 예정임

※ 현대 로템, GS 건설, LG 건설 등 자기부상열차 인프라기술 보유기업 대상

○ (핵심타깃시장 선정지표 도출) 핵심타깃국가 후보군을 대상으로 「지형·환경적-사회·문화적-정책·제도적」 특성 및 사업관계자 의견을 반영한 지표 설정

- (지형·환경적) 지형・기후・지역적 특성 지표 반영
- (사회·문화적) 정치・종교・교통・문화적 특성 반영

- (정책·제도적) 국가경제・산업구조 및 철도행정・운영・정책 요소 반영
- (기타 특수성) 타깃국가별 해외기술 의존도・도시순위・공항특수성에 대한 추가 고려

[표 267]핵심타깃시장 도출 지표항목 설정(안)

항목	지표명	세부내용
지형・환경적	타깃도시보유도	국가 내 자기부상열차 진입이 가능한 타깃도시 보유여부
	지반・기후 안정성	지진, 홍수, 모래폭풍, 한파 등 인프라 운영 저해요소 보유여부
	CO_2 배출정도	연료 소비로 인한 CO_2배출정도(친환경 교통수단 니즈 기대)
사회・문화적	범국가 행사개최	월드컵 및 올림픽 등 범국가적 행사 개최 준비여부
	철도인프라 우수성	철로 인프라의 질적 우수성 정도
	Doing Business 지수	범국가적 기업 운용여부 및 관련 가능성 측정
	대표공항 이용률	대표 공항이 연간 이용객 수를 국가 면적으로 나눈 값으로, 대표공항별 인구밀집 정도 확인
정책・제도적	SOC산업 교통투자율	SOC산업 지원금액 중 교통 분야에 투자되는 지원금액 비율
	교통투자규모	교통 분야에 투자되는 지원금액
	철도 행정의 이원화	철도 행정이 중앙-지방으로 이원화(0) 되어 있는지 여부(0 or 1)
	경전철 운행도시 수	국가 내에서 실제 경전철이 운행 중인 도시의 수
기타 특수성	공항&신도시계획 실행건수/계획건수	공항 및 신도시 건설 계획 건수 대비 실제 시행 건수의 비율
	공항&신도시계획 소요비용	공항 및 신도시 건설 계획에 소요되는 비용
⋮	⋮	⋮

○ (핵심타깃국가 최종선정) 핵심타깃국가별 심화조사 결과를 항목별로 비교·분석하고, 사업 관계자 간 컨센서스를 형성함으로써 도시형 자기부상열차 핵심타깃국가를 최종 선정

- 문헌조사 결과 도출된 핵심타깃국가 후보군별 조사결과자료를 바탕으로 해당 국가별 도시형 자기부상열차 신규 시장진입 가능성 검토

: 국가별 조사결과자료는 전문가 자문인터뷰 및 사업관계자*의 고견을 수렴 반영한 결과물임

* 도시형자기부상열차실용화사업단, 국토교통과학기술진흥원 등

○ 旣 도출된 핵심타깃시장 후보국가 13개 대상,「지형·환경-사회·문화-정책·제도」특성 종합분석을 실시하고, 사업 관계자간 추가 고려사항을 반영하여“최종 핵심타깃시장”선정

- 자기부상열차 수출 대상 핵심타깃시장은 旣 도출된 핵심타깃시장 후보군 대

상으로, 추가 보완된 심화조사결과와 사업 이해관계자들의 의견을 지표(정량·정성)로 반영함으로써 합리적이고 실용적으로 도출되었음

※ 국가별 추가 인터뷰 수행 전문가 대상 list-up(외국인)

No.	사업분야	이름	학위	국가	가능여부	비고
1	교통물류 연구시설	HANHE	학사	중국	X	타깃국가 불일치
2		CHANGXIAOCHU	학사	중국	X	타깃국가 불일치
3		Guo Qinglei	기타	중국	X	타깃국가 불일치
4		SabaiThein	박사	미얀마	X	타깃국가 불일치
5		BUI THANH LUAN	기타	베트남	X	타깃국가 불일치
6		DOAN PHUC THINH	기타	-	X	타깃국가 불일치
7		PANDU SANDO PRATAMA	학사	인도네시아	X	타깃국가 불일치
8		PATIL CHETANRAJ DHARAMDAS	학사	인도	X	귀국함
9		MAI BA LOC	석사	베트남	X	타깃국가 불일치
10		TRAN XUAN THUONG	석사	베트남	X	타깃국가 불일치
11	철도기술 연구사업	Cheng Zhang	학사	삼성	X	대기업
12		LICHANGLONG	기타	중국	X	타깃국가 불일치
13		**Ahmad Sugiana**	**박사**	**인도네시아**	**O**	**KERETA API, 과장급**
14		MakhsudaJuraeva	박사	-	X	귀국함
15		Cheng Zhang	학사	삼성	X	대기업
16		XIN, Yuan-Zhu	석사	중국	X	타깃국가 불일치
17		Huang, Chunhao	학사	중국	X	타깃국가 불일치

(다) 연구결과

[국가별 조사내용]

▶ **시장 기회적 특성**
- 범국가적 행사 개최에 기반한 자기부상열차 도입 가능성
- 주요 타깃 도시의 자기부상열차 도입 가능성
- 해외재원 의존도를 고려한 자기부상열차 도입 가능성
- 공항 및 신도시 관련 정책에 기반한 자기부상열차 도입 가능성

▶ **지형·환경적 특성**
- (지정학적 요건) 자기부상 열차 도입이 가능한 도시
  : 후보도시별 자기부상열차 도입 가능성 분석
- (지형·기후적 특성) 자기부상 열차 도입이 가능한 도시
  : 국토구성, 지형특징, 온도·습도, 자연재해 등

▶ **사회·문화적 특성**
- 정치·종교적 특성
  : 권력구조, 부패·공공행정, 정책안정성, 지역발전문제
- 국가의 교통수단
  : 개인교통, 대중교통, 대중교통 관련정책
- 문화적 특성
  : 역사적 특성, 지역적 특성, 외국인 포용력
- 국가의 외부 개방성
  : 무역협정, 기술교류, 한국기업 진출현황, PPP적용 및 적용범위

▶ **정책·제도적 특성**
- 국가경제력 및 산업구조

: 주요산업 구조, 중장기 전략, 경제수준・투자현황, 실행현황,
인플레이션율・경기안정성, 실업률・경제안정성

- 철도관련 기관 및 운영현황
: 철도부문, 경전철부문

- 철도 관련 최근 정책
: 철도현황・정책, 경전철 현황, 경전철 정책

▶ **자기부상열차 도입 후보도시**

- (후보도시)자기부상열차 도입이 가능한 도시
: 판단근거별 점수화(○<◐<●) 및 분석

【 후보도시 판단근거 】

No.	판단근거	결과
1	인구 밀집도 및 이동 혼잡도	●
2	정부 차원의 참여・지원 의지	◐
3	공항・도시 신설 및 확장계획	●
4	교통산업의 해외의존도(기술의존도)	◐
5	범국가적 이벤트(Ex. 월드컵, 엑스포, 유니버시아드대회 등)	●

- 공항 및 신도시 관련 정책
: 공항건설/확장방향・정책, 신도시건설

▶ **참고사항**

- 국가별 일반 현황
: 일반(인구, 기후, 민족, 언어, 종교, 주요도시) • 정치(정부형태, 실권자, 입법부, 국제기구, 정부성향)
• 경제(GDP/인, 경제성장률, 산업구조, 경제적 강/약점, 지니계수)부문

- 기타 참고사항
: 월드컵 개최관련, 엑스포 개최관련 등

[국가별 조사결과 보고서 목차]

- 차 례 -

1 브라질 ····· 588
2 인도네시아 ····· 603
3 아랍에미리트연합 ····· 620
4 필리핀 ····· 634
5 카타르 ····· 649
6 태국 ····· 665
7 사우디아라비아 ····· 681
8 러시아 연방 ····· 695
9 멕시코 ····· 709
10 인도 ····· 723
11 부르나이 ····· 740

12 카자흐스탄 ····· 750
13 하와이 ····· 766
14 터키 ····· 782

(7) 발주기관별, 지역별, 목적별 시장개척 성공요인 분석

- 국가별 진입전략 요약

국가명	주요내용
① 브라질	-월드컵, 하계올림픽, 엑스포 등의 **범국가적 행사가 광범위하게 기획**되어 있어 교통인프라에 대한 수요가 예상되나, -최근 **국가제정 및 여론의 악화**로 대대적인 사업비 투입에 제약이 있을 것으로 보임 -특히, 우리나라와의 관계에 있어서는 과거 고속철도 관련 **정치적 이슈가 있었던 만큼 양국 간의 관계가 원만하지 않은** 상황 후보도시: 상파울루(16p), 리우데자네루(17p), 살바도르(18p), 브라질리아(19p)
② 인도네시아	-인도네시아 남쪽의 섬들을 중심으로 관광산업이 지속적으로 성장하는 추세로 **섬과 섬을 잇는 교통수단**에 대한 니즈가 있음 -특히, **섬과 섬을 연결하는 동선의 대부분이 곡선**이고, 관광용으로 활용을 목적으로 하고 있어 자기부상열차 도입 가능성 有 -우리나라와의 관계에서는 **북쪽에 물류철도 관련하여 철도공사와 사업을 진행**하고 있는 등 교류가 활발한 편임 -다만, 국가 자체가 **극빈국**에 속하는 만큼 **SOC 산업을 위한 재원을 차관(일본 JICA)을 통해 조달**하고 있는 것으로 파악 -인도네시아의 경우 군 경력을 지닌 공무원들이 Policy-maker 역할을 수행하고 있어 시장 진입 시 정계와의 협력 도모 필요 후보도시: 자카르타(31p), 수라비야(32p), 반둥(33p), 덴빠사르(34p)
③ 아랍에미리트연합	-원유국으로 **충분한 재정**을 바탕으로 **High-Tech 교통수단에 대한 니즈**가 있음 -대표적인 사막국가로 인구가 도시(3대 도시-샤자와 두바이, 아부다비)에 밀집해 있고 **도시간 거리가 멀지 않아 도시형 철도에 대한 니즈** 有 -현재 자기부상열차 도입에 대한 외부타당성 검토(독일)가 진행 중이나, 도입 모델로 **독일의 자기부상열차(Thyssen Krupp社와 Siemens社)를 검토**하고 있어 시장진입이 어려울 것으로 보임 -다만, 현재 **'탄소제로시티(미스다르시티)' 건설을 위한 계획**이 진행 중이어서, 이에 대한 타깃팅 가능 후보도시: 아부다비(48p), 두바이(49p)
④ 필리핀	-**대표적인 극빈국, 교통혼잡국**으로 교통수요가 공급을 크게 초과하는 형상으로 현재 교통수단 수용능력은 포화 상태 -다만, 수요가 공급을 능가하는 만큼, 정부의 지원보다는 **민간투자 유치에 보다 적극적**(정부 재정사업 투자의지 약) -**대부분의 SOC사업이 BOT형식의 민간투자**로 진행되고 있으며, 도시철도사업 역시 최저가 입찰제를 채택(최소한의 사양, 최저금액) (상기 도시철도는 한국철도공사가 수주하였으나 사전에 국가차원의 협의는 전무) -국가에서 추진하는 SOC 사업 또한 JICA 차관을 통해 추진 -이에, 필리핀 시장 진출을 위해서는 **4대 교통민간 대기업과의 연계**를 통한 시장진입전략 활용 필요 후보도시: 마닐라(62p), 세부(63p), 일로일로(64p)

국가명	주요내용
⑤ 카타르	-카타르는 **SOC에 대한 정부투자가 적극적인 국가** 중 하나로, **월드컵 개최가 예정되어 있어 대대적인 교통인프라 구축**이 기대 -대표적인 (절대)왕정국가로 왕족과의 커넥션이 중요할 것으로 보임 후보도시: 도하(77p), 알코호르(78p), 루세일(79p)
⑥ 태국	-태국은 관광산업에 의해 **도심 내 유동인구**가 많으며, 여기에 방콕공항이 **아시아의 대표적인 국제항공 경유지로 공항 교통수단에 대한 니즈** 존재 -現정권 잉락 총리의 정치 콘셉트인 포퓰리즘에 입각한 전략적 자기부상열차 도입 가능성이 있으나, -극빈국으로 SOC산업에 대한 JICA 의존도가 높고, 입헌군주제면서 군사독재 국가인 관계로 정·재계 Key-Man에 대한 한국기술·시장 도입의지가 미미 (고위 정재계 관계자에 JICA에 대한 의존도 高) 후보도시: 방콕(93p), 핫야이(94p), 치앙마이(95p), 푸켓(96p)
⑦ 사우디아라비아	-대표적인 원유국으로 **충분한 재정**을 바탕으로 **High-Tech 교통수단에 대한 니즈**가 있음 -특히, **이슬람의 성지인 메카는** 인구 100만 정도의 도시지만 성지순례 기간의 유동인구가 급격히 늘어나며, 이 때 관련 이슬람 국가에 **자국의 우수성을 보여줄 수 있는 용도(과시욕)**로 도입 의지·가능성 존재 -현재 운영되고 있는 도시철도는 수용인원이 적어, **플랫폼을 3개 구간으로 나눠 승강장 진입을 유도하는 구조** 채택 (현재도 성지순례용 도시철도를 1년에 1개월만(하지 7일 동안만) 운행 중) -이슬람 성지인 **제타-메카-메디나를 잇는 교통수단** 필요 -기존 **유럽기업에 대한 불만**이 커지면서 최근 삼성 등의 **국내기업에 대한 국내 여론 및 만족도가 높은** 상황으로 시장 진입기회 有 후보도시: 리야드(109p), 제다(110p), 메카(111p)
⑧ 러시아	-시베리아 철도계획 등 고속철도 사업이 본격적으로 추진되는 추세에서 **고속철도 정착역과 도심을 잇는 철도교통**에 대한 수요 有 -러시아아의 경우 강력한 중앙집권 국가로 정부주요인사와의 커넥션이 매우 중요 -현재 **자기부상열차사업 관련하여 우리나라와 다양한 논의**가 되고 있는 상황 후보도시: 모스크바(123p), 상트페테르부르크(124p), 노보시비르스크(125p)
⑨ 멕시코	-대표적인 교통혼잡국으로 도심지하철이 운행중이나 **국민정서상 대중교통은 서민의 교통수단**이라는 인식이 강해 **고가·High-Tech 교통수단에 대한 도입의지 미미** -교통인프라 관련 건설계획 역시, 도심지하철 확장계획 외에 **신도시·신공항 건설 계획은 전무**한 것으로 파악 -멕시코는 정부는 해외 제품 도입 과정에서 제품 수출국의 **FTA체결 상황을 선행 고려**하는 편으로 비교적 제품판매이력 증빙 등 조건이 다소 까다로움 후보도시: 멕시코씨티(136p), 과달라하라(137p), 몬테레이(138p), 메리다(139p)
⑩ 인도	-인도는 극빈국에 속하는 관계로 **SOC사업의 재원을 JICA뿐만 아니라 선진국의 다양한 차관 제도**를 활용하여 추진 -수도 델리를 제외한 지역(인구밀도가 높은지역)의 **도심교통 인프라가 열악**하여 이에 대한 개선 노력이 지속되고 있음 -인도정부의 특성상 **외국 기술·제품 도입 시 기술이전을 선호·요구**하는 경우가 많아 전략적인 접근 필요 -첨단산업기술에 대한 **홍보 및 과시적 성향**에 부합하는 시장진입전략 수립 가능 후보도시: 뭄바이(152p), 델리(153p), 뱅갈로(154p), 푸네(155p)
⑪ 브루나이	-브루나이는 왕정국가이면서 원유국으로 안정적인 재정・정치 구조를 갖추고 있음 -인구 42만 명의 비교적 작은 국가이나, 풍족한 재정을 바탕으로 고급 인프라 확충에 적극적 -특히, **우리나라 국적의 왕비가 재임**하고 있어, 국가친밀도 및 우호도가 높은 상황 -이에, **중앙정부를 타깃**한 자기부상열차 시장진입 전략 수립이 용이 후보도시: 반다르스리브가완(166p), 무아라(167p)
⑫ 카자흐스탄	-CIS 국가 중 하나인 카자흐스탄은 **2017년 엑스포(아스타나) 개최가 예정**되어 있어 교통인프라 구축에 대한 의지 高 -현재 한국관-엑스포전시장-도심을 연결 짓는 자기부상 열차 시범노선 도입이 논의 중

국가명	주요내용
	-다만, **자기부상열차 건설기간**을 고려할 때, **행사기간까지 시일이 촉박**한 상황 -카자흐스탄의 경우 경제구조의 부패가 심각한 상황. 원유국으로 국가수입원이 풍족하나, 국가정부의 수익분배 구조(대통령-장·차관-공무원이 수익의 90% 흡수)로 인해 국가 재정은 열악 후보도시: 알마티(178p), 아스타나(179p)
⑬ 하와이	-하와이 호놀룰루 지역의 지형적 특성을 고려한 고가철도 도입 예정과 관련하여 자기부상열차의 지상 노선 제안을 고려하였으나, 이미 철도 노선공사가 진행 중에 있어 자기부상열차 신규 도입이 제한됨 후보도시: 호놀룰루(193p), 힐로(194p)

(8) 시장별 차별화 전략 수립

- (핵심타깃시장 도출 지표설정) 시장 세분화 전략 및 실행방안 수립

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차 도입 대상 핵심타깃국가 선정

- 旣 도출된 10개(+α) 타깃국가를 대상으로 핵심타깃국가를 도출

○ (연구 추진목표) 도시형 자기부상열차 도입을 위한 핵심국가 선정을 통하여 보다 실질적인 사업화 추진전략 수립이 가능

- 타깃국가 내부 네트워크 및 컨택라인 분석, 국내기업 중 先 진출사례 반영, 국가 맞춤형 전략수립지원 등 실현

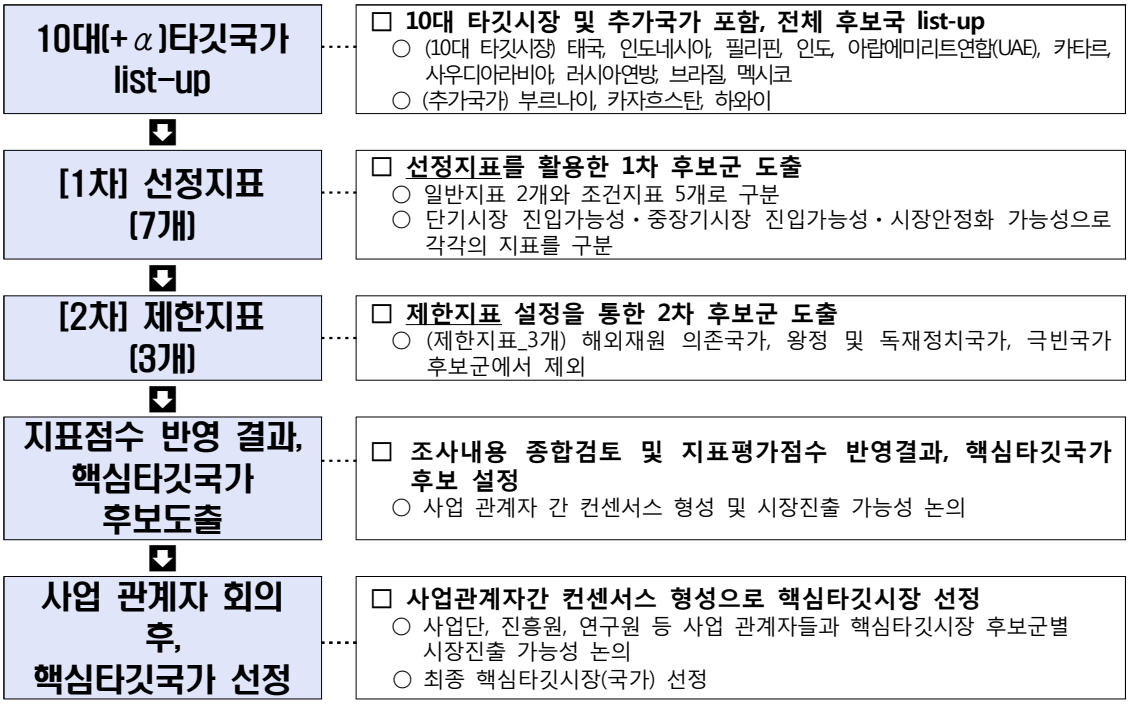
(나) 추진방법

○ (추진프로세스) 사업단 요청국가를 대상으로 추가조사를 실시하고 진흥원 추천전문가 인터뷰 수행결과를 반영하여 국가별 조사 결과를 취합 및 고도화

○ 보다 객관적인 핵심타깃국가 선정을 위하여 국가별 시장진입 가능성에 대한 평가가 가능한 지표를 설정

- 10대 타깃국가 선정 프로세스에서 활용한 지표 및 신규 조사지표 적용

[표 268]핵심타깃시장 도출 수행 프로세스



○ (타깃국가 list-up) 旣 조사된 10대 타깃국가에 사업단 요청 국가를 추가하여 핵심타깃국가 후보군 설정

- 10대 타깃시장 : 태국, 인도네시아, 필리핀, 인도, 아랍에미리트연합(UAE), 카타르, 사우디아라비아, 러시아연방, 브라질, 멕시코
- 3개 추가국가 : 부르나이, 카자흐스탄, 하와이

○ (선정지표 도출) 해외 시장 진출 과정에서 실질적으로 고려해야 할 지표를 list-up하고, 추가적으로 문헌조사 및 전문가 인터뷰 과정에서 추천받은 고려사항을 지표화하여 선정지표로 설정

- 국가 투명성·자기부상열차 도입 가능성·철도산업 및 인프라계획·무역(시장) 접근성에 입각한 지표 설정

○ (제한지표 도출) 선정지표 적용결과 도출된 핵심타깃국가 후보국에서 자기부상열차 시장 진입장벽에 해당하는 내용을 제한지표로 반영

- 해외재원 의존국가 보유여부·독재여부(왕정국가 등)·극빈국가 고려

○ 선정지표 · 제한지표 반영결과를 핵심타깃국가 선정에 적용 및 활용

- 자기부상열차 수출 대상 핵심타깃국가는 문헌조사 및 전문가 인터뷰 결과 도출된 주요 시장진입 고려항목을 선정지표로 반영하고, 시장진출 시 진입장벽으로 우려되는 요소를 제외함으로써 객관적·체계적으로 도출됨

(다) 연구결과

○ 선정지표 적용

- 13개 핵심타깃국가 후보군 대상, 7개 선정지표 활용

선정조건	No	지표 종류	단위	지표명	지표정의	지표측정방법(산출방법)
가. 시장진입 가능성 (기회)	1	일반	점 (10점 만점)	부패지수	국가 중앙정부 및 경제·산업의 부패 정도가 심할 경우 시장 진입 시(사업 추진 시), 장애요인으로 작용할 수 있으므로 부패 정도를 사전 확인	국제투명성기구(TI)가 매년 발표하는 국가별 부패지수(CPI) :세계은행 등 7개 독립기구가 실시한 국가별 공직자의 부패정도에 관한 설문조사 결과(10개 그룹)를 기준으로 1번 그룹에 1.0점 ~ 10번 그룹에 '0'점 부여
	2	조건 (0.5 or 1)	Y/N	공항&신도시 건설계획	중장기적 공항 및 신도시 건설계획 보유 여부를 확인 (2030년 기준)	2030년 이후 중장기 공항 및 신도시 계획을 보유한 경우 1점, 기타 중·단기 건설계획만이 있는 경우 0.5점을 부여
	3	조건 (0.5 or 1)	Y/N	범국가적 행사 개최 계획	범국가적 스포츠·문화 행사의 경우 국가 이미지 제고 및 홍보, 원활한 행사 진행을 위한 교통인프라 구축이 필수적으로 수반되므로, 해당 국가 및 도시에 시장진입 기회로 볼 수 있음	중장기적 범국가적 행사 개최 여부 월드컵, 올림픽, 엑스포, 유니버시아드 대회 대상 2020년을 기준으로 이후의 개최 예정 행사 보유국 1점으로, 이전의 개최 예정지는 진입 가능성이 크지 않을 것으로 판단하여 0.5점을 부여
	4	일반	건	국가 경제·무역 친밀도	우리나라의 경제·무역 관련 협약 등이 체결되어 있는 국가의 경우, 자기부상열차 수출 및 경제교류의 용이성이 확보되어 있다고 볼 수 있음	경제 통합 과정에서 체결하는 협약(자유무역협정(FTA), 관세동맹, 공동시장, 단일시장, 완전경제통합 등)이 발효된 건수의 합계를 계산
나. 국가 재원 및 산업 경쟁력 (재원조달 가능성·용이성)	5	일반	%	SOC산업 중 교통 분야 집중도(활성도)	중앙정부 차원에서 추진되는 SOC 산업의 분야별 투자 규모 중 자기부상열차 도입과 직접 관계되는 교통 분야에 대한 지원 비중을 확인하여, 교통산업 개선 및 인프라 구축에 적극적인 국가인지를 확인	SOC산업 지원금액 중 교통 분야에 투자되는 지원금액 비율 (교통분야 투자지원금액)/(SOC산업 전체 지원금액)
	6	일반	건	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 및 구조 보유여부	철도관련 산업을 구성하는 주체, 즉 산-학-연-관이 해당 국가에 체계적으로 구성되어 있는 가를 확인하여 철도 산업의 경쟁력을 검토	철도관련 산-학-연-관 인프라 확보여부를 확인한 후, 인프라 보유 준비 시에는 0.5점, 인프라 보유 완료 및 활성화 시에는 1점을 부여한 뒤 국가별 총 합계를 계산
	7	조건 (0.5 or 1)	Y/N	철도 인프라 보유도 (철로 (총 경로-km))	기존 철도 인프라(도시철도) 보유 여부를 확인하여 철도산업 확장 및 활성화 가능성을 확인	기존 철도 인프라 보유 여부

< 지표 정의 >

- **선정지표** : 일반지표와 조건지표로 구분
  - 일반지표 : 각 지표 당 1점을 기준으로 계산(PERCENTRANK함수 사용)
  - 조건지표 : 지표 항목의 조건을 만족할 경우 1점, 그렇지 않을 경우 0.5점으로 계산
- **제한지표** : 제한조건에 해당하는 국가는 후보군에서 제외(또는, 제외할 것을 고려)
  - 해외재원 의존국가, 왕정 및 독재정치국가, 극빈국가는 제한사항으로 설정

- 선정지표 반영 점수표(결과)

No	국가명	선정지표							전체 합계 (7점 만점)	순위
		1	2	3	4	5	6	7		
		부패지수(CPI)	중장기적 공항&신도시 계획 보유	범국가적 행사개최 예정	국가 친밀도	SOC산업 교통 투자율	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 구조 보유	철도 인프라 보유도		
1	브라질	0.40	0.50	1.00	0.25	0.75	0.41	1.00	**4.31**	**1**
2	인도네시아	0.30	0.50	0.00	0.25	0.25	0.41	0.50	**2.21**	**10**
3	아랍에미리트 연합	0.70	0.00	0.00	0.50	0.83	0.08	0.50	**2.61**	**9**
4	필리핀	0.30	0.00	0.00	0.66	0.16	0.08	0.50	**1.70**	**12**
5	카타르	0.70	0.50	1.00	0.08	0.50	0.08	0.50	**3.36**	**7**
6	태국	0.30	0.00	0.00	0.66	0.91	0.41	0.50	**2.78**	**8**
7	사우디아라비아	0.40	1.00	0.00	0.91	0.58	0.08	1.00	**3.97**	**3**
8	러시아 연방	0.20	0.00	0.50	0.91	0.33	0.75	1.00	**3.69**	**5**
9	멕시코	0.30	0.00	0.00	0.50	0.41	0.41	0.50	**2.12**	**11**
10	인도	0.30	0.50	0.00	0.83	0.00	0.75	1.00	**3.38**	**6**
11	부르나이	0.60	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.50	**1.18**	**13**
12	카자흐	0.20	0.50	0.50	0.25	0.66	0.75	1.00	**3.86**	**4**
13	하와이	0.80	0.50	0.00	0.08	1.00	0.75	1.00	**4.13**	**2**

※ 선정지표 적용결과 : 브라질, 하와이, 사우디, 카자흐, 러시아, 인도 순으로 후보국가 도출

○ 제한지표 적용 : 핵심국가 대상에서 제외

- 선정지표 적용 국가(13개) 대상, 3개 제한지표 활용
  - 다만, 하기 1번 지표는 해당 국가에 2개 조건 모두에 해당 사항이 있을 경우 제한지표로 활용

No	제한지표	제한사유
1	해외재원 의존국가 (Ex. JICA)	해외 재원 의존 국가가 고정적이고 장기적으로 존재할 경우, 기술의존 국가와의 산업-정책-자본적 긴밀한 연관성이 고착화 되어 있어 SOC 산업에 대한 신규 국가의 진입 및 정착에 제한요소가 많아 후보시장에서 제외(특히 일본을 주요 기술의존국으로 두고 있는 후보국가의 경우, 그 고착화 정도가 상당함)
	왕정국가 및 독재 정치국가	왕정국가 또는 독재정치 체제로 운영 중인 국가의 경우, 기존에 컨택되어 있는 기관 또는 기업 간의 관계가 큰 진입장벽으로 작용하기 때문에 도시형 자기부상열차 신규 도입 후보국가에서 제외
2	극빈국가	자기부상열차 도입을 위한 최소한의 재원조달능력이 부족한 국가는 후보국가에서 제외

- 제한지표 반영 결과(안)

No	국가명	대륙구분	점수 합계	순위	제한지표			제한지표 적용결과 제외국가
					해외 재원 의존 국가	왕정국가·독재정치국가	극빈 국가	
1	브라질	라틴아메리카	4.31	1	O(JICA)	-	-	
2	인도네시아	중동 이외의 아시아	2.21	10	O(JICA)	-	O	■
3	아랍에미리트 연합	중동	2.61	9	-	O(절대군주)	-	
4	필리핀	중동 이외의 아시아	1.70	12	O(JICA)	-	O	■
5	카타르	중동	3.36	7	-	O(절대군주)	-	
6	태국	중동 이외의 아시아	2.78	8	O(JICA)	O(입헌군주&군부독재)	O	■

7	사우디아라비아	중동	3.97	3	-	O(절대군주)	-	
8	러시아 연방	중동 이외의 아시아	3.69	5	-	-	-	
9	멕시코	라틴아메리카	2.12	11	-	-	-	
10	인도	중동 이외의 아시아	3.38	6	O (JICA,선진국)	-	O	■
11	부르나이	중동 이외의 아시아	1.18	13	-	O(절대군주)	-	
12	카자흐	중동	3.86	4	-	-	-	
13	하와이	라틴아메리카	4.13	2	-	-	-	

※ 지표내용 및 점수 책정방안에 대해서는, 사업 관계자 의견 반영 후 추가 수정보완 예정

○ 선정지표/제한지표를 활용한 핵심타깃국가 선정 결과(안)

No	국가명	선정지표							전체 합계 (7점 만점)	순위
		1	2	3	4	5	6	7		
		부패지수(CPI)	중장기적 공항&신도시 계획 보유	범국가적 행사개최 예정	국가 친밀도	SOC산업 교통 투자율	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 구조 보유	철도 인프라 보유도		
1	브라질	0.40	0.5	1	0.25	0.75	0.41	1	**4.31**	**1**
2	인도네시아	0.30	0.5	0	0.25	0.25	0.41	0.5	**2.21**	**(제외)**
3	아랍에미리트 연합	0.70	0	0	0.5	0.83	0.08	0.5	**2.61**	**7**
4	필리핀	0.30	0	0	0.66	0.16	0.08	0.5	**1.70**	**(제외)**
5	카타르	0.70	0.5	1	0.08	0.5	0.08	0.5	**3.36**	**6**
6	태국	0.30	0	0	0.66	0.91	0.41	0.5	**2.78**	**(제외)**
7	사우디아라비아	0.40	1	0	0.91	0.58	0.08	1	**3.97**	**3**
8	러시아 연방	0.20	0	0.5	0.91	0.33	0.75	1	**3.69**	**5**
9	멕시코	0.30	0	0	0.5	0.41	0.41	0.5	**2.12**	**8**
10	인도	0.30	0.5	0	0.83	0	0.75	1	**3.38**	**(제외)**
11	부르나이	0.60	0	0	0	0.08	0	0.5	**1.18**	**9**
12	카자흐	0.20	0.5	0.5	0.25	0.66	0.75	1	**3.86**	**4**
13	하와이	0.80	0.5	0	0.08	1	0.75	1	**4.13**	**2**

※ 제한지표 적용결과 : 브라질, 하와이, 사우디, 카자흐, 러시아 연방 순으로 후보국가 도출

※ 지표별 가중치 적용 사례

【사례①】

◦ "(지표5)SOC산업 교통 투자율" 지표를 1순위 중점사안으로, **3점** 산정
◦ "(지표2)중장기적 공항&신도시 계획 보유" 지표를 2순위 중점사안으로, **2점** 산정
◦ 나머지 지표들에 대한 가중치는 **1점**으로 산정

No	국가명	선정지표							전체 합계 (7점 만점)	순위
		1	2	3	4	5	6	7		
		부패지수(CPI)	중장기적 공항&신도시 계획 보유	범국가적 행사개최 예정	국가 친밀도	SOC산업 교통 투자율	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 구조 보유	철도 인프라 보유도		
1	브라질	0.40	1	1	0.25	2.25	0.41	1	**6.31**	**2**
2	인도네시아	0.30	1	0	0.25	0.75	0.41	0.5	**3.21**	**(제외)**
3	아랍에미리트 연합	0.70	0	0	0.5	2.49	0.08	0.5	**4.27**	**7**
4	필리핀	0.30	0	0	0.66	0.48	0.08	0.5	**2.02**	**(제외)**
5	카타르	0.70	1	1	0.08	1.5	0.08	0.5	**4.86**	**5**
6	태국	0.30	0	0	0.66	2.73	0.41	0.5	**4.6**	**(제외)**
7	사우디아라비아	0.40	2	0	0.91	1.74	0.08	1	**6.13**	**3**
8	러시아 연방	0.20	0	0.5	0.91	0.99	0.75	1	**4.35**	**6**
9	멕시코	0.30	0	0	0.5	1.23	0.41	0.5	**2.94**	**8**
10	인도	0.30	1	0	0.83	0	0.75	1	**3.88**	**(제외)**

No	국가명	선정지표							전체 합계 (7점 만점)	순위
		1	2	3	4	5	6	7		
		부패지수(CPI)	중장기적 공항&신도시 계획 보유	범국가적 행사개최 예정	국가 친밀도	SOC산업 교통 투자율	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 구조 보유	철도 인프라 보유도		
11	부르나이	0.60	0	0	0	0.24	0	0.5	**1.34**	**9**
12	카자흐	0.20	1	0.5	0.25	1.98	0.75	1	**5.68**	**4**
13	하와이	0.80	1	0	0.08	3	0.75	1	**6.63**	**1**

※ 제한지표 적용결과 : 하와이, 브라질, 사우디, 카자흐, 카타르 순으로 후보국가 도출

【사례②】

◦ "(지표2)중장기적 공항&신도시 계획 보유", "(지표5)SOC산업 교통 투자율", "(지표6)산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 및 구조 보유여부" 지표를 중점사안으로, **2점** 산정
◦ 나머지 지표들에 대한 가중치는 **1점**으로 산정

No	국가명	선정지표							전체 합계 (7점 만점)	순위
		1	2	3	4	5	6	7		
		부패지수(CPI)	중장기적 공항&신도시 계획 보유	범국가적 행사개최 예정	국가 친밀도	SOC산업 교통 투자율	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 구조 보유	철도 인프라 보유도		
1	브라질	0.40	1	1	0.25	1.5	0.82	1	**5.97**	**2**
2	인도네시아	0.30	1	0	0.25	0.5	0.82	0.5	**3.37**	**(제외)**
3	아랍에미리트 연합	0.70	0	0	0.5	1.66	0.16	0.5	**3.52**	**7**
4	필리핀	0.30	0	0	0.66	0.32	0.16	0.5	**1.94**	**(제외)**
5	카타르	0.70	1	1	0.08	1	0.16	0.5	**4.44**	**6**
6	태국	0.30	0	0	0.66	1.82	0.82	0.5	**4.1**	**(제외)**
7	사우디아라비아	0.40	2	0	0.91	1.16	0.16	1	**5.63**	**4**
8	러시아 연방	0.20	0	0.5	0.91	0.66	1.5	1	**4.77**	**5**
9	멕시코	0.30	0	0	0.5	0.82	0.82	0.5	**2.94**	**8**
10	인도	0.30	1	0	0.83	0	1.5	1	**4.63**	**(제외)**
11	부르나이	0.60	0	0	0	0.16	0	0.5	**1.26**	**9**
12	카자흐	0.20	1	0.5	0.25	1.32	1.5	1	**5.77**	**3**
13	하와이	0.80	1	0	0.08	2	1.5	1	**6.38**	**1**

※ 제한지표 적용결과 : 하와이, 브라질, 카자흐, 사우디, 러시아 연방 순으로 후보국가 도출

【사례③】

◦ "(지표2)중장기적 공항&신도시 계획 보유", "(지표3)범국가적 행사 개최 예정여부", "(지표5)SOC산업 교통 투자율", "(지표6)산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 및 구조 보유여부" 지표를 1순위 중점사안으로, **2점** 산정
◦ "(지표4)국가 친밀도" 지표를 2순위 중점사안으로, **1점** 산정
◦ 나머지 지표들에 대한 가중치는 **0.5점**으로 산정

No	국가명	선정지표							전체 합계 (7점 만점)	순위
		1	2	3	4	5	6	7		
		부패지수(CPI)	중장기적 공항&신도시 계획 보유	범국가적 행사개최 예정	국가 친밀도	SOC산업 교통 투자율	산-학-연-관 철도산업 인프라 조직 구조 보유	철도 인프라 보유도		
1	브라질	0.20	1	2	0.25	1.5	0.82	0.5	**6.27**	**1**
2	인도네시아	0.15	1	0	0.25	0.5	0.82	0.25	**2.97**	**(제외)**
3	아랍에미리트 연합	0.35	0	0	0.5	1.66	0.16	0.25	**2.92**	**7**
4	필리핀	0.15	0	0	0.66	0.32	0.16	0.25	**1.54**	**(제외)**
5	카타르	0.35	1	2	0.08	1	0.16	0.25	**4.84**	**5**
6	태국	0.15	0	0	0.66	1.82	0.82	0.25	**3.7**	**(제외)**
7	사우디아라비아	0.20	2	0	0.91	1.16	0.16	0.5	**4.93**	**4**
8	러시아 연방	0.10	0	1	0.91	0.66	1.5	0.5	**4.67**	**6**
9	멕시코	0.15	0	0	0.5	0.82	0.82	0.25	**2.54**	**8**
10	인도	0.15	1	0	0.83	0	1.5	0.5	**3.98**	**(제외)**
11	부르나이	0.30	0	0	0	0.16	0	0.25	**0.71**	**9**
12	카자흐	0.10	1	1	0.25	1.32	1.5	0.5	**5.67**	**2**
13	하와이	0.40	1	0	0.08	2	1.5	0.5	**5.48**	**3**

※ 제한지표 적용결과 : 브라질, 카자흐, 하와이, 사우디, 카타르 순으로 후보국가 도출

(9) 국내외 공공기관 또는 해외 전문기업 네트워크 DB 구축

- (핵심타깃시장 대상) 정부부처 운영현황 및 산-학-연 인프라 조사

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적)도시형 자기부상열차의 해외시장 진입장벽 최소화를 위하여 최종 3대 핵심타깃국가*별 정부부처조직부문을 조사

- 핵심타깃시장 진출전략 수립 및 시장연계 컨택라인 형성과정에 지원

※ 3대 핵심타깃국가 : 러시아, 아랍에미리트연합(UAE), 터키

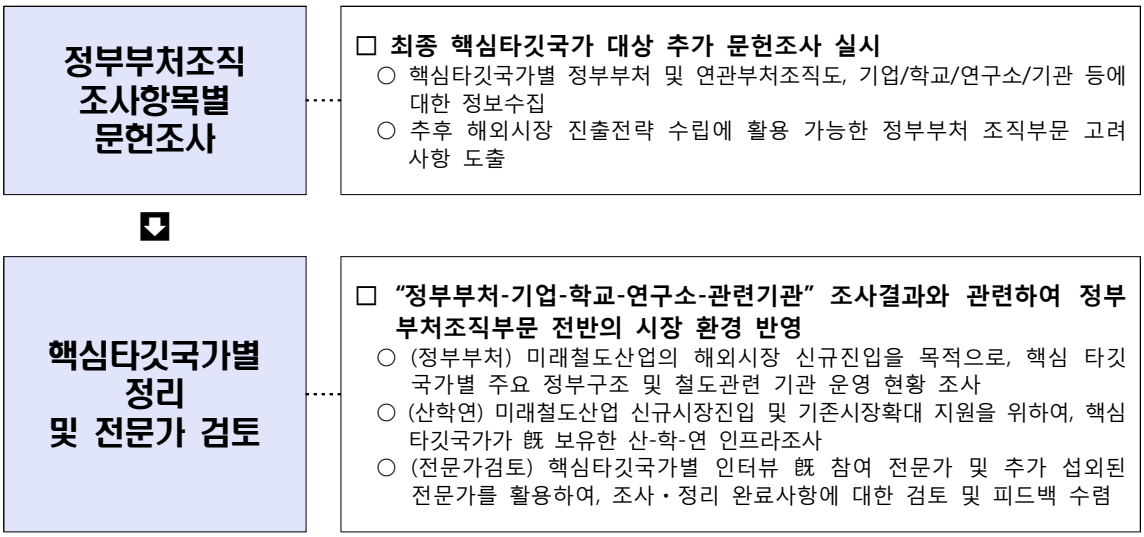
○ (연구 추진목표)旣 조사된 핵심 타깃시장 후보군(10대 타깃시장)에 대한 조사 자료를 기반으로, 정부부처조직부문에 대한 추가조사 실시

- 도시형 자기부상열차의 핵심 타깃시장 진출 과정 및 관련 전략 수립에 실효성을 제고

(나) 추진방법

○ (추진프로세스) 핵심타깃국가를 대상으로 정부부처 조직부문 및 철도와 관련된 산-학-연 연계 사항에 대한 문헌조사를 실시한 후, 핵심타깃국가별 정리 및 전문가 검토 실시

[표 269]기업 및 전문가인력 조사 프로세스



○ (문헌조사) 최종 3대 핵심타깃국가를 대상으로 추가 문헌조사 실시

- 핵심타깃국가별 정부부처 및 연관부처 조직도, 기업·학교·연구소·기관 등에 대한 정보 수집
- 추후 해외시장 진출전략 수립에 활용 가능한 정부부처조직부문 고려사항 도출
- 인터뷰 담당 전문가를 활용하여 핵심타깃국가 조사결과의 검토·보완 실시

○ (조사항목)「정부부처-기업-학교-연구소-관련기관」과 관련하여 정부부처조직부문의 전반적인 시장 환경을 반영

- (정부부처) 도시형 자기부상열차의 해외시장 신규 진입을 위하여 핵심타깃국가별 주요 정부구조와 철도관련 기관 및 운영현황을 조사
- (산학연) 도시형 자기부상열차의 시장진입 및 시장 확대 지원이 가능하도록 핵심타깃국가가 旣 보유한 산-학-연 인프라 확보여부를 조사

[표 270]3대 핵심타깃시장별 추가조사항목

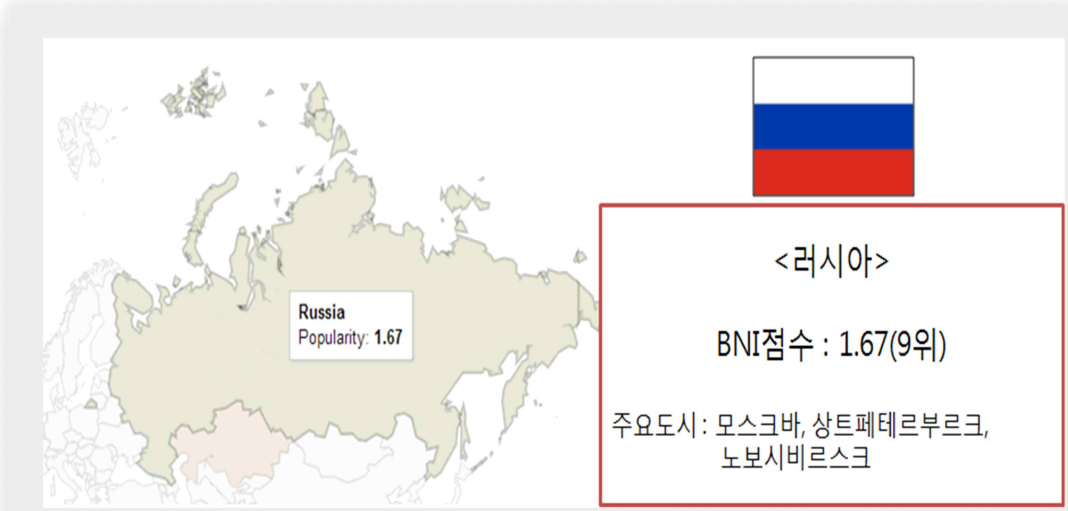
부문	항목	내용
정부부처 조직	정부부처	정부 조직 및 부처별 구성현황 등
	산·학·연	철도관련 주요 기업, 교육기관(학교, 연구소 등), 기타 기관 등

(다) 연구결과

1) 러시아

□ 【러시아】 정부부처 현황

- 러시아 기본정보



정부 조직 현황	정부형태	연방제, 대통령제(6년 중임제), 의회민주제
	국가원수 (실권자)	대통령 : 블라디미르 푸틴(실권자)` 총리 : 드미트리 메드베데프
	입법부	양원제 (상원 166석, 하원 450석)
	한국과의 체결 협정	무역협정('90), 이중과세방지협정, 문화협정(이상 '92), 군사협력협정('97), 원자력협력협정('99), 관광협정('01), 에너지분야협력협정('02), 항공협정('03), 우주기술협력협정, 가스산업협력협정(이상 '06), 비자협정('10), 해상운송협정('11)
	국제기구가입	UN, IMF, APEC, G-8, World Bank, EBRD, OSCE, MIGA 등
	외교성향	친 서방 정책

* 출처 : kotra, 국가정보
수출입은행, "세계국가편람", (2012)

- 러시아 주요 기관 조직

① (연방조직)러시아 연방조직은 대통령을 중심으로 83개 지방정부로 구성되며, 중앙정부에 "교통"부문이 존재함

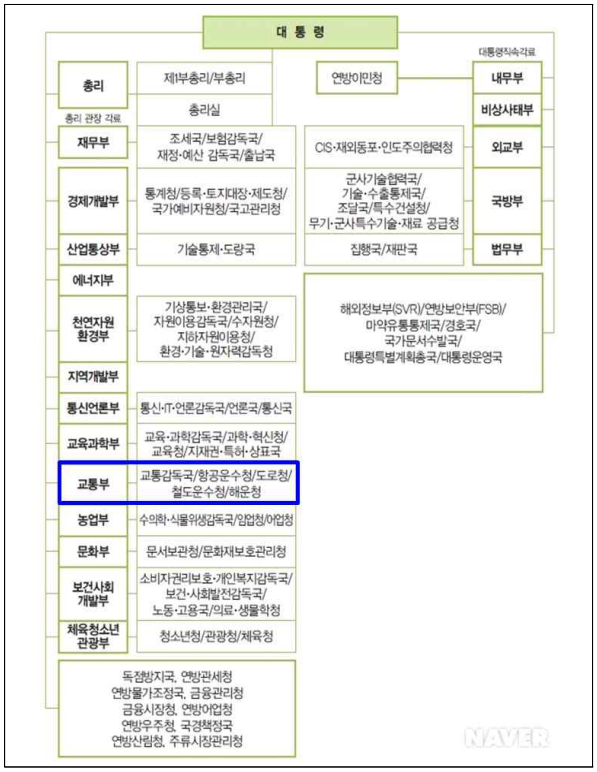
② (정부조직)러시아는 철도를 담당하는 정부기관이 따로 있으며, 18부처 중 교통부가 이에 해당함. 교통부에는 교통감독국, 항공운수청, 도로청, 철도운수청, 해운청이 있음

[러시아 연방조직]



* 출처 : 러시아 주요기관조직 (러시아연방 개황 2010.11, 외교부)

[러시아 정부 조직도(18부처)]



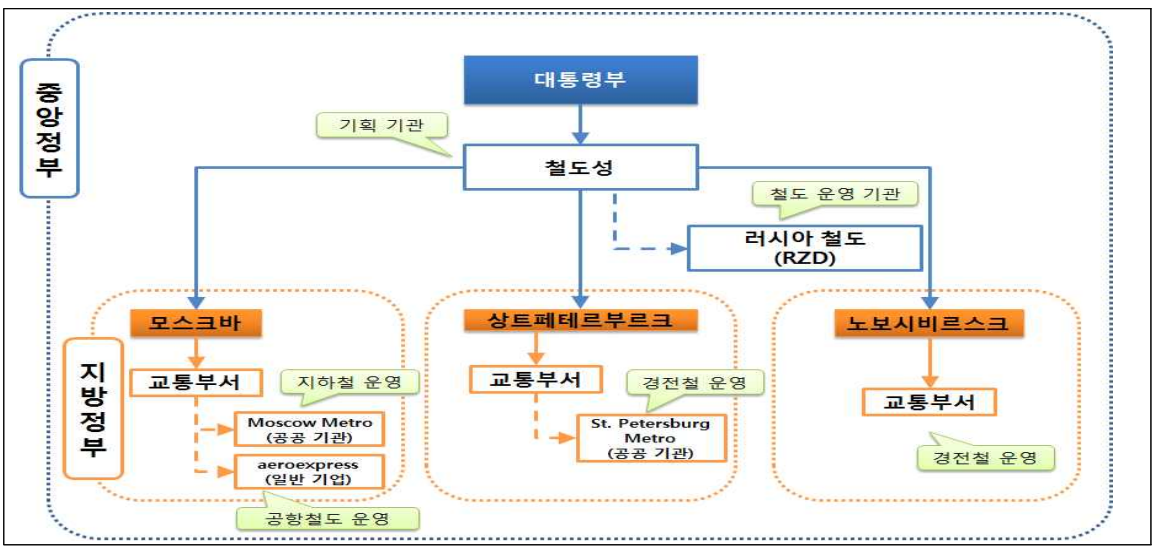
* 출처 : 러시아 주요기관조직 (러시아연방 개황 2010.11, 외교부)

- 러시아 철도관련 기관 및 운영현황

① (철도부문)러시아는 철도를 담당하는 정부기관이 따로 있으며, 신기술을 이용하여 공공사업을 수행하기 위해서는 연방과학 기술센터의 인증을 받은 뒤 사업 수주가 가능한 특징을 가짐

② (경전철부문)8개 도시에 운영되는 경전철은 각기 다른 기관에서 운영하고 있어 지역별로 국지적인 열차체계 도입 및 시스템 제안이 가능함

[러시아 철도관련 기관]



구분	기관	비고
철도	러시아 철도성	정책설계
	러시아 철도(Rossiiskie Zheleznie Dorogi, RZD)	경영조직
	연방과학 기술센터	신기술 인증기관
경전철	모스크바시 교통부	모스크바 경전철 허가기관-
	모스크바시 지하철공사	모스크바 지하철 운영
	Areoexpress	모스크바 공하철도 운영
	Peterburgsky Metropoliten	상트페테르부르크 지하철 운영
	Metro Elektro Trans	카잔 지하철, 볼고그라드 경전철 운영
	Samara Metro	사마라 지하철 운영
	예카테린부르크 지하철(Yekaterinburg Metro)	예카테린부르크 지하철 운영

* 출처 : 철도산업정보센터(http://www.kric.or.kr)
주 러시아 대한민국 대사관

□ 【러시아】 산・학・연 현황

- 러시아 철도관련 기업

① (나선콘트란스(РасонКонТранс)) 러시아 철도공사의 “따르고브이돔”과 북한의 “나진항”이 각각 70%와 30%의 지분으로 합작하여 2008년 설립한 회사. 현재 나진-두만강 구간의 철도 인프라 구축 사업을 추진 중임

② (트란스텔레콤) RZD(러시아철도공사)의 자회사로써, 광섬유통신선 건설을 추진하며 철도 현대화 사업을 위한 환경정비 추진 사업을 수행하고 있음

③ (JSC 러시아 철도주식회사) 기존 “러시아 철도주식회사”는 연간 14억 명의 이용객과 총 연장 8만6천33km의 노선 및 129만5천여명의 철도관련 근로자를 보유한 거대 조직이었으나, 2003년 구조조정을 통해 “JSC 러시아 철도 주식회사”를 출범하였음. 철도운송분야 중 “운송”업무를 전담하고 있으며, 현재 전체 철도 운송의 78.8%를 담당하고 있음

- 러시아 철도관련 교육기관(대학)

① (러시아 극동교통대(FESTU)) 러시아 연방정부가 설립한 국립대학으로, 블라디보스토크에서 북쪽으로 약 800km 떨어진 곳에 위치함. 1939년 “하바로브스트 철도공학 연구소”로 개원하여, 1997년 “극동교통대학교”로 명칭을 변경함. 6개의 캠퍼스와 10개의 연구소를 보유하고 있으며, 49개 학부, 700여명의 교직원, 23,000여명의 학부생 및 300여명의

외국인 유학생이 재학 중임

② (러시아 시베리아교통대학교) 시베리아에서 가장 큰 과학교육센터 중 하나로, 과학 집약적 기술개발 및 훈련을 통하여 숙련된 전문가를 양성하는 것을 목적으로 함. 수송 및 교통 건설 분야의 진보에 많은 공헌을 함

③ (이르쿠츠크 교통대학(ISTU)) 철도차량 공학대학을 특성화로 보유하고 있으며, 러시아뿐만 아니라 범국가적으로 활발한 교류 및 협력양상을 나타냄

④ (철도 상트페테르부르크 주립대학) 1809년 설립된, 고등기술교육기관의 가장 오래된 교육기관 중 하나로, 도로・교량・운하・항구・철도의 건설 및 운영을 위한 엔지니어 교육 기관임

⑤ (모스크바 주립대학(MIIT)) 1896년 설립된 러시아에서 가장 오래된 기술대학임. 철도 수송 분야뿐만 아니라 경제 등 다양한 분야의 전문가를 양성하고 있음

⑥ (어린이 철도학교) 해마다 여름방학(4주)을 이용하여 학생들에게 철도 관련 내용을 가르침. 12살부터 입학 가능하며, 3년 교육과정을 통해 열차 운전・정비・역사 운영・선로 유지 및 보수・승차원 판매 등 철도와 관련된 모든 과정을 학습 가능함. 철도 관련 분야로의 인력 양성기관으로 활용 중임

- 러시아 철도관련 연구기관

① (JSC 철도연구 연구소) 러시아 철도주식회사에서 운영 및 관리하는 자체 연구기관

② (러시아 연방철도연구원(RRRI)) 철도 관련 모든 분야를 연구 및 실험하는 기관으로, 18개 분야의 연구본부 이외에도 러시아 內 지역별 환상시험소・분소・고속시험궤도・설계국・정보 및 분석센터 등을 보유하고 있음

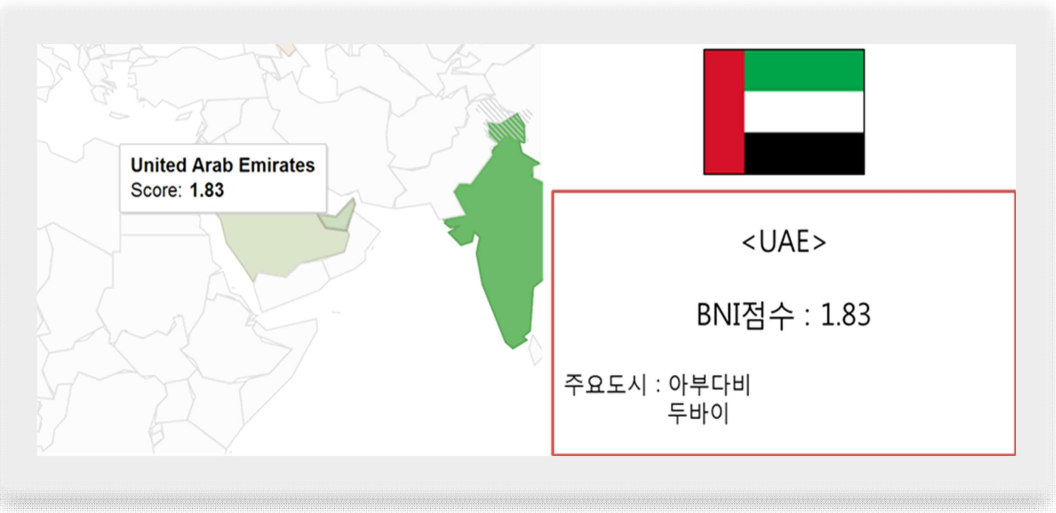
③ (러시아 교통부) 러시아 교통시스템 인프라의 생산 및 개발에 중점을 두고 정부 차원의 연구개발을 추진. 교통시스템의 개선을 통한 경제회복을 추구하며, 추가적으로 수송부문의 개발 및 현대화・사회 경제발전 촉진・생활수준 향상・연방 및 영토 강화 등의 연계 효과를 기대함

④ (러시아 연방철도청) 17개(사할린 포함)의 철도청과 100여개의 분국을 산하기관으로 보유하고 있으며, 철도 분야의 연방정책 수립・각종 규범제정 및 지도감독・인/허가 및 표준화 등의 업무를 수행함

2) 아랍에미리트연합(UAE)

□ 【아랍에미리트연합】 정부부처 현황

- 아랍에미리트연합 기본정보



정부 조직 현황	정부형태	7개 토후국(Emirates) 연방 절대군주제 (대통령중심제)
	국가원수 (실권자)	대통령 : 쉐이크 칼리파 빈 자이드 알-나흐얀(아부다비통치자) 국무총리 : 쉐이크 모하메드 빈라쉬드 알-막툼(두바이통치자)
	입법부	연방평의회(40석, 입법부 및 행정부 견제 기능 無)
	한국과의 체결 협정	투자증진보호협정('02), 이중과세회피 및 탈세방지협정('03), 경제무역기술협력협정('06), 문화협력협정('07), 원자력협력협정('09), 항공업무협정('10)
	국제기구가입	UN, IMF, GCC, IBRD, IFC, OPEC, WHO, WTO 등
	정부성향	비동맹 중립정책, 친미·친서방 노선 유지

* 출처 : kotra, 국가정보
수출입은행, "세계국가편람", (2012)

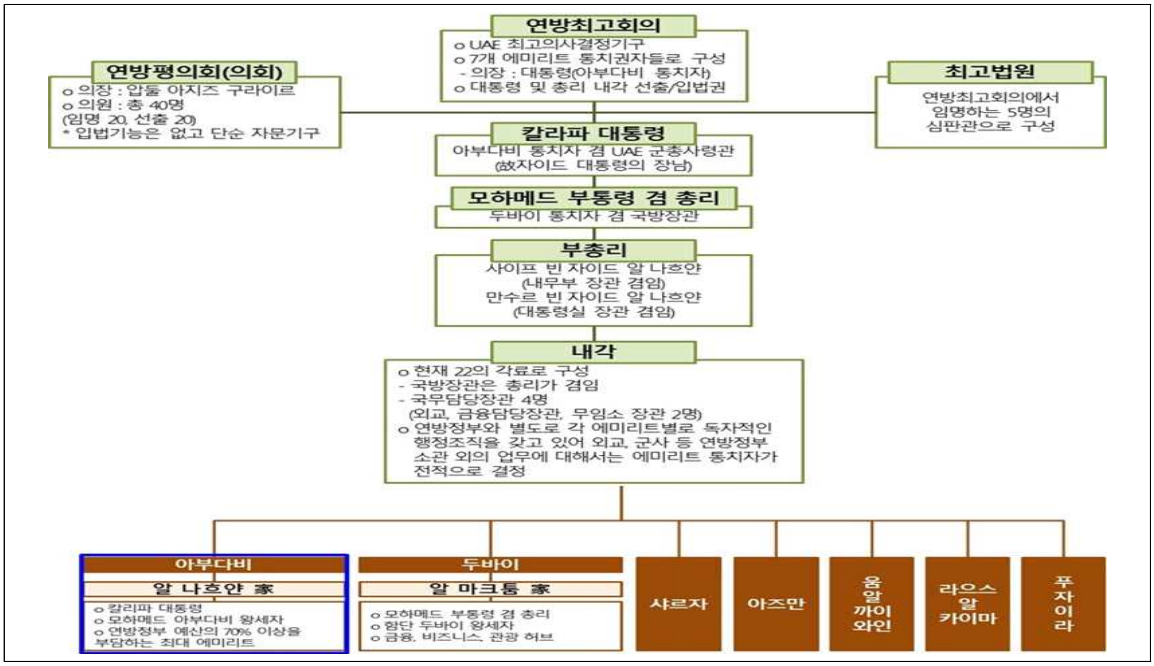
- 아랍에미리트연합 주요 기관 조직

① (연방조직)아랍에미리트연합 연방통치기구는 7개 에미리트 통치자들로 구성되어 있음. 연방최고회의에서 국방·통신·외교·공증보건·경제·교육·농업·노동 등 연방문제에 관한 정책을 결정하고, 법률·칙령·조약의 효력 발생을 실현함

② (정부조직)아랍에미리트연합 각료로는 재정부·외무부·고등교육 및 과학기술부·공공사업부·개발/국제협력(신설)·내각부·에너지부·경제부·사회부·교육부·보건부·문화청소년지역사회개발부·법무부·환경수자원부·노동부·외무관련 및 연방위원회관련·재정관련 부문이 있음(2013.03 KOTRA 기준)

③ 아랍에미리트연합에 속한 7개 토후국 별로 자체적인 정부조직 구조를 보유 및 운영하고 있으며, 아부다비와 두바이가 특히 큰 영향력을 가짐

[아랍에미리트연합 연방지배구조]



* 출처 : UAE 연방 지배 구조 (UAE 개황, 2011.03, 외교부)

[아랍에미리트연합의 정부구조]

행정부	입법부	사법부
【대 통 령】 o 국가원수/임기 5년 - 연방최고회의에서 선출 o 관례적으로 아부다비 통치자가 선출되며 UAE 통합군 총사령관 겸직 o 연임 지속에 의한 종신제 예상/ 절대적 권한 보유 **【연방 총리】** o 내각의 수반/임기 5년 o 대통령의 제청 및 연방 최고회의 동의로 선출 o 관례적으로 두바이 통치자가 선출되며 부통령직 겸직 **【내 각】** o 연방총리가 제청, 연방 최고회의에서 선출 o 법안 발의/연방 예산 승인/연방 정부 감독 o 에미리트간 권력구조에 따라 각료 배분 - 아부다비 6명(외교, 내무, 정보 등), 두바이와 샤르자 각각 3명(국방, 재정, 경제, 무역 등), 푸자이라, 라스 알-카이마 각각 2명, 아즈만, 움 알-까이와인 각 1명 등 o '09.5월 부분 개각 단행	**【연방평의회】** o 임기 : 4년 o 선출 : 각 에미리트가 임명 - '06.12월 20명을 선거에 의해 선출함으로써 선거 제도 도입 o 구성 : 40명 - 에미리트별 인구 구성 비율에 따라 아부다비 8명, 두바이 8명, 샤르자 6명, 라스 알-카이마 6명, 움 알-까이와인 4명, 푸자이라 4명, 아즈만 4명으로 구성 ※ 단순한 자문기구로 내각에서 제출한 법안 심의 - 명목상 의회와 유사한 기능을 담당할 뿐, 입법기능이나 행정부에 대한 견제 기능 無	**【연방최고법원】** o 연방최고회의가 임명한 5명의 재판관으로 구성 - 주로 에미리트간 분쟁 및 각 에미리트와 연방 정부간 분쟁 조정 **【기타 법원】** o 연방 일심법원 o 종교관련 사건은 샤리아 법원에서 헌법대신 이슬람 법을 근거로 재판 o 그 밖에 각 에미리트 별로 지방법원 성격의 민사, 형사 법원

* 출처 : UAE 정부 구조 (UAE 개황, 2011.03, 외교부)

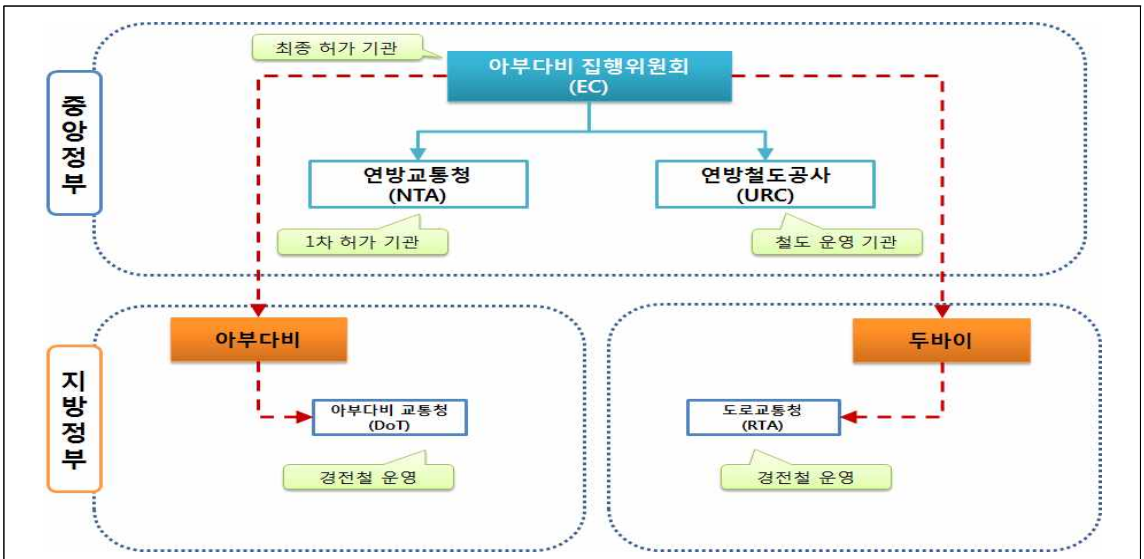
- 아랍에미리트연합 철도관련 기관 및 운영현황

① (철도부문)별다른 성문법이 없는 이슬람 국가의 특징상 철도허가와 같은 중요한 결정은 아부다비 집행위원회(EC)를 통해 이루어지고 있으

며, 연방철도공사(URC)와 연방교통청(NTA)은 중요성이 적은 범위의 업무를 수행하고 있음

② (경전철부문)아부다비의 교통청(DoT)과 두바이의 도로교통청(RTA)이 각 지역의 경전철을 관리하고 있으며, 이외의 지역에서는 경전철 관리 기관이 부재한 것으로 조사됨

[아랍에미리트연합의 철도관련 기관]



구분	기관	비고
철도	아부다비 집행위원회(Executive Council of Abu Dhabi, EC)	모든 사업 허가 담당
	연방교통청(NTA)	철도 허가기관
	연방철도공사(URC)	철로 운영기관
경전철	두바이 도로교통청(Roads and Transport Authority, RTA)	지역철도 허가·설치·운영 및 광역철도 설치·운영 담당
	아부다비 교통청(Department of Transport, DoT)	아부다비 경전철 설치·운영 담당

* 출처 : 철도산업정보센터(http://www.kric.or.kr)

□ 【아랍에미리트 연합】 산・학・연 현황

- 아랍에미리트연합 철도관련 기업

① (에티하드 레일) 디젤 추진동력을 사용한 기관차를 생산 및 운용하며, 국가 역점 사업에도 활발하게 참여함. 보다 안정하고 통합된 철도 네트워크 형성을 위한 연구개발을 수행하고 있으며, 최근 전기 동력 기관차 도입 계획을 수립 중에 있음

: 한국의 코레일과 비슷한 역할을 수행하는 공기업으로, 아랍에미리트 철도 구축・기획・건설・파이낸싱 등을 담당함

② (철도부품생산) 아랍에미리트연합 내에 소재한 철도부품 생산기업으로는, “Advanced Works”,“Civil & Track Works”,“System Integrators and System Suppliers”,“Rolling Stock ”등이 있는 것으로 조사됨

: 아랍에미리트연합 내에 철도부품 생산 및 제조업체는 전무하여, 관련 제품이나 서비스를 수입・공급하거나 인력을 지원하는 업체들이 운영 중임

- 아랍에미리트연합 철도관련 교육기관(대학)

○ 아랍에미리트연합에는 자국 내외에 출처를 둔 다양한 대학들이 존재함에도 불구하고, 철도에 특성화된 대학은 아직 부재한 것으로 조사됨

○ 하지만, 기계・전기・전자・통신 등 철도와 관련된 타 전공분야에서 철도 산업분야로의 진출이 이어지고 있음

- 아랍에미리트연합 철도관련 연구기관

① (아부다비 교통정책국(DOT)) 현재 아부다비 메트로사업을 추진 중에 있으며, 도로 설계와 교통 인프라의 개발・운영 등 다양한 프로젝트를 수행함

② (연방교통청(NTA)・연방철도공사(URC)) 아랍에미리트연합 연방철도 관련 기관으로, 아랍에미리트연합 전반의 철도 프로젝트를 계획 및 발주하고 있음. 국영철도회사와의 연계 프로젝트를 추진함은 물론, 법국가적 연합 및 장기프로젝트 운영관리에 특화 되어 있음

※ 연방철도공사(URC)는 “Ettihad Rail(에티하드 레일)”과 같음

3) 터키

□ 【터키】 정부부처 현황

- 터키 기본정보



정부 조직 현황	정부형태	대통령 중심제를 가미한 내각책임제, 실질 권력은 총리에게 있음
	국가원수 (실권자)	Abdullah Gul(압둘라 귈) 대통령, Recep Tayyip Erdogan(레제프 타이이프 에르도안) 총리(실권자)
	입법부	공화정
	한국과의 체결 협정	사증면제협정(′72), 문화협정(′74), 경제기술협력협정(′77), 항공협정(′79) 이중과세방지협정(′86), 투자보장협정(′94), 섬유협정(′97), 원자력협력협정(′99), EDCF 기본협정(미발효)(′03), 관광협력협정(′06서명, ′13.5.3발효), 자유무역협정(′12가서명, ′13.5.1발효)
	국제기구가입	국제연합(UN, 1945년), 경제협력개발기구(OECD, 1948년), 이슬람회의기구(OIC, 1969년), 유럽안보협력기구(OSCE), 경제협력기구(ECO, 1985년), 흑해경제협력기구(BSEC, 1992년), G20공업화국가(1999년)
	정부성향	친서방 실리주의

* 출처 : kotra, 국가정보
수출입은행, "세계국가편람", (2012)

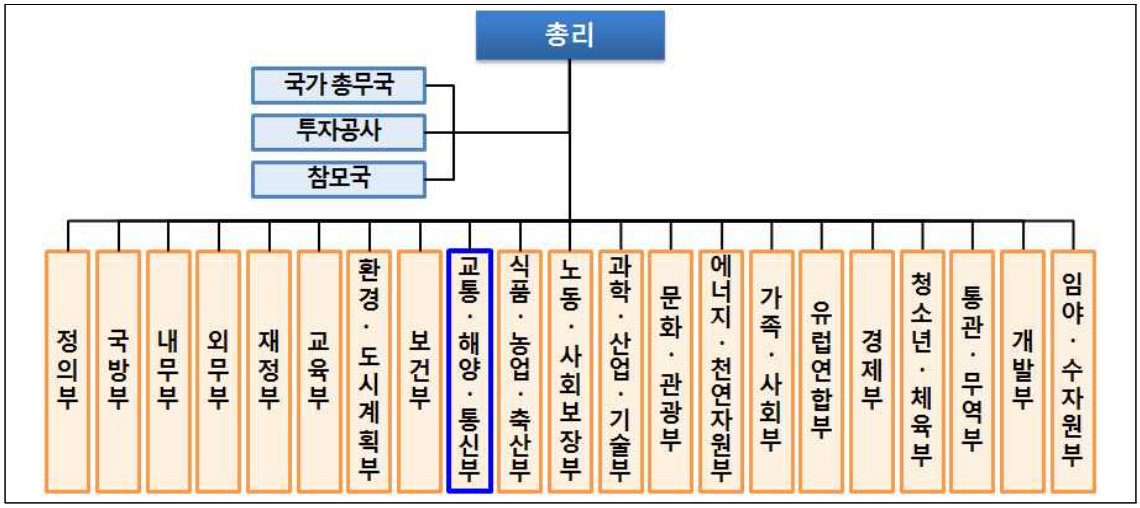
- 터키 주요 기관 조직

① 터키는 입법부・행정부・사법부로의 3권 분립을 통한 국가권력의 균형 및 견제를 유지하고 있음. 입법부는 국회, 사법부는 헌법재판소를 비롯한 대법원이 핵심 기관인 등, 한국과 비슷한 양상을 나타냄

② 모든 기관의 핵심정점은 대통령 이지만, 대부분의 정부부처들이 총리의 산하에 있음. 터키총리 직속 기관은 국가총무국・투자공사・참모국이며, 21개*의 행정부로 나뉘어 각 장관의 담당 하에 운영됨

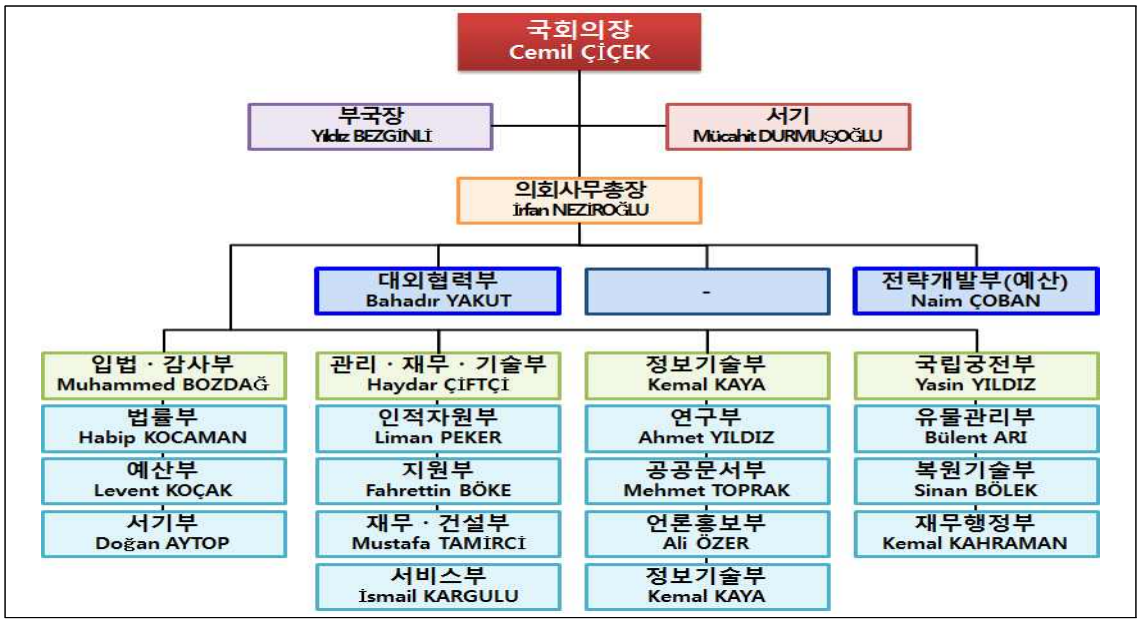
※ 21개의 행정부 중, "교통・해양・통신부"가 "교통부"에 해당함

[터키 행정조직(21개부)]



* 출처 : 이스탄불 무역관 자체조사(KOTRA 터키 정치사회동향, 2012)

[터키 의회조직]



* 출처 : http://www.tbmm.gov.tr/develop/owa/teskilat_ozgecmis.teskilat_se

- 터키 철도관련 기관 및 운영현황

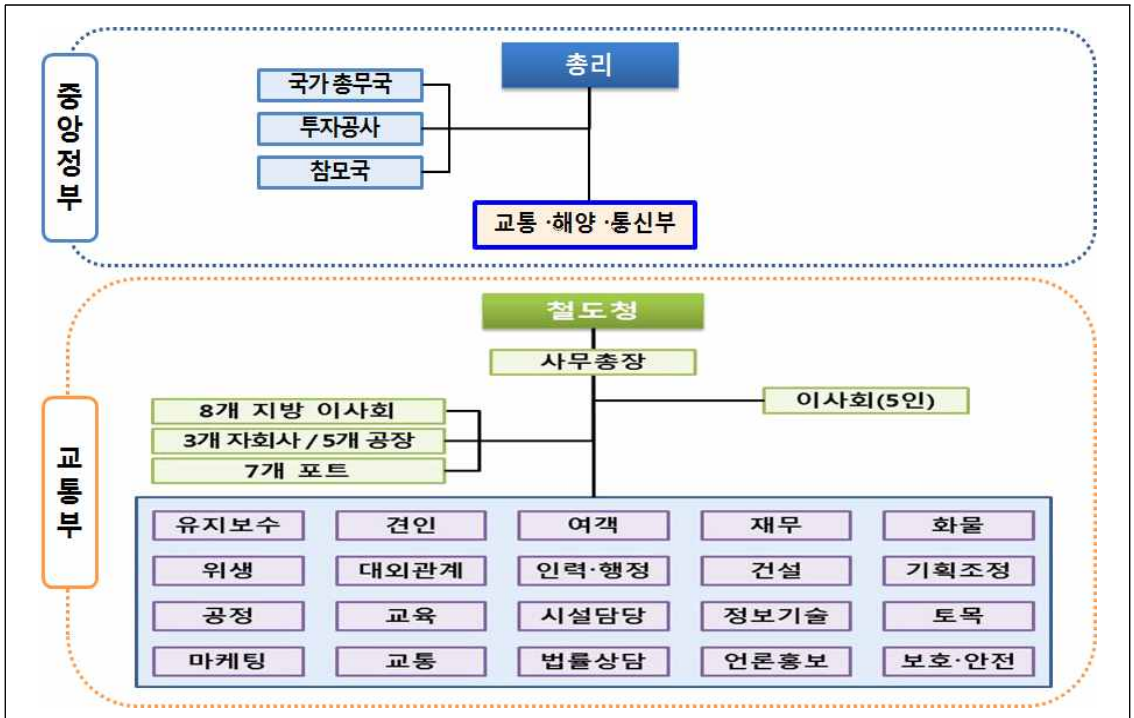
① (철도부문)터키 철도청(TCDD)이 법인화됨으로써 그 기능이 철도 인프라 관리로 축소되었고, 민간 기업은 교통부 허가를 받아 자체 철도망을 건설 및 운영하는 것과 국영철도 열차의 관리가 가능해짐

※ 중앙정부기관 "철도부" - 지방 행정기관 "철도청"

② (경전철부문)이스탄불 앙카라 서쪽에 1996년 개통된 경전철이 운영중에 있으며, 버스터미널-디키메베 지역을 연계하는 8.7km, 11개 역사가 갖추어져 있음. 2005년 현대 로템은 기존 이스탄불 市 경전철

노선을 4.4km연장하는 조건으로 자체제작차량(완성품·부품) 수출 사업을 수주함

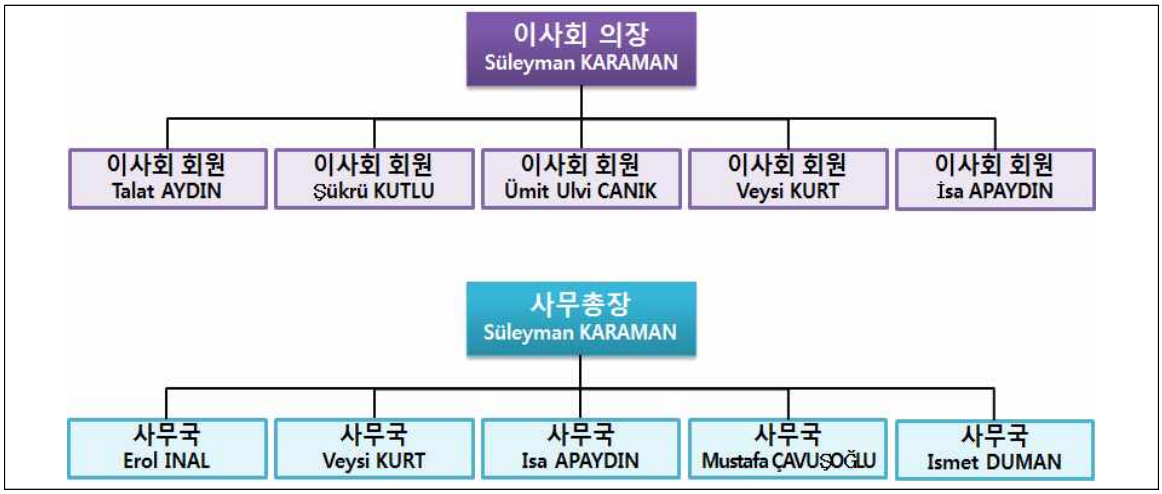
[터키 철도관련 기관]



구분	기관	비고
철도	교통·해양·통신부(교통부)	철도 프로젝트 소유·관리
	터키국립철도청(TCDD : Trkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollar)	철도 노선 보유 및 운영·관리
경전철	터키국립철도청(TCDD : Trkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollar)	이스탄불 지하철 운영·관리

* 출처 : 터키철도청(http://www.tcdd.gov.tr/tcdding/index.htm)
세계의 철도, 매일경제신문사

[터키 철도청 내 이사회·사무국]



* 출처 : 터키철도청(http://www.tcdd.gov.tr/tcdding/index.htm)

□ 【터키】 산・학・연 현황

- 터키 철도관련 기업

① (TULOMSAS_TCDD제휴기업) 터키의 기관차 및 엔진 제품을 생산・판매하는 주식회사로 108년의 역사를 지고 있음. 디젤엔진, 전기엔진, 화물용 차량, 경전철 철도차량, 견인엔진, 탱크엔진, 포니엔진 등 다양한 제품을 생산하고 있으며, ISO 9001 품질 시스템 인증을 받았음

② (TUDEMSAS_TCDD제휴기업) 터키 철도기계 주식회사로 1939년 증기기관차와 화차 수리 회사로 설립된 이후, 철도교통의 발달과 함께 1953년 화물차량을 생산하기 시작하면서 1972년 지금의 회사를 수립함. ISO 9001품질인증을 가지고 있으며, 화물차량 및 부품제작 사업으로 세계 철도교통 발전에 기여하고 있음

③ (TUVASAS_TCDD제휴기업) 1948년부터 운영된 터키 수레산업 주식회사로, 1961년부터는 자국 내 승용차 생산으로 사업 분야가 확대되었음. 1986년 법인회사로 등록되면서 지속적인 차체 수출과 해외 차량 수입 및 확보 이력을 보유하고 있으며, 50년 이상의 경험과 인프라를 기반으로 최근 고속・고급 제품으로의 첨단화를 도모하고 있음

- 터키 철도관련 교육기관(대학)

○ 터키에는 철도관련 산업 인프라가 부족하며, 철도에 특성화된 대학 또한 부재한 것으로 조사됨

○ 하지만, 기계・전기・전자・통신 등 철도와 관련된 타 전공분야에서 철도 산업분야로의 진출이 이어지고 있음

○ 최근 터키 내부적으로 철도관련 인프라를 지원하기 위한 여러 계획이 수립되고, 정부 자체 예산이 책정되는 등 국내외 기술 및 자금확보 노력이 수행되고 있어 향후 터키 철도관련 교육 인프라의 개선이 기대됨

- 터키 철도관련 연구기관

○ 터키 내 철도관련 연구기관 관련 조사결과는 특별히 도출되지 않았지만, 주로 터키 철도청(TCDD)의 주도 하에 철도관련 연구가 진행

중에 있음

○ 또한, 터키 철도청(TCDD)과의 연계 및 제휴를 통하여 자국 내 기업들과 교류체제를 갖추고, 기업체 내부적으로 철도관련 연구를 수행하도록 지원함

(10) 도시형 자기부상열차 관련 기업 및 연구인력 현황 조사

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적)도시형 자기부상열차 산업의 지속적인 발전 및 성장을 위해서는 보다 충실한 인력·산업 인프라 확보가 필수적임

- 장기적으로 자기부상열차가 지향해야 할 기술적·산업적 방향성을 설정하고, 컨센서스를 형성할 수 있도록 산업 구성 주체에 대한 명확한 현황 파악 필요

○ 사업단(혹은 전문기관)이 산·학·연의 구성 주체와 연구자 및 담당자 현황을 파악하여 전문 인력 인프라를 적재적소에 활용할 수 있도록 지원

- 해당 산업을 구성하는 주체(인력 및 기업)에 대한 세부정보 및 분류결과 적용 필요

○ 보다 실효적인 글로벌 비즈니스 추진을 위해 준비되어야 할 기술전략, 사업화전략 수립을 위한 기반자료로 활용

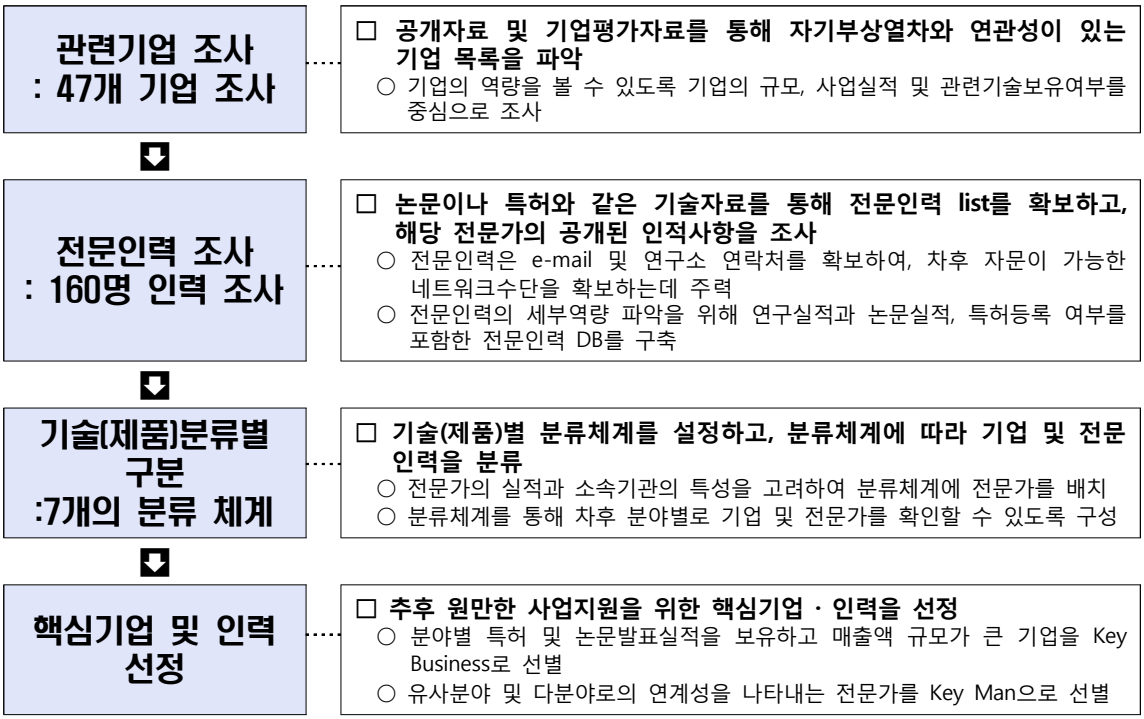
○ (연구 추진목표)동 사업의 세부과업인 기술로드맵 작성을 위해 자기부상열차 각 분야(제품·부품)별 연구자에 대한 인력 DB 조사 및 확보

- 기술로드맵은 자기부상열차의 각 분야별 기술격차 분석 및 기술수준 확인과, 국산 자기부상열차가 나아가야할 기술적인 목표(기능 및 성능) 설정을 위한 모집단으로 활용

- 사업화전략 및 글로벌 비즈니스 로드맵 구축을 위한 전문가 Pool로써 활용

(나) 추진방법

[표 271]기업 및 전문가인력 조사 프로세스



○ 자기부상열차 관련 기업 및 연구자 등의 전문 인력 현황 조사를 위해 기술문헌 및 기사, 보고서 등의 공개자료 조사

- (기술문헌조사)자기부상열차 관련 기술개발 결과물로 특허, 논문(저널 포함) 등의 지식재산권을 보유하고 있는 기업 및 연구자 조사

① 특허 및 논문 DB에 검색식*을 작성하여 특허출원기업 및 연구인력 확보(raw-data 다운로드 및 DB화)

※ 키워드 :자기부상열차

② 확보된 DB에 추가적으로 기업 및 연구자정보 조사 진행

[표 272]기술문헌조사를 이용한 기업 및 전문인력 조사방법

분류	출처	검색식
특허	FOCUST	"자기부상열차"(133건) "도시형자기부상"(1건)
논문	1. 디비피아(DBpia) (www.dbpia.co.kr) 2. 한국학술정도(KISS) (kiss.kstudy.com) 3. 학술교육원(eArticle) (www.earticle.net) 4. 구글스콜라(Google scholar)(scholar.google.co.kr)	"자기부상열차" "도시형자기부상"
기업	NICE 신용평가정보(www.kisline.com)	철도분야 제조업체 조사

- (보도자료 및 공표자료 조사)공개기사 및 동향보고서를 활용하여 자기부상열차와 관련된 제품생산기업 및 전문인력 조사
- (연구자 시스템 조사)국가연구개발사업 참여 연구자 정보를 보유하고 있는 시스템(NTIS 등)에서 “자기부상열차”를 키워드로 검색

○ 조사 결과물의 활용도를 높이기 위해 자기부상열차 분류별로 기업과 연구자(전문가) DB를 구분
- 자기부상열차 관련 기업 및 연구자 정보는 동 사업에서 제시된 ‘자기부상열차 분류체계’를 기반으로 분류 및 정리
  ① 자기부상 사업단에서 제시한 제품(기술)분류 체계를 기반으로, (주)더비엔아이가 제품을 기준으로 분류체계를 재구성
  ② 각 전문가의 사업, 논문, 및 특허내용 뿐 아니라 소속된 기업의 성향을 추가로 고려하여, 분야별로 전문인력을 분류함

※ 현재 적용되는 제품(기술)분류 체계는 임시적인 분류체계이며, 향후에 전문가 설문조사를 거쳐 확정한 분류체계를 반영할 예정임

- 최종 도출된 전문가 DB는 추후 전문가 자문회의, 설문조사 및 공청회 등의 사업지원 인력으로 활용

○ 사업화 전략에 필요한 지원인력의 협조체계가 원활히 이루어 질 수 있도록 각 영역별로 핵심기업 및 대표인력을 설정
- (핵심기업의 정의)분류된 제품생산 기업 중에서, 해당 분야의 특허와 논문을 보유하며, 매출액이 큰 기업을 핵심기업으로 지정
- (대표인력의 정의)각 제품분류별로 사업단 활동경험, 국내외 학술발표 및 특허출원에 있어 해당제품과 관련된 경험이 3회 이상 있는 전문가를 핵심전문가로 정의하여 선별함
  ※ 차후 산·학·연 네트워크를 보유한 Key Business 및 Key Man과 함께 기관별 전문인력의 협력을 유도

(다) 조사결과

○ 자기부상열차 관련 기업은 총 46개로 조사되었으며, 그 중에서 핵심기업은 5개로 선정됨

- (관련기업 구분) 대기업 19개, 중소기업 26개, 외국계 기업 1개로 조사
- (분야별 관련기업) “1.철도차량”분류에 해당되는 기업이 18개로 가장 많았으며, “5.궤도토목”분류에 해당되는 기업이 12개로 두 번째로 많음

[표 273]기술분류별 관련기업DB(요약)

No	관련분야	기업명	대표	대표번호	구분	비고
1	1. 철도차량	현대로템	한규환	02-3464-1114	대기업	key
2	1. 철도차량	이투에스	윤주형	02-488-0586	중소기업	-
3	1. 철도차량	현대자동차	정몽구	02-3464-1114	대기업	-
4	1. 철도차량	현대중공업	이재성	052-202-2114	대기업	-
5	1. 철도차량	현대모비스	전호석	02-2018-5114	대기업	-
6	1. 철도차량	대원강업㈜	성열각	041-580-4200	대기업	-
7	1. 철도차량	동양강철	김승태	042-605-8200	대기업	-
8	1. 철도차량	(주)우진산전	김영창	043-820-4111	중소기업	-
9	1. 철도차량	인터엠	조순구	031-860-7101	중소기업	-
10	1. 철도차량	유진기공산업㈜	김정자	031-489-6500	중소기업	-
11	1. 철도차량	(주)에이디에스레일	조계찬	055-355-0081	중소기업	-
12	1. 철도차량	(주)금산엠엔이	권병국	02-804-9666	중소기업	-
13	1. 철도차량	㈜우성마그네트	석한조	055-326-8600	중소기업	-
14	1. 철도차량	브이씨텍	이인석	031-477-5050	중소기업	-
15	1. 철도차량	(주)한터기술	김순호	02-2108-2200	중소기업	-
16	1. 철도차량	인터콘시스템스(주)	손강호	031-479-7460	중소기업	-
17	1. 철도차량	(주)새명산전	정임홍	031-431-6230	중소기업	-
18	2. 선로 및 제어시스템	대명엔지니어링	황종균	055-850-1000	중소기업	key
19	2. 선로 및 제어시스템	(주)삼안	임종명	02-3424-4600	대기업	-
20	2. 선로 및 제어시스템	(주)삼보기술단	이창윤	02-3433-3000	대기업	-
21	2. 선로 및 제어시스템	유경제어㈜	이명철	02-830-7900	중소기업	-
22	2. 선로 및 제어시스템	신우 ENG	송세호	02-2107-4000	중소기업	-
23	2. 선로 및 제어시스템	제일엔지니어링	최태희	02-3498-2600	대기업	-
24	2. 선로 및 제어시스템	㈜다코스	최성환	031-734-2230	대기업	-
25	3. 통신시스템	엔키아	이선우	02-2057-8724	중소기업	key
26	3. 통신시스템	(주)동남티디에스	김학철	02-834-2841	중소기업	-
27	4. 전력 시스템	두산인프라코어	김용성	032-211-1114	대기업	key
28	4. 전력 시스템	세종기술㈜	송진호	02-292-12345	중소기업	-
29	4. 전력 시스템	세스	김차현	041-585-8501	중소기업	-
30	4. 전력 시스템	신한전자기기	오철규	051-262-3260	중소기업	-
31	4. 전력 시스템	포스코ICT	허남석	054-280-1114	대기업	-
32	4. 전력 시스템	GS네오텍	최성진	02-2630-5114	대기업	-
33	4. 전력 시스템	세안이엔씨㈜	이은상	02-569-3381	중소기업	-
34	5. 궤도토목	대우건설	서종욱	02-2288-3114	대기업	key
35	5. 궤도토목	진성토건	정석태	032-890-0700	대기업	-
36	5. 궤도토목	서강이엔씨	윤덕철	031-949-8061	중소기업	-
37	5. 궤도토목	시아이에스	서승일	-	중소기업	-
38	5. 궤도토목	영중산업	이중화	031-942-1065	중소기업	-
39	5. 궤도토목	효명이씨에스	한녹희	031-688-3200	중소기업	-
40	5. 궤도토목	케이콘	김의경	02-401-6578	중소기업	-
41	5. 궤도토목	현대제철㈜	박승하	032-760-2114	대기업	-
42	5. 궤도토목	GS건설	허창수	02-2005-1114	대기업	-
43	5. 궤도토목	SK C&C	정철길	02-6400-0114	대기업	-
44	5. 궤도토목	포스코엔지니어링	김수관	031-738-0114	대기업	-
45	5. 궤도토목	(주)에스코알티에스	조영철	02-2008-0500	중소기업	-
46	6. 역사시설(역사테마)	TUV Rheinland	카스텐리네만	02-860-9860	외국기업	-

○ 자기부상열차 관련 전문인력은 총 160명으로 조사되었으며, 그 중에서 대표인력은 17명으로 분류됨

- (기관별 전문인력) 산업체 전문인력이 86명, 연구원 전문인력이 72명, 교육기관 전문인력이 2명으로 집계

- (분야별 전문인력) “1.철도차량”분류에 해당되는 대표인력이 6명으로 가장 많았으며, “2.선로 및 제어시스템”분류에 해당되는 대표인력이 5명으로 두 번째로 많음

[표 274]기술분류별 핵심인력DB(요약)

No	관련분야	이름	직급	소속	구분	전화번호	출처	비고
1	1.철도차량	김춘경	-	한국전기연구원	연	055-280-1446	사업단	key
2	1.철도차량	김동성	책임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7871	사업단	key
3	1.철도차량	김국진	수석연구원	현대로템	산	031-596-9020	사업단	key
4	1.철도차량	이남진	-	현대로템	산	-	특허	key
5	1.철도차량	이제윤	-	이투에스	산	-	특허	key
6	1.철도차량	김병현	본부장	한국기계연구원	연	042-868-7421	특허	-
7	1.철도차량	강병관	책임연구원	현대로템	산	031-596-9081	논문	-
8	1.철도차량	김행구	선임연구원	현대로템	산	-	논문	-
9	1.철도차량	김숙희	-	한국기계연구원	연	-	논문	-
10	1.철도차량	양방섭	-	현대로템	산	-	특허	-
11	1.철도차량	김철근	-	현대로템	산	-	특허	-
12	1.철도차량	권순만	센터장	한국전기연구원	연	055-280-1302	특허	-
13	1.철도차량	이종민	주임연구원	현대로템	산	-	논문	-
14	1.철도차량	이형우	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5426	논문	-
15	1.철도차량	성호경	팀장	한국기계연구원	연	-	논문	-
16	1.철도차량	이완규	-	현대모비스	산	-	특허	-
17	1.철도차량	이중규	-	현대모비스	산	-	특허	-
18	1.철도차량	은상수	-	현대자동차	산	-	특허	-
19	1.철도차량	이재익	-	현대로템	산	-	특허	-
20	1.철도차량	이계범	-	현대로템	산	-	특허	-
21	1.철도차량	김신국	-	현대로템	산	-	특허	-
22	1.철도차량	우이완	-	현대로템	산	-	특허	-
23	1.철도차량	이정률	-	현대로템	산	-	특허	-
24	1.철도차량	이정율	-	현대로템	산	-	특허	-
25	1.철도차량	유보선	-	현대로템	산	-	특허	-
26	1.철도차량	김정욱	-	현대로템	산	-	특허	-
27	1.철도차량	임용규	-	현대로템	산	-	특허	-
28	1.철도차량	이상엽	-	현대로템	산	-	특허	-
29	1.철도차량	이원상	-	현대로템	산	-	특허	-
30	1.철도차량	성창곤	-	현대로템	산	-	특허	-
31	1.철도차량	장성찬	-	현대로템	산	-	특허	-
32	1.철도차량	강광호	-	현대로템	산	-	특허	-
33	1.철도차량	박두만	-	두산인프라코어	산	-	특허	-
34	1.철도차량	이학근	-	두산인프라코어	산	-	특허	-
35	1.철도차량	전훈종	-	두산인프라코어	산	-	특허	-
36	1.철도차량	강도현	-	한국전기연구원	연	055-280-1400	특허	-
37	1.철도차량	김종무	-	한국전기연구원	연	055-280-1483	특허	-
38	1.철도차량	강하동	-	한국전기연구원	연	-	특허	-
39	1.철도차량	김국헌	-	한국전기연구원	연	-	특허	-
40	1.철도차량	김종문	-	한국전기연구원	연	055-351-3872	특허	-
41	1.철도차량	박민국	-	한국전기연구원	연	055-280-1444	특허	-
42	1.철도차량	이병송	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5404	특허	-
43	1.철도차량	박영	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5424	특허	-
44	1.철도차량	문대섭	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5471	특허	-
45	1.철도차량	박현준	수석연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5401	특허	-
46	1.철도차량	윤주형	-	이투에스	산	-	특허	-
47	1.철도차량	조정민	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5619	특허	-
48	1.철도차량	남용윤	책임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7413	특허	-
49	1.철도차량	성소영	-	한국기계연구원	연	-	특허	-
50	1.철도차량	박병철	-	한국전력공사	산	-	특허	-
51	1.철도차량	정세용	-	한국전력공사	산	-	특허	-
52	1.철도차량	성태현	-	한국전력공사	산	-	특허	-
53	1.철도차량	한영희	-	한국전력공사	산	-	특허	-
54	1.철도차량	정년호	-	한국전력공사	산	-	특허	-
55	1.철도차량	이정필	-	한국전력공사	산	-	특허	-

No	관련분야	이름	직급	소속	구분	전화번호	출처	비고
56	1.철도차량	박병준	-	한국전력공사	산	-	특허	-
57	1.철도차량	안영목	-	세스신한전자	산	-	특허	-
58	1.철도차량	김차현	-	세스신한전자	산	-	특허	-
59	1.철도차량	김주범	-	브이씨텍	산	031-477-5050	논문	-
60	1.철도차량	최성호	-	브이씨텍	산	031-477-1272	논문	-
61	1.철도차량	송재수	-	한터기술	산	02-2108-2200	논문	-
62	1.철도차량	이주용	-	한터기술	산	02-2108-2200	논문	-
63	2.선로 및 제어시스템	여인호	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5664	사업단	key
64	2.선로 및 제어시스템	윤학선	차장	한국철도시설공단	연	042-607-4348	논문	key
65	2.선로 및 제어시스템	이준석	센터장	한국철도기술원	연	031-460-5342	논문	key
66	2.선로 및 제어시스템	김정철	-	현대로템	산	-	특허	key
67	2.선로 및 제어시스템	장승엽	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5302	특허	key
68	2.선로 및 제어시스템	최준호	-	한국생산기술연구원	연	031-8040-6872	사업단	-
69	2.선로 및 제어시스템	김훈	대리	한국철도시설공단	연	042-607-4049	논문	-
70	2.선로 및 제어시스템	김봉섭	선임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7193	특허	-
71	2.선로 및 제어시스템	신경호	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5488	논문	-
72	2.선로 및 제어시스템	방제성	선임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7569	논문	-
73	2.선로 및 제어시스템	이창영	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5525	논문	-
74	2.선로 및 제어시스템	한영재	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5614	논문	-
75	2.선로 및 제어시스템	이영훈	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5447	논문	-
76	2.선로 및 제어시스템	권혁빈	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5346	논문	-
77	2.선로 및 제어시스템	장동욱	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-160-5412	논문	-
78	2.선로 및 제어시스템	정남철	차장	한국철도시설공단	연	032-741-8008	논문	-
79	2.선로 및 제어시스템	안수관	-	현대로템	산	-	특허	-
80	2.선로 및 제어시스템	김대광	-	현대로템	산	-	특허	-
81	2.선로 및 제어시스템	민영기	-	현대로템	산	-	특허	-
82	2.선로 및 제어시스템	이종성	-	현대로템	산	-	특허	-
83	2.선로 및 제어시스템	강덕원	-	현대로템	산	-	특허	-
84	2.선로 및 제어시스템	김경식	-	현대로템	산	-	특허	-
85	2.선로 및 제어시스템	조흥재	-	한국기계연구원	연	-	특허	-
86	2.선로 및 제어시스템	유문환	-	한국기계연구원	연	-	특허	-
87	2.선로 및 제어시스템	조영철	-	에스코알티에스	산	-	특허	-
88	2.선로 및 제어시스템	최은수	-	에스코알티에스	산	-	특허	-
89	2.선로 및 제어시스템	신덕호	팀장	한국철도기술연구원	연	031-460-5442	특허	-
90	2.선로 및 제어시스템	윤용기	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5440	특허	-
91	2.선로 및 제어시스템	이재호	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5436	특허	-
92	2.선로 및 제어시스템	권삼영	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5425	특허	-
93	2.선로 및 제어시스템	박찬배	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5427	특허	-
94	2.선로 및 제어시스템	조용현	본부장	한국철도기술연구원	연	031-460-5112	특허	-
95	2.선로 및 제어시스템	김남포	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5665	특허	-
96	2.선로 및 제어시스템	양신추	수석연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5301	특허	-
97	2.선로 및 제어시스템	김만철	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5321	특허	-
98	2.선로 및 제어시스템	서승일	-	시아이에스	산	-	특허	-
99	2.선로 및 제어시스템	노정훈	-	시아이에스	산	-	특허	-
100	2.선로 및 제어시스템	안영훈	-	세종기술	산	-	특허	-
101	2.선로 및 제어시스템	윤덕칠	-	서강이엔씨	산	-	특허	-
102	2.선로 및 제어시스템	김용규	팀장	한국철도기술연구원	연	031-460-5434	특허	-
103	2.선로 및 제어시스템	조귀곤	과장	한국철도시설공단	연	032-741-8011	논문	-
104	3.통신시스템	방문진	과장	한국철도시설공단	연	032-741-8017	논문	-
105	4.전력시스템	김형철	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5450	논문	-
106	4.전력시스템	이찬주	-	현대중공업	산	-	특허	-
107	4.전력시스템	석복렬	-	현대중공업	산	-	특허	-
108	4.전력시스템	홍계원	-	한국원자력연구원	연	-	특허	-
109	4.전력시스템	권선칠	-	한국원자력연구원	연	-	특허	-
110	4.전력시스템	김찬중	-	한국원자력연구원	연	-	특허	-
111	4.전력시스템	이희균	-	한국원자력연구원	연	-	특허	-
112	4.전력시스템	원동연	-	한국원자력연구원	연	-	특허	-
113	5.궤도토목	한형석	-	한국기계연구원	연	042-868-7814	사업단	key
114	5.궤도토목	이종민	선임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7199	사업단	key
115	5.궤도토목	김영진	-	대우건설	산	-	특허	-
116	5.궤도토목	김문영	정교수	성균관대학교	학	031-290-7514	논문	-
117	5.궤도토목	한성욱	선임연구원	현대로템	산	031-596-9511	논문	-

No	관련분야	이름	직급	소속	구분	전화번호	출처	비고
118	5.궤도토목	진병무	-	대우건설	산	-	특허	-
119	5.궤도토목	이윤석	-	대우건설	산	-	특허	-
120	5.궤도토목	김인규	-	대우건설	산	-	특허	-
121	5.궤도토목	박성환	책임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7414	논문	-
122	5.궤도토목	권순덕	정교수	전북대학교	학	063-270-2289	논문	-
123	5.궤도토목	이강남	-	현대모비스	산	-	특허	-
124	5.궤도토목	김재홍	-	현대모비스	산	-	특허	-
125	5.궤도토목	김성태	-	현대로템	산	-	특허	-
126	5.궤도토목	이진웅	-	현대로템	산	-	특허	-
127	5.궤도토목	박민우	-	현대로템	산	-	특허	-
128	5.궤도토목	박재현	-	두산인프라코어	산	-	특허	-
129	5.궤도토목	이용범	책임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7151	특허	-
130	5.궤도토목	성백주	책임연구원	한국기계연구원	연	042-868-7159	특허	-
131	5.궤도토목	한녹희	-	효명이씨에스	산	-	특허	-
132	5.궤도토목	우혁근	-	진성토건	산	-	특허	-
133	5.궤도토목	노영채	-	영중산업	산	-	특허	-
134	5.궤도토목	권태수	책임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5263	특허	-
135	5.궤도토목	곽재호	팀장	한국철도기술연구원	연	031-460-5675	특허	-
136	5.궤도토목	김성운	-	대우건설	산	-	특허	-
137	5.궤도토목	정한중	-	대우건설	산	-	특허	-
138	5.궤도토목	신희식	-	대우건설	산	-	특허	-
139	5.궤도토목	김용일	-	대우건설	산	-	특허	-
140	5.궤도토목	김일수	-	대우건설	산	-	특허	-
141	5.궤도토목	김상배	-	케이콘	산	-	특허	-
142	5.궤도토목	김용명	-	케이콘	산	-	특허	-
143	5.궤도토목	김기송	-	세종기술	산	-	특허	-
144	5.궤도토목	윤영준	-	서강이엔씨	산	-	특허	-
145	5.궤도토목	한정우	-	한국기계연구원	연	042-868-7432	논문	-
146	5.궤도토목	민병찬	-	포스코ICT	산	02-2018-7246	논문	-
147	5.궤도토목	홍두영	-	포스코ICT	산	02-2018-7224	논문	-
148	5.궤도토목	우관제	선임연구원	현대로템	산	031-596-9490	논문	-
149	6.역사시설(역사테마)	김영중	-	한국기계연구원	연	042-868-7427	사업단	key
150	6.역사시설(역사테마)	박상철	과장	한국철도시설공단	연	042-607-4047	논문	key
151	7.차량기지(유지보수)	조흥제	-	한국기계연구원	연	-	특허	key
152	7.차량기지(유지보수)	박도영	실장	한국기계연구원	연	042-868-7988	특허	-
153	7.차량기지(유지보수)	강흥식	-	한국기계연구원	연	032-741-8004	논문	-
154	7.차량기지(유지보수)	황종균	-	대명엔지니어링	산	-	특허	-
155	7.차량기지(유지보수)	백종기	부장	한국철도시설공단	연	042-607-4042	사업단	-
156	7.차량기지(유지보수)	박근우	-	현대로템	산	02-3464-7201	사업단	-
157	7.차량기지(유지보수)	전준원	-	현대로템	산	-	특허	-
158	7.차량기지(유지보수)	김이현	선임연구원	한국철도기술연구원	연	031-460-5772	논문	-
159	7.차량기지(유지보수)	정진철	-	한국기계연구원	연	042-868-7041	논문	-
160	7.차량기지(유지보수)	이재경	-	한국기계연구원	연	042-868-7645	논문	-

(11) 자기부상열차 경제성 분석

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 자기부상열차의 건설·운영 부문에 대한 정보를 도출하고 유사 차량 및 기술부문과 비교・분석함으로써, 자기부상열차 우수성을 도출하고 객관적 활용근거를 확보

- 비용·편익 측면에서 자기부상열차의 건설·운영 우위성을 정량적으로 제시하고, 이를 통하여 자기부상열차 수출 타당성을 제시 가능

○ (연구 추진목표) 도시형자기부상열차의 주요 경제성과 도출 항목으로 운

영비와 건설비 부문을 설정하고 이에 대한 자기부상열차의 경제성 도출

- (건설비용) 사업비 및 자체(차량)나 교량 부문에서 소요되는 비용의 경제적 우수성을 도출
- (운영비용) 시스템 이용 및 안전성 측면과 이용자(수요자) 관점에서 도출되는 경제적 이점을 확인

(나) 추진방법

○ (추진프로세스) 철도산업은 직·간접적으로 많은 산업과 밀접한 연관관계를 맺는 특성을 가지고 있어, 경제적 분석 항목으로 크게 건설·운영 부문을 설정하고 이하 연계 항목에 대한 경제성 분석을 실시함

[표 275]경제성 분석 프로세스

경제성 분석 대상부문 도출	☐ **도시형 자기부상열차 경제성 분석을 위한 조사·분석 범위 설정** ○ 건설비용적 부문과 운영비용적 부분에 대한 비용·편익 조사/분석을 실시하기로 결정
⬇	
건설 · 운영 부문 경제성 분석 실시	☐ **도시형 자기부상열차 건설·운영·기타 부문별 경제성 분석 실행** ○ (건설부문) 건설비용 측면 및 차량 경쟁력 측면을 고려 ○ (운영부문) 이용자 측면 및 안정성 측면을 고려 ○ (기타부문) 정책적 및 환경적 측면을 고려
⬇	
추후 활용성과 및 기대효과 도출	☐ **도시형 자기부상열차 활용을 통해 기대되는 파급효과 도출** ○ 국내외 기술 첨단화, 철도산업시장 확대, 매출성과 상승 등의 다양한 기대효과 및 연계분야로의 파급성과 창출 가능

(다) 자기부상열차 경제성분석 결과

○ 건설비용 부문

- 자기부상열차는 지상(고가) 및 지하용으로 모두 활용 가능하며, 전체 건설비용에는 타 경전철과 비슷한 비용이 소요되지만, 자기부상열차는 슬라브(바닥판)가 없는 거터 시스템 채택을 통해 건설비를 절감할 수 있음

  * 거터시스템 : 물을 배수시키고 개구부의 밀폐를 돕는 시스템

  : 또한, 자기부상열차는 운행 중 진동 및 소음이 거의 발생하지 않아 방음벽 등의 관련 건설대책 마련이 불필요함
- 열차 차륜방식별 소요되는 건설비를 비교한 결과, 자기부상열차 건설비가 고무차륜방식 열차 건설비의 약 1/2에 해당하는 것으로 나타남

  : 서울시 지하철 9호선의 건설비가 1km 당 약 941억원인 것에 견주었을 때, 상당한 경제적 성과를 창출할 수 있는 부분임

[표 276]열차 차륜방식별 경제성 분석(km당 건설비)

방식	km당 건설비
고무차륜	평균 850억원 (미국기준)
철차륜	평균 515억원 (미국기준)
자기부상	평균 435억원 (한국-인천도시형자기부상열차, 중국-상하이노선, 일본-나고야)

: 최근 국내에서 실시된 경량전철 사업을 바탕으로 건설비용을 분석한 결과, 고가 건설 측면에서 모노레일은 상대적으로 저렴하지만 지하 건설 시 경제적 측면에서 불리하며, 자기부상열차의 경우 건설특수성(연약지반, 염해방지 등)을 반영한 고가 건설뿐만 아니라 일반 도심지 지하 적용에서도 경제성 확보가 가능함

[표 277]열차 차륜방식별 경제성 분석(km당 건설비)

구 분	고무 AGT	철제 AGT	LIM	모노레일	자기부상
Km당 건설비 (억원)	416.1	474.5	551.7	414.0	423.2
적용사업	의정부 경전철	부산~김해 경전철	용인 경전철	대구도시철도 3호선	영종도 시범노선

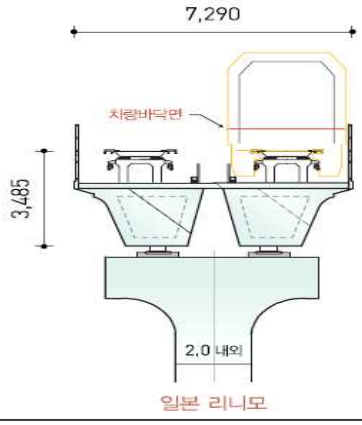
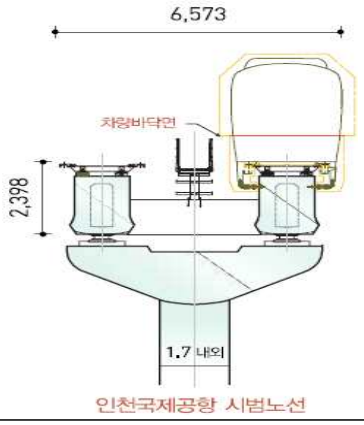
※ 2009년 단가로 환산 적용

- 한국 기술로 개발된 자기부상열차 차량은 일본 도시형 자기부상열차(리니모) 대비 건설비 감축 측면에서 우수한 경쟁력이 있음

: 리니모(일본)는 전체 구조물에 슬라브(바닥판)가 있어 전체적으로 구조물이 육중하고 건설비용이 높게 책정되는 반면, 한국의 자기부상열차는 슬라브(바닥판)가 없어 슬림화된 형태를 지니고 있어 비용적 측면은 물론 미관상으로도 우수한 경쟁력을 지님

: 특히, 인천국제공항의 도시형자기부상열차의 경우 리니모(일본) 건설비의 절반 이하정도의 건설비를 소요함으로써 가격 경쟁력을 입증하였음

[표 278]리니모, 실용화차량 경쟁력 비교

구분	리니모(일본)	실용화차량(한국)
특징	- 슬라브(바닥판), 거더, 주행장치로 구성 - 슬라브(바닥판)가 있어 전체적으로 구조물 육중	- 주행지지대 겸용 거더로 구성 - 슬라브(바닥판)가 없어 구조물 슬림화
건설비	1,000억원/km (1997년 불변가격/환율기준)	427억 원/km (2009년 대안설계가격)
구조물	 일본 리니모	 인천국제공항 시범노선

* 출처 : 도시형 자기부상열차 실용화 사업(도시형 자기부상열차 실용화 사업단)

- 자기부상열차는 현재 순수 국내기술 및 제품(97%이상)으로 건설이 가능하기 때문에 유지보수품의 조달이 용이하고 개발 및 활용 비용이 저렴함

○ 운영비용 부문

- 자기부상열차는 바퀴, 베어링, 기어박스 등과 같이 바퀴식 열차에서 주기적으로 보수 또는 교체되는 기계부품을 필요로 하지 않기 때문에, 일반 바퀴식 열차의 약 60~70% 정도의 비용 절감효과 도출이 가능함
  : 대전 1호선 대비 64%의 차량 유지보수비 절감효과 도출이 가능한 것으로 분석(대전도시철도공사 분석결과)되었으며, 현재 센서류를 제외한 거의 모든 부품이(약 97%) 국산화되어 유지보수품 조달이 용이해짐
  : 독일의 경우, 고속전철과 자기부상열차의 유지보수비를 비교했을 때, 자기부상열차가 일반 고속전철 1/3 정도의 저렴한 비용으로 유지보수가 가능함

[표 279]독일 고속전철과 자기부상열차 운영비 비교

구분	고속전철(ICE)	자기부상열차(Transrapid)
차량유지보수비	6.2원/좌석·km	2.5원/좌석·km
궤도유지보수비	17.0원/좌석·km	4.8원/좌석·km
전체시스템 유지보수비	23.2원/좌석·km	7.3원/좌석·km

- 자기부상열차와 일반경전철의 운영비 구조를 비교했을 때, 자기부상열차는 인건비와 유지보수비 부분에서 거의 절반에 이르는 절감효과를 도출 가능함

  : 일반 경전철의 운영비 구성을 살펴보면, 인건비와 유지보수비가 전체 운영비의 약 80%를 차지하는 것으로 나타나 열차 개통 이후 운영과정에서 관리 및 유지보수 부문에 지속적인 노력이 요구됨을 알 수 있음

  : 또한, 자기부상열차의 경우 완전자동무인운전이 가능하기 때문에 추후 자동무인운전기능 도입 시 인건비에서도 큰 절감효과를 도출할 수 있음



[그림 855]경전철의 운영비 구조

- 도시형자기부상열차는 차체가 궤도를 감싸는 안전한 구조로 인해 열차 운행 과정에서 탈선, 펑크, 전복의 염려가 없고, 전자기장을 활용한 구동원리에도 불구하고 일반열차와 동일한 수준의 전자파가 발생하는데 그쳐 인체에 안전함을 입증 받음

○ 기타비용 부문

- 자기부상열차의 경우 노면·고가·지하 형태의 적용이 모두 가능하고 자체 효율성도 비슷해 타 열차차량에 비해 활용도가 우수함

  : 실제 열차 차량을 일반 교통체계에 적용할 때, 기존 도로 교통체계를 반영한 효율적인 건설계획 수립이 요구됨

[표 280]차량 시스템별 교통체계 적용방안 비교

구분	교통체계 적용 여부
고무·철제차륜 AGT, LIM, 모노레일, **자기부상**	▸ 전용주행로가 다른 차량과 분리 가능함 ▸ 고가 및 지하 형태의 전용통행로 확보가 가능함
노면전차	▸ 노면을 주로 이용 ▸ 교차로 간격이 짧고 회전교통량이 많은 원도심지 도로에 부적합

- 자기부상열차는 소음 및 진동에 의한 피해가 거의 없고, 아름다운 외관을

갖추고 있어 도시 이미지 제고와 시민의 친밀감 향상에 적합함

: 열차 차량이 도심지나 주거지역 통과할 경우 차량의 소음, 진동, 배기가스 등의 외부 피해를 최소화하고, 지상 구조물 설치 시에도 외관상 이미지 등 민원발생 요소들을 고려한 대응방안이 필요함

[표 281]차량 시스템별 환경적 측면 비교

구분	환경적 측면
철제차륜 AGT, LIM	▸주행 시 소음발생
고무차륜 AGT	▸경량화된 차체 보유 ▸선로구조물의 슬림화가 가능 ▸미관이 수려함
모노레일 및 **자기부상**	▸차량자체가 외부로 노출되어 생동감 부여 ▸미관이 수려함 ▸건설기간이 짧아 시민불편 감소에 효과적

○ 기대효과 및 파급효과

- 철도산업은 직·간접적으로 많은 산업과 밀접한 연관관계를 맺고 있어, 철도 산업의 산출량 증가는 다른 산업의 투자 및 파급효과 발생으로 연계됨
- 인천공항 내 도시형 자기부상열차 실용화사업을 통한 경제자유구역 활성화, 공항브랜드 가치상승, 지역 관광산업 견인 및 활성화 등을 기대할 수 있음

  : 도시형 자기부상열차 실용화사업의 지역경제파급효과는 생산유발 측면에서 1조 963억원, 부가가치 측면에서 2,918억원, 고용유발 측면에서 1만 940명으로 예상됨

[표 282]경제적 파급효과 추정 결과

구분	비용(억원)	생산유발(억원)	부가가치(억원)	고용유발(명)
철도시설(건설비)	5,127	14,948	4,058	14,742
철도차량(차량비)	563	2,016	287	1,616
철도서비스(운영비)	3,933	8,181	3,186	11,289
합계	9,633	25,145	7,531	27,647

* 출처 : 자기부상열차 실용화 사업에 대한 예비타당성 조사"(2005), 한국철도기술연구원

- 대전철도 2호선 예비타당성 조사 과정에서 제시 노선에 대한 차량 시스템별 건설비 및 운영비 등을 종합 분석한 결과, 자기부상열차가 가장 경제적인 것으로 확인됨

  : 고무차륜 AGT 3,505억원, 모노레일 3,335억원, 자기부상열차 3,318억원

으로 조사됨

- 자기부상열차는 국내에서 실용화사업을 적용하고 대전철도로의 도입을 고려하는 등 추후 지속적인 활용 확대 가능성이 예고되고 있으며, 해외의 경우 아시아, 호주, 남미, 북미, 유럽 등에서 향후 20년간 총 500여개의 신교통 시스템 노선 검토 추세에 따라 추후 관련 산업으로의 확대가 기대됨

: 국내외 수요 예측 및 이에 따른 매출발생액을 추정한 결과 2020년까지 총 16km의 노선과 5,060억원의 성과를 예상할 수 있음

[표 283]자기부상열차 국내외 수요 및 매출발생액 예측자료

구분	2015	2016	2017	2018	2019	2020
국내	6	6	6	6	6	6
해외	10	10	10	10	10	10
합계(km)	16	16	16	16	16	16
국내	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760	2,760
해외	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300	2,300
합계(억원)	5,060	5,060	5,060	5,060	5,060	5,060

* 출처 : 자기부상열차 실용화 사업에 대한 예비타당성 조사"(2005), 한국철도기술연구원

- 국제수준의 도시형자기부상열차 기술 개발을 시작으로 국내 산업의 첨단 기술 인지도 향상 및 철도산업 수출 활성화 도모로 국내외 산업시장 확대 성과를 창출할 수 있음

(12) 선진국 대비 국내 기술 분야별 기술 Gap 조사

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 국내 자기부상열차 제품 및 기술수준 부문에 대한 세계 선진국과의 비교·분석을 통하여 국내 제품개발 및 기술신장 방향성 설정에 반영

- 자기부상열차 제품·기술관련 국내 입지를 확인하고, 국가별 비교·분석 결과를 반영한 해외 시장진입전략 수립 가능

○ (연구 추진목표) 국내 철도 차량 비교분석 및 도시형 자기부상열차 국내외 기술·제품 사양에 대한 비교분석 실시

- 국내 철도차량 차륜방식을 기준으로, 도시형 자기부상철도·철제차륜 경전철·고무차륜 경전철의 사양을 비교
- 추가적으로, 경량전철 시스템별 특성 비교 실시

: 무인자동대중교통수단(AGT)*, 모노레일, 노면전차, 간선급행버스체계(BRT)**, 자기부상열차 비교

* AGT : Automatic Guided Transit / ** BRT : Bus Rapid Transit

- 자기부상열차 기술 보유 선진국 대상, 기술 및 제품사양 Gap & History 분석

: 한국 자체 보유 기술과 미국, 영국, 독일, 일본, 중국 5개 국가 비교

(나) 추진방법

○ 국내 철도차량 및 국내외 자기부상열차 기술·제품 사양 비교분석을 통한 국가별 기술·제품 동향 도출

- 국내 철도차량 비교대상

: 도시형 자기부상철도, 철제차륜 경전철, 고무차륜 경전철

- 국내외 도시형 자기부상철도 분류항목

: 열차, 선로시설, 신호 및 열차제어설비, 전력시설

- 국내외 도시형 자기부상철도 비교 대상국가

: 한국 對 미국, 영국, 독일, 일본, 중국

[표 284]국내외 기술·제품수준 조사 프로세스

국내 철도차량 비교 분석

☐ **국내 철도차량에 대한 사양 비교분석 실시**
○국내 차륜방식별 시스템 특성 비교
: 도시형 자기부상철도, 철제차륜 경전철, 고무차륜 경전철
- 경제적 측면비교 : 건설비, 차량구입비, 유지보수비 등
- 시스템 사양비교 : 소음, 진동, 분진, 승차감, 마모 등
○국내 경량전철별 시스템 특성 비교
: 무인자동대중교통수단(AGT), 모노레일, 노면전차, 간선급행버스체계(BRT), 자기부상열차
- 시스템 사양비교
: 승객정원, 차량 수, 수송능, 차륜형태, 최고속도, 회전반경 등

⬇

국내외 자기부상열차 기술·제품 비교분석

☐ **국내외 자기부상열차 기술·제품연구 성과비교분석**
○자기부상열차 기술의 분류체계 수립(4개 분류)
: 열차·선로시설·신호 및 열차제어설비·전력시설
○주요 자기부상열차 기술 보유 국가별 연구개발성과 비교
: 한국·미국·영국·독일·일본·중국 (6개국) 비교분석
- 비교내용
: 자기부상열차개발역사·기술/제품 4대 분류별 개발내용·프로젝트 추진사항

⬇

국내외 자기부상열차 기술·제품 Gap Board & History Board 도출

☐ **국내외 자기부상열차 기술·제품 관련 동향분석**
○국내외 주요 기술·제품분야별 연구 성과의 동향 분석
: (Gap Board) 국내외 자기부상열차 기술·제품의 일반/특수 사양을 "중·저속형/초고속형"으로 구분 및 비교분석
: (History Board) 국가별 자기부상열차 기술·제품 연구개발 결과를 "열차/선로시설/신호 및 열차제어설비/전력시설"로 구분하여 시계열 분석
○분석 결과는 향후 기술·제품개발 목표 수립 및 시장진입전략에 활용 가능

○ 국내외 자기부상열차 비교분석 결과는 향후 국내 자기부상열차 산업에서

장기적인 기술·제품 방향성을 설정하고, 국가별 신규 시장진입 전략을 수립하며, SOC 산업지원 부문을 다각적으로 분석하는 활동 등에 기반자료로 제공 및 활용 가능함

(다) 국내외 기술·제품수준 조사결과

□ 국내 철도 기술·제품수준 조사결과

○ 국내 철도차량 중 차륜방식과 경량전철의 사양 및 시스템을 비교 분석함으로써, 기술·제품별 특성 및 특징을 파악

○ 차륜방식비교

- 국내 열차의 차륜방식별 경제적·시스템 측면의 사양 분석을 실시하고, 제품별 기술 특성을 확인

[표 285]차륜방식별 특성 비교

구분			도시형 자기부상철도	철제차륜 경전철 (용인 LIM)	고무차륜 경전철 (K-AGT)
경제적 측면	건설비		96%	100%	96%
	차량구입비		90%	100%	70%
	동력비		120%	100%	100%
	운영비		중	고	중
	유지보수비	인건비	80%	100%	90%
		부품비	50%	100%	100%
		평균	70%	100%	95%
	유지보수 설비 소요		거의 없음	▸차륜삭정을 위한 선반 및 전삭기 ▸차륜압입 용 윤축프레스 ▸차축 결함조사를 위한 차축 초음파 탐상기 ▸축상 및 구동부 베어링 유지보수설비 ▸회전형 모터 분해조립 설비	▸작동구동부 베어링 유지보수설비 ▸축상 및 구동부 베어링 유지보수설비 ▸회전형 모터 분해조립 설비
시스템 비교	소음	실내	65dB(A)	70dB(A)	75dB(A)
		실외	65~67.3dB(A)	77.5~82dB(A)	77.5dB(A)
	진동		0.02g	0.1g	-
	분진발생		없음	철 분진 발생	철/고무 분진 발생
	승차감(Wz)		1.4Wz(우수)	2.5Wz(양호)	2.5Wz(양호)
	가감속		비점착 주행으로 높은 가·감속 가능	속도, 레일면의 상태에 따라 공전·활주가 발생함	
	마모		레일의 마모가 없음	차륜과 레일이 마모됨	
	안정성		▸대차가 레일을 감싸 전복/탈선 우려 없음	▸곡선 주행 시 힘의 축 1/3이탈 ▸불안정한 좌우운동 ▸차륜 손상 시 탈선/전복 우려	▸안내차륜이 있어 다소 안전 ▸주행마찰로 타이어 손상 우려

○ 경량전철비교

- 국내 경량전철별 시스템 특성을 비교분석 하고, 국내 최신 기술인 자기부상열차 시스템의 사양을 비교

: 무인자동대중교통수단(AGT), 모노레일, 노면전차, 간선급행버스체계(BRT), 자기부상열차의 특성을 구분

[표 286]경량전철 시스템별 특성 비교

구분	무인자동대중교통수단(AGT)			모노레일		노면전차	간선급행버스체계(BRT)	자기부상열차
	고무차륜	철제차륜		과좌식	현수식			
		로터리	LIM					
승객정원(량)	60~90	75~100	60~130	45~80	79~82	110~120	60~240	60~120
차량수(편성)	2~6	2~4	1~6	2~6	2~3	1~7	1~2	2~4
수송능력(시간·방향)	7,000 ~25,000	17,000 ~20,000	25,000 ~30,000	3,200 ~20,000	3,000 ~12,000	5,000 ~15,000	5,000 ~12,000	5,000 ~25,000
차륜형태	고무차륜	철제차륜	소형철제	고무차륜	고무차륜	철제차륜	고무차륜	자기판
최고속도(km/h)	60~80	70~80	80~90	56~85	65~75	80	50~60	80~110
최급구배(%)	5~7	4~6	5~6	8~10	6~7.4	4~8	-	8
최소회전반경(m)	30~35	25~40	70~100	50~120	50~90	20	20	50~60
특징	▸대량수송대체수단·도시교통용 운영 ▸무인자동운전 가능	▸대량수송능과 저렴한 유지비용 ▸소음, 진동이 큼 ▸무인자동운전 가능		▸하나의 궤도 위를 고무타이어 또는 철제차륜에 의해 주행 ▸건설비 저렴, 상업운전용이 ▸탈선위험 적어 안전도 높음		▸도로면 궤도 설치로, 노면 교통과 공유가능 ▸바닥 낮아 승차편리, 유지비 저렴 ▸차량과 혼재 운행으로 밀집도시 부적합 ▸무인자동운전 가능	-	▸전자석 흡입력에 의해 차량 부상/Linear motor 의해 추진 ▸저소음, 저진동, 저렴한 건설.운영비로 新 교통시스템 적합
적용사례	(국내)부산-반송선 (경산, 2.4km) (국외)일본 프랑스, 미국, 캐나다	(국외)일본, 독일		(국외)일본, 독일, 미국, 호주		(국내)전국(계획중) (국외)일본, 독일, 프랑스, 북한 / 유럽 전역상용	-	(국내)기계연구원(1.3km)/과학공원(1km) (국외)일본(나고야, 8.9km)

○ 도시형 자기부상열차 비교

- 도시형 자기부상열차의 경우 정부차원의 실용과 사업 수행을 통하여, 旣 개발된 자기부상열차 성능/규격을 개선하였음

[표 287]도시형 자기부상열차 실용화 목표 성능 및 규격

구분	실용화목표	기존 개발 모델	
		UTM-01(국책연구)	UTM-02(중기거점)
차량치수	기본설계중 (소형화)	길이 : 13.5m / 폭 : 2.9m / 높이 : 3.5m	길이 : 13.5m / 폭 : 2.9m / 높이 : 3.5m
승차인원	최대 93명/량 (만차기준)	좌석 : 40인/량 최대 : 120인/량	좌석 : 22인/량 최대 : 100인/량
공차중량	20톤/량 이하	22톤/량	26톤/량
설계최고속도	110km/h 이상	110km/h	110km/h
운행최고속도	100km/h 내외 (실용화노선상)	70km/h (기계연 시험선로상)	80km/h (기계연 시험선로상)
곡선주행능력	50mR 이하	60mR	60mR
언덕주행능력	7/100 이상	6/100	6/100
열차운행	ATO / 무인자동운행	수동운행	자동운행 가능
가속도	1.1 m/Sec^2	0.8 m/Sec^2	1.0 m/Sec^2
차내소음레벨	60 dBA 이하	65 dBA 내외	65 dBA 내외
궤도	궤간 : 1.85m	궤간 : 2.0m	궤간 : 2.0m
	분기속도 : 25초 이내	분기속도 : 100초	분기기 : 없음 (과학관 노선)

□ 국내 자기부상열차 기술・제품 분류기준

○ 도시형 자기부상열차 실용화사업 중, “도시형 자기부상열차 및 시설분야 표준규격”분류를 기반으로 기술・제품 분류체계(4분류) 구성

- 동 세부항목을 기준으로 국가별 기술・제품 동향분석을 실시함
- 도시형 자기부상열차 세부 시장전략 수립에 활용된 자기부상열차 분류 항목(7분류)은 하기 기술・제품 분류에 매칭 및 적용함

[표 288]자기부상열차 기술・제품 분류

구분	항목	7분류별 매칭
열차	대상, 부상, 추진, 제동장치 등	①철도차량
선로시설	선로선형, 구조물, 건축물, 선로설비 등	②선로 및 제어시스템, ⑤궤도토목, ⑥역사시설(역사테마), ⑦차량기지(유지보수)
신호 및 열차제어설비	지상설비, 차상설비, 운전모드, 상호운영 인터페이스 등	②선로 및 제어시스템, ③통신시스템
전력시설	전자선로설비, 전력공급시설 등	④전력시스템

□ 국내외 자기부상열차 기술・제품 개발동향 조사결과

○ 6개 국가별* 자기부상열차 도입 역사 및 개발된 기술・제품의 사양과 프로젝트 추진 이력을 비교/분석함으로써, 향후 국내 자기부상열차 기술연구 및 제품개발 부문의 시장진출 방향성 확보와 실용화 전략 도출에 활

용 가능함

* 한국・미국・영국・독일・일본・중국

- (자기부상열차 개발역사)국가별 자기부상열차 개발 역사를 시계열로 조사하고, 각 연도별 핵심 키워드를 도출함으로써 자기부상열차 연구개발 시사점 도출을 지원함
- (기술/제품 4대 분류별 개발내용)국가별 자기부상열차의 기술・제품을 4대 분류별로 정리 및 비교하여 해당 국가가 주력하는 자기부상열차 기술 및 제품을 분석함
- (프로젝트 추진사항)기존에 추진하였거나 현재 추진 중인 자기부상열차 관련 프로젝트를 조사하여 국가별 자기부상열차 연구개발 이슈사항을 확인함

① 한국

▶ 국내 자기부상열차 기술・제품개발 현황은 크게 민간기업 주도의 연구개발과
정부주도 연구사업의 개발로 구분됨

○ 자기부상열차 개발역사

- 한국의 자기부상열차 연구개발사업은 크게 민간주도와 정부주도의 방향으로 구분 진행되었으며, 민간 기업은 1985년부터 정부는 1989년부터 연구개발에 착수하였음

: 민간에서는 당시 열차・차량부문 대기업인 현대정공과 대우중공업이 주축이 되어, “기초연구-실험연구-유인차량개발-대전 엑스포 박람회 기획차량개발”순으로 자기부상열차 연구개발이 진행됨

: 정부차원에서는 국책연구개발사업을 통하여 과학기술부와 산업자원부의 지원을 통한 과제가 발굴 및 추진되었으며, 2006년부터 최근(2013년 6월)까지는 “도시형 자기부상열차 실용화사업”을 통하여 도시형 자기부상열차 실용화 사업을 추진하였음

[표 289]한국 자기부상열차 개발역사

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
민간주도(기초연구・실험연구・유인차량개발・EXPO ′93차량)			
1985	현대정공 자기부상열차 연구개발 착수	연구개발착수	□○△◇
1989	대우중공업 자기부상열차 연구개발 착수	연구개발착수	□○△◇

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
1989	현대정공 자기부상열차 모형(HML-01)개발완료 (차량길이 30cm / 궤도길이 1.3m / 부상공극 3mm)	HML-01	□
1991	현대정공 자기부상열차 모형(HML-02)개발완료 (승차인원 8명 / 설계속도 40km/h / 궤도길이 30m)	HML-02	□○
1992	대우중공업 자기부상열차(DMV-92) 개발 및 운용 (승차인원 40명 / 설계속도 40km/h / 궤도길이 120m)	DMV-92	□
1993	현대정공 자기부상열차 HML-03 개발 및 활용(EXPO) (승차인원 40명 / 설계속도 100km/h / 선로길이 560m)	HML-03	□○△
정부주도(국책1·2·3단계 사업 및 중기거점사업)			
1989	자기부상열차 국책사업 착수	국책사업착수	□○△◇
1990 ~ 1993	▸자기부상열차 기본개념 정립 ▸축소형·실차형 부상추진 시스템 개발 ▸100m시험선로 및 대차개발 ▸소형 시작모델 제작	기본개념/ 축소된 실차모델/ 시험선로	□○△◇
1998	시험선 건설(1.1km) 및 시제차량 제작(110km/h, 110명)	시험선/차량	□○
1999	▸실용화연구 ▸무인 자동운전 시스템 개발 ▸고속분기기 개발 ▸기술개선 및 성능향상	실용화/ 무인자동운전/ 고속분기기	△
2006	▸무인자동운전 실용화 모델 개발(110km/h) ▸시스템 신뢰성 및 안정성 개선	무인자동 운전 실용화	△
정부주도(도시형 자기부상열차 실용화사업)			
2006 ~ 2013	▸시스템통합 - 사양추적관리 / RAMS·LCC 분석 / 시험평가 / 법령 및 규정개선 ▸차량개발 - 차량개발 및 제작 / 부상·추진시스템 성능개선 / 주행특성 향상 ▸시범노선구축 - 시범노선 건설 및 구축 총괄 / 선로구축물 성능개선 / 분기기 개발	시스템통합/ 차량개발/ 시범노선구축	□○△

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

□ 민간주도

- 민간기업 주도의 연구개발은 1985년 현대정공을 시작으로, 이후 1989년 대우중공업으로 이어지면서 지속적인 성장 개발을 이어옴

: 舊 현대정공은, 1989년 자기부상열차 모형(HML-01)개발 완료 후, 최초의 유인 자기부상열차(HML-02) 개발을 완료하고, 이후 대전 EXPO 전시를 위한 HML-03모델을 개발 및 활용하였음

: 舊 대우중공업은 산·학·연 연계협력을 통하여 Prototype 부상 및 추진 Module 테스트를 완류하고 자기부상열차(DMV-92)를 개발 및 운용한 바 있음

[표 290]민간기업 주도 자기부상열차 연구개발 추진현황

구분	기초연구	실험적 연구	유인차량 개발		EXPO'93차량
기간	'85.1 ~ '88.6	'88.7 ~ '89.7	'89.7 ~ '91.1	'90.7 ~ '92.12	'91.1 ~ '93.11
모델	-				
		HML-01	HML-02	DMV-92	HML-03
제원 및 특징	-	-차량길이:30cm -궤도길이:1.3m -부상공극:3mm	-승차인원:8명 -설계속도:40km/h -궤도길이:30m	-승차인원:40명 -설계속도:40km/h -궤도길이:120m	-승차인원:40명 -설계속도:100km/h -선로길이:560m
내용	-기초자료 수집 -해석Tool 개발	-부상, 추진기술	-국내최초 유인 -대차, 궤도기술	-기본기술 -실차 규모	-EXPO'93전시운행 -3,300km 주행 -12만명 승객수송 -실차형 기술개발
연구비	4.5억원	2.7억원	9.2억원	-	200억원 (차량56억원)
총계	216.4억원+α				

□ 정부주도

- 1989년부터는 과학기술처의 국책연구개발사업의 일환으로 자기부상열차 관련 개발에 대한 정부지원이 시행됨. 특히 사업단 발족을 기점으로, 자기부상열차 관련 연구에 보다 체계성과 집중성이 강화되었음

: (국책 1단계-과학기술부) 사업단 소속 2개 연구팀*의 실험연구로서 상전도 선형유도추진방식의 소형 시험모델을 개발 완료함

* 해사연구소 : 총중량 800kg급 3인승 모델 KIMM-01 제작 /
전기연구소 : 총중량 3,000kg급 4인승 모델 KOMAG-01호 제작

: (국책 2단계-과학기술부) 한국기계연구원(주관)·舊 현대정공(참여)·한국전기연구소(협동) 등 협력 사업으로, 동 연구를 통해 개발된 차량*에는 시험선로 운행을 통한 주행시험 및 성능검증/개선 작업이 시행됨

* 프로토타입 차량(UTM-01, 2량) 개발

:(국책 3단계-과학기술부) 운행자동화 기술, 선로 분기기(Switching) 기술 등의 보강작업을 수행하고, 차량의 신뢰성/안전성 확립을 목표로 실시됨. 초기 2년 계획으로 예정되었으나, 과학기술부의 과제종료 조치로 1년간 과제를 수행한 후, 총리실 산하 산업기술연구회* 소관 연구비로 후속연구가 진행됨

* 한국기계연구원 소속

:(실용화 1,2단계-산업자원부) (주)로템의 총괄주관 하에 자기부상열차 실용화 모델 개발이 진행 중에 있음. 동 과제는 중기거점기술개발로 2개 정부출연 연구기관*과 6개 기업**이 참여함

* 한국기계연구원 · 한국생산기술연구원

** ㈜한터기술 · ㈜우성마그네트 · 유진기공산업㈜ · ㈜한국화이바 · ㈜세전시스텍 · ㈜유일엔시스 · ㈜마니정보

[표 291]정부주도 자기부상열차 연구개발 추진현황

구분		국책 1단계	국책 2단계	국책 3단계	중기거점
기간		'89.12 ~ '93.7	'94.5 ~ '98.8	'98.11 ~ '99.8	'03.10 ~ 현재
모델					
내용		-기본개념 정립 -축소형 및 실차형 부상추진 시스템 -100m 시험 선로 대차개발 -소형 시작 모델 제작	-시험선 건설 -2량 1편성 시제차량 제작 (110km/h, 110명)	-실용화 연구 -무인 자동운전 시스템 개발 -고속분기기개발 -기술 개선 및 성능 향상	-무인자동운전 가능한 110km/h급 2량 1편성 실용화 모델 개발 -시스템 신뢰성 및 안정성 구축
연구비	정부	45.0억원	121.0억원	48.0억원	47.69억원
	민간	-	30.0억원	5.5억원	22.85억원(현물제외)
	합계	45.0억원	151.0억원	53.5억원	70.54억원
	총계	249.5억원(정부 214억원, 민간 35.3억원)			70.54억원
시험선 건설		-	-시험선(1.1km) -건설비 : 62억원 -부지매입 : 11억원	-시험선 200m연장 -부지매입 및 건설(28억원)	-차량유지보수설비(역사) 개선

- 現 국내 자기부상열차의 연구개발은 차량시스템에 집중된 양상을 보이고 있어, 기타 시스템의 시험/인증 및 법/제도적 정책기반 조성 등 실용화 관련 지원이 미비한 상태임
- 실질적 자기부상열차 실용화 실현을 위해서는 시험노선을 확장하고, 다수 시험운행 실적 확보를 위한 지원 노력이 촉구됨
  : 중장기적으로 국내 자기부상열차 실용화 및 상용화를 목적으로 시험평가 조직을 수립하고, 시험선로를 활용한 시험주행 테스트 및 차체·시스템 관련 안정성과 신뢰성 향상

○ 기술・제품 4대 분류별 개발내용

- 한국은 대기업의 주도로 자기부상열차 기술개발에 착수하였으나 이후 정부차원의 적극적인 지원으로 지속적인 연구개발을 이어 왔으며 기존에 개발된 기술에 대한 지속적인 개선・보완을 수행한 결과, 국내 자체 기술의 도시형 자기부상열차를 개발 및 실용화하기에 이르렀음

  : (열차) 110km/h급 주행이 가능한 도시형 자기부상열차(2량 1편성)를 개발하고, 차체 중량 저감을 비롯하여 각종 신호・제어설비 등의 장비가 적용 및 활용 가능하도록 호환성을 높이고 있음. 시험운행 과정을 통하여 구조・진동・충격・동특성 해성 기술을 개발하고, 차량부품 설계 개선을 통하여 경량성과 고성능을 추구함

  : (선로시설) 시험주행을 통하여 지속적인 선로설비와 역사에 대한 유지보수를 실시하고 있으며, 선로기술 고도화를 통하여 차량・가이드웨이 간격 유지 및 제어기술을 보완함. 또한, 제어부 설계 기술을 개선함으로써 차량 운행 시 위한 동적 안정성을 강화함

  : (신호・제어설비) 한국은 국책사업 3단계(1998년)에서 무인자동운전 시스템 연구개발에 착수해 이듬해 시스템 구축을 완료하였으며, 신호시스템 관련 기술의 개발 및 시험 주행을 실시하여 장치 간 호환성과 신뢰성 강화를 위해 노력하고 있음. 향후 추가적인 인터페이스 기술 보완과 정보처리기술 및 네트워크 기술지원을 강화함으로써 보다 안정화된 시스템 구축 지원이 가능할 것으로 기대됨

  : (전력시설) 현재 개발된 자기부상열차는 자체적으로 전력 공급 장치 및 설비를 개발 완료하고, 지속적인 시험평가 과정을 거쳐 개선・보완 중에 있음

[표 292]국내 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용

구분	항목	Key-Point
열차	▸110km/h급 2량 1편성 차량개발 ▸중량저감 및 각종기기 적용 가능한 최적설계기술 개발 ▸구조/진동/충격/동특성 해석 기술 개발 ▸차량부품 경량설계 및 성능 고도화	▸경량차량개발 ▸최적화・고도화
선로시설	▸시험주행/유지보수 설비 및 역사 성능개선 ▸차량과 가이드웨이 간격 유지 및 제어기술 ▸동적 안정성 유지를 위한 제어부 설계기술	▸부상간격유지 ▸동적안정성
신호 및 열차제어설비	▸무인자동운전 가능한 시스템 구축 ▸신호시스템 기술개발 및 시험주행으로 시스템 신뢰성/안정성 제고 ▸(ATP)고성능 속도제어장치 및 검지장치 개발, 신호검지용 안테나 개발, 릴레이 연동장치기술 개발 / (ATO) 시스템기술개발 / (TTC) 기술 개발 ▸장치 간 인터페이스 및 정보처리기술, 차량 간 네트워크 기술 개발	▸시험・검증실시 ▸무인・자동 시스템 구축 ▸신호연계・네트워크
전력시설	▸전력 공급 장치/설비 성능개선	▸장지・장비 성능개선

○ 프로젝트 추진사항

- ❶ 국립중앙과학관 자기부상열차

: 대전 국립중앙과학관과 엑스포과학공원을 연계하는 자기부상열차 시스템 구축하고 체험운영을 지원함으로써, 국민 체험과 공원 활성화 지향에 목적한 자기부상열차 설치사업을 시행함

: 동 사업을 바탕으로 설치 운영된 자기부상열차 시스템은, 특수 수요자와 일부 구간을 대상으로 이용자 운임을 징수하는 국내 최초 자기부상열차 상업노선의 의미를 나타냄

: 하지만 동 설치 노선은 시·종착역만 운영하는 시험노선의 성격이 강하기 때문에, 향후 다른 노선 및 시스템과의 호환성을 고려하여 추가 연장 및 확대 운영 여부를 고려해야 함

: 국내 자기부상열차 운행 실현을 통하여 旣 자기부상열차를 도입 및 운영 중인 해외 시스템과의 경쟁성 확보여부를 확인할 수 있을 것으로 기대됨

[표 293]자기부상열차 설치사업(국립중앙과학관~엑스포과학공원) 개요

항목	사업주체	사업기간	궤도건설	역사건설	설계최고속도 (운행최고속도)	본선최소 곡선반경	교량설계	시스템 설계
내용	국립중앙 과학관	2005.01 ~ 2007.03	995m (단선)	(신규)1개/ (증축)1개	110km/h (80km/h)	600m	충격계수 0.30 / PSC박스형식	교류22.9kv /직류1500V



- ❷ 인천공항 자기부상철도

: 국토해양부와 한국건설교통기술평가원의 주관 하에, “도시형 자기부상열차 실용화사업”을 수행함으로써 승객수송용 차량개발, 시범노선 구축 등 상용화 기반조성 사업을 추진함

: 국가연구개발사업인 “도시형 자기부상열차 실용화사업”은 개발된 기술의 국내외 시장진출 지원을 위한 상용화 기반을 마련하고, 도시형 자기부상열차 시스템 시범운영을 실시함으로써 “안전·쾌적·경제적인 新 교통 시스템 서비스 제공 및 수출 기반확보”를 도모함

: 인천국제공항 교통센터와 용유역을 연계하는 1단계 노선 구축을 완공한 후 현재 시험운행* 중에 있으며, 상용 운행 실현 시 일본(나고야)에 이어 세계에서 두 번째로 도시형 자기부상열차를 실용화 한 국가가 됨

* 열차의 정차 정확성, 배수관로 보온방안 마련 등의 문제점 보완 중

: 동 사업은 2006년부터 2013년 까지 6년 동안 추진될 예정이며, 선진국 수준의 기술 확보를 위한 기술보완 및 시범노선구축 후 운영 안전성 확보를 위해 1년간 종합시운전을 실시할 계획임

[표 294]자기부상열차 실용화 설치사업
(1단계 구간 : 인천국제공항 교통센터~용유역) 개요]

항목	사업주체	사업기간	궤도건설	역사건설	설계최고속도 (운행최고속도)	본선최소 곡선반경	교량설계	시스템 설계
내용	국토해양부와 한국기계연구원	2006.12~ 2013.06	6,100m (단선)	(신규)6개	110km/h (76km/h)	50mR	고성능 부상용 전자석	교류68.4kv /직류1500V



※ 건설예정(~2020년)
- 2단계 구간 : 용유역~국제업무단지2(9,700m)
- 3단계 구간 : 국제업무단지2~인천공항 교통센터역(37,400m)

② 미국

▸ 미국은 1960년대에 자기부상열차 관련 연구에 착수한 바 있으나, 1978년 정부의 지원 중단에 따라 관련 연구를 중단하였다가 1990년대 정부와 대형 항공/차량 기업 지원을 기반으로 연구가 재개됨

○ 자기부상열차 개발역사

- 2000년대 미국은 영구자석을 활용한 도시형 자기부상열차 M³*을 개발하고 이와 더불어 시험선로 운영을 시행함

  * MagneMotion Maglev

- 미국 전역에 자기부상열차 활용지원에 목적을 둔 정부차원의 7개 추진사업을 계획 및 추진함

  : Baltimore-Washington D.C. / Pittsburgh / Las Vegas / Atlanta-Chattanooga / Orange Line-Orange Co. CA / San Diego / SCAG 사업 실시

- 미국은 21세기 경제발전과 환경 보호적 측면에서 자기부상열차의 우수성을 인지하고, 이에 따른 연구개발 및 활용을 지원해 오고 있음

[표 295]미국 자기부상열차 개발역사

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
1960 ~	▸Electropult 시스템 연구 : MIT, Westing House 등 ▸LIMRV연구(Garret 社), TLRV연구(Grumman 社)	Electropult시스템/LIMRV·TLRV	□○
1978	정부 지원중단으로 연구 중단	연구중단	-
1984	(Ford자동차, Boeing항공사 등) 연구 재개	연구재개	□○△◇
1992	연방정부차원의 본격적 개발 계획 수립	연방정부지원	-
1998	(미국의회) 21세기 교통법령 일환으로, 자기부상열차 적용프로그램 7개 추진사업 계획	자기부상열차 프로그램(7개)	-
1999	▸NMI(National Maglev Initiative)프로그램 가동 및 기술개발 지원과 더불어, 영구자석을 활용한 도시형 자기부상열차 개발 착수 ▸연방철도청(FRA) : 자기부상열차 기술을 교통부문에 응용하기 위한 선행 연구과제 공모 및 7개의 우수 프로젝트 선정	자기부상열차 개발착수 / 연구과제공모	□○△◇
2001	(미국교통부) 7개 사업의 상세 사업계획서 검토 후, 최종 후보로 Maryland 및 Pennsylvania 프로젝트 선정	Maryland · Pennsylvania	-
2003	San Diego에 도시형 자기부상열차를 위한 120m 길이 시험선로 건설 착수 (열차 시험운행, 2004년~)	샌디에이고 시험운행	○
2008	"로스앤젤레스 디즈니랜드~라스베이거스 도심" 운행노선 교통법안 서명	신규운행노선	-
2009	제 20회 국제 자기부상열차 컨퍼런스 개최	컨퍼런스개최	-
2011	고속 자기부상열차(498km/h) 연구 대중교통법안 통과	고속열차 법안통과	-

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

- 미국은 독일·일본과의 차별화를 위하여 영구자석을 이용해 부상반발력을 높이고 선형동기전동기방식으로 추진하는 도시형 자기부상열차를 개발함

: 동 연구결과는 미국 항공우주국의 로켓발사 지원을 목적으로 수행되었으나, 연방교통국과의 계약 체결을 통해 자기부상열차 부문으로 활용됨

- 연방철도청(FRA)은 교통부문에 자기부상열차 개발 기술을 활용하고 초고속 자기부상열차를 개발하기 위한 목적으로, 선행 연구 과제를 공모하고 Maryland 및 Pennsylvania 프로젝트를 선정·지원하고 있음
  : Nevada 및 California 프로젝트는 향후 예비계획으로 의회에서 선정됨
- 미국 자기부상열차 관련 기업으로는 American Maglev Technology (AMT), Transrapid international USA, Magna Force, Maglev Inc., General Atomics 등이 있음
  : 각 회사들은 자체 기술력을 확보하고, 미국 내 자기부상열차 시장에서 적극적인 활동 전개하고 있음
  : 자기부상열차 관련 기업의 성장으로 지역별 교통체증 감소, 공항 및 근교 도시와의 연장, 일자리 창출, 신규산업 성장, 부동산/지역 개발, 공해감소, 물류이동 개선, 지역발전 기여 등의 효과가 발생함

○ 기술·제품 4대 분류별 개발내용
- 미국은 자체적인 자기부상열차 연구개발 성과로 도시형 자기부상열차와 초고속형 자기부상열차를 개발 및 운용 완료하였음
  : (열차) 초기 미국의 자기부상열차는 초고속형 제품을 타깃으로 연구개발 되었기 때문에, 속도 저항에 대비한 단순성·안전성·저소음·경사대비·적은 회전반경 등의 고려한 차체 모듈사양을 요구하였음. 미국 차체에는 자체적으로 소방표준(NFPA-130 등)을 적용하였으며, 초고속 주행을 위하여 초기 바퀴주행 후 일정 최대가속도에 다다르면 부상하는 방식을 활용함
  : (선로시설) 자기부상열차는 실제 미국 항공우주국의 로켓발사 발사대 활용을 목적으로 연구개발 되었으며, 저항과 마찰을 제어할 수 있도록 Nd 계열의 영구자석의 Halbach 배열 적용한 선로를 이용함. 샌디에이고에 120m 시험선로를 구축하고(2003년 5월) 활용 중에 있음
  : (신호·제어설비) 미국의 자기부상열차 시스템은 초고속형과 중·저속형(도시형)으로 나누어 연구개발 되었으며, 초기 연구에는 미국 내 항공사와 자동차 기업 등에서 참여 지원함
  : (전력시설) 자기부상열차는 선형동기전동기와 영구자석을 갖는 부상시스템을 채택하였으나, 속도(초고속/중·저속)에 따라 부상방식과 추진방식을 지원하는 전력체계 선호도가 구분됨

[표 296]미국 자기부상열차 기술·제품 분류별 개발내용

구분	항목	Key-Point
열차	▸단순성·안전성·저소음동작·급경사(10%)등판능력·적은회전반경 ▸초기 바퀴주행 후, 무게에 따라 3~4m/s속도·최대가속도1.6m/s에서 부상 ▸차체·열차 연결부·열차 샤시 등 모듈연구 실시 ▸차체 시설설비에 미국 소방 표준 NFPA-130 적용	▸초기 바퀴주행 후 부상 ▸차체모듈연구
선로시설	▸미국 항공우주국 로켓발사 발사대 목적 연구 수행 ▸샌디에이고 시험선로 활용(120m)	▸항공·자동차 기업 참여 ▸시험선로활용
신호 및 열차제어설비	▸자동차 및 항공사 참여지원으로 열차제어시스템 개발 ▸초고속형 설비에 타깃한 자기부상열차 연구개발을 집중 수행 ▸중·저속형(도시형) 설비에 타깃한 자기부상열차 연구개발 또한 진행	▸초고속형집중 ▸중·저속형개발
전력시설	▸선형동기전동기와 영구자석을 갖는 부상시스템 채택 ▸초고속형 대비, 초전도반발식/LSM 열차개발(M2000, 플로리다) ▸중·저속형 대비, 상전도흡입식/LIM(CDL, 노퍽) 및 영구자석반발식/LSM(GA, 샌디에고) 열차개발	▸속도맞춤식 부상·추진방식

○ 프로젝트 추진사항

- 미국의 자기부상열차 사업은 독일과 일본에 비해 늦게 시작하였으나 최근 지속적인 투자를 하고 있는 상황이며, 현재까지 진행이력(진행 중 또는 진행 완료)을 보유한 자기부상열차 관련 사업은 총 7개 사업*임

  * ①볼티모어-워싱턴 DC, ②피츠버그, ③라스베이거스, ④애틀랜타-채터누가, ⑤오렌지라인-오렌지카운티. 캘리포니아, ⑥샌디에이고, ⑦남부캘리포니아정부연합회

[표 297]미국 자기부상열차 사업정리

사업명	기간	연장(m)	정거장	예상인원(명/일)	사업비(억원)
① 볼티모어-워싱턴 DC (Baltimore - Washington D.C.)	2001.01 ~	64,373	볼티모어 시내 / 볼티모어-워싱턴 공항 / 워싱턴 D.C.	27,200	3,949
② 피츠버그 (Pittsburgh)	2001.01 ~ 2007	86,904	피츠버그 국제공항 / 피츠버그 시내 / 먼로빌 / 그린즈버그	-	-
③ 라스베이거스 (Las vegas)	2004 ~ 2008 (1구간 건설) *2013 완료예정	432,913	애너하임 / 온타리오 / 빅토리아빌 / 바스토우 / 프림 / 라스베이거스	32,350	-
④ 애틀랜타-채터누가 (Atlanta - Chattanooga)	-	64,373	애틀랜타국제공항 / 채터누가	-	1,592+
⑤ 오렌지 라인-오렌지카운티. 캘리포니아 (Orange Line - Orange Co. CA)	2000.12 ~ 2012	177,027	애너하임 / 디즈니랜드 리조트 / 스테이플 센터	46,000	38,221
⑥ 샌디에이고 (San Diego)	-	-	샌디에이고 / 임페리얼 / 어빈	-	-
⑦ 남부캘리포니아정부연합회 (SCAG : Southern California Association of Governments)	~ 2020	88,031	로스앤젤레스 공항(LAX) / 온타리오 공항(ONT)	-	5,833

- ❶ 볼티모어-워싱턴 DC 프로젝트

  : 워싱턴 DC(Washington D.C.)와 볼티모어(Baltimore) 간 구간의 이동시간을 20분 단축하고, 공항 이용객의 균형적 분배를 목적으로 추진

한 프로젝트임

[표 298]볼티모어-워싱턴 DC 프로젝트(볼티모어 시내~워싱턴 DC) 개요

항목	사업주체	사업기간	궤도건설	열차	예상수송 (명/일)
내용	연방철도관리국 (The Federal Railroad Administration)	2001.01~	64,373m (단선)	Transrapid 08(독일)	27,200/일
※ 추진사항 - 북쪽 : 필라델피아(Philadelphia), 뉴욕(New York), 보스턴(Boston) - 남쪽 : 리치먼드(Richmond), 롤리(Raleigh), 샬럿(Charlotte)					

- 2 피츠버그 프로젝트

: 랜드사이드 터미널(Landside Terminal) 공항과 그린즈버그(Greensburg) 도심을 연결하는 신규 교통수단 도입으로 프로젝트가 추진되었음

[표 299]피츠버그 프로젝트(랜드사이드 터미널~그린즈버그) 개요

항목	구간	사업기간	궤도건설	소요시간
내용	피츠버그(Pittsburgh) 국제공항 ~ 피츠버그(Pittsburgh) 시내 ~ 먼로빌(Monroeville) ~ 그린즈버그(Greensburg)	2000.01 ~ 2007	86,904m (단선)	35분 미만
				
※ 추진사항 - 남쪽 : 휠링(Wheeling), 모건타운(Morgantown), 클라크스버그(Clarksburg), 찰스턴(Charleston) - 서쪽 : 웨스트버지니아(West Virginia), 클리블랜드(Cleveland), 시카고(Chicago) - 북쪽 : 이리(Erie), 펜실베이니아(Pennsylvania), 버펄로(Buffalo), 뉴욕(New York)				

- 3 라스베이거스 프로젝트

: 라스베이거스 내 관광객 추가유치 및 관광객의 편의성 도모를 목적으로, 5개 공항·3개 주요도시·3개 관광지를 연계하는 프로젝트로, 동 프로젝트의 추진을 위하여 공공-민간 합작 조직이 구성되었음

[표 300]라스베이거스 프로젝트(라스베이거스~프림) 개요

항목	사업기간	궤도건설	예상승객	예상요금
내용	2004 ~ 2008(1구간) *2013 완료 예정	432,913m (단선)	1차년도 32,350 통행/일	근거리 : 4~5달러 장거리 6달러

▸라스베이거스 프로젝트의 기본계획

기점	종점	예상승객 (백만/년)	시간(분)	거리(m)
라스베이거스 (Las Vegas)	애너하임 (Anaheim)	40.4	86	432,913
애너하임 (Anaheim)	온타리오 (Ontario)	12.6	14.5	64,373
라스베이거스 (Las Vegas)	바스토우 (Barstow)	20.6	45	247,838
라스베이거스 (Las Vegas)	프림 (Primm)	14.5	12	19,312

▸라스베이거스 프로젝트 노선도

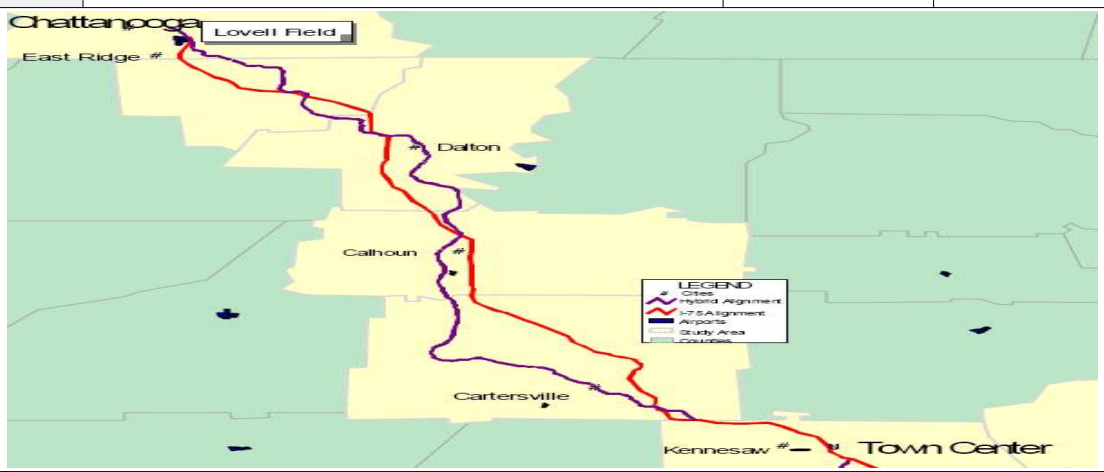


- 4 애틀랜타-채터누가 프로젝트

: 하츠필드잭슨 애틀랜타국제공항에서 채터누가공항 사이를 연결해주기 위해 추진된 자기부상열차 프로젝트로, 사업기간은 미정임

[표 301]애틀랜타-채터누가 프로젝트(애틀랜타 하츠필드공항~채터누가) 개요

항목	구간	사업기간	궤도건설
내용	애틀랜타 하츠필드(Atlanta Hartsfield)공항 ~ 채터누가(Lovell Field in Chattanooga)	미정	64,373m (단선)

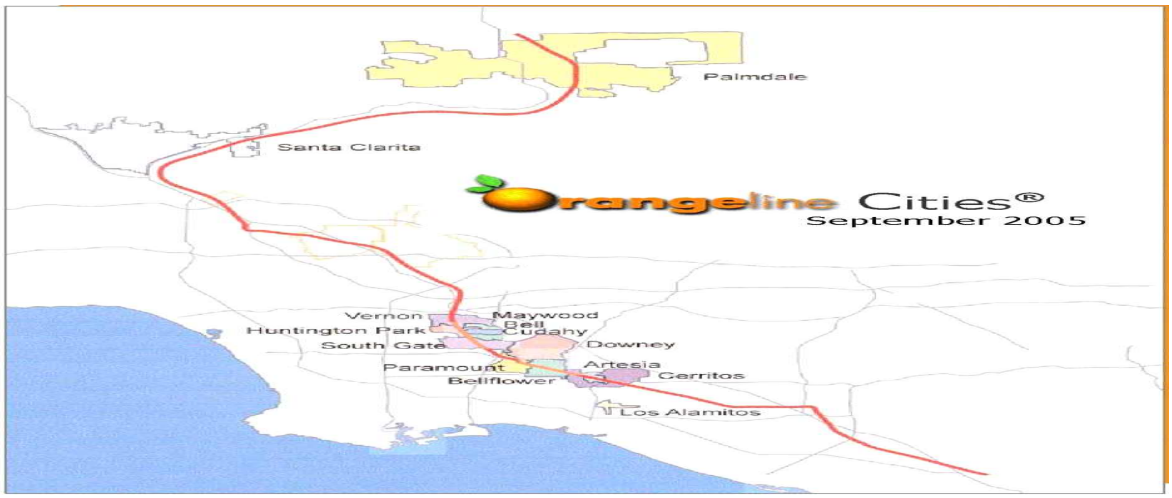


- ❺ 오렌지 라인~오렌지카운티. 캘리포니아 프로젝트

: 캘리포니아주 남부지역 도시(카운티 등)의 관광 지원을 목적으로, 애너하임에서 스테리플스 센터를 연계하는 자기부상열차 구축 프로젝트를 실시함

[표 302]오렌지 라인~오렌지카운티
캘리포니아 프로젝트(애너하임~스테이플스 센터) 개요

항목	구간	사업기간	궤도건설	예상 이용객
내용	애너하임(Anaheim) ~ 디즈니랜드 리조트(Disneyland Resort) ~ 스테이플스 센터(Staples Center)	2000.12 ~ 2012	177,027m (단선)	46,000 명/일



- ❻ 샌디에이고 프로젝트

: 샌디에이고 정부기관협의회(SANDAG)의 주관으로, 샌디에이고 카운티 중심부와 임페리얼 벨리 카운티를 연결하는 교통수단으로 자기부상열차 시스템 건설 논의가 구체화 중에 있음

[표 303]샌디에이고 프로젝트 노선도

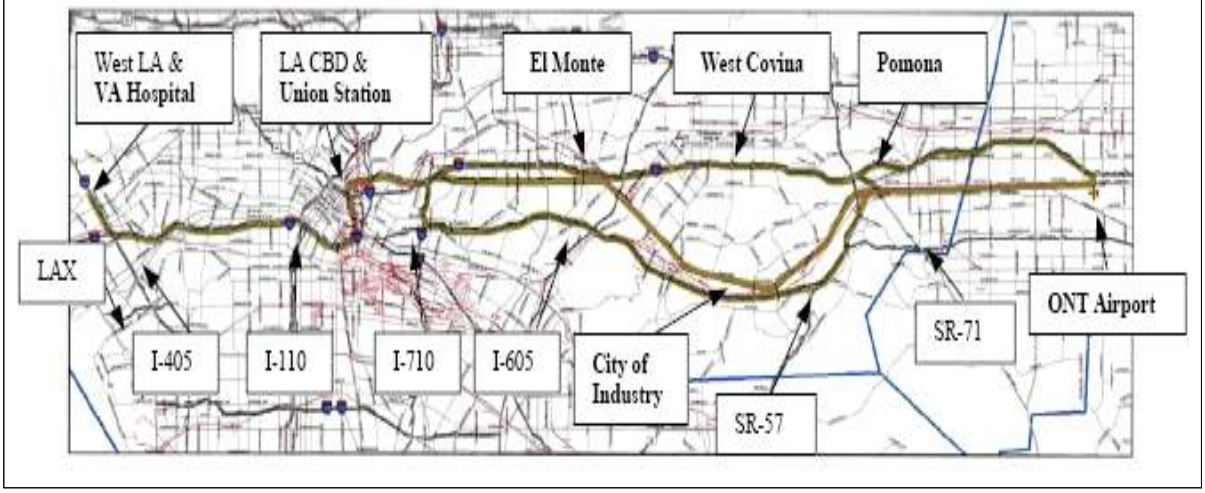


- ▮ 남부캘리포니아정부연합회(SCAG) 프로젝트

: 원활한 공항 연계 교통수단 활용 지원을 목적으로, 로스앤젤레스 국제공항과 온타리오 공항을 이어주는 자기부상열차 건설 프로젝트를 계획함

[표 304]남부캘리포니아정부연합회 프로젝트
(로스앤젤레스 국제공항~온타리오 공항) 개요

항목	구간	사업기간	궤도건설
내용	로스앤젤레스(Los Angeles) 국제공항 (LAX) ~ 온타리오(Ontario) 공항 (ONT)	~ 2020	88,031m (단선)



③ 영국

▸ 영국은 자기부상열차 관련 부분에 대한 연구를 일찍 시작했음에도 불구하고, 국가차원의 지원이 미비하고 연계사업 추진이 부족해 현재는 독일과 일본 등에 크게 뒤쳐진 상황임

○ 자기부상열차 개발역사

- 1984년 영국은 버밍엄 공항과 인근 철도역을 연계하는 약 600m 구간에 세계 최초로 자기부상열차* 운행을 시행한 바 있음

* 도시형 저속 자기부상열차, BPM(Birmingham People Mover), 3량, 최고속도 40km/h

- 최근, 영국에서는 자기부상열차를 이용한 Ultraspeed를 신규 지상교통시스템으로 제시하고, 관련 연구개발을 추진 중임

: UK Ultraspeed는 최고 511km/h의 속도로 영국 내 주요도시를 운행할 예정이며, 이를 통해 얻게 되는 효과로는 여행 시간 단축을 통한

영국 내 관광객 유치 도모 등이 있음

* 추정여행시간 : 런던-버밍엄(30m), 뉴캐슬-리즈(25m), 히드로-타인사이드(100m)

[표 305]영국 자기부상열차 개발역사

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
1984	세계 최초 자기부상열차 운행(버밍엄 공항-철도역)	최초운행	□
1995	버밍엄 공항-철도역 자기부상열차 운행 종료	운행종료	□
1997	자기부상열차 시스템 철거	시스템철거	□○△◇
2002~	자기부상열차 기술을 반영한 신규 국가 지상교통시스템 개발	신규개발	△
2005	"런던~잉글랜드 북부~스코틀랜드" 연계 자기부상열차 건설 계획	신규건설계획	□○△◇

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

- 영국은 Ultraspeed 기본계획을 발표하고 독일 Transpid의 자기부상열차 기술을 기반으로 경쟁국가 중 약 100~150년을 앞서는 고속철도 기술을 확보할 계획임

  : 단거리 수송경로에서는 제트항공보다 빠른 강점을 보유하며, UK rail과 비교 시 여행시간을 반으로 줄일 수 있음

  : 10량 차량에 1,200명 수송이 가능하며, 오염배출을 20% 이하로 감축해 친환경성을 제고함

  : 자동운영제어시스템(OCS)을 활용함으로써 선로 내 모든 차량의 구간·속도·차량분리 등을 유기적으로 연계하고, 초단위로 정의된 시간표로 정확 운영을 보장함

  * 선로-차량 위치시스템은 안내·전력공급·운영제어·신호·안전관리 등과 결합

  : 동 시스템은 고속철도 시스템으로써 지상교통시스템 중 가장 엄격한 인증프로그램 하에 항공기준으로 시험되었음

  * 세계 최초로, 지상에서 최고시속 500km/h으로 여객을 수송하는 인증 수여

[표 306]영국 Ultraspeed 기본계획

항목	운행속도	배차시간	운영제어시설	운전	예상수송인원
내용	500km/h	10분	3개소 / 800km	무인운전	6,000명/h

○ 기술・제품 4대 분류별 개발내용

- 영국은 최초로 증기기관을 발명하고 이를 활용한 증기기관차 또한 최초 개발한 역사를 보유함. 이후 열차 관련 활발한 연구를 기반으로, 현재 고속철도 보다 빠른 고속형 자기부상열차에 대한 연구를 이어오고 있음

  * (영국) 제임스와트-증기기관 발명(1765년) / 증기기관차 개발(1825년)

  : (열차) 일반 고속철의 속도(300~380km/h)보다 훨씬 빠른 500km/h의 속도로 주행하기 위하여 자기부상열차의 가속화를 고려한 차체 디자인과 내구성이 요구됨

  : (선로시설) 언덕이 많은 지형 특성상 주요 마을・도시의 평탄한 지형에 주로 설치했던 열차 선로와 달리, 자기부상열차는 레일을 공중에 설치하기 때문에 선로 구축에 제한이 적음. Ultraspeed는 동해와 서해를 연결하기 위하여 거꾸로 된 “S”모양으로 선로를 구축하였고, 가파른 경사지에서는 안전을 위해 터널이나 보다 완만한 선로를 필요로 함

  : (신호・제어설비) 동 열차는 하나의 제어장치로 조정 가능하기 때문에 인건비 사용에 효율을 높일 수 있으며, 연계 및 부상 가이드웨이의 간단한 위상 조정으로 사고 위험을 낮춰 안정성을 높임

  : (전력시설) 자기부상열차에 특성화된 전력 체계 시스템을 보유함

[표 307]영국 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용

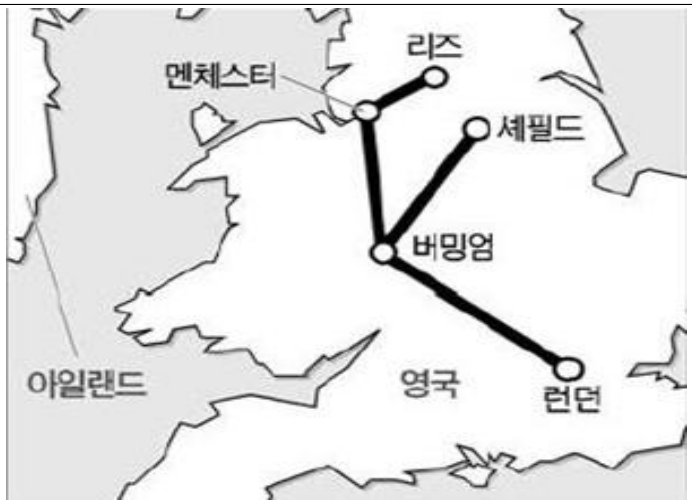
구분	항목	Key-Point
열차	▸고속주행을 위한 디자인 ▸가속주행에 적합한 차체 내구성	▸고속주행-디자인 ▸가속주행-내구성
선로시설	▸지형적 특성을 반영한 공중선로 및 터널 구축 ▸Ultraspeed 는 역S자 노선 구축	▸지형특성반영 ▸Ultraspeed -역S자노선
신호 및 열차제어설비	▸하나의 제어장치로 조정 ▸가이드웨이 안정성 제고	▸가이드웨이 안정화
전력시설	▸자기부상열차 적합형 전력시설 구축	▸전력시설특수성

○ 프로젝트 추진사항

- Y자형 자기부상열차

  : 영국 정부는 자기부상열차의 친환경적 특성과 고속성의 우수함을 인정하며, “영국 런던~잉글랜드 북부~스코틀랜드”를 연계하는 자기부상열

차 건설 계획을 진행 중에 있음



[그림 856]Y자형 자기부상열차 노선도

④ 독일

▸ 독일은 자기부상열차 관련 특허 및 연구개발을 가장 먼저 시작한 국가로, 자기부상열차 관련 기술·제품개발에 이어 실용화 사업을 연계함으로써 실질적인 운용 이력 및 활용성과를 보유하고 있음

○ 자기부상열차 개발역사

- 독일은 도시 이동시간 단축 필요성 제고와 에너지 소비저감 및 친환경 시스템 구축 동향에 따라 자기부상열차 개발에 착수함
- 1934년 자기부상열차 관련 특허 획득 이후 1969년부터 자기부상열차 관련 활발한 연구개발이 진행되었으며, 그 결과 중저속용 M-Bahn과 초고속용 Transrapid가 개발 완료됨
- 세계 최대 자기부상열차 시험·검증소*를 건설하고, 지속적으로 정부·민간의 재정적 협력 노력을 시행함으로써 현재까지 초고속 자기부상열차 분야 명성을 이어오고 있음

*TVE(Transrapid Versuchsanlage Emsland) Test Center : 연장 31.5km·선로 남북 루프·중앙 12km 직선선로·선로분기기 3개(루프별 1개씩, 시험소 연계 유치선 및 직선선로 교차점 1개)

[표 308]독일 TVE 시험소 선로 사양

항목	총 길이	직선구간	곡선반경		캔트	총 운행거리
			북쪽루프	남쪽루프		
내용	31.5km	12km	1,690m	1,000m	최대 12도	1백만km

- 자기부상열차 운행 기반 조성을 위하여, 연방정부 및 연방의회* 차원의 정부·정책적 지원 부문에도 노력을 기울임

  * (연방정부) “Transrapid 필요법” 통과 / (연방의회) “자기부상열차 시스템 계획법” 입안·통과

- 개발 완료된 기술을 실제 상용화하기 위하여 연구과제 종료 후, 실용·실증 사업을 연계 추진함으로써 세계 최초로 초고속 자기부상열차 상용화*에 성공함

  * 2000년대, 중국 상하이에 초고속 자기부상열차 상용화 실현

- 도심 내 추가노선 운행 방안을 고려하고 있으며, 旣 개발한 자기부상열차의 안정성 제고를 위한 연구개발 노력을 시행 중임

[표 309]독일 자기부상열차 개발역사

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
시스템 결정(1934~1977)			
1934	자기부상열차 특허취득 (Hermann Kemper, 특허번호 DRP 643316)	특허취득	□○△◇
1969	(HSR연구소) 독일 연방운송국과 고성능 고속철 시스템 개발/적용 계약 체결	고속철시스템 개발/적용	△
1971	(MBB社/최초) 승객수송용 Ottobrunn 660m 노선설치 / 자기부상열차 발표 및 Transrapid 02 운행	Transrapid 02	□○
1972	▸AEG-Telefunken, BBC, Siemens 社 참여 프로젝트 그룹에서, 초전도 코일 이용 반발식 부상시스템(EDS) 개발 착수 ▸Erlangen에 왕복 900m 시험선 건설 / 시험차량 “EET 01” 제작	EDS시스템/ EET 01	□○△◇
1974	(MBB) KOMET로 400㎞/h 운영속도 입증	고속입증	-
1977	▸Federal Minister of Research and Technology(BMFT)자기부상열차 정의 결정 : “long stator 선형전동기 추진방식의 흡인식 부상 시스템(EMS)” ▸반발식 부상시스템 개발 중단	EMS시스템/ EDS중단	-
실용화 기술 준비(1978~1991)			
1978	Emsland(TVE) 시험소 설계 착수	TVE 설계	○
1979	세계 최초 long stator 방식 자기부상열차 “Transrapid 05” 운행 (Hamburg IVA 79에서 3주간 50,000명 탑승)	Transrapid 05	□
1987	세계 최장 TVE 시험선 완성(31.5 ㎞)	TVE시험선	○
1988	▸(TVE) 상용화 준비 조건으로 장기 시험운행(Transrapid 06) 실시 ▸승객 승차상태로, 412.6㎞/h 속도 세계기록 갱신(설계속도 초과) ▸Hamburg IVA 88에서 “Transrapid 07” 일반공개	Transrapid 06/07	□
1989	▸“Transrapid 07” 436㎞/h 기록(12월) ▸(연방정부) Cologne공항-Dusseldorf공항 연결노선 결정, 통독 후 취소	공항 연계노선	□
1991	(Deutsche Bundesbahn) Transrapid 적용 위한 기술 준비 승인	Transrapid 기술승인	-
실용화 계획 수립(1992~2000)			
1992	(연방정부) 연방 교통종합계획*에 초고속 자기부상열차 시스템 포함 결정 * Berlin~Hamburg간 300㎞ 노선	초고속자기부상열차시스템	-
1993	TVE 450㎞/h 기록(정상운영 상태)	TVE고속기록	-

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
1994	(연방정부) Berlin~Hamburg간 초고속 자기부상열차 실용화 결정 (연방의회) "자기부상열차 시스템 계획법" 입안·통과	실용화결정/ 시스템계획법	-
1996	연방정부 "Transrapid 필요법" 통과	Transrapid 필요법	-
1998	Adtranz, Siemens, Thyssen의 합작회사 Transrapid International 구성	합작회사	-
1999	▸선행개발 시작차량 "Transrapid 08"의 Emsland 시험선 운송 ▸中 과학기술부장관이 Transrapid 노선 선택 및 기술·경제적 실현가능성 평가 계약 의향서 서명(11월)	Transrapid 08/中의향서	-
2000	▸Berlin~Hamburg노선 실현불가 발표(2월) ▸중국 Shanghai~Pudong공항 Transrapid 노선 가능성 고려(6월) ▸중국·독일 고위 관료* "Transrapid 08" 시승(7월) * 중국 Zhu Rongji 총리, Shanghai 시장, 독일 연방교통장관 등	中공항노선 고려	-
실용화 대안 노선(2000~)			
2001	▸"Siemens, ThyssenKrupp, TRI컨소시엄"-"Shanghai 市" 계약체결(1월) ▸Shanghai 프로젝트 건설 시공(5월)	中상하이 건설시공	□○△◇
2002	Transrapid 자기부상열차 최초 영업운행 개시(12월)	Transrapid 영업운행	□
2003	(Munich) 독일 최초 자기부상열차 적용 기술계약 체결(9월)	기술계약	-
2003	(세계최초) Shanghai Transrapid 501㎞/h 속도 기록(11월, 영업철도 중)	中고속기록	-
2003	(세계최초) Shanghai 운행계획 상, 상업 Transrapid 노선운행 도입(12월)	中상업도입	○
2005	총 250만명 승객수송·총 운행거리 128만7천㎞(2월 기준)	운행기록	-
2007	뮌헨 Transrapid project 승인	프로젝트도입	□○△◇
2008	뮌헨 Transrapid project 건설비용 과다로 프로젝트 취소(3월)	프로젝트취소	-
2008	Transapid International(Siemens - ThyssenKrupp 합작) 베를린 사무소 폐쇄(8월)	합작사폐쇄	-

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

○ 기술·제품 4대 분류별 개발내용

- 독일은 자기부상열차 Transrapid 시리즈를 지속적으로 연구·개발함으로써 자기부상열차 기술 전 부문에 대한 자체 기술 확보하고, 지속적인 추가 개선을 통한 기술 고도화 노력을 실시하고 있음

  : (열차) Transrapid 차량의 평균 규모는 차량 당 90석/최소 2량으로 구분되며, 전/후방 차량을 제외하고 최대 8개의 중간차량 편성이 가능함. 추가적으로, 고속 화물 운송을 목적으로 결합된 "특별 화물칸" 및 유효 탑재량이 량당 15톤으로 규정된 "전용 화물차량" 운영이 가능함

  : (선로시설) Transrapid 시스템의 선로는 지면 및 고가형 설치가 모두 가능하며, 강철/콘크리트 빔을 이용해 78~148m 길이의 연속 박스 빔을 구성함. 분기기 빔은 제어 구동부에 진로방향으로 휘어지는 방식

이며, 전환 후 끝단에서 쇄정되도록 구성됨. 선로 변경 시 자기부상 열차 운행 속도는 고속용에서 200km/h로, 저속용에서 100km/h로 제한됨

: (신호・제어설비) Transrapid 자기부상열차의 동기형 선형전동기는 기존 회전형 전동기 고정자를 선형으로 변형시킨 것으로, 교류전원 및 주파수 조절에 따라 추진 및 제동에 모두 사용될 수 있음. 차량 추진시스템은 지상 선로에 존재하기 때문에 차량의 길이 및 차량별 유효 탑재량에 의한 영향을 받지 않음

: (전력시설) 선로에 설치된 선형전동기에 주파수 조절을 시행할 때, 고정자의 자장 방향에 따라 전동기가 발전기 또는 제동기의 역할을 수행할 수 있으며, 이와 동시에 발생하는 희생 에너지는 전력망으로 궤환하여 재사용이 가능함. 차량 양 측면에 설치된 안내용 전자석은 부상 시 약 10mm의 간극을 유지 하는데, 부상 시스템 지원전력은 차상 축전지로부터 공급되어 외부 에너지 없이 1시간 동안 부상 가능한 독립 운용 시스템임. 차상 축전지는 운행 중 지지용 전자석에 통합 설치된 선형발전기에 의하여 충전됨

[표 310]독일 자기부상열차 기술・제품 분류별 개발내용

구분	항목	Key-Point
열차	▸평균 차량 당 90석, 2량으로 구성되며 필요 시 차량은 10량까지 편성 가능 ▸화물운송이 포함된 차량 보유(유효 탑재량 : 15t/량)	▸90석, 최대10량
선로시설	▸Transrapid 시스템 선로는 지면/고가형 설치 가능 ▸강철/콘크리트 빔을 사용하여 78~148m 길이를 연속된 강철 박스 빔으로 구성 ▸분기기 빔은 제어 구동부에서 진로방향으로 휘고, 전환 후 끝단에서 쇄정됨 ▸선로변경 시 속도는 200km/h(고속) 또는 100km/h(저속)으로 구분	▸강철/콘크리트빔 ▸지면/고가형 선로
신호 및 열차제어설비	▸Transrapid 자기부상열차 동기형 선형전동기는 추진과 제동에 모두 사용 ▸추진시스템이 지상 선로에 존재해 차량길이/탑재량이 가속에 영향 미치지 않음	▸추진/제동에 전동기 동시 활용 ▸독립적 추진시스템 위치/운용
전력시설	▸전자시스템으로 제어되는 지지용 전자석을 차량 양쪽 하단에 설치, 흡입력을 이용한 자기부상 시스템 보유 ▸부상시스템의 전력은 차상의 축전지로부터 공급되며, 추진시스템과 독립 운용되어 외부 에너지 없이 1시간 이상 부상 가능 ▸제동 시 발생된 희생 에너지는 전력망으로 궤환하여 재사용 가능 ▸차상 축전지는 운행 중 지지용 전자석에 통합 설치된 선형발전기로 충전	▸축전지 – 부상시스템 전력지원 ▸희생에너지활용

○ 프로젝트 추진사항

- 뮌헨 프로젝트

: (1차시도) 독일은 자기부상열차 관련 프로젝트로 독일연방정부의 쾰

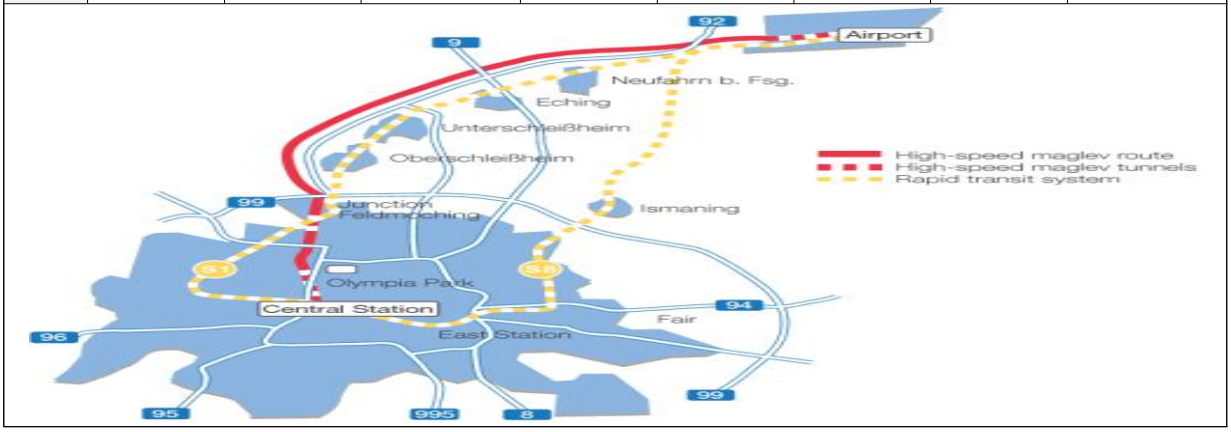
른(Cologne)공항과 뒤셀도르프(Dusseldorf)공항 사이를 연계하는 철도 노선 상용화 계획을 수립(1989년)하였으나, 2000년 결국 “실현불가”를 선언함

: (2차시도) 2003년 독일 뮌헨에서 체결한 최초의 자기부상열차 적용관련 기술계약을 시발점으로, 이전에 시도하였던 “뮌헨 프로젝트”를 진행(2004년 9월) 예정이었으나, 건설비용 상승으로 프로젝트가 취소됨(2008년)

* 도심-공항 및 도르트문트(Dortmund)-뒤셀도르프(Dusseldorf)구간 연계노선

[표 311]뮌헨 프로젝트 개요

항목	노선길이	운행시간	운행속도 (평균속도)	배차시간	정차 역	차량	차량 당 좌석	예상승차 인원(연간)
내용	37.4km	10분	350km/h (220km/h)	10분	2개소	5대 (각 3량)	148석	7.86백만명



⑤ 일본

▸ 일본은 1960년대 선형전동기 추진 및 비접촉 주행 분야 연구를 시작으로 자기부상열차 관련 연구에 착수한 이후, 열차 특성을 각각 중·저속형(HSST)과 초고속형(MLX)으로 구분하여 열차별 시스템 개발을 추진 중에 있음

○ 자기부상열차 개발역사

▸중·저속형 자기부상열차

- 일본항공(JAL)의 주최로 새로운 공항접근 교통수단 개발을 목적으로 LIM 방식의 HSST* 시스템 개발을 연구하였고, 그 결과 1989년 요코하마 EXPO에서 자기부상열차 HSST-05를 전시·운행함

* HSST : High Speed Surface Transport

- 동 자기부상열차는 민간기업*의 주도로 연구개발 되었으며, 상전도 흡인식 부상방식과 유도형 선형 전동기를 이용한 최초의 상용화 자기부상열차 시스템임

  * 일본항공, 도시바 등

- 2005년 3월부터 나고야 교외에 위치한 동부구릉선에서 Linimo 자기부상열차의 영업운행을 시작하고, 추가적으로 미국 콜로라도 교통국과의 교외 자기부상열차 건설 운행을 고려한 바 있음

- 중·저속형 자기부상열차 시험선로는 나고야 철도회사, Aichi현, HSST사의 주도로 1989년 8월 설립·운영됨

[표 312]일본 HSST 시스템 시험선로 및 설비운영 사양

항목	시험선로사양					
	선로연장	궤도구조	최소곡선반경	최대구배	최대Cant	분기장치
내용	1.5km	단선고가, PC 및 Steel 거더	본선 100m, 분기선 25m	7%	8°	3관절 수평 회전식 1기
항목	설비운영					
	시험인원	설계 및 엔지니어링 인원		차량제작	전장품제작	
내용	중부 나고야 HSST사 10명	동경 HSST사 60명		일본차량, 東急차량	미쯔비시, 동양전기 등	

- 일본 중·저속형 자기부상열차 개발 역사는 아래와 같음

[표 313]일본 자기부상열차 개발역사-중·저속형(HSST)

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
1972	공항 고속진입 목적의 HSST 개발 착수(일본항공)	공항철도	□○△◇
1975	2인용 HSST-01 완성	2인용HSST	□
1978	8인용 HSST-02 완성	8인용HSST	□
1985	50인용 HSST-03 완성, Tsukuba 과학엑스포 전시, HSST 회사설립	50인용HSST	□
1991	주부(Chubu) HSST 개발회사 주최 HSST-100 시험 시작	HSST-100	□○△◇
1993	CHSST 개발회사 설립	개발사설립	-
1995	▸HSST-100L 시험시작 ▸오후나(Ofuna)-요코하마(Yokohama) 드림랜드 간 HSST-100L 건설계약체결(5.3㎞) ▸히로시마공항-시라이치(Shiraichi)역 연계구간 공항진입선로 HSST 건설계약체결(8.3㎞)	HSST시험/ 상용화	□○△◇
1999	동구구릉선(東部丘陵線)에 자기부상열차 도입결정	도입확정	-
2000	아이치(愛知, Aichi) 등이 동부구릉선 운영주체로 Aichi Rapid Transit Co., Ltd 설립	회사설립	-
2002	리니모 1호 차량 완성, 시험선 Test	리니모1호	□○△◇
2004	본선 일부구간에서 조정 및 시험주행 개시	시험주행	□○△◇
2005	나고야市 대중교통수단으로 개통(3월)	대중교통化	-

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

▸초고속형 자기부상열차

- 일본 내 토카이도 신칸센 운영이 포화됨에 따른 대체노선 수요에 입각하여 500km/h 운행가능성을 확보한 자기부상열차 시스템 도입 연구가

추진됨

- 1975년 미야자키에 위치한 7km 구간의 시험선로 착수 이후, MLU001 차량과 MLU002N 차량이 각각 400.8km/h와 411km/h 기록하였고 이후 상용화를 위한 추가연구개발에 착수하였음

[표 314]일본 MLU 차량 사양비교

항목 / 구분	차체치수 (m,LxWxH)	공차중량 (t)	개발수량	좌석수	초전도코일 (kAx극xrows)	최대속도 (km/h)	운행 선로	개발 년도
MLU001	10.1×3.0×3.3 (전두부차) 8.2×3.0×3.3 (중간객차)	10.0	전두부차:2 중간객차:1	전두부차:8 중간객차:16	700×4×2	2량열차:405 3량열차:352	Miyazaki 시험선	1980 ~ 1982
MLU002	22.0×3.0×3.7	19.0	1	12	700×6×2	무인:431 유인:411	Miyazaki 시험선	1993

- 일본은 교통부를 주축으로 야마나시에 자기부상열차 시험기관을 설립(1990년대, 42.8km)을 기점으로 자기부상열차 연구개발 부문에서의 성장을 촉진하게 됨

[표 315]일본 야마나시 시험선로 설립 목적

내 용
▸ 58㎞/h 속도 상에서도 안전성과 편안함을 제고하여 보다 안정적인 운행가능성을 확인 ▸ 여러 장비(초전도자석을 포함하여, 차량, 선로 등)의 신뢰성 및 내구성 확인 ▸ 선로 구조적 기준(최급구배, 최소곡선반경 등) 확인 ▸ 두 대의 자기부상열차가 교행 할 경우 차량 간 안전거리 확인 ▸ 터널 내 압력 진동파동과 터널 단면에 관계되는 차량의 성능 확인 ▸ 분기기 설비 성능 확인 ▸ 환경적 문제점 및 개선방안 확인 ▸ 多 차량 운행제어시스템 설립 및 운용 ▸ 운행 및 안전장치, 선로유지보수의 주요사항 등 확인 ▸ 내부 변전소 제어시스템의 설립 ▸ 경제적 파급효과를 고려한 건설비용 및 운행비용 산정

- 자기부상열차 고속화를 위한 지속적 연구개발 실시 결과, MLX01 차량이 유인탑승에서 최고 속도 550km/h대를 기록하면서 사실상 초고속 대량교통시스템의 실효성을 입증하게 됨

* “X”는 Experimental 의미

[표 316]일본 MLX 차량 사양

항목 / 구분	차체치수 (m,LxWxH)	초전도코일 (kAx극xrows)	개발수량	최대속도 (㎞/h)	좌석수	개발년도
MLU01	전두부차 : 28.0×2.90×3.32 표준객차 : 21.6×2.90×3.32 장대객차 : 24.3×2.90×3.32	700×4×2	전두부차 : 5 표준객차 : 2 장대객자 : 2	581	장대객차 : 68	1996~2002

- 일본 초고속형 자기부상열차 개발 역사는 아래와 같음

[표 317]일본 자기부상열차 개발역사-초고속형(MLX)

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
1962	선형모터 추진 연구 및 비접촉 주행 착수	선형모터추진/ 비접촉주행	△
1970	초전도체 자기 활용 공기역학부상시스템 연구 공식 착수	공기역학 부상시스템	△
1972	초전도체 자기부상열차 LSM200/ML100 부상주행 성공	LSM200/ML100	□
1977	미야자키 자기부상열차 시험소 오픈(7월)	미야자키시험소	○
1979	ML-500R 517㎞/h 달성(12월)	517km/h (ML-500R)	-
1987	▸405.3㎞/h(무인2량)・400.8㎞/h(유인2량)성공 ▸재단법인 RTRI 재편 및 JNR R&D 업무 인수(5월)	405.3㎞/h(무인) 400.8㎞/h(유인)	-
1989	▸공기역학 제동시스템 시험(MLU001) ▸394㎞/h 달성(MLU002)(11월)	394㎞/h (MLU002)	△
1990	전환형 분기기(Traverser) 시험 착수(11월)	전환형분기기	△
1991	▸측벽 부상시스템 이용 주행시험 착수 ▸MLU002 화재로 전소(10월)	전소 (MLU002)	□
1994	MLU002N 431㎞/h 달성(2월)	431km/h (MLU002N)	-
1996	▸Yamanashi Maglev Test Line 개통 ▸MLX01 견인시험(11월)	야마나시시험선	○
1997	MLX01 531㎞/h(유인), MLX01 550㎞/h(무인)(12월)	고속운행시험	□○△◇
1999	2개 열차 교행 주행시험 실시(상대속도 1,003㎞/h)(11월)	교행주행시험	□○△◇
2000	▸8월 일본 교통위원회 "초고속 자기부상 대량수송시스템 실현성 확보" ▸결론, 시험운행 누적거리 100,000㎞	10만km누적	-
2002	시험운행 누적거리 200,000㎞, 시승인원 30,000명(7월)	20만km누적	-
2003	▸일일 최대 2,876㎞ 시험, 시승인원 50,000명, 누적거리 300,000㎞ 3량 ▸MLX01 581㎞/h (유인) 세계 최고속도 기록(12월)	30만km누적	-
2004	▸두 개 열차 상대속도 1,026㎞/h로 교차운행 ▸총 운행 거리 400,000㎞, 총 탑승객 80,000명	40만km누적	-
2005	MLX-01 주행시험 실시(최고 582km/h 달성)	MLX-01주행시험	□○△◇
2005	JR동해(JR 기술총합연구소) 실용화 사업주체 결정	실용화주체결정	-
2012	최고 시속 500km/h 이상 'LO' 자기부상 고속철 공개(일본중앙철도)	고속철공개	□
2013	▸(JR도카이) 야마나시 시험선 확장(18km→42km) ▸도쿄-오사카 간 주오신칸센 상용화 계획(~2027)	시험선확장/ 상용화계획	○

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

○ 기술・제품 4대 분류별 개발내용

- (HSST) 나고야 동부구릉선에서 운행 중인 "리니모"*는 일본 교통안전공해연구소로부터 최고속도 100km/h급으로 안전심사를 통과(1991년 이후)한 후, 상용화를 목적으로 실제 운행 중에 있음

  *(노선)8.9km(지하1.4km)・(소요시간)15분・(최고속도)100km/h・(배차시간)6-10분・(정차역)9개소・(수송인원)3,500명/시간

- (MLX) 일본 기술의 초전도(SC) EDS 자기부상열차 부상이 성공하면서(1972년), 미국과의 밀접한 연구개발 협력 하에 EDS/LSM 시스템 연구개발이 활성화되었고, 꾸준한 연구개발 결과 일본 교통부가 임명한 "기술평가위원회"에서 초고속형 자기부상열차 시스템 상업화를 인정받게

됨(2000년)

- 일본 자기부상열차 기술·제품은 철저한 시험검증 체계와 정부지원 체제를 거쳐 상용화 되고 있음

  : (열차) 지역 환경을 고려한 맞춤형 차체 설비 및 차량 사양 조성으로, 저소음·저진동 성능을 갖추고 눈보라에도 안전 운행이 가능하도록 개발함

  : (선로시설) 선로 아래/위 각도와 구성을 고려하여 차상 전자석이 선로의 역U자형 사이에 흡인력을 지원하도록 설계함. 또한, 선로에 알루미늄 판을 설치하여 선형 전동기 회전자 판으로 활용해 차량 추진을 지원함

  : (신호·제어설비) 독일의 Transrapid 시스템에서 차별화하여 차량 전자석을 스태거 배치함으로써 궤도 내에서 차량이 안전 주행할 수 있는 차량제어 설비를 구성함. 또한, 차량과 선로 쪽에 각각 일반 모터의 고정자 및 회전자 부분을 설치함으로써

  : (전력시설) 부상열차 차상의 집전장치와 궤도 하부에 설치된 전력 공급선을 접촉시킴으로써 차상 전원 공급을 실현함. 전자석 모듈은 차량에서 대차 역할을 하게 되는데, 모듈 당 4개의 부상 및 안내용 전자석과 선형 전동기(LIM) 코일을 설치하여 전력을 공급(VDC275)함. 차상 전원 공급 장치는 알루미늄 스테인리스강철로 제작하여 집전성을 강화하였고, 차상에는 소형의 VVVF 인버터를 탑재해 고속(300km/h)주행을 지원함

[표 318]일본 자기부상열차 기술·제품 분류별 개발내용

구분	항목	Key-Point
열차	▸무인자동운행·저소음·저진동·탈선위험 없음·눈보라 운행가능 ▸(HSST-100S)차체 8.5m, 6모듈/량, 중량 10t, 최대승객수송능 67명 ▸(HSST-100L)차체 14.4m, 10모듈/량, 중량 15t, 최대승객수송능 110명 ▸(MLX)약 160km/h까지의 부상속도 지원을 위한 바퀴 설치	▸HSST-100S/L 운용 ▸부상지원바퀴
선로시설	▸선로 아래로 선로와 수직하게 역U자형 구성 ▸선형 전동기의 회전자 판으로, 알루미늄 판 설치 ▸총 노선길이 8.9km, 최소곡선반경 50~75m, 구배동판능력 7% 경사도 ▸(MLX)선로 양측 벽에 추진코일을 설치하여 3단계 교차흐름을 통한 가압 지원	▸역U자 구성 ▸회전자판설치 ▸3단계교차흐름
신호 및 열차제어설비	▸열차 흡입방식은 독일의 Transrapid 상전도 흡입과 유사하지만, 안내에서 차량 전자석 스태거 배치를 활용해 궤도 내 주행을 유도 ▸차량에 탑재된 선형유도전동기의 교류전원을 제어하여 운행속도 제어 (독일의 Transrapid와 비교 시, 회전자와 고정자의 위치가 바뀐 형태) ▸(MLX)MLU에서 입증된 공기역학적 제동장치와 디스크 제동장치 보유	▸전자석 스태거 배치 ▸교류전원활용 ▸공기역학·디스크제동장치
전력시설	▸차상의 집전장치와 궤도 하부 전력공급선과의 접촉에 의해 차상전원 공급	▸집전장치-전력공

	▸모듈 당 부상/안내용 전자석 4개 및 선형전동기(LIM) 코일 설치(275VDC) ▸알루미늄 스테인리스강 전원공급 트롤리장치 제작 및 VVVF 인버터 탑재 ▸(MLX)EDS/LSM 방식 적용	급선 접촉 ▸모듈구성: 코일, 스테인리스강, VVVF인버터 ▸EDS/LSM방식

○ 프로젝트 추진사항

- ❶ 리니모(Linimo) 자기부상열차

: 일본 국가위원회는 자기부상열차 시스템(HSST 시스템)이 대중교통 시스템으로 활용 가능함을 선언한 이후, 나고야의 Tobu Kyuryo노선에 자기부상열차를 도입할 것을 결정함

: 동 프로젝트는 아이치(Aichi) EXPO*의 주된 교통수단 및 행사 이후 지역 주민의 대중교통으로의 활용을 목적으로, 나고야시 후지카오카(Fujikaoka)역에서 토요타시 반바쿠야쿠(Toyotashi banbakuyaku)역까지 연결해주는 세계 최초의 EMS-LIM 방식 자기부상열차 구축 프로젝트임

* 아이치(Aichi) EXPO : 2005년 3월~ 9월, '자연의 예지'를 테마로 21세기 인간과 자연의 관계 제시

[표 319]리니모(Linimo) 자기부상열차 개요

항목	노선길이	사업기간	운행속도 (최고속도)	정차 역	차량	차량 당 좌석	전기방식
내용	8.9km	2000.02 ~ 2005.03	100km/h (200km/h)	9개소	1대 (각 3량)	104석	직류 1,500V



- 2 추오 신칸센 자기부상열차

: 일본은 도쿄와 나고야 간 이동에 소요되는 시간을 단축하기 위하여, 세계에서 가장 빠른 속도(500km/h 이상)로 운행하는 자기부상열차 건설을 착수 예정이며, 동 열차는 2027년 상용운전을 목표로 하고 있음

[표 320]추오 신칸센 자기부상열차 노선도



⑥ 중국

▸ 중국은 2000년대부터 자기부상열차 관련 산업 및 연구개발에 적극적인 관심을 갖기 시작하였으며, 교통대학 및 정부차원의 지원과 노력으로 세계 최초의 상업용 초고속 자기부상열차 개통 국가가 됨(2003년 12월)

○ 자기부상열차 개발역사

- 중국북부 다롄 지역에 자기부상열차 시험노선을 설치하고 32인승 시제열차 “Zhonghua 01”의 시험운행을 실시함(2004년)
- 자체 기술을 활용한 “자오다 자기부상 CFC-01”의 시험운행을 완료하고, 추가적으로 쓰촨성 청두의 시난교통대 자기부상연구팀의 지원을 받아 자동운행방식과 운전기사 운행방식으로 구분된 열차 개발이 완료됨(2006년)

[표 321]중국 자기부상열차 개발역사

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
2001	교통대학을 중심으로 경량전철형 자기부상열차 연구개발 착수	교통대학연구	□○△◇
2004	32인승의 시제열차 'Zhonghua 01' 개발 완료	시제열차개발	□

년도	주요내용	Key-Word	
		시사점	R&D
2006	"자오다 자기부상 CFC-01" 테스트라인 시험운행 성공(길이425m, 높이2m)	테스트라인	□○△◇
2007	시속 500km 자기부상열차 개발 착수(~2011년)	고속철개발	□○△◇
2007	탕산 시험선 건설(1.5km) (6월)	시험선건설	○
2008	상하이 홍퀴아오 공항 구간과 항저우 구간 확장 계획 승인	구간확장 계획승인	-
2010	(지아오통대학 연구팀) 최고 속도 965km/h 기록 가능한 150m길이 부분진공 터널열차 개발 계획 발표	진공터널열차	□
2010	구간확장 공사 착수(~2014)	구각확장실시	○
2011	북경 서쪽 근교 Mentougou 지역 자기부상열차 노선(S1 노선) 착공('11.02)	S1 노선	○
2011	장가계(中유명관광지) 자기부상열차 노선 건설 의향서 체결('11.04)	장가계 노선	-

※ [Key-Word_R&D] 기술·제품 분류 기준
- □(열차) ○(선로시설) △(신호·제어설비) ◇(전력설비)

○ 기술・제품 4대 분류별 개발내용

- 중국은 독일의 선진 자기부상열차 시스템을 적극적으로 도입함으로써 자국 내 자기부상열차 산업을 확보하고 보다 다양화하여, 상용화 운행 실현성과를 도출하였음

: (열차) 차체 수명은 35년 정도로, 객실 내 승차감을 높이기 위하여 6,000Pa 압력 기밀설계를 도입하고, 알루미늄 재질을 활용해 차체 경량화와 견고성을 제고함. 모든 차체 설비자재는 DIN 5510을 적용해 연소성・발연성・유독성 등에 대비하였으며, 차체 하부에는 전원공급장치・전자석제어장치・차량제어장치・공압장치・에어컨・2차 현가장치 및 집전장치 등을 설치함

: (선로시설) 미국 맥스보기 社*로부터 가이드웨이 기술을 전수받아 사용하였으며, 곡선부 빔은 8,000 PSL 내성을 갖추고, 강철 거더를 사용한 박스빔으로 교량을 구성해 승차감을 높이고 가속도를 줄임

* 독일 Emsland 시험선로 가이드웨이 건설지원 이력 보유

: (신호・제어설비) Fail-Safe 설계를 사용하여 1kHz 주파수 간격에 따라 전자석 전류를 제어하여 보다 안전한 비접촉 운행을 지원함

: (전력시설) 이중화・모듈화・고신뢰성 진단방식 등의 설계를 채택함으로써 차량 내 전원공급 안전성을 높였음. 차량 부상에 필요한 전력은 약 130kW 정도이며, 100km/h 속도를 기준으로 집전장치(저속) 및 선형발전기(고속) 이용 여부를 결정해 차상 전력을 공급함

[표 322]중국 자기부상열차 기술·제품 분류별 개발내용

구분	항목	Key-Point
열차	▸6,000Pa 압력 기밀설계 도입으로 열차 내 승차감 제고 ▸알루미늄 차체 제작으로 경량성·견고성 확보 ▸DIN 5510 적용으로 자재 연소성·발연성·유독성 등 대비 ▸차체 하부에 전원공급장치·전자석제어장치·차량제어장치·공압장치·에어컨·2차현가장치 및 집전장치 등 설치	▸6천Pa기밀설계 ▸알루미늄차체 ▸DIN5510적용
선로시설	▸미국 맥스보기 社의 가이드웨이 기술 전수 ▸곡선부 빔 8,000PSL 내성 적용 ▸강철 거더 박스빔으로 교량 구성	▸가이드웨이 기술전수 ▸곡선부8천PSL ▸강철거더박스빔
신호 및 열차제어설비	▸Fail-Safe 설계기술 적용 ▸1kHz 주파수 간격으로 전자석 전류 제어	▸Fail-Safe설계 ▸1kHz전류제어
전력시설	▸이중화·모듈화·고신뢰성 진단방식 등의 설계 채택 ▸100km/h 속도 기준으로 집전장치(저속) 및 선형발전장치(고속) 활용전환	▸이중화·모듈화·고신뢰성진단 ▸전력공급자동전환

○ 프로젝트 추진사항

- ❶ 상하이 프로젝트

: 중국 중앙정부는 상하이와 푸둥국제공항을 연결하는 자기부상열차 시스템 도입 계획을 수립하고(2001년 3월), 2003년 12월 세계최초의 상업용 초고속 자기부상열차를 개통하였음. 향후 점차 구간을 확장할 계획임

[표 323]상하이 프로젝트 개요

항목	노선길이	운행시간	운행속도 (평균속도)	배차시간	정차 역	차량	차량 당 좌석
내용	30km	10분	500km/h (430km/h)	8분	2개소	3대 (각 5량)	574석



- ❷ 북경 프로젝트

: 북경 자기부상공사는 도시형 자기부상열차 실용화 사업 추진을 목표

로 개량형 자기부상열차를 개발 완료하였으며, 현재 북경 먼터우거우(Mentougou) 지역에 자기부상열차 노선 구축사업을 진행 중에 있음

[표 324]북경 프로젝트 개요

항목	노선길이	예상 완공일	운행속도	정차 역
내용	10.236km	2013년 상반기	150km/h	8개소



□ 국내외 자기부상열차 기술・제품 Gap 조사결과

○ (국내외 자기부상열차 Gap비교) 전 세계 철도산업 기술・제품 고도화 과정의 일환으로, 친환경 첨단 기술 적용을 요하는 자기부상열차에 대한 관심이 높아지고 있음. 국내외 자기부상열차 관련 기술・제품의 일반/특수적 사양을 중·저속형과 초고속형으로 구분하여 비교·분석함

- 국가별 기술 Gap Board 분석

: (① 한국) 일반전자석을 이용한 흡인식 부상 중·저속형 자기부상열차 개발 연구를 진행 중이며, 최근 실용화를 목적으로 한 UTM-02 차량이 제작되어 실용화 노선 개통을 앞두고 있음

* UTM-02 : 운영속도 110km/h, 길이*폭*높이 13.5m*2.8m*3.5m, 전압 1,500VDC, 소음 65dB, 곡선통과능력 60mR

: (② 미국) 상전도 흡인식 부상방식을 적용한 중·저속형 M^3와 영구자석 반발식 부상방식을 적용한 초고속형 캘리포니아 네바다 사이 연결 자기부상열차를 연구 개발 중임

: (③ 영국) 1984년 가장 먼저 상전도 흡인식 중·저속형 자기부상열차 상용화를 성공하였으나 1997년 운행 중지 후 철거된 상태이며, 현재는 도시 간 소요되는 시간을 단축하기 위한 초고속형 자기부상열차 개발에 집중된 양상을 보이고 있음

: (④ 독일) 대표적인 자기부상열차 모델 Transrapid는 상전도 흡인식 부상방식을 이용한 초고속형 자기부상열차이며, 중국 상하이에 수출되어 세계 최초로 초고속 자기부상열차 상용화에 성공함. 독일은 세계 최대의 시험소(Transrapid Versuchsanlage Emsland)를 보유하고 있어 상용운행과 가까운 조건하에 시험이 가능함

* Transrapid 08 : 운영속도 500km/h, 길이*폭*높이 78.8m*3.7m*4.2m

: (⑤ 일본) 자기부상열차를 중·저속형과 초고속형으로 구분하여 체계적으로 연구개발 하는 국가이며, 세계 최초로 LIM 방식의 자기부상열차(Limimo)를 상용화함

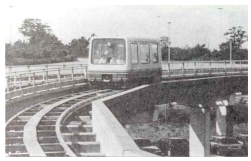
* Linimo : 운영속도 100km/h, 길이*폭*높이 14.0m*13.5m*3.4m, 전압 1,500VDC, 곡선통과능력 50mR

: (⑥ 중국) 독일로부터 기술을 전수받음과 동시에 자체적으로 기술 개발을 추진 중이며, 단기간에 초고속 자기부상열차 시스템을 구축하여 최초로 초고속형 자기부상열차 영업노선을 개통함

* 상하이~푸동국제공항 간 자기부상열차 노선 : 길이 31km, 편도주행시간 8분, 전자동 운행, 복선철도

[표 325]기술 Gap Board ① _ 한국・미국・영국

구분	한국	미국		영국
	중・저속형	중・저속형	초고속형	초고속형
대표모델명	▸ UTM-02('13) 	▸ M³(진행 중) 	▸ 캘리포니아 네바다 사이 열차('15예정) 	▸ UK Ultraspeed (진행 중) 
착수년도	1985	1995	1992	1984
운영속도	110km/h	162km/h	500km/h	500km/h

구분	한국	미국		영국
	중·저속형	중·저속형	초고속형	초고속형
회전반경	60mR	-	-	50mR
부상방식	상전도흡인식	상전도흡인식	영구자석반발식	상전도흡인식
추진방식	선형유도식(LIM)	선형유도식(LIM)	선형동기식(LSM)	선형유도식(LIM)
차량수(편성)	2량 1편성	2량 1편성, 4량 1편성	-	3량 1편성
탑승인원	186명	32명/대, 72명/대	-	-
시험선	▸ 기계연구원 내(1.3km)('98) ▸ 지식경제과학부 중기거점사업 / 과학관(1km) ▸ 대전EXPO 전시장 내(0.6km)	▸ 샌디에이고(0.1km)		-
실용화노선	▸ **(완료 후 개통예정)** 인천국제공항 교통센터~ 인천 용유역(6.1km) ▸ **(진행 예정)** 용유역~국제업무단지2 (9.7km), 국제업무단지2~ 인천공항 교통센터(37.4km)	-	▸ **(진행 중)** 라스베가스 ~ 애너하임 (432km)	▸ **(완료 후 운행중지)** 버밍엄 공항 ~ 안근 철도역(0.6km) ▸ **(진행 중)** 런던 ~ 스코틀랜드
기존 개발차량	▸ HML-01('89) - 구 현대정공 개발 - 해석 Tool 개발  ▸ HML-02('91) - 구 현대정공 개발 - 국내 최초 유인 - 대차, 궤도기술 - 시속 40km/h 	-	-	▸ BPM('84~'97) - 상전도흡인식 - 선형유도전동기 - 3량 1편성 - 중·저속형 - 시속 40km/h 
		▸ DMV-92('92) - 구 대우중공업 개발 - 실차형 시스템 구현 - 한국기계연구원과 협력 (부상, 추진방식) - 시속 40km/h 	▸ HML-03('93) - 구 현대정공 개발 - 대전 EXPO('93) 전시운행 - 12만명 승객수송 - 한국기계연구원과 협력 (시험평가) - 시속 100km/h 	▸ UTM-01('98) - 한국기계연구원 개발 - (주)로템과 협력 - 100m 시험선로 대차개발 

[표 326]기술 Gap Board ② _ 독일·일본·중국

구분	독일	일본		중국
	초고속형	중·저속형	초고속형	중·저속형
대표모델명	▸ Transrapid-08('99) 	▸ Linimo('02) 	▸ L0('13) 	▸ CMS-03('01) 
착수년도	1969	1974	1970	1980
운영속도	450km/h	100km/h	310km/h	150km/h
회전반경	-	50mR	-	75mR
부상방식	상전도흡인식	상전도흡인식	초전도반발식	상전도흡입식
추진방식	선형동기식(LSM)	선형유도식(LIM)	선형동기식(LSM)	-
차량수(편성)	5량 1편성	3량 1편성	5량 1편성	-

<table>
<tr><th rowspan="2">구분</th><th>독일</th><th colspan="2">일본</th><th>중국</th></tr>
<tr><th>초고속형</th><th>중・저속형</th><th>초고속형</th><th>중・저속형</th></tr>
<tr><td>탑승인원</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td>시험선</td><td>▸ 엠슬란트(31.5km)('72)
- 세계에서 가장 큰 시험시설</td><td colspan="2">▸ 나고야(1.5km)</td><td>▸ 야마나시(18.4km)</td></tr>
<tr><td>실용화노선</td><td>▸ (완료 후 연장추진)
상해 Transrapid : 푸동공항~상하이(30km)
▸ (취소) 뮌헨 중앙역 ~ 뮌헨 공항 노선(37.4km)</td><td>▸ (완료)
나고야시 후지카오카역 ~ 토요타시 반바쿠야쿠역(8.9km)</td><td>▸ (진행 중) 도쿄~오사카</td><td>▸ (진행 중)
북경 먼터우거우(10km)</td></tr>
<tr><td>기존 개발차량</td><td>▸ Transrapid-02('71)
- 시속 90km/h
 
▸ Transrapid-04('73)
- 최초의 차량 형태
- 상전도흡인식
 
▸ Transrapid-05('79)
- 시속 75km/h
- 세계 최초 long stator 방식
 
▸ Transrapid-06
- 최초의 2량 1편성
- 시속 400km/h
- 상용화 준비조건으로 인한 장기 시험운행
 
▸ Transrapid-07('86)
- 2량 1편성
- 시속 450km/h
  </td><td>▸ HSST-05('85)
- 요코하마 박람회 전시 운행('88)
- 2량 1편성
 
▸ HSST-100S
- 2량 1편성, 67인승/량
- 시속 100km/h
 
▸ HSST-100L
- 2량 1편성, 110인승/량
- 시속 100km/h
  </td><td>▸ ML-100('72)
- 시속, 60km/h
 
▸ ML-500('77)
- 시속 51.7km/h
 
▸ MLU-001('82)
- 3량 1편성
- 시속 405km/h
 
▸ MLU-002('87)
- 시속 394km/h
 
▸ MLU-002N('93)
- 시속 431km/h
 
▸ MLX-01('02)
- 시속 581km/h
  </td><td>▸ 남서자오퉁대학 개발
- 일본 HSST 모방
 
▸ 중국철도대학 개발
- 일본 HSST 모방
 
▸ 자오다 자기부상 CFC-01('06)
- 시난교통대학 자기부상연구팀 개발
- 시속 80~180km/h
  </td></tr>
</table>

* 출처 : 영국 UK Ultraspeed. http://www.500kmh.com/
미국 M³. http://article.joins.com/news/article/article.asp?T otal_ID=3208251
자기부상열차 실용화 타당성조사 보고서(2005)_건설교통부

구분	독일	일본		중국
	초고속형	중・저속형	초고속형	중・저속형

자기부상열차 예비타당성 조사(2005)_한국과학기술부
세계 각국 자기부상열차 현황(2006)_한국기계연구원
자기부상열차_한국기계연구원(김동성)
철도안전워크숍 신교통시스템 자기부상열차(2009)

○ (국내외 자기부상열차 History Board) 국가별 자기부상열차 기술・제품 연구개발 결과를 4개 분류(열차・선로시설・신호 및 열차제어설비・전력시설)로 구분하여 시계열로 History 비교

- 국가별 History Board 분석

: (① 한국) 1980년대 중반부터 현재까지 6개의 자기부상열차를 개발 성공하였고, 4개의 선로시설을 보유하고 있음. 특히, 부상추진시스템 성능을 개선시키는데 많은 노력을 기울이고 있음

: (② 미국) 1960년대부터 자기부상열차 연구에 착수하였으나, 1978년 정부지원 중단으로 자기부상열차 개발에 어려움을 겪었으나, 1992년 자기부상열차 개발 중심조직 NMI(National Maglev Initiative)의 형성으로 자기부상열차 개발이 활성화됨

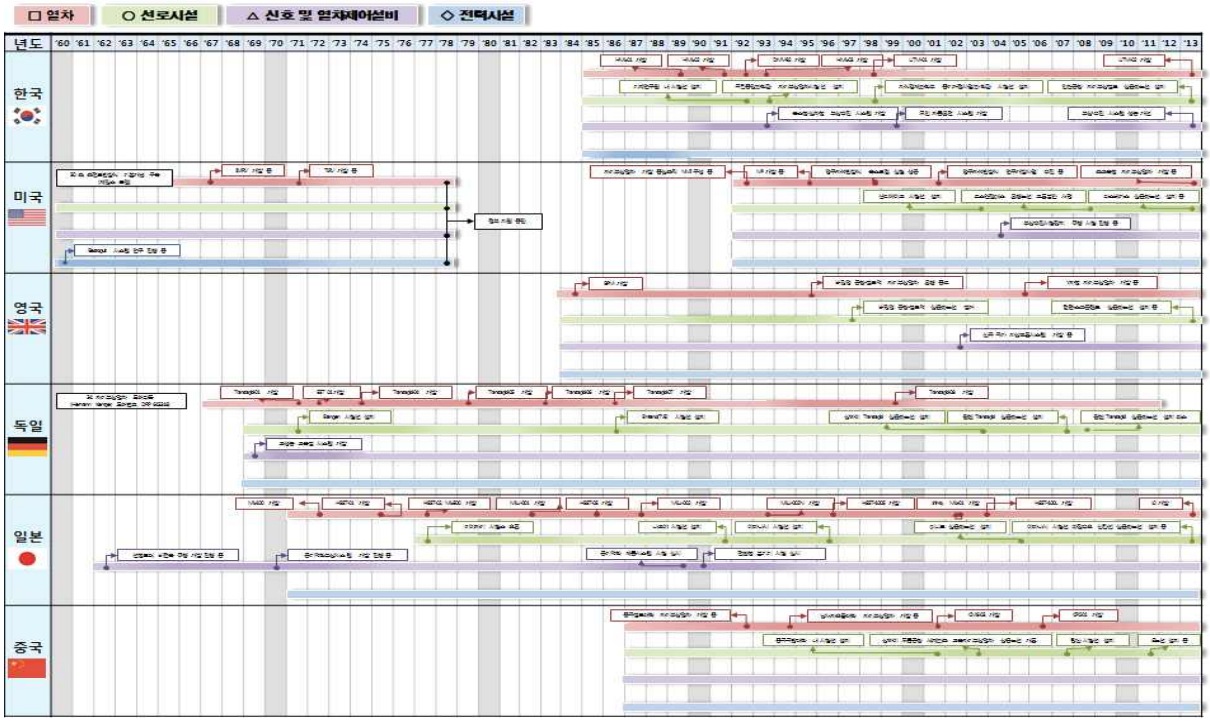
: (③ 영국) 버밍엄 공항에서 철도역을 잇는 교통수단으로써 자기부상열차를 실제 운행한 이력(1984년 개발)을 가지고 있으나 1995년 운행 종료한 이력을 가지고 있음. 현재는 국가 내 신규 지상교통시스템으로써 자기부상열차 개발을 추진 중임

: (④ 독일) 1934년 독일의 헤르만 캠퍼(Hermann Kemper)가 자기부상열차 에 관한 특허를 가장 먼저 취득하였으며, 열차 및 선로시설 개발 부문에서 타 국가에 비해 우수한 기술력을 보유하고 있음. 고성능 고속철 시스템 개발 또한 가장 먼저 착수함

: (⑤ 일본) 자기부상열차의 개발 대수가 약 10여대 가량으로 가장 많은 이력을 보유하고 있으며, 신호 및 열차제어설비 개발 부문에 대한 연구를 활발하게 진행하고 있음

: (⑥ 중국) 다른 국가보다 자기부상열차 관련 연구개발 착수시기가 가

장 늦으나, 현재 세계최초 고속자기부상열차 상용노선을 보유하고 있으며, 자기부상열차 실용화에 강점을 나타냄



[그림 857]기술 History Board

(13) 산-연-관 협력 기술개발 로드맵 구축

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 제품의 기술개발과 사업화 연계 부문에서 핵심타깃국가별 맞춤형 사업화 추진 및 시장진출이 가능하도록 산-연-관 협력에 기반한 시장진입전략 로드맵 수립

- 시계열별, 네트워크관점별, 이슈사항별, 제품사업화유형별 특성에 맞춘 글로벌 비즈니스 추진 체계 로드맵 수립

○ (연구 추진목표) 도시형 자기부상열차 도입 비즈니스 추진체계 전략별 시장진입로드맵을 단기·중기·장기적 시점에 따라 마련

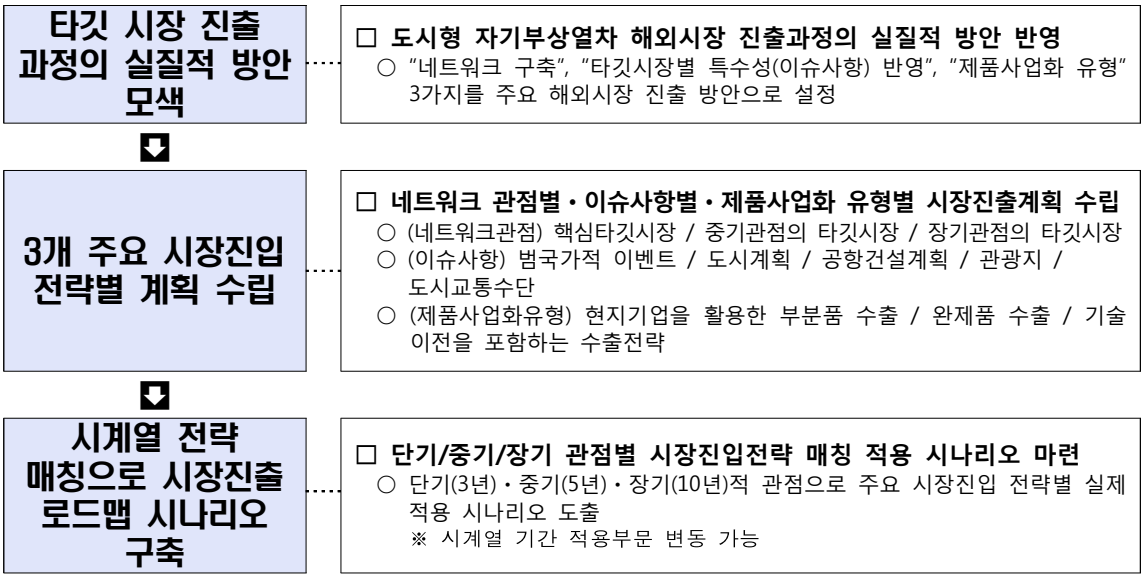
- 단기 전략은 '~3년', 중기 전략은 '~5년', 장기 전략은 '~10년' 기간을 기준으로 구분함

- 시장진입로드맵 수립 시 구분되는 유형과 추진 시점을 함께 고려한 종합적 로드맵 전략을 구축

(나) 추진방법

○ (추진프로세스) 타깃시장별 도시형 자기부상열차 기술·제품 수출 및 신규 시장개척을 위한 로드맵 구축 과정에서 다각적 시장진입 전략 시나리오를 구상하고, 시계열적 적용계획을 반영하여 유연한 시장진출 방안 제시

[표 327]시장진출 로드맵 수립 프로세스



○ 최종 「기술개발-시장진입 연계로드맵」 구축 시나리오는, 네트워크 관점별·이슈사항별·제품사업화 유형별로 구분 작성됨

- 각 시나리오는 단기, 중기, 장기적 관점별 매칭적용 가능함

※ 단기는 '~3년', 중기는 '~5년', 장기는 '~10년' 기간을 의미

(다) 최종 기술개발-시장진입 연계로드맵 구축 결과

○ 네트워크 관점별 시장진입 시나리오 도출

- (시나리오A) 단기(~3년)관점의 전략으로, 국가 간 협력 네트워크가 旣확보된 국가와, 현재 시점에서 도시형 자기부상열차 관련 기술 및 제품에 관심을 보이는 국가*를 대상으로 적용할 수 있음

* (예) 旣 도출된 도시형 자기부상열차 도입 대상 타깃 국가 등

: 초기 1년간은 관련 주체들 간의 네트워크 및 컨센서스 형성에 주력함

: 이후 3년까지는 단기협상과 신속한 협약체결을 위한 인프라 구축을 지향함

- (시나리오B) 중기(~5년)관점의 전략으로, 국가 내 교통체계마련계획이 있는 경우 해당 수요자 니즈에 자기부상열차 도입의 타당성과 적합성을 입

증하고 이를 홍보함으로써 관련 주체의 관심을 유도하는 전략을 수립함

: 초기 2년간은 국가 간 네트워크 구축에 기반한 국가 차원의 지원/협력 방안을 모색하며, 국가 간 네트워크를 연계함

: 이후 3년까지는 자기부상열차 도입 관련 홍보 및 마케팅 이벤트를 실시함

: 이후 5년까지는 세부 수출전략을 수립하고, 실질적 자기부상열차 도입 및 시장진입 방법론에 대한 협의를 진행함

- (시나리오C) 장기(~10년)관점의 전략으로, 개발도상국가 및 도시교통 개선이 필요한 국가 등을 대상으로 장기적 도시형 자기부상열차 도입 가능성에 입각한 사전 네트워크 구축 및 우호관계를 형성하는 전략을 추진함

: 초기 3년간은 금융 및 자금 부문의 연계지원 전략을 수립하고, 철도관련 교육과 인프라를 구축하는 등 대내외적 기반 조성에 주력함

: 이후 5년까지는 국가 차원의 지원·협력 관계를 조성하고 이에 기반한 도시형 자기부상열차 시장진입 전략을 수립함

[표 328]네트워크 관점별 시장진입 시나리오

기간	1년	2년	3년	중기	장기
시나리오 A : 핵심타깃시장 【 국가 간 협력 네트워크가 있고 현재 시점에서 관심을 보이고 있는 국가 】 ‣ (1년) 관련 주체간 컨센서스 형성 ‣ (3년) 관련 주체간 단기간 협상 / 신속한 협약 및 협상			(3년계획)		
시나리오 B : 중기관점의 타깃시장 【 국가 내 교통 체계마련 계획이 있는 경우 해당 수요에 자기부상열차 도입의 타당성·적합성을 홍보하여, 관련 주체의 관심유도 】 ‣ (2년) 국가차원의 지원·협력 / 국가간 연계 형성 ‣ (3년) 홍보·마케팅 이벤트 실시 ‣ (중기) 세부수출전략 및 방법 협의				(5년계획)	
시나리오 C : 장기관점의 타깃시장 【 개발도상국으로 도시교통 개선이 필요한 국가 등 장기적으로 도입 가능성이 기대되는 국가에 사전 협력 관계/우호 관계 형성 】 ‣ (3년) 금융·자금 연계를 위한 전략 수립 / 철도관련 교육·인프라 등의 지원 ‣ (중기) 국가 차원의 지원·협력					(10년계획)

○ 이슈사항별 시장진입 시나리오 도출

- (시나리오A) “범국가적 이벤트”는 단기(~2년)관점의 전략으로, 올림픽, 월드컵, 엑스포 등의 개최준비 및 실제 개최 국가가 후보국가에 해당됨

: 2년 계획으로 범국가적 행사준비와 실무추진에 입각한 국가별 키맨

(Key- Man) 및 컨택 라인 구축과 연계 네트워크 간 컨센서스 형성이 주요 전략임

- (시나리오B) “도시계획”은 중기(~4년)관점의 전략으로, 도시계획 공고 및 사전 기획단계에서 교통정보를 파악해 도시형 자기부상열차 도입을 고려한 도시계획 수립 방향성 설정 작업을 추진하도록 유도하는 것이 효율적임

  : 국가별 도시계획 수립 기준은 상이하지만 일반적으로, 평균 5년간의 세부 계획과 약 10년간의 중장기 계획을 수립하는 것으로 조사됨

  : 도시계획 수립 과정에는 사전 교통, 지역, 인구 등의 조사를 수행하기 때문에 국가 간 친밀성과 원활한 정보교류에 기반한 사전 정보 획득 및 도시계획 수립단계에서부터의 밀접한 참여와 대내외적 국가관계 형성이 요구됨

- (시나리오C) “공항건설 계획”은 단기(~2년)관점의 전략으로, 공항의 신규 건설 또는 추가 확장건설에 따른 신규 교통수단에 대한 수요자 니즈에 도시형 자기부상열차 도입을 추진하는 전략임

  : 2년 계획으로 공항 추가 및 확장건설 공고 이전 단계 또는 실제 추진 단계에서 공항-도심 연계노선 또는 공항 내 이동노선으로써 도시형 자기부상열차 도입을 추천할 수 있음

  : 동 전략에는 인천공항 내 시범운행 중인 도시형 자기부상열차 사례를 제시할 수 있으며, 범국가적 홍보효과와 친환경・첨단 기술의 활용이라는 장점을 가시적으로 활용할 수 있음

- (시나리오D) “관광용”은 중기(~5년)관점의 전략으로, 도시형 자기부상열차의 도입은 자연경관이 아름답고 지상 유물의 피해를 최소화하는 데 강점을 가지고 있으며, 관광 코스별 지상구간을 연결하는 교통수요에 대응이 가능함

  : 초기 3년간은 자기부상열차 수요지역 및 주요 정차역에 대한 분석이 요구되며, 이를 기반할 수 있는 지역별 법안 및 규정 마련(또는 수정)이 요구됨

  : 이후 5년까지는 도시형 자기부상열차의 실제 도입 및 시범운행에 입각한 활용 전략 추진이 필요함

- (시나리오E) “도시교통수단”은 장기(~10년)관점의 전략으로, 도시 내 신규 도입되는 교통수단으로써 또는 기존 교통수단의 대체수단으로써 도시

형 자기부상열차를 활용하려는 수요에 기반한 진입전략임

: 초기 3~5년간은 신규 도입 및 대체 교통수단으로써의 도시형 자기부상열차 도입 가능성과 인프라 구축 현황을 분석함

: 이후 5~10년까지는 국가 및 도시 차원에서의 도시형 자기부상열차 도입 기반을 마련하고, 관련된 법안・제도・시스템・인프라 등의 세부 항목을 구축하며, 실제 자기부상열차의 운영에는 추가 시간과 노력이 소요됨

[표 329]이슈사항별 시장진입 시나리오

기간	1년	2년	3년	중기	장기
시나리오 A : 이벤트(* 올림픽, 월드컵 엑스포 등) ▸ 이벤트 후보국가에 사전 접촉 및 홍보진행 (국가선정 단계 탈락 국가 포함) ▸ 관련 주체 간 컨센서스 형성					
		(2년계획)			
시나리오 B : 도시계획 ▸ (4년계획) 도시계획·공고 이전 단계에서 정보를 파악하여 사전작업					
				(4년계획)	
시나리오 C : 공항건설 계획 ▸ 공항건설 계획공고 이전 단계					
		(2년계획)			
시나리오 D : 관광용 ▸ (5년계획) 자연경관/유산의 피해를 방지하고 도보여행이 어려운 관광코스를 연결하는 교통수단 수요 확인					
				(5년계획)	
시나리오 E : 도시교통수단 ▸ (10년계획) 대체 교통수단 수요 확인					
					(10년계획)

○ 제품사업화 유형별 시장진입 시나리오 도출

- (시나리오A) “현지기업을 활용한 부분품 수출방법”은 중기(~5년)관점의 전략으로, 기술이전 없이 현지기업 발굴을 통한 전략적 사업화 지원 방법임

  : 현지 기업 및 기관과 국내 기업 간의 전략적 사업화 컨소시엄 관계를 형성하고 현지 기업에 대한 국내 기술이전 없이 현지 기술 제품의 도시형 자기부상열차 부품 조달이 가능하도록 지원함

  : 초기 1년간은 관련 기업 발굴 및 국내 제품과의 호환이 가능한 현지 기업들을 모색하며, 현지 기업 및 기관들과의 네트워크・컨센서스 형성에 주력함

  : 이후 3년까지는 협약 체결에 기반한 현지기업 연계로 관련 산업 내 인프라 구축을 지향함

- (시나리오B) “완제품 수출방법”은 단기(~3년)관점의 전략으로, 금융・자

금・정책적 기반을 필요로 함

: 초기 1년간은 현지 기업 및 기관으로 완제품을 조달하기 위한 무역협약・제도 등의 재개정이 요구되며, 추가적으로 금융/자금제도 조성으로 초기 조달 물품에 대한 비용 회수방안 등의 마련이 필요함

: 이후 3년까지는, 旣 구축된 정책・제도를 기반으로 실질적 제품 수출 및 무역로를 개척하여 운용 활성화하는 노력이 요구됨

- (시나리오C) “기술이전을 포함한 수출방법”은 장기(~10년)관점의 전략으로, 도시형 자기부상열차 도입 대상 국가 R&D 관련 기타 연구개발 인프라 구축에 기반한 수출 전략을 수립함

: 초기 3년간은 도시형 자기부상열차 관련 R&D 및 기타 연구협력 기반을 바탕으로, 기술이전을 지원함

: 이후 5년 까지는 기술 기반의 기업 및 기관 연계 인프라를 형성하고 국내 기술이전을 포함한 제품수출 전략을 수립함

: 이후 10년 까지는 연계 R&D 및 기타연구기반 지원을 실시하며, 제품과 기술 대상의 A/S 및 관리기능을 부여함(10년 이후 지속적 연계 시행 가능)

[표 330]제품사업화 유형별 시장진입 시나리오

기간	1년	2년	3년	중기	장기
시나리오 A : 중기관점의 타깃시장(5년 계획) ▸ 현지기업 활용가능(부분품 수출) * 단, 기술이전은 안함 ▸ 현지기업·기관 연계를 위한 전략적 사업화 방안 마련(컨소시움)					
				(5년계획)	
시나리오 B : 핵심타깃시장(3년 계획) ▸ 완제품 수출 ▸ 금융·자금·정책 마련 (회수방안 마련)					
			(3년계획)		
시나리오 C : 장기관점의 타깃시장(10년 계획) ▸ 기술이전을 포함하는 수출 ▸ R&D 및 기타연구기반 지원(A/S 및 관리기능 이관)					
					(10년계획)

○ 핵심타깃국가별 시장진입 전략 로드맵 구축 적용방안으로는, 타깃시장 진출을 위한 도시형 자기부상열차 기술 또는 제품에 旣 도출된 기술개발 - 시장진입 연계로드맵을 시계열별 시나리오로 매칭하는 방법을 활용할 수 있음

- 핵심타깃시장 3개 국가를 대상으로, 지속적인 국제현황 모니터링에 기반

한 기술-제품 연계 시장진입 전략 로드맵 수립

- 기술/제품별 다양한 시나리오 전략 수립이 가능하며, 시장 환경 변화에 따라 유연한 로드맵 대체 적용이 가능함

[표 331]핵심타깃시장 사업화 시나리오 활용방안(예)

<table>
<tr><th>1년</th><th>2년</th><th>3년</th><th></th><th>중장기</th></tr>
<tr><td rowspan="4">핵심타깃시장
3국</td><td colspan="2">시나리오1</td><td rowspan="4">→
지속적인
국제현황
모니터링</td><td rowspan="4">연구결과 도출된 00개 국가를 전체 타깃시장 POOL로 선정하여 1차 진입국가로 고려하되, 추가 α개 시장에 대해서는 장기적으로 국제(교통)산업 현황을 파악하여 전략적 판단근거 마련</td></tr>
<tr><td>그룹A</td><td>그룹B</td></tr>
<tr><td colspan="2">시나리오2</td></tr>
<tr><td>그룹B</td><td>그룹A</td></tr>
</table>

(14) 최종 타깃국가별 사업화 지원을 위한 비즈니스 전략 수립

- (핵심타깃시장 대상) 정책적·사회적 이슈, 산업동향, 시장트렌드, 시장진입 시나리오, 시장·제품·사업화전략, 비전・미션, 기술개발 전략 등 반영

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 최종적으로 선정된 핵심타깃시장을 대상으로 도시형 자기부상열차 사업화 전략 방법을 조사하고, 이에 대한 근거자료를 통하여 실질적인 해외시장 개척 방법과 사업화 전략을 수립

- 핵심타깃국가 도출과정에서 수집된 정보를 활용하여 국가별 주요 이슈사항 및 현황을 고려한 후, 도시 전반의 맞춤형 사업화 전략 수립

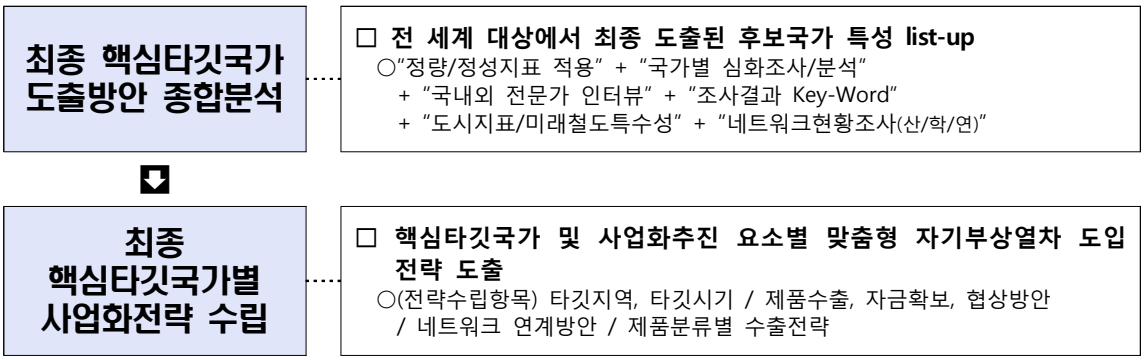
○ (연구 추진목표) 도시형 자기부상열차 도입 핵심타깃국가 도출과정 연구결과의 종합 분석을 통해 핵심타깃국가별 차별화된 사업화 전략 방향성을 설정

- 시장 진입 전략 수립 시 사업화 전략 수립 종류로는 타깃 국가/지역, 시장 진입 시기, 투자지원 및 국가 간 협력체계, 제품별 전략 등이 있음

(나) 추진방법

○ (추진프로세스) 전 세계를 대상으로 旣 조사된 도시형 자기부상열차 도입 국가 중 핵심타깃국가 3곳을 선정하여 국가별 도출방안을 list-up하고, 이를 종합적으로 분석함으로써 핵심타깃국가별 사업화 전략 수립

[표 332]사업화전략 수립 프로세스



○ 최종적으로 선정된 3개의 핵심타깃국가를 대상으로 실질적 시장 진입 방안 종합분석 실시

- 최종 3개 핵심타깃국가 : 러시아, 아랍에미리트연합(UAE), 터키
- 도출방안을 항목별 비교·분석함으로써 도시형 자기부상열차 도입 시장전략 수립에 필요한 전략을 구체화함으로써 실효성 있는 전략을 수립

(다) 최종 핵심타깃국가별 사업화전략 도출결과

1) 러시아

○ 러시아는 주요 관광지가 위치한 도시(모스크바, 상트페테르부르크, 블라디보스토크 등)를 중심으로 인구가 밀집된 양상을 보이고, 외국 문화에 대해 보수적인 태도를 가지고 있어, 이에 맞춘 도시형 자기부상열차 시장 진입 전략 수립이 요구됨

- 러시아의 인구수 절반 수준인 모스크바에는 모스크바 크렘린, 노보데비치 수도원, 붉은 광장, 푸슈킨 미술관 등의 관광지가 위치해 있어 러시아의 관광명소로 유명함
- 러시아 국민 4.6%정도가 민족주의*적 시각을 보유하고 있어, 외국인에 대한 배척시각을 가지고 있는 것으로 판단됨

※ 민족주의 : 민족에 기반을 둔 국가의 형성을 지상목표로 하고, 민족의 구성원이 민족국가를 형성하기 위하여 노력하는 투쟁과정에서의 정신 상태나 정책원리 또는 의식과 운동

□ 타깃지역 및 타깃시기

○ (타깃지역) 러시아 주요 관광지 간 연계교통수단 확보를 목적으로 "황금고리*"지역을 보유한 러시아의 수도 모스크바를 도시형 자기부상열차 도

입 타깃지역으로 선정

※ 황금고리 : 러시아 수도 모스크바 북동부에 위치한 도시들을 가리키는 용어, 문화·예술 형성에 큰 역할을 했던 중요 지역

(해당도시) 알렉산드로프·보골류보보·고로호베츠·구시흐루스탈니·이바노보·키덱샤·코스트로마·모스크바·팔레흐·페레슬라블잘레스키·플료스·로스토프·리빈스크·세르기예프포사드·수즈달·투타예프·우글리치·블라디미르·야로슬라블·유리예프폴스키 등

○ (타깃시기) 러시아의 시장현황 및 기회 분석을 통해 시기적(단기, 중장기, 장기)* 특성에 맞춘 전략을 도출

※ 구분 : (단기) 1~3년 / (중장기) 3~10년 / (장기) 10년 이상

[표 333]러시아 타깃시기별 시장기회적 특성

구분	특성
단기	2014년 제 22회 러시아 소치 동계올림픽
중장기	모스크바의 "황금고리"
장기	공항추가건설 계획

□ 제품수출

○ 러시아는 "철도의 나라"라는 별칭을 보유할 정도로 자국 내 철도 인프라가 잘 갖추어져 있기 때문에 기존에 형성된 인프라를 활용한 제품수출 전략 수립이 요구됨

○ 제품분류별 수출전략

[표 334]러시아 제품분류별 수출전략

제품분류체계	수출전략
① 철도차량	한국 현지 자회사 운용, OEM방식 도입, 기술/노하우 제공, 현지 생산 및 조달 지원
② 선로 및 제어시스템	현기기업 핵심장비 수출, 점진적 기술이전, 시스템 지원
③ 통신시스템	현지 통신기업 활용, 자체 생산, 자체 조달체계 구축, 서비스(기술)수출, 기술이전
④ 전력시스템	현지 전력생산기업 활용, 현지생산, 현지조달
⑤ 궤도토목	한국 현지 건설업체 운용, 현지인력 활용, 현지생산, 현지 조달지원, 기술컨설팅
⑥ 역사시설(역사테마)	현지 역사시설 건설기업 활용, 현지생산, 현지조달, 旣 기술 연계방안
⑦ 차량기지(유지보수)	현지기업 생산, 현지 조달지원, 현지 산-학-연 연계지원, 旣보유 인프라 활용

① 철도차량

: 러시아에 旣 진출한 한국기업의 연계 및 러시아 현지기업의 OEM*방

식을 적용하여 철도차량 시스템을 구축 및 운영하는 방식을 활용할 수 있음. 또한, 한국 철도차량 관련기술 및 노하우를 러시아에 제공하는 방안을 제시

※ OEM(Original Equipment Manufacturing) : 자사브랜드를 가지고 타 브랜드에 의한 부품/완성품 공급, 주문자상표부착방식

② 선로 및 제어시스템

: 현지 선로 및 제어시스템 전문기업에 한국의 핵심장비를 수출한 후, 기술이전을 실시함으로써, 향후 자체적인 선로 및 제어시스템 운영이 가능하도록 지원하는 방안을 제안

③ 통신시스템

: 러시아 자국 내 통신기업(트란스텔레콤 社*)을 활용하여 자체적인 통신시스템을 개선 및 신규개발한 후, 한국의 핵심기술을 현지 통신 전문기업에 이전하는 진행방식을 제안

※ 트란스텔레콤 社 : 러시아철도공사(RZD)의 자회사, 현재 광섬유통신선 건설사업을 추진 중

④ 전력시스템

: 러시아 최대의 독자적인 전력 생산업체인 유로십에너고(EuroSibEnergo) 등 현지 전력생산관련 전문기업을 활용하여 도시형 자기부상열차 전력시스템을 공급하는 방안을 제시

⑤ 궤도토목

: 러시아에 진출한 한국계 건설회사와 현지 기업과의 연계 협력을 통하여 기술 이전을 실시하고, 이전된 기술에 대한 후속조치 방안으로 컨설팅을 수행하는 방안을 모색

⑥ 역사시설(역사테마)

: 러시아에 旣 수출된 한국 건설부문 기술을 활용하는 방안을 모색하고, 추가적으로 러시아 자국 내 건설업체(Vozrozhdenie* 등)를 활용하는 전략을 도출

※ Vozrohdenie : 2009년 투르크메니스탄에 진출에 현재 활동하고 있는 건설회사

⑦ 차량기지(유지보수)

: 러시아 內 철도관련 산ㅡ학ㅡ연 협력 인프라를 활용하여 철도 차량에 대한 유지보수 작업을 러시아에서 자체적으로 수행할 수 있도록 연계하는 전략을 수립

[표 335]러시아 철도관련 산ㅡ학ㅡ연 협력 인프라

구분	내용
산(기업)	나선콘트란스, JSC 러시아 철도 주식회사
학(학교)	러시아 극동교통대(FESTU), 러시아 시베리아교통대학교, 이르쿠츠크 교통대학(ISTU), 철도 상트페테르부르크 주립대학, 모스크바 주립대학(MIIT) 등
연(연구소)	JSC 철도연구 연구소, 러시아 연방철도연구원(RRRI), 러시아 교통부 등

□ 자금확보

○ 사업화 전문기관*과 대한무역투자진흥공사(KOTRA) 및 한국국제협력단(KOICA)의 종합적 참여지원을 통한 사업비 확보방안 수립이 요구됨

※ 사업화 전문기관으로는 한국기계연구원, 기업, SPC(유동화전문회사) 등이 있음

□ 협상전략

○ 양국 간 원활한 협상 진행을 목적으로 한국과 러시아 간 旣 보유 산업연계체계(과학기술 MOU체결, 철도컨설팅 등)를 활용한 협상전략 수립이 필요함

- 1990년부터 현재까지 한국과 러시아 간 경제 교역규모는 약 116배 증가한 것으로 나타났으며, 향후 지속적인 교역활동 규모 확대가 전망됨
- 현재 한국과 러시아는 '비즈니스 다이얼로그' 등의 협력 채널을 가동해 FTA 협상 재개여부를 논의 중에 있으며, 향후 FTA 체결 시 국가 간 관계가 더욱 긴밀해 질 것으로 예상됨

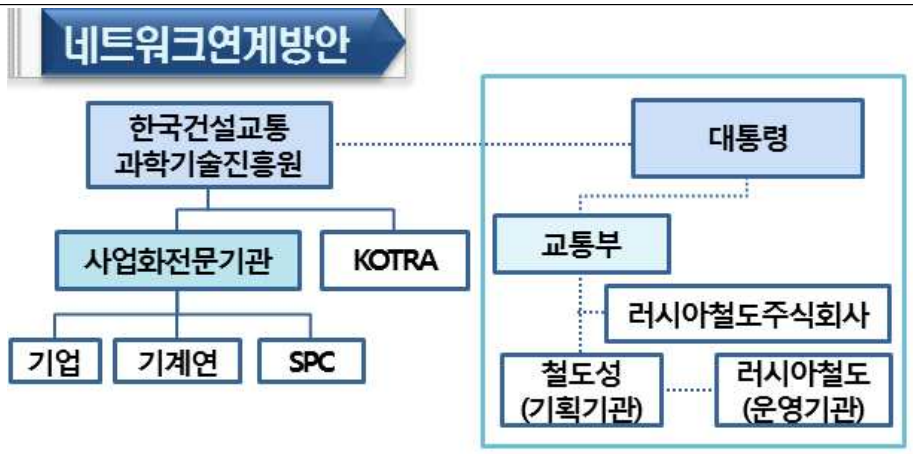
○ 러시아의 보수적인 국가 성향에 따라 러시아 자국의 이익보호에 입각한 자원외교* 전략 도출이 가능함

※ 자원외교 : 경제적 측면에서, 자국이 보유하지 못한 자원을 상대국에서 지속적으로 공급받을 수 있는 기반을 마련하는 외교

□ 네트워크 연계방안

○ 러시아는 푸틴대통령을 중심으로 정부조직이 구성되어있으며, 정부 부처 內 “교통부”를 한국건설교통과학기술진흥원과 연계하는 네트워크 협력 방안을 제시

- 러시아 정부조직은 “교통부”를 포함한 18부처로 구성되어 있으며, “교통부”에는 교통감독국, 항공운수청, 도로청, 철도운수청, 해운청이 속해 있음



[그림 857]러시아 네트워크 연계방안

2) 아랍에미리트연합

○ 아랍에미리트연합(UAE)은 신규 계획도시인 마스다르시티*를 “탄소제로 시티”로 지정하고 환경 친화적인 인프라 구축에 국가차원의 지원을 실시하고 있음. 이러한 정부 동향을 반영하여 도시형자기부상열차의 친환경성을 강조한 전략 수립이 기대됨

※ 마스다르시티 : 현재 건설 진행 중인 신도시, 온실가스·쓰레기·자동차 없는 도시 실현을 목표함

□ 타깃지역 및 타깃시기

○ (타깃지역) 아랍에미리트연합(UAE)의 도시 상황을 고려하여 범국가적 행사(월드컵, 엑스포, 유니버시아드대회 등) 개최 예정지인 “두바이”와 신도시 건설 및 인공섬 개발* 계획이 활발한 “아부다비”를 도시형자기부상열차 타깃지역으로 선정함

※ 유전 인공섬 : 아부다비 북서쪽 80km 해역 중동 지역 단일 플랜트, 프로젝트 중 최대 규모

- 두바이 정부는 제벨알리 지역에 개발 중인 두바이월드센트럴(Dubai World Central) 내 4.38㎢ 규모 수준의 “엑스포 2020” 유치를 추진 중임

○ (타깃시기) 아랍에미리트연합(UAE)의 시장현황 및 시장진출 기회 분석 결과를 기반으로 시기적* 특성에 맞춘 시장진입 전략을 도출

※ 구분 : (단기) 1~3년 / (중장기) 3~10년 / (장기) 10년 이상

[표 336]아랍에미리트연합(UAE) 타깃시기별 시장기회적 특성

구분	특성
단기	탄소제로시티
중장기	두바이 및 아부다비의 도시계획
장기	신규 주요도시 개발

□ 제품수출

○ 한국과 아랍에미리트연합은 국가적 우호관계를 형성하고 있어 국가 간 원활한 협상이 가능할 것으로 예상됨

- 한국은 국내 기업의 해외시장 진출 및 참여기획 확대를 목적으로, 아랍에미리트연합과의 FTA 협상을 진행 중에 있으며, 향후 대표적인 건설·플랜트 시장인 GCC*(Gulf Cooperation Council)에서의 시장참여 기회 확보를 기대하고 있음

※ GCC(Gulf Cooperation Council) : 페르시아 만 협력회의 또는 걸프협력회의 / 페르시아 만 연안의 6개국(사우디아라비아, 쿠웨이트, 아랍에미리트, 카타르 오만, 바레인)간 체결된 관세동맹 형태의 경제협력체

- 2009년 한국은 아랍에미리트연합(UAE) 아부다비에 한국형 원전 4기(540만kW급)를 수주한 이력을 보유하고 있어, SOC 산업 진출과 관련된 국가 인프라 및 네트워크 연계 경험을 旣 보유하고 있음

- 또한, 지식재산권・의료산업・농어촌・금융 등 여러 분야에서의 “한국-아랍에미리트연합(UAE) MOU”를 다수 보유하고 있기 때문에, 향후 타 분야로의 연계 진출에 도움이 될 것으로 판단됨

- 2013년 기획재정부와 한국은행은 아랍에미리트연합(UAE) 중앙은행과 미화 약 54억달러(한화 5조 8,000억원) 규모의 통화스와프*를 체결함

※ 통화스와프 : 서로 다른 통화를 약정된 환율에 따라 일정한 시점에서 통화를 상호 교환하는 외환 거래

○ 제품분류별 수출전략

[표 337]아랍에미리트연합(UAE) 제품분류별 수출전략

제품분류체계	수출전략
① 철도차량	현지조달, 핵심부품 수출, 현지기업 연계지원
② 선로 및 제어시스템	국내 핵심장비 수출, 점진적 기술이전, 시스템 지원
③ 통신시스템	현지기업 활용, 현지생산, 조달체계 구축
④ 전력시스템	현지기업 활용, 현지생산, 旣 원전 연계방안
⑤ 궤도토목	국내기업 연계, 현지인력 활용, 현지생산, 조달지원, 기술컨설팅
⑥ 역사시설(역사테마)	국내기업 연계, 현지인력 활용, 현지생산, 조달지원, 기술컨설팅
⑦ 차량기지(유지보수)	서비스 수출, 인력 파견, 기술이전

① 철도차량

: 아부다비연방철도공사인 “에티하드 레일(Etihad Rail)”에 한국 기술 및 서비스의 핵심 부품을 수출하고, 일부 조달 지원함으로써, 최종적으로 에티하드 레일社 자체 운영관리가 가능하도록 지원하는 전략을 도출

② 선로 및 제어시스템

: 아랍에미리트연합(UAE) 內 선로 및 제어시스템을 담당 기업을 대상으로 한국의 핵심장비·장치를 수출한 후, 기술 이전을 실시하여 현지 기업 내 자립화를 지원하는 방안을 제안

③ 통신시스템

: 한국의 핵심기술을 아랍에미리트연합(UAE) 통신관련 전문기업(Etisalat* 등)에 이전함으로써, 도시형 자기부상열차 통신시스템을 현지에서 자체 구축 및 운용이 가능하도록 하는 방안을 제시

※ Etisalat(에티살라트) : 아부다비 정부 소유의 최대 통신기업

④ 전력시스템

: 현지 전력생산 기업을 활용하여 아랍에미리트연합(UAE) 내에서의 전력 생산·조달 방안을 마련하거나, 旣 수출된 원전 기술을 연계함으로써 전력시스템을 구축하는 방안을 검토

⑤ 궤도토목

: 아랍에미리트연합(UAE)에 진출한 한국 건설전문 기업과 연계하거나

현지 전문 인력 또는 기업을 활용함으로써 현지 궤도토목 관련 기술·시스템을 활용한 자기부상열차 인프라 구축 전략을 수립

⑥ 역사시설(역사테마)

: 현지 건설 전문 인력 및 기업을 활용하거나, 현지 진출한 국내 건설업체와의 연합을 통하여 역사시설을 구축하는 전략을 제시

⑦ 차량기지(유지보수)

: 한국 사업화전담조직의 인력, 서비스, 기술을 파견·수출한 후, 에티하드 레일 社(Etihad Rail)를 중심으로 운영 관리 시행할 것은 제안. 이후 한국이 아랍에미리트연합(UAE)으로의 기술 이전을 실시해, 자립화를 도모하는 방식을 고려

□ 자금확보

○ 한국-UAE 간 기존에 보유한 협력 네트워크나 국내외 사업화 전문회사를 활용함으로써, 도시형 자기부상열차 도입 시 필요한 자금 확보방안을 검토

- 2009년 인프라, 민영화, 천연자원 관련 투자계획(프로젝트)과 주요 정보를 공유하기 위해 KOTRA(대한무역투자진흥공사), 한국산업은행, ADIC(아부다비투자공사) 3자간 투자분야 협력 양해각서(MOU)를 교환한 이력이 있음

□ 협상전략

○ 아랍에미리트연합(UAE) 내 건설업 성장이 가속화되는 상황을 고려하여 건물 중앙 통로 설계, 구름다리, 건물고도화 등 건설 분야 관련 도시형 자기부상열차 도입 협상 전략이 요구됨

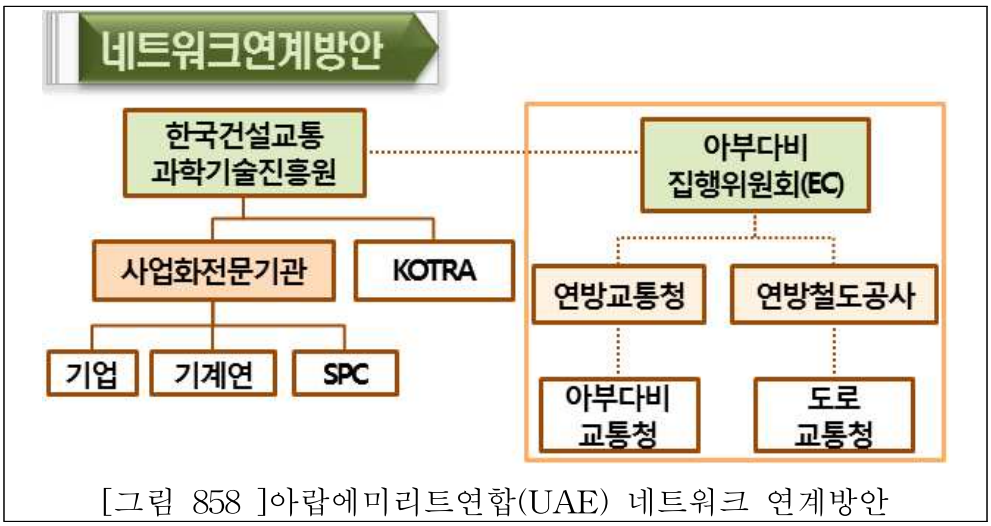
- 두바이의 부동산 시장은 세계경제에서 3~4%대의 높은 경제 성장률을 기록하며 지속적으로 성장하고 있는 추세임

○ 독자적인 관할구역을 형성하고 구역 내 자체 권한을 행사하는 아랍에미리트연합(UAE)의 독립왕정국가 특성을 반영하여, 관할구역별 특성화 전략 수립이 요구됨

□ 네트워크 연계방안

○ 아랍에미리트연합(UAE)의 아부다비 집행위원회(EC)와 한국건설교통과학기술진흥원 간 네트워크 구축 방안을 제시

- 아부다비 집행위원회(EC)의 집행 아래, 철도 허가기관인 연방철도공사(URC)와 철도운영기관인 연방교통청(NTA)이 존재함



[그림 858]아랍에미리트연합(UAE) 네트워크 연계방안

3) 터키

○ 터키의 수상*은 이스탄불 국민들의 복지개선을 위해 새로운 '두 신도시 프로젝트'를 발표하였으며, 이스탄불 교통 체증 해소에 목적을 둔 철도 관련 SOC산업에 높은 관심도를 보이고 있음. 이에 따라, 도시형 자기부상열차의 친환경성과 교통효율지원 측면에 입각한 사업화 전략 수립 방안이 요구됨

※ 레제프 타이이프 에르도안(Recep Tayyip Erdoğan)

- '두개의 신도시' 계획은 이스탄불의 유럽 사이드와 아시아 사이드 흑해 해안의 채석장 지역에 두 개의 위성 도시를 건설해, 각각 100만~150만의 주민들을 이주시켜 인구 집중과 교통체증을 해소할 목적으로 수립된 계획임

- 네덜란드 GPS업체 '톰톰'이 전 세계 169국을 대상으로 실시한 "최악의 교통체증 도시" 조사에서 터키 이스탄불이 2위를 기록해, 터키정부의 개선 대책 마련에 시급성을 제고시킴(2013년)

- 한국은 터키와의 SOC산업 부문(고속철도 건설, 원자력 발전소 등)에서 주요 협상 타깃국가로 선정된 경험이 있어, 이러한 이력이 향후 철도부문 SOC산업 시장진출에 긍정적 요소로 작용할 것으로 예상됨

□ 타깃지역 및 타깃시기

○ (타깃지역) 이스탄불은 범국가적 행사, 신도시계획, 공항건설 계획 등 정책적 프로젝트 계획을 타수 보유하고 있어, 인구 집중 및 가시적 효과에 입각한 도시형자기부상열차 도입을 고려할 수 있음

- 터키정부는 연간 약 1억5천여만명 수용규모의 이스탄불 신공항건설계획을 발표하고 공항 혼잡을 개선하기 위한 방안을 수립 중임(2013년 1월)

○ (타깃시기) 터키의 시장현황 및 시장진입 기회분석 결과를 기반으로, 시기적* 특성을 반영한 진입 전략을 도출

※ 구분 : (단기) 1~3년 / (중장기) 3~10년 / (장기) 10년 이상

[표 338]터키 타깃시기별 시장기회적 특성

구분	특성
단기	2013년 FIFA U20 월드컵
중장기	신도시 개발 계획
장기	신공항 건설 및 기타 신규 주요 도시 개발 계획

□ 제품수출

○ 한국은 아시아 국가 중 최초로 터키와 FTA를 체결한 특장점을 보유하고 있음. 이러함 이점을 활용하여 주요 경쟁국(중국, 일본 등)에 앞선 시장 선점 측면으로의 제품수출 전략 수립이 요구됨

○ 제품분류별 수출전략

[표 339]터키 제품분류별 수출전략

제품분류체계	수출전략
① 철도차량	국내 기업 운용, OEM방식, 고용창출, 산업 활성화, 정부지원강화
② 선로 및 제어시스템	국내 핵심장비 수출, 점진적 기술이전, 시스템 지원
③ 통신시스템	현지기업 활용, 현지생산, 조달체계 구축
④ 전력시스템	국내 장비/장치 수출, 제품 운용방안 및 노하우 전수, 현지기술 자립화 지원
⑤ 궤도토목	국내기업 연계, 현지인력 활용, 현지생산, 조달지원, 기술컨설팅
⑥ 역사시설(역사테마)	국내기업 연계, 현지인력 활용, 현지생산, 조달지원, 기술컨설팅
⑦ 차량기지(유지보수)	서비스 수출, 인력 파견, 기술이전

① 철도차량

: 터키에 진출한 국내 기업의 활용방안을 모색하고, 터키 현지기업에 OEM*방식을 적용함으로써, 터키 내 산업 활성화·고용창출 등의 성과 도모 전략을 제시

※ OEM(Original Equipment Manufacturing) : 자사브랜드를 가지고 타 브랜드에 의한 부품·완성품 공급 / 주문자상표부착방식

② 선로 및 제어시스템

: 국내 선로 및 제어시스템 관련 분야의 핵심장비·장치를 터키 기업에 수출한 후 한국이 터키에게 기술이전을 실시하는 방법을 통하여, 향후 선로 및 제어시스템을 자립적으로 활용하도록 하는 지원 전략 수립

③ 통신시스템

: 현지에 진출한 한국 기업을 연계하여 통신 시스템 관련 핵심기술을 현지 통신 전문기업에 수출한 후, 현지기업 내 자체적인 도시형 자기부상열차의 통신시스템을 구축하는 방안을 제안

④ 전력시스템

: 국내의 장비·장치 등을 현지 전력생산 관련 기업에 수출한 후, 기술 및 노하우를 전수함으로써 터키 내 자체적으로 전력시스템이 자립 될 수 있도록 지원하는 전략을 제시

⑤ 궤도토목

: 터키 內 건설관련 전문기업을 활용하거나 현지에 진출한 한국 건설기업과의 컨소시엄을 지원함으로써 기술컨설팅 실시 전략을 수립

⑥ 역사시설(역사테마)

: 터키에 진출한 국내 기업 또는 현지 건설관련 기업과의 연계·협력을 통해 역사시설을 건설하는 방안을 제시

⑦ 차량기지(유지보수)

: 국내 기술·서비스를 현지 철도기업 중심으로 수출한 후, 한국 전문가를 파견하여 현지 철도기업에 기술이전을 실시. 이후 기술 및 서비스가 자립화 될 수 있도록 기술자문을 지원하는 방안 제안

□ 자금확보

○ 한국과 터기 간 체결된 여러 분야의 협정을 활용한 자금운용 방안을 기대해 볼 수 있으며, 추가적으로 SPC(유통화전문회사)·KOTRA(대한무역투자진흥공사)·KOICA(한국국제협력단)의 참여를 통해 사업비를 확보하는 전략을 제시

- 대한민국과 터키는 1957년 공식적으로 수교를 시작하여 사증면제 협정, 문화협정, 통상 진흥 및 경제 기술협력 협정, 항공협정, 이중 과세 방지 협정, 투자 보장 협정, 섬유 협정, 원자력 협력 협정 등을 체결한 이력이 있음

□ 협상전략

○ 터키는 한국을 “피로 맺어진 형제”로 여기며 무역에서도 우정과 동맹을 중요시 하는 양상을 나타냄. 국가 간 우호적 관계에 기반한 협력·지원을 바탕으로 동반성장을 추구하는 전략 수립이 요구됨

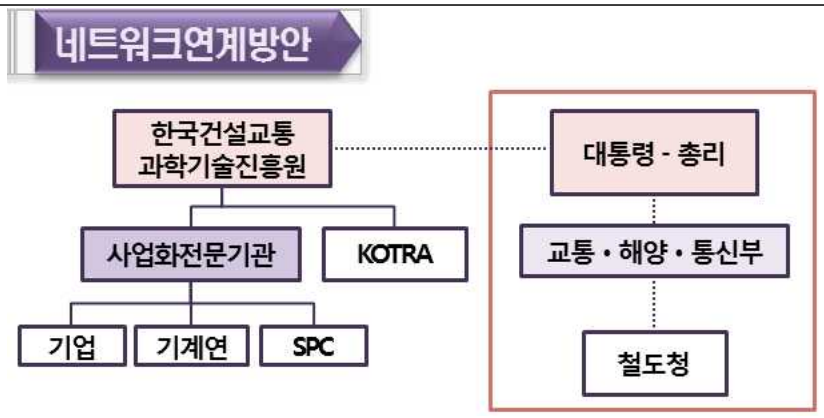
- 터키에 진출한 한국 기업을 활용하거나 한국 기술을 터키 기업에 이전한 후, OEM(주문자 상표 부착품)방식을 확대 적용하여 향후 자립을 도모하는 전략을 제안할 수 있음

□ 네트워크 연계방안

○ 터키의 대통령·총리를 중심으로, 산하기관인 “교통·해양·통신부”와 한국건설교통과학기술진흥원 간의 컨소시엄 형성 방안 제시

- “교통·해양·통신부”의 하위기관으로 철도 노선 보유 및 운영·관리 역할을 수행하는 “터키 국립 철도청*”이 있음

※ 터키국립철도청(TCDD:Trkiye Cumhuriyeti Devlet Demiryollar) : 터키 철도운용권 소유, 터키 전역에 여객열차 운영



[그림 859]터키 네트워크 연계방안

(15) 공청회 개최

- 「철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축 공청회」 개최

(가) 연구 추진목적 및 목표

○ (연구 추진목적) 도시형 자기부상열차의 글로벌 비즈니스 추진에 대한 '산-학-연-관'의 공감대 형성

- 민간기업, 대학, 철도관련 연구원, 정부부처 및 조직 관계자 등이 참여하는 공청회 개최 및 다양한 이해관계자들 간 컨센서스 형성

○ (연구 추진목표) '미래철도 R&D 성과의 사업화 성공률 제고'에 입각하여 철도 R&D 성과의 글로벌 비즈니스 체계 구축에 대한 방향성과 세부 전략 수립에 대한 검토 및 의견수렴

- 글로벌 비즈니스 추진 전략과 이의 방향성에 대한 검토가 주요 사안이며, 세부적으로는 동 사업의 성과인 사업화 전략, 마케팅 전략, 기관운영 및 관리전략의 적절성을 검토하고 개선사항에 대한 의견을 수렴함

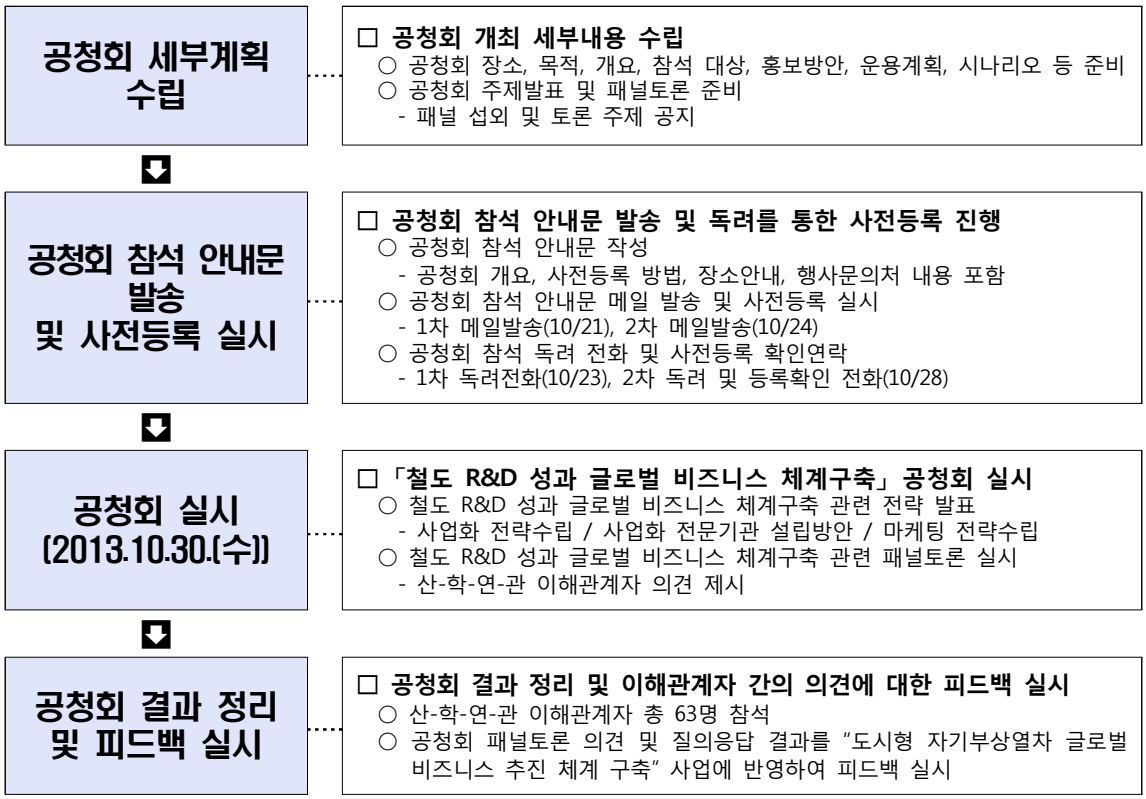
- 공청회는 세부 과제별 과업 수행내용에 대한 주제발표와 주제발표 내용에 대한 패널토론으로 구성됨

(나) 추진방법

○ (추진프로세스) "도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축" 사업 수행 과정에서 도출된, 사업화 전략·사업화 전문기관 수립전략·마케팅 전략 부문에 대하여 공청회를 개최함으로써 "산-학-연-관"이해관계자들과의 컨센서스 구축 및 개선·보완사항 도출

- "도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축"사업의 일환으로 도출된 연구 결과를 향후 미래철도 부문에 활용 및 적용하기 위하여, "철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계 구축"이라는 주제 하에 "도시형 자기부상열차"연구결과를 예시로 적용함

[「철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축」 공청회 개최 프로세스]



○ 공청회 결과 도출된 패널토론 및 질의응답 결과 도출된 수정·보완사항은 "도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축"사업 수행 과정에 추가 반영 예정

- 사업화 전략·사업화 전문기관 수립전략·마케팅 전략별 담당 연구기관에서 추가보완 실시

(다) 「철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축 공청회」 추진결과

1) 공청회 개최 세부내용

가) 행사개요

○ 행사명 : 철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축 공청회

○ 목 적 : 미래철도 R&D 성과의 사업화 성공률 제고를 위한 글로벌 비즈니스 체계 구축 사례에 대한 관련 산학연 주체들의 의견을 수렴하는 소통과 교류의 장 마련

○ 일 시 : 2013년 10월 30일 (수) 14:00 ~ 16:30

○ 장 소 : 서울 건설공제조합 본부 3층 대회의실
(서울시 강남구 언주로 711(논현동 71-2) / (Tel)02-3449-8888)

○ 주　최 : 국토교통부

○ 주　관 : 국토교통과학기술진흥원, 도시형자기부상열차실용화사업단

○ 진행 순서:

Time	Schedule
13:30~14:00	• 등록
14:00~14:10	• 인사말씀
14:10~14:30	• 발표 1 : 철도 R&D 성과 사업화 전략수립 - 조영훈 본부장 ((주)더비엔아이)
14:30~14:50	• 발표 2 : 사업화 전문기관 설립방안 수립 - 김진수 원장 ((사)한국창업경영연구원)
14:50~15:10	• 발표 3 : 마케팅 스타트업 전략수립 - 김은주 대표 (프로페로유한회사)
15:10~15:20	• Coffee-Break
15:20~16:10	• 패널토론 : [좌장] 김익성 교수(동덕여자대학교) - 오지택 책임(한국철도기술연구원) - 이은호 실장(국토교통과학기술진흥원) - 김　현 실장(한국교통연구원) - 강길현 상무(현대로템(주)) - 백용태 편집국장(국토매일)
16:10~16:30	• Q&A(방청석 질의응답)
16:30	• 폐회

나) 참석대상

○ 정부기관

- 국토교통부, 국토교통과학기술진흥원, 도시형자기부상열차 실용화사업단 담

○ 유관기관

- 도시형 철도분야 산・학・연 관계자, SOC 산업 글로벌 비즈니스 추진 계획 보유기업 담당자, 철도부문 기술이전・사업화 담당자 등

다) 토론 패널구성

○ 철도 R&D 경험을 보유한, 산-학-연-관 분야의 토론 패널 섭외

["철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축" 공청회 패널 구성]

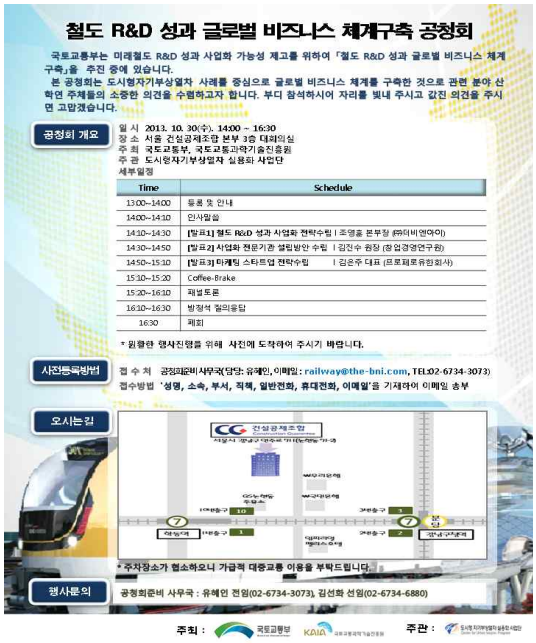
좌 장	김익성	동덕여자대학교 교수		
토론자 (패널)	철도연구원	오지택 책임	국토교통과학 기술진흥원	이은호 실장
	교통연구원	김현 실장	현대로템(주)	강길현 상무
	국토매일신문	백용태 편집국장	-	-

라) 공청회 홍보방안

○ 홈페이지 게시(진흥원 및 사업단 협조)

- 유관기관, 협회 등의 내부 매거진 및 홈페이지 게시

["철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축" 공청회 안내문]



○ 이메일 발송 및 사전등록 실시(BNI)

- 1차 메일발송(10/21) / 1차 사전등록 취합(10/23)
- 2차 메일발송(10/24) / 2차 사전등록(10/28)

○ 전화 독려 및 사전등록 확인연락 시행(BNI)

- 1차 독려전화(10/23): 메일수신 확인 및 행사참석 독려
- 2차 독려전화(10/28): 사전 등록자 대상 행사일정 상기

○ 초청자 취합(Invitation 배포 대상)

- (수행사)과업을 통해 수집한 자기부상 분야 연구자 DB
- (수행사)기술사업화 관련 산학연 전문가 DB
- (사업단)자기부상열차 사업단과제 관련 참여 연구기관 및 기업의 담당자

  → 이상, 수행사에서 취합 후 중복 제거하여 대량메일 배포
- (진흥원)미래철도 분야 산·학·연·관 담당자 대량메일 배포

○ 공청회 홍보 담당자

- (주)더비엔아이 이소영 팀장, TEL: 02-6734-6887
- (주)더비엔아이 김선화 선임, TEL: 02-6734-6880

라) 공청회 운용계획

○ 미래철도 R&D 성과의 글로벌 비즈니스 체계 수립(사례)에 대한 공유를 통해 글로벌 비즈니스 구축 필요성에 대한 공감대를 형성하고, 관련 '산-학-연-관'의 폭넓은 의견 수렴

- 도시형 철도를 포함하는 미래철도 산업의 글로벌화에 대한 필요성과, SOC 산업의 하나로, 해외진출을 위한 준비 및 추진 체계에 수립에 대한 사례 공유
- 도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 전략과 이의 방향성에 대한 검토를 주요 사안으로 하며, 세부적으로는 동 사업의 성과인 사업화 전략, 마케팅 전략 기관운영·관리 전략의 적절성을 검토하고 개선사항에 대한 의견 수렴을 진행

○ 공청회는 주제 발표와 패널 토론으로 구성

- 공청회 주제발표는 세부과제별 추진 필요성 및 자기부상열차 과업수행 결과 내용으로 발표 진행(20분 발표)
- 패널 토론은 사업단의 추천을 받아 산학연관 관계자 5人으로 구성할 예정이며, 발전적인 시사점 논의 지향(30분, 1인당 6분)

○ 공청회 결과는 향후 비즈니스 로드맵 수립을 위한 지적사항으로써, 관련자 회의를 거쳐 추후 수정 및 보완하는 방향으로 추진

2) 공청회 개최 결과

가) 철도 R&D 성과 글로벌 비즈니스 체계구축 관련 내용 발표

○ [발표1] 도시형 자기부상열차 사업화 전략수립 사례 | 조영훈 본부장 ((주)더비엔아이)

- 철도 R&D 성과활용 배경, 글로벌 사업화 전략수립 프로세스 및 결과를 통해 도시형 자기부상열차 사업화에 대한 전략 수립 사례 내용 발표

○ [발표2] 사업화 전문기관 설립방안 수립 | 김진수 원장 ((사)창업경영연구원)

- 사회간접자본 기술사업화 분석, 기술사업화 전문기관 설립 방향 도출 및 설립 방안, 정책적 시사점을 통해 사업화 전문기관의 설립방안 수립 내용 발표

○ [발표3] 마케팅 스타트업 전략수립 사례 | 김은주 대표 (프로페로유한회사)
- 마케팅 스타트업 전략수립 프로세스, 전략 수립 결과 및 현재 진행 중인 브로셔에 대한 관련 내용 발표

나) 패널토론 정리

□ 패널 발표 내용

○ 국토교통과학기술진흥원 이은호 실장
- 성공적인 R&D성과물에 비해 실용화 성과가 부족한 문제점을 지적하며, 기술개발 단계별로 체계적·구체적인 전략 수립 필요성 제언
  : 기획단계에서 실용화 가능성이 높은 아이템이나 아이디어를 발굴하여 추진단계에서 그 저변을 확대하고 공감대를 형성하는 등 대내외적 네트워크를 구축해야함
  : 그 후 마무리 단계에서 후속사업, 응용분야 등의 발굴을 통한 지속성 또는 연속성을 확보하여, 지속가능한 조직 및 제언에 대한 대책을 마련하는 부분이 필요함
- 원활한 글로벌 진출을 위해서는 사업 규모별 전략수립의 필요성 제시
  : 예를 들어 해외진출 시 종합시스템인 도시형자기부상열차는 금융문제, 시뮬시스템·궤도시스템은 컨소시엄 및 사업화 실적 문제, 부품·모듈 분야는 신뢰성, 인증, 검증 문제 등을 고려해야함
- 마케팅 전략수립 중 진출 아이템이 새로운 시스템인 경우에는 해외 네트워크를 중점으로, 기존 시스템을 대체하는 경우에는 한국적인 감성 네트워크에 중점을 둔 체계적인 비즈니스 전략 수립 필요성 제언
  : 기존 일본 보유 해외시장들이 계산적·형식적인 일본의 시장관리 방법보다 한국의 감성적인 시장관리 방법을 선호하는 추세를 나타내어, 일본 점유 시장에 대한 한국 진출이 유리해짐
- 전체 50%이상의 철도시장이 “유지보수시장”임에 따라, 철도시장 특수성을 반영한 전략 수립의 중요성 제시

○ 현대로템(주) 강길현 상무

- 고객 니즈에 따른 전문적, 맞춤형 지원의 필요성 제시
  : 철도 소비자는 일반 소비자가 아닌 전문성을 띄는 소비자이며, 정부 고객과 민간 고객으로 구분되어 고객에 대한 정확한 파악이 필요함
- 정부는 경쟁력이 높은 시장에 진입할 수 있도록 새로운 R&D 기술 상용화 지원 프로그램 편성을 지원해야 함
- 해외시장 진출방안으로 기술, 가격, 납기를 잘 갖춰 국내시장에 먼저 진출한 후, 해외 시장에 진출하는 방안을 언급
  : 해외시장에 진출하려면 기술은 상품화 되어야 하며, 판매될 기술의 특징에 알맞은 타깃 시장에 대한 벤치마킹이 필요함

○ 한국철도기술연구원 오지택 책임

- 글로벌 비즈니스 체계 구축 단계 중 상용화를 위한 문서화 작업의 필요성 언급
  : 문서화 대상 내용으로는 기술트리, 기술에 사용된 제품, 부품 모듈 구성도, 부품 원산지, 기업구조, 기술 등이 있음
- 과제 기획단계에서 철도시스템의 전체를 살펴보며, 좀 더 구체적이고 심도 있는 진입 가능한 시장에 대한 분석의 필요성을 제시
- R&D연구 개발 결과물이 상용화단계까지 진행되려면 오랜 시간이 소요되기 때문에 경상기술료 등 정부의 자금지원 역할에 대한 중요성 제언
- 글로벌 시장에 진출하기 위해서는 국내에서 개발 중인 전기철도기술과 전력사업을 연관하는 등 타 사업과의 복합적인 비즈니스 체계 구축 방안 검토가 필요함
- 사업화 전문기관 설립방안 수립 시, 기술사업화 전문기관의 체계와 권한에 대해 규정이 모호한 문제점 제기
  : 국·내외 철도 사업 전문가 인력 부족으로 인해, 사업화 조직에서는 고경력 전문가를 활용하여 일자리 창출까지 도모하는 방안이 필요함

○ 국토매일 백용태 편집국장

- 100년이 넘는 철도역사에 비해 기술선진화 부분의 미흡함 지적

: 현재 신기술은 대부분 프랑스, 독일 등 외국기술이 독점하고 있는 상황임

- R&D기술에 대해 철도 운영기관과 정부가 판단하는 중요도(영세성, 산업 고기술성 등)에 따라 실제 과제 참여도가 달라지므로, 철도 운영기관과 정부의 적극적이고 과감한 참여를 통해 관련 산업의 해외 진출 뼈대 형성 지원이 필요

○ 한국교통연구원 김현 실장

- 철도사업은 R&D 성과와 제품 유지보수로 나뉘는 이원화 사업임을 강조하며, 비즈니스 전략 수립을 위한 선순환적 지원 구조의 수요 언급

: 철도산업에서 수요자의 니즈를 분석하여 R&D 연구과제에 반영하고, 제품 생산 후 지속적인 유지보수 및 모니터링이 가능한 유기적 체계를 구성함으로써 철도 사용자*의 만족도 제고를 실현

* 철도이용자, 차량운영자, 국민 등

- 철도 R&D 성과분야를 “일반화 부분”과 “특성화 부분”으로 구분하여 원활한 해외 시장 진출에 전략적 지원을 도모

: 일반·특수 기술을 집약하는 과정에서 기술개발자와 연구자 간의 원활한 의사소통이 이루어져야 함

- 기술 수요처 특성에 따라 제품개발전략 및 마케팅전략에 차별성 부여

* (예) 수출대상 국가가 旣 보유한 철도시장에, 국내 시스템/제품을 추가하는 형태로 전략수립 가능

: 수요처가 선진국 또는 개발도상국 여부에 따라 공급단가, 마케팅 전략, 제품재료 등 상이

: 기후 및 환경 조건, 시스템 지원조건 등에 입각한 제품 내구성 및 내환경성 조건 및 시스템 체계 지원 요구

: 재무·금융 지원 주체가 민간, 국가(공공) 또는 혼합 여부에 따라 시장진입 전략 차별화

- 사업화 전문기관 설립 전략으로 해외 진출 여건을 고려한 합작회사 설립 등의 현실적 접근 방안 필요성 제언

: 기업 유형별 적용, 조합 설립, 전문기관 참여, 합작 회사 설립 등 고려

- 마케팅 수립 전략으로 제품・홍보・안전 부문의 특장점 강조를 제안
  : 다양한 시스템을 개발하고, 개발 완료된 기술의 타사업 연계 가능성을 강조하여 핵심기술 개발 결과물의 성과 확산을 제고
  : 판매 목적에 타깃한 제품의 브랜딩 전략을 수립하고, 영상・홍보물 등의 국내외 활용방안을 모색
  : 성공적인 해외시장 진출을 위해 상용화 기술지원의 필요성을 강조하며, 국내외 지식재산권 지원 프로그램 활성화 및 신뢰성・안전성 인증(국내외 표준)의 중요성 어필

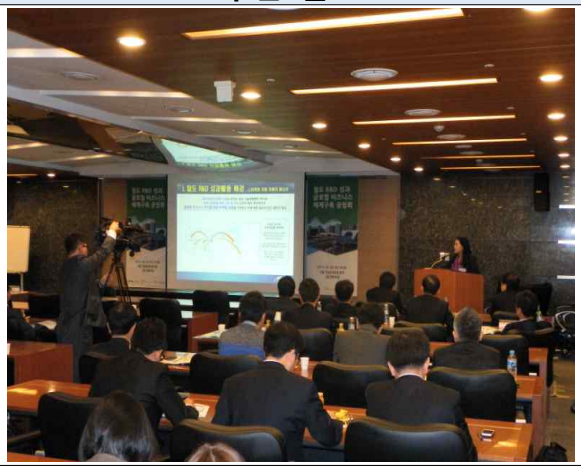
□ 질의응답 사항

○ (도시형 자기부상열차실용화사업단 신병천 단장) 철도 관련 연구과제의 특수성에 입각하여, 과제 수행 시 정부가 고려해야할 사항을 질의
- (강길현 상무) R&D과제가 상용화까지 실현되기 위해서는 기존에 연구했던 연구진들이 과제 종료시점에서 흩어지지 않고, 과제 사업화 및 상용화 단계에도 참여할 수 있도록 정부의 정책/제도적 노력과 금전적 자금 지원이 요구됨

○ (한국철도기술연구원 한석윤 수석연구원) 기술개발 및 성과확산 확대와 이에 따른 예산 확보를 위하여, R&D과제 전략 수립 시 해당 연구 대상에 대해 구분을 명확히 하고 구분된 기술/제품별 맞춤형 전략 수립이 필요할 것으로 사료됨

○ ((사)한국창업경영연구원 김진수 원장) 정부와 민간 기업이 참여한 새로운 형태의 상용화 조합 형성에 대한 부연설명 실시
- (사)한국창업경영연구원에서는, 향후 사업화 전문기관 설립 방향성을 “정부/민간 참여형 조합 형성”으로 설정하고 있음
- R&D연구개발 종료 후 상용화 부분에 대한 추가 자금 지원이 부족한 점을 보완하기 위하여, 정부/민간 공동 기금에 기반을 둔 상용화 조합 형성을 고려함

□ 회의사진

<table>
<tr><td> 
</td><td> 
</td></tr>
<tr><td>공청회 안내배너</td><td>[발표1] 철도 R&D 성과 사업화 전략 수립 발표</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>[발표2] 사업화 전문기관 설립방안 수립 발표</td><td>[발표3] 마케팅 스타트업 전략 수립 발표</td></tr>
<tr><td> 
</td><td>  </td></tr>
<tr><td>패널토론</td><td>질의응답</td></tr>
</table>

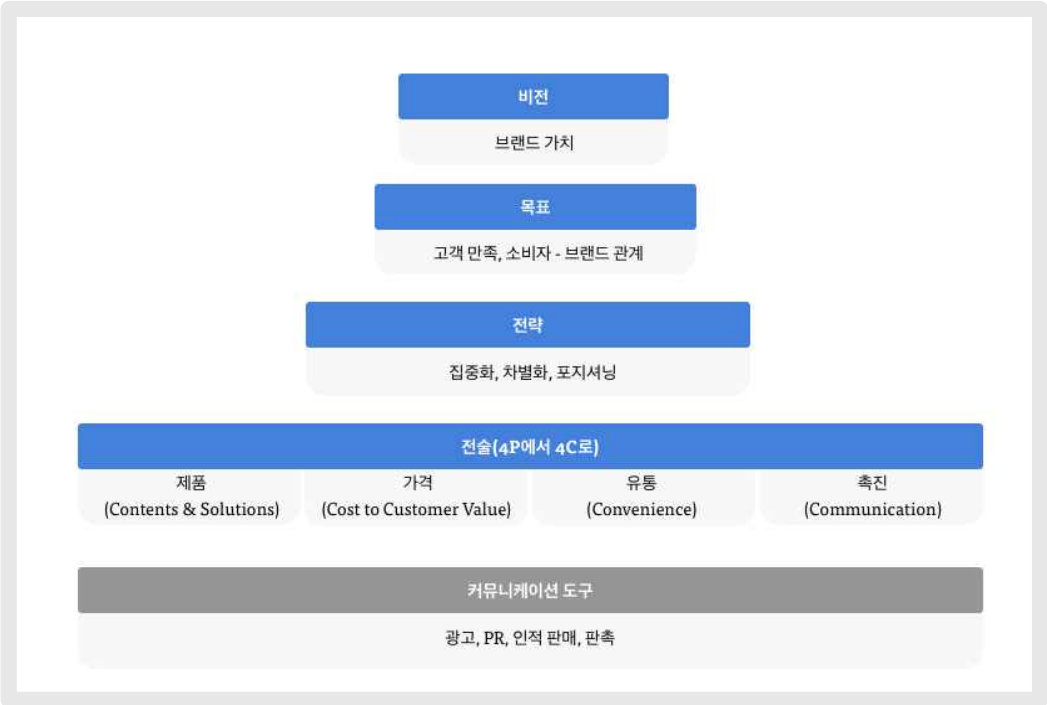
(2) IMC 전략 및 마케팅 전략

- 한국 도시형 자기부상열차의 사업화 및 제품 수출 역량의 전략적 집중을 위한 핵심 타깃 시장의 마케팅 전략 - 한국 도시형 자기부상열차의 실효적인 IMC 전략 구축을 위한 타깃 시장의 KSF - 한국 도시형 자기부상열차의 안정적인 시장 진입(판매)를 위한 컨택 로드맵

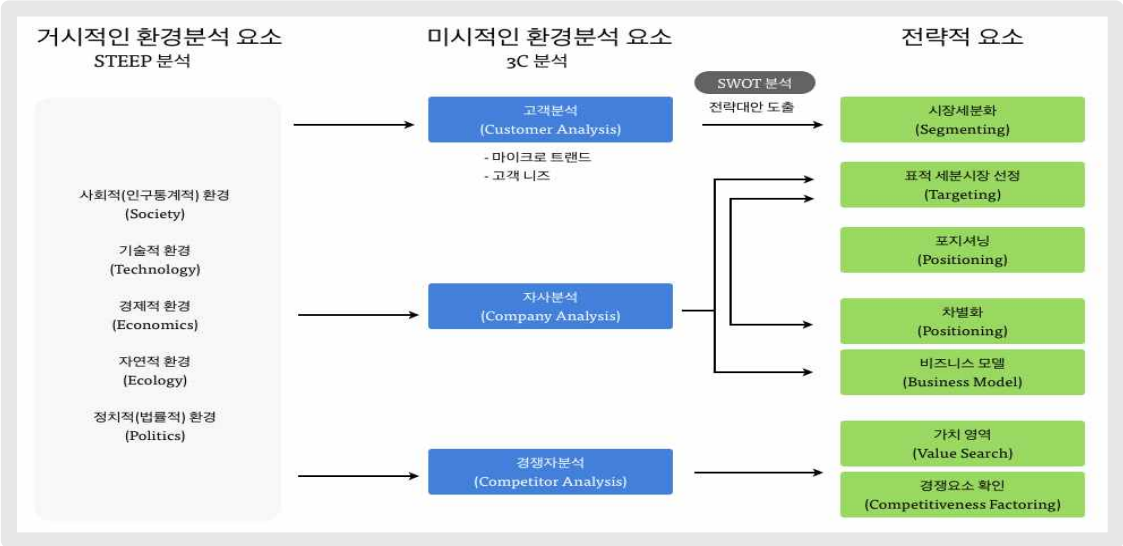
(가) 전략적 마케팅 프레임 설정 및 분석

- 마케팅 스타트업을 효율적으로 전개해 나가기 위해 향후 진행될 전체 프로세스의 프레임을 설정하고 분석 요소를 설정

1) <한국 도시형 자기부상열차> 마케팅 전략 프레임



2) <한국 도시형 자기부상열차> IMC 전략 대안 도출을 위한 분석 요소



(나) 사업화 네트워크 구축

- 제품 마케팅의 실질적 성과를 위한 핵심 타깃 시장의 사업화 네트워크를 구축하여 해외시장 실무 컨택 로드맵 구축

□ UAE

1) 개요

- 세계에서 가장 긴 무인 지하철 노선과 지역 내 광활한 버스 노선 및 다양한 해양 교통수단이 두바이와 아랍에미리트를 단숨에 세계에서 가장 큰 교통수단 보유
- 국가의 경이적인 성장과 인구 증가로 인해 주요 교통 사업이 설계 및 계획되었으며, 이중 다수가 완공을 앞두고 있다.
- 이에 따라 2018년에 완공될 철도는 아랍에미리트 뿐만 아니라 5개국 GCC 이웃 국가에 걸쳐 구성되어있으므로, 이 모두에게 더 많은 번영을 가져올 것이다.
- 이 철도는 아랍에미리트의 주요 산업 지역, 도시와 항구를 연결하고 최종적으로 GCC 철도와 연결될 것이다.
- 통계에 따르면 지난 6개월간 두바이 Metro Red Line 를 이용한 탑승객은 43,552,110명으로, 한 달에 칠백 만 탑승객을 초과하는 인원이다.
- 다른 분야와는 달리, 기반 시설은 아랍에미리트 경제의 중요한 부분으로

서 성장을 위한 추가개발을 도왔으며, 반드시 거품이라고 할 순 없다.
- 두바이가 유치에 성공한 2020 Expo 맞춘 두바이의 인프라 개발 계획은 매우 야심차다.
- 스탠다드 차타드의 보고서에 따르면, 두바이는 엑스포를 위한 개발 계획에 약 $ 90 억 상당의 자금을 지출 할 것으로 예상된다.
- 인프라 개발을 위한 추가 투자 또한 경기 침체로 타격을 입은 아랍에미트의 건설 부문도 다시 활성화 시킬 것으로 전망된다.
- EC 해리스의 연구에 따르면 아랍에미리트는 2030년까지 약 $329억을 주요 사업에 쓰게 될 것으로 보고 있다.

2) 교통 및 기반시설 이해 관계자 리스트

- 국가교통공사 (National Transport Authority : NTA), 정부기관

	2006년 연방법에 의거하여 설립된 NTA는 육상 및 해상 운송 서비스를 제공한다. 전국적 교통프로젝트를 감독하는 만큼, 연방규범과 허가권 및 규제준수 감독의 업무를 맡는다.

- 도로교통공사 (Roads and Transport Authority : RTA), 정부기관

	RTA는 2005년에 조직된 두바이 정부기관이다. 두바이의 수송, 도로, 교통의수요를 기획 및 해결하는 책임을 맡고 있다. 또한, 버스, 택시, 도시간 수송, 도로건설과 유지보수, 등기, 허가, 철도 프로젝트 등의 업무를 관할한다.

- 아부다비 교통부 (Abu Dhabi Department of Transport :DoT), 정부기관

	아부다비 DoT는 전체적인 교통가치체인을 관할하며 아부다비 내의 모든 교통정책을 전체적으로 통합 기획한다. 효율적이고 통합적으로 잘 만들어진 교통시스템을 위해 규제와 기획 및 개발을 목표로 한다. DoT는 아부다비의 대중교통(버스와 배, AD메트로등), 도로건설, 안전계획을 담당하며, 아부다비와 알아인(Al Ain), 알가르비아(Al Gharbia)지역의 교통 마스터플랜 업무를 맡고 있다.

- 샤르자 대중교통공사(Sharjah Public Transport Corporation : STC), 정부기관

مواصلات الشارقة SHARJAH TRANSPORT	2003년에 설립된 STC의 역할은 샤르자의 대중교통 증진, 교통정책 개발, 전략적 교통문제해결책 모색, 현대적이고 전문적인 교통서비스 제공 등이다.

- 아부다비 도시계획위원회 (Abu Dhabi Urban Planning Council), 정부기관

	아부다비 도시계획위원회는 아부다비 도시환경의 미래를 책임지고 있는 정부기관이다. 아부다비의 도시구조를 종합적으로 분석하고 이를 기초로 기반시설(인프라)과 도시 공공서비스를 포함한 전략적 발전계획을 기획하는 일을 한다.

- RAK 교통공사 (RAK Transport Authority), 정부기관

هيئة رأس الخيمة للمواصلات RAKTransport Authority	2007년 라스 알 카이마(Ras Al Khaimah) 정부가 설립한 RAK 교통공사는 라스알 카이마 에미리트(토후국)의 대중교통을 관할하며, 교통 규범 및 교통정책개발을 담당한다.

- 공공사업이사회(Directorate of Public Works: DPW), 정부기관

Government of Sharjah Directorate of Public Works حكومة الشارقة دائرة الأشغال العامة	DPW는 라스 알 카이마(Ras Al Khaimah) 토후국에서의 도시재개발 및 기반시설건설과 관련하여 최상의 품질을 기준으로 업무를 진행시킬 모든 책임을 맡고 있는 기관이다.

3) 주요 관광관련 현재 진행중 이거나 앞으로 진행될 프로젝트

- 두바이 어드벤처 스튜디오(Dubai, Adventure Studios), 두바이

	지역주민과 관광객이 다양한 놀이와 오락을 경험할 수 있도록 역점을 둔 시설이다. 예벨 알리(Jebel Ali)에 위치해있으며, 영화, 동물, 재미있는 캐릭터 등 5가지의 테마로 이루어진 테마 파크는 모든 연령층에게 즐거움을 안겨줄 것이다. 2014년에 완공 예정.

- 블루워터즈 아일랜드(Bluewaters Island), 두바이

	60억 디르함(dirham:두바이 화폐단위)으로 건설된 블루워터즈 아일랜드는 세계에서 가장 규모가 큰 인기 관광지 중 하나로 꼽힌다. 이곳은 쇼핑, 주거 지역, 숙박시설, 오락시설 구역으로 나뉘어져 있으며, 세계에서 가장 큰 회전관람차(Ferris Wheel)인 두바이 아이(Dubai Eye)가 주메이라 비치 레지던스(Jumeirah Beach Residence) 아파트단지 근처에 들어설 예정이다.

- 사디야트 문화지구(The Ssaadiyat Cultural District), 아부다비

	아부다비의 문화중심지인 사디야트 섬에는 박물관 3개가 자리를 잡게 될 것이다. 2015년에 개관하는 루브르 아부다비(LouvreAbu Dhabi), 2016년에 개관하는 자예드 국립박물관(Zayed National Museum), 2017년에 개관하는 구겐하임 아부다비(Guggenheim Abu Dhabi)는 국제적인 문화교류를 활성화시킬 것이며, 국제적 수준에 손색이 없이 작품을 선보일 것이다.

- 모함마드 빈 라시드 시티(Mohammad Bin Rashid City), 두바이

	이 도시는 4개의 키워드로 이루어질 것이며, 그것은 바로 가족관광, 쇼핑, 예술, 그리고 기업가 정신이다. 첫 번째가 가족관광인데, 연간 3천5백만의 관광객을 맞이할 수 있는 시설을 갖춘 공원, 그리고 유니버설 스튜디오의 협조를 받아 만들어진 오락놀이센터가 들어설 예정이다. 또한 관광객의 수요에 따라 호텔도 100개 이상이 될 것이다. 두 번째 키워드인 쇼핑을 위해서는 세계에서 가장 큰 규모의 쇼핑몰, “Mall of the World”이 선보이게 된다. 세 번째로는, 메나(Mena)에 가장 큰 미술갤러리 지역이 생길 것이다. 네 번째는 지역의 기업가 정신과

	혁신을 위한 통합적인 환경을 제공하는 특별한 지역이 될 것이다.

- 다운타운 두바이(Downtown Dubai), 두바이

	다운타운 두바이는 두바이의 국제적 지위를 재확인시켜주는 독창적인 도시 컨셉트이다. 이 혁신적 발전의 중심축에 바로 버즈 칼리파(Burj Khalifa)가 있다. 다운타운 두바이에서는 세계 최고층 빌딩과 최대의 쇼핑몰, 그리고 춤추는 분수대가 눈길을 끈다. 이곳은 또한 새해를 맞이하기 좋은 곳이다. 세계 최고층 빌딩인 버즈 칼리파가 불꽃놀이와 조명으로 멋진 장관을 연출

- 야스 아일랜드(Yas Island), 아부다비

	야스 아일랜드는 최첨단 야스 마리나 써킷(Yas Marina Circuit), 즉 매년 F1 에티하드 항공 아부다비 그랑프리(F1 Etihad Airways Abu Dhabi Grand Prix)가 열리는 곳이다. 서킷의 한가운데에는 야스 비체로이(Yas Viceroy)라는 5성급 호텔이 있는데, 이 호텔은 F1 경주 트랙에 걸쳐 있는 세계에서 유일한 호텔이다. 또한 페라리 월드 아부다비(Ferrari World Abu Dhabi)라는 세계 최초의 페라리 테마파크와 대규모의 볼거리가 있으며, 야스 월터월드(Yas Waterworld)라는 미래주의적 워터파크도 새로 개장했다.

- 팜 주메이라(Palm Jumeirah), 두바이

	팜 주메이라 아일랜드는 두바이에 만들어진 야자수 형태의 인공섬이다. 이곳에는 많은 호텔과 리조트, 호텔식 주거지가 있다. 그중에서 아틀란티스 더 팜(Atlantis The Palm)은 야자수 인공섬의 끝에 있는 대표적인 럭셔리 호텔로서 화려한 수중전시관과 워터파크로 유명하다.

- 라스 알 카이마(Ras Al Khamah), RAK

	RAK는 에미리트에서 유일하게 바다와 모래, 산악지대에 접해있는 곳이다. 이러한 장점을 발휘하여 RAK 관광개발공사는 RAK 호스피탤러티(관광서비스) 그룹과 더불어 모든 호텔과 리조트를 최고급으로 끌어올렸다. 관광객들은 야외 모험활동과 럭셔리한 휴식을 위해 이곳을 찾는다.

4) 두바이 엑스포 2020 (Dubai Expo 2020)

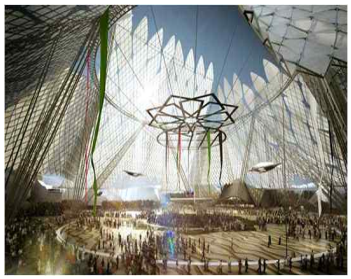
- 두바이 엑스포 2020 : 개요

	두바이가 엑스포 2020 주최지로 확정된 후, 이를 위해 434헥타르에 이르는 개최지역은 물론 이를 지원하는 기간시설 등에 많은 건설 프로젝트가 시작될 것이다. 기간시설과 프로젝트 투자에 관한 계획은 준비단계에서 향후 6년에 걸쳐구체화될 것이며, 이것은 특히 기간시설부문과 관광산업을 비롯한 다양한 산업에 걸쳐서 성장 기회를 가져다줄 것이다. 엑스포가 끝난 후에도 큰 유산을 남기게 될 것이며, 이를 바탕으로 많은 기업들이 발전할 것이다.

- 엑스포 2020 : 디자인

	엑스포의 주요 기획안을 작성한 팀의 리드 디자이너그룹은 HOK이다. 엑스포가 열리는 2020년 10월부터 2021년 4월까지 예상 방문자 수는 2천5백만인데, 디자인팀은 중동지역에서 열리는 국제행사의 새로운 지속가능한 벤치마크를 만들어내기 위한 목적으로 엑스포 사이트와 기간시설을 설계했다.

- 엑스포 2020: 마스터 플랜

	엑스포 2020은 UAE 지역에의 투자에 관심이 있는 기업체와 기관들에게 매우 중요한 계기가 될 것이다. 두바이 정부가 막대한 기간시설, 건설 및 개발의 문을 열게 될 것이기 때문이다. 그리고 그 중심에는 주요 전시가 있다. 아래의 비디오 링크를 통해 보이지 않는 이동서비스를 담당할 완전 자동화된 지하철 교통시스템을 비롯하여 두바이 엑스포 2020의 마스터플랜을 볼 수 있다.

5) UAE 정리 요약

- 본 보고서는 특히 다가오는 2020 엑스포 준비 과정을 통해 아랍에미리트 시장이 어떻게 투자에 적합한 환경을 갖추고 있는지를 설명하고 있다.
- 정부가 인프라 연결 및 두바이의'스마트 도시'와 같은 새로운 기술을 지원함으로서 자기부상 열차와 같은 대규모 교통 사업이 본 보고서에서 설명한 아부다비 2030 비전과 두바이 엑스포 2020은 다른 주요 계획과 같이 아랍에미리트 국가의 지속적인 열망과 성장을 통해 중동 지역이 투자가치가 있는 좋은 시장임을 반영한다.

6) UAE 담당자 연락처

- 교통분야

성명	직위	주소	이메일	전화번호
국가교통공사 (National Transport Authority)				
H.E.세이크 함단 빈 무바라크 알 나얀 (H.E. Sheikh Hamdan Bin Mubarak Al Nahyan)	공공사업부장관 국가교통공사 사장	Al Muroor Street opposite to Al Jazeera Club, Dusit Offices Building - 12th and 13th Floor, Abu Dhabi P.O Box 900		+ 971-2-4182222 + 971-2-6506100
H.E.살렘 알리 알 자비 (H.E. Salem Ali Al Zaabi)	사무총장	Al Muroor Street opposite to Al Jazeera Club, Dusit Offices Building - 12th and 13th Floor, Abu Dhabi P.O Box 900	dgoffice@nta.gov.ae	+ 971-2-4182222 + 971-2-6506100
도로교통공사 (Roads and Transport Authority)				

마타르 알 타예르 (Mattar Al Tayer)	이사장 전무이사	Roads & Transport Authority, mm Ramool - Marrakesh Road P.O.Box:118899 Dubai	ASK@rta.ae	+971 4 2844444
아부다비 교통부 (Abu Dhabi Department of Transport)				
압둘라 라쉐드 알 오타이바 (Abdulla Rashed Al Otaiba)	의장 집행위원회 위원	Al Maqtaa Area, street number 15, next to Fairmont Bab Al Bahr Hotel, Abu Dhabi. **P.O Box:** 20	info@dot.abudhabi.ae	+ 971 2 6566 666
샤르자 대중교통공사 (Sharjah Public Transport Corporation)				
압둘라 알 자리 (Abdullah Al Zari)	총재	Al Azra Area, Sharjah, UAE		+971 6 562 4444
아부다비 도시계획위원회 (Abu Dhabi Urban Planning Council)				
팔라 모하메드 알 아바비 (Falah Mohamed Al Ahbabi)	국장	7th Floor, Al Mamoura Building - Block B, Al Muroor Road - E Rd - Abu Dhabi P.O.Box 62221	info@upc.gov.ae	+971 2 409 6000
RAK 교통공사 (RAK Transport Authority)				
			Info@raktransport.ae	+971 7 235 6567
공공사업 이사회, 샤르자 (Directorate of Public Works, Sharjah)				
H.E.쉐이크 칼레드 빈 사게르 알 콰시미 (H.E. Sheikh Khaled Bin Saqer Al Qassimi)	이사장	Al Naserya area, next to Sharjah driving school, P.O Box 351, Sharjah, UAE	Info@dpw.sharjah.ae	+971-06-5165555
옴란 아메드 무바라크 알 케마이리 (Omran Ahmed Mubarak Al Khemairi)	홍보부장	Al Naserya area, next to Sharjah driving school, P.O Box 351, Sharjah, UAE	okhemairi@dpw.sharjah.ae	+971-06-5165555

- 관광분야

성 명	직위	주소	이메일	전화번호
관광개발투자회사 (Tourism Development and Investment Company)				
H.E.세이크 술탄 빈 타훈알나얀 (H.E. Sheikh Sultan BinTahoonAlNahyan)	사장	P.O. Box 126888, Abu Dhabi	info@tdic.ae	+971-800-8342
알리 알 함마디	부사장	P.O. Box 126888, Abu	info@tdic.ae	+971-800-8342

(Ali Al Hammadi)		Dhabi		
관광무역마케팅부 (Department of Tourism and Commerce Marketing)				
헬랄 사에드 알마리 (Helal Saeed Almarri)	장관	P.O. Box 594, Dubai UnitedArabEmirates	info@dubaitourism.ae	+971 4 282 1111
아부다비 관광문화공사 (Abu Dhabi Tourism and Culture Authority)				
H.E.무바라크 하마드 알 무하이리 (H.E Mubarak Hamad Al Muhairi)	총재	Khalifa Park POBox94000 AbuDhabi		+971 2 666 4442
RAK 관광개발공사 (Ras Al Khaimah Tourism Development Authority)				
칼리드 모티크 (Khalid Motik)	국장	5th floor, RAK Chamber of Commerce, P.O.Box 29798, Ras Al Khaimah, UAE	info@rasalkhaimahtourism.com	+971 7 233 8998

□ 터키

1) 개요

- 터키 국영 철도(TCDD)에서 2014년 국영철도 예산의 47%가 “고속 철도” 건설에 사용될 것이라고 발표했으며, 고속철도는 전력이나 경유를 사용하게 된다.
- Maglev 관련 업무접촉은 TCDD와 상위 부처인 교통.해양 및 통신부(Turkish Ministry of Transport, Maritime Affairs and Communications) 와 진행되어야 한다.
- 최근 정치적인 상황을 비춰보았을 때, 가까운 미래에 교통해양통신부와 TCDD를 접촉하는데 있어 굉장히 조심해야 할 것을 권고한다.
- 이 보고서는 작성한 시점에 지난 4년 동안 TCDD가 낸 입찰공고에 대한 집중적인 조사가 있었다. 만에 대한 책임을 맡은 국장은 체포되었고, 입찰이 진행 되는 동안 TCDD 직원들은 출입이 금지 되었다.
- AKP는 2002년 이후 터키의 집권 정당이다. AKP가 선거에서 승리한 주요 요인 중 하나는 페툴라 귈렌(Fethullah Gülen)이 이끄는 종교적 네트워크의 지원을 받았다는 점이다.(페툴라 귈렌은 1990년대말 이후 미국에서 자진 추방당한 사람이다.) 귈렌 운동의 후원과 지지가 없었다면 AKP가 집권하지 못했을 것이라는 것이 대체적인 여론이다. 하지만 12년 동안은 잘 지내다가 귈렌 운동의 지지자들과 타이입 에르도안(Tayip Erdoğan) 총리 측근들 사이에 처음으로 충돌이 생겼고, 그 결과 귈렌 측 사람들이 정부 측 사람들의 부패와 관련된 자료를 폭로했다. 세 명의 장

관 아들들이 수뢰사건에 연루되었고, 결국 2013년 12월 24일에 세 명의 장관이 사임하기에 이르렀다.

- 수사에 대한 보복으로 정부는 22명의 검사와 판사, 그리고 조사와 체포의 임무를 수행한 46명의 경찰서장을 해임시켰다.
- 이 일은 더 많은 자료폭로를 불러왔고, 그것은 다시 더 많은 검사와 경찰서장의 해임으로 이어졌다.
- 이러한 권력 갈등은 아직도 계속되고 있으며 한 달이 못돼서 500명이 넘는 관료가 물갈이되었다. TCDD 입찰부정의혹 역시 두 번째 파문을 일으킨 요인 중 하나였다.
- 2013년 12월 25일 자정에 에르도안 총리는 새로운 내각을 발표했고, 여기서 7명의 장관이 경질되었다.
- 교통 해상 업무 및 커뮤니케이션부 장관으로는 뤼트피 엘반(Mr. Lütfi Elvan)이 임명되었다.
- Mr. 엘반의 전임장관은 비날리 이을드름(Binali Yıldırım)인데, 그가 직접 비리로 기소된 것은 아니지만 그의 매부인 Mr. 세말레틴 하버다르(Cemalettin Haberdar)가 이즈미르(Izmir) TCDD의 항만입찰 비리와 관련하여 기소 구속되었다.
- 2011년 이후 TCDD와 관련하여 현재 진행 중인 소송사건 역시 정치적 권력갈등의 영향을 받아왔다.
- 처음에 수사가 진행되었고, 그 다음에 검사가 해임되었고, 현재 항만 책임을 맡은 TCDD의 철도청장은 구속중이다.
- 이런 확고한 틀 안에서 우리는 다음과 같이 터키의 주요한 영향력 있는 인사들을 추려볼 수 있다.

2) Marglev 관련 핵심 인사

○ 터키 총리

- 에르도안 총리의 리더십 스타일은 “하향식”이다. 그는 전 이스탄불 시장이었다. 이스탄불은 전국 유권자의 20%를 차지하는 곳이며, 엄청난 교통문제를 안고 있는 곳인데, 그는 기차를 이용하여 이곳의 교통을 더 빠르게 하기 위해 개인적으로 많은 노력을 기울여왔다. 어떤 프로젝트이든 그가 쏟는 개인적인 관심과 관련 부처의 발빠른 움직임 덕분에 실현가능성이 더 높아진다. 프랑스의 올랑드 대통령이 1월말에 터키를 방문하

면 터키의 압둘라 굴(Abdullah Gul) 대통령과 에르도안(Erdogan) 총리와의 회담 중에 고속철도에 관한 논의가 있을 것으로 보인다.

- 연락처

Mr. Recep Tayyip Erdoğan

Tel: +90 (312) 414 10 00 also +90 (312) 422 10 00 (Prime Ministry)

Tel: +90 (312) 204 5010 (Chief of Staff : Mr. Hasan Doğan)

Fax:+90 (312) 422 18 99

○ 교통 해양업무 및 커뮤니케이션 장관

- 광산공학을 공부한 Mr. 엘반(Elvan)은 부전공으로 경제학을 했으며, 터키와 영국, 미국에서 수학했다. 터키 국가 기획원 역사상 최연소 부차관을 맡았다. 2011년 선거에 출마하여 국회의원이 되었고, 2013년 12월 25일에 장관이 되었다. 소문에 따르면, 그는 정치보다는 실무적 업무의 성취에 더 관심이 많다는 평이다. 비록 그의 공직 첫 작품이 인터넷 금지조치이긴 하지만.

- 연락처

Mr. Lütfi Elvan (as of December 26, 2013)

Tel: +90 (312) 203 1111

Tel:+90(312)2031100(ChiefofStaff:Ms.ÖzlemŞebnemOktay)

Fax: +90 (312) 212 49 30

○ 교통 해양업무 및 커뮤니케이션 차관

- 기계공학을 공부한 Mr. 솔룩(Soluk)는 주로 해양운송 관련업무를 맡아왔다. 2011년 3월 8일부터 7월 6일까지 교통부의 임시장관으로 재직했는데, 이 시기는 2011년 총선 4개월 전으로 법에 의거하여 독립적인 임시장관을 임명해야 하는 시기이다. 이 기간동안 그는 기차와 철도를 위해 아주 열심히 일했다. 2015년 6월에 터키 총선이 있을 것인데, 아마도 그는 그 기간에 다시 임시 장관에 임명될 수도 있을 것이다.

- 연락처

Mr. M. Habib Soluk

Tel: +90 (312) 203 1128

Fax:+90(312)2124187

○ 교통 해양업무 및 커뮤니케이션 부차관

- Mr. 아이든(Aydın)은 2004년 이후 부차관으로 일해 왔으며, 그 이전에는 부서 내에서 육상운송국장으로 재직했다. 2004년 악명높은 “고속철도사건” 이후 TCDD의 임시 청장직을 맡았고, TCDD의 이사를 역임했으며, 또한 민영화 부서에서 일하기도 했다. 전직 교통부 장관과 동향 출신이며 그와 매우 가까운 사이이다.
- 연락처

Mr. Talat Aydın

Tel:+90(312)2031136

Fax:+90(312)2031150

○ 터키국립철도청장 : TCDD 이사회 이사장

- Mr. 카라만은 2003년부터 TCDD의 청장직을 맡아왔고, 그 이전에는 이스탄불 지방자치 교통전기부 장관으로 재직했는데, 당시 대중교통시스템을 전면 개혁하여 호평을 받았다. 전직 장관과 역시 같은 동향 출신이며, 기계공학을 전공했다.
- 연락처

Mr. Süleyman Karaman

Tel: +90 (312) 311 30 88

Fax: +90 (312) 310 37 27

e-mail:suleymankaraman@tcdd.gov.tr

○ 교통 해양업무 및 커뮤니케이션부 기간시설 국장

- 기계공학을 전공한 Mr. 타한(Tahan)은 본인도 인정하듯이 일본의 고위직 관료에게 유럽과 아시아를 잇는 수중 튜브형 기차터널인 마르마레이(Marmaray)를 특별 휴일에도 운행되도록 압력을 가한 것으로 최근 주목을 받았다. 지진과 공공사업의 공공부문에서 일하다가 2004년에 해당 부서로 이동했다. 그는 축구에 있어서 프로 실력을 갖추고 있으며 무술에도 능하다.
- 연락처

Mr. Metin Tahan

Tel:+90(312)2031502

Fax:+90(312)2123748

e-mail:ymtahan@ubak.gov.tr,metintahan@yahoo.com

○ 교통 해양업무 및 커뮤니케이션부 철도계획국 사무총장

- Mr. 쉬타크(Çıtak)는 1981년 기계기술자로서 해당 부서에서 근무하게 되었고, 2002년에는 차관이 되었다. 그는 국제적 프로젝트의 조달과 입찰 업무를 담당했으며, 부두와 공항건설 프로젝트에 관련하여 경험이 많다. 이 사무총장직은 2011년에 만들어졌다.

- 연락처

Mr.Erol Citak

Tel: +90 312 2031505

E-mail: ecitak@ubak.gov.tr, citak@hotmail.com

○ 교통 해양업무 및 커뮤니케이션부 전임장관

- 전직 교통부 장관이었던 Mr. 비날리 이을드름(Binali Yıldırım)은 교통 해양업무 및 커뮤니케이션부 장관으로 10년 동안 재직했고, 그의 후임은 불과 몇 주 전에 업무를 인수했다. 그러므로 비날리 이을드름이 아직도 영향력을 행사하며 부서내의 정책결정에서 중요한 역할을 하는 위치에 있는 듯이 보인다. 그는 TCDD 청장과 매우 가까운 사이이며 아직도 총리의 후원을 받고 있다. 개각 이후에는 그는 AKP의 이즈미르 시장 후보가 되었다. (선거는 2014년 3월 30일이다.) 새로운 “고속열차” 시운전 당시 그는 총리와 신임교통장관 곁에 나란히 서 있었다. 2004년 고속열차 충돌사고가 있었지만 그의 장관직은 유지되었다. 이스탄불과 앙카라를 잇는 이 고속열차의 시승식 중에 일어난 이 사고로 40명이 사망하고 80명이 부상을 입었다. 전해지는 바에 따르면 그가 기간시설이 아직 미흡하다는 보고를 받았음에도 불구하고 2004년 선거 시기에 맞춰서 무리하게 운행을 지시했다고 한다. 이 책임으로 2명의 기술자가 벌금형을 받았으나, 이을드름은 TCDD 청장에 대해 조사를 실시하는 것을 거부했던 것으로 보인다. TCDD청장은 아직 재직 중이다. 그 밖에 그와 매우 친밀한 인사 몇명도 이 보고서에서 역시 거론되고 있다. Mr. 이을드름은 당분간 교통과 관련한 문제에 있어서 중요한 영향력을 행사할 가능성이

있다.

- 연락처

Mr. Binali Yıldırım

Tel:+(90)5055085543

Tel:+90(532)2180361

e-mail:by@binaliyildirim.com.tr

○ TCDD 이사회 및 부청장

- 야금공학 석사학위가 있는 Mr.아파이든(Apaydın)은 1987년 엔지니어로서 TCDD에서 근무를 시작했으며, 2005년 이사와 부청장이 되었다.

- 연락처

Mr. İsa Apaydın

Tel: +90 (312) 311 17 61

Fax:+90(312)3109623

e-mail:isaapaydin@tcdd.gov.tr

○ TCDD 이사회

- 법학 전공인 Mr.카니크(Canik)는 2013년 10월 10일에 터키 재무부를 대표하여 TCDD의 이사로 임명되었고, 그 이전에는 터키정보국(MIT)에서 법률위원으로 일했다.

- 연락처

Mr. Ümit Ulvi Canik

Tel: +90 (312) 307 35 78

○ TCDD 이사회

- 법학 전공 석사이며 공인회계사인 Mr.쿠트루(Kutlu)는 터키 전화회사인 트루크 텔레콤(Türk Telekom)의 전직 부사장이었다. 그 역시 전직 총리와 친척이라고 소문이 나 있다.

- 연락처

Mr. Şükrü Kutlu

Tel: +90 (312) 313 11 88/89

e-mail: savaş.eren@turktelekom.com.tr

○ TCDD의 부청장

- Mr. 카이쉬(Kayış)는 TCDD 직업고등학교를 다녔고, 후에 건축을 공부했으며, 또한 경제학 학위도 갖고 있다. 카이쉬는 고등학교를 졸업한 후 TCDD에서 첫 직장을 시작해서 재건축위원회 임명 등 여러 자리를 거쳤고, 2013년 6월 26일에 부청장이 되었다.

- 연락처

Mr. Adem Kayış

Tel: +90 (312) 311 35 30

Fax:+90(312)3097253

e-mail:ademkayis@tcdd.gov.tr

○ TCDD의 부청장

- Mr. 카부소글루(Çavuşoğlu) 역시 TCDD에서 오래 근무한 직원이다.

- 연락처

Mr. Mustafa Çavuşoğlu

Tel: +90 (312) 311 41 86

Fax:+90(312)3090015

e-mail:mustafacavusoglu@tcdd.gov.tr

○ TCDD의 부청장

- 연락처

Mr. İsmet Duman

Tel: +90 (312) 311 50 69

Fax:+90(312)3108568

e-mail:dumanismet@tcdd.gov.tr

(다) 핵심 타깃 시장 사전 검증

- 전략적 우선 진입 시장을 사전에 검증하기 위해 1차적으로 분류된 핵심 타깃 시장을 프로페로 글로벌 네트워크를 통하여 분석, 향후 최종 국가 선정을 위한 작업 진행

□ 인도네시아

높아지는 선진 교통 문화의식 존재

- 급속한 도시화로 혼잡과 정체를 완화할 수 있는 이동 수단에 대한 니즈가 높음.
- 최근 대중 교통 및 상호 연결성이 국가 정책 상의 우선 순위 프로젝트로 책정.
- 인도네시아의 경제 마스터플랜(MP3EI)은 철도, 항만, 공항 확충 및 교통 인프라 투자에 초점을 맞추고 있음.
- 자카르타의 수타르노-하타 국제공항 내 터미널 신축공사로 인해 공항 내부 이동수단 및 도심-공항 연결 수단에 자기부상열차 도입이 가능함.
- 에너지 비용 상승으로 깨끗한 대중 교통과 자동차에 대한 대안 수요가 상승하며 혁신적 인 대중 교통 대안 솔루션이 필요한 시점.

□ 필리핀

주거의 밀집으로 인한 효율적인 이동성에 대한 관심 고조

- 필리핀 정부는 현재 마닐라의 교통혼잡과 환경오염을 해결하는 인프라 프로젝트를 우선순위로 선정.
- 필리핀의 경제 중심지이며 인구가 밀집해 있는 수도 마닐라는 유동인구가 집중되어 자기 부상열차 도입에 유리한 조건을 지니고 있음. 수도권(NCR : National Capital Region)에 있는 사람들의 효율적인 이동성이 필수적인 요소로 떠오름.
- 필리핀은 일본 재정지원에 SOC 산업기반을 두고 있어, 향후 한국 기업의 자기부상열차의 신규시장 진출에 다소 제한이 있을 것으로 예상됨. 현재 NCR에 있는 LRT-1, LRT-2, MRT는 체코와 일본의 철도차량을 사용하고 있음.

- 필리핀의 민관협력인프라개발(PPP : Public Private Partnership)은 체계적으로 정립되어 있으며 LRT-1 확장공사가 PPP 형식으로 진행 예정에 있음.
- 필리핀 국가경제개발청(NEDA : National Economic Authority)은 교통 인프라 확장을 통한 지역발전을 구상하고 있으며 교통통신부(DOTC)에 의해 철도와 관련된 전반적인 사항을 담당하고 있음.
- 필리핀의 대형 인프라 프로젝트는 그 진행속도가 매우 느리게 진행되고 있는 추세임.

□ 아랍에미레이트

선진기술과 세계적 수준의 인프라를 보유하기 위한 정부의 니즈 확고

- 올해 UAE의 건설시장규모는 사우디아라비아를 능가하였으며 UAE의 인구증가 추이는 대중 교통의 필요성을 뒷받침 하는 강력한 요인이 되고 있음 (2017년 까지 두바이 인구는 연간 6.4%가 증가할 것으로 예상되며, 2017년 300만에 이를 것으로 추정)
- 탄소제로시티 건설 계획과 선진 기술과 세계적 수준의 인프라를 보유하기 위한 니즈가 있으므로 자기부상열차도 도입이 가능할 것으로 판단됨.
- 아부다비의 버스, 메트로, 경전철 사업 계획으로 인하여 도심 내 자기부상열차의 도입은 어렵지만, 섬과 섬을 잇는 교통수단으로써는 도입이 가능할 것으로 예측됨.
- 국가 친밀도를 고려했을 시 장기간의 협력으로 한국과의 관계가 우호적임.

□ 태국

정부의 인프라 계획과 정치 콘셉트에 기반한 도입 가능성 존재

- 태국 정부는 3월 19일 국무회의에서 선로의 복선화, 방콕과 지방을 연결하는 고속 철도 건설, 항만 정비 등 교통 인프라 정비를 위한 자금 2조 바트(약 72조 400억원) 조달 법안을 승인했으며 이는 태국 정부 1년 예산에 달하는 금액임. 이중 80%를 철도 개발을 위해 투입할 계획임.

- 지방 간의 고속철도, 고속도로 확충 7년 계획 및 방콕의 대중 교통 시스템 확장 계획
- 방콕에서는 2개의 새로운 라인을 포함하여 4개의 새로운 철도 확장 프로젝트가 진행 중
- 태국의 지형상 취약점인 홍수의 문제를 감안했을 때, 홍수 시에도 피해 및 손실이 적다는 강점을 부각시킨다면 자기부상열차 도입이 큰 지지를 받을 것으로 예상됨.
- 태국의 친기업적 정책이 지속적으로 유지되어 안정된 사업 환경이 조성되어 있으면 특히 철도부문에는 민간 참여 확대를 위한 관리체계 확립, 정책 발표 등의 노력이 실시되어 향후 자기부상열차 사업도입에 유리하게 작용될 것으로 예상됨.

□ 러시아

성숙하게 개발된 교통 시스템, 시장 진입 장벽이 높음

- 현재 정부의 우선순위는 월드컵 인프라 구축 및 고속 철도 산업. 범 국가적 행사 개최에 기반한 자기부상열차 도입 가능성(2018 월드컵 개최 예정지)은 존재하나 이미 '러시아 2012-2015 연방 교통계획'에 포함된 고속철도 사업이 진행 중인 것으로 조사됨
- Aero Express의 교통 인프라 사업 독점으로 자기부상열차의 진입에 장벽이 있을 것으로 예상. 러시아의 모든 에어레일 링크를 컨트롤 하고 있으며, 각각의 도심과 공항을 잇는 에어로익스프레스를 현재 운행 중에 있어, 공항과 도심을 잇는 용도의 자기부상열차 도입은 어려울 것으로 분석됨.
- 안정적인 대중 교통 네트워크로 인한 새로운 교통 수단에 대한 낮은 수요(도시후보 측면)
    1)모스코바 : 도심 내 운행 중인 지하철이 이미 존재하며, 지하철의 추가확장 공사가 진행 중이기 때문에 도시 내 자기부상열차 추가 도입 및 운행에 대한 수요는 낮을 것으로 예상됨.
    2)상트페테르부르크 : 도심 내 4개의 지하철 노선이 운영 중
- 모스코바의 교통 문제를 해결하기 위해, 지하철 노선 확장 및 모노레일

설치 계획이 추진 되고는 있으나, 현재 러시아에서 이루어지고 있는 확장 공사는 기존 라인을 새로운 트랙으로 연장하는 것에 불과하고, 이런 확장 공사조차도 여론의 격렬한 비판에 부딪힌 상황.

□ 사우디아라비아

철도 인프라에 관심은 있지만, 상당부분 프로젝트가 진행된 상황

- 정부는 철도 교통 확장에 관심이 크지만, 세 주요 도시의 교통 프로젝트는 이미 상당부분 진행된 상황
- 리야드 : 대중교통 시스템 입찰이 성숙기 단계에 돌입. 현재 4곳의 국제 컨소시엄이 리야드 지하철 건설을 위해 경쟁하고 있음.
- 메카 : 이슬람 성지가 있는 메카는 성지 순례 때문에 매년 250만명에 이르는 유동인구가 발생하고 있어 자기부상열차의 수용량으로는 다소 부적합하다고 판단됨.
- 제다 : 제다 메트로 건설 프로젝트가 진행 중이기 때문에 신규 자기부상열차 진입에는 다소 어려움이 있을 것으로 예상됨.

(2) 브랜드 전략 및 홍보 전략

- 한국 도시형 자기부상열차가 가지고 있는 브랜드 자산(Brand Equity) 점검 - 한국 도시형 자기부상열차의 마케팅 활동을 위한 필수 브랜드 가이드라인 - 한국 도시형 자기부상열차 브랜드 네이밍 연구 - 국내외 소비자들과의 원활한 소통을 위한 커뮤니케이션 컨셉 도출 - 실효적인 마케팅 활동을 위한 홍보 전략 및 시나리오

(가) 브랜드 자산 점검

- 브랜드의 자산을 사전에 분석하여 브랜드 미션 및 비젼, 아이덴티티, 커뮤니케이션 전략의 근간을 마련

□ 브랜드 정의

- VALUE CREATE + EXPERIMENTAL SYMBOLIC SYSTEM 도시형 자기부상열차를 구성하는 지각된 품질 / 인지,선호 / 연상 이미지 3가지

측면의 핵심 요소를 기반으로한 자산으로 경쟁 제품과의 식별화, 차별화를 통해 교통 시스템 이상의 가치를 소비자(고객사)의 마음속에 가치 있게 느끼게 하는 경험적인 상징체계

□ 브랜드 자산 점검

- 지각된 품질 / 인지,선호 / 연상 이미지의 3가지 측면의 핵심 요소 파악

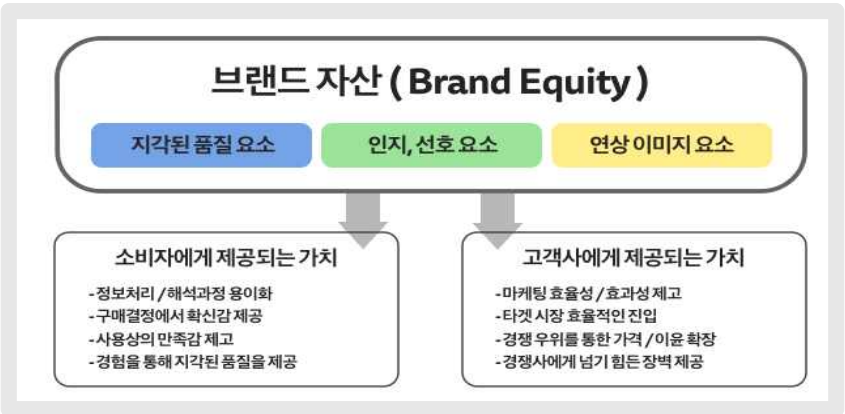


- 브랜드 자산(Brand Equity) 구축 전략 및 가치 제공 방안 수립

· B2B 시장에서 브랜드 자산이 가치에 미치는 영향력이 20% 수준 이상으로 중요성이 확대 되고 있으며 자산 구축 전략은 첨단 기술력 기반의 자기부상열차의 기능 우수성에서 소비자(고객) 편익을 부가하는 전략

· 자산 기반의 브랜드 가치 제공 모델 : 도시형 자기 부상열차 설정된 유무형의 브랜드 요소를 검증 및 분석을 통해 강화시켜 브랜드 자산을 구축하고 소비자 및 기업에게 차별화된 가치 제공

· 데이비드 아커 이론 자료, CoreBrand Directory of Brand equity 자료 활용



[그림 860]자산 기반의 브랜드 가치 제공 모델

- 브랜드 핵심 가치 및 소비자, 고객사 측면에서의 차별화된 가치 세분화

· 한국 도시형 자기부상열차 브랜드 핵심 가치 도출

Something New, Something Better

· 혁신에 대한 신념 / 창조 산업 육성을 선도 / 개인생활 가치 극대화

· 소비자, 고객사에게 제공되는 가치 도출



(나) 브랜드 미션 및 비전 수립

- 향후 브랜드에 관련된 모든 마케팅 활동에 일관성을 제공하고 고객과의 우호적인 인게이지먼트형성을 위한 가치 설정

□ 브랜드 비전 및 미션

- 브랜드 핵심 자산 및 핵심 가치와 소비자, 고객사 측면에서의 세분화된 가치를 기반으로 한국 도시형 자기부상열차의 브랜드 비전 정립

- <한국 도시형 자기부상열차> 브랜드 비전

The Innovation of Urban Maglev Train

- <한국 도시형 자기부상열차> 브랜드 미션

"대한민국의 이름과 첨단의 기술력으로 창조 경제를 실현하고, 브랜드 경쟁우위로 이윤을 극대화할 수 있는 기회를 제공하며 전 세계 사람들의 사람의 질을 높이는 것"

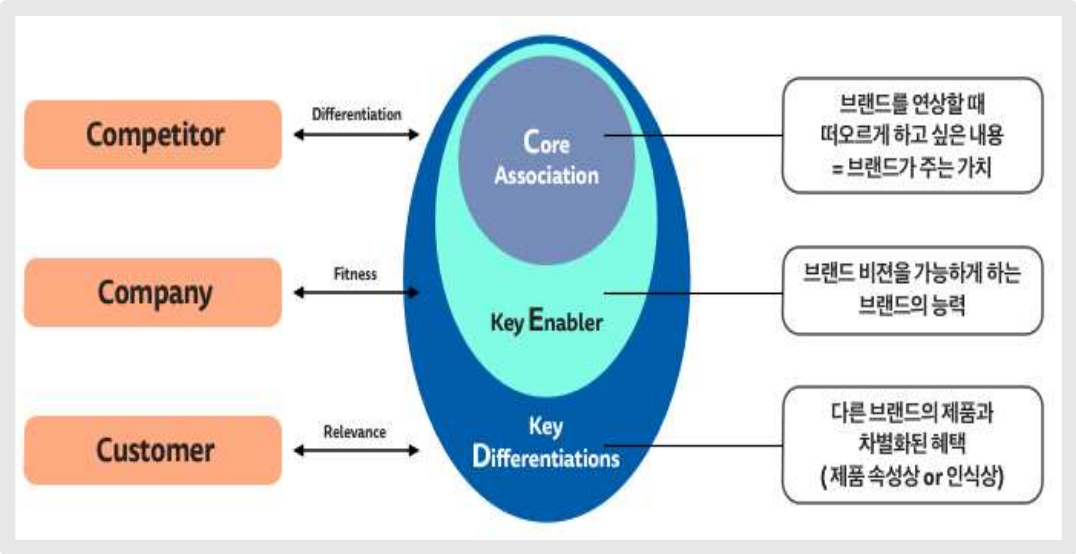
□ 브랜드 아이덴티티

- 브랜드 아이덴티티의 정의 : 한국 도시형 자기부상열차 브랜드 전략의 근간이 되며 소비자 마음 속에 심어주기를 원하는 목표 이미지

- 브랜드 아이덴티티 수립 프로세스

· 브랜드 아이덴티티 수립 모델인 C-E-D 모델을 활용하여 경쟁사와 구분되어 연상되는 핵심 가치, 제품 측면에서의 차별화 요소, 소비자 측면에서의 차별화된 혜택을 기반으로 분석 프로세서를 적용

· 핵심(Core) 아이덴티티와 타겟 시장 진입을 위한 확장(Extend) 아이덴티티 도출



[그림 861]C-E-D 모델을 활용한 브랜드 아이덴티티 수립 프로세스

- 한국 도시형 자기부상열차의 C-E-D 분석툴 적용

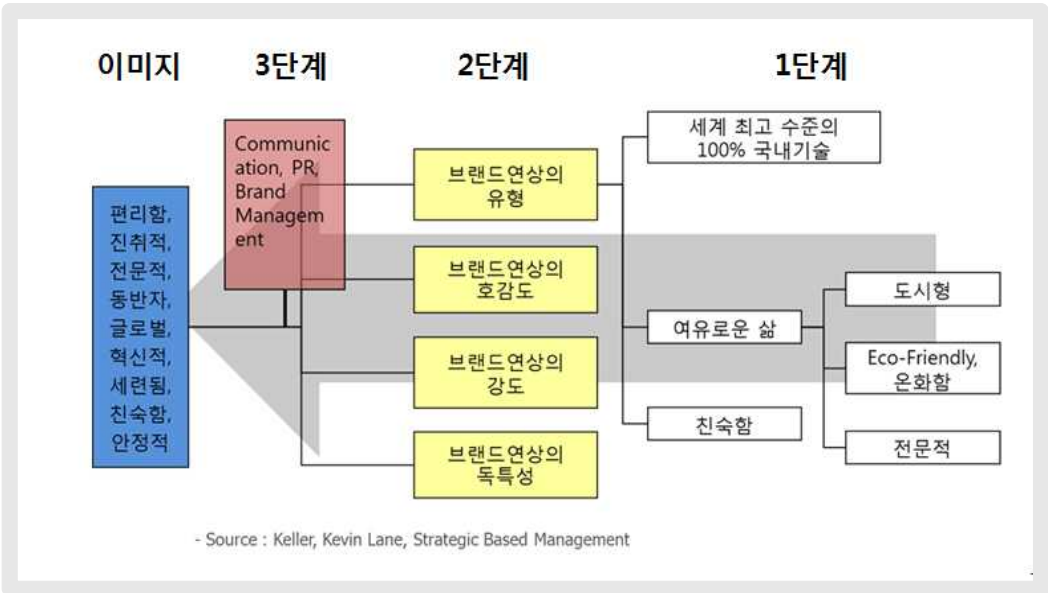
Core Association	창조 산업을 육성 / 혁신에 대한 신념 / 개인 생활 가치 극대화
Key Enabler	- Smart : 세계 최고 수준의 기술 - Eco-Friendly : 무진동, 무소음, 무분진, 무화학연료 - Safety : 탈선, 전복, 전자파의 우려가 없음 - Economic : 운영 및 유지 금액의 최소화
Key Differentiations	- 100% 국내 기술 - 세련된 도시형의 디자인으로 새로운 라이프 스타일에 대한 기대감 - 쾌적하고 안정된 승차감 - 현명하고 합리적인 소비자의 새로운 교통수단

- <한국 도시형 자기부상열차> 브랜드 아이덴티티



□ 브랜드 이미지

- 1단계 : 브랜드 지식(Brand Knowledge)차원에서 개념적으로 구조화
- 2단계 : 브랜드 연상의 집합이며 유형과 호감도, 강도 및 독특성으로 구분하고 제품 련 속성, 혜택, 태도 측면 반영
- 3단계 : 직접, 매체 또는 다른 소비자를 통해 브랜드에 대해 경험하며 형성되는 일련의 조직화된 자각

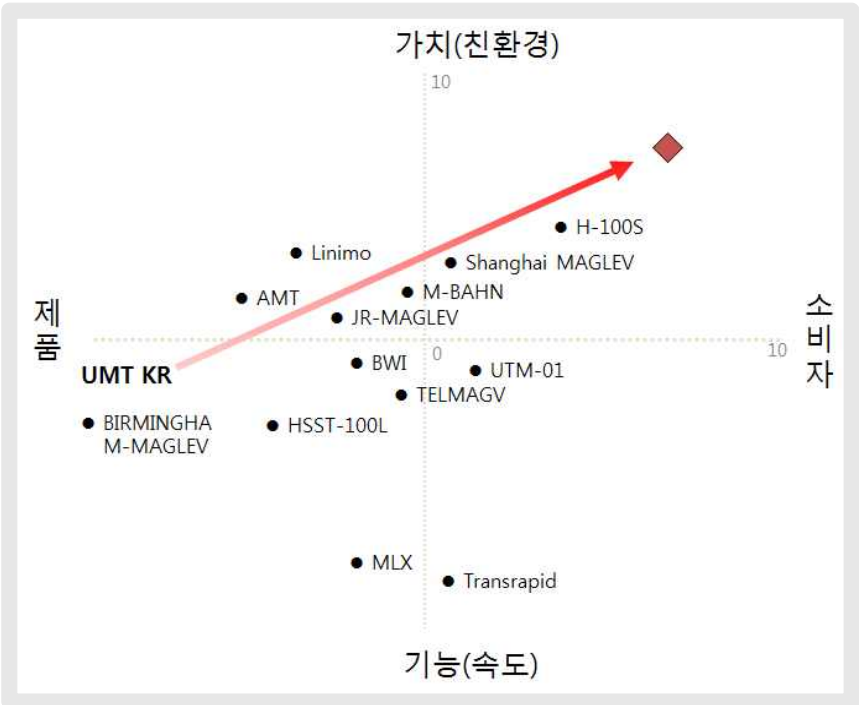


- <한국 도시형 자기부상열차> 브랜드 이미지
  : 진취적, 동반자, 전문적, 혁신적, 편리함, 세련됨, 친숙함, 안정적



□ 브랜드 포지셔닝

- 기능(속도) 우수서어 중심에서 가치(친환경, 삶의 여유, 경제성) 이미지의 소비자(고객사) 중심으로 포지셔닝



□ 브랜드 컨셉

- 창조와 혁신의 기술을 통해
  소비자의 꿈과 미래로 다가서는
  차세대 교통 시스템

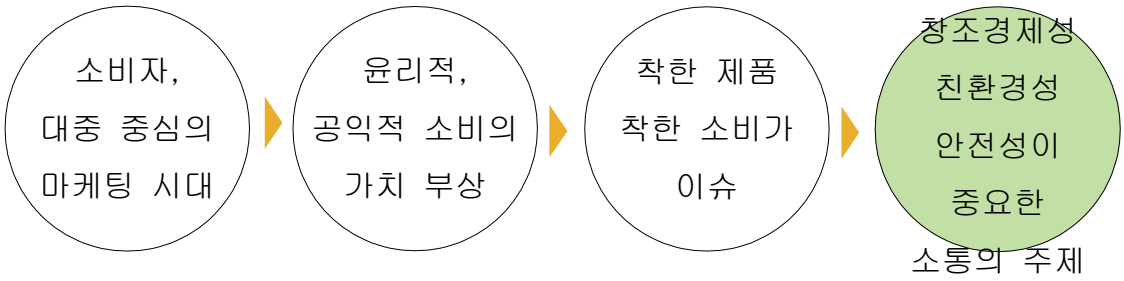
(다) 커뮤니케이션 전략 수립

- 사회적 환경, 현 시대의 패러다임, 소비자 특성을 고련한 커뮤니케이션 전략 수립

□ 커뮤니케이션 컨셉 도출의 배경

- 자기부상열차에 대한 국민들의 인식
  · 자기부상열차에 대한 인지는 높으나 구체적인 인식은 없는 상황
  · 자기부상열차에 대한 관심 자체가 무뎌진 시점
  · 자기부상열차와 다른 탈 것 사이의 차별화된 장점에 대해 모르는 상황

- 소비자-기업 관계의 새로운 패러다임



- SOC 사업으로서의 브랜딩
  · 대중과 브랜드 간의 사회적 관계가 무엇보다 중요한 사업적 특성 고려
  · 국민 행복을 가져오는 창조 경제, 그리고 친환경, 안전의식의 실행에 집중하는 창조 브랜딩의 출발로서 테마 설정

- 커뮤니케이션 키워드
  · 창조 경제성, 친환경성, 안정성 → [창조기술]의 실현
  · 한국 도시형 자기부상열차의 개통 → 드디어 [뜬다!]

□ <한국 도시형 자기부상열차> 커뮤니케이션 컨셉



- 자기부상열차의 기본 속성인 '뜬다'는 개념을 극대화해서 자기부상열차의 3가지 차별화된 장점들과 부상의 이미지를 결합
- 궁극적으로는 그 나라 사람들과 나아가 전 세계 모든 사람들의 삶의 질을 띄우는 한국 도시형 자기부상열차의 포부를 입체적으로 표현
- 확장 컨셉 : 착한 기술로 뜬다 / 기차가 뜬다 / 기술이 뜬다 / 기분이 뜬다

(라) 브랜드 가이드라인 구축

- 브랜드 마케팅 활동에 필요한 브랜드 네이밍 개발, 가이드 라인 구축, BI 디자인 제작

□ 네이밍 프로세스

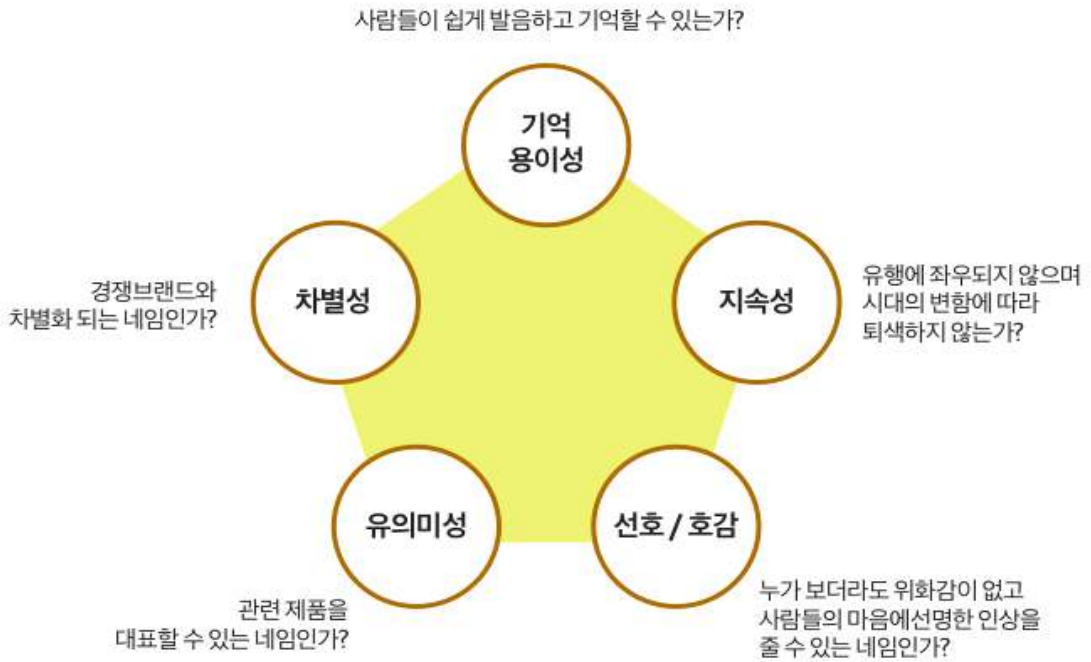
- 기능적 & 이미지적 특성 파악



- 네이밍 키워드 도출

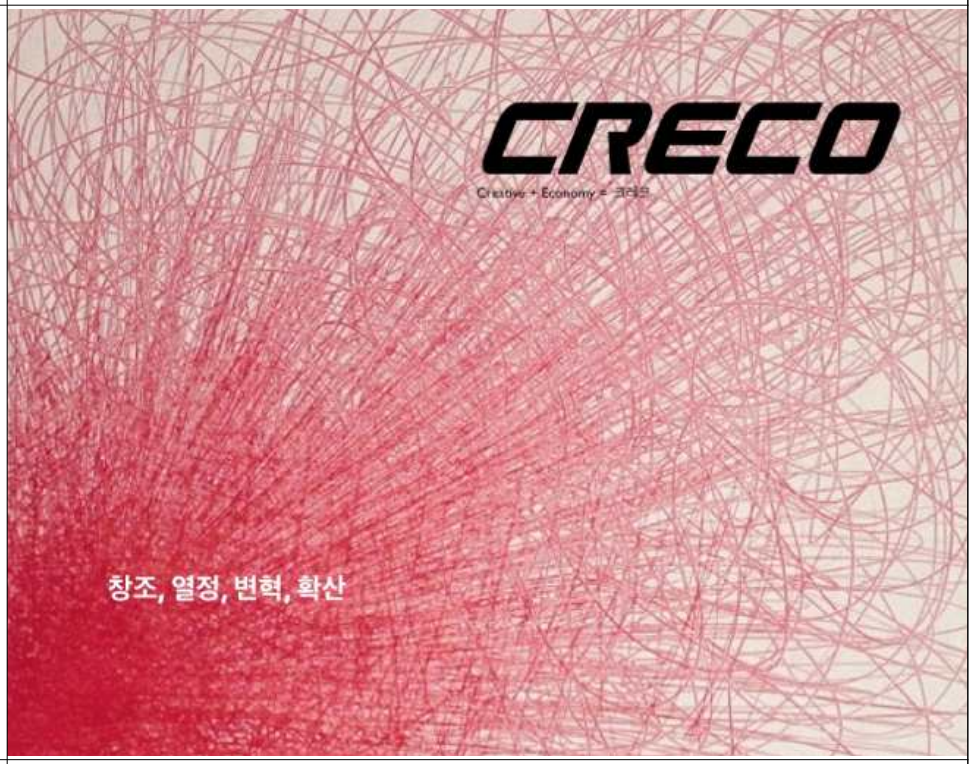


- 네이밍 가이드라인



□ <한국 도시형 자기부상열차> 네이밍 연구 결과

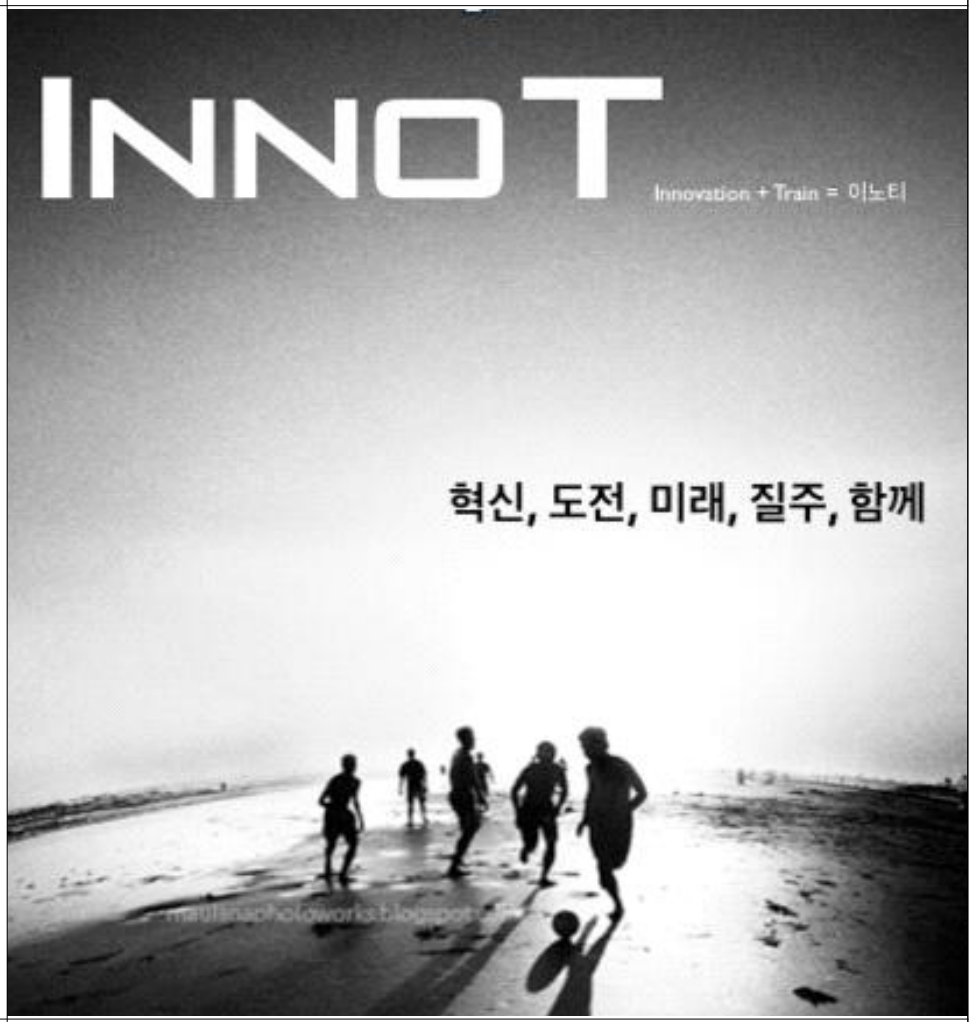
네이밍	ECOBEE (에코비)
참고 이미지	
설명	(친환경 첨단 열차) ECOBEE (Eco-Friendly + BEE) -키워드 : 친환경, 창조, 첨단, 친근 -배경 : 창조적 최첨단 기술은 친환경 기술과 자기부상열차와의 연계성을 부각시키고 외관에서 느껴지는 친근한 BEE 형상을 강조하여 세계 누구나 쉽고 친근하게 기억할 수 있는 네이밍 -기억 용이성 : 국내에는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김하기 위해 발음 하기 쉽고 기억이 용이한 받침이 없는 자모음의 조합 -유의미성 : 첨단 기술과 친환경적인 혜택의 복합적 의미 -선호도 : 빠른 시각적인 연상으로 친근함을 조기에 확보

네이밍	CRECO (크레코)
참고 이미지	
설명	(창조와 혁신의 경제 주역) CRECO (Creation + Economy) -키워드 : 창조, 혁신, 변혁, 경제도약 -배경 : 창조경제 시대를 맞이하여 혁신적인 자기부상 기술로 경제성을 확보하고 열차로 희망의 새 시대로 연결한다는 독창성, 목적성을 극대화한 브랜드 네이밍 -기억 용이성 : 국내에는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김하기 위해 발음 하기 쉽고 기억이 용이한 받침이 없는 자모음의 조합 -유의미성 : 창조와 경제를 함께 실천한다는 복합적인 의미 -선호도 : 부담감 없는 발음으로 친근한 느낌과 함께 기술집약적이며 강한 이미지 부각

네이밍	ORDA (오르다)
참고 이미지	
설명	(창조와 혁신으로 도약) ORDA (오르다) -키워드 : 창조, 혁신, 성취, 도약 -배경 : “창조 혁신으로 최고에 오르다”라는 한국 도시형 자기 부상열차의 의지를 극대화, 한글을 영문화하여 독창적이며 자부심을 가지게 하는 브랜드 네이밍 -기억 용이성 : 국내에는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김하기 위해 발음 하기 쉽고 기억이 용이한 받침이 없는 자모음의 조합 -유의미성 : 창조, 성취, 도약의 강한 의지 내포 -선호도 : 부담감 없는 발음으로 미래 지향적인 느낌, 순 우리말로 친근한 운율

네이밍	LEVIKO (레비코)
참고 이미지	
설명	(국민행복의 질을 높여주는 열차) LEVIKO (Levitation + Korea) -키워드 : 미래, 창조, 부상, 자부심 -배경 : 창조경제 실천을 통해 꿈을 이루고 미래로 부상하는 대한민국의 자부심과 희망을 극대화한 브랜드 네이밍 -기억 용이성 : 국내에는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김하기 위해 발음 하기 쉽고 기억이 용이한 받침이 없는 자모음의 조합 -유의미성 : 자기부상열차를 통해 창조경제를 실천하는 의지 표명, 대한민국의 자부심을 만들어 국민 행복의 질을 높일 수 있다는 의미 -선호도 : 부담감 없는 발음으로 친근하고 안정적인 느낌

네이밍	KINNO (키노)
참고 이미지	
설명	(창조와 혁신의 주역) KINNO (Korea + Innovation) -키워드 : 혁신, 창조, 미래, 첨단, 자부심 -배경 : 창조경제의 최첨단 기술 실현과 혁신을 통해 미래를 만들어 가는 한국 도시형 자기부상열차의 가치를 극대화하는 네이밍 -기억 용이성 : 국내에는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김하기 위해 발음 하기 쉽고 기억이 용이한 받침이 없는 자모음의 조합 -유의미성 : 창조경제를 실현하는 대표성과 혁신성 부여 -선호도 : 두 음절의 쉽고 친근한 네이밍

네이밍	INNOT (이노티)
참고 이미지	
설명	(혁신적인 기술의 첨단 열차) INNOT (Innovation + Train) -키워드 : 혁신, 도전, 미래, 질주 -배경 : 혁신의 첨단기술을 통한 미래로의 질주를 상징 -기억 용이성 : 국내에는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김하기 위해 발음 하기 쉽고 기억이 용이한 받침이 없는 자모음의 조합 -유의미성 : 혁신의 첨단 기술과 자기부상열차의 융합 의미 -선호도 : 친근감을 느끼게 하는 쉽고 부담 없는 발음과 운율

네이밍	ZENTLE (젠틀)
참고 이미지	
설명	(친환경 첨단 열차) ZENTLE (Zero Pollution + Gentle -키워드 : 친환경, 배려, 미래, 희망 -배경 : 친환경 첨단기술의 자기부상열차로 창조경제를 실천하며 희망의 미래로 국민행복을 이끌어 간다는 의미. 세계 어느 누구나 알 수 있는 익숙한 단어 Gentle을 친환경, 무결점의 Zero(0)와 합성함으로써 인상적이고 친근하게 기억할 수 있는 네이밍 -기억 용이성 : 국내는 물론 글로벌 브랜드로서 자리매김 하기 위해 발음이 쉽고 세계 공통의 가치를 가지고 있는 네이밍 -유의미성 : 창의적인 첨단기술을 구현하여 친환경의 혜택을 제공 -선호도 : 소비자 중심의 가치 부각, 부담감 없는 발음

- 제안 BI 리스트 (추천안)

에코비 Logotype – 추천안

A 안 – 도시감각, 친환경, 속도감, 부상



B 안 – 부상 친환경, 친근감



에코비 Logotype – 추천안

A 안 – 도시감각, 친환경, 속도감, 부상



B 안 – 부상 친환경, 친근감



에코비 Logotype – 추천안

A안



B안



- 제안 BI 리스트 (후보안)

에코비 Logotype – 후보안

C안 – 속도감, 친환경, 심플

ECOBEE

D안 – 가독성, 심플, 친환경

ECOBEE

E안 – 친근함, 친환경, 심플

Ecobee

F안 – 부상, 친근감, 친환경

Ecobee

에코비 Logotype – 후보안

C안 – 속도감, 친환경, 심플

ECOBEE

D안 – 가독성, 심플, 친환경

ECOBEE

E안 – 친근함, 친환경, 심플

Ecobee

F안 – 부상, 친근감, 친환경

Ecobee

에코비 Logotype – 후보안

C안



D안



E안



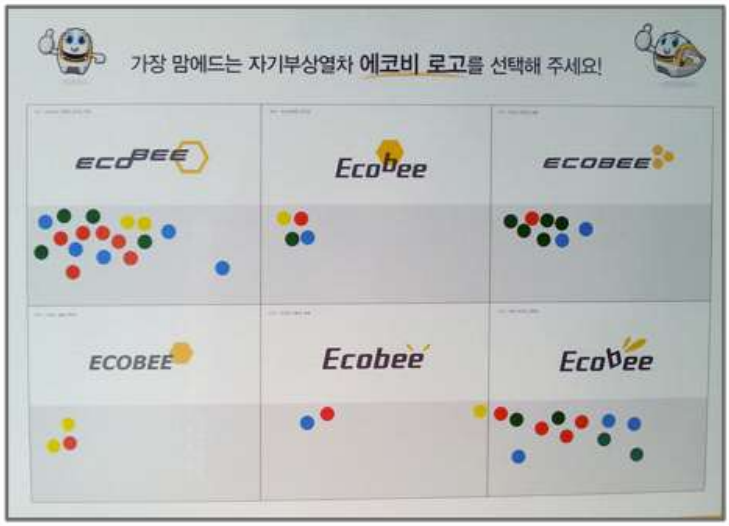
F안



- 최종 선정 BI

순위	로고	득표수
1	ecobee	17
2	Ecobee	11
3	ECOBEE	8
4	Ecobee	4
5	ECOBEE	3
6	Ecobee	2

<공청회 당일 투표 보드>



(마) 홍보 전략 수립

- 핵심 타깃 국가에서의 브랜드 홍보를 위한 전략 프레임 설정 및 중장기 로드맵 설정

□ 홍보 목표 및 타깃

- 홍보 목표

· 한국 도시형 자기부상열차의 성공적인 해외 진출을 위한 분위기 조성 및 기반 마련

· 교통 인프라 도입 여부에 강력하게 영향을 미치는 해당국가의 의사결정 그룹 및 관계자에게 한국 도시형 자기부상열차에 대한 긍정적인 인식을 심어주고 흥미를 유발하게 하는 중장기적인 호의적 Relationship을 구축

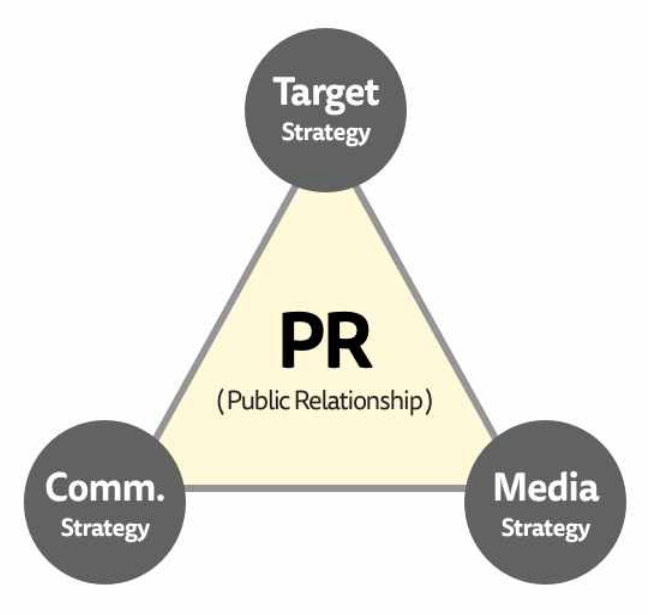
▶ 주 홍보 타깃

· 정부 관계자 : 해당국가의 주요의사 결정자 및 교통 인프라 관련부서의 Key Stackholder

· 투자 관계자 : 해당국가의 인프라 설립에 관심이 많은 잠재적 투자자

· 미디어 관계자 : 제품에 대한 홍보효과를 극대화 시킬 수 있는 기반을 제공할 관계자

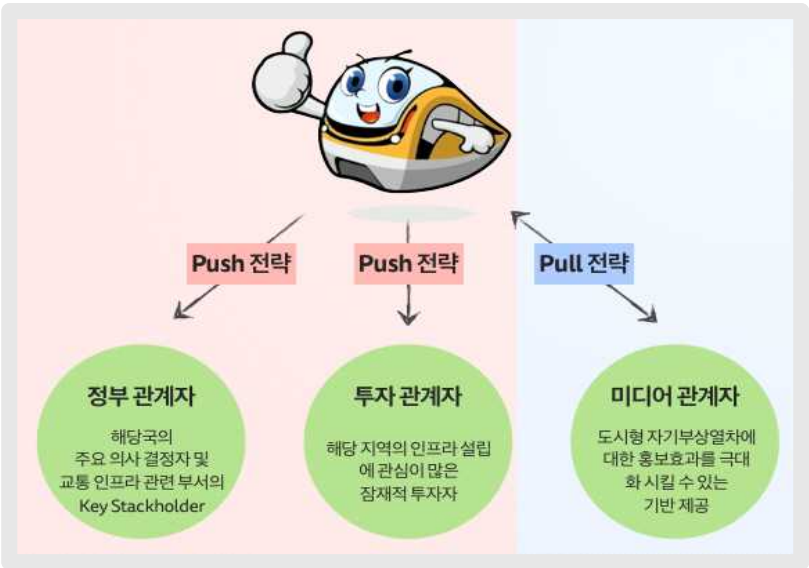
□ 홍보 전략의 프레임 설정



- 타깃 전략 (Target Strategy) : 그룹별 대응 (Push / Pull 전략)
- 커뮤니케이션 전략 (Communication Strategy) : 단계적 접근
- 미디어 전략 (Media Strategy) : 타깃 최적화 매체 활용 / 비용대비 효율성

□ 타깃 전략 (Target Strategy)

- 정부 관계자 / 투자 관계자 / 미디어 관계자 각각의 특성에 맞게 Push / Pull 전략을 효율적으로 활용하여 한국 도시형 자기부상열차에 대한 호의적 분위기를 형성



[그림 862]타깃 전략 - 그룹별 대응

□ 커뮤니케이션 전략 (Communication Strategy)

- [인지도 확립 - 관심 유발 - 호의도 구축 - 신뢰 획득 - 행동 변화 및 지지 획득]의 단계적 접근 계획을 수립하여 효율적으로 제품의 메시지를 전달하고 홍보 목표를 달성

- 1단계 (Awareness) : 인지도 확립

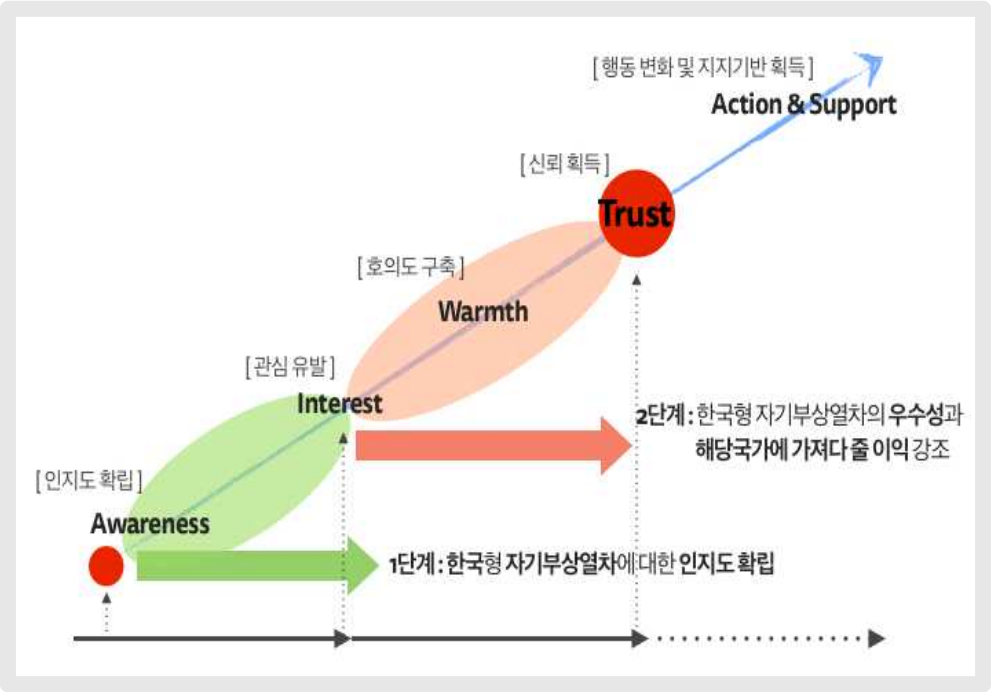
  제품(한국 도시형 자기부상열차)에 대한 이슈 메이킹이 주요 목적임. 제품을 쉽게 각인 시킬 수 있는 은유적 / 상징적 표현을 이용한 메시지 활용.

- 2단계 (Interest - Warmth - Trust) : 관심 유발 - 호의도 구축 · 신뢰 획득

  제품(한국 도시형 자기부상열차)의 우수성과 함께 해당국가에 가져다 줄 직접적인 이익을 강조하여 제품과 해당국가의 구체적인 연결고리를 형성하고 타깃(의사결정자)의 관심과 신뢰를 이끌어 낼 메시지 활용.

- 3단계 (Action & Support) : 행동 변화 및 지지기반 획득

  제품에 대한 인지도와 관심이 어느 정도 형성된 상황에서 대중과 미디어에 조금 더 포커싱된 관점으로 자기부상열차가 가져다 줄 생활의 변화, 이익을 강조하는 메시지 활용.



[그림 863]커뮤니케이션 전략 - 단계적 접근

□ 미디어 전략 (Media Strategy)

- 선택과 집중을 통한 한정된 홍보 예산의 효율성 극대화

· 많은 예산을 필요로 하는 4대 매체 등의 홍보활동에 중점을 두지 않고 정부 관계자나 해당국가의 미디어 관계자가 관심을 끌 수 있는 다양한 온오프 컨텐츠 및 홍보 아이템을 발굴하여 홍보 프로그램 기획

· 대중 보다는 Key Stackholder에게 어필할 수 있는 홍보 활동에 집중

· 기자 간담회, 정부 관계자 초청 로드쇼, 포럼, 컨퍼런스, 철도 인프라 관련 매체 등

- 새로운 홍보 수단을 활용한 홍보 활동의 다양화

· 뉴미디어(New Media)의 활용을 통한 이슈 메이킹

· 디지털(Digital)과 SNS를 이용하여 비용 대비 효율성을 높일 수 있는 홍보 활동 보완

· 해당 국가의 다양한 기업과 공동 프로모션 및 캠페인 기획

□ 홍보 중장기 로드맵

단계	1	2	3
목표	제품의 인지도 확립 및 연상 이미지 형성	제품과 타깃 국가의 연관성 강화	제품의 지지기반 형성 및 충성도 강화
메인 타깃	정부 관계자 투자 관계자	정부 관계자 투자 관계자 미디어 관계자	정부 관계자 미디어 관계자
메시지	제품의 우수한 성능을 기반으로 한 기능적 가치	제품의 도입에 따른 고객(국가, 민족) 만족의 정서적 가치	타깃 국가와의 관계를 강화시키는 자아표현적 가치
활동 비율	제품 우수성 80% 타깃 국가 연관성 20%	제품 우수성 60% 타깃 국가 연관성 40%	제품 우수성 50% 타깃 국가 연관성 50%
활동 포인트	안전성, 친환경성, 경제성을 기반으로한 차세대	차세대 교통 시스템 이미지 유지	차세대 교통 시스템 이미지 강화

	교통시스템		
	타깃 국가 특성에 맞는 대외활동 및 네트워크 구축 활동 진행	Key Stakeholders 및 관련 기관 연계프로그램 진행	타깃 국가 대중 및 미디어 활용 강화

(3) 홍보물 기획, 제작 및 로드쇼 개최

- 홍보물 기획 - 국,영문 홍보 브로슈어 제작 - 국,영문 홍보 영상 제작 - 101 정거장 홍보관 디자인 설계 보고서 - 로드쇼 기획 및 개최

(가) 홍보물 기획

- 브로슈어, 영상, 101정거장 디자인에 일관성 있게 적용될 기획 방향 설정

□ 홍보 브로슈어 및 영상 기획 방향

- 목표

・한국 도시형 자기부상열차의 글로벌 비니지스 활성화를 위한 홍보 접점의 수단으로서 타깃 국가에서 제품(한국 도시형 자기부상열차)의 필요성에 대한 긍정적인 여론 형성에 기여하고 의사결정의 핵심 타깃들에게 기대감과 신뢰를 이끌어 냄.

- 타깃

・Main: 해당 국가의 교통 인프라 도입 여부를 결정하는 최종 의사결정자 그룹

・Sub: Main 그룹에 영향을 미치는 미디어 그룹 및 여론 형성에 기반이 되는 대중 그룹

- 필수 고려 키워드

・한국 도시형 자기부상열차의 개발 배경 : 국민행복, 글로벌 선도, 창조경제

・한국 도시형 자기부상열차의 기본 속성 : 친환경, 안전성, 경제성

・한국 도시형 자기부상열차의 부수적 속성 : 한국, 미래, 최첨단

- 톤앤매너(Tone & Manner)
・미래, 창조, 도전, 첨단

- 컨셉 (Concept)
・[창조 기술로 뜬다! ○○○가 뜬다!]
자기부상의 기능적 속성인 '뜬다'는 개념을 제품의 3가지 기본 속성(친환경, 안전성, 경제성)과 융합하여 한국 도시형 자기부상열차가 뜨며 나아가 세계인의 삶이 뜬다는 의미로 확장

(나) 홍보 브로슈어 기획 및 제작

- 제품의 판매 및 홍보를 위한 홍보 브로슈어 기획, 제작

□ 홍보 브로슈어 제작 가이드라인
- 제본 형식
・12p 중철제본, 스노우지 150-200g
・Size : 297mm x 210mm

- 폰트
・영문 폰트 : 고딕계열의 2종류 폰트
・한글 폰트 : 윤고딕 100대

- 컬러
・창조, 친환경, 첨단을 표현하는 각각의 컬러 배색을 활용하여 효과적인 메시지 전달
・Yellow : 창조, Product Color
・Green : 친환경, 안전성
・경제성, 최첨단

- 이미지 가이드라인
・기존 촬영, 제작 이미지를 최대한 활용
・ 컨셉츄얼한 이미지는 촬영 및 합성하여 제작



- 레이아웃 가이드라인

· 컨셉츄얼한 설명 페이지는 이미지와 텍스트가 하나로 연출되게 제작 (One Image)

· 친환경성, 안전성, 경제성의 설명 부분은 인포그래픽을 활용



□ 홍보 브로슈어 1차 시안 (2013.8.9)







한국형자기부상열차의 원리는?

부상원리

차량에 부착되어 있으며 레일 위에 위치하는 전자석에 전원을 공급하면 자력이 발생하고, 자력이 발생된 전자석과 레일은 서로 붙으려는 힘이 작용하여 이 힘에 의해 차량이 부상하게 된다. 레일과 차량의 부상간격은 간격감지센서와 제어기에 의해 전자석에 보내는 전력량을 조정하여 일정(8mm)하게 유지한다. (사용전원 : 380V 직류)



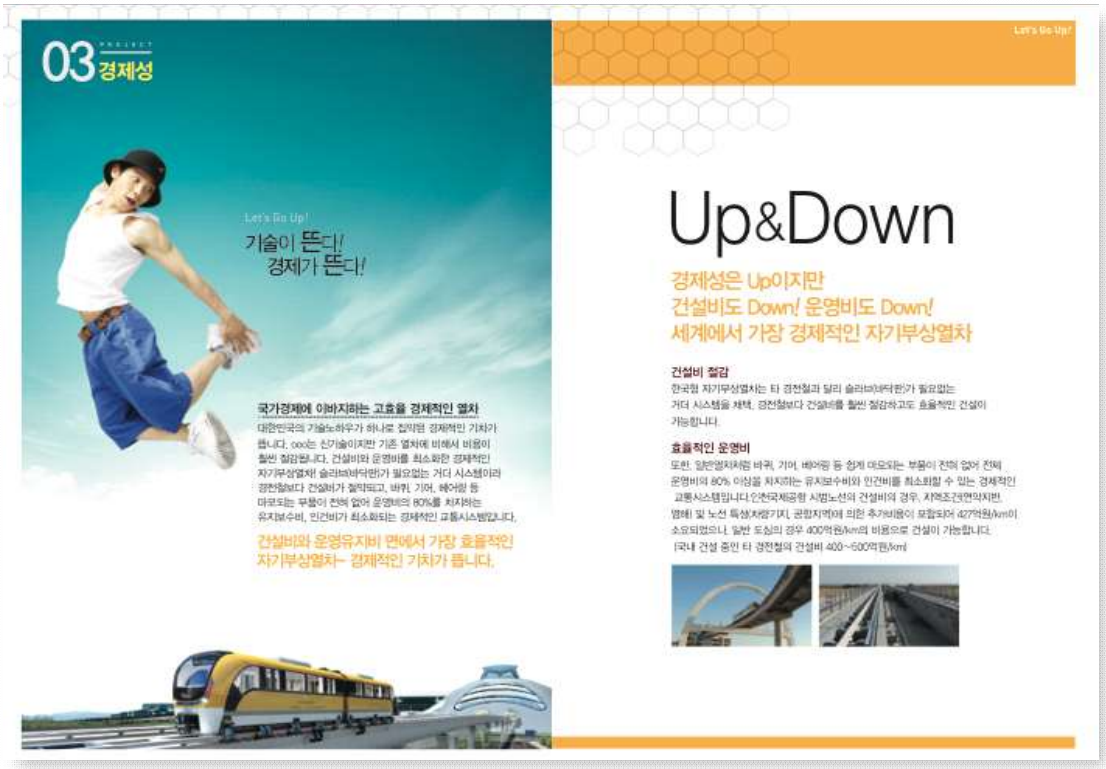
추진원리

자기부상열차는 회전모터를 펼친 형태의 직선운동이 가능한 리니어모터(Linear Motor)를 사용한다. 차량의 리니어모터에 전원을 공급하면 추진테량(알루미늄)에 전자유도현상에 의해 전류가 유도되고 이 때 발생하는 전자력의 힘으로 추진력이 발생한다. 또한 리니어모터 입력전압 주파수를 변화시키면 그에 따라 차량의 속도를 조절할 수 있다.




01 PROJECT 안전성
Let's Go Up!
기차가 뜬다!
안전이 뜬다!
국민행복을 추구하는 가장 안전한 열차
국민의 행복을 위해 안전에 안전을 더한 최첨단 기차가 뜹니다.
000는 바퀴대신 대차가 궤도를 감싸는 안전한 구조로, 탈선, 전복,
펑크의 위험이 없으니까 안심하셔도 좋습니다.
전자식의 힘으로 안전하게 또고 쾌적하게 달리는 한국형자기부상열차
열차내, 역구내, 선로주변, 어디에서나 가정에서와 유사한 정도의
전자파만 발생해 인체에도 안전한 교통시스템입니다.
국민 한 분 한 분이 안심하고 탈 수 있는
자기부상열차 -안전한 기차가 뜹니다
Let's Go Up!
3無
탈선 위험, 정전 위험, 전자파 위험 無!
안전에 안전을 더한 3無 자기부상열차
한국형 자기부상열차는 바퀴 없이 대차(bogie)가 궤도를
감싸는 안전한 구조로, 열차 탈선, 전복, 펑크의 위험 가능성을
근본적으로 해결했습니다.
열차 내, 역사 내, 선로주변 어디에서나 우리가 일상 가정생활에서
접하는 정도의 미미한 수준의 전자장파이 발생하므로 해일
승차해도 인체에 무해한 안전한 교통시스템입니다.
정전 등 비상시에 대비해 열차가 일정 시간 동안 안정적인
부상상태를 유지하는 비상용 보조 전원장치를 탑재했습니다.
부상 안전성 확상
부상극극 축소 (10mm → 8mm) 및 부상제어기, 전자석,
Redundancy를 적용해 주행성능과 안전성을 극대화했습니다.


02 PROJECT 친환경
Let's Go Up!
기분이 뜬다!
환경이 뜬다!
인간과 환경을 보호하는 최첨단 친환경 열차 -
인간과 환경을 위해 친환경 기술을 펼쳐가는 자기부상열차 -
친환경 자기부상열차가 뜹니다.
Let's Go Up!
3氏
저소음, 저진동, 저분진, 저차단!
환경을 가장 먼저 생각하는 자기부상열차
한국형 자기부상열차는 레일 위를 떠서 주행하므로,
소음이 60dB 이하로 조용합니다.
곡선주행 시 심한 불쾌감을 유발하는 바퀴, 레일간 마찰소음,
진동이 거의 없습니다. 또한, 접점없이 바퀴와 레일 등에 마찰을 일으키며
달리는 일반 열차와 달리 레일 위를 뜬 상태로 주행하기 때문에 주행 시
고무가루, 철가루 등의 분진이 일체 발생하지 않습니다.
레일에 상판이 없는 구조라 지면까지 햇빛이 차단되지 않는
친환경 교통시스템입니다.
시제차량 측정결과
1. 실내소음 : 자기부상열차 최대 64.5dB
2. 실외소음 : 자기부상열차 최대 64.5dB
3. 진동 : 자기부상열차 최대 0.55


03 PROJECT 경제성
Let's Go Up!
기술이 뜬다!
경제가 뜬다!
국가경제에 이바지하는 고효율 경제적인 열차
대한민국의 기술노하우가 하나로 집약된 경제적인 기차가 됩니다. ooo는 신기술이지만 기존 열차에 비해서 비용이 훨씬 절감됩니다. 건설비와 운영비를 최소화한 경제적인 자기부상열차! 슬라브궤도타입가 필요없는 거더 시스템이라 경전철보다 건설비가 절약되고, 바퀴, 기어, 베어링 등 마모되는 부품이 전혀 없어 운영비의 80%를 차지하는 유지보수비, 인건비가 최소화되는 경제적인 교통시스템입니다.
건설비와 운영유지비 면에서 가장 효율적인 자기부상열차~ 경제적인 기차가 됩니다.
Let's Go Up!
Up&Down
경제성은 Up이지만
건설비도 Down! 운영비도 Down!
세계에서 가장 경제적인 자기부상열차
건설비 절감
한국형 자기부상열차는 타 경전철과 달리 슬라브궤도타입가 필요없는 거더 시스템을 채택, 경전철보다 건설비를 훨씬 절감하고도 효율적인 건설이 가능합니다.
효율적인 운영비
또한, 일반열차처럼 바퀴, 기어, 베어링 등 쉽게 마모되는 부품이 전혀 없어 전체 운영비의 80% 이상을 차지하는 유지보수비와 인건비를 최소화할 수 있는 경제적인 교통시스템입니다.인천국제공항 시범노선의 건설비의 경우, 차량조달연약지반, 멤테 및 노선 특성(차량기지, 공항지역에 의한 추가비용이 포함되어 427억원/km이 소요되었으나, 일반 도심의 경우 400억원/km의 비용으로 건설이 가능합니다.
(국내 건설 중인 타 경전철의 건설비 400~600억원/km)


인천에 꿈의 기차가 뜬다!
세계인의 삶의 질이 뜬다!
세계는 지금 땅 속의 시대는 기고 땅 위의 자기부상열차가 트렌드!
지상과 지하는 교통난 해결의 하늘과 땅 차이입니다!
세계 최고의 인천국제공항이 선택한 열차가
인천공항 시범노선에서 성공적으로 운행되고 있습니다
대한민국 최첨단기술이 탄생시킨 글로벌 자기부상열차!
지금, 귀하의 국가에 가장 적합한 교통시스템을 찾고 계시다면
인천선, 친환경, 경제성을 모두 갖춘 ooo를 선택하십시오!
ooo는 전세계 어디에서나 최고의 선택이 될 것이며,
전세계인의 삶의 질을 바꾸는 꿈의 자기부상열차가 될 것입니다.
전세계에서 뜨는 최첨단 자기부상열차~
자기부상열차와 함께 전세계인의 삶의 질이 뜹니다.
Let's Go Up!
인천공항 시범노선 자기부상철도 노선도
인천국제공항 시범노선
▶ 구간 : 인천국제공항 (교통센터~용유동)
▶ 규모 : 본선복선 L = 6.1km
▶ 정거장 : 6개소
▶ 차량기지 : 공항철도 차량기지 인접부지
기본성 14량 유지 및 정비가능
가볍게 뜬다! 빠르게 뜬다!
한국형 자기부상열차의 시스템 주요규격
▶ 차량 편성 : 2량 1편성기본 편성, 다량 편성 가능
▶ 차량 치수 : 길이 12 m, 폭 2.7m, 높이 3.45m (1량기준)
▶ 공차 중량 : 15ton/량
▶ 탑승인원(최대) : 230명/편성 2량 1편성 기준)
▶ 최고설계속도 : 110km/h ▶ 부상 공극 : 8mm
▶ 제간 : 1,950mm ▶ 운전방식 : ATO/무인자동운행 ▶ 일내소음 : 65dB(A) 이하
▶ 최소 곡선반경 : 50mR ▶ 최대등판능력 : 7%
▶ 감속성능 : 4.0km/h/s (상용), 4.5km/h/s (비상)
▶ 전력공급 : 직류 1,500V 제 3궤조방식
▶ 가속성능 4.0km/h/s



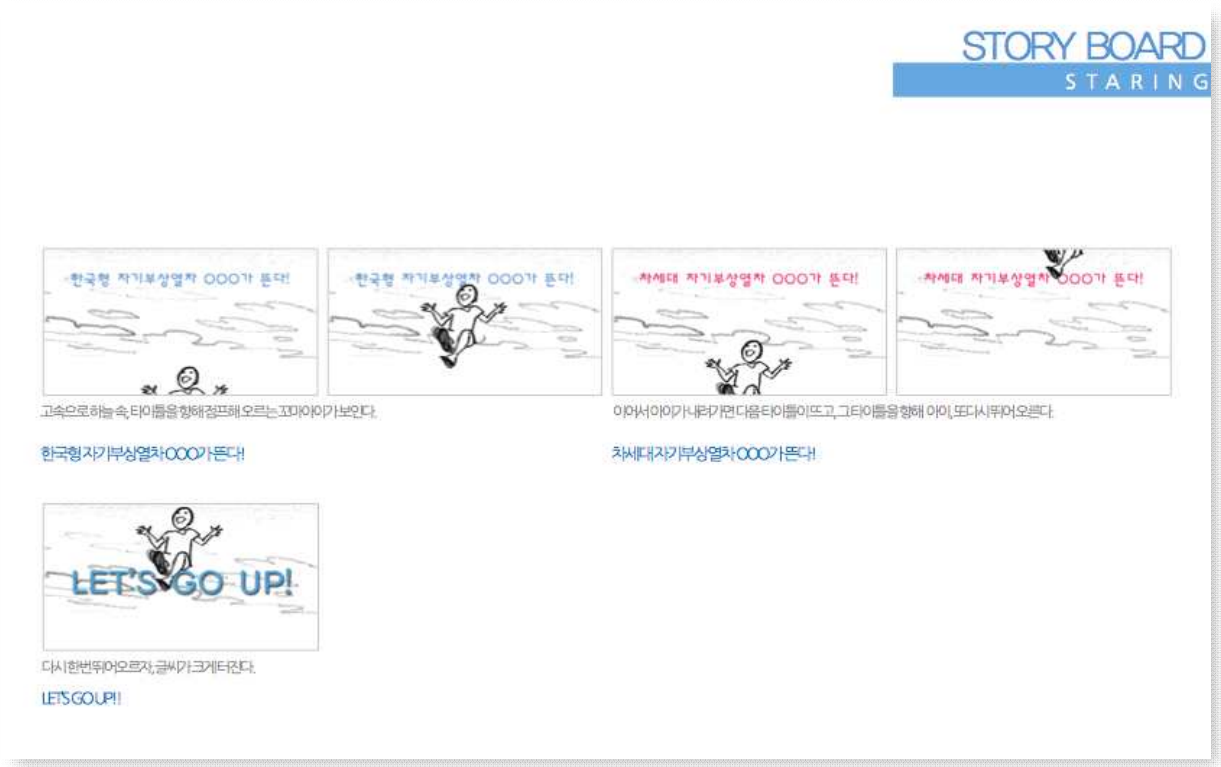
(다) 홍보 영상 기획 및 제작

- 제품의 판매 및 홍보를 위한 홍보 영상 기획, 제작

□ 홍보 영상 제작 가이드라인

- 기본적으로 홍보 브로슈어와 동일한 컨셉, 내용, 순서로 구성
- 전체 분량은 3분 내외로 이미지와 정보의 조화를 통해 쉽고 감성적인 접근
- 미래, 창조, 기대감의 밝은 느낌 속에서 자기부상열차의 첨단성 표현
- 소비자적인 언어는 나레이션으로, 디테일한 팩트는 자막으로 표현

□ 홍보 영상 1차 트리트먼트 (2013.8.9)





STORY BOARD

Body1_안정성

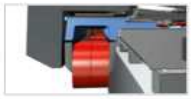












기차가 뜹니다!
안전이 뜹니다!

자기부상열차에 올라선 가족이 즐거워하는 모습

차량기지를 떠나는 자기부상열차

열차 안.
아기를 품에 꼭 안은 엄마의 모습

대차가 바퀴를 감싸고
주행하는 장면으로 디졸브

국민 행복을 추구하는 가장 안전한 한국형 자기부상열차, OOO-

OOO는 대한민국의 첨단 기술로 탄생시킨 안전한 자기부상열차입니다. 바퀴대신 대차가













시이즈 점점 빠지며 철로를 주행하는 대차가 보인다.

안정감있어 보이는 열차, 탈선을
나타내는 픽토그램이 사라진다.

안전하게 이동하는 열차 전복을
나타내는 픽토그램이 사라진다.

부드럽게 주행하는 열차 펑크를
나타내는 픽토그램이 사라진다.

실내에서 웃으며 잠든 꼬마아이.
전자파를 나타내는 픽토그램이 사라진다.

궤도를 감싸는 안전한 구조로, 탈선, 전복, 펑크의 위험이 전혀 없습니다. 또한, 열차 내, 역구 내, 선로주변 어디에서나 가정에서와 유사한 정도의 전자파만 발생해 인체에도 안전한 교통시스템입니다.









각 요소를 나타내는 픽토그램에
줄을 체크가 되며 3無가 뜬다.

기분 좋게 평야를 가로지르는 열차

열차 안에서 행복해 보이는 가족의 모습.

행복해 보이는 아이.

탈선, 정전, 전자파의 위험이 없는 3無 자기부상열차.

안전에 안전을 더한 OOO가 뜹니다.

STORY BOARD

Body2_친환경_B











기분이 뜹니다!
환경이 뜹니다!

아름다운 풍경을 지나는 자기부상열차.

자연과 더불어 편안히 주행하는 모습.

열차 안에서 행복한 모습의 가족.

아이는 좀전 지저분이 쓰고 있던 모자를 벗겨
안행에 씌우고 엄마 곁에 머리를 기대잠을 청한다.

인간과 환경을 보호하는 친환경 열차, OOO!

OOO는 저소음, 저진동, 무분진으로 앞서가는 자기부상 열차입니다.











안행에게 씌워진 스프링 모자 보인다.
진동이 없어 흔들리지 않는 스프링 모자

자고 있는 아이의 모습을 사진에 담으려
아빠는 들고 있던 물잔을 창가에 놓는다.

파장 없는 창가에 놓인 물잔.
조용히 아이의 모습을 사진에 담는 부부.

물잔에 반사된 녹기가 디졸브되어
산선한 잎사귀가 보여진다. 이슬이 한방울 맺히자,

이슬 속에 화목한 가족이 보여지고, 다시 전환되어
흔들림이 없는 물잔에 신기해하는 가족이 보인다.

레일 위를 떠서 주행하기 때문에 소음이 60db(A) 이하로 조용하고, 곡선 주행시에도 바퀴, 마찰음, 진동이 거의 없습니다.

또한, 기존 철체차륜열차와 달리 분진이 전혀 발생하지 않고,











따스한 햇볕을 받고 달리는 열차.

햇살을 맞으며 달리는 열차.

아이가 비다를 발견한다

바다로 가로질러는 자기부상열차

창밖을 구경하는 가족, 행복한 모습.

레일에 상판이 없어 햇빛을 차단하지 않는 친환경 교통시스템입니다.

저소음과 저진동, 무분진, 저차단의 궤도로 앞서가는 친환경 자기부상열차

환경을 가장 먼저 생각하는 기차 OOO가 뜹니다.

STORY BOARD

Body3_경제성











기술이 뜹니다!
경제가 뜹니다!

도심을 다니는 자기부상열차.

열차스케치위로 상승하는 경제지수그래프 보인다.

도심속 자기부양열차의 모습들.

국가경제에 이바지하는 고효율 경제적인 열차, OOO!

대한민국의 창조기술이 하나로 집약된 경제적인 기차 OOO!!













정지된화면위로 일러스트로 표현된
신규열차들이 금액수치를 올리며 달린다.

수치가 계속올라가던 구열차는 결국
뒤쳐지고 자기부양열차만이 달린다.

슬라브가 사라지고
거더시스템으로 제작된 구간이 보여진다.

바퀴, 기어, 베어링 등 비교될 만한 부분들이 나오며
각 요소들을 나타냈던 픽토그램이 사라진다.

OOO는 기존 열차에 비해서 모든 비용이 훨씬 더 절감됩니다.

슬라브가 필요 없는 거더 시스템이란 경전철보다 건설비가 현저히 줄어듭니다.

바퀴, 기어, 베어링 등 마모되는 부품이 전혀 없어











열차의 경제성에 대변되는 각 부분들 (부품, 거더시스템) 이 보여지고
유지보수비, 인건비를 나타내는 아이콘이 작아지면서 돈을 나타내는 아이콘이 커진다. (80%)

도심을 달리는 열차.

열차 속 단란해 보이는 가족이 보인다.

풀샷으로 도심과 열차시설이 어우러져
주행하는 열차의 모습이 보여진다.

운영비의 80%를 차지하는 유지보수비, 인건비가 최소화되는 경제적인 교통시스템 입니다.

건설비와 운영비의 효율성을 극대화한 자기부상열차 OOO. 세계에서 가장 경제적인 기차, OOO가 뜹니다.

STORY BOARD

Epilogue_인천시범지역













인천에 꿈의 기차가 뜹니다!
세계인의 삶의 질이 뜹니다!

어둠속 자하철을 연상시키는 소용과 어두움, 하지만 이내 밝아지며
고요하고 아름다운 자기부상열차가 등장한다.

공항 측에서 나오는 자기부상열차.

영종도로 이어지는 레일과 열차의 모습.

인천에 꿈의 기차가 뜹니다! 세계인의 삶의 질이 뜹니다!

세계는 지금 땅 속의 시대는 가고 땅 위의 자기부상열차가 트렌드!
지상과 지하는 교통난 해결의 하늘과 땅 차이입니다!

세계 최고의 인천국제공항이 선택한 꿈의 열차 - OOO가
인천공항 시범노선에서 성공적으로 운행되고 있습니다.











3D로 자기부양열차의 기술이 보여진다.

분리되는 분기기 모습

열차 차창밖으로 보여지는 도심

자연의 풍경과 어우러진 열차

대기소에서의 열차

대한민국 최첨단 기술이 탄생시킨 글로벌 자기부상 열차!

지금, 귀하의 국가에 가장 적합한 교통시스템을 찾고 계시다면 안정성, 친환경, 경제성을 완벽하게 갖춘 OOO를 선택하십시오!









인천공항구간을 주행하는 열차

도심과 자연을 주행하는 자기부상열차

열차 앞에 펼쳐진 길.

OOO는 전세계 어디에서나 최고의 선택이 될 것이며, 전 세계인의 삶의 질을 높이는 꿈의 자기부상 열차가 될 겁입니다.

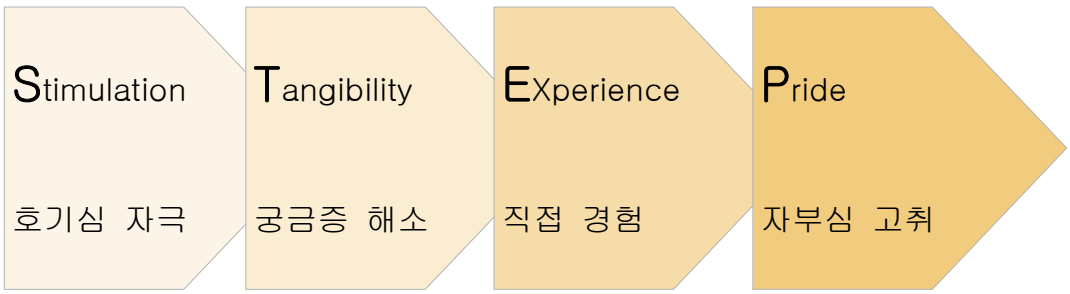
OOO와 함께 전세계인의 삶의 질이 뜹니다.



(라) 101정거장 홍보관 디자인 설계 및 활용 방안

□ S.T.E.P 모델 개발

- 사람들의 동선을 활용하는 Story-Walking 커뮤니케이션



· 101 정거장 내,외부의 모든 주변 시설물들을 최근 홍보 트랜드인 Ambient Media로 적극
활용하여 홍보관화 함.

· 101 정거장을 목표지점으로 설정, 거리에 따라 호기심 자극, 궁금증 해소, 직접 경험, 자부심 고취라는 4단계의 메시지를 단계적으로 노출하여 궁극적으로는 101정거장의 방문을 극대화함.

· 새로운 미디어를 개발하기 보다는 기존의 미디어를 재활용하거나 응용함

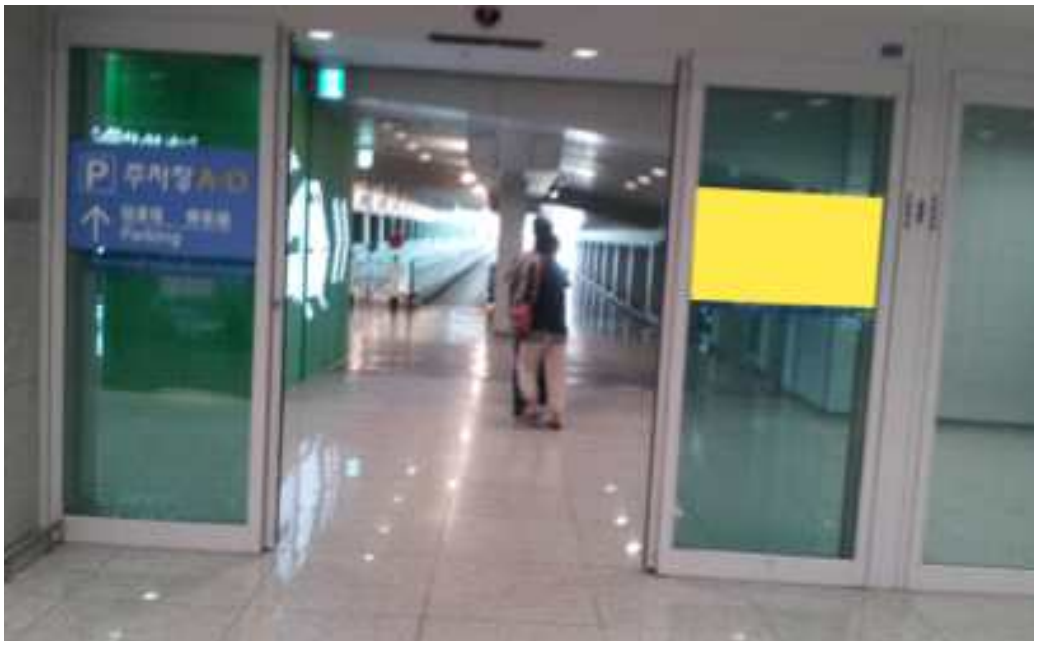
으로서 비용대비 효율성을 강화

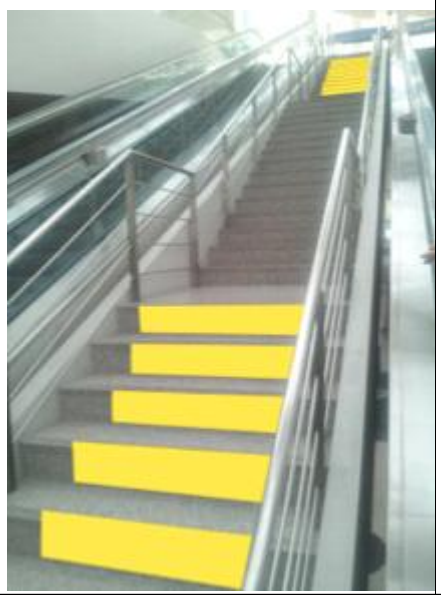
- S.T.E.P 모델의 프로세스

	단계	역할	장소
1	**S**timulation	자기부상열차에 대한 호기심을 자극하여 궁금증 및 기대감 형성	- 101 정거장 주변의 계단 - 엘리베이터 - 공항연결 통로
2	**T**angibility	구체적인 정보를 제공하여 궁금증을 해소시키고 체험의 욕구를 자극	- 정거장 출입문 - 정거장 내의 다양한 시설물
3	**E**xperience	능동적인 정보 검색과 경험, 그리고 그것을 타인과 공유	- 정거장 내 체험 부스 설치
4	**P**ride	브랜드에 대한 소속감을 느끼고 만족을 넘어서 자부심을 고취	- 열차 객실 내의 홍보물

□ S.T.E.P 모델 적용 예시

- 1단계 : Stimulation (호기심 자극)

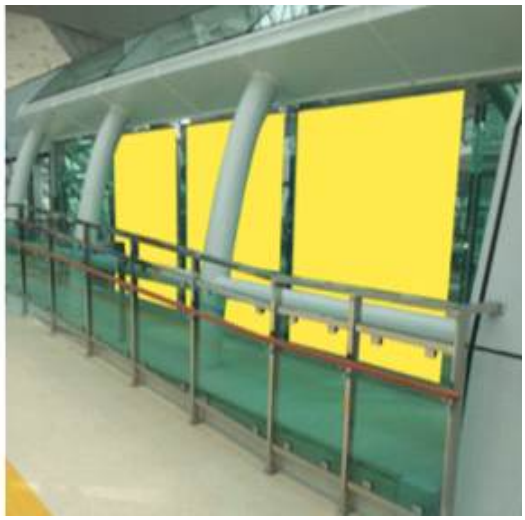
<table>
<tr><td>메세지</td><td colspan="2">창조기술로 뜬다!</td></tr>
<tr><td rowspan="2">적용
장소</td><td>정거장 외부 좌우측 환기통
  </td><td>여객터미널 통로 좌우측 기둥면
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">여객 터미널 통로 진입로
 
● 옆의 주차장 사인들과 동일한 재질, 색상, 서체를 사용해야 함</td></tr>
</table>

메세지	창조기술로 뜬다!	
적용 장소	좌우측 에스컬레이터 가운데 계단 (정거장 좌우측) 	엘리베이터 좌우측 벽면 

- 2단계 : Tangibility (궁금증 해소, 구체적 정보 제공) - 정거장 외부

<table>
<tr><td>메세지</td><td colspan="2">창조기술로 뜬다!
창조 경제성, 친환경성, 안전성의 실현
한국형 최첨단 자기부상열차 개통!</td></tr>
<tr><td rowspan="2">적용
장소</td><td>정면 티켓창구(좌측)에 미디어 월 설치
  </td><td>정면 티켓창구(우측) 게시판
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">정거장 출입문 상단 공간
  </td></tr>
</table>

▶ 2단계 : Tangibility (궁금증 해소, 구체적 정보 제공) - 정거장 내부

<table>
<tr><td>메세지</td><td colspan="2">착한기술로 뜬다 / 기차가 뜬다 / 기분이 뜬다 / 기술이 뜬다
창조 경제성, 친환경성, 안전성의 실현
한국형 최첨단 자기부상열차 개통!</td></tr>
<tr><td rowspan="2">적용
장소</td><td>정거장 내부 좌측 티켓창구
  </td><td>정거장 내부 환기통
  </td></tr>
<tr><td colspan="2">정거장 내부 좌우측 유리창
   </td></tr>
</table>

- 3단계 : Experience (정거장 내 투명디스플레이 체험 부스 설치)

· 투명 디스플레이 기술 개요

① 기존의 LCD 디스플레이와는 다르게 화면 반대쪽까지도 볼 수 있는 투명한 디스플레이로서 최근 각광받고 있는 디지털 솔루션.

② 내부의 제품을 전시하면서도 전면 유리부에 생생한 화질로 제품 정보나 관련 영상을 재생할 수 있음.

③ 기술이나 제품에 대한 정보를 사람들이 직접 설명하거나 책자 등에 의존했던 불편함에서 벗어나 투명디스플레이 그 자체만으로도 어떻게 활용하느냐에 따라 공감각적이고 다양한 정보를 제공 가능.



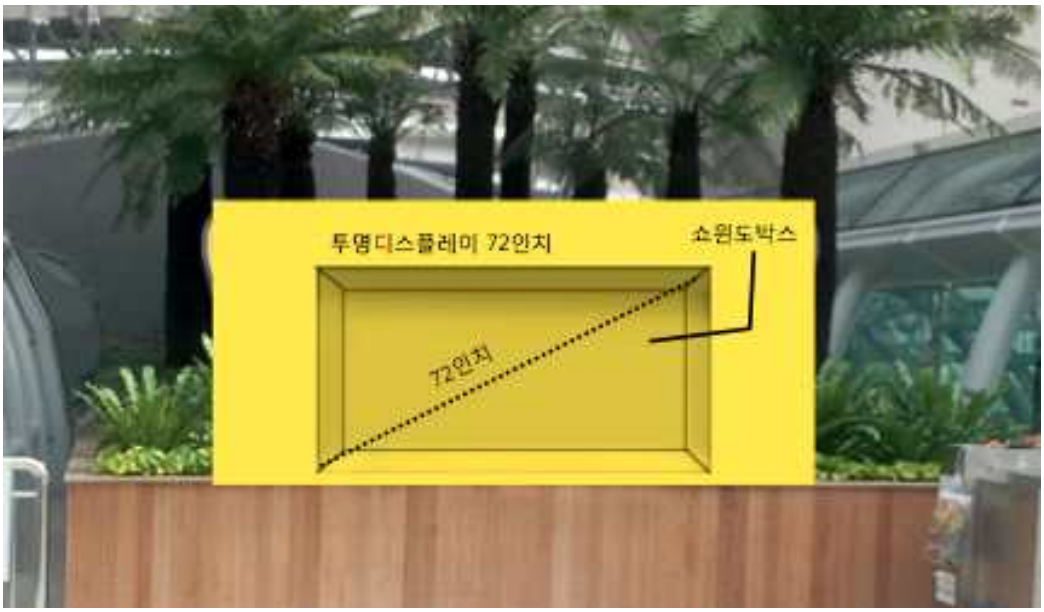
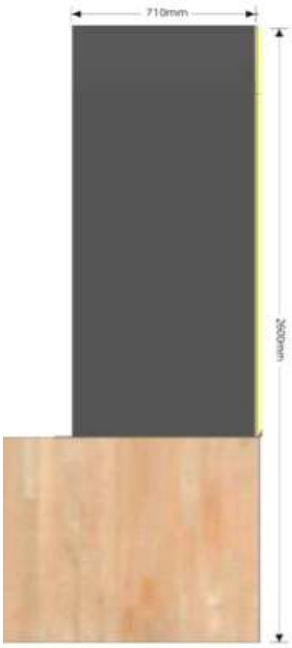
· 투명 디스플레이 체험 부스 기대효과

① 한국형 자기부상 기술력에 대한 실감나는 좌우뇌의 융합 체험 가능.

② 자기부상열차 모형(쇼윈도 박스 내부)과 그래픽 영상 컨텐츠의 연계를 통해 흥미롭게 대중들이 정보를 습득할 수 있고 능동적으로 작동.

③ 최첨단의 기술 활용으로 최첨단 자기부상열차로서 기대감 조성.

④ 창조경제 및 문화 기술 시대에 적합한 홍보 솔루션.

<table>
<tr><td>메시지</td><td>창조기술로 뜬다!
창조 경제성, 친환경성, 안전성의 실현
한국형 최첨단 자기부상열차 개통!</td></tr>
<tr><td rowspan="2">적용
장소</td><td colspan="2">투명디스플레이 체험부스 정면
 
</td></tr>
<tr><td>투명디스플레이
체험부스 옆면
 
</td><td>투명디스플레이 체험부스 입체도
 
</td></tr>
</table>

▶ 4단계 : Pride (열차 객실 내 홍보물 부착)

메세지	**세계가 들뜬다!** 이 열차는 지금 창조경제 시대의 미래로 부상하고 있습니다! **창조경제성, 친환경성, 안전성의 창조기술 실현!** **한국형 최첨단 자기부상열차**
적용 장소	엘리베이터 좌우측 벽면 

□ 101 정거장 홍보관 디자인 설계 예상 비용

구분			비용	비고
하드웨어	쉘터(방수 코팅, 등)		18,000,000	3단계(투명디스플레이 체험부스)
	투명디스플레이 (AR 코팅 등 포함)	72″	21,000,000	3단계(투명디스플레이 체험부스)
	일반 디스플레이	84″	16,000,000	2단계(정면 티켓창구 좌측 미디어월)
	쇼윈도우 박스		10,000,000	3단계(투명디스플레이 체험부스)

	(배전 등 기타 장비 포함)			
	모형(자기부상열차, 모터 등), 턴테이블		14,000,000	3단계(투명디스플레이 체험부스)
솔루션	워크스테이션 (서버, 스피커, 배전 등 기타 장비 포함)		18,000,000	2단계(정면 티켓창구 좌측 미디어월), 3단계(투명디스플레이 체험부스)
컨텐츠	그래픽 영상, 오디오 등 작업		39,000,000	
기타	간판류 (벽면간판, 시트지 등)		22,000,000	1단계(엘리베이터 좌우측, 여객 터미널 통로 등), 2단계(정거장 출입문 상단 공간, 정거장 내부 환기통, 정거장 내부 좌측 티켓창구 등), 3단계(투명디스플레이 체험부스) 4단계(엘리베이터 좌우측)
시공	시공비, 인건비		17,000,000	
제작/기획	관리 시스템 기획, 컨텐츠, 광고안 디자인, 제작		12,000,000	
총계			**187,000,000**	(단위 원, 부가세 별도)

□ 투명디스플레이 체험 부스를 활용한 디지털 포토존 (옵션)

- 101 정거장 내 포토존 설치가 비용, 승객 안전성 측면을 고려했을 때 현실적으로 어려운 상황 속에서 적절한 대안 필요.
- 투명디스플레이 체험 부스를 이용, 단순 사진 촬영 기능 이상의 인터랙션이 있는 디지털 포토존으로 발상을 전환하고 촬영 후 소셜 미디어(SNS)를 통해 공유할 수 있게 함으로써 자기부상열차의 이슈를 더욱 확산시킴

기본 디지털 포토 기능	
인터랙티브 디지털 포토 기능	

(마) 로드쇼 기획 및 개최

□ 로드쇼 기획

- A안. 해외 로드쇼 개최 (아랍에미리트 연합-UAE)

· 목적: 핵심 타깃 국가인 UAE의 '최종 의사 결정자 키맨(Key Man)'과의 접촉을 통해 빠른 의사 결정 및 유력한 바이어와의 네트워크 구축

· 내용

① UAE의 왕가와 인연을 맺어 자기부상열차의 도입 지원 요청

② 현지 키맨인 실질적 의사 결정자, 현지 바이어 등 극소수의 VIP 초청
③ 한국 도시형 자기부상열차 설명회 개최 및 1:1 비니지스 상담회 진행
④ UAE 철도 관련 기업, 연구기관의 Influencers 및 Journalist 초청

· 고려사항 : UAE에서 진행될 경우 초청 명단에 대한 확정 및 VIP Invitations을 보내야하는 시점을 고려했을 때 적어도 8월 23일까지는 확정이 되어야만 진행 가능





- B안. 국내 로드쇼 개최 (인천공항)

· 목적: 철도사업의 특성 상 먼저 국내에서의 운영실적을 확보해야만 본격적으로 해외로수출할 수 있는 기반을 마련할 수 있다는 점을 고려하여 국내에서 해외 수출에 교두보 역할을 할 수 있는 로드쇼 개최

· 내용: 도시철도를 계획하고 있는 지자체 관계자, 설계/엔지니어링 관계자, 시공사 관계자, 외국 대사관, 상사 주재원 등을 초청하여 시승행사 개최

· 고려사항: 개통식이 연말로 연기된다고 하더라도 사전 홍보 및 시승식이 필요한 관계로 101 정거장 홍보관 설치 후 로드쇼 개최

- C안. 국내 자기부상 열차의 홍보

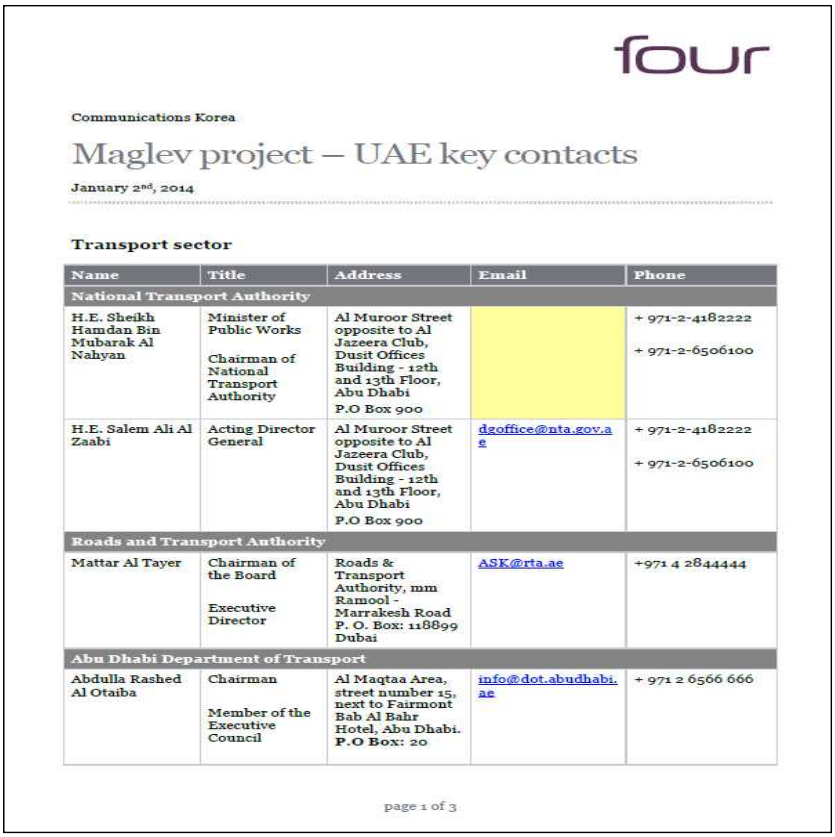
· 목적: 현재 자기부상열차의 개통이 늦어지는 것과 부정적 이슈 및 지상고가 방식에 대한 거부감을 없애기 위한 긍정적인 여론을 형성

· 내용: 국내 언론 보도, 지속적 기사화 및 긍정적 컨텐츠 생성. 다수의 대중을 대상으로 자기부상열차의 인지도를 상승시키고 이를 통해 성공적인 국내 및 해외 수출을 위한 분위기를 조성하고 기반을 마련함

· 고려사항: 로드쇼의 예산을 국내 PR 언론 홍보로 전환. 언론 매체와 미디어의 활용이 필요하므로 기획기간을 고려 시 8월 안에는 의사결정이 요구됨

※ Key-Man 관련 자료

1. Maglev project - UAE key contacts



four

Communications Korea

Maglev project – UAE key contacts

January 2nd, 2014

Transport sector

Name	Title	Address	Email	Phone
National Transport Authority				
H.E. Sheikh Hamdan Bin Mubarak Al Nahyan	Minister of Public Works Chairman of National Transport Authority	Al Muroor Street opposite to Al Jazeera Club, Dusit Offices Building - 12th and 13th Floor, Abu Dhabi P.O Box 900		+ 971-2-4182222 + 971-2-6506100
H.E. Salem Ali Al Zaabi	Acting Director General	Al Muroor Street opposite to Al Jazeera Club, Dusit Offices Building - 12th and 13th Floor, Abu Dhabi P.O Box 900	dgoffice@nta.gov.ae	+ 971-2-4182222 + 971-2-6506100
Roads and Transport Authority				
Mattar Al Tayer	Chairman of the Board Executive Director	Roads & Transport Authority, mm Ramool - Marrakesh Road P. O. Box: 118899 Dubai	ASK@rta.ae	+971 4 2844444
Abu Dhabi Department of Transport				
Abdulla Rashed Al Otaiba	Chairman Member of the Executive Council	Al Maqtaa Area, street number 15, next to Fairmont Bab Al Bahr Hotel, Abu Dhabi. P.O Box: 20	info@dot.abudhabi.ae	+ 971 2 6566 666

page 1 of 3

Sharjah Public Transport Corporation				
Abdullah Al Zari	Director General	Al Azra Area, Sharjah, UAE		+971 6 562 4444
Abu Dhabi Urban Planning Council				
Falah Mohamed Al Ahbabi	General Manager	7th Floor, Al Mamoura Building - Block B, Al Muroor Road - E Rd - Abu Dhabi P.O.Box 62221	info@upc.gov.ae	+971 2 409 6000
RAK Transport Authority				
			Info@raktransport.ae	+971 7 235 6567
Directorate of Public Works, Sharjah				
H.E. Sheikh Khaled Bin Saqer Al Qassimi	Chairman	Al Naserya area, next to Sharjah driving school, P.O Box 351, Sharjah, UAE	Info@dpw.sharjah.ae	+971-06-5165555
Omran Ahmed Mubarak Al Khemairi	Manager of Corporate Communication	Al Naserya area, next to Sharjah driving school, P.O Box 351, Sharjah, UAE	okhemairi@dpw.sharjah.ae	+971-06-5165555

Tourism sector

Name	Title	Address	Email	Phone
Tourism Development and Investment Company				
H.E. Sheikh Sultan Bin Tahoon Al Nahyan	Chairman	P.O. Box 126888, Abu Dhabi	info@tdic.ae	+971-800-8342
Ali Al Hammadi	Deputy Managing Director	P.O. Box 126888, Abu Dhabi	info@tdic.ae	+971-800-8342
Department of Tourism and Commerce Marketing				
Helal Saeed Almarri	Director General	P.O. Box 594, Dubai United Arab Emirates	info@dubaitourism.ae	+971 4 282 1111

Abu Dhabi Tourism and Culture Authority				
H.E Mubarak Hamad Al Muhairi	Director General	Khalifa Park PO Box 94000 Abu Dhabi		+971 2 666 4442
Ras Al Khaimah Tourism Development Authority				
Khalid Motik	Director	5th floor, RAK Chamber of Commerce, P.O.Box 29798, Ras Al Khaimah, UAE	info@rasalkhaimahtourism.com	+971 7 233 8998

2. An Introduction to MAGLEV Train Opportunities in Turkey

An Introduction to MAGLEV Train Opportunities in Turkey

January 24, 2014

Although Turkish State Railways (TCDD) has announced that 47% of their 2014 budget will be spent towards investments in "high speed trains", these investments are planned for electrical and diesel trains. Therefore, communications for Maglev trains need to be directed towards not only the TCDD, but also the Turkish Ministry of Transport, Maritime Affairs and Communications, which is the higher body with authority and jurisdiction over TCDD. However, in light of recent political developments, we recommend caution in dealings with both the Ministry and the TCDD in the near future.

At the time of writing, there is a major investigation into all tenders issued by the TCDD over the past four years. The Department Head in charge of Ports has been arrested, and TCDD personnel have been banned from entering the buildings where tenders are processed.

In order to put these comments into perspective, it may be necessary to provide some background on Turkish politics: AKP is the political party which has been in power in Turkey since 2002. One of the major factors in AKP winning elections has been the support of a religious network, led by Fethullah Gulen, who has been in self imposed exile in the USA since the late 1990s. It is widely accepted that AKP could not have risen to power without the support and backing of the Gulen movement. After 12 years of harmony, a clash emerged for the first time between the supporters of the Gulen movement and those close to Prime Minister Tayyip Erdogan and resulted in circles close to the Gulen movement releasing documents about corruption by others within the government. 3 minister's sons were implicated in bribery, which eventually led to the resignation of these 3 ministers on December 24, 2013.

In retaliation to the investigations that started, the government has ousted the 22 prosecuting attorneys and judges as well as the 46 police chiefs who carried out the searches and arrests. This was followed by further documents being released, which in turn was followed by further prosecutors and police chiefs being displaced. The power struggle still continues, with over 500 bureaucrats who have been shuffled around in less than one month. Allegations of corruption at TCDD tenders have also been part of the second wave of charges.

At midnight on December 25, 2013, Prime Minister Erdogan announced a new cabinet where 7 Ministers had been changed. One of the new appointments is Mr. Lütfi Elvan as Minister of Transport, Maritime Affairs and Communications.

Mr. Elvan has replaced Mr. Binali Yildirim as Minister of Transport, Maritime Affairs and Communications. Although Mr. Yildirim himself has not been directly accused of corruption, his brother-in-law Mr. Cemalettin Haberdar has been accused and detained with relation to corruption involving port tenders at the Izmir TCDD.

The ongoing court case about the TCDD since 2011 has also been influenced by the political power struggle. First, there was an investigation, then the prosecutor was removed from duty, and now the TCDD Department Head in charge of Ports has been arrested.

Within this robust framework, we perceive the key influentials to be the following:

Key Influentials

1. Prime Minister of the Republic of Turkey

Mr. Recep Tayyip Erdoğan

Tel: +90 (312) 414 10 00 also +90 (312) 422 10 00 (Prime Ministry)
Tel: +90 (312) 204 5010 (Chief of Staff: Mr. Hasan Doğan)
Fax: +90 (312) 422 18 99

Mr Erdoğan's style of leadership is "top down". He is a former Mayor of Istanbul, a city whose population makes up 20% of the nation's voters, and one with a huge traffic problem, he has personally been committed to faster transportation, and the trains that make it possible. His personal interest in any project makes it more viable, with the involved Ministries mobilizing quickly.

It is believed that the French President Hollande's visit to Turkey in late January will include discussions about high speed trains during his meetings with Turkish President Abdullah Gul and Prime Minister Erdogan.

2. Minister of Transport Maritime Affairs and Communications:

Mr. Lütfi Elvan (as of December 26, 2013)

Tel: +90 (312) 203 1111
Tel: +90 (312) 203 1100 (Chief of Staff: Ms. Özlem Şebnem Oktay)
Fax: +90 (312) 212 49 30

Originally educated in mining engineering, Mr Elvan has a second Masters degree in economy. Educated in Turkey, UK, and the USA. He was the youngest Deputy Undersecretary in the history of the Turkish State Planning Organization. He ran for office and became a Member of Parliement in the 2011 elections, and became a Minister on December 25, 2014.

According to rumors, he is expected to be less involved in politics and more in accomplishing actual work than others, although his first public action has been an internet ban.

3. Undersecretary of the Ministry of Transport Maritime Affairs and Communications

Mr. M. Habib Soluk

Tel: +90 (312) 203 1128
Fax: +90(312) 212 4187

A mechanical engineer by training, most of Mr. Soluk's previous work had been on the maritime side of transportation.

He served as the Interim Minister of transportation March 8 – July 6, 2011 – the 4 month period prior to the 2011 general elections, where it is required by law to have an independent Interim Minister appointed. During this term, he was quite involved with trains and railways. There will be general elections in Turkey in June 2015, and he may again serve as Interim Minister during that period.

4. Deputy Undersecretary of the Ministry of Transport Maritime Affairs and Communications

Mr.Talat Aydın

Tel: +90 (312) 203 11 36
Fax: +90 (312) 203 11 50

Mr. Aydın has been the Deputy Undersecretary of the Ministry since 2004. Served previously as the Director General of Land Transportation within the Ministry. He served as interim Director General of TCDD after the infamous 2004 "high speed train accident", was a Board Member of TCDD and ha also worked at the department of privatization. He comes from the same hometown as the former Minster of transportation and was quite close to him.

5. Director General of Turkish State Railways: Chairman of the Board of TCDD

Mr. Süleyman Karaman

Tel: +90 (312) 311 30 88
Fax: +90 (312) 310 37 27
e-mail: suleymankaraman@tcdd.gov.tr

Mr. Karaman has been the Director General of TCDD since 2003. Prior to that he worked for the Istanbul Municipality's Department of Transportation and Electricity where he was acclaimed for transforming the public transportation system.

Also from the same hometown as the former Minister, he is a mechanical engineer by training. Following the 2004 high speed train accident, he was removed from his duty as Director General of TCDD between Sept 2004 and July 2005 when he was returned to his position after the court decision. During the last 3 waves of corruption his name has often been rumored in the media among those accused but no charges have been brought up against him.

6. Director General of Infrastructure of the Ministry of Transport Maritime Affairs and Communications

Mr. Metin Tahan

Tel: +90 (312) 203 15 02
Fax: +90 (312) 212 37 48
e-mail: ymtahan@ubak.gov.tr, metintahan@yahoo.com

A mechanical engineer by training Mr. Tahan was most recently noted for self admittedly putting a lot of pressure on the Japanese executives in order for Marmaray, the immersed tube railway tunnel between Europe and Asia, to be operational by a special holiday. Having previously worked for the public sector in earthquake and public works, he joined the Ministry in 2004. He has also played professional soccer and been active in martial arts.

7. Director General of Railway Planning of the Ministry of Transport Maritime Affairs and Communications:

Mr. Erol Çıtak

Tel: +90 312 2031505
E-mail: ecitak@ubak.gov.tr, citak@hotmail.com

Mr. Çıtak joined the Ministry as a mechanical engineer in 1981 and became Deputy Director General in 2002. He worked in procurement and tendering of international projects and is very experienced in wharf and airport construction projects within the Ministry. This General Directorate was established in 2011.

8. Previous Minister of Transport Maritime Affairs and Communications:

Mr. Binali Yıldırım
Tel: +(90) 505 508 55 43
Tel: +90 (532) 218 03 61
e-mail: by@binaliyildirim.com.tr

Although, he is the previous Minister of Transport, Mr. Yıldırım had been on this duty for 10 years and the new Minister has just stared his duties a few weeks ago. It seems that Binali Yıldırım is still influential and may be in a strong position for decisions within the ministry. He is very close to the General Manager of TCDD and still in the Prime Minister's good graces. After the change of cabinet, he has become AKP's candidate for the office of Mayor of Izmir (with elections to take place on March 30, 2014), and was alongside the Prime Minister and the new Minister of Transportation at the test drive of a new "high speed train".

His Ministry has survived a high-speed train crash in 2004, where 40 people died and 80 were injured during the inaugural run of the Istanbul-Ankara high speed train, which he had allegedly instructed to be put into service in time for the 2004 elections despite reports that the infrastructure was not ready. 2 technicians were fined monetary punishment, but Mr. Yıldırım is believed to have refused to open an investigation into the General Manager of TCDD, who currently holds the same position. Several other influencers who are very close to him have also been mentioned in this report.

Mr Yıldırım may continue to be an important influencer in transportation issues for some time.

9. Board member and Deputy Director General of TCDD:

Mr. İsa Apaydın

Tel: +90 (312) 311 17 61
Fax: +90 (312) 310 96 23
e-mail: isaapaydin@tcdd.gov.tr

With a Master's Degree in Metalurgical engineering, Mr. Apaydın started working at TCDD as an engineer at TCDD in 1987 and became Deputy General Manager and Board Member in 2005.

10. TCDD Board Member

Mr. Ümit Ulvi Canik

Tel: +90 (312) 307 35 78

A lawyer by training, Mr Canik was appointed to the TCDD as the Board Member representing the Turkish Treasury on October 10, 2013. Previously he had been serving as legal council at the Turkish Intelligence Agency (MIT)

11. TCDD Board Member

Mr. Şükrü Kutlu

Tel: +90 (312) 313 11 88/89

e-mail: savaş.eren@turktelekom.com.tr

A lawyer by training, with a Master's degree in law and a chartered accountant, Mr. Kutlu was formerly the Deputy General Manager of the Turkish telephone company, Türk Telekom. He is also rumored to be a relative of the former Minister.

12. Deputy Director General of TCDD

Mr. Adem Kayış

Tel: +90 (312) 311 35 30
Fax: +90 (312) 309 72 53
e-mail: ademkayis@tcdd.gov.tr

Mr. Kayis attended the TCDD vocational high school, then studied construction, and also has a degree in Economics. Mr. Kayis first started working at TCDD after high school, served at various posts, including chairing the restructuring committee and became Deputy General Manager on June 26, 2013.

13. Deputy Director General of TCDD

Mr. Mustafa Çavuşoğlu

Tel: +90 (312) 311 41 86
Fax: +90 (312) 309 00 15
e-mail: mustafacavusoglu@tcdd.gov.tr

Mr Çavuşoğlu is also another long time employee of TCDD.

14. Deputy Director General of TCDD

Mr. İsmet Duman

Tel: +90 (312) 311 50 69
Fax: +90 (312) 310 85 68
e-mail: dumanismet@tcdd.gov.tr

3. Evaluating the UAE market (Maglev Train Global Business Roadmap)



Content

- Brief
- Methodology
- Transport and infrastructure in the UAE
  - Overview
  - In the media
  - Stakeholders map
  - Major Projects
- Tourism and master development in the UAE
  - Overview
  - In the media
  - Stakeholders map
  - Major projects
- Major events: Dubai Expo 2020
- Summary

the independent integrated agency four

Brief

- Communications Korea is working for the Korean Ministry of Land, Infrastructure and Transport on the Maglev Train Global Business Roadmap Project. An aspect of this work is evaluating foreign markets for Korean export of the Maglev technology and the UAE is a key target market

- This report provides an in-depth analysis and evaluation of the UAE market. It also offers a stakeholders assessment, identifying key stakeholders in the railway and transport industry and prioritizing target stakeholders for Communications Korea to engage with

Methodology

- This report covers areas of transport, infrastructure, tourism and master developments in the UAE, which are areas of potential interest to Korean Ministry of Land, Infrastructure and Transport as it eyes the Emirati market for exporting the Maglev technology, since such developments rely heavily on road connections, transport and ease of reach.

- The research conducted in this report was built based on the following resources:
  - •Official reports
  - •Media analysis
  - •Official news and announcement

Transport and infrastructure in the UAE

four

Transport: Overview

The world's longest driverless Metro network, the region's widest bus network and a variety of marine transport modes have put Dubai and the UAE on the map of the world's mass transit pioneers at a really fast pace.

Keeping up with the phenomenal growth of the country and in response to the demands of a growing population, major transportation projects are being designed and planned, many of them are already in the later stages of completion.

As such, the completion of the UAE railway by 2018 will bring more prosperity not only to the UAE but also the country's five GCC neighbours as rail lines are constructed across the region. It will link major industrial zones, cities and ports in the UAE, and will eventually connect with the GCC railway.

Reflected in digits, the number of riders using the Dubai Metro Red Line over the last six months has topped 43,552,110 at a rate exceeding seven million riders per month.

Transport: In the media



Infrastructure: Overview

Unlike other sectors, infrastructure is an integral part of UAE's economy and has paved the way for further development and not necessarily a bubble.

Dubai's plans to develop infrastructure in time for the Expo 2020 is quite ambitious. According to a Standard Chartered report, Dubai is expected to spend around $9 billion to fund its growth plans for the event.

Additional investment in infrastructure development is also expected to boost UAE's recession-hit construction sector. According to an EC Harris study, the UAE is projected to spend $329 billion on major projects by 2030.

The total value of infrastructure projects that are being carried out currently by the Abu Dhabi municipal system is valued at Dh30 billion, as per Abu Dhabi Department of Municipal Affairs.

Infrastructure: In the media



UAE commuters welcome plans for Abu Dhabi-Dubai motorway extension

Martin Croucher

December 9, 2013 Updated: Decemb

DUBAI // A new motorway linking Dubai commuters and traffic experts have sa

Work on the extension of Sheikh Mohammed bin Zayed Road (E311) from Dubai all the way to Al Sweihan Road (E20) in the capital should be finished by 2017.

The cost of the 62 kilometre road is Dh2.1 billion and will be built in two phases and the total time of the work will be 30 months.

It is believed the motorway could replace the circuitous truck road that goes from the end of the E311 to Abu Dhabi, as well as provide an alternati route for commuters travelling betwee the two cities.

"At the moment, we've only got the E1 we haven't really got an equivalent for commuters," said Simon



Expo 2020 Win: Infrastructure Boost Expected

Dubai's Expo win has paved the way for a slew of infrastructure developments in the emirate.





الإمارات اليوم

«الطرق» ترسي عقد مشروع شارع لهباب الجديد بـ 164 مليون درهم



Abu Dhabi's Sheikh Zayed Tunnel project wins prestigious award

The National staff

December 17, 2013 Updated: December 17, 2013 22:26:00

The Sheikh Zayed Street and Tunnel project has picked up the Infrastructure Project of the Year Award, at the Construction Week Awards 2013.

The annual event had ceremonies in Oman, Qatar, and Saudi Arabia in the lead up to the final showdown in Dubai on December 11.

The project, in the capital, falls under the responsibility of Abu Dhabi Municipality.

Related

Pedestrian safety must be a priority

Sahara Street: the most advanced



gulfnews.com

News | UAE

RTA approves Dh164m Al Yalayis road project

Link between Mohammad Bin Zayed Road and Emirates Road to be built in 18 months

Dubai: The Roads and Transport Authority (RTA) has approved the new Lehbab (Al Yalayis) road project, which links the Sheikh Mohammad Bin Zayed Road to the Emirates Road.

Work on the DH164 million Al Yalayis Road will begin later this month. The road project is set to be completed within 18 months.

Mattar Al Tayer, Chairman of the Board and Executive Director of the RTA, said the project involves the construction of a dual four-lane road, and a cloverleaf bridge to ensure that smooth traffic flow for vehicles coming from the Jebel Ali Port towards the Emirates Road, and heading to Dubai, Sharjah, Ajman and other emirates.

the independent integrated agency

four

Stakeholders map: Transport and Infrastructure

National Transport Authority (NTA)
Government

Established in 2006 under federal law, the NTA provides services for land and maritime transport, it is considered the Federal regulator, licensing authority and compliance supervisor as it overseas country-wide transport projects.

Roads and Transport Authority (RTA)
Government

RTA is a Dubai government body formed in 2005, it is responsible for planning and addressing the needs of transport, roads & traffic in Dubai. Its responsibilities also include: buses, taxis, inter-city transport , roads engineering and maintenance, registration and licensing and rail projects.

Abu Dhabi Department of Transport (DoT)
Government

Abu Dhabi DoT covers the entire transport value chain and ensures fully coordinated planned in all aspects of transport policy in Abu Dhabi. It aims to regulate, plan and develop an efficient and well-integrated transport system. DoT is responsible for public transport in Abu Dhabi (including bus and ferry services and AD metro), road building and safety projects, as well as transport master plans in Abu Dhabi, Al Ain and Al Gharbia.

Sharjah Public Transport Corporation (STC)
Government

Established in 2003, STC's role is to reinforce public transportation in Sharjah, developing transport policies, find strategic traffic solutions and providing modern and professional transport services.

the independent integrated agency

four

Stakeholders map: Transport and Infrastructure

Abu Dhabi Urban Planning Council
Government

The Abu Dhabi Urban Planning Council is a government agency responsible for the future of Abu Dhabi's urban environment. It develops strategic development plans including infrastructure and urban services , built on a comprehensive analysis of Abu Dhabi's urban fabric.

RAK Transport Authority
Government

Established by the Ras Al Khaimah government in 2007, RAK Transport Authority oversees public transport in the emirate of Ras Al Khaimah,regulating the transport sector and developing transport policies.

Directorate of Public Works
Government

The Directorate of Public Works (DPW) handles all responsibilities related to civil reconstruction and the inauguration of the infrastructure of the emirate of Ras Al Khaimah with the highest quality standards.

Stakeholders map: Transport and Infrastructure



the independent integrated agency

four

Major Projects

four

Major Transport Projects – Current

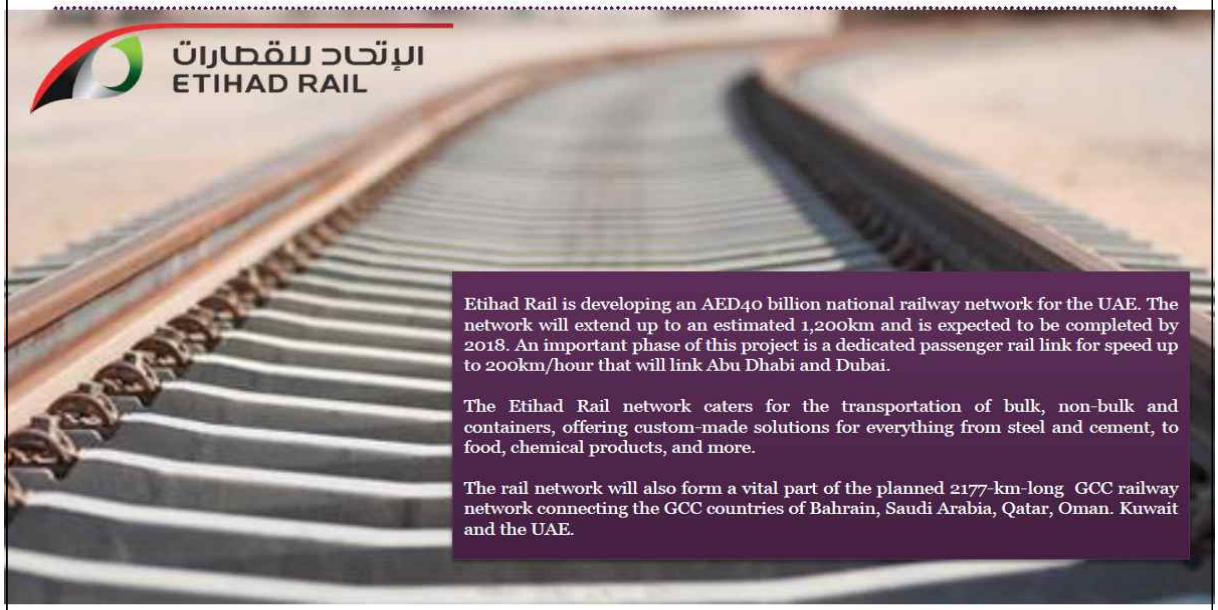


Driverless, fully automated metro rail network in Dubai that began operations in 2009. Dubai Metro is an RTA project that holds the Guinness world record for the longest fully automated metro network spanning 75km.

An AED5billion extension to the metro Red Line is expected to be completed ahead of the World Expo in 2020.

dubai-metro.jpg

Major Transport Projects – Upcoming

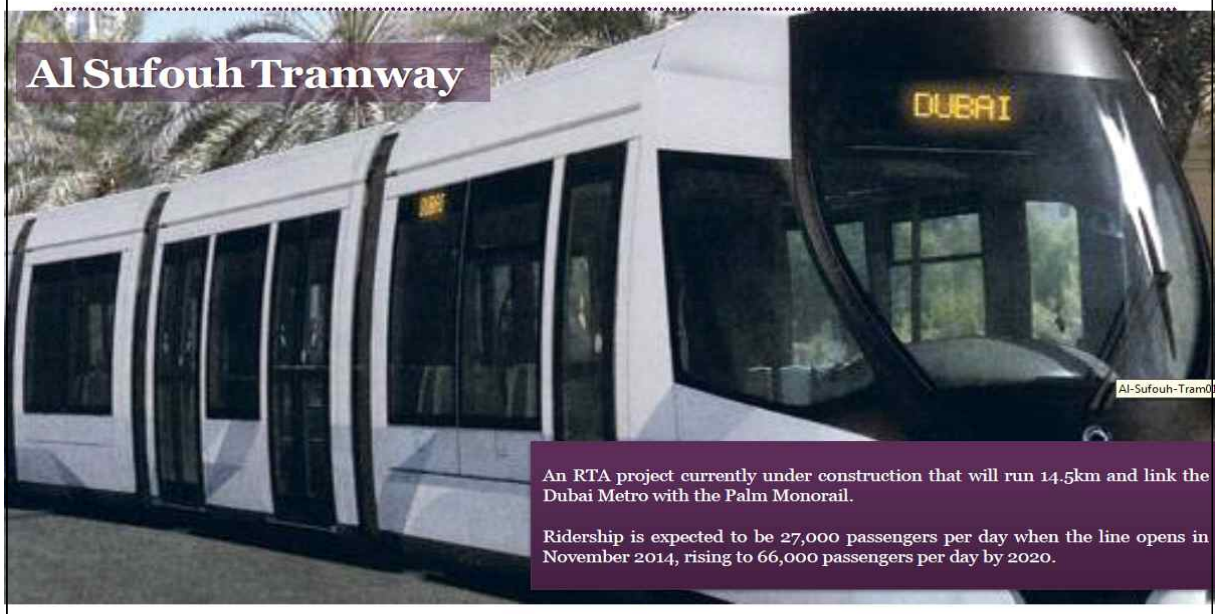


Etihad Rail is developing an AED40 billion national railway network for the UAE. The network will extend up to an estimated 1,200km and is expected to be completed by 2018. An important phase of this project is a dedicated passenger rail link for speed up to 200km/hour that will link Abu Dhabi and Dubai.

The Etihad Rail network caters for the transportation of bulk, non-bulk and containers, offering custom-made solutions for everything from steel and cement, to food, chemical products, and more.

The rail network will also form a vital part of the planned 2177-km-long GCC railway network connecting the GCC countries of Bahrain, Saudi Arabia, Qatar, Oman. Kuwait and the UAE.

Major Transport Projects – Upcoming



An RTA project currently under construction that will run 14.5km and link the Dubai Metro with the Palm Monorail.

Ridership is expected to be 27,000 passengers per day when the line opens in November 2014, rising to 66,000 passengers per day by 2020.

Major Transport Projects – Upcoming



Abu Dhabi Metro

A 131 km metro rail project by Abu Dhabi Department of Transport that is expected to run through major Abu Dhabi areas and also link to the Dubai metro and other UAE cities.

The USD7 billion project is expected to be operational by 2016-17 and will save Abu Dhabi city an estimated AED3.8 billion in travel time costs and prevent 23,000 accidents annually.

A 40-km of light rail transit system is also planned for the first phase of the project.

Major Transport Projects – Upcoming



Dubai Metro Extension

The RTA will extend the Red Line from Rashidiya to Mirdif and the Green Line from Al Jaddaf to Academic City. Both line extensions are expected to be completed before 2020.

The Red Line will also be extended from the existing terminus at Jebel Ali to Al Maktoum International Airport, which is close to the Expo 2020 site.

Major Infrastructure projects – Current



Sheikh Zayed Tunnel, Abu Dhabi

The tunnel opened just over a year ago in a ceremony that marked the last step of the multi-phase Salam Street redevelopment project that began in 2007.

The covered section of the tunnel, which was given its name by the President, Sheikh Khalifa, runs for 2.4 kilometres. The open section covers 1.8km.

The Sheikh Zayed Street and Tunnel project has picked up the Infrastructure Project of the Year Award, at the Construction Week Awards 2013.



Sheikh Mohammed bin Zayed Road flyover, Dubai

RTA has opened the interchange linking Hessa Road, Al Khail Road and Al Barsha with Sheikh Mohammed bin Zayed Road.

This Project marks the second phase of widening Sheikh Mohammed bin Zayed Road Project stretching from the Arabian Ranches Interchange up to the outskirts of Abu Dhabi Emirate. By opening this flyover, the RTA has completed the construction of all works in this vital project, which has a cost tag of Dh 940 million.

Major Infrastructure projects – Upcoming



New Abu Dhabi-Dubai highway

The new Abu Dhabi-Dubai highway project is considered as one of the biggest and most important projects in the capital, which aims at developing roads infrastructure in Abu Dhabi. The length of the new road adds up to around 62 kilometres. It aims to ease traffic congestion on the E11, as studies show that traffic will go up from 700 vehicles/hours at peak time to 12,000 vehicles in 2030. The project will be accomplished within a span of 30 months from the works commencement date and is expected to be finished by 2017.



Abu Dhabi-Dubai motorway extension, Abu Dhabi

An extension of Sheikh Mohammed bin Zayed Road (E311) from Dubai all the way to Al Sweihan Road (E20) in Abu Dhabi is being planned. Part of Abu Dhabi DoT's Surface Transport Master Plan . The cost of the 62 kilometre road is Dh2.1 billion and the motorway is expected to be finished by 2017. The road will be built in two phases and will be completed in a total span of 30 months. The E11 is used by 700 vehicles an hour at peak time, but that will to grow to 12,000 by 2030.



Parallel Roads Project, Dubai

Undertaken by RTA in Dubai, this project comprises of two roads, each 64km long, that stretch from Sheikh Zayed Road (SZR) to the Abu Dhabi border in the south.

It will link the commercial and residential establishments located between the two motorways.

A four-phase AED719 million project that aims to provide an alternative route to traffic and relieve some of the pressure on the main Dubai highway, SZR.

Tourism and master development in the UAE

four

Tourism and master developments: Overview

The UAE tourism sector has shown strong growth and has intensely contributed in promoting the country as a world tourism hub. It is expected to experience annual real growth of about 6.5% during the period 2011-2021, with employment expected to also grow by an annual real growth rate of about 4.1% during this period.

The sector is structured into tourism transportation, tourism infrastructure and tourism hospitality services. In specific, Dubai's strategic location and strong air and transport infrastructure have given it the ability to project itself around the world as a hub of tourism.

The UAE's tourism map is now incredibly diverse. The Northern Emirates of Sharjah and Ras Al Khaimah are building on their own cultural foundations to present a series of unique individual products that, together with Dubai and Abu Dhabi, position the country as a cohesive hospitality hub, with varied appeal.

Tourism and master developments: Overview

Local government investment into infrastructure, private sector investment into creating world-class attractions, and major route expansion by the two national carriers is a three-way strategy that is paying dividends for the UAE tourism industry.

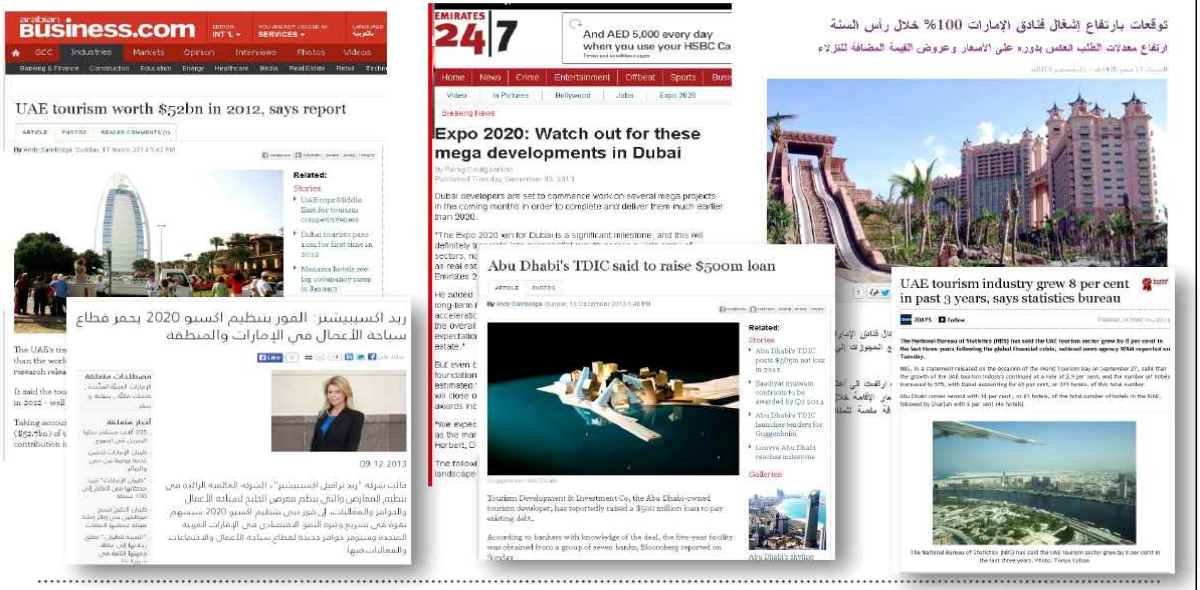
According to figures from Dubai International Airport, year-to-date passenger traffic into the hub is up 16.3 percent to more than 21 million passengers, which pushes bigger tourism developments to take place.

On its side, Dubai Municipality has launched 10 major projects to be completed at various dates in the next couple of years. The projects, at a cost of Dh883.5 million, will include various tourist attractions.



A main component of each tourism project is transport; a significant example of which is Palm Jumeirah Island's Monorail in Dubai, which is a monorail line on the Palm Jumeirah connecting it to the mainland. It is the first monorail in the Middle East.

In the media: Tourism and master developments



Stakeholders map: Tourism

Tourism Development and Investment Authority (TDIC)
Government

TDIC is the master developer of major tourism destinations in Abu Dhabi. The company is behind some of Abu Dhabi's most prestigious projects, including the Zayed National Museum, the Louvre Abu Dhabi, Desert Islands and others. The company has been awarded investment grade ratings of Aa2, AA and AA by three top credit rating agencies, Moody's, Standard & Poor and Fitch.

Department of Tourism and Commerce Marketing (DTCM)
Government

DTCM was established in January 1997, with broad objectives to increase the awareness of Dubai to global audiences and to attract tourists and inward investment into the emirate. It is empowered with the responsibility of organising the marketing of tourism and commerce for Dubai.

Abu Dhabi Tourism and Culture Authority (TCA)
Government

TCA's mission is to promote the heritage, culture and traditions of Abu Dhabi emirate worldwide. Its activities are designed to support the emirate's evolution into a world-class, sustainable destination. It is a multi-faceted organisation with a mandate grounded in Abu Dhabi's 2030 Economic Vision.

Ras Al Khaimah Tourism Development Authority (RAKTDA)
Government

Established in May 2011, RAKTDA is the emirate's entity to both develop and promote the emirate's tourism infrastructure and potential both domestically and abroad. One of its main objectives is to develop a destination master plan with 10 years projection.

Stakeholders map: Master developers

Nakheel
Government

Nakheel is one of the world's largest real estate developers creating a world-class destination for living, business and tourism. It created The Palm Jumeirah ,The World islands and Dubai International City among others. The company will bring a host of new, world-class tourism, cultural, business and residential facilities to Dubai. It has made a net profit of AED1.77 billion in the first nine months of 2013 – a 58 per cent increase on a net profit of AED1.12 billion in the same period last year.

Emaar Group
Private

Incepted in 1997, the company specializes in creating value-added, master-planned communities that meet the full spectrum of lifestyle needs. A highlight of Emaar's approach to developing integrated lifestyle destinations is Downtown Dubai, the 500-acre mega-project, home of Burj Khalifa – the world's tallest building.

ALDAR Properties
Private

Abu Dhabi-based ALDAR Properties is one of the largest developers in the Middle East and North Africa region, with over US$ 12 billion of assets. The company has developed some of Abu Dhabi's most iconic and complex projects, from the Formula 1 facilities on Yas Island to the new Shams Abu Dhabi community on Reem Island.

Dubai Properties Group (DPG)
Government

DPG is one of the largest fully integrated real estate and community development businesses in Dubai, encompassing residential, commercial, staff accommodation, retail and property management. It includes high profile projects like Business Bay, Jumeirah Beach Residence, and DUBAILAND®, all of which play a key role in Dubai's development and growth.

Stakeholders map: Finance

Ministry of Finance, UAE
Government

The Ministry of Finance (MoF) in the United Arab Emirates is responsible for the implementation of all fiscal, monetary and industrial policies related to UAE's economic development.

Department of Finance of Dubai
Government

Dubai's Department of Finance works to supervise all financial and accounting affairs of the emirate, in addition to issuing consolidated financial statements for the Emirate. The Department of Finance is responsible for the development of the emirate's general annual budget and its execution in cooperation with all relevant local government departments.

Abu Dhabi Department of Finance
Government

The Department of Finance was established in 1962, and it plays a fundamental role in providing Abu Dhabi government entities with the best-in-class financial services and specialized solutions as well as managing available resources efficiently.

Major Projects

four

Major tourism projects – Upcoming



Dubai Adventure Studios, Dubai

A destination that focuses on delivering a multi-faceted leisure and entertainment experience to residents and tourists. Located at Jebel Ali, the project will feature five distinct theme parks based on movies, animals and fun characters that shall appeal to all demographics. Dubai Adventure Studios is expected to be completed by 2014.



Bluewaters Island, Dubai

The six billion derhams Bluewaters Island is set to be one of the largest tourist hotspots in the world. It will feature a demarcated retail, residential, hospitality and entertainment zones and will house Dubai Eye, the world's largest Ferris wheel. The project is being built near Jumeirah Beach Residence.



The Saadiyat Cultural District, Abu Dhabi

Abu Dhabi's main cultural hub, Saadiyat island will be home to three major museums, which are: Louvre Abu Dhabi opening in 2015, Zayed National Museum opening in 2016, and Guggenheim Abu Dhabi opening in 2017. the museums will promote cultural exchange between all nations and are going to be delivered to exceptional international standards.



Mohammad Bin Rashid City, Dubai

Comprising four key components, the city will focus on family tourism, retail, arts and entrepreneurship. The first component focuses on family tourism, and will include a park equipped to receive 35 million visitors and a family centre for leisure and entertainment set up in collaboration with Universal Studios. Over 100 hotel facilities will meet the needs of visitors. The second component, focusing on retail, will feature the largest shopping mall in the world, "Mall of the World." The third component will include the largest area for arts galleries in Mena. The fourth component will be a unique area providing an integrated environment for entrepreneurship and innovation in the region.

Major tourism projects – Current



Downtown Dubai, Dubai

Downtown Dubai is an inspired urban concept, which reconfirms Dubai's status as a global player. Burj Khalifa is the pivotal axis for this revolutionary development. Downtown Dubai is home to the tallest building and the largest shopping mall in the world, in addition to the dancing fountain. It is the place to be on New Year's Eve, where the world's tallest building, Burj Khalifa lights up with a spectacular fireworks display.



Yas Island, Abu Dhabi

Yas Island is home to the state-of-the-art Yas Marina Circuit – host to the annual F1™ Etihad Airways Abu Dhabi Grand Prix. At the circuit's centrepiece is Yas Viceroy, a five star, iconic hotel – the only one in the world to straddle an F1 race track. It is also home to Ferrari World Abu Dhabi - the world's first Ferrari theme park and the largest attraction of its kind – and the newly-opened futuristic water park Yas Waterworld,



Palm Jumeirah, Dubai

The **Palm Jumeirah island** is an artificial island in Dubai in the shape of a palm tree. The Palm Jumeirah has a number of Hotels, Resorts, and Hotel residences, of which is Atlantis The Palm, the iconic luxurious hotel and attraction lying on the tip of the palm and home to a splendid underwater exhibit and water park.



Ras Al Khaimah, RAK

RAK is the only Emirate to combine sea, sand and mountain ranges, and the RAK Tourism Development Authority - along with RAK Hospitality Group – played to that strength and paired it with premium a full range of hotels and resorts — attracting tourists who are looking for a holiday that can provide both outdoor adventure and luxurious relaxation.

Major events: Dubai Expo 2020

Dubai Expo 2020: Overview



After Dubai won the Expo 2020 bid, work will soon begin on the many construction projects planned for the event, including the 434-hectare site itself and supporting infrastructure.

The planned infrastructure and project investments will take shape over the next six years during the preparation stage, which will offer growth opportunities across a range of industries including infrastructure and tourism among others. Once the event is complete there will also be a strong legacy that the event leaves behind, which businesses will be able to take advantage of.

Expo 2020: Design

HOK was the lead designer for a team that developed the master plan for the Expo, which is expected to draw more than 25 million visitors from October 2020 through April 2021.

The team planned the Expo site and infrastructure to create a new sustainable benchmark for events in the Middle East.

Expo 2020: Master Plan

Expo 2020 will be of importance for corporates and organizations eyeing investments in the UAE. This is due to the massive amount of infrastructure, construction and developments that Dubai government will open door for to take place, with the main exhibition in the core.

The video link below shows the master plan for Dubai Expo 2020, including a fully automated underground tube transport system to allow hidden movement of services:



Summary

Summary

- In summary, this report explains how the UAE market is a suitable environment for investments specially in the coming few years in the run to Expo 2020. The country is also capable of accommodating a huge transport project such as the Maglev train as the government supports infrastructure connections as well as new technologies in line with Dubai's "Smart City" initiative

- Abu Dhabi 2030 vision and Dubai Expo 2020 along with other major plans and projects in this report reflect the country's ongoing aspiration to excel and grow, making it a good market to look into



[타겟 마켓분석 및 사업화 Key-man 구축 목차]

- 차 례 -

Ⅰ 추진배경 ····· 801
Ⅱ 추진내용 ····· 821
Ⅲ 결론 ····· 936
Ⅳ 참고문헌 ····· 936
※ Key-Man 관련 작업자료 ····· 937

(3) 기술사업화 개요 및 현황

(가) 기술사업화의 배경 및 정의

1) 기술사업화의 배경

○ 국가 경제의 발전에 영향을 미치는 요소로 20세기 들어 기술개발 및 보급이 중요한 요소라는 것이 증명되기 시작함. 이는 기술사업화가 국가의 경제에 미치는 영향이 매우 높음을 의미함.

- Solow(1956, 1957)는 20세기 전반 미국 경제성장의 80%가 기술발전에 의해 나탔다고 하였으며, Jamison 와 Jansen(2001)은 1980년대에 들어서면서, 국가 차원의 총 요소 생산성의 증대를 위해서 일차적으로 R&D 투자의 확대가 중요하다고 주장함(산업연구원, 2008).

- EU는 지난 20년 간(1995~2008년) 전체 실질 연구투자 비용이 50%증가하였으며, 같은 기간에 미국은 60%가 증가하였음. 일본, 한국, 싱가포르, 대만이 75%, 브라질, 러시아, 인도, 남아프리카공화국이 145%, 그리고 중국이 855% 수준으로 증가하였음.

○ 국가과학기술위워회(2011)의 보고서에 따르면, 국내 국가 기반 기술의 사업화는 3단계의 기술사업화 계획을 수립하여 진행해왔음.

- 제1차 촉진계획(2001~2005)의 주요내용은 기술거래시장 활성화 및 제도정비, 사업화 기반 구축으로 기술개발이 국가경쟁력 확보의 중요과제로 인식한 최초의 계획임.

- 제2차 촉진계획(2006~2008)은 사업화 촉진, 기술평가·기술금융 활성화, 기반 확충을 주요 내용으로 사업화 활성화를 위한 지원을 중점으로 계획을 수립함.

- 제3차 촉진계획(2009~2011)은 혁신적 기술을 개발·발굴하여 글로벌 기업으로 성장시킬 수 있도록 전주기적 기술이전·사업화 지원시스템을 구축하여 글로벌시장에서의 경쟁력을 높이고자 하였음.

[표 340]국내 기술이전·사업화 촉진계획 비교

구분	1차	2차	3차
정책방향	기술거래시장 조성·활성화	기술이전·사업화 기반확충	기술기반 글로벌 기업 육성
세부 추진전략	·기술거래시장 활성화 지원 및 제도정비 ·기술거래 및 사업화촉진 기반	·공공 기술이전·사업화 촉진 ·기술평가시스템/기술금융 확대 ·기반 확충/국제협력	·기술자원 발굴·관리 ·전주기사업화지원시스템 ·단계별 기술금융 공급 ·글로벌 시장진출 지원
추진성과	기술이전촉진법, 기술거래소 설립, NTB 등	기술이전·사업화촉진법, R&BD Firstep 등	신성장동력펀드, 창의자본 조성, 기술신탁 등

출처 : 홍석우(2011), 기술이전·사업화 촉진계획(안), 국가과학기술위원회

○ 정부는 국가성장을 위해 국가차원의 기술개발 투자지원 예산 확대를 추진했을 뿐 아니라, 기술사업화 활성화를 위한 정책적·법률적·제도적 지원을 주도하였음.

- R&D 투자 지원을 위한 예산확보와 이를 지원하기 위한 각종 사업 개발, 개발한 기술을 사업화하기 위한 공공연구기관의 기술지주회사 설립이 가능하도록 제도적 차원의 지원, 기술이전·사업화촉진법 개정 등을 실행함.
- R&D 투자에 따른 국내 경제성장 기여도는 지속적으로 높아지고 있는 것으로 판단되고 있어, 국가적 차원의 지원 및 투자가 꾸준히 이루어지고 있음.

[표 341]국내 R&D 투자의 경제성장 기여도

구분	1971~1989		1990~2004		1971~2004	
	성장률(%)	기여도(%)	성장률(%)	기여도(%)	성장률(%)	기여도(%)
노동	2.22	29.1	1.17	20.4	1.75	25.9
자본	3.43	42.5	2.58	45.0	2.95	43.4
총요소생산성	2.16	28.4	1.98	34.6	2.08	30.7
R&D스톡 (탄력성)	1.77	23.3 (0.137)	1.74	30.4 (0.187)	2.07	30.6
경제성장률(실질)	7.62	100	5.73	100	6.79	100

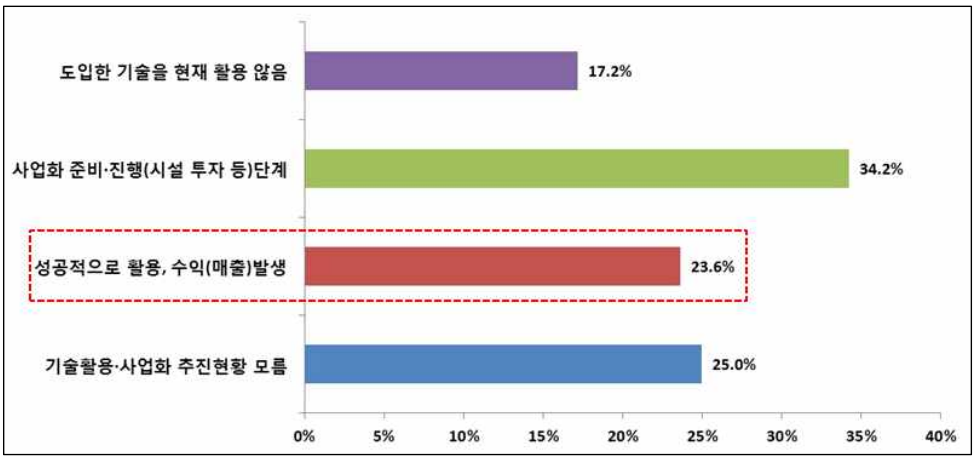
출처 : 박종복(2008), 한국기술사업화의 실태와 발전과제-공공기술을 중심으로, 산업연구원

○ 이 같은 정부주도의 연구개발 투자는 빠르게 증가하였으나, 기술이전 및

사업화에 대한실적은 여전히 부족한 실정임.

- 기술이전·사업화 현황조사 보고서에 따르면 2012년 유효한 기술이전 계약(응답시점 현재 계약 기간이나 기술료 지급 기간이 종료되지 않은 계약을 의미함) 6,538건 중 매출을 일으키고 있는 계약은 1,544건으로 약 23.6%를 차지하고 있으며, 나머지 76.4%는 매출이 발생하지 않는 것으로 나타남.
- 기술료 수입은 2012년 1,258억 1,205만원으로 2011년에 비해 증가하였으나, 매출을 일으키는 계약 건수는 현저히 낮다는 문제점이 있음.

[표 342]기술이전·사업화 성과 현황(2012년)



출처 : 한국지식재산연구원(2012), 2012년 기술이전·사업화 조사분석 자료집, 한국산업기술진흥원

- 이처럼 기술사업화의 중요성에 대한 인식을 갖고 국가적 차원의 투자를 확대하고, 기술개발(R&D)이 활성화 되고 있으나, 투자대비 성과가 미비한 실정임.
- 실제 매출을 일으키는 23.6%를 제외한 나머지 영역에서도 전혀 활용하지 않음(17.2%), 추진현황에 대해 모름(25.0%)으로 42.2%가 기술개발단계에서 사업화(상용화)가 이루어지지 않고 있는 것을 알 수 있음.

2) 기술사업화의 정의

○ 기술사업화(technology commercialization)의 협의의 개념은 법령상에서 '기술을 이용하여 제품의 개발·생산 및 판매를 하거나 그 과정의 관련 기술을 향상시키는 것'으로 정의됨.

- 동법에 따르면, 사업화의 전(前)단계인 기술이전(technology transfer)은 '기술이 양도, 실시권 허락, 기술지도, 공동연구, 합작투자 또는 인수·합병 등의 방법을 통하여 기술보유자로부터 그 외의 자에게 이전되는 것'을 뜻함.
- 국내 기술사업화에 대한 연구자의 정의를 보면 기술사업화는 아이디어에서부터 시장에서의 독점적 우위를 확보하기 위한 제반활동(정혜순, 2003), 협의의 관점에서 자체 연구개발 또는 외부조달을 통하여 획득한 신기술을 생산 활동에 투입하여 대량생산을 통한 제품의 제작, 출하 및 판매에 이르는 과정(이영덕, 2005), 기술혁신의 전주기적 관점에서 개발된 기술의 이전, 거래, 확산과 적용을 통해 부가가치를 창출하는 제반활동과 그 과정(박종복, 2008) 등의 여러 정의가 있음.
- 기술사업화의 일반적 개념은 기술혁신의 전주기적 관점에서, '개발된 기술의 이전, 거래, 확산과 적용을 통해 부가가치를 창출하는 제반 활동과 그 과정'이라고 정의할 수 있음(박종복, 2008).

○ 기술사업화와 유사한 의미로 사용되는 사용화, 실용화, 산업화, 기업화 등의 개념은 연구자나 적용분야의 특성에 따라 그 의미가 조금씩 다를 수 있지만, 공통적으로 'R&D 성과의 이전, 확산과 적용을 통한 가치창출의 활동 및 그 과정'의 의미로 해석 할 수 있음.
- '실용화'는 과학기술 관련 기관에서, '사업화'와 '산업화'는 산업통상자원부 및 관련기관에서, '상용화' 또는 '기업화'는 기업 및 민간기관에서 주로 사용되고 있음.

[표 343]기술사업화의 정의

구 분	정의 내용
정혜순(2003)	· 아이디어에서부터 시장에서의 독점적 우위를 확보하기 위한 제반활동
이영덕(2005)	· 협의의 관점에서 자체 연구개발 또는 외부조달을 통하여 획득한 신기술을 생산 활동에 투입하여 대량생산을 통한 제품의 제작·출하 및 판매에 이르는 과정
박종복(2008)	· 기술혁신의 전주기적 관점에서 개발된 기술의 이전, 거래, 확산과 적용을 통해 부가가치를 창출하는 제반활동과 그 과정
기술이전 촉진법	· '사업화라 함은 개발된 기술을 이용하여 제품의 개발·생산 및 판매를 수행하거나 그 과정의 관련기술의 향상에 적용하는 것을 말한다.'로 규정(제12조)
기술개발 촉진법	· '기술개발이라 함은 산업기술의 연구 및 그 성과를 이용하여 재료·제품·장치 시스템 및 공정 등에 적용할 수 있는 새로운 방법을 찾아내는 활동을 말하며, 시범제작 및 공업화 중간시험의 과정까지를 포함한다.'고 규정하고

	(제2조), '정부는 기술개발의 성과 또는 도입기술의 소화개량에 의하여 국내에서 최초로 기업화하는 자 및 기술개발을 위하여 시험연구용의 물품을 구입하거나 연구시설의 설치를 하고자 하는 자에 대하여 재정·금융지원 등 기술재개발을 장려하기 위한 지원시책을 강구'하도록 규정(제3조)
특허법	· 실시에 대하여 다음과 같은 행위로 정의(제2조) - 물건의 발명인 경우에는 그 물건을 생산·사용·양도·대여 또는 수입하거나 그 물건의 양도 또는 대여의 청약(양도 또는 대여를 위한 전시를 포함한다. 이하 같다)을 하는 행위 - 방법의 발명인 경우에는 그 방법을 사용하는 행위 - 물건을 생산하는 방법의 발명인 경우에는 나목의 행위 외에 그 방법에 의하여 생산한 물건을 사용·양도·대여 또는 수입하거나 그 물건의 양도 또는 대여의 청약을 하는 행위

출처 : 기술이전 사업화 백서(2006)자료 재인용

(나) 기술사업화 특성 분석

1) 기술사업화 유형

가) 사업 참여 형태에 따른 유형 및 특성

○ 기술사업화의 유형으로는 양도, 실시권 허락, 기술지도, 공동연구, 기술창업, 합작투자(joint venture) 또는 인수·합병(M&A) 등이 있으며, 상호간에 배타성이 성립하지 않음에 유의하여야함.

○ 특히, 기술보유자가 공공연구기관인 경우에는 대부분의 경우 기술이전을 통해 간접사업화를 추진하나, 최근에는 합작투자, 기술지주회사 설립 등 기술출자 방식을 통해 직접사업화를 활성화시키고 있는 추세임.

[표 344]기술사업화의 유형별 주요 내용 및 특성

형태	주요 내용 및 특성	구분
양도	· 기술보유자(공공연구기관, 민간기업)가 기술도입자(민간기업 등)에게 기술의 소유권을 이전함.	기술이전, 기술거래
실시권 허락	· 기술보유자가 기술도입자에게 기술의 실시권(License)을 허락함.	기술이전, 기술거래
기술지도	· 기술보유자가 기술도입자에게 기술의 적용을 위한 교육/훈련을 제공함 · 양도 혹은 실시권 허락과 병행하여 이루어짐.	기술이전, 기술거래
공동연구	· 기술보유자(공공연구기관 등)가 기술도입자에게로의 기술이전을 목적으로 공동연구를 수행함.	기술이전
기술창업	· 기술보아자의 연구자 등 소속직원이 직무발명 등을 이전받아 창업하거나 창업에 참여함.	기술이전
합작투자	· 기술보유자와 기술도입자가 합작하여 제 3의 기업을 설립하고 사업화를 추진함. · 기술보유자가 공공연구기관인 경우는 주로 보유기술을 현물출자하여 참여함.	기술(출자)이전

기술지주회사	・기술보유자(공공연구기관 등)가 기술지주회사를 설립하고 보유기술을 자본금 형식으로 출자하여 기술사업화를 목적으로 하는 자회사를 운영함.	기술(출자) 이전
인수・합병	・기술도입자(민간기업 등)가 사업화 추진을 위해 필요한 기술과 경영인프라를 보유한 기술보유자(민간기업 등)를 인수・합병함.	기술(기업) 거래

출처 : 박종복(2008), 한국기술사업화의 실태와 발전과제-공공기술을 중심으로, 산업연구원

나) 참여 기관에 따른 유형 및 특성

○ 기술사업화 전문기관의 유형은 1섹터(공공 부문), 2섹터(민간 부문), 3섹터(공공+민간)로 나타남(김길수, 2001).

- 1섹터는 1970년대 까지 정부의 기능과 역할이 지속적으로 확대되던 시점, 정부개입을 통해 성장을 추구하던 시대에 운영되던 사업화 기관 유형임.
- 2섹터는 1970년대 후반이후 '작은 정부의 추구'와 더불어 공공서비스의 공급체계의 변화를 추구하게 되었는데, 정부의 재정적 위기 등의 이유로 민간 업체가 공공 사업화를 대체하게 되면서 나타남.
- 3섹터는 민간 자금과 경영능력 등을 확보하되, 공공부문의 성격을 유지할 수 있도록 사회간접자본 시설투자에 있어 공공과 민간이 함께 투자할 수 있도록 하는 방안으로서 마련되었으며, 최근 인프라 및 공공 부문 시설 투자 사업의 대부분이 3섹터의 형태로 구성됨.

[표 345]기술사업화 전문기관 유형

구분	기술사업화 전문기관 유형
1섹터(공공)	정부의 기능과 역할이 지속적으로 확대되던 1970년대에 운영되던 사업화 기관의 유형
2섹터(민간)	1970년대 후반이후, 작은정부의 추구와 정부의 재정적 위기 등의 이유로 민간업체가 공공 사업화를 대체하게 되면서 나타남
3섹터 (공공+민간)	사회간접자본 시설투자에 있어 공공과 민간이 함께 투자하는 형태의 사업화 기관 유형

○ 현재 대부분의 기술사업화 전문기관은 제 3섹터와 2섹터로 이루어져 있으며, 3섹터 유형의 기관에 참여하는 주체인 공공은 민간의 참여로 인해 자본 확보, 민간 경영능력, 기술 활용을 할 수 있으며, 민간자본의 도입으로 정부 재정력이 강화될 수 있음.

○ 민간부문은 공공부문으로 참여함으로써 투자 및 수익기회를 얻을 수 있으며, 공적 규제가 엄격한 분야에 대한 절차상 소요되는 시간, 경비 등을 절감할 수 있음.

○ 제 3섹터는 민간과 공공이 서로가 윈윈(Win-Win)을 할 수 있는 점에서 큰 장점을 보이고 있으며, 이러한 점 때문에 제 3섹터의 개념이 주목 받고 있음.

[표 346]제3섹터 참여 주체들의 혜택

구분	공공부문	민간부문
참여동기	① 민간자본의 도입 ② 사업의 공공성 확보 ③ 민간의 경영능력, 기술활용 ④ 민간의 투자의욕 촉진 ⑤ 정부의 재정력강화 ⑥ 민간의 경쟁체제도입으로 서비스의 효율성 제고	① 투자 및 수익기회의 포착 ② 신규사업에 따른 위험분산 ③ 기업이미지의 향상 ④ 공적 규제가 엄격한 분야에 대한 절차상 소요되는 시간과 경비절감 ⑤ 공공기반설비 등에 있어 행정으로부터 우선 지원을 받을 수 있는 혜택이 가능

○ 국내에서 제 3섹터가 본격적으로 사용된 것은 1990년도로부터, 지방자치단체들의 부족한 자원을 보충하기 위해 관심을 갖게 되었음. 1992년, 지방공기업법 제 53조 2항이 규정한 지방자치단체 출자 비율 50%를 개정하여 25%이상 50%미만을 출자한 경우, 민법과 상법에 의해 법인을 설립하도록 하여 제 3섹터가 활성화하도록 하는 법적근거가 마련되어 있으며 국내에는 한국연구재단, 한국소비자보호원 등이 있음.

[표 347]섹터별 장·단점 비교

구분	장점	단점
1섹터(공공)	① 공공서비스 개발 지원용이 (제도적, 정치적, 자본지원 등) ② R&D 환경의 최적화(인프라 확보) ③ 대규모의 사회간접자본 건설용이	① 정부기관 조직구조의 경직성 ② 기술개발 이후 사업화 추진 시 경영능력의 부족
2섹터(민간)	① 사업화에 최적화 되어있는 조직구조(신속한 의사결정 가능) ② 우수한 경영 노하우 ③ 대규모의 민간자본	① 공적규제 해결을 위한 시간과 비용의 증가 ② 기술개발 인프라 구축의 투자 한계
3섹터 (공공+민간)	① 민간자본 유치로 대규모 사회간접자본 시설 건설이 용이 ② 정부에서 독립된 조직으로 공공부문의 경직성을 해결하고 민첩한 의사결정이 가능 ③ 공공과 민간의 장점이 동시에 활용되어 시너지 효과 발휘	① 과도한 기업성 추구 가능성 ② 공공부문의 과잉개입 ③ 적자 혹은 도산시 최종적으로 주민에게 부담이 됨 ④ 공공과 민간의 단점이 동시에 나타나 실패로 이어질 가능성

○ 사업 참여 형태 및 참여 기관 형태를 살펴본 결과 도시형 자기부상열차 사업화 전문기관의 형태는 3섹터 방식의 공동연구 및 합작투자 형태의 모습을 갖추는 것이 적합함.

(다) 기술사업화의 국내 · 외 현황분석

1) 기술사업화 국내 현황분석

가) 국내 기술사업화 정책 동향

○ 국내 기술사업화 관련 정책은 주로 이전과 촉진을 위한 내용으로, 산업통상자원부에서는 2011년도 기술이전 및 촉진계획에 대한 내용을 정리하여 다음과 같이 제시함.

○ 기술사업화 촉진을 위한 국내 지원체계는 3단계 기술이전·사업화 촉진계획에 기반 하였음.

○ 제 1차 기술이전·사업화 촉진계획(01~05)은 개발기술의 이전·사업화를 국가경쟁력 확보의 중요과제로 인식하고 최초의 기술이전·사업화 종합계획을 수립한 단계임. 기술거래시장 활성화 및 제도정비, 사업화 기반 구축이 주요 내용임.

- 대학·연구기관의 기술이전 활동 촉진, 우수기술 공급, 사업화 자금 지원, 기술평가모형 개발 등을 통해 기술거래시장 활성화를 지원함.
- 기술거래기관 및 평가기관 지정·육성, 기술거래사 제도 운영, 기술거래기관 실적관리체계 도입 등을 통해 기술거래시장 제도 정비를 함.
- 국가기술이전 DB구축, 해외기술이전 네트워크 구축, 기술이전·사업화 전문가 양성 등을 통해 기술거래·사업화 기반을 확충함.

○ 제 2차 기술이전·사업화 촉진계획(06~08)은 기술혁신형 기업의 성장시스템 구축을 위해 지식, 사업화, 금융, 제도의 격차 해소에 주력하는 것을 목적으로 사업화 촉진, 기술평가·기술금융 활성화 등의 기반 확충을 주로함.

- 사업화연계 R&D 활성화, 경제성평가 도입, 기술이전조직 역량 강화, 휴면특허 이전 활성화 등을 통해 기술이전·사업화를 촉진함.
- 기술평가 수요 확충, 기법 개발, 평가 정보유통 활성화, 기술평가기반 투·융자, 기술사업화 자금 확대를 통해 기술평가·금융 활성화함.
- 기술이전·사업화 촉진법 정비, 지표 개발, 전문인력 양성, 기술의 수출·도입 지원 등을 통해 기술사업화 기반 및 국제 협력 네트워크를 구축함.

○ 제 3차 기술이전 · 사업화 촉진계획(09~11)은 혁신적 기술을 개발·발굴하여 글로벌 기업으로 성장시킬 수 있도록 전주기적 기술이전·사업화 지원 시스템 구축하는 것을 목표로 함.

- 기술사업화로드맵 작성, R&D투자 성과 관리, 핵심·표준특허 창출, 기술신탁, 사업화종합정보망 구축 등을 통해 기술자원을 발굴·관리함.
- 창의자본 조성, 기술사업화 초기자금 공급 확대, 신성장동력펀드 조성·운용 등을 통해 단계별 기술금융을 공급하여 기술사업화를 촉진함.
- 글로벌 성과확산 네트워크 구축, 국제 산업기술협력지도 제작, 글로벌 기술투자 촉진 등 글로벌 시장진출을 지원함.
- 첨단기술가공 지원, 기술사업화 기업 설립·운영 지원, 기술경영 전문대학원 신설 등을 통해 기술사업화 기반을 확충함.

○ 이러한 국내 기술사업화 시장을 개선하기 위해 가치창출형 R&BD, 전문적인 중개서비스 제공, 융복합 및 개방형 혁신, 시장메커니즘 보완 인프라 조성 등을 시행하는 4차 계획을 수립함.

[표 348]기술사업화 선순환 생태계 조성을 위한 4대 핵심과제·14개 세부과제

핵심과제	세부추진과제
1. 기술과 시장의 연계 활동 강화	① R&D 사전기획 강화 및 우수 BM 발굴 지원 ② R&D 사업화 프로젝트 및 후속지원 강화 ③ 이전기술의 시장·수요자 지향성 제고
2. 기술사업화 수행 주체(중개자) 역량제고	① 민간역량 확충을 위한 사업화기업제도 보완 ② 공공연 전담조직(TLO)의 전문성 강화 ③ 특허기술 사업화 모델 확립·비즈니스 확대 ④ 초기사업화 단계 기술금융 활성화 지원
3. 융복합 및 개방형 혁신 촉진	① 타 기술·산업간 융복합 사업화 활성화 ② 기업가정신 제고 및 오픈 이노베이션 강화 ③ 글로벌 기술사업화 네트워크 강화 ④ 이해상충 조정 및 대·중소기업 성과공유
4. 시장메커니즘작동을 위한 인프라 고도화	① 민간역량 활용, 기술사업화 전문인력 양성 ② 통합적 사업화 정보인프라 구축 및 활성화 ③ 사업화 제도개선 및 인증기술 상용화 지원

출처 : 산업통상자원부(2011), 제 4차 기술이전·사업화 촉진계획(안)

나) 국내 공공 기술사업화 현황

○ 한국지식재산연구원(2012)에 따르면, 국내 기술사업화 관련 기관들 중 공공 연구기관은 123개(국공립시험연구기관 59개, 출연(연) 및 부설연구기관 27개, 기타 공공연구소 37개)이며, 이 중 공공 기술 보유 기관은 93개 기관(84.5%), 기술이전 경험이 있는 기관은 69개 기관(62.7%)임.

○ 기술이전, 창업보육, 특허출원 및 관리 등의 업무를 하는 조직인 기술이전·사업화 전담부서를 보유하고 있는 공공연구기관 중 사업화 전문인력은 평균 7.86명으로 미국 11.76명, 일본 19.2명에 비해 적은 것으로 조사되었으며, 기술이전율 기준으로 하였을 때, 일본보다는 높게, 미국과는 거의 차이가 없었음.

○ 공공연구기관의 2012년도 기술료 수입은 832억원으로 전년도의 918억원보다 약 86억원 감소하였음.

- 반면 대학의 기술료 수입은 426억원으로 전년도 327억원보다 약 99억원 증가하였음. 이는 R&D 투자대비 실적이 공공부문보다는 민간부문에서 더 좋게 나타나고 있으며, 이는 비즈니스측면에서 민간의 강점이 작용한 것으로 해석 할 수 있음.

○ 이전된 기술이 성공적으로 제품, 서비스 생산 및 공정개선에 활용되어 수익을 얻고 있는 경우는 23.6%으로 나타났으며, 이전된 기술의 25.0%는 기술이전 계약 이후 기술의 활용이나 사업화 추진 현황에 대해 알지 못하고 있음. 기업이 도입한 기술을 현재 활용하고 있는 않은 경우도 17.2%로 나타남.

○ 국내 공공연구기관들은 R&D를 통한 기술개발에만 치중하고 있으며, 이후 사업화 과정에 대해서는 관심을 갖지 않고 있음을 알 수 있음.

[표 349]주요 지표의 국가 간 비교

구분	한국	미국	일본
기술이전·사업화 전담 및 지원인력(명)	7.86	11.78	19.2
기술개발건수(연간)	8,262	1,839	8,867
기술이전건수(연간)	3,268	580	4,872
연간기술수입료(백만불)	101.3	576	19.8
연간연구비지출(백만불)	5,993	5,366	1867
연구생산성	1.69	10.73	1.06

출처 : 2012년 기술이전·사업화 조사분석 자료집, 한국지식재산연구원

※ 해외국의 경우 기술계약 체결 건수를 기준으로 계산하였으며, 일본은 공공연구소가 아닌 대학을 기준으로 하였음.

○ 공공기관 차원에서 기술사업화 비전과 목표치(기술이전율, 기술이전 수익 증대 목표 등)를 구체적으로 제시하고 있는 기관은 71개 기관 중 42개(59.2%) 기관이었으며, 나머지 29개(40.8%) 기관은 보유하지 않은 것으로 나타났음.

○ 기술사업화기업, 기술지주회사, 연구소 기업 등의 기술이전·사업화 조직을 설립하여 진행할 계획을 가진 기관은 15개(21.1%)로 대다수의 기관이 직접적인 사업화에 대한 계획이 없는 것으로 나타났음.

○ 기술사업화 강화를 위한 기술마케팅, 이전 대상기술, 수요기업 발굴 등의 구체적인 계획이나 전략 등이 담긴 청사진(로드맵)을 보유한 기관은 32개(45.1%)로 나타났음.

○ 공공연구기관은 기술개발 후 기술이전, 양도, 거래 등의 간접적인 사업화 형태로만 유지하고 있으며, 이는 R&D 기술개발사업 이후 지속적인 수익원 확보의 어려움 등의 한계를 보여주고 있음.

[표 350]국내 공공연구기관의 기술사업화 계획 및 전략

구분	유무여부	
	예	아니오
기술사업화 비전 및 목표치의 구체적 제시	42(59.2%)	29(40.8%)
기술사업화기업, 기술지주회사, 연구소기업 설립 계획 수립 및 진행	15(21.1%)	56(78.9%)
기술사업화 강화를 위한 청사진(로드맵)보유	32(45.1%)	39(54.9%)

출처 : 2012년 기술이전·사업화 조사분석 자료집, 한국지식재산연구원

○ 국내 공공연구기관들은 R&D 투자와 기술개발에만 집중하고 있으며, 기술개발 이후 사업화 단계에 대한 구체적인 안 제시, 계획 수립 및 진행 등에 대해서는 준비가 미흡한 것으로 나타남. 이는 해외 주요 국가들과 비교했을 때, 국내 기술사업화 실적이 떨어지는 가장 큰 원인임.

- 특히, 기술사업화를 주도적으로 이끌 사업화 조직에 대한 청사진과 목표 및 비전, 운영 계획 등의 기획이 필요하며, 이를 통해 기술사업화 성과 수준 향상을 기대할 수 있음.

2) 기술사업화 해외 현황 분석

가) 해외 주요국 기술사업화 정책 동향

① 미국

○ 오바마 행정부는 '국가혁신전략'의 방향성을 개정하여 '시장에 기반한 혁신'을 장려하기 위한 정책을 추진.

- 국가혁신전략의 3대 정책방향으로 미국형 혁신기반에 대한 투자 확대, 생산적 기업가정신 확산을 위한 경쟁시장 구축, 국가적 현안 대응을 위한 혁신 추진이 있음.
- 에너지부(DOE)는 기술이전 효율성 및 기술개발 효과성 제고를 위해 산업계와 정부의 파트너십 강화, 기술이전 활성화를 위한 제도개선, 기술이전 코디네이터, Technology Transfer Working Group 활용 등 기술이전 정책을 마련함.

② 유럽연합

○ '개방형 혁신'관점에서 특허시스템, 기술이전, 표준화 정책을 새롭게 접근하여 내·외부 네트워크를 강화함.

- 외부적으로 중국, 러시아 등과 혁신을 위한 협력활동(워크샵, 포럼 등)을 진

행하고, 내부적으로 기술이전기구 등 혁신주체 간 네트워크를 형성하고 지식이전 사례를 보급함.

- 독일은 연방 및 지방 정부 모두 '사이언스 파크'와 같은 인큐베이션 기능을 강화하고 모든 주에 특허평가나 기술이전을 시행하는 사업체가 설립되었음.

③ 일본

○ 대학의 기술이전 활성화와 지식재산의 활용성 제고를 위해 대학의 지식재산을 집중 관리하기 위한 담당조직 신설을 논의함.

- '지식재산 입국'실현을 위해 지식재산 인재의 육성 및 증강에 집중하며, 대학 지식 재산의 집단 관리방안과 지식재산군 활용기관의 설치함.
- 과학기술진흥기구는 기업에 라이센싱이 가능한 특허 데이터베이스인 J-STORE를 구축·운영함.

④ 중국

○ '국가급 기술이전 시범기구 건설활동'을 통해 '국가 기술이전 시범기관'을 선정하여 다양한 기술이전 모델을 확산함.

- '08년부터 주요 기술의 이전·보급 촉진과 지역차원의 기술교류를 위해'국가급 기술이전 시범기구 건설'을 추진하여 5대 유형 133개 기관을 모델로 선정('11년)함.
- 5대 유형은 기술도입, 중국식 육성 확대, 고등교육기관중심 서비스 기업, 연구소 및 지방협력, 공공서비스(중소기업 지원)임.

[표 351]주요국의 기술이전·사업화 지원 프로그램

국가	주요 프로그램
미국	·(기술개발-이전연계) 연구결과 사업화, 산학협력 교류증진, 우수기술기업 성장 등 기술사업화 과정을 CONNECT 프로그램을 통해 체계적으로 지원 * CONNECT 프로그램 : 스프링보드 프로그램, 기술 및 생명공학 금융포럼, 우수혁신신상품 시상 등 세부 프로그램 운영
	·(기술이전코디네이터) 에너지부(DOE)의 2011년 기술이전 혁신정책의 주요내용 * 기타 내용 : 민관 파트너십 강화, 제도개선, Technology Transfer Working Group 활용 등
EU	·(책임 있는 협력) 기업과 공공연구기관 간 공동연구 및 지식이전 증진을 위한 자발적 이니셔티브 제정(Responsible Partnering) * 구조적 프로세스, 공동연구와 지식교환에 관한 목표 정의, 상호학습과 정기적 상호작용 및 자체평가를 위한 내용들이 포함된 협력지침 마련
	·(이노베이션 바우처)중소기업이 공공연구기관의 전문지식을 사업에 이용하도록 쿠폰제도를 통해 비용 일부를 지원

	* (Type 1) 개별기업 활용, (Type 2) 10개 이상 중소기업이 공통의 문제 해결, (Type 3) 특별한 지식제공자와 공동작업
	·(고위험 R&D 지원) 민간과 공공기관의 고위험 R&D 프로젝트에 융자제공을 위해 신규 리스크 분담 재정기구 설립(Risk-Sharing Finance Facility : RSFF)
일본	·(지식재산 群관리) 대학의 기술이전 활성화와 지식재산의 활용성 제고를 위해 대학의 지식재산을 집약하여 관리하는 사업화전문기구 신설 논의
	·(특허 DB) 기업에 라이센싱 가능한 특허공유 데이터베이스인 J-STORE 운영 * 특허 정보, 과학기술 Seeds 관련 정보, 연구보고서, JST 전문가 의견 등 제공
	·(신사업지원기관 지정) 신기술사업화 전문기관인 '신사업지원기관' 지정을 통해 다양한 기술이전 및 사업화 관련 서비스 제공 * 기술에 관한 연구개발 및 성과의 이전 촉진, 시장 등에 관한 조사연구 및 정보제공, 경영능률 향상의 촉진, 자금유통의 원활화 등 업무를 추진
중국	·(해외 기술이전 로드맵) 해외 기술성과 및 인재활용을 위해 '全세계 혁신자원지도'를 구축하고 해외 네트워크 확대 * '11년 전 세계 15개 국가 및 도시의 45개 기술이전 및 혁신서비스 기구와 국제기술이전협력 네트워크(ITTN) 설립・운영
	·(국가 혁신기지 지정) 기술이전 시범기구 및 기관 선정을 통해 우수사례 선정 및 다양한 이전 모델 확산

출처 : 지식경제부(2011), 제 4차 기술이전·사업화 촉진계획(안)

(라) 기술사업화 주요 성공요인

1) 기술사업화 성공요인에 관한 연구

○ 미국을 비롯한 선진국들은 1970년대부터 공공부문의 연구에서 개발된 기술에 대한 사업화가 지속적으로 진행되고 있으며, 기술사업화에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구 등이 꾸준히 진행되고 있음.

○ 이들 연구들에 따르면, 정부연구소 및 대학에서 연구 개발된 기술에 대한 사업화 및 확산에 영향을 미치는 요인들로 기술 자체 속성, 기술사업화를 위한 조직 전략, 기술개발을 주도한 조직의 내부 및 외부 환경 등을 들고 있음.

- 기술 자체 속성에는 사업화 대상 기술이 갖는 기술적 불확실성, 기술의 성숙도, 기술 자체의 복잡성, 다른 기술과의 상호작용 등이 포함됨.
- 기술사업화를 위한 조직 전략 역시 중요한 요인인데, 이는 기술사업화의 성공률이 조직의 전략에 크게 영향을 받기 때문임(Bandarian, 2007).
- 뿐만 아니라 기술개발을 주도한 조직이 자신이 개발한 기술의 상업적 잠재력을 인식했을지라도 소속 조직의 내부 요인들과 외부 환경들에 따라 기술사업화의 성공 여부가 달라질 수 있음.

- 예컨대, 개발기술이 표적으로 하는 시장의 특성, 잠재적 고객집단의 특성, 공급자등과의 관계 등이 그러함. 이 밖에도 기술사업화에 영향을 미치는 요인들은 매우 다양하지만 아직까지 충분한 실증 연구들이 축적되어있지 못한 상황임.

○ 기술사업화에 있어 기술개발자의 사업화 경험(McEachron, 1978), 기술개발자의 사업화 의지(Baer et al., 1976), 기술개발자가 가지고 있는 현장의 기술적 감각(Radosevich and Smith, 1997)등이 기술사업화의 성공에 중요한 요인이 되는 것으로 알려져 있음.

- 더불어 다른 기술공급 주체와의 협력 및 연계 역시 기술사업화에 영향을 미치고 있음(Souder and Padmanabhan, 1989; Samsom and Gurdon, 1993)

- 기술사업화 프로젝트의 수행에 있어 다양한 자원들(인적, 물적, 금융)의 결합이 중요하여 조직 내 상이한 기능부서간의 협력(teamwork), 조직문화의 공유, 원활한 커뮤니케이션 등이 중요한 요인으로 인식되고 있음.

○ 기술의 특성 역시 기술사업화의 성공에 중요한 영향 요인이 되고 있는데, 일반적으로 기술이 얼마나 성숙된 기술인지가 기술사업화의 성공에 영향을 미치고 있으며(Brown et al., 1991), 기술이 얼마나 신뢰할 수 있는지의 여부 역시 기술사업화의 성공에 중요한 영향요인으로 밝혀졌음(Rothwell, 1992).

- 기술의 특성으로 기술의 급진성, 핵심기술의 해당 여부, 플랫폼 기술인지의 여부, 기술 자체의 내구성 등이 기술사업화에 영향을 주는 요인으로 알려지고 있음(Cooper, 2001; Watkins, 1990).

- 기존 기술 및 사업과 사업화대상 기술과의 관련성 내지 연계성은 기술사업화에 중요한 영향요인으로 파악되고 있음(Cooper, 2001; Ettlie, 1982; Radosevich and Smith,1997).

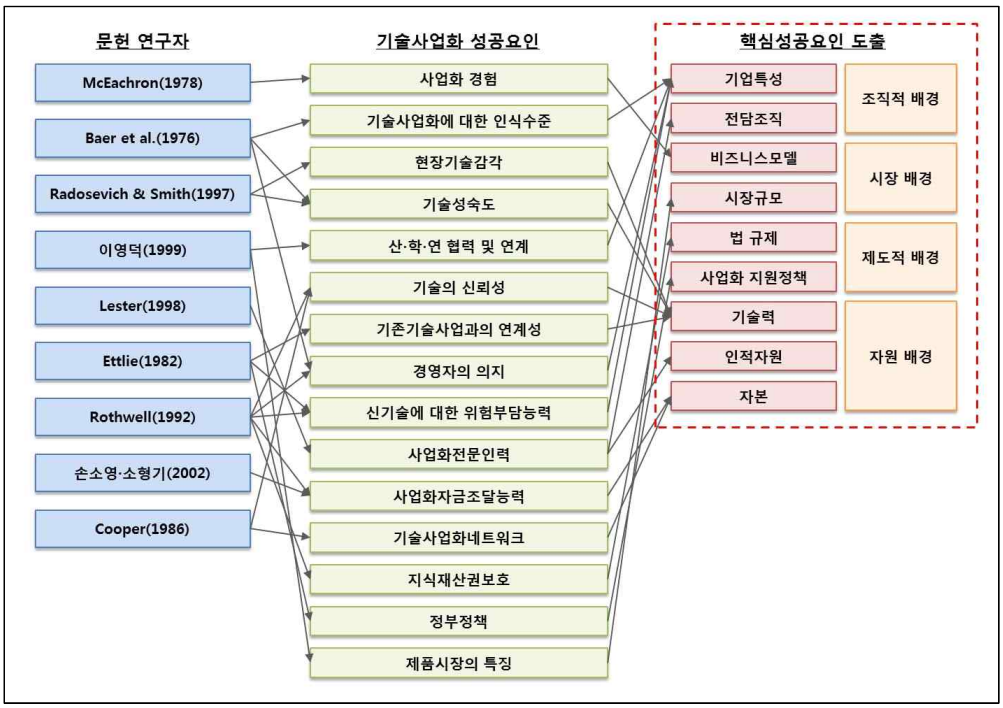
- Cooper(2001)는 성공적으로 사업화된 기술 및 제품은 시장에서의 니즈에 부합하고, 기술적으로 매우 정교할 뿐만 아니라 비즈니스 및 기술 간의 시너지 창출, 시장에서의 시너지 창출, 경쟁우위 등과 매우 밀접하게 관련되어 있다는 것을 보여주고 있음.

○ 성공적인 기술사업화를 위해서는 조직의 상황적 요인들 역시 중요한데 구체적으로 살펴보면, 최고경영층의 의지 내지 지원, 신기술에 대한 위험부담 능력, 기술사업화 자금 조달 역량, 기술사업화와 관련된 전문적 역량의 구축 등을 들 수 있음(Rothwell,1992; Ettlie, 1982; Lester, 1998).

○ 기업의 기술사업화에 영향을 미치는 요인으로는 시장 및 정부정책 등 외부 환경이 있으며 시장은 기업의 기술사업화에 중요한 영향 요인이 되어 궁극적으로 관련 산업의 변화를 초래함(Gans and Stern, 2003).

- 시장을 여러 가지 관점에서 접근할 수 있지만, 특히 최근 기술사업화에 있어 중요하게 부상하고 있는 것은 기술시장임(Arora et al., 2001).
- Gans and Stern(2003)은 기술시장의 출현이 기술개발 주체들의 기술사업화 전략에 미치는 영향을 분석하였는데, 기술개발 주체들은 일반적으로 2가지 전략적 대안을 가지고 있다는 것을 보여주었음.
- 정부의 정책은 기술사업화를 위한 환경을 형성하는 데 있어 결정적인 역할을 수행(Ring et al., 2005)할 뿐만 아니라, 경우에 따라서는 기업의 기술사업화에 대한 자금지원에 있어서도 중요한 역할을 수행함(Lerner, 1999).
- 정부의 역할들이 기업의 기술사업화 성공에도 영향을 미칠 수 있다는 견해들이 존재함(Cooper,1986; Rothwell, 1992; Ettlie, 1982; Lester, 1998).

○ 기술사업화 성공요인에 관한 문헌 연구 결과를 종합하여 다음과 같은 기술사업화 핵심 성공요인을 도출하였음.



[그림 864]기술사업화 핵심 성공요인 도출

○ 문헌연구를 통해 기술사업화 성공요인을 조직적 배경(기업특성, 전담조직), 시장배경(비즈니스모델, 시장규모), 제도적 배경(법 규제, 사업화 지

원정책), 자원배경(기술력, 인적자원, 자본)의 핵심성공요인으로 도출하였음.

○ 기술사업화에 대한 인식수준, 산·학·연 협력 및 연계, 경영자의 의지, 신기술에 대한 위험부담능력, 사업화 전문 인력은 기술사업화 조직적배경의 핵심성공요인으로 도출되었음.

- 조직이 기술사업화에 대한 인식수준이 높고, 산·학·연과의 협력 및 연계가 갖춰져 있으면 기술사업화 성과가 높은 것으로 나타남.
- 특히, 경영자의 기술사업화에 대한 의지가 강할수록 성공할 확률이 높으며, 신기술에 대한 위험부담능력은 기술사업화를 진행하는데 있어 안정적인 투자환경 조성을 통해 기술개발 단계에서 사업화단계까지 진행하는데 있어 핵심적인 영향을 주고 있음.
- 사업화 전문 인력의 보유는 기술개발 중심인 공공연구기관들의 조직적 특성을 보완하여 사업화를 성공으로 이어짐.

○ 사업화 경험, 제품시장의 특징은 시장배경의 핵심성공요인으로 도출됨.

- 사업화 경험이 있는 조직은 비즈니스 모델을 갖추고 있으며, 이는 기술사업화에 대한 전반적인 로드맵을 제시할 수 있음.
- 제품시장의 규모, 특징, 트렌드, 이슈 등이 개발된 기술의 사업화에 영향을 미치고 있음.

○ 지식재산권보호와 정부정책은 제도적 배경의 핵심성공요인으로 도출됨.

- 개발된 기술의 지식재산권보호에 대해 법적으로 규제가 되어 있으면 기술에 대한 시장에서의 가치를 보호받을 수 있으며, 이는 사업화에 있어 핵심성공요인으로 도출됨.
- 기술사업화에 대한 정부정책은 기술사업화 활성화에 영향을 미쳐, 핵심성공요인으로 도출됨.

○ 현장 기술 감각, 기술성숙도, 기술의 신뢰성, 기존기술사업과의 연계성, 사업화전문인력, 사업화자금조달능력, 기술사업화네트워크는 기술력, 인적자원, 자본과 같은 자원배경 핵심성공요인으로 도출됨.

- 기술사업화가 성공적으로 이루어지기 위해서는 개발된 기술이 실제 현장에서 사용될 수 있는지에 대한 현장 기술 감각, 기술의 완성도를 대변하는 기술성숙도, 기술에 대한 신뢰성이 필요함.
- 또한, 기존기술사업과의 연계성이 강할수록 사업화가 쉽게 이루어 질 수 있음.

- 사업화 진행 단계를 진행하기 위해 사업화 전문 인력과 마케팅, 홍보 활동에 필요한 자금이 조달되어야 하며, 이와 관련한 네트워킹이 구축되어 있어야함.

○ 기술사업화가 성공적으로 이루어지기 위해서는 크게 조직, 자원, 시장, 제도적 배경들이 갖추어져야 하며, 특히 기술력 확보와 사업화 조직이 갖추어져야 하는 것으로 나타남.

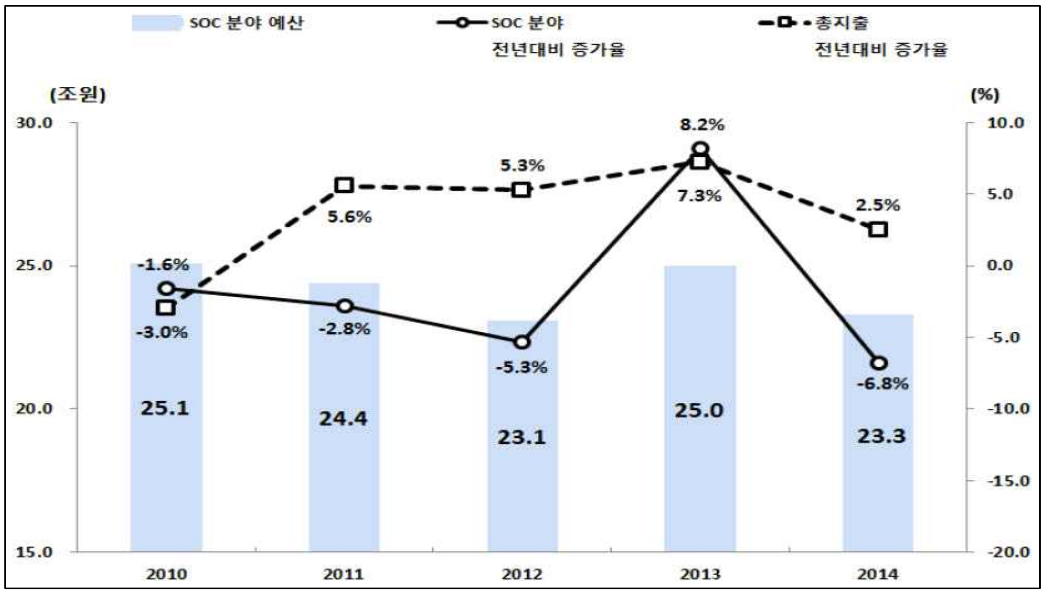
(4) 사회간접자본(SOC)의 기술사업화

(가) 사회간접자본의 시장 현황

1) 국내 공공투자 재원조달 현황

○ 국내 SOC 투자는 국토공간의 효율적 활용, 물류 경쟁력 확보, 지역경제 활성화 등을 위해 교통물류 인프라와 수자원, 산업단지 등의 SOC 기반 시설을 확충하는데 중점을 두어 왔음(국회예산정책처, 2014).

- 글로벌 경제위기 이전인 2004년부터 2008년 사이의 SOC 투자규모는 약 17조에서 20조 수준이었음. 그러나 2008년 이후 글로벌 경제위기 극복을 위한 정부지출의 확대가 SOC 예산에도 반영됨.
- SOC 분야 재정규모는 2010년 25.1조원에서 2014년 23.3조원으로 연평균 1.9% 감소하여 같은 기간 정부 총지출 연평균 증가율 5.1%보다 7.0%p 낮고, 이를 반영하여 SOC 분야의 정부 총지출 대비 비중은 2010년 8.6%에서 2014년 6.5%로 축소됨.
- 2010년부터 2012년까지 지속적으로 감소하다가 2013년도에는 지역경제 활성화와 추경 편성 등에 기인하여 전년 대비 증가율이 8.2%로 정부 총지출 전년 대비 증가율 7.3%와 유사한 폭으로 증가함. 2014년도에는 정부 총지출이 전년 대비 2.5% 증가하였으나, SOC분야 예산안은 전년대비 6.8% 감소함.



[그림 865]SOC 분야 재원배분 추이

출처 : 국회예산정책처(2013), 2014 예산안 분야별 분석

[표 352]SOC 예산 규모

(단위 : 조원, %)

구분	'04	'05	'06	'07	'08	'09	'10	'11	'12	'13	'14
SOC (총지출 대비 비중)	17.4 (8.8)	18.3 (8.7)	18.4 (8.2)	18.4 (7.7)	20.5 (8.4)	25.4 (8.6)	25.1 (8.6)	24.4 (7.9)	23.1 (6.9)	25.0 (7.2)	23.3 (6.5)
전년대비 증감 (증가율, %)	- -	+0.9 (5.2)	+0.1 (5.2)	0 (0.0)	+2.1 (11.4)	+4.9 (23.9)	-0.4 (-1.2)	-0.7 (-2.8)	-1.3 (-5.3)	+1.9 (+8.2)	-1.7 (-6.8)

출처 : 국회예산정책처(2013), 2014 예산안 분야별 분석, 수정인용

○ SOC 분야는 예산편성 체계 상 교통 및 물류 분야와 국토 및 지역개발 분야로 구성되며, 교통 및 물류 분야는 도로, 철도, 도시철도, 해운·항만, 항공·공항, 물류 등 기타 6개 부문으로 구분되고, 국토 및 지역개발 분야는 수자원, 지역 및 도시, 산업단지의 3개 부문으로 구성됨.

○ 부문별로 살펴보면, 교통 및 물류 분야 중 도로, 철도, 도시철도, 해운·항만 부문은 전년대비 감소한 반면, 항공·공항부문은 증가하였고, 국토 및 지역개발 분야 중 수자원, 지역 및 도시, 산업단지 부문은 전년대비 감소하였음

-도로부문이 전년대비 예산안 규모(7,959억원)가 가장 크게 감소하였고, 도시철도부문이 전년대비 감소율(21.4%)이 가장 높았으며, 물류 등 기타부문이 전년대비 예산안 규모(306억원)가 가장 크게 증가하였고, 항공·공

항부문이 전년대비 증가율(21.0%)이 가장 높았음.

[표 353]SOC 분야 예산 현황

(단위 : 억원, %)

구분	2012년 예산	2013년		2014년 예산안(B)	증감	
		본예산	추경(A)		B-A	(B-A)/A
SOC	230,926	243,025	250,261	232,621	-17,640	-7.0
◦ 교통 및 물류	174,756	190,118	196,376	185,318	-11,058	-5.6
- 도로	77,614	86,451	91,667	83,708	-7,959	-8.7
- 철도	50,876	60,830	61,380	59,810	-1,570	-2.6
- 도시철도	10,265	7,761	7,761	6,103	-1,658	-21.4
- 해운항만	16,358	15,042	15,242	14,891	-351	-2.3
- 항공공항	698	820	830	1,004	174	21.0
- 물류 등 기타	18,945	19,214	19,496	19,802	306	1.6
◦ 국토 및 지역개발	56,170	52,907	53,885	47,303	-6,582	-12.2
- 수자원	29,020	27,315	27,694	23,512	-4,182	-15.1
- 지역 및 도시	16,845	16,300	16,449	14,827	-1,622	-9.9
- 산업단지	10,305	9,292	9,742	8,964	-778	-8.0

주: 총지출 기준

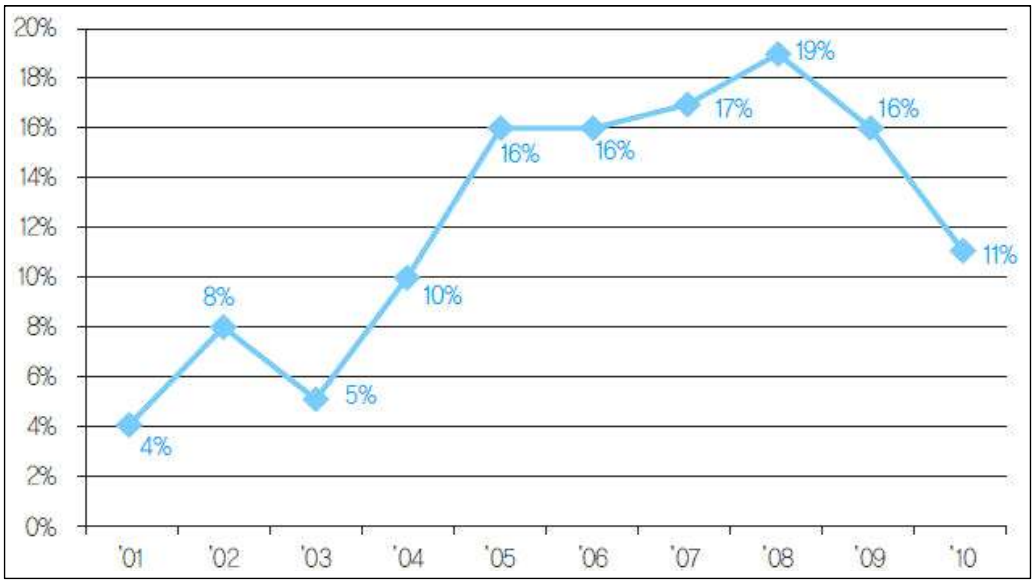
출처 : 국회예산정책처(2013), 2014 예산안 분야별 분석II

○ SOC 분야 재정규모는 2010~2014년까지 연평균 1.9% 감소하였고, 2017년까지 연평균 5.7% 감소할 계획임.

- SOC 분야 재정규모는 2010~2014년까지 연평균 1.9% 감소하여 같은 기간 정부 총지출 연평균 증가율 5.1%보다 7.0%p 낮고, SOC 분야의 정부 총지출 대비 비중은 2010년 8.6%에서 2014년 6.5%로 축소됨.
- 「2013~2017년 국가재정운용계획」에 따르면, 향후 5년간(2013~2017년) SOC 재정투자규모는 연평균 5.7% 감소할 계획이며, SOC 분야의 정부 총지출 대비 비중은 2013년 7.0%에서 2017년 4.8%로 축소될 계획임.

2) SOC 민간투자사업 현황

○ 민간투자제도는 1995년에 최초로 국내에 도입되었으며, 민간투자사업(대부분 수익형 민자사업(BTO))에 투자되었으며, 이는 전체 사회간접자본(SOC) 투자의 0.5%에 불과하였음. 이후 1995년부터 2010년까지 26조 5,000억 원이 투자(국가관리 BTO 사업과 철도 BTL 사업)되어 연간 SOC 재정투자의 10% 이상을 차지함.



[그림 866]SOC 재정투자 대비 SOC 민간투자 비중(%)

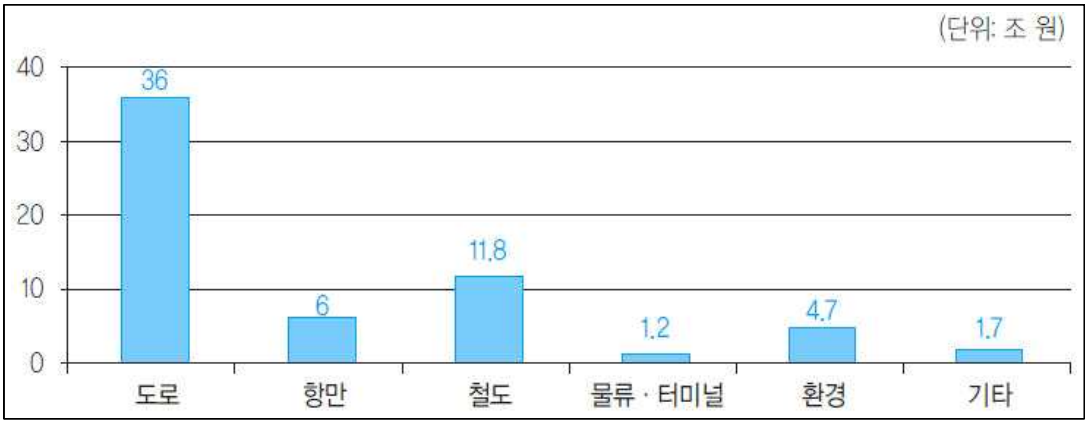
출처 : KDI, 한국의 민간투자사업 제도적 정비 및 정책 성과로부터의 교훈, 2013

○ 2010년 12월 현재 실시협약이 체결된 BTO 사업 199건에 대한 투자비 총액은 61조 4,000억 원이며, 부문별로 보면 도로 사업 77건의 투자비 총액이 36조 원으로 전체 투자비의 58.6%를 차지함. 철도사업 8건의 투자비 총액은 11조 8,000억 원으로 전체 투자비의 19.2%, 항만 사업 17건의 투자비 총액은 6조 원으로 전체 투자비의 9.8%를 각각 차지함. 환경사업 67건의 투자비 총액은 4조 7,000억 원으로 전체 투자비의 약 7.7%를 차지하며, 물류사업 5건의 투자비 총액은 1조 2,000억 원으로 전체 투자비의 정확히 2%를 차지함. 공항, 주차장, 관광사업이 포함된 다양한 여타 부문 사업 24건의 투자비 총액은 1조 7,000억 원으로 전체 투자비의 2.8%임.



[그림 867]사업부문별 BTO 사업 건수

출처 : KDI, 한국의 민간투자사업 제도적 정비 및 정책 성과로부터의 교훈, 2013



[그림 868]사업부문별 BTO 사업 투자금액

출처 : KDI, 한국의 민간투자사업 제도적 정비 및 정책 성과로부터의 교훈, 2013

3) 해외 SOC 예산 현황

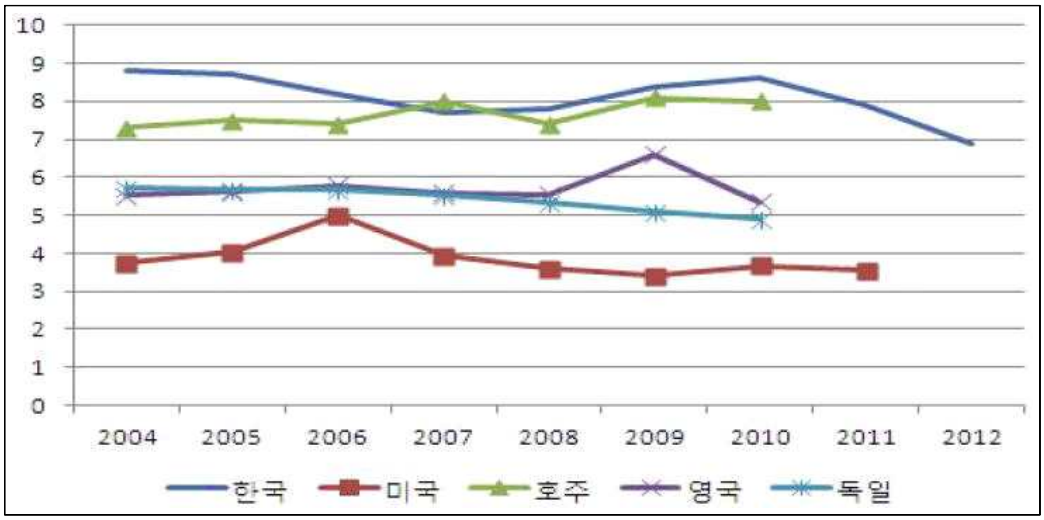
○ 2004년~2010년 동안 총 지출 대비 SOC 비중을 살펴보면 한국이 평균 8.3%로 가장 높게 나타났으며, 다음으로 유사한 수준에서 호주(7.7%)가 높은 것으로 확인되었음(국회예산정책처, 2012).

- 우리나라와 호주의 경우 2004년부터 SOC 예산의 지속적인 증가추세가 이어졌으며, 총 예산 대비 SOC 비중도 약간의 증감은 있었으나 큰 폭의 감소가 있지 않고 일정한 수준을 지속적으로 유지하였기 때문으로 판단됨.
- 독일(5.4%)과 영국(5.7%)이 2009년을 제외하고 거의 유사한 수준에서 총 예산 대비 SOC 비중이 나타나고 있음을 확인할 수 있으며, 미국의 경우 총 예산 대비 SOC의 비중이 평균 3.9%로 가장 낮게 나타났음.

[표 354]주요국의 SOC 예산

(단위 : 백만 달러)

구분		2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
한국	SOC 예산	18,658.53	23,362.80	24,119.05	24,011.82	18,521.34	26,480.83	29,332.57
	교통 및 물류	16,099.06 (86.8)	19,916.16 (85.3)	20,056.16 (83.1)	20,618.72 (85.9)	14,817.07 (80.0)	21,163.76 (79.5)	19,302.91 (69.8)
	국토 및 지역개발	2,559.47 (13.2)	3,446.64 (14.7)	4,062.89 (16.9)	3,393.10 (14.1)	3,704.27 (20.0)	5,317.07 (20.5)	10,029.66 (30.2)
미국	SOC 예산	85,776	99,548	132,393	107,275	107,521	119,708	127,026
	교통 및 물류	64,385 (75.1)	67,563 (67.9)	69,902 (52.8)	72,609 (67.6)	77,498 (72.1)	83,995 (70.2)	91,566 (72.1)
	국토 및 지역개발	21,391 (24.9)	31,985 (32.1)	62,491 (47.2)	34,666 (32.4)	30,023 (27.9)	35,713 (29.8)	35,460 (27.9)
호주	SOC 예산	16,595.12	18,065.85	19,059.75	22,239.02	23,692.67	27,131.71	28,210.97
	교통 및 물류	12,765.85 (76.9)	13,096.34 (72.5)	13,897.56 (72.9)	15,990.24 (71.9)	16,163.41 (68.2)	18,251.22 (67.3)	19,814.63 (70.2)
	국토 및 지역개발	3,829.27 (23.1)	4,969.51 (27.5)	5,162.19 (27.1)	6,248.78 (28.1)	7,529.26 (31.8)	8,880.49 (32.7)	8,396.34 (29.8)
영국	SOC 예산	51,943.21	56,783.88	65,734.34	74,214.71	66,400.83	76,033.43	61,995.81
	교통 및 물류	34,126.79 (65.7)	37,743.13 (66.4)	44,762.24 (68.1)	49,646.32 (66.9)	45,241.67 (68.2)	51,375.86 (67.6)	40,010.95 (64.5)
	국토 및 지역개발	17,816.42 (34.3)	19,040.75 (3 .6)	20,972.11 (31.9)	24,568.38 (3 .1)	21,159.17 (31.8)	24,657.57 (32.4)	21,984.86 (35.5)
독일	SOC 예산	71,530.86	72,350.00	76,802.63	84,117.65	78,819.44	81,500.00	76,878.38
	교통 및 물류	41,753.09 (58.4)	43,412.50 (60.0)	47,381.58 (61.6)	54,235.29 (64.4)	52,666.67 (66.7)	56,357.14 (69.1)	54,445.95 (70.3)
	국토 및 지역개발	29,777.78 (41.6)	28,937.50 (40.0)	29,434.21 (38.4)	29,882.35 (35.6)	26,152.78 (33.3)	25,142.86 (30.9)	22,432.43 (29.4)



[그림 869]국가간 총 지출 대비 SOC 비중 추이

(나) 사회간접자본의 개념 및 특성

1) 사회간접자본의 개념

○ 사회간접자본(SOC ; Social Overhead Capital)은 개념은 매우 다양하게 이해되고 있으며, 이를 반영하듯 용어 역시 사회간접자본, 사회 기반, 인프라스트럭처(이하 인프라, infrastructure), 네트워크 유틸리티(network utilities) 등 다양하게 사용되고 있음.

○ 일반적으로 사회간접자본은 직접 생산 활동과 구분하여 민간의 생산 활동과 투자를 간접적으로 지원하는 시설(Hischman, 1958) 혹은 경제 성장과 활동의 바탕이 되는 재화와 서비스를 생산하는 시설물과 전달체계를 의미함(홍성웅, 2006).

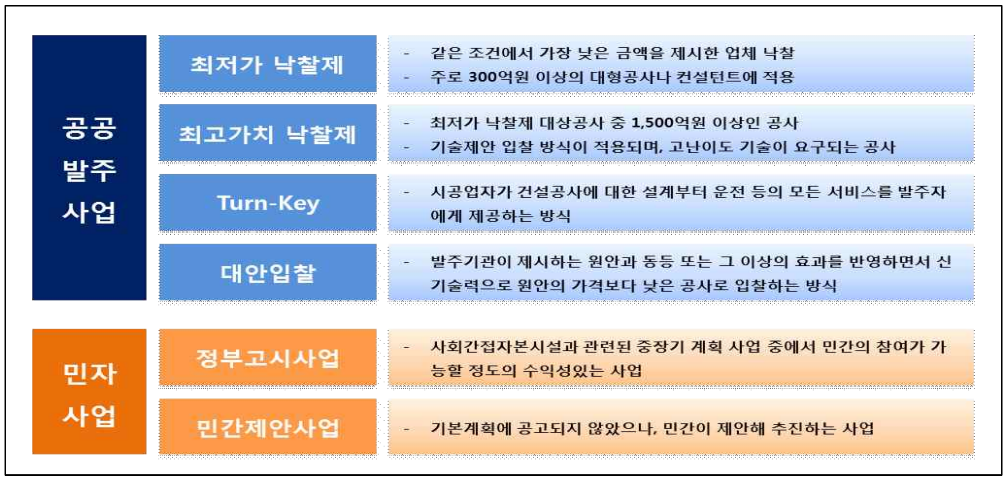
- 사회간접자본은 경제적(economic), 사회적(social)인가 여부, 그리고 경성(hard), 연성(soft) 여부에 따라 크게 4가지 유형으로 구분(Grimsey and Lewis, 2004).

- 현대의 사회간접자본(혹은 인프라)의 개념은 물리적 하부시설 뿐만 아니라 법, 제도, 규제와 같은 사회 경제적 조건까지 포괄하는 매우 넓은 개념으로 이해되나 실제는 물리적 하부시설에 집중되고 있으며, 이는 실제 국내 법적 정의에도 제시되어 있음.

○ 사회간접자본의 발주형태에 따라 공공발주사업과 민자사업으로 나누어지며, 다양한 방식의 사업 형태가 존재함.

- 공공발주사업은 최저가 낙찰제(같은 조건에서 가장 낮은 금액 제시업체 낙찰), 최고가치 낙찰제(최저가 낙찰제 대상공사 중 1,500억원 이상인 공사), Turn-Key(시공업자가 건설공사에 대한 설계 및 시공, 운전 등의 모든 서비스를 발주자에게 제공하는 방식), 대안입찰(신공법, 공기단축 등을 제안 입찰)으로 구분됨.

- 민자사업은 정부고시사업(공공에서 민간참여 지정사업), 민간제안사업(계획이 없었으나, 민간이 제안하여 추진하는 사업)으로 나누어짐.



[그림 870]사회간접자본 발주형태별 특징

○ 현재 국내 사회간접자본은 사회기반시설에 대한 민간투자법 제 2조 1항에서 명시하고 있으며, 소관부처와 유형은 다음과 같음.

[표 355]사회간접자본 시설 유형

분야	소관부처	사회간접자본시설 유형
도로	국토교통부	도로 및 도로부속물, 노외주차장, 지능형 교통체계
철도	국토교통부	철도, 철도시설, 도시철도
항만	국토교통부, 해양수산부	항만시설, 어항시설, 신항만걸설 대상시설
공항	국토교통부	공항시설
수자원	국토교통부, 환경부	다목적댐, 하천부속물, 수도 및 중수도
주택	국토교통부	공공임대주택
유통	국토교통부	물류터미널 및 물류단지, 여객자동차터미널
에너지	산업통상자원부	전원설비, 가스공급시설, 집단에너지시설
환경	환경부	하수도·하수 및 분뇨처리시설, 폐기물, 폐수, 재활용시설
교육	교육부	학교시설
국방	국방부	군 주거시설
산림	산림청	자연휴양림, 수목원
정보통신	산업통상자원부	전기통신설비, 정보통신망, 초고속정보통신망
	국토교통부	지리정보체계, 유비쿼터스도시기반시설
문화관광	문화체육관광부	관광단지, 청소년수련시설, 생활체육, 도서관, 박물관, 문화시설
	미래창조과학부	과학관
	국토교통부	도시공원
복지	보건복지부	노인주거·의료시설, 공공보건의료시설, 장애인복지시설
	여성가족부	아동보육시설

출처 : 사회기반시설에 대한 민간투자법 제 2조 1항 재정리

2) 사회간접자본 특성

○ 사회간접자본은 연구자에 따라 상이하나 다른 재화와 달리 독특한 특성이 있는 것으로 제기되어져 왔음.

- Grimsey and Lewis(2004)는 사회간접자본은 네트워크 서비스, 공공재, 외부효과, 자연독점, 대규모 투자의 특징을 지니고 있어 이러한 사회간접자본은 전통적으로 사적 영역에 의한 서비스 제공에 타당성이 의심받아 왔음을 주장함.
- 김의준(1995)은 사회적 자본의 특성으로 시설수요의 비배제성, 비경경합성과 공급의 외부효과 등 공공재적 특성과 장기 투자 회임기간, 높은 초기투자비용 등의 투자특성을, 양지청(1994)은 공동 소비성과 비배제성의 특성을 주장함.
- 홍성웅(2006)은 불완전한 비배제성을 갖는 혼잡 가능한 공공재(congestible public goods), 고유한 위치를 점하는 고착된 시설물로서 재화와 서비스를 창출, 대규모성 불가분성(indivisibility) 대규모 투자, 장기투자의 회임 기간(gestation period of capital), 공간적으로 고착된 비교역재(non-tradable goods), 시설과 서비스 공급은 계약의 불확정성과 정보의 비대칭성이 따른다고 주장함.
- World Bank(1994)는 첫째, 생산특성으로 연계된 서비스 제공 시스템(networked delivery system), 규모의 경제로 인한 자연독점 발생, 서로 다른 기술에 의한 생산을 제시함. 둘째, 소비특성으로 비경합성과 비배재성을 갖는 공공재와 달리 사적재(private goods)의 특성을 지니나 그 정도는 사회간접자본이 무엇인가에 따라 서로 상이함을 주장함.
- Kessides(2004)는 사회간접자본의 경제적 특성으로 규모와 범위의 경제는 시장 독점을 유발 및 경쟁 방해, 막대한 매몰비용(sunk cost)에 따른 새로운 서비스 제공자 출현 방해, 가격 결정의 정치적 민감성을 주장함.

○ 종합해보면 사회간접자본이 더욱 중요성을 가지는 이유는 다음 일곱 가지의 특성으로 정리할 수 있음.

- 첫째, 불가분성(indivisibilities)의 특성임. 사회간접자본은 철도, 항만, 다목적 댐, 발전 설비 등에서 보는 바와 같이 시설규모가 대단히 크며 분할이 불가능한 특성이 있음.
- 둘째, 사회간접자본은 장기간의 회임기간(gestation period)이 소요됨. 사회간접자본은 건설차수로부터 서비스 생산까지의 건설기간인 투자의 '회

임기간'이 길어짐.

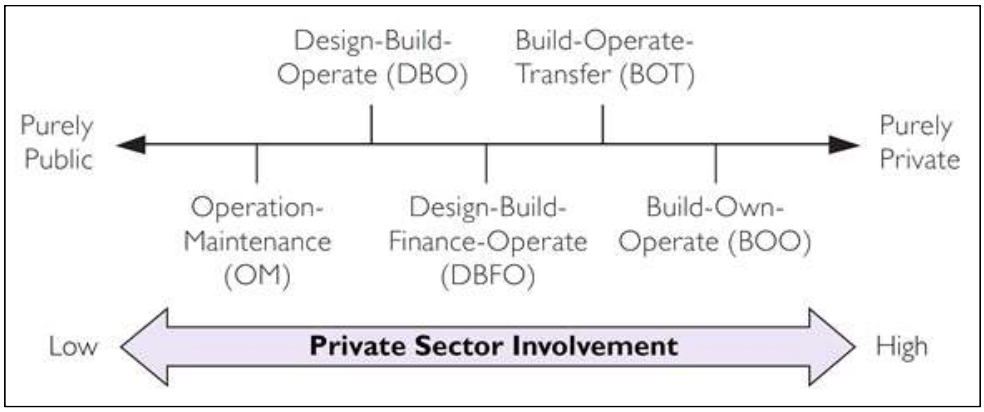
- 셋째, 사회간접자본은 외부경제(external economies)를 창출하는 특성을 지님. 예를 들어 정부가 교통 투자를 적절하게 하면 신속, 안전, 쾌적한 교통서비스가 제공되므로 기업으로 하여금 운송비나 재고 수준을 절감케 하며 지리적 시장을 확대케 하고 분업을 증대시키게 되므로 생산 활동을 촉진함. 또한 다목적 댐의 경우에도 댐을 건설하여 발전을 하고, 산림녹화를 유도하며, 홍수를 막고 실수나 공업용수를 조달하며, 경관을 조성하여 관광자원으로 개발할 수 있음.
- 넷째, 사회간접자본은 투자효과의 측정이나 평가의 곤란한 특성을 지님. 사회간접자본이 창출하는 외부경제나 수익증가의 효과는 계량화하기가 어려움. 사회간접자본의 효과는 그 측정이 곤란하므로, 투자 판단의 기준으로 사용되는 자본계수(capital-output ratio) 산정에 필요한 산출이나 비용-편익분석을 위한 편익의 산정이 곤란하게 되어서 사회간접자본은 그 투자효과의 분석이 어렵게 됨.
- 다섯째, 사회간접자본은 장기 지속성의 특성을 가짐. 다목적댐, 항만, 지하철 등은 일단 건설되면 그 효과는 장기적으로 지속되며, 지역의 장기발전에 중대한 영향을 미침. 이는 또한 투자 재원 부족이나 입지적 조건으로 인하여 대부분의 경우 소수 지역에 국한될 수밖에 없으므로 지역적 배분이 중요함.
- 여섯째, 사회간접자본은 투자, 운영 및 요율결정에 있어서 시장 메커니즘에 의존하기 어려움. 사회간접자본의 투자는 많은 양의 투자를 해야 하므로 수익성이 낮게 되어 기업투자의 대상으로서는 부적당함.
- 일곱째, 사회간접자본은 일반적으로 수입이 불가능함. 항만, 철도, 고속도로, 지하철 등의 경우 그 건설 장비의 일부 수입은 가능하나 그 자체의 수입은 불가능하며, 내수산업 및 국방, 보건, 치안 유지 등이 그러함. 그러나 국제 관계 증진에 따라 외국의 항만, 공항, 통신시설, 교육 훈련기관 등의 사용이 증가하게 되는 예에서 보는 바와 같이, 외국 사회간접자본 서비스의 부분적인 사용과 수입은 가능하며 또한 점증추세를 보이고 있음.

3) 사회간접자본의 건설 추진방식

○ 90년대에 들어서는 정부주도의 사회간접자본에 민간이 투자할 수 있도록

하는 방향으로 변함.

- 민간투자사업이란 사회간접자본시설에 대한 민간의 투자를 촉진하고 창의적이고 효율적인 사회간접자본시설의 확충 및 운영을 도모함으로써 국민경제의 발전에 이바지함을 목적으로 1994년에 사회간접자본시설에 대한 민자유치촉진법이 제정되어 추진되다가, 1999년 사회간접자본시설에 대한 민간투자법으로 개정되어 정부의 적극적인 지원하에 추진되고 있는 사업.
- 민간투자 사회간접자본의 사업추진 방식에는 BTO, BOT, BOO, BLT, ROT, ROO, PPP, PFI 등이 있음.



[그림 871]민간참여의 정도에 따른 사업추진방식

출처 : Carol Jacoboson, Sang Ok Choi(2008), Success factors : public works and public-private partnerships, International Journal of Public Sector, 21,6, pp.637-657

○ 사회간접자본 건설 시 필요한 과정들을 민간(기업)에서 책임지고 수행하는 역할에 따라 여러 가지 추진방식으로 나타나고 있으며, 대부분 BTO(Build-Transfer-Operation)와 BLT(Build-Lease-Transfer)로 운영되고 있음.

○ OM(Operation-Maintenance)는 운영과 유지보수 모두를 전적으로 공공의 영역에서 책임을 지고 수행하며, 이에 필요한 출자 모두를 공공에서 충당하는 형태임.

○ DBO(Design-Build-Operate)는 민간 참여자들이 설계, 건설, 운영과 유지보수를 책임지며, 공공에서는 전체 프로젝트에 대한 기간 및 통제의 역할을 수행하는 형태를 의미함.

○ DBFO(Design-Build-Finance-Operate)는 민간 참여자들이 프로젝트 내

에서 재무, 설계, 건설, 운영 및 유지보수를 책임지며, 공공부문에서 소유권을 유지하고 있는 형태를 의미함.

○ BOT(Build-Operate-Transfer)는 민간 참여자들이 재무, 설계, 건설, 운영 및 유지보수를 프로젝트 토지 사용기간 내에서 책임을 지며, 운영기간이 끝남과 동시에 공공으로 모든 자산 소유권이 인계 되는 것을 의미함.

○ BOO(Build-Own-Operate)는 BOOT와 유사한 프로젝트 형태지만, 민간에서 자산에 대한 소유권을 영구적으로 가지고 있고, 공공은 오직 제공서비스에 대해서 동의만 하는 형태임.

○ 이외의 사업 추진방식으로는 DBFO(Design-Build-Finance-Operation), ROT (Rehabilitate-Operate-Transfer),ROO(Rehabilitate-Own-Operate),

[표 356]사회간접자본 사업추진 방식

구분	추진방식
BTO (Build-Transfer-Operate)	·건설/양도 후 운영방식 ·사회간접자본 시설의 준공과 동시에 당해시설의 소유권이 국가 또는 지자체에 귀속되며 사업시행자에게 일정기간의 시설관리 운영권을 인정함
BOT (Build-Operate-Transfer)	·건설/운영 후 양도방식 ·사회간접자본 시설의 준공 후 일정기간동안 사업시행자에게 당해 시설의 소유권이 인정되며 그 기간의 만료 시 시설 소유권이 국가 또는 지자체에 귀속되는 방식
BOO (Build-Own-Operate)	·건설/소유 운영방식 ·사회간접자본 시설의 준공과 동시에 사업시행자에게 당해시설의 소유권을 인정
BLT (Build-Lease-Transfer)	·건설/리스 후 양도방식 ·사업시행자가 일정 기간 주무관청에 리스해주고 리스기간이 끝나면 소유권을 관청에 넘기는 방식
ROT (Rehabilitate-Operate-Transfer)	·시설 정비 후 운영권 위탁방식 ·국가 또는 지자체 소유의 기존시설을 정비한 사업시행자에게 일정기간 동시설에 대한 운영권을 인정
ROO (Rehabilitate-Own-Operate)	·시설 정비 후 소유권 인정방식 ·기존 시설을 정비한 사업시행자에게 당해시설의 소유권을 인정
BOOT (Build-Own-Operate-Transfer)	·시설 완공 후 소유권이 사업주에 귀속, 일정기간 운영 후 정부에 소유권 양도하는 방식 ·기법상 BOT와 차이가 없으나 사업주에 의한 시설의 소유를 강조하기 위해 구분
DBFO (Design-Build-Financing and Operate)	·민간사업자가 프로젝트 설계, 시공, 금융, 운영을 전담하는 방식 ·주로 민관합작사업을 대상으로 함

DBO (Design-Build-Operate)	·설계, 시공 후 운영하는 방식 ·민간에서 설계, 시공, 운영하여 유지 관리 및 수명주기에 관한 비용을 최적화가 가능한 방식
BOOM (Build-Own-Operate-Maintain)	·설계, 시공 후 운영 및 관리하는 방식 ·BOO에서 사업시행자의 소유권 인정으로 그치는 것이 아니라 관리까지 맡아하는 방식

BOOM(Build-Own-Operate-Maintain) 등의 형태가 존재하고 있음.

출처 : Ahmed M. Abdel Aziz, M.ASCE, “Successful Delivery of Public-Private Partnerships for Infrastructure Development”, Journal of Construction Engineering and Mnagement, 2007

[표 357]사회간접자본 건설추진 현황(2011)

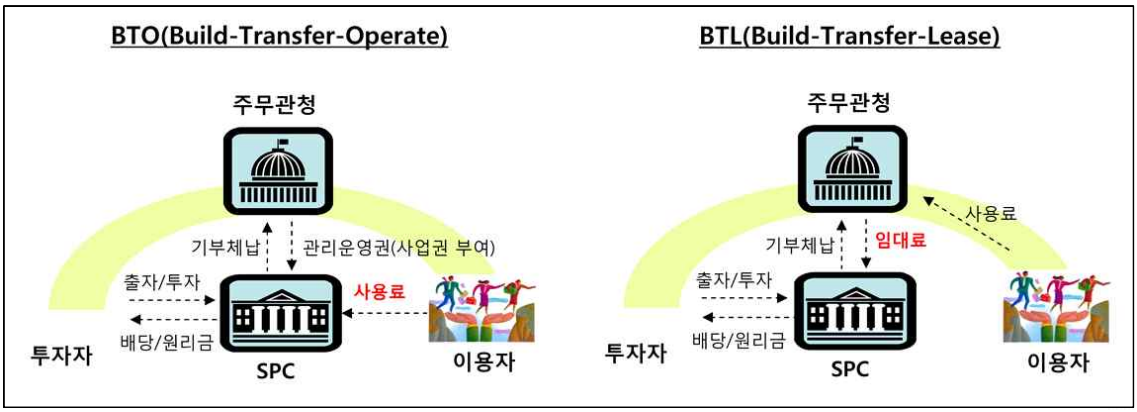
건설추진방식	영역	프로젝트 진행 수
BOO (Build-Own-Operate)	문화·관광시설	4
	물류	4
	총 계	8
BOT (Build-Operate-Transfer)	문화·관광시설	1
	물류	1
	총 계	2
BTL (Build-Transfer-Lease)	과학관	2
	교육시설	134
	군 거주시설	10
	대학시설	15
	문화·관광시설	19
	복지시설	5
	통신	1
	철도	2
	학교시설, 복합단지	2
	환경 시설	56
	총 계	246
BTO (Build-Transfer-Operate)	공항	13
	도로	43
	문화·관광시설	3
	물류	1
	노외주차장	27
	철도	6
	항만	17
	환경시설	56
	총 계	166

출처 : KID(2011), Public-Private Partnership Infrastructure Project : Case study from the Republic of Korea Volume 2

○ 국내 사회간접자본 건설추진은 주로 BTL방식과 BTO방식으로 이루어지고 있으며, 철도분야는 BTO방식이 더 많은 것으로 나타남.

- BTL방식은 사회간접자본 중에서도 건축물 시공에 관련한 사업이 주로 진행되었고, BTO방식은 사회간접자본 중에서 인프라 구축 사업이 주로 진행되었음.

○ BTO와 BTL의 차이점은 다음 장에서 설명함.



[그림 872]BTO와 BTL의 차이

○ BTO(Build-Transfer-Operate)와 BTL(Build-Transfer-Lease)는 국내 사회간접자본 사업 추진형태로 가장 많이 활용되고 있으며, 가장 큰 차이는 건설 이후 자금의 흐름임.

- BTO는 건설 이후 운영에 관한 권한을 SPC(특수목적회사)에서 갖고 시설을 운영하며 발생하는 사용료를 통해 투자자에게 배당해주는 형태로 자금이 흐르고 있음.
- BTL의 경우 건설 이후 운영을 주무관청(공공)에서 하며, 이에 대한 사용료 수익으로 SPC에 시설 임대료를 지급하고, 이를 SPC에서는 투자자들에게 배당하는 형태로 자금이 흐르고 있음.

○ 두 형태를 결정하는 것은 최초 사업에 대한 수익성, 시공 비용, 공사기간 등의 사업에 대한 여러 여건을 종합적 고려를 통해 공공에서 결정하고 있음.

- 건설 추진하는 시설이 민간부문에서 투자비 회수가 가능한 시설일 경우 BTO방식을, 투자비 회수가 어려운 시설을 BTL 방식으로 진행하고 있음.

○ BTO는 민간이 수요위험을 함께 부담하고, BTL은 민간의 수요위험을 배제하는 형태로 구분 지을 수 있음.

○ SPC는 특수목적회사로 민간참여를 위해 설립되는 Paper Company이며, 개념과 특징에 대해서는 다음 장에서 설명함.

4) 특수목적회사(SPC; Special Purpose Company)

○ 프로젝트 파이낸싱의 시초는 1856년 수에즈운하 개발사업으로 보는 견해도 있으나. 본격적인 의미의 프로젝트 파이낸싱은 1920~30년대 미국에서 은행들이 유전개발과 관련하여 개발에 소요되는 자금을 융자하는 방식에 유래되었다고 볼 수 있음.

○ 국내의 경우에는 1995년 민자유치촉진법의 제정에 따라 민자유치사업이 시행되면서 본격적으로 프로젝트 파이낸싱 기법이 도입되기 시작하였음.

○ 주로 대형 프로젝트, 사회간접자본 건설 프로젝트를 수행하기 위해 설립되는 특수목적회사를 말하며, 사업장과 직원이 없이 서류로만 존재하는 명목회사(Paper Company)임.

○ 프로젝트 파이낸싱의 장점인 프로젝트와 사업주체를 분리하는데 있어서 사용되는 방식이 특수목적회사(SPC)를 설립하여 법적으로 사업주체와 사업내용을 분리하는 것임.

○ 투자자로부터 투자를 유치하여 직접 프로젝트를 수행하되, 자금 흐름과 회계의 투명성을 보장하기 위해 프로젝트 부분과 자금관리 부분을 각기 다른 회사에 위탁 수행하며, 통상 프로젝트 개시와 함께 출범하여 프로젝트 완성 후 해산하고 수익을 투자자, 주주들에게 배분하는 형태를 가지고 있음.

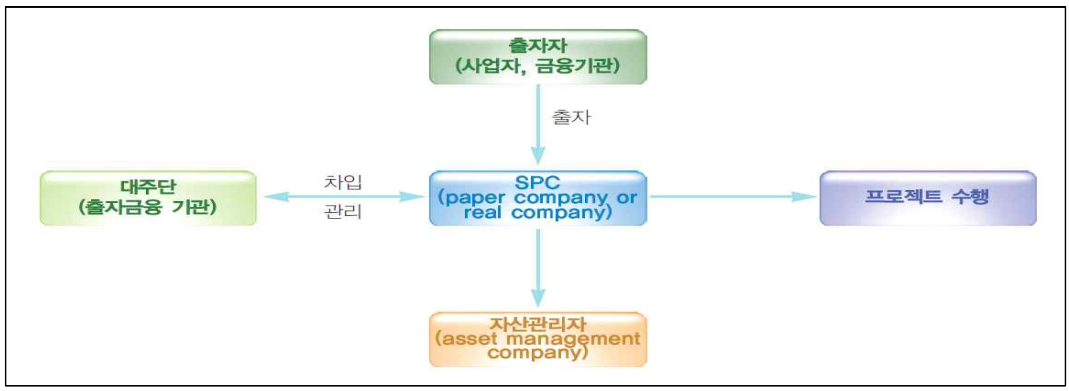
- 개별사업의 현금흐름과 기존 사업주체(투자회사)의 현금흐름을 분리 할 수 있어, 신규 프로젝트의 위험이 기존 사업체의 자산 및 부채에 영향을 주지 않는다는 장점이 있음.
- 특성사업에 대한 투자를 위한 통로 역할을 하며, 대주주단 입장에서는 별도의 자금계정을 통해 자금흐름의 투명성을 확보할 수 있음.
- 출자자 입장에서는 부외금융의 효과를 통해 모기업의 재무건전성을 확보할 수 있음.

○ 특수목적회사(SPC)의 가장 큰 장점은 프로젝트의 독립성 보장, 프로젝트 자체에 대한 가치를 평가하여 투자하는 시스템 발달 여건을 조성함으로써 해외시장개척과 해외자본유치가 이루어 질 수 있다는 점임.

○ 설립 사례로 금융기관에서 발생한 부실채권을 매각·정리하기 위해 일시

적으로 설립하는 자산유동화 전문회사가 있으며, 대부분의 도로·항만 등의 사회간접자본에 대한 민간투자를 위한 회사형태 활용 사례가 있음.

○ 최근에는 문화콘텐츠 산업에서도 제작 투자를 위한 형태로 특수목적회사(SPC)를 활용하고 있음.



[그림 873]프로젝트 파이낸싱 투자회사의 구조도(SPC 경우)

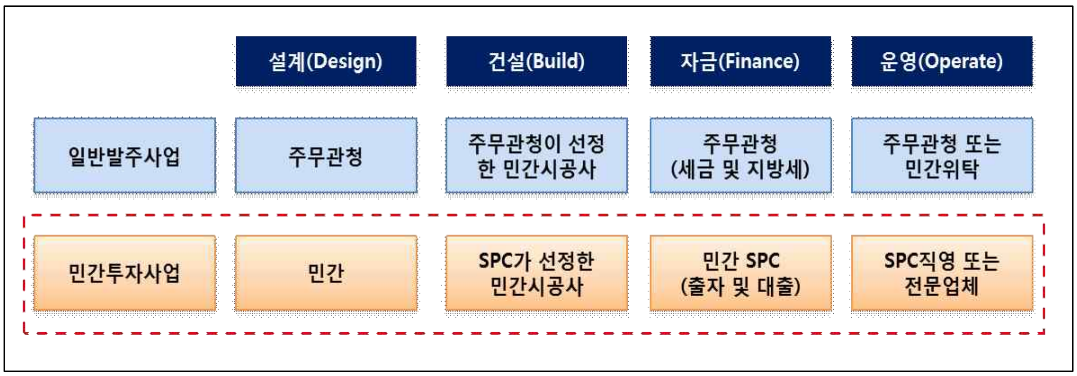
출처 : 이용준(2006), 프로젝트 방식의 투자와 특수목적회사(SPC), ktao 39호

[표 358]특수목적회사(SPC)의 종류 및 형태

분류	도입목적	형태	운용형태	관련 법률	소관부처
CRV	금융기관의 경영 건전성을 제고하고 부실기업을 정상화	P·C	부실기업이 발행한 유기증권 등의 매매	기업구조 조정투자회사법	지경부 금감위
CRF	중소기업 등의 재무구조 개선 및 구조조정 지원	P·C	유가증권 등의 매매	간접투자자산운용법	지경부 금감위
CR-REITs	구조조정차원에서 매각하는 부동산을 매입하여 구조조정 지원	P·C	구조조정용 부동산 매입·운용	부동산투자회사법	국토부
ABS	부동산 및 유가증권 등 기초 자산을 통한 자금조달	P·C	기초자산을 결집하고 증권발행	자산유동화에 관한 법률	지경부 금감위
REITs	부동산을 매입·운용하고 그 수익을 출자자에게 배분	R·C	부동산 매입·운용	부동산투자회사법	국토부
REF	국내자본이 외인과 동등하게 경쟁할 수 있는 장치마련	P·C	기업인수 SOC투자	간접투자자산운용법	지경부 금감위
SIC	선박에 대한 건전한 투자기회를 제공하고 해운산업을 활성화	P·C	선박의 취득 및 운용	선박투자회사법	해수부

출처 : 이용준(2006), 프로젝트 방식의 투자와 특수목적회사(SPC), ktao 39호

※ P·C = Paper Company / R·C = Real Comapny

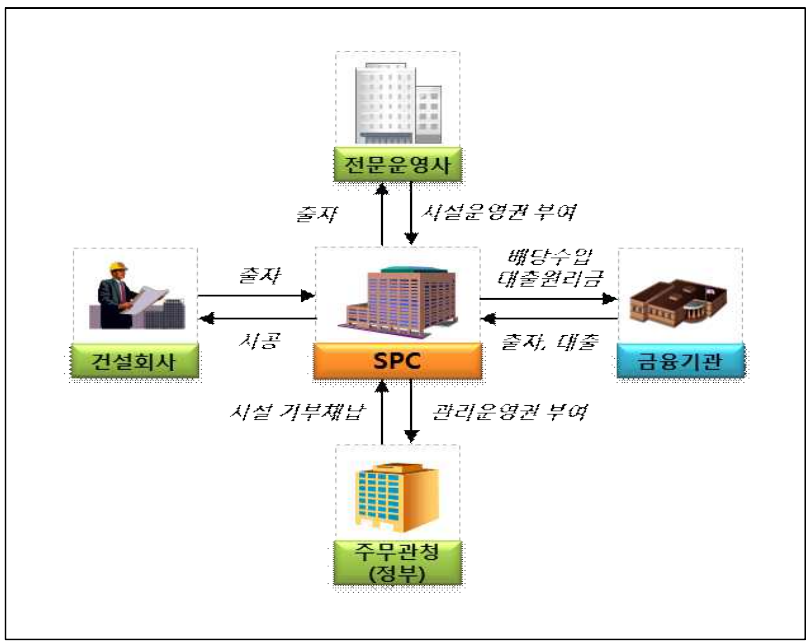


[그림 874]사회간접자본 민간투자사업 시 SPC 역할

○ 사회간접자본 시설 건설 추진 시 공공중심의 일반발주사업과 민간이 참여하는 형태인 민간투자사업으로 나누어지며, 설계(Design), 건설(Build), 자금(Finance), 운영(Operate) 측면에서 주체가 다름.

○ 특히, 민간이 참여하는 사업의 경우 특수목적회사(SPC)의 역할이 건설, 자금, 운영에 걸쳐 나타나고 있음.

- SPC의 경우 참여 기업들의 출자와 사회간접자본 건설 채권발행을 통한 대출을 통해 자금을 조달하고, 이를 통해 프로젝트 전반적인 운영을 하고 있음.
- 프로젝트를 시행할 시공사를 선정하고, 시공 완료 후 운영을 맡아서 하거나, 운영할 전문업체를 선정하기도 함.
- 사회간접자본 건설 추진방식에 따라 역할이 달라지기도 하지만, 대부분의 국내 프로젝트의 경우, 이와 같은 역할을 수행하고 있음.



[그림 875]SPC 수행업무 체계도

(다) 사회간접자본 국내 · 외 건설 현황분석

1) 사회간접자본 국내 건설 현황 분석

가) 사회간접자본 추진현황

○ 사회간접자본은 노동 및 생산설비와 함께 중요한 생산요소임. 최근 과거 요소투입형 성장에서 혁신주도형 성장으로 전환이 강조되고 있지만 사회간접자본 스톡의 축적은 산업생산성을 향상시킨다는 점에서 여전히 성장의 중요한 요소라고 할 수 있음. 1인당 사회간접자본 스톡과 1인당 GDP 간에 높은 상관관계가 있다는 것은 세계은행(1994)자료에 의해서도 확인할 수 있음.

○ 국내의 시기별 사회간접자본 투자를 보면 1950~1970년대는 생산적 시설 확대를, 1980년대 이후에는 성장의 배분, 도시정비 및 주택공급, 지역간 접근성 제고, 국제 경쟁력 강화, 아시아의 허브 등 성장과 배분을 동시에 추구하고 있는 지역균형개발의 정책기조를 가지고 있음. 그런데 1990년대 이후 환경의식 및 시민의식의 고양, SOC 재정여건의 악화 등으로 성장, 형평, 효율 등 다양한 관점에서 SOC 공급에 대한 이해가 상충되고 있음.

○ 1990년대 재정여건 악화문제를 해결하기 위한 방법으로 SOC건설 시 민간투자자 참여가 태동하기 시작하였음.

- 주로 개별법에 따라서 민간투자자 참여가 확정되었으나, 사업성 확보를 하지 못하거나, 특혜시비에 휘말려서 좌초되었음.

○ 외환위기 때에는 지나치게 대규모 사업화하거나 사업타당성 미실시 등의 이유로 사회간접자본 시설 건설 추진에 어려움을 겪었음.

시기	1950년대	1960년대	1970년대	1980년대	1990년대	2000년대
도로	신작로		경부고속도로	88, 중부	중앙, 서울외곽	
			경인고속	남해, 호남고속		
철도	경부					KTX
전철	서울 지하철 1호선		지방대도시		지방대도시	
공항	김포공항					인천국제공항
공단		포항, 여천, 울산		창원, 반월, 구미공단	첨단과학단지	
항만				인천도크	부산 , 광양, 평택	
수리		간척	소양강 댐	서산간척	시화간척	새만금간척
발전	원전개발10개년계획			원자력발전 가동		
환경			환경보전법		시화호 오염	새만금, 천성산,
				헌법 · 환경권		방폐장, 동강댐

[그림 876]시기별 주요 사회간접자본 추진현황

출처 : 국토연구원(2007), 사회간접자본 연구의 과제 : 시장과 정부

○ 1990년대 후반에서부터 2000년까지 민간투자법을 전면 개정하면서 사업 위험에 대한 분담을 위해 최소운영수입보장 등의 제도적 지원을 하였으나, 외환위기 후유증으로 민간의 적극적인 참여를 이끌어 내지 못함.

○ 2000년대 초반에는 외국인 투자자 및 재무적 투자자의 참여로 인해 민간이 사회간접자본 시설 건설에 적극적으로 투자하는 사회적 분위기를 조성할 수 있었으며, 이때부터 민간이 사업을 제안하는 민자사업의 형태가 활성화되기 시작함.

○ 2003년 이후는 민간투자사업 전용 Fund가 생기고, 자금조달이 수월해지며, 다양한 형태의 사회간접자본 건설 추진방식이 등장하고 운영하게 되었음.



[그림 877]국내 사회간접자본 시장에서 민간투자

출처 : 김형근(2013), 기술세미나Ⅱ : 토목 SOC

○ 최근 SOC관련 핵심이슈는 투자우선순위, 공급의 효율화, 납세자 권한의 확대 등 크게 세 가지 측면에서 살펴볼 수 있음. 우선 국가경쟁력과 지역균형 정책 저위소득자와 노약자, 지역이기주의, 재해방지 분야 등에서 투자우선순위에 대하여 중앙부처간, 중앙과 지자체 간, 지자체 간, 정부와 시민 간 등 여러 형태의 경쟁과 갈등이 대립하고 있음.

나) 국토교통부 사회간접자본 건설 사례 : 고속철도 건설사업

○ 국내 사회간접자본 건설 중 역대 가장 큰 규모의 사업이었던 고속철도 건설 사례를 기반으로 사회간접자본 건설 시 필요한 과정과 주요 요인들을 분석함.

- 고속철도 사업 추진과정과 내용 분석을 통해서 핵심성공요인들의 중요성과 특징 분석을 통해 자기부상열차 사업화 전문기관의 설립과 운영 시 중요한 요인들을 도출함.

① 사업 추진 배경

○ 1980년대, 국내 산업은 급격한 변화에 따라 도로·철도 등의 교통시설이 포화상태에 이르렀고, 도로부문에 대한 투자확대만으로는 이를 해결하기 힘든 상황에 이르렀음.

- 급격한 자동차 증가로 고속도로 신설·확장에도 불구하고, 교통체증 구간은 더욱 늘어날 것으로 예상되었고, 기존 경부선 철도 또한 포화상태가 될 것으로 예측되었음.

○ 이에 따라, 서울-부산 간의 새로운 교통수단의 도입 필요성이 제기되었으며, 타당성 조사 결과 경부축에 여객 전용 고속철도 건설 하는 것이 타당하다는 결론이 도출되었음.

- 1989년부터 1991년까지 3년간에 걸쳐 관련 국책연구기관과 국내 철도기술 관련 엔지니어링회사가 대거 참여하여 경부고속철도사업과 관련된 기술조사가 시행되었으며, 기술조사를 바탕으로 경부고속철도 사업이 추진되었음.

[표 359]경부축의 수송력 확충방안 3개 대안

구분	대안 내용
제 1안	고속도로의 대폭적인 확충과 기존 경부선 철도의 단계적 보완을 병행하는 도로지향안
제 2안	서울-부산 간 고속철도의 건설과 고속도로의 필요구간 확충을 병행하는 철도·도로 경쟁안
제 3안	서울-부산 간 고속전철 건설과 이의 이용증대를 위한 정책시행을 시행하고 도로투자를 최소화하는 철도지향안

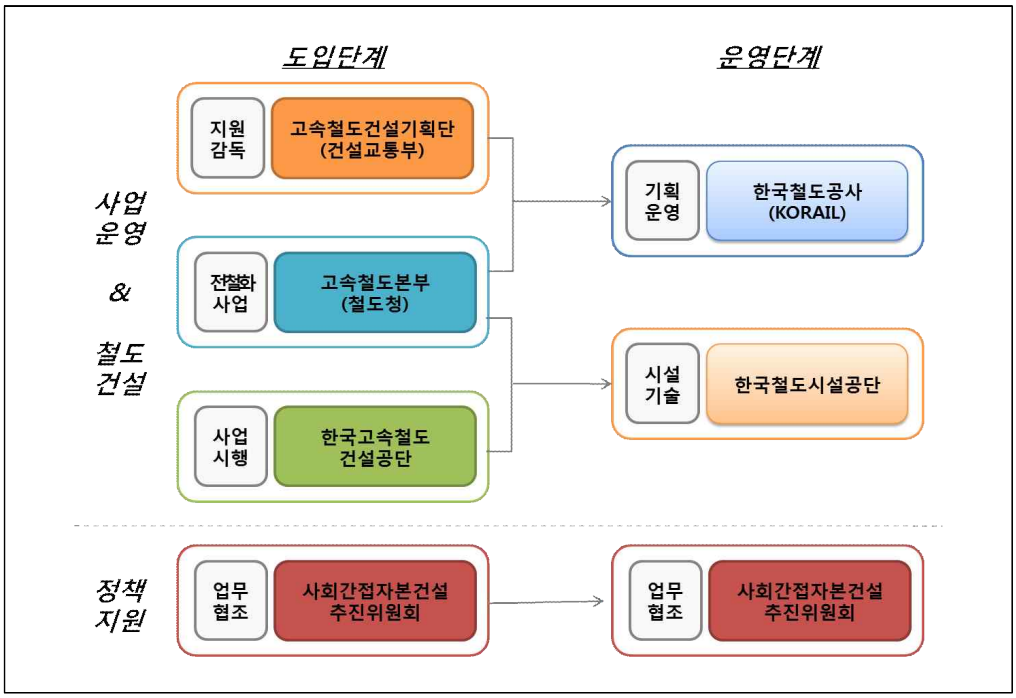
출처 : 한국교통연구원(2012), 2011 경제발전경험모듈화사업 : 한국의 고속철도 건설

○ 3가지 대안 검토 결과, 제 3안인 철도지향안이 당시 국내 교통상황 해결에 가장 타당하는 결론이 도출되었으며, 이를 바탕으로 경부고속철도 개통을 제의하였음.

② 사업 추진 조직 구성

○ 경부고속철도 건설 추진을 위해 건설교통부(현 국토교통부)의 고속철도건설기획단, 철도청의 고속철도건설본부, 한국고속철도건설공단, 사회간접자본건설추진위원회가 설립되었음.

- 고속철도건설기획단은 공공부문의 조직으로 법령의 제·개정 및 운용, 기본계획의 수립(변경)·고시 등의 주요 정책결정 및 기획기능, 사업실시계획 승인, 사업추진 지원, 지도·감독 및 업무조정 기능의 역할을 수행하였음.
- 한국고속철도건설공단은 고속철도 건설사업의 시행뿐만 아니라, 실시계획 수립, 재원조달 등 사업시행자로서의 역할을 수행하였음.
- 사회간접자본건설추진위원회는 고속철도 건설에 관한 주요 정책(기본계획, 자금조달 등)의 심의·조정 역할과 함께 관계부처, 지방자치단체 등 관계기관 간 업무협조 관한 사항을 담당하였음.



[그림 878]고속철도 사업 도입과 운영단계에서 기관역할

출처 : 한국교통연구원(2012), 2011 경제발전경험모듈화사업 : 한국의 고속철도 건설

○ 고속철도건설기획단과 사회간접자본건설추진위원회는 주로 사업에 필요한 법 규제, 지방자치단체 및 이해관계자들과의 업무협조 조정기능을 담당하였으며, 이를 통해 추진된 법령은 다음과 같음.

[표 360]고속철도 관련법령

관련법령	목적	내용	제정일
고속전철 및 신국제공항 건설추진위원회 규정	고속전철 및 신국제공항의 건설에 관한 기본계획 및 중요정책 등을 심의·조정하기 위함.	위원회 기능, 구성, 실무위원회 구성 등 위원회 운영에 필요한 사항 규정	1989년 7월 24일
한국고속철도건설공단법	한국고속철도건설공단을 설립하여 철도교통망의 확충을 위한 고속철도를 효율적으로 건설하기 위함	사업범위, 임원구성/조건, 자금조달 방법, 사용료 징수 등 공단 운영에 관련된 전반적인 사항 규정	1991년 12월 27일
고속철도건설촉진법	고속철도의 신속한 건설에 필요한 사항을 규정함으로써 고속철도건설사업을 효율적으로 추진하기 위함	고속철도건설기본계획/실시계획, 사업 시행자, 감독, 다른 법률과의 관례, 예정지역 지정 등 고속철도 건설과 관련된 사항 규정	1996년 12월 31일

출처 : 한국교통연구원(2012), 2011 경제발전경험모듈화사업 : 한국의 고속철도 건설

③ 재원 조달

○ 1998년 1단계 사업을 기준으로 12조 7,377억원 사업비가 확정되었음. 이러한 사업비를 조달하기 위해 정부와 고속철도건설공단은 1993년 제 1차 수정계획을 확정하면서 재원조달 원칙을 수립하였음.

- 정부 재원조달로 전체 사업비의 45%를 조달하고, 나머지 55%는 고속철도건설공단에서 채권발행, 해외차입, 민자유치로 자체조달하기로 함.

○ 이후 2단계 사업의 사업비 7조 9,454억원은 정부와 공단이 50%씩 분담하여 조달하기로 결정함.

[표 361]고속철도 사업 단계별 재원조달 비율

구분	계	정부 재정지원			공단 자체조달			
		소계	출연	융자	소계	해외차입	채권발행 등	민자유치
총계	202,939	93,998	79,025	14,973	108,941	30,750	75,568	2,623
1 단계	127,377	57,320	44,582	12,738	70,057	30,750	36,684	2,623
2 단계	75,562	36,678	34,443	2,235	38,884	-	38,884	-

출처 : 한국교통연구원(2012), 2011 경제발전경험모듈화사업 : 한국의 고속철도 건설

○ 정부 재정지원은 2000년 이전까지 6,200억원 규모로 진행되다, 이후부터는 연평균 재정지원액의 40% 정도는 '교통사업특별회계'를 통해 재정융자 방식으로 지원되었음.

- 1999년 외환위기 후 곤란을 겪고 있는 정부의 재정구조상 일방적인 출연보다는 융자방식을 통해 고속철도건설공단의 책임을 강화한 것으로 보임.
- 그 결과, 최종적으로 정부출연이 전체 사업비의 30%, 재정융자가 전체 사업비의 15%를 차지하는 구성비를 보였음.
- 이는 1단계 전체 정부 재정지원 중 약 22%정도는 융자를 통해 조달하였고, 2단계에서는 전체 지원 중 약 6%정도를 융자를 통해 지원했음.
- 고속철도 건설 사업 진행에 소요되는 사업비가 대규모이면서 민자유치를 받기 힘든 사회간접자본 사업이므로, 정부 재원조달과 공단 내에서의 채권발행의 비율이 높은 것으로 파악됨.

④ 시사점

○ 국내 교통시설 포화상태를 해결하기 위해 적합한 형태의 대안을 찾고자 전문가들로 구성한 팀을 통해 기술적 타당성 분석을 실시하여, 고속철도 사업에 대한 타당성을 검증하였으며, 경부 축의 새로운 철도교통 사업을 시행하기 위해 기본계획화 기본설계 과정을 주 내용으로 한 기술조사를 실시하였음.

- 교통개발연구원, 루이서버저(미국업체), 유신설계공단, 철도기술협력회, 현대정공, 대우엔지니어링의 6개사가 노선계획과 같은 기본계획에서부터 궤도, 차량구조, 차량역학 등의 기본설계 과정까지 각 전문분야를 기술조사 실시하게 하였음.

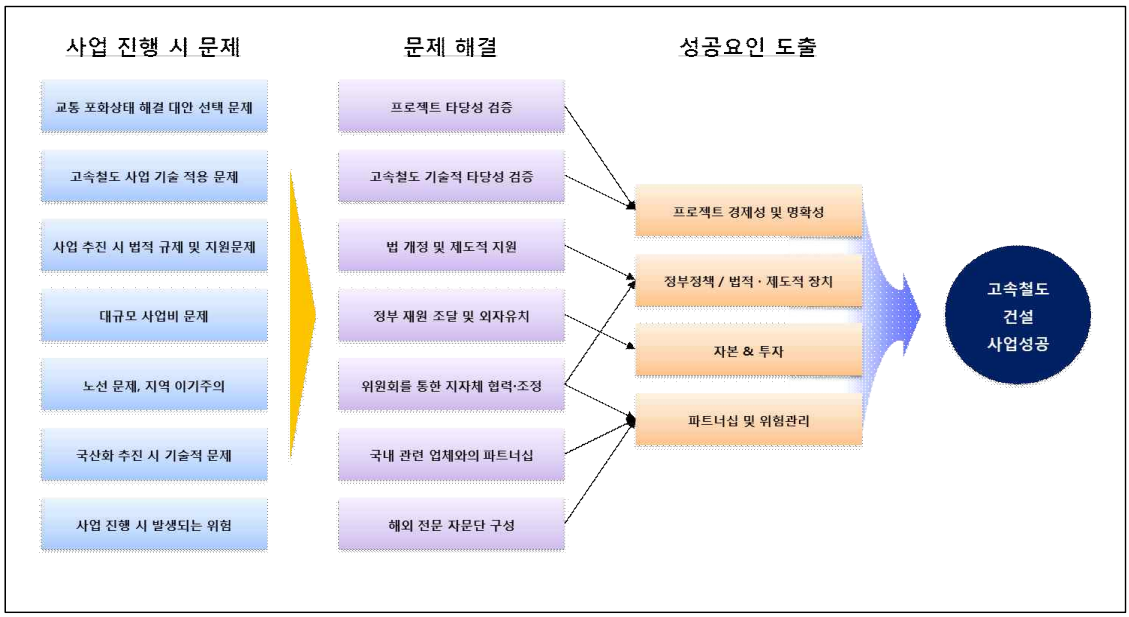
○ 사업타당성에 대한 검증 이후, 고속철도 건설 사업이 원활히 시행될 수 있도록 협의회 및 추진조직을 구성하고 이해관계자들과의 협의, 조정을 통해 관련법령을 개정하였음.

- 관련 정부부처 장관과 사업 관련 공공, 민간기관 장들로 이루어진 사회간접자본건
- 설추진위원회를 조직하여 협의와 조정이 이루어지도록 하였음.

○ 사업비 조달을 위한 정부재정지원과 채권발행을 통한 민간자본 유치, 해외차입을 진행하였으며, 재원 조달 시 고속철도 개통 이후 상환부담을

줄이기 위해 유리한 조건을 통해 해외 차입과 채권발행을 실시하였음.

○ 또한, 사업 진행 시 필요한 전문가 자문을 위해 해외 고속철도 관련 전문가들과의 파트너십을 유지하였으며, 노선 문제 해결을 위해 지자체와의 연계성을 높였고, 국산화 추진을 위해 국내 관련 기술, 부품 제공 업체들과도 네트워킹을 확보하여 진행하였음.



[그림 879]고속철도 사업 시사점

다) 타부처 사회간접자본 건설 사례 : 한국전력의 UAE원전 수출

○ UAE 정부는 총전력 수요가 2020년까지 약 1,500MW에서 40,000MW로 증가 예상됨에 따라 미래 전력 수요에 맞추어 아부다비 서쪽 페르시아 연안 지역에 5,600MW 규모의 원전을 국제 경쟁 입찰 방식으로 발주하였음.

○ 세계 원전 운영 국가로는 미국(104기), 프랑스(58기), 일본(54기), 러시아(32기), 한국(20기)의 순으로 우리나라는 세계 5위의 원전 운영국가임.

○ UAE 원전 사업은 프랑스 컨소시움(아레바, GDF수에즈, 프랑스전기공사, 토탈 등)과 미국GE, 일본 히타치 컨소시움과의 경쟁을 하였음.

○ UAE 원전 수출은 한국전력이 중심이 되어 국내 관련 공공기관과 민간기업, 정부의 지원이 이루어낸 성과로 국내 최대 규모의 SOC사업 수출 사례로 기록되고 있음.

○ 한국 원전 수출 사례 분석을 통해 SOC사업 진행과정과 특징을 분석하고, 사회간접자본 건설 시 핵심성공요인을 도출함.

① UAE 원전 사업 개요

○ 2009년 12월 27일, 약 186억불(원화 약 21조원) 규모의 UAE원전력 발전 사업자로 한국전력 컨소시엄이 선정되었으며, 이는 국내 단일 수출계약으로는 사상 최대의 프로젝트임.

- 한국형 원전 APR1400의 4기 건설, 핵연료 공급(초기 및 2주기 교체), 운영에 대한 사후 지원을 수행하는 사업으로, 턴키(Turn-Key)방식의 계약임.
- 준공목표는 1호기 2017년을 시작으로 4호기 2020년까지 건설하는 것임.

[표 362]고속철도 사업 단계별 재원조달 비율

사업규모	한국형 원전 APR1400 4기 건설(5,600MW)	
계약금액	약 186억불(원화 약 21조원)	
계약범위	◈원전(1,400MW) 4기 건설(EPC) ◈핵연료 공급(초기 및 2주기 교체) ◈운영지원	
사업/입찰방식	턴키계약/국제 공개 경쟁입찰	
준공목표	1호기(′17.5.1) 2호기(′18.5.1) 3호기(′19.5.1) 4호기(′20.5.1)	

출처 : 한국전력(2013), 원자력 해외사업현황

② 한전컨소시엄 구성 및 역할

○ 한전컨소시엄은 공공부문 주도의 SOC사업 수출 사업이었으며, 총 15개 공공·민간 기관이 참여한 사업단으로 사업 내용에 따라 역할을 나누어 수행하였음.

- 전반적인 사업의 운영은 한국전력, 주기기는 두산중공업에서 제작하고, UAE현지 원전 시공은 현대건설이 주로 맡아서 진행하였음.
- 그 외에도 원전 건설에 필요한 발전보조설비, 정비, 핵연료 설비 등에 전문 공공 및 민간 기관이 참여하여 팀의 완성도를 높였음.

○ 한국전력 컨소시엄은 한국전력의 주도하에 원자력 관련 조직(전체 80여명)이 결합하여 하나의 팀으로 운영하였던 점이 경쟁입찰에서 유리하게 작용하였던 것으로 분석됨.

[표 363]한전컨소시엄 구성 및 역할

구분	사업내용	컨소시엄 참여 업체
Developer	전반적인 사업 운영	한국전력
핵연료	핵연료	한국원자력연료
	종합설비 및 계통설계	한국전력기술
주기기	원자로 설비	두산중공업
발전보조설비	열교환기, 복수기, 탈기기 등	BHI, TSM텍, S&TC, 신텍, 성진지오텍
시공	발전소 건설	현대건설, 대림건설, GS건설
정비	경상정비 등	한전KPS, 일진에너지, 금화피에스시

출처 : 우리투자증권(2009), 산업분석 : UAE원전 수주 관련주 주목 필요

③ 원전 수출을 위한 정부지원

○ UAE 원전 사업 수주를 위해 한국전력 건물 내에 전시상황실(War-Room)을 설치하고, 이명박 대통령이 직접 수주전을 지휘할 정도로 정부 차원에서의 적극 대응을 하였음.

○ 정부가 한전컨소시엄의 원전 사업 수주를 위해 외교적 지원과 재정 지원을 하였으며, 이는 다른 경쟁국가와 차별화된 점임.

- 대통령과 중동 관련 인사들이 정부차원에서 방문하여 한전컨소시엄의 외교적, 재정적 지원을 아끼지 않았음.
- 국무총리, 국방부장관, 지식경제부장관 등 현직 각료들을 중심으로 이루어진 40명의 사절단을 UAE에 파견하여 반도체·조선·정보기술(IT)등 세계 최고 기술력을 가진 분야에서 경제협력하겠다는 의사를 비쳐 원전수출에 지원을 하였음.

④ 시사점

○ 한전컨소시엄의 UAE 원전 수출의 성공요인은 정부의 강력한 지원, 파트너십, 기술력, 가격경쟁력으로 도출됨.

○ 30만t급 초대형 유조선 180척, 초호화 여객기인 A380항공이 63대를 수출과 같은 규모의 UAE 원전 사업을 수주하기 위해 정부 차원에서 외교적, 재정적 지원을 아끼지 않았으며, 이는 강력한 경쟁국가였던 프랑스와의 경쟁에서 우위를 점할 수 있는 핵심요인으로 작용함.

- 국내 원전의 가장 큰 단점은 종합적 원전 사업 수출 경험이 없다는 것이

었으나, 이를 보완하기 위해 정부에서는 대통령이 직접 수주를 지휘하면서 지원을 아끼지 않았음.

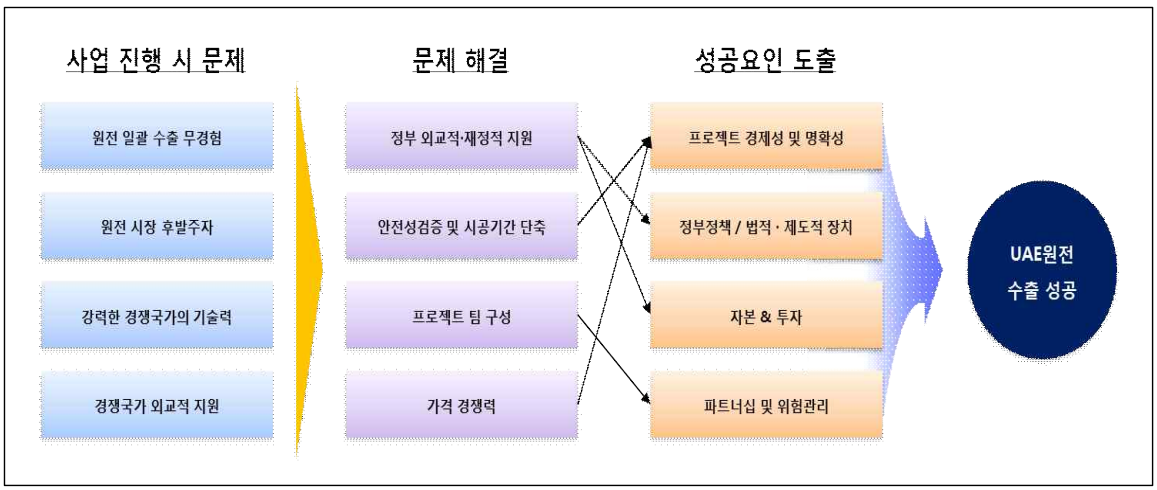
○ 15개 기관에서 각자가 맡은 분야의 전문가를 파견하여 한국전력을 중심으로 파트너십 구축이 잘 되어있던 점도 원전 사업 수주에 핵심 성공요인으로 작용하였음.

- 한국전력이 중심이 되어, 15개 공공, 민간 기관의 전문가들이 하나의 팀처럼 움직일 수 있었던 것은 참여기관들간의 파트너십이 강하게 형성되어 있기에 가능했던 것으로 파악됨.

○ 원전에 대한 안전성, 시공기간 단축이 가능한 기술력을 인정받아 프로젝트가 성사될 수 있었음.

- 1978년 원전을 가동하기 시작해 현재 20기의 원전을 보유하면서 최고의 기술력을 가질 수 있었고, 원전 일괄건설의 경험은 없었지만 그동안 핵심장치를 수출해 왔기 때문에 이미 기술력은 인정받은 상태였음.

○ 외교적지원, 기술력뿐만 아니라 최대 경쟁사였던 프랑스 아레바 컨소시엄과 가격차이가 50%이상이 나면서, 가격경쟁력을 갖추고 있었음.



[그림 880]UAE원전 수출 사업 시사점

(라) 사회간접자본 건설의 성공요인 및 시사점 도출

1) 사회간접자본 성공요인에 대한 연구

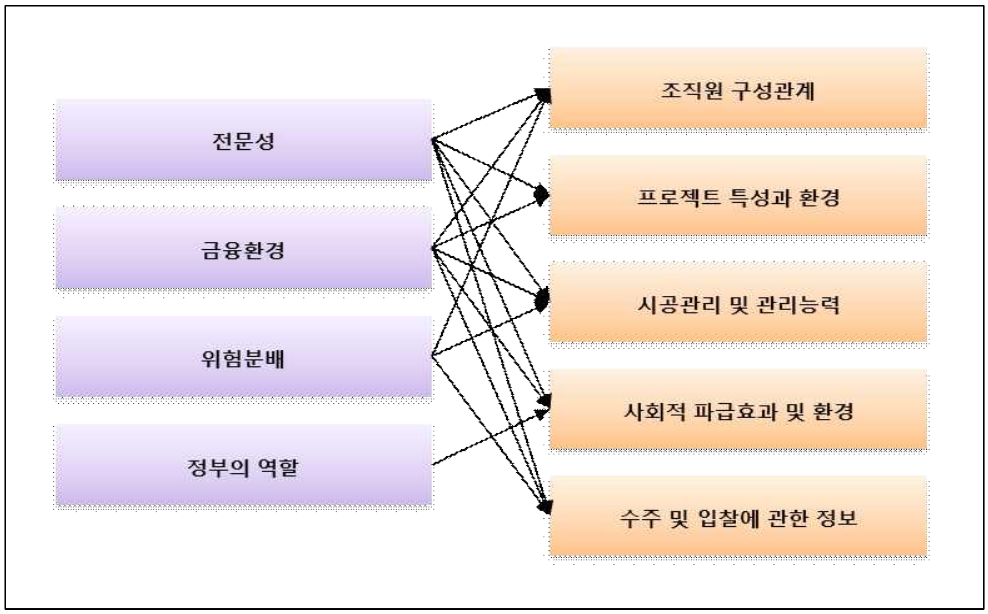
○ Tiong et al.(2001)은 'BOT 사업에 관한 핵심성공요인'에 관한 연구에서 BOT사업의 성공을 위한 사업시행자의 필수적인 6가지 핵심성공요인들의 중요성과 특징을 정성적으로 설명함.

○ 이 연구에서는 시행자의 정신, 적합한 사업의 선택, 컨소시엄의 역량, 상상력이 풍부한 기술적 솔루션, 차별화된 금융패키지 및 입찰 등의 분야를 들고 있으며, 이후 연구에서 상기 핵심성공요인들과 이들 하위요소들을 다음과 같이 제시함.

[표 364]사회간접자본(SOC) 프로젝트 성공영향 요인

핵심성공요인	설명	하위요소
기업가 정신 및 리더십	기업가 정신은 기업가가 현재 보유하고 있는 재정적, 기술적 자원을 넘어선 기회의 추구로서 정의됨	①계산된 리스크의 부담 ②주무관청과의 신용구축 ③핵심 기업가나 주요한 계약자로부터의 리더십
적합한 사업에 대한 특징	BOT계약을 수급함에 있어서 핵심적인 요인 중 하나가 적합한 사업을 특정하고 선택하는 일임	①정확한 수요 예측 ②민영화하기에 이상적인 사업 ③독점에 가까운 권리 획득 가능성 ④주무관청의 자금 부족
컨소시엄의 역량	사업시행권을 수급하기 위해서는 컨소시엄 내에 견고한 파트너십이 있어야 함	①인내력과 자금력 ②다방면의 다국적팀
기술적 솔루션의 우월성	상상력이 풍부한 기술적 솔루션은 BOT 방식 사업을 낙찰 받을 수 있는 또 다른 핵심요소임.	
차별화 된 금융패키지	민간부문에서 제출하는 제안에 대한 평가는 기술적, 재무적 양 측면에서 고려되나, BOT 사업 시행권 수급에 관한 최종적인 결정 요인이 될 가능성이 있는 것은 기술적 요소라기보다는 상업적이고 재정적인 고려사항임.	①낮은 건설비 ②수용 가능한 통행료/세율 수준 ③합리적으로 높은 부채 대비 자본율 ④짧은 사업시행기간
차별화 된 보증		①정부의 특정한 우려를 해결하기 위한 계약 보증 ②차별화 된 특징

○ 안용선 외 2(2011)는 전문가들을 대상으로 한 조사에서 사회간접자본 성공요인은 전문성, 금융환경, 위험분배, 정부의 역할 등 4가지 대분류로 나누고, 4가지 대분류에 대해 5가지 소분류, 즉, 조직원구성관계, 프로젝트의 특성과 환경, 시공관리 및 관리능력, 사회적 파급효과 및 환경, 마지막으로 수주 및 입찰에 관한 정보 등으로 분류하여 제시하였음.



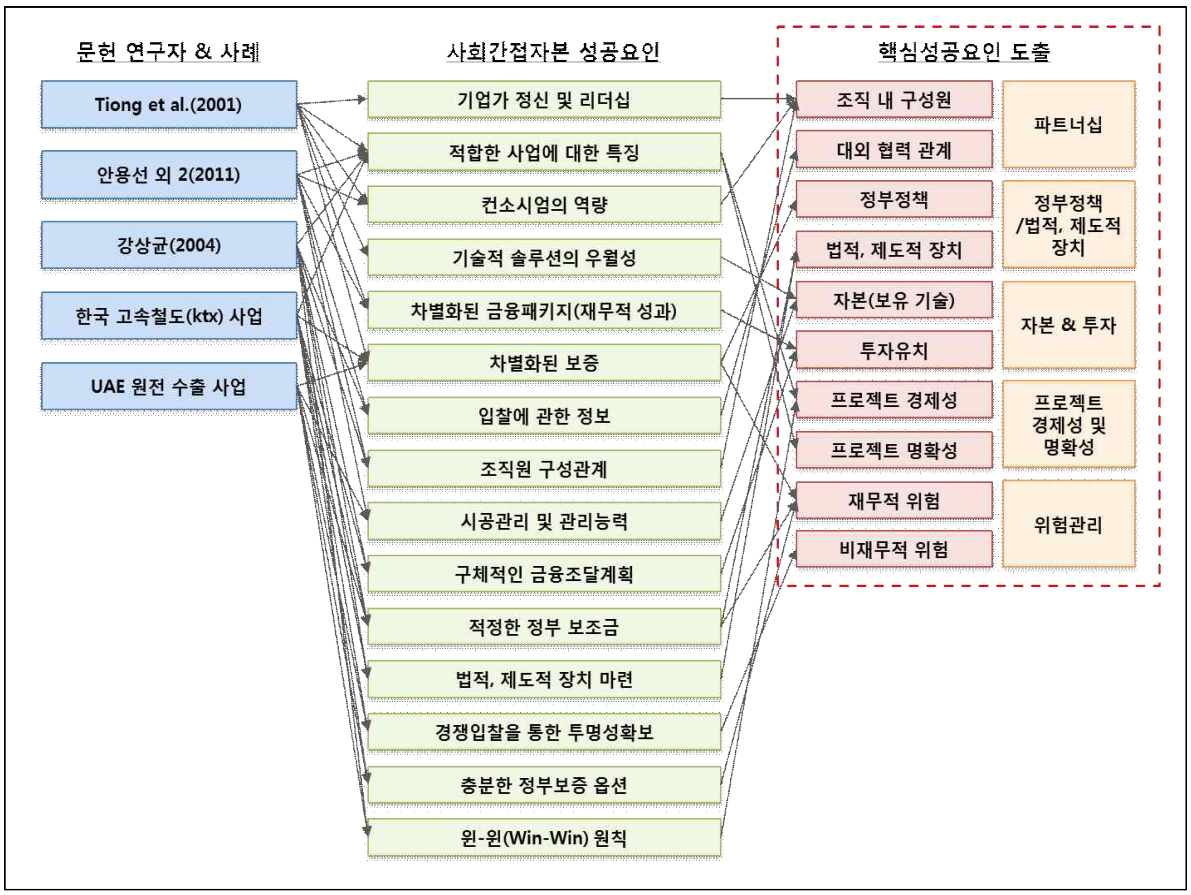
[그림 881]사회간접자본 성공요인 도출 (안용선 외2, 2011)

○ 강상균(2004)은 문헌연구 및 전문가 의견을 수렴하여 SOC프로젝트가 성공적으로 수행되기 위한 요인으로 다음과 같은 8가지 요인을 제시함.

[표 365]사회간접자본(SOC) 프로젝트 성공적 수행을 위한 요인

성공 요인	세부 내용
적절한 민자사업 대상자의 선택	·사업관련 정보에 대한 면밀한 분석 ·정치적 및 비경제적 논리의 배제 ·국가/사회적 편익분석
구체적이고 안정적인 금융조달계획	·사업재원 등에 대한 구체적 계획 ·자기자본과 타인자본의 적정 배분 ·제한적인 소구
윈-윈(win-win)원칙	·공공성과 수익성의 조화 ·이해관계자간의 이익 및 위험분담
적정한 정부 보조금	·민간투자금과 정부재정지원금의 적정배분 ·정부보조금의 최대 상한선을 설정 ·장기, 지속적인 보조금 예산수립
법적, 제도적 장치의 마련	·사업추진절차의 간소화와 투명화 ·구체적 절차와 내용에 대한 제도적 장치 ·외자유치를 위한 예외규정
정부의 신용/정책의 신뢰성	·정부보상규정에 대한 명시화 ·정부의 약속준수 ·정부의 전문성 확보
경쟁입찰	·사업비 절감방안을 검토 ·경제 참여자의 확대 ·공정하고 투명한 절차진행
충분한 정부보증 옵션	·정부보증에 대한 구체적 내용 ·수익에 대한 통제시스템

○ 위 문헌 연구에서 분석한 성공요인과 앞의 고속철도 사업, UAE원전 수출 사례에서 분석·도출한 사회간접자본 성공요인을 종합하여 5가지 핵심 성공요인을 도출하였음.



[그림 882]사회간접자본 핵심성공요인 도출

○ 사회간접자본 건설 핵심 성공요인은 파트너십, 정부정책/법적, 제도적 장치, 자본&투자, 프로젝트 경제성 및 명확성, 위험관리 총 5개로 도출 될 수 있음.

○ 기업가 정신 및 리더십, 컨소시엄의 역량, 조직원 구성관계, 입찰에 관한 정보 성공요인이 파트너십으로 분류되어 핵심성공요인으로 도출됨.

- 팀의 성향이 기업가 정신 및 리더십이 강할수록 사회간접자본 사업 추진에 성공할 확률이 높았으며, 컨소시엄의 구성원이 사업 수행에 대한 핵심역량을 갖추어져야 사업을 성공적으로 수행할 수 있었음.
- 입찰에 관한 정보습득을 위한 외부 네트워킹 확보도 사회간접자본 사업

추진에 있어 중요한 요인으로 분석됨.

○ 차별화된 보증, 법적, 제도적 장치 마련은 정부정책/법적, 제도적 장치 핵심성공요인으로 분류되었음.

- 사업 수행에 있어 차별화된 보증은 사회간접자본 사업 수주 시 유리한 요인으로 작용하였으며, 이는 정부의 법적, 제도적 장치 마련에서 비롯되었음.

○ 기술적 솔루션의 우월성, 시공관리 및 관리능력, 구체적인 금융조달계획, 차별화된 금융패키지(재무적 성과)는 사회간접자본 사업 수행 시 자본 및 투자에 대한 핵심성공요인으로 도출됨.

- 사회간접자본 사업 수행 시 필요한 기술력(핵심 기술, 신기술, 공기단축 기술 등)을 확보할수록 재무적인 성과를 보일 수 있으며, 시공관리 및 관리능력은 사업 수행 시 중요한 요인으로 분석되며, 사업 수행에 대한 구체적인 금융조달계획이 있으면 사업 수행 시 성공할 확률이 높음.

○ 적합한 사업에 대한 특징, 윈-윈(Win-Win)원칙은 프로젝트 경제성 및 명확성의 성공요인으로 도출됨.

- 사업에 대한 경제성이 높거나 구체적일수록 사업이 성공할 확률이 높은 것으로 분석되었음.

○ 차별화된 보증, 적정한 정부 보조금, 충분한 정부보증 옵션, 경쟁입찰을 통한 투명성 확보는 위험관리 핵심성공요인으로 도출됨.

- 차별화된 보증(정부 보조금, 보증 등)이 마련되어 있으면 사회간접자본 사업 수행에 유리하게 작용하는 것으로 나타났으며, 경쟁입찰을 통한 투명성 확보는 사업에 대한 위험을 감소시켜주는 요인으로 분석됨.

(5) 기술사업화 공공-민간 파트너십

(가) 공공-민간 파트너십(PPP)의 정의

○ 일반적으로 PPP는 Public-Private Partnership의 약어로 “공공-민간 파트너십은 공공부문과 민간부문이 파트너십을 형성하여 수행하는 공공서비스의 조달 및 이와 관련된 제반 방법”을 뜻함(JICA, 2006). 여기서 공공(Public)이란 중앙정부 및 지방정부 차원의 공공자원을, 민간(Private)은 민간 기업을 중심으로 한 민간부문(Private sector)의 자원을 의미함.

○ 그리고 PPP란 일반적으로 병원, 학교, 감옥, 도로, 다리, 터널, 철도, 수도 및 하수처리 시설과 같은 전통적으로 정부에 의해 제공되었던 인프라 자산(assets)과 서비스를 민간부문이 제공하는 방식을 지칭하는 용어로도 사용됨. 나아가 특별한 개발과제를 실행하기 위한 양자 및 다자간 기관과 민간부문과의 협력이나 효율적인 공공서비스의 실현을 위한 정부, 민간기업, NPO, 커뮤니티 기반의 조직(CBOs) 등이 업무를 분담하는 협력관계라고 정의하기도 함.

○ 즉, 개도국 개발 지원을 위한 정부와 민간의 협력체제. 정부가 기업의 대개도국 원조 진출을 지원하는 방식으로, 민간부문의 자금, 기술, 전문성 등 개도국 진출 사업에 활용될 수 있도록 협력하는 것을 의미(민관공동사업, 공동기금 등)함.

○ PPP는 한국에서는 민관(民官)파트너십으로 불리는데, 여기서 관은 중앙 및 지방정부를 포함하는 조직을 의미하고, 민은 민간기업(및 시민사회단체)을 의미함(곽재성 외, 2011).

○ 종합적인 의미로 PPP는 정부 주도 하에 민간영역의 참여자들, 특히 기업과 시민사회단체들이 참여하여 공동의 목적을 위해 달성하기 위해 연대체를 형성하고 각자의 경험과 노하우를 공유하면서 위험과 책임 그리고 자원뿐만이 아니라 이익과 손해를 함께 분담하는 것을 말하고 있다(Utting and Zammit, 2006).

1) 국제기구의 PPP에 대한 정의

○ OECD에서는 “정부와 민간을 동등한 동반자적 차원으로 상정하고 서로의 장점을 활용하는 형태”로, World Bank는 “전통적으로 정부가 제공하던 사회기반 시설과 서비스를 민간부문이 공급하는 것”이라고 함.

○ 세계경제포럼(World Economic Forum, WEF)은 “공유된 위험, 책임, 수

단, 능력을 수반하는 공통의 목표 달성 또는 특정한 요구를 충족시키기 위해 다양한 분야의 동등한 역할자 간에 자발적, 연합적으로 협력하기로 동의하는 것”으로 정의함.

○ UN은 “민간과 공공부문 간에 공통적인 배경을 인식하고 개발 쟁점에 관해 민간의 기술과 전문성에 공공부문의 합법성과 지식을 결합하는 것”으로 정의함.

2) 국가별 PPP에 대한 정의

○ 영국은 ‘장기계약에 따라서 공공부문이 민간부문으로부터 서비스를 구매하는 협약’, 독일은 “공공부문의 개발협력과 민간사업의 연합을 통해 양쪽 파트너가 이익을 얻는 것”으로 정의함.

○ 일본은 “공공부문의 프로젝트를 민간부문의 자금 및 운영과 결합하는 협력적인 계획”의 개념으로 이해하고 있음.

○ 미국에서는 “상호이익을 위하여 개발프로그램에 공동 투자”로 정의하며, 투자 측면에서의 PPP를 이해하고 있음.

○ 캐나다에서는 파트너로써 위험, 보상의 분배의 개념을 중점으로 이해하고 있으며, 이를 통해 공공의 서비스를 향상시키려는 수단으로 정의하였음.

[표 366]국가 및 국제기구 별 공공-민간 파트너십(PPP)의 정의

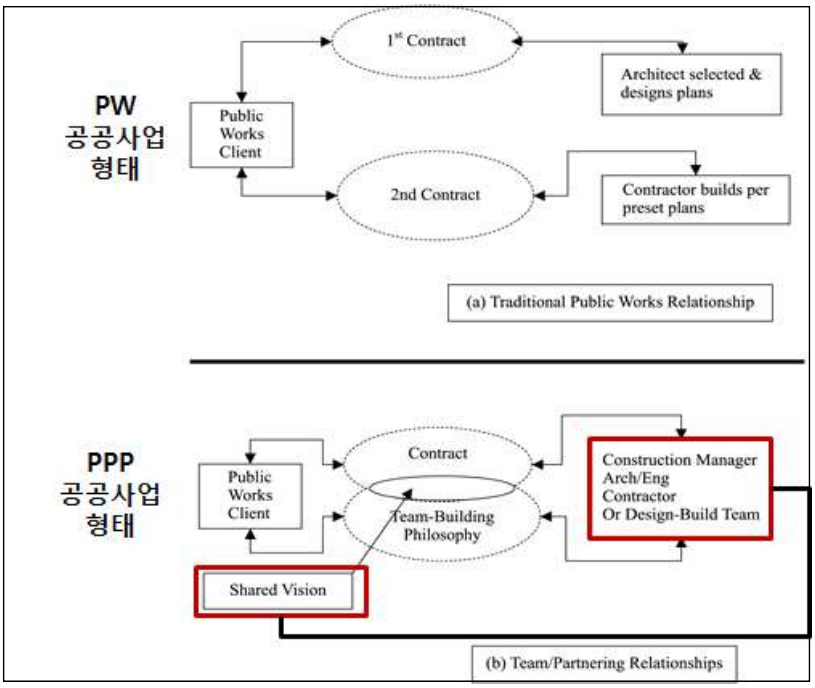
구 분	내 용
EC	·공공기관과 기업이 협력하여 인프라 건설, 개선, 관리 및 유지 또는 서비스 제공을 목적으로 함
IMF	·전통적으로 정부가 제공하던 인프라와 관련된 자산과 서비스를 민간부문이 제공 ·민간부문의 투자뿐만 아니라 서비스 제공에 역점을 두고 있으며, 정부의 리스크를 민간부문에 이전하는 특징을 가지고 있음
OECD	·정부와 민간파트너 간의 협약에 의하며, 서로 위험을 분담함 ·정부의 서비스 제공의 목적과 민간파트너의 수익 목적과 일치할 수 있는 형태의 사업을 대상으로 함
UN	·개발 분야에서 민간부문과 공공부문의 상생을 위해 민간의 기술 및 전문성을 공공부문의 적법성 및 지식과 결합
미국	·공공부문과 민간부문이 상호이익을 위하여 개발프로그램에 공동 투자
영국	·재원은 공공부문에서 제공하고, 민간부문은 정부가 추진할 경우 발생 가능한 위험을 부담
캐나다	·공공부문과 민간부문의 협력적인 투자로 각 파트너의 전문기술을 기반으로 자원, 위험, 보상의 적절한 분배를 통해서 명확하게 정의된 공공의 요구를 가장 잘 만족시키는 것
독일	·공공부문과 민간무문이 상호이익을 도모하여 서로의 장점을 활용 ·민간기업은 개발협력 경험을 활용하여 개도국에서의 투자안전망 확보, 신흥시장 진출, 장기적인 영업 건전성 확보 ·개발협력은 민간부문을 활용하여 지속가능성과 비용효율성 제고

출처 : 한국국제협력단(2011), 효과적인 공공-민간 파트너십 사업 모델 연구

○ 각 국가와 국제기구 별로 PPP의 요건을 주로 언급하고 있으며, 공통적인 요건은 공공서비스, 투자 및 위험분담, 2개 이상의 파트너, 공공과 민간의 장점을 활용하여 공공서비스의 효율화 및 시너지 효과를 높이는 것을 목적으로 하고 있음.

3) 공공-민간 협업체계(PPP)와 공공업무(PW)의 차이점

○ 과거 도로·철도·항만·공항 등의 사회간접자본(SOC) 건설은 공공기관의 업무(Public Work)였으나, 최근에는 민간이 사업에 참여하는 PPP (Public-Private Partnership)의 형태로 사회간접자본이 건설되고 있음.



[그림 883]PPP vs PW 계약 및 운영 차이

출처 : Carol Jacoboson, Sang Ok Choi(2008), Success factors : public works and public-private partnerships, International Journal of Public Sector, 21,6, pp.637-657

○ PW(Public Work)의 경우 공공사업의 설계에서 유지보수까지 공공기관이 직접 계약을 하고 수행하는 형태로 과거 사회간접자본 건설 시 이러한 프로세스로 진행되어 왔음.

○ PPP(Public-Private Partnership)의 경우 프로젝트 진행 시 공공과 민간이 협업을 통해 사업을 운영하는 형태로, 공공과 민간이 서로 보완하여 시너지 효과를 낼 수 있는 형태임.

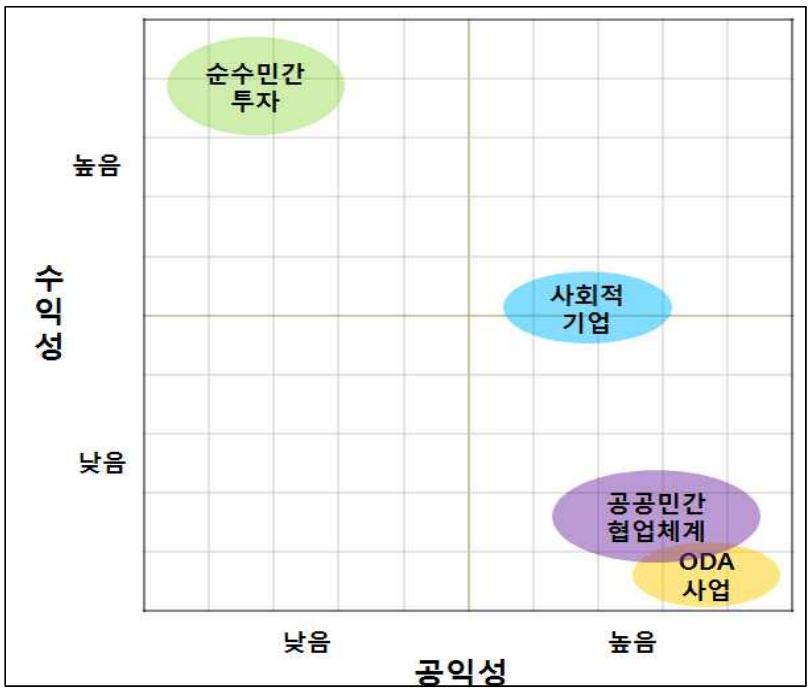
(나) 공공-민간 협업체계(PPP)의 특성 분석

1) 수익성과 공익성

○ 세계 각국이 PPP를 이용하여 도시개발사업, 도로・교통 개발, 지하자원 개발, 항만건설 등의 인프라(Infra-structure)사업을 추진하고 있으며, 자국은 물론 선진국 및 개도국 모두를 대상으로 진행하고 있음.

○ 하지만, 각 국가별 정의와 개념에 차이가 있듯이, PPP의 적용대상 및 추진방식에 대해 상이하게 나타남.

○ 사업 추진 형태와 관계없이 경제적 효용이 같은 사업들이 가지는 위치를 수익성과 공익성이라는 측면에서 타나내는 매트릭스에서 공공-민간 협업체계는 순수 공적원조 사업(ODA)으로부터 좌상단 방향으로 수익성 보다는 공익성의 사업이라는 것을 알 수 있음.



[그림 884]사업 속성별 수익성-공익성에 따른 포지셔닝

출처 : 한국국제협력단(2011), 효과적인 공공-민간 파트너십 사업 모델 연구

○ 공공-민간 협업체계의 장점은 민간의 효율성과 기술, 관리능력의 도입을 통해 공공사업에서 흔히 발생하는 공사비초과(Cost overrun) 및 부실공사의 단점을 개선하고 민간자본 시장을 통해 재원을 조달함으로써 정부재정을 개선할 수 있음.

2) 공공-민간협업체계의 잠재적인 이점

○ 공공부문이 민간과의 협업체계를 구성하면서 기존의 공공위주의 사업의 단점을 보완, 수정할 수 있는 기회가 생길 수 있으며, 이는 공공-민간 협업체계의 가장 큰 특징임.

가) 프로젝트 선택 능력 향상

○ 공공과 민간이 어느 한쪽에서의 사업 선택보다는 협업하여 사업을 선택 진행하면 더욱 철저한 실사를 하는 경향이 생겨 낭비하거나 사업성이 없는 프로젝트는 잠재적으로 필터링 되는 경우가 발생함.

- 공공과 민간 조직은 서로 다른 관점에서 사업을 검토하기 때문에 어느 한쪽의 관점이 아니라 양쪽의 관점을 다 반영한다는 점에서 PPP는 프로젝트 선택력이 향상되는 특성이 있음.
- 기존의 공공부문에서의 프로젝트 선택의 기준은 공익성이 중시되어, 프로젝트 진행 후 수익적인 구조가 불안정하여 투자대비 손실이 컸으나, 민간과의 협업체계를 구축하면서 공익성과 수익성을 함께 고려하여 선택할 수 있게 되었음.

나) 인프라 제공의 가속화

○ 공공 인프라에 대한 공공 자금은 투입은 늦어지는 현상이 발생하는데, 민간부문의 자금이 유입됨에 따라 인프라 제공에 대한 가속화를 가지고 올 수 있으며, 거시경제 효과를 촉진 할 수 있는 잠재적 이점이 있음.

다) 전체 수명주기 비용의 최적화

○ 공공-민간협업체계는 민간부문의 이윤동기와 자본시장 규율에 따라 운영하기 위해 노력하는 것이 작용하여 전체 수명주기에 대한 비용이 최적화 될 수 있음.

○ 민간부문의 참여에 따라 효율적으로 운영하기 위해 관리 지식 및 기술을 활용하고, 초기 기술 및 프로세스 혁신에 대한 투자를 통해서 전체적인 비용을 줄일 수 있음.

라) 매출 혁신

○ 민간 부문의 체계적으로 자산을 양 및 활용도를 높여서 수익기회를 극대화 할 수 있으며 이를 통해 서비스와 제품개발에 더 혁신적일 수 있으며, 신규 고객을 확보 할 수 있음.

(다) 공공-민간 파트너십(PPP)의 국내 · 외 현황분석

1) 공공-민간 파트너십의 국내 현황 분석

○ PPP의 출발은 민간 분야보다 상대적으로 저렴하게 재정 투자를 감당할 수 있는 공공부문과 운영에 상대적으로 효율성이 높은 민간부문이 협력함으로써 최적의 투자 및 운영효율성을 달성하고자 하는 목적에서 비롯되었음.

○ 1994년 「사회간접자본시설에 대한 민자유치촉진법」이 도입되기 전까지는 사실상 국내의 체계적인 PPP사업은 전무했다고 볼 수 있음.

○ 이후 PPP사업에 대한 이해 부족 등으로 PPP사업이 활성화되지 못하자, 2004년 정부는 「사회간접자본시설에 대한 민간투자법」을 제정하고 보다 적극적인 PPP사업을 지원하였음. 이 때, 핵심적인 요소는 저조한 민간투자사업자들의 참여를 장려하기 위해 만든 민간사업자에 대한 최소수입 보장 규칙임.

[표 367]국내 PPP사업 발전 단계

구분	법률	주요내용
제1기 (1968~1994)	개별법	·개별법(도로법, 항만법 등)에 의한 산발적인 민간투자사업 추진 ·제도 정비 미흡 등으로 실질적인 민간투자사업의 체계를 갖추지 못함
제2기 (1994~1998)	「사회간접자본시설에 대한 민자유치촉진법」 제정 (1994. 8. 3)	·「사회간접자본시설에 대한 민자유치촉진법」 제정으로 민간투자제도 도입·체계화 ·제1종 시설(BTO)과 제2종 시설(BOO)로 구분 ·정부 주도의 사업 추진체계와 민간에 대한 참여유인 부족으로 투자 참여 저조 ·정부와 민간 모두 민자사업에 대한 이해와 경험 부족 ·금융시장 기반 및 재원조달 금융기법의 미흡 ·외환위기로 민간투자사업의 전면 중단
제3기 (1999~2004)	「사회간접자본시설에 대한 민간투자법」 으로 개정 (1998. 12. 31)	·「사회간접자본시설에 대한 민간투자법」으로 개정 ·민간투자 활성화를 위한 적극적인 정부 지원과 역할 분담 강화 ·제1종 시설과 제2종 시설 구분 폐지 및 사업 추진 방식 다양화
제4기 (2005~현재)	「사회기반시설에 대한 민간투자법」 으로 개정 (2005. 1. 27)	·BTL 방식의 도입 및 민간제안사업에 대한 적격성 조사 의무화 ·공모방식을 통한 인프라 펀드의 활성화 ·경쟁 심화 및 수익형 사업의 추진 여건 악화

출처 : 박진영(2013), 한국 교통부문 민간투자 효과와 시사점, 2013 KOIT-OECD ITF공동세미나

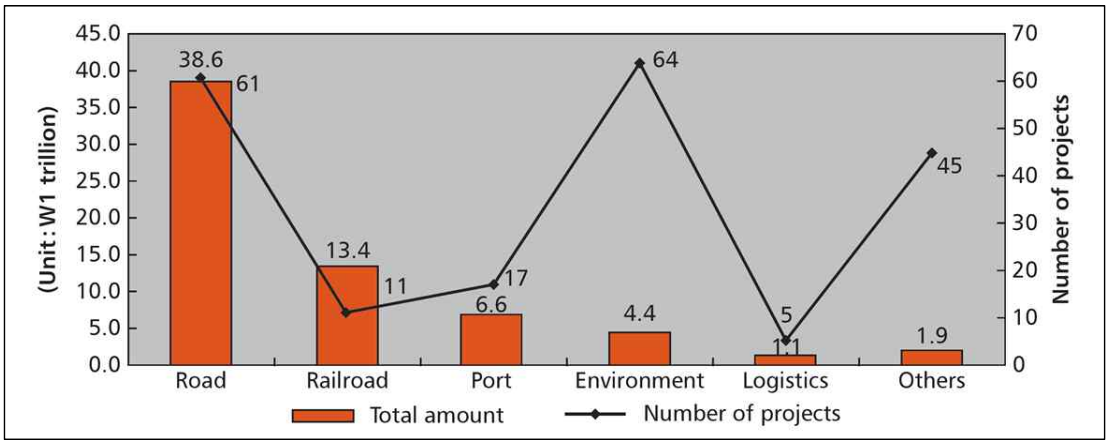
[표 368]각 분야별 PPP사업 가능 시설에 대한 규정

분야	기반시설 종류
도로(4)	도로와 주변 시설, 주차시설, 첨단교통체계, 환승센터
철도(3)	철도, 철도시설, 도시철도
항만(3)	항만시설, 어항시설, 신규 항만 건설을 위한 시설
공항(1)	공항시설
수자원(3)	다목적 댐, 수변시설, 수중작업
통신(5)	통신시설, 정보통신체계, 광대역 통신시설, 지도정보체계, 유비쿼터스 도시시설
에너지(3)	전기 기반시설, 가스공급시설, 공동에너지 시설
환경(5)	분뇨 처리시설, 가축분뇨 처리시설, 쓰레기 처리시설, 재활용 시설, 하수시설
물류(2)	배송센터 및 화물 터미널, 승객터미널
교육(1)	학교 및 학교시설
국방(1)	군인숙소
주택(1)	공공임대주택
복지(3)	노인복지주택 및 의료시설, 공공 건강 및 의료시설, 육아시설
산림(2)	자연휴양시설, 수목원
문화 및 관광(9)	관광시설, 청소년 체력단련 시설, 공공 체육관, 도서관, 박물관 및 미술관, 국제회의장, 문화센터, 과학관, 도시 공원

출처 : 박진영(2013), 한국 교통부문 민간투자 효과와 시사점, 2013 KOIT-OECD ITF공동세미나

○ 제정된 「사회간접자본시설에 대한 민간투자법」은 PPP사업의 구체적인 사업 분야와 절차를 규정하고 있으며, 교통부문은 도로·철도·항만·공항으로 나누어 사업가능 분야를 구체적으로 정의하고 있으며, 수자원·통신·환경·물류·문화관광·교육·주거 및 복지 등의 분야에 대해서도 PPP사업 가능 시설로 규정하고 있음.

○ 국내 교통부문 PPP사업 현황을 살펴보면 2010년 말을 기준으로 총 사업 700억달러 규모의 227개 사업 중 440억달러 규모의 62개 사업으로 규모가 큰 핵심 사업은 모두 교통부문임.

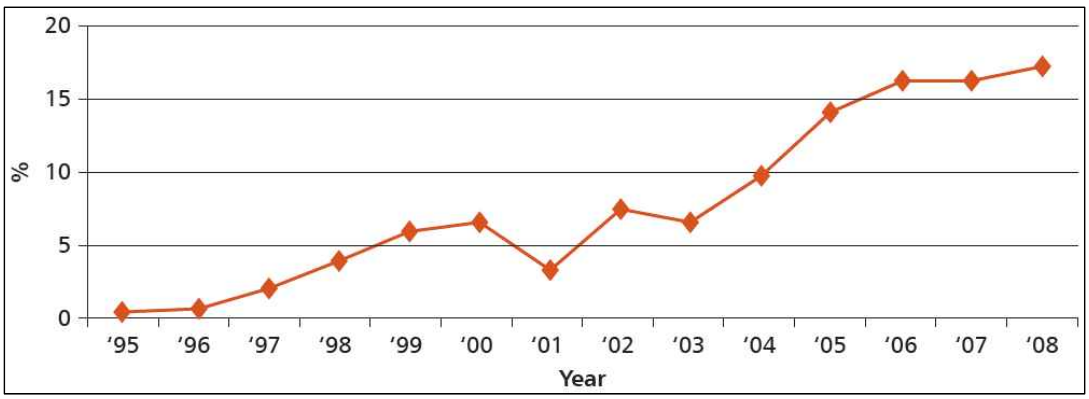


[그림 885]분야별 국내 PPP사업 투자 현황

출처 : KDI(2011), Public - Private Partnership Infrastructure Projects: Case Studies from the Republic of Korea

○ 분야별 국내 PPP사업 투자 현황을 살펴보면 사회간접자본 철도부문 프로젝트 규모는 11개 프로젝트 13.4조원 규모로 도로부문 다음으로 큰 규모임을 알 수 있음.

○ 국내의 사회간접자본 건설 추진방식에서 PPP/BTO의 투자비율이 2008년 전체의 15%를 초과하고 계속해서 증가하는 추세를 보이고 있음.



[그림 886]사회간접자본 국내 PPP 투자 비율 변화

출처 : KDI(2011), Public - Private Partnership Infrastructure Projects: Case Studies from the Republic of Korea

2) 공공-민간 파트너십의 해외 현황 분석

○ 공공-민간 협업체계는 공공인프라 건설과 깊은 관련이 있으며, 세계은행은 1994년도 연보(World Development Report 1994: Infrastructure for

Development)에서 개발과정에서 있어서 인프라 건설의 핵심적인 역할을 부각하고 있음

○ 즉, 적절한 인프라는 한 국가가 생산의 다변화, 무역확대, 인구성장 대책, 빈곤감소, 환경문제 대응 등에 있어서 성패를 좌우한다는 것이므로 중요성은 갈수록 증대되어 세계적인 관심도 증가하고 있음.

[표 369]공공-민간 협업체계(PPP) 지역별 프로젝트 현황

(단위 : %)

지 역	PPP Total	PPP 프로젝트 유형		
		BOT/BTO / Concession	DBFO	DBOM/DB
유럽	37.8	44.6	58.1	31.9
아시아&극동아시아	36.7	27.2	31.1	20.3
북아메리카	15.8	16	3.5	43.6
라틴아메리카&아프리카&중동지역	9.7	12.2	7.3	4.2
총괄(Total)	100	100	100	100

출처 : Ahmed M. Abdel Aziz, M.ASCE(2007), Successful Delivery of Public-Private Partnerships for Infrastructure Development, Journal of Construction Engineering and Management

○ 가장 많은 비율을 차지하고 있는 것은 37.8%로 유럽지역이고, 개발 도상국이 많은 아시아와 극동아시아도 36.7%의 비율을 차지하고 있음.

○ 공공-민간 협업체계(PPP)의 프로젝트 유형은 유럽과 아시아&극동아시아 지역에서는 DBFO(Design Build Finance Operate)가 가장 많은 유형으로 추진되었으며, 북아메리카 지역은 DBMO/DB 방식이, 개발도상국이 많은 라틴아메리카&아프리카&중동지역은 BOT/BTO/Concession 유형이 가장 많은 것으로 나타났음.

[표 370]민간참여에 의해 이루어진 전 세계 사회기반시설사업 규모

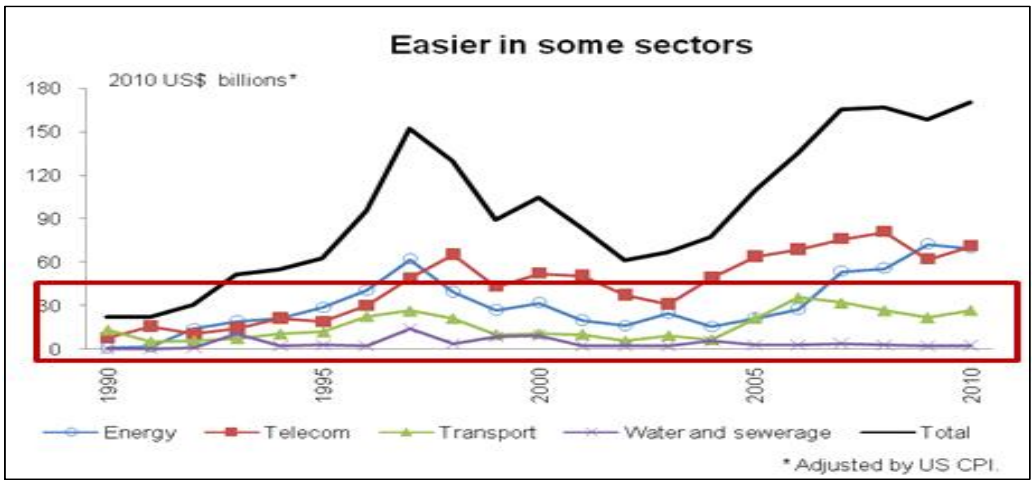
구분	1996	1998	2000	2002	2004
에너지	30.0	29.3	27.4	19.2	12.7
정보통신	24.6	51.8	48.9	33.0	45.0
교통	15.7	17.5	9.1	3.6	4.5
상하수도	1.7	2.2	4.8	2.0	1.9
합계	72.1	100.9	90.2	57.8	64.1
동아시아-태평양	28.0	9.7	14.3	9.7	8.7
유럽 및 중앙아시아	10.5	12.1	25.0	16.8	12.5
라틴 아메리카	25.8	71.2	38.7	19.6	17.4
북부 아프리카	0.3	3.1	4.1	1.6	10.9
남부 아프리카	5.8	2.3	4.4	6.0	9.6
사하라 이남 아프리카	1.7	2.5	3.7	4.2	4.9

출처 : 박진영(2013), 한국 교통부문 민간투자 효과와 시사점, 2013 KOIT-OECD ITF공동세미나

○ 부문별로는 민간의 사업 가능성이 높은 통신 분야가 가장 많은 비중을 차지하고 있으며, 교통이나 수자원 분야는 상대적으로 낮은 편을 보이고 있음.

-이는 통신이나 에너지 분야의 경우 사업영영이 명확하고 민간이 수익을 확보할 수 있는 다양한 수단이 존재한다는 점 때문에 민간 참여율이 높음.

○ 교통이나 수자원 분야의 경우 사업의 공공적인 성경이 강하고 민간이 수익을 확보할 수 있는 기회가 상대적으로 부족하기 때문에 참여율이 낮은 것으로 보임.



[그림 887]산업별 PPP 적용 현황

출처 : KDI(2011), Public - Private Partnership Infrastructure Projects: Case Studies from the Republic of Korea

(라) 공공-민간 파트너십(PPP) 성공요인 및 시사점 도출

1) 공공-민간 파트너십(PPP)의 성공요인

○ Jacobson(2008)의 공공과 공공-민간협업체계의 성공요인 분석 연구에서 특정 비전 통합, 헌신, 오픈 커뮤니케이션과 신뢰, 타협의지/협력, 존중, 지역 사회 공헌, 정책적 지원, 전문가자문 및 검토, 위험지각, 명확한 역할과 책임이 공공-민간협업체계 프로젝트 진행 시 중요한 요인으로 도출되었음.

[표 371]Jacobson의 PPP 성공요인 연구

성공요인	내용 설명
Unifying specific vision (특정 비전 통합)	· 민간과 공공의 공통의 비전이 있어야 함 · 수익적인 부분은 제외
Commitment (헌신)	· 프로젝트에서 창출되는 수익부분에 대한 분배 · 프로젝트 이익의 소유권
Open communication & trust (오픈 커뮤니케이션과 신뢰)	· 공공-민간의 이슈에 대한 오픈 커뮤니케이션 구조 · 오픈 커뮤니케이션을 통한 신뢰 구축
Willingness to compromise/collaborate (타협의지 / 협력)	· 공공-민간의 Team work과 시너지 효과 구축 · 공통된 목표를 향한 업무 협력
Respect (존중)	· 공공-민간 서로의 업무에 대한 respect 수준
Community outreach (지역사회공헌)	· 프로젝트 건설 지역에의 사회적 공헌수준
Political support (정책적 지원)	· 프로젝트에 대한 의회의 지원
Expert advice & review (전문가 자문 및 검토)	· 프로젝트 관련 전문가의 자문(전문지식, 경험 등)
Risk awareness (위험 지각)	· 예산이나 재무적 위험 측정
Clear roles & responsibilities (명확한 역할과 책임)	· 각자 맡은 역할에 대한 이해와 협력

출처 : Jacobson, "Success factors public works and public-private partnership", International Journal of Public Sector, vol21, no6, 2008

○ 이 연구에서는 공공-민간 협업 프로젝트 진행 시 공공부문과 민간부문이 하나의 조직과 같이 원활하게 사업을 수행하기 위한 성공요인을 중점으로 보았음.

- 공공과 민간의 공통의 비전을 제시하고, 서로가 수익에 대한 분배에 있어 헌신적인 태도를 보여야 하며, 오픈커뮤니케이션을 통해 서로의 업무에 대한 이해를 높이고, 신뢰를 구축해야 함.
- 서로의 업무에 대해 존중해야 하며, 각자가 맡은 역할을 명확히 하여 업무에 대한 책임을 가지고 프로젝트를 진행해야 함.

○ 이 같은 성공요인은 공공부문과 민간부문이 서로 다른 조직적 특성을 완화시키고, 프로젝트 수행을 원활히 하기 위한 핵심 요인으로 분석됨.

○ 조직적인 관점외에 요인들로는 프로젝트를 수행하는 지역에 대한 공헌도, 정책적인 지원과 전문가 자문 및 검토, 위험에 대한 지각이 있음.

[표 372]Zhang의 인프라 개발에서의 PPP 성공요인 연구

구분	성공요인	순위
경제성	프로젝트에서 제공하는 제품/서비스에 대한 장기수요	1
	투자 유치 프로젝트의 충분한 수익성	3
	대출의 장기 현금 흐름	4
위험배분	실시협약을 통해 위험 배분	2
재무상태	해당세금 / 적절한 수준의 관세	4
	건전한 재무분석 결과	6
	수익/환율 변동에 대처하는 능력	9
투자환경	안정적인 정치 체계	7
	정부지원	8
컨소시엄	강력하고 유능한 프로젝트 팀 구성	10

출처 : Zhang, "Critical Success Factors for Public_Private Partnerships in infrastructure development", journal of construction engineering and management, 2005

○ Zhang(2005)의 인프라 개발에서의 공공-민간협업 프로젝트의 성공요인 연구는 경제성, 위험배분, 재무상태, 투자환경, 컨소시엄 총 5가지 분류를 하고, 이에 하위 성공요인 개념들의 중요도를 5점 척도를 통해 평균점수를 내어 중요 순위를 연구하였음.

○ 그 중 상위 10개의 성공요인을 도출한 결과 경제성(3), 위험배분(1), 재무

상태(3), 투자환경(2), 컨소시엄(1)개의 성공요인이 높은 점수를 나타냈음.

- 경제성과 관련한 성공요인 중 가장 중요한 요인으로는 프로젝트에서 제공하는 제품/서비스에 대한 장기수요가 있는지, 투자 유치 프로젝트의 충분한 수익성, 대출의 장기 현금 흐름으로 수익성 관련 요인과 안정적인 현금흐름을 유지할 수 있는지에 대해서 중요하다 판단했음.
- 위험배분에 관한 성공요인으로는 실시협약을 통해 위험에 대한 분산에 관한 것을 중요한 성공요인으로 분석되었고, 재무상태에서는 적정한 세금수준, 건전한 재무상태, 외부환경인 수익/환율 변동에 대처하는 능력을 중요한 성공요인으로 도출하였음.

-투자환경(정부지원)에 관해서는 프로젝트를 시행하는 정부 당국의 안정적인 정치 체계와 적극적인 정부지원이 프로젝트를 성공으로 이끄는 핵심성공요인이라고 도출하였음.

- 컨소시엄 구성 시 공공-민간 부문 참여조직이 산업 내에서 영향력이 강하고, 유능한 조직일수록 프로젝트를 성공으로 이끌 수 있다고 분석하였음.

○ Zhang의 연구는 공공-민간 협업 프로젝트 진행 시 수익성에 대한 부분을 가장 핵심성공요인으로 도출하였고, 위험에 대한 대처능력을 갖추는 것과 프로젝트 진행에 필요한 현금흐름의 안전성을 중요하다 분석하였음.

○ Chen(2007)의 대만에서의 건설 PPP 프로젝트의 성공요인에 대한 연구에서는 정부관계자, 프로젝트 책임자, 건설설계회사 관계자, 건설회사 관계자를 대상으로 7점 척도를 통해 성공요인에 대한 중요도를 분석하였음.

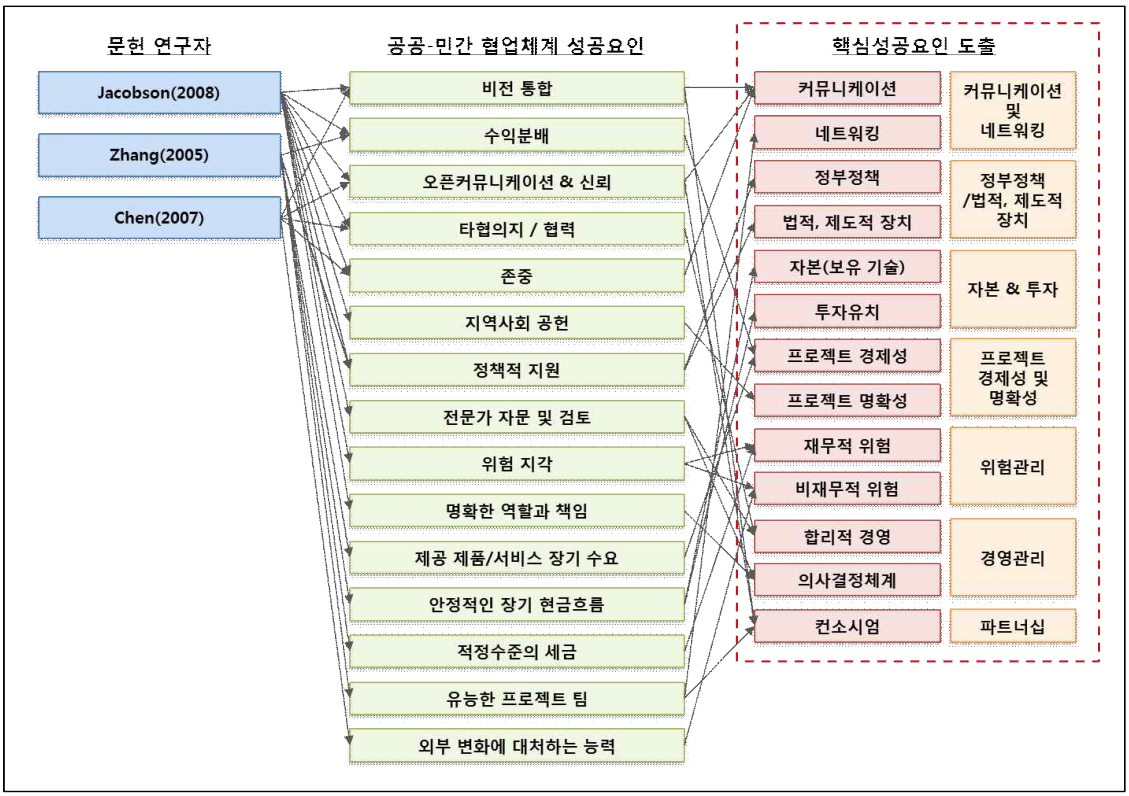
[표 373]Chen의 대만에서 건설 PPP 프로젝트의 성공요인 연구

성공요인	평균점수	순위
효과적인 의사소통	4.63	1
전문기술	4.39	2
목표의 일치	4.37	3
커뮤니케이션 태도	4.35	4
품질에 대한 의지	4.33	5
상호 신뢰	4.32	6
금융보안	4.29	7

고위 경영진의 의지	4.25	8
사업에 대한 명확한 이해	4.24	9
총 비용 예측	4.20	10

출처 : Chen, W. T., "Critical success factors for construction partnering in Taiwan", International Journal of Project Management 25 (2007) 475 - 84

○ 대만의 건설 PPP 프로젝트 관계자들을 대상으로 진행한 이 연구에서는 공공과 민간의 효과적인 의사소통이 가장 중요한 핵심성공요인으로 도출되었음.



[그림 888]공공-민간협업체계 핵심성공요인 도출

○ 공공-민간협업체계를 통해 프로젝트 진행 시 성공요인에 대한 연구를 분석한 결과 커뮤니케이션 및 네트워킹, 정부정책/법적·제도적 장치, 자본&투자, 프로젝트 경제성 및 명확성, 위험관리, 경영관리, 파트너십으로 도출되었음.

○ 공공기관과 민간기관이 서로 협력하여 하나의 프로젝트를 진행 할 시에는 두 조직이 하나의 조직과 같이 운영될 수 있도록 공통의 비전과 오픈

커뮤니케이션 구축, 합리적인 경영, 의사결정체계 그리고 명확한 업무 분담과 책임이 정해져야 성공적으로 수행할 수 있음.

○ 외부 환경 변화를 지각하는 능력과 이에 대처할 수 있는 위험관리와 정부 정책/법적·제도적 지원이 공공-민간 협업체계 수행 시 중요한 성공요인으로 도출되었음.

- 공공-민간협업체계를 구축하여 진행하는 사업은 대부분 사회간접자본 건설 추진 사업들로 사업의 규모가 크기 때문에, 환율이나 이자, 부채상환기간 등의 재무적인 외부 환경 변화에 대해 항상 지각하고 대처할 수 있는 능력이 핵심적으로 필요한 것으로 나타났음.

○ 기술사업화, 사회간접자본 핵심성공요인과 공통적으로 정부정책/법적·제도적 장치, 파트너십, 자본&투자, 프로젝트 경제성과 명확성이 도출되었음.

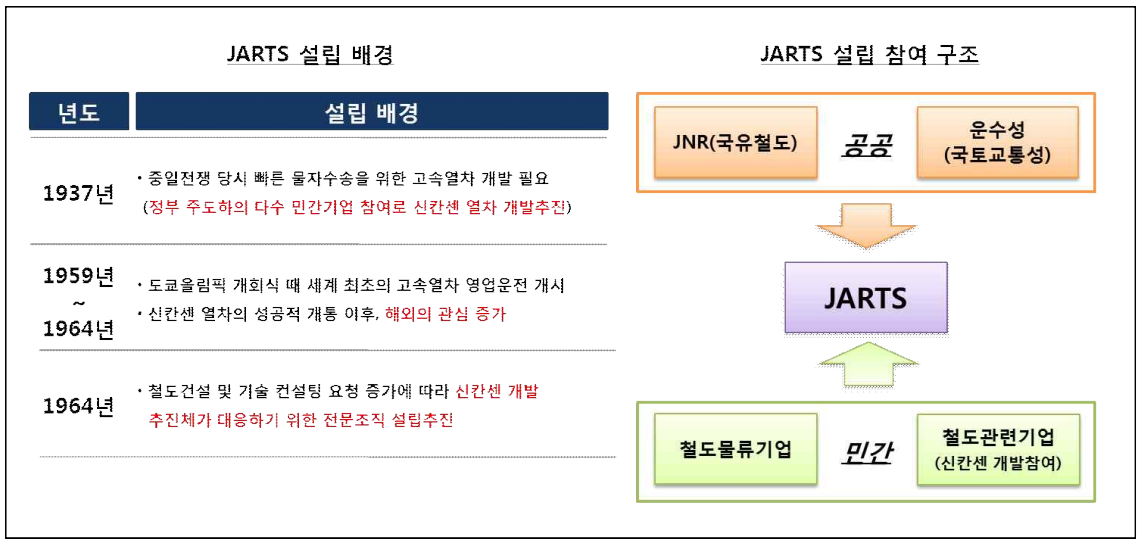
(6) 철도분야 기술사업화 사례 분석

(가) 철도분야 기술사업화 전문기관 사례 분석

1) JARTS

가) 설립 배경

○ 해외철도기술협력협회(JARTS ; Japan Railway Technical Service)는 신칸센의 개통 즈음하여 고속철도의 건설 및 기술과 관련된 각국의 협력 요청에 부응하기 위해 설립되었으며, 신칸센이 개통된 다음해인 1965년 9월에 운수성(현재, 국토교통성)과 일본국유철도(현 JR 그룹)의 지원하에 사단법인의 형태로 설립됨.



[그림 889]JARTS 설립 배경 및 참여 구조

○ 출범당시 사무국원 7명으로 구성된 소규모 조직으로 시작하여, 운수성으로부터의 위탁연구와 (사)일본트럭협회, (재)일본선박진흥회 등의 보조금으로 연구사업을 수행하여 발전의 기틀을 마련함.

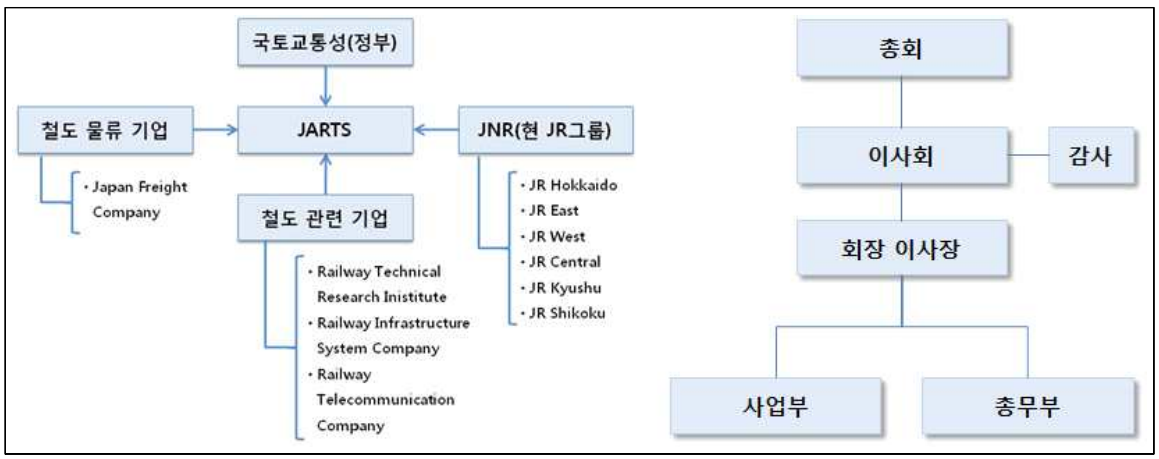
○ JARTS는 일본 철도기술 발전과 해외 수출의 중추적인 역할을 하는 공공성향의 기관이며, 주로 철도기술의 수출을 위한 사업 대상국과 일본의 브릿지(Bridge)역할을 하고 있음.

○ 추가적으로, 2012년 4월에 해외철도 관련 컨설팅 사업 등을 일본 컨설턴트 주식회사(Japan International Consultants for Transportation Co, Ltd. : JIC)에 사업 양도함.

나) 조직체계

○ 2012년 3월 현재 JARTS의 회원 상황을 살펴보면, 정회원은 일본경제단체연합회를 비롯하여 (재)철도총합기술연구소, (사)일본건설사업단체연합회, 일본무역회, 도쿄지하철(주), 일본텔레콤 등 법인 124개 단체와 45명의 개인 회원으로 구성됨.

○ JARTS는 일본철도건설공단, 관련 기업으로 구성되어 협의체를 구성하였으며, 이를 기반으로 해외진출을 꾀하고 있음.



[그림 890]JARTS 설립 출자 참여 기관 및 조직도

출처 : 해외철도기술협력협회(www.jarts.or.jp)

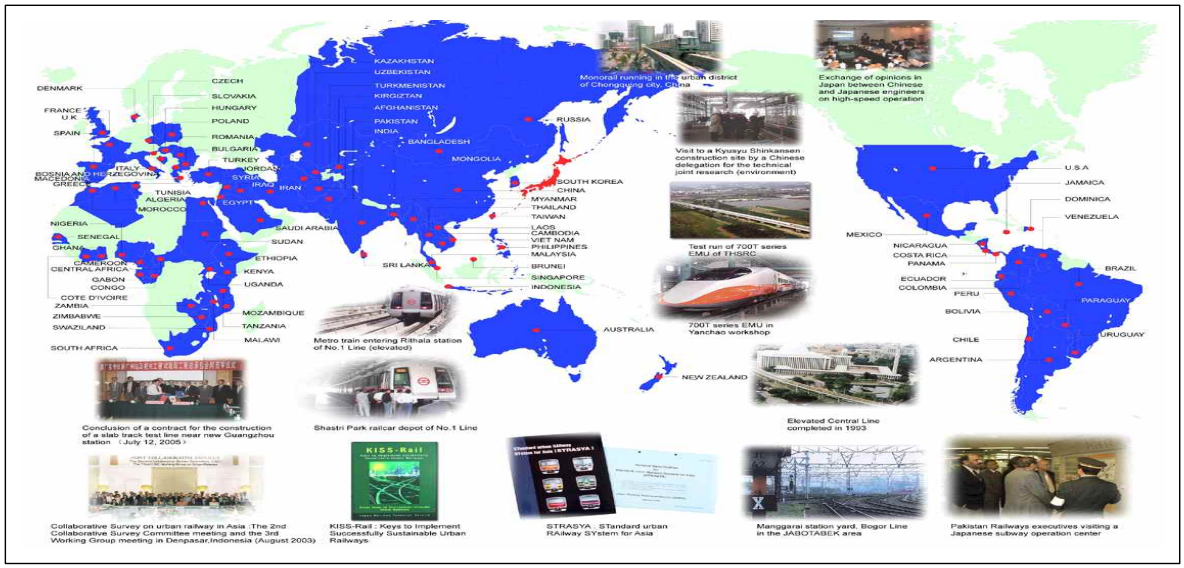
○ 회원의 협력에 의해 약 26억엔(한화 296억원)에 달하는 기금을 모금하여 이 기금에 의한 운용수입을 통해 활동 지원을 하고 있으며, 협회 가입을 위한 입회금은 12만엔(한화 1백37만원)이며, 기업이나 단체의 연회비는 1

구좌 12만 엔으로 구좌의 수에는 제한이 없음.

○ 2003년 전체 수익금 약 29억엔(한화 328억원) 중 회비수입금 약 5천 5백만엔(1.9%), 사업수입 약 20억 1천만엔(70%), 정부보조금 5천 9백만엔(2.0%)으로 나타났음.

다) 주요 업무

○ JARTS는 해외 여러 국가들의 철도 관련 조사연구, 정보 수집 및 분석을 실시하고, 해외 여러 국가들에 일본국가 철도의 해외 보급촉진에 도움을 주면서 국제협력 추진에 기여하는 것을 목적으로 하며, JR그룹은 철도기술 관련 연구와 제품을 생산하고 있음.



[그림 891]JARTS의 해외 사업 수주 현황

출처 : http://www.jarts.or.jp

○ JARTS의 구체적인 업무는 해외철도에 관한 조사연구, 해외철도에 관한 정보수집 및 분석, 해외 여러 국가에 일본 국철도 산업 및 철도기술 소개, 회보 등 인쇄물 발행 및 배포 등을 진행함.

- 주요 업무로는 해외철도기술 정보 수집, 철도기술 수출 잠재국가 파악 및 사업타당성 분석이며, 관련 정보를 회원사에 제공함.
- 그 외에도 철도 전문인력 양성, 회보 발행 및 배포의 업무가 있음.

○ 이와 같은 JARTS의 업무는 최초 설립 목적인 일본의 철도기술 수출을 위한 활동들로 구성되어 있으며, 이와 같은 업무로 인해 세계철도시장에서 일본철도기업들의 점유율이 상당히 높은 것으로 분석됨.

[표 374]JARTS 주요 업무 및 제공 서비스

구분	주요 역할 및 특성
정보수집 및 프로젝트 형성 조사	· 해외 잠재국가의 철도환경, 사업가능성 및 사업수주에 필요한 정보수집 · JARTS 자체자금에 의한 경우도 있으나, 국제협력은행(JBIC)이나 (사)해외운수협력협회 등과 함께 수행하기도 함
컨설팅 엔지니어링	· 개발조사 및 프로젝트 실시 관련 컨설팅 · 교육, 훈련, 기타 컨설팅 서비스
해외 철도 조사연구	· 관계 국가나 기관의 철도상황과 과제, 문제점 등 도출 · 원조 방침 책정 및 프로젝트 발굴을 위한 기초 자료 조사
전문가 파견 및 초빙	· 해외로부터 다양한 요청에 부응하여 철도 전문가 파견 및 해외 철도 전문가 초빙 · 전문가 양성 교육 훈련
철도산업 소개	· 일본의 고속철도 및 철도산업 소개 업무 · 일본 철도의 우수성 및 안정성 적극 홍보 · 관련 세미나 개최 및 철도관련 잡지 기고활동
인쇄물 발간 및 배포	· 회보 및 기타 인쇄물 발간 배포

○ JARTS는 설립 이후, 일본 철도기술의 수출 대상국가에 대한 정보수집, 분석 및 컨설팅을 실시하며, 해외인사 초청을 통해 기술의 우수성을 홍보하는 역할 등을 수행함. 또한 회원사들에게 진출 대상국가와 관련하여 필요한 서비스를 제공함.

- 전문가 파견과 컨설팅 엔지니어링에 의해 잠재국가에서 사업 개발과 수출로 이어지는 경우가 다수였으며, 일본철도 기술을 간접적으로 지원해 주는 활동임.

○ 컨설팅 사업 등을 설립 이래 46년 이상 실시해왔으나, 2번에 걸친 임시총회(2011년 11월~2012년 3월)를 통해, 새로 설립된 해외철도컨설팅회사인 '일본컨설턴트주식회사(JIC)'에 2012년 4월 1일부터 사업 양도함.

- 해외 잠재국가들의 JARTS에 철도 컨설팅 의뢰가 점점 증가하였으며, 컨설팅을 전담할 전문조직을 구성하여 컨설팅의 양질을 높이기 위한 목적으로 JIC를 설립하게 되었음.

[표 375]JARTS 컨설팅 사업양도 배경

구분	주요 내용
철도 역할에 대한 기대 증가	· 세계적으로 철도의 역할에 대한 기대가 높아졌으며, 해외 철도 마켓확대
컨설팅 기능 강화	· JARTS가 실시하고 있는 해외 철도 컨설팅 기능 강화
규모의 확대	· 컨설팅 대상을 확대를 통해 외국기업과의 경쟁에서 우위를 점하기 위한 조직구성
운영 효율성 극대화	· 철도사업자가 일본컨설턴트주식회사의 운영에 주체적, 적극적으로 관여 · 기존 관련 기업등과도 연계한 올 재팬 제도를 구축하여 해외철도컨설팅기능 강화 · 일본 철도산업전체의 국제경쟁력 강화와 국내산업을 포함한 일본 철도관계산업의 지속적 발전에 기여

참고) 올 재팬(all Japan) : 국가 총력전, 민·관(民·官) 합동을 의미

○ 양도 대상사업은 해외 국가의 철도 프로젝트에 관한 사전조사, 해외 국가에 대한 철도 전문가 파견 및 상대국가의 철도전문가 교육훈련, 해외 국가의 철도에 관한 컨설팅 엔지니어링 업무이며 JIC에게 양도함.

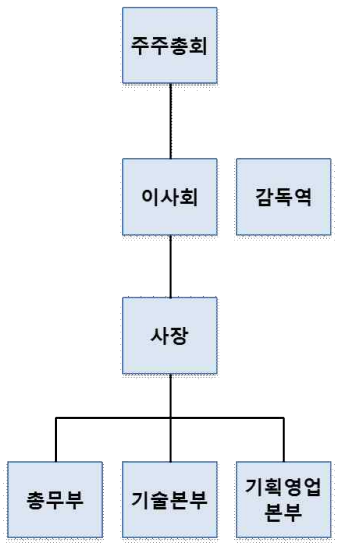
○ 현재 세계적으로 철도의 역할에 대한 기대가 높아졌기 때문에 해외 철도 마켓이 확대되어, JARTS가 실시하고 있는 해외 철도 컨설팅업무의 역할이 일본의 철도 시스템의 해외전개 촉진 관점에서 상당히 중요해짐.

○ 해외철도 컨설팅 기능 강화를 목적으로 2011년 봄부터 국토교통성의 지원 및 동일본여객철도주식회사 등의 협력을 얻어 해외철도 컨설팅 업무를 맡는 새로운 회사 설립 검토가 이루어져, 2011년 11월 1일에 JIC(일본컨설턴트주식회사)가 설립됨.

JIC 설립 출자 구성 및 참여 기관 리스트

구 분		내 용	
자본금		• 4억 9,500 만엔 (약 56억 2,943 만원)	
출자구성	지방 공기업	• 오사카시교통국(Osaka Municipal Transportation Bureau)	1%
	특수기업	• 큐슈여객철도주식회사(Kyushu Railway Company)	1%
		• 니혼화물철도주식회사(Japan Freight Railway Company)	1%
	민영철도 기업	• 히가시니혼여객철도주식회사(East Japan Railway Company)	53%
		• 니시니혼여객철도주식회사(West Japan Railway Company)	20%
		• 도쿄자하철주식회사(Tokyo Metro Co.,Ltd)	20%
		• 도쿄급행전철주식회사(TOKYU CORPORATION)	1%
		• 케이한전기철도주식회사(Keihan Electric Railway Co.,Ltd.)	1%
		• 세이부철도주식회사(SEIBU RAILWAY Co.,Ltd.)	1%
	일반기업	• 케이오전철주식회사(Keio Corporation)	1%

JIC 조직도

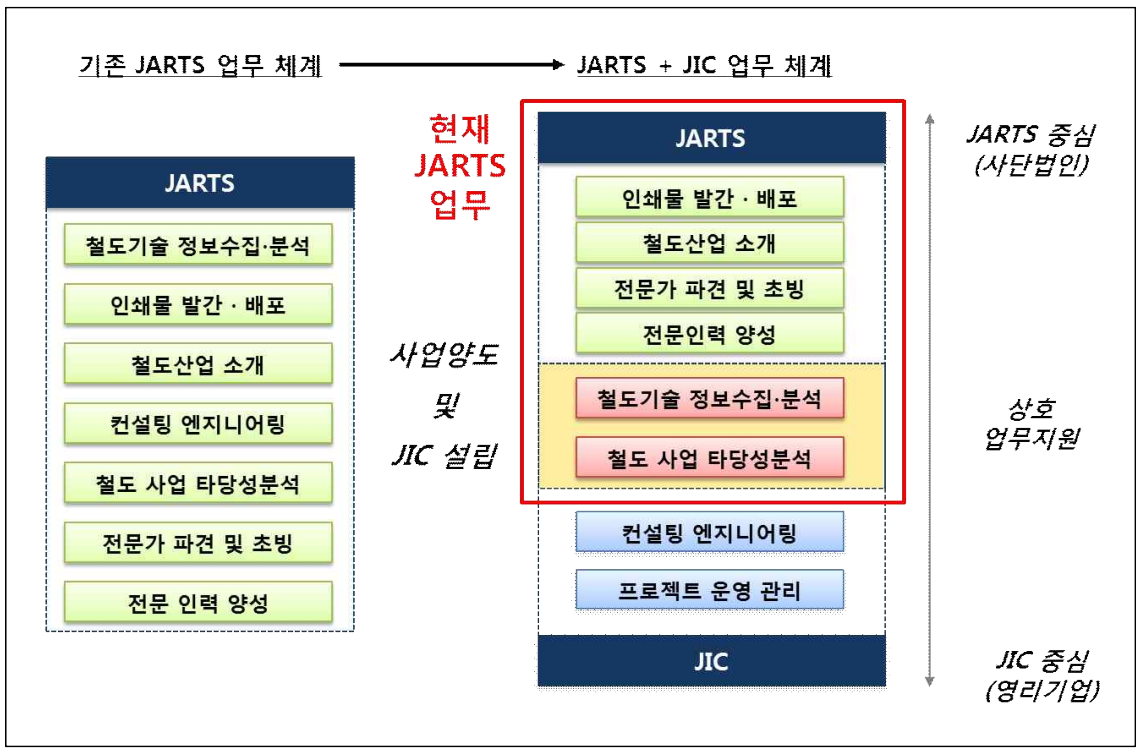


[그림 892]JIC 설립출자 구성 및 구조도

○ JIC는 철도 사업 규모 및 컨설팅 대상이 점점 확대되는 상황에서 JARTS의 컨설팅 부문을 발전 및 계승하는 것이 필요하므로 사업양도를 받는 것을 전제로 설립됨. 여러 실적 노하우를 보유한 철도사업자들의 출자를 얻어 JIC가 설립됨. 설립 경위와 출자회사로부터 알 수 있듯이, JIC는 해외 철도 조사, 계획, 설계, 시공감리, 운영 및 관리(Operation and Maintenance : O&M)까지 모든 단계에 관한 컨설팅을 제공하는 것이 목적임.

○ 발주하는 해당 국가의 철도에 대한 여러 뉴스, 기술뿐만이 아니라 역사, 문화, 국민성 등을 파악하고 이해한 후 지속 가능한 철도시스템을 제안함. 또한 업무실시에 있어 기존 해외관계 컨설팅 회사와 상호보완해가면서 관계 강화와 함께 출자회사 이외 철도 사업자와도 협력하고 있음.

○ JIC는 JARTS로부터 컨설팅 부분에 대한 사업양도를 받음으로써, 컨설팅 부문의 사업실적, 노하우, 능력 등 JIC에 이전됨. 또한 철도사업자가 JIC의 운영에 주체적, 적극적으로 관여하고, 기존 관련 기업 등과도 연계한 올 재팬 제도를 구축함으로써 해외철도 컨설팅 기능을 강화하고자함. 그럼으로써 일본 철도산업전체의 국제경쟁력 강화하고 동시에 국내 산업을 포함한 일본 철도관계 산업의 지속적 발전에도 기여하고 관계자, 관계기관들이 함께 윈-윈 할 수 있는 환경을 조성하고자 함.



[그림 893]JARTS 컨설팅 사업 양도 후 업무체계

○ 철도건설 뿐만 아니라 운영과 유지(Operation and Maintenance : O&M)의 중요성이 부각됨에 따라, 최근 해외철도 프로젝트의 발주형태가 O&M을 포함한 철도시스템 전체를 대상으로 한 패키지형으로 변화함. O&M분야의 노하우 때문에 해외철도 컨설팅회사는 철도사업자와의 강력한 협력관계 확립이 필요하게 되었음.

○ 2012년 4월 해외 철도 컨설팅 업무를 JIC에 사업양도 이후, JARTS는 다음과 같은 역할을 수행함.

- 해외전개 추진을 위한 사업(해외고속철도 세미나 개최 및 해외중요인물 및 전문가 초빙 등)
- 일본 철도시스템에 관한 정보 발신사업(새로운 국제업무에 종사하려는 실무자 등을 대상으로 한 연수사업 등)
- 해외철도에 관한 정보수집사업(해외 여러 국가들의 철도조정동향조사 등)
- 회지 발행 등 정보제공사업

○ 위의 사업은 일본이 해외에 철도전개 및 국제협력을 강력히 추진하기 위한 기반을 만드는데 중요한 의미를 가짐.

라) 주요 사업 실적

○ 2013년 7월 현재 세계 70개국 500여개 프로젝트에 관여하였으며, 해외시장 진출시 단일 컨소시엄으로 입찰, 자국 내 기업 간의 출혈경쟁이 없음.

[표 376]JARTS 주요 연혁 및 주요 사업 실적

구분		주요 내용
주요 연혁		• 1965년 9월, 사단법인 일본해외철도기술협력협회(JARTS) 설립 • 2012년 4월, 협회의 해외철도 컨설팅 업무를 일본컨설턴트주식회사(JIC)에 사업양도함 • 2013년 4월, 새로운 일본공익법인제도에 따라 일반 사단법인으로 이행
주요 실적	고속 철도	• 중국고속철도 시공 감리 등 실시 • 베트남 남북고속철도 건설계획책정 프로젝트 • 인도의 하이데라바드~비자야와다~챈나이 간 고속철도건설계획에 관한 예산 조사 • 남아프리카공화국 요하네스부르크~다반간 고속철도조사
	도시 간철도	• 터키 보스포러스 해안횡단지하철도정비 제너럴 컨설턴트 업무 • 인도 화물전용철도건설 엔지니어링 컨설턴트 업무
	도시 철도	• 베트남 호치민시 대량고속운송 1호선 제너럴 컨설턴트 업무 • 베트남 하노이시 도시고가철도 1호선 엔지니어링 업무, 5호선준비조사, 운영조직 설립지원조사

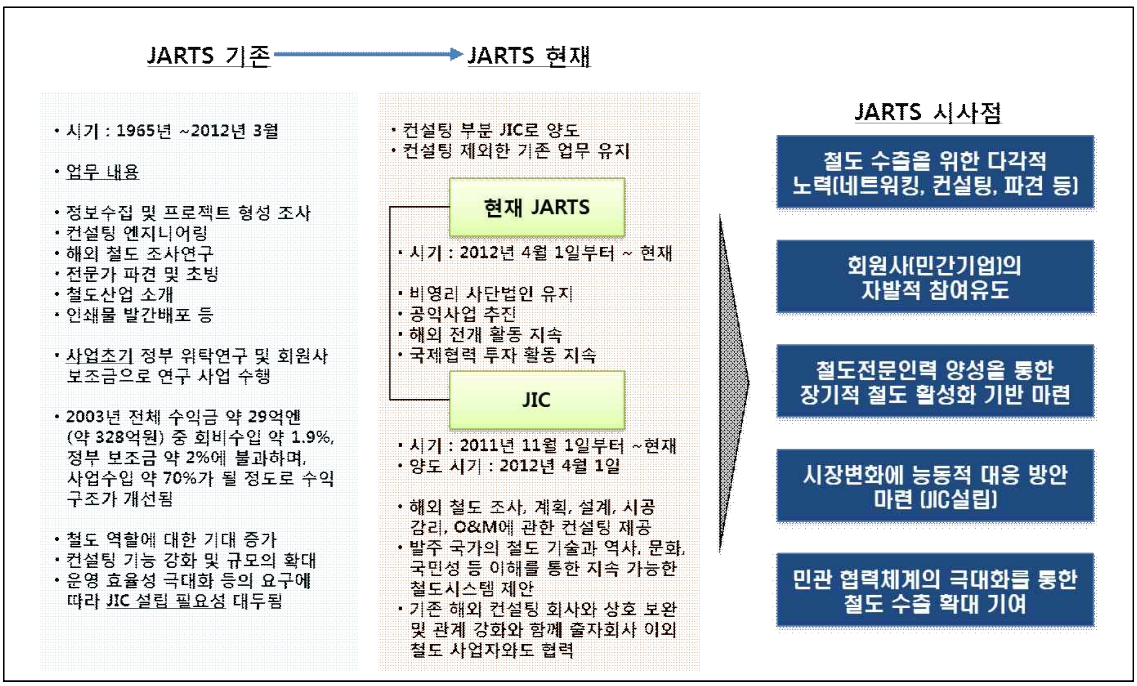
마) 시사점

○ JARTS는 철도 수출을 위한 다각적 노력(네트워크 구축, 컨설팅, 전문인력 파견 등)을 경주하고 있음을 알 수 있음.

○ JARTS 설립부터 정부주도하에 다수의 민간기업들이 자발적으로 참여를 유도하였으며, 민관 협력체계의 극대화를 통한 철도 수출 확대에 기여함.

○ 급변하는 시장환경에 능동적으로 대처하여 현재 JIC를 설립하여 컨설팅 부분을 양도하였으며, 철도 전문인력 양성을 통하여 장기적으로 철도 활성화 기반을 마련하였음.

○ JARTS 사례에서 컨설팅 부분을 JIC에게 양도한 시점을 기준으로 전·후를 구분하여 분석할 결과 다음과 같이 정리할 수 있음.



[그림 894]JARTS 내용요약 및 시사점

○ 현재 국내 철도분야는 JARTS와 같은 체계적인 조직이 부재하며, 원활하고 강력한 사업추진을 위한 기금도 조성되어 있지 않음. 추후 프로젝트 조사 및 발굴하고, 한국 자기부상열차의 우수성을 해외에 알리고, 전문가의 해외 파견 및 상대국 전문가 초빙하는 등의 다양한 사업을 수행하기 위해서는 JARTS와 같은 체계적인 조직 및 마케팅 전략의 수립과 실행이 필수적임.

2) SYSTRA

가) 설립 배경 및 특성

□ SYSTRA 설립 배경

○ SYSTRA는 1957년 프랑스 국유 철도(SNCF)와 파리교통공사(RATP)가 합자를 통하여 설립되었음. SYSTRA는 프랑스의 철도산업이 해외에 진출하는 것을 지원하기 위해 설립한 공공기관으로 철도건설의 타당성 조사, 프로젝트 매니지먼트, 기술 및 공사 감리, 기술 테스트 등의 서비스를 제공하고 있음.

○ SYSTRA는 프랑스 철도산업이 해외에 진출하기 위해 잠재국가와의 장기간 접촉을 담당하고 있으며, 프로젝트 운영 방식에 대한 자문과 건설과정에서의 감리, 건설 이후 경영에 대한 자문을 제공하고 있음.

○ 프랑스 철도 사업의 해외 진출은 공공(정부, SNCF, SYSTRA 등)과 민간(Alstom, 관련기업 등)이 협력 관계를 구축하여 이루어지고 있으며, 공공은 해외시장 개척 시 상호협력 관계 구축에 주 역할을 하고 있음.

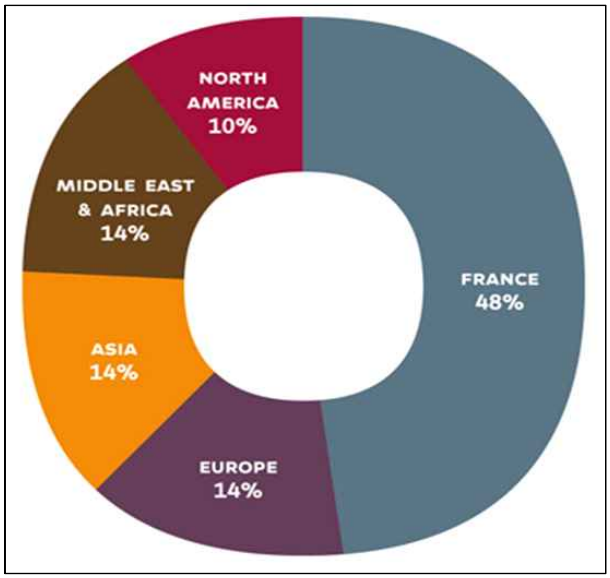
○ 일례로 Alstom사의 TGV개발과정에서 공공기관의 지원은 프랑스 국유철도(SNCF)가 담당을 하였고, 그 이후 수출 관련한 지원은 SYSTRA가 네트워크망을 구축하여 지원하는 역할 분담을 함으로써 세계적으로 가장 많은 철도기술 수출을 이끌어 왔음.

[표 377]SYSTRA 주요 현황

구분	주요 내용
설립 연도	1957년
헤드쿼터	프랑스 파리
서비스 지역	전 세계
서비스 영역	- 운송 시스템 계획 - 프로젝트 관리 및 감리 - 컨설팅 - 도시 및 철도 운송 시스템 엔지니어링 등
매출	2011년 기준(총매출) : 416백만 유로(€)
주주	- RATP (Parisian Transit Authority): 39,5 % - SNCF (French National Railway): 39,5 % - Banks: 21 %
종업원 수	2011년 기준 : 3400 명
웹사이트	www.SYSTRA.com

출처 : SYSTRA 홈페이지, www.SYSTRA.com

○ SYSTRA 주요 사업의 지역별 매출은 프랑스가 가장 높으며(48%), 유럽(14%), 아시아(14%), 중앙아시아&아프리카(14%)의 순으로 나타나고 있으며, 2011년 현재 총매출은 416백만 유로로 나타남.



[그림 895]SYSTRA 지역별 매출 비율

출처 : SYSTRA 홈페이지, www.SYSTRA.com

□ SYSTRA 비전 및 목표

○ SYSTRA는 전 세계의 고객에게 신뢰할 수 있는 혜택과 운송 환경을 제공하기 위하여 노력을 하고 있으며, 비전과 목표 또한 이와 같은 기준으로 수립되어 있음.

○ SYSTRA Ambition

- 고객이 공유된 혜택을 가질 수 있도록 지원하는 것.
- 운송 인프라 엔지니어링과 확실한 벤치마킹 파트너로서 세계적 리더가 되는 것.
- 프로젝트 달성을 위한 총체적 품질 보증.

○ SYSTRA Vision

- 신뢰할 수 있는 파트너로서 효율적이고 안전한 승객 운반 및 환경 제공.
- 고객 관점의 신뢰할 수 있는 솔루션제공을 통한 만족.
- 프로젝트 전반에 걸친 비전 및 기술 공유.

○ SYSTRA Mission

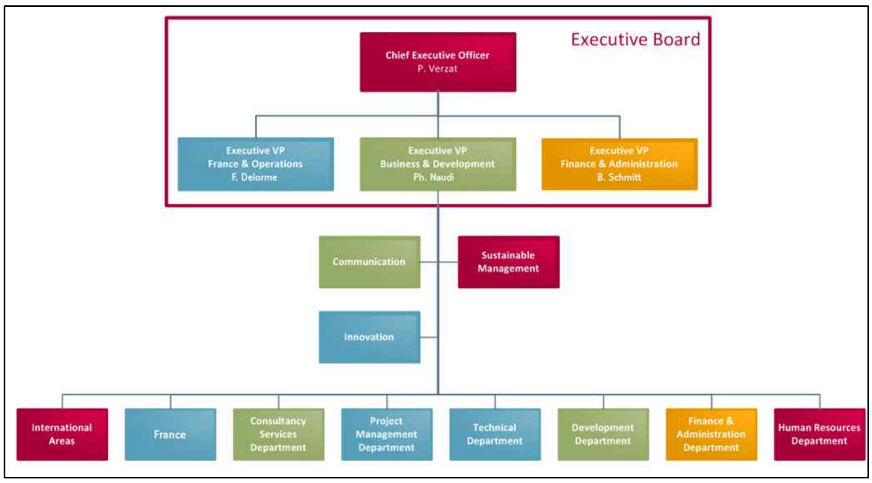
- 안전, 효율성 및 경제성 충족을 위한 맞춤형 솔루션 구현.
- 프로젝트 전체 라이프사이클 총체적 전문분야 구축.
- 모든 파트너와의 지속적인 신뢰 구축.

나) 조직체계

□ 조직 체계

○ SYSTRA의 조직 체계는 프랑스&오퍼레이션 파트장, 비즈니스&개발 파트장, 재무&행정 파트장을 중심으로 하는 이사회를 구성하고 있으며, 지속가능 관리, 커뮤니케이션, 혁신 부서를 이사회 직속으로 구성하고 있음.

○ 더불어, 프랑스 담당 부서, 국제 지역 담당부서, 컨설팅 서비스 부서, 프로젝트 관리 부서, 기술지원 부서, 개발 부서, 재무 및 행정부서, 인적관리 부서로 구성되어 있음.

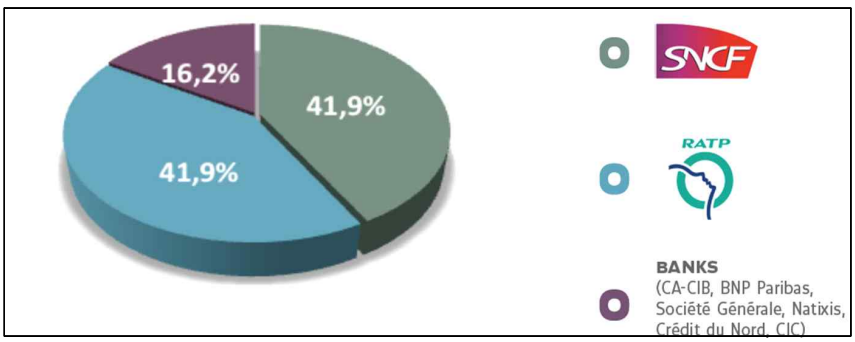


[그림 896]SYSTRA 조직 체계

출처 : SYSTRA 홈페이지, www.SYSTRA.com

□ SYSTRA 주주 현황 및 참여 기업 특성

○ 2013년 현재 SYSTRA의 대주주는 프랑스 국유철도와 파리교통공사이며, 수익의 지속적 발생함에 따라 민간 은행들의 주식 보유가 잇따르고 있음.



[그림 897]SYSTRA 주주 현황

출처 : SYSTRA 홈페이지, www.SYSTRA.com

○ SNCF(프랑스 국유철도)

- SNCF는 프랑스 전국의 철도망을 총괄하는 철도운영법인. 정부가 보유하는 공기업이며, 본사는 파리에 있음.
- 조직 : 프랑스는 1997년부터 시작된 철도개혁(상하분할)과 분사화에 의해, 현재는 아래와 같은 두 개의 조직으로 갈라져 운영되고 있음.

・프랑스 철도노선사업공사 : 철도 시설을 관리하는 정부 계열의 공적기관.

・프랑스 국유철도 : 열차의 운행, 철도차량의 보유 등을 행하는 국유 공기업.

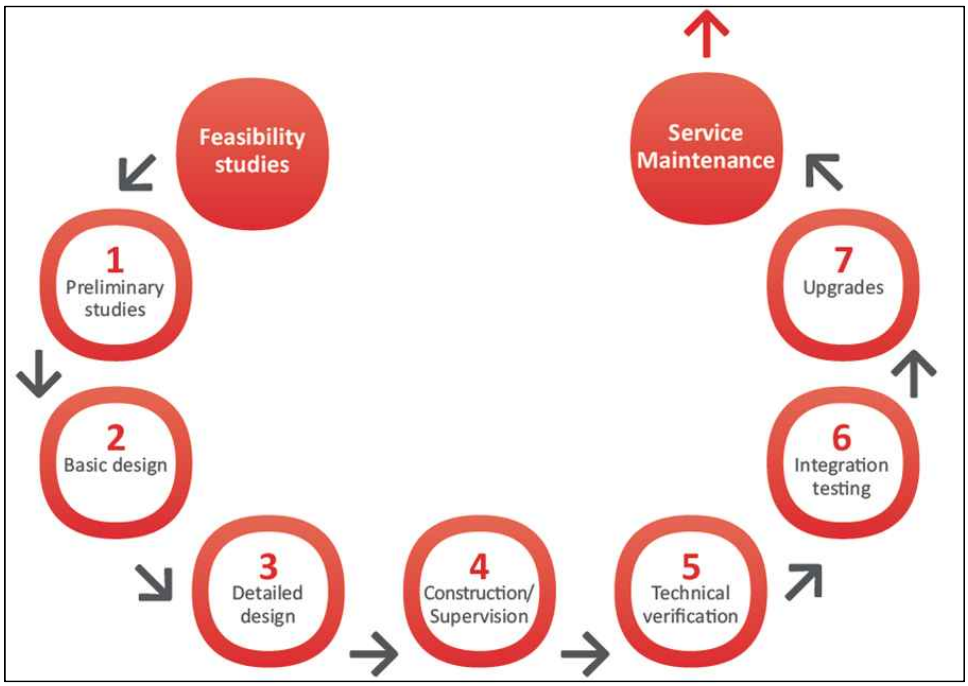
○ RATP 그룹(파리교통공사)

-RFTP는 프랑스 파리에 본사를 두고 국유 대중교통 운영그룹. 파리 지하철, 트램, 버스 서비스 및 Réseau Express를 지역 (RER) 네트워크의 일부를 포함한 파리와 그 주변 레드 프랑스 지역의 대중교통을 책임짐.

- 유럽, 아시아, 아프리카, 미국의 도심 전송 또한 사업영역으로 확장.

다) 주요 업무

○ SYSTRA 서비스 프레임은 7단계로 구분됨.



[그림 898]SYSTRA 서비스 프레임워크

출처 : SYSTRA 홈페이지, www.SYSTRA.com

- 첫째, 실현가능성 연구 수행을 통한 프랑스 철도 산업의 진출에 대한 가능성

을 분석함.

- 둘째, 대상 국가의 철도 산업에 대한 필요 체계 및 진출 방향에 대한 사전 연구를 수행함으로써, 보다 심도 있는 경제성 및 타당성 검증을 수행함.
- 셋째, 연구 결과 기반으로 기본 설계 및 상세 설계를 수행함.
- 넷째, 건설 및 감리를 통하여 철도 건설에 참여하며, 보다 신뢰성 높은 철도 건설을 위한 활동을 수행함.
- 다섯째, 기술적 실증을 수행함. 철도 건설 및 차량, 시스템 전반에 걸친 기술적 실증을 통하여 철도 건설 과정별 기술적 타당성 검증을 함.
- 여섯째, 통합 테스트를 수행하며, 소프트웨어와 하드웨어 전반의 통합적 운영 적합성을 판단함.
- 일곱째, 업그레이드를 수행함. 지속적 서비스 유지보수를 통한 추가적으로 고려해야 할 부분에 대한 기술적 지원을 수행함.

○ 이에 따른 SYSTRA의 핵심 업무 체계는 다음과 같음.

[표 378]SYSTRA 핵심 업무 체계

핵심 업무 구분	
정보수집/분석	- 잠재적 국가와의 장기간 접촉, 현지 사업화 가능성, 타당성 조사/분석
철도기술 홍보	- 잠재국가의 정부인사 초청, 세계 박람회, 전시회 참가
프로젝트 운영	- 사업 진행 시 전반적인 프로젝트 매니지먼트 - 설계 감리/시공감리/장비 제작검사
사업개발및 사업타당성 조사	- 마스터플랜 개발 및 시스템 타당성 분석 - 교통계획 소프트웨어 개발 및 조직편제 - 토목, 건축, 궤도분야 설계 및 엔지니어링 - 시스템(차량, 전기, 신호, 통신, 전략)분야 설계 및 엔지니어링
경영자문	- 사업 시공 이후 철도경영에 대한 자문
협력관계	- 프랑스 정부기관(외교부, 재경부), 경제단체, 철도기술기업과 관계구축

출처 : SYSTRA 홈페이지, www.SYSTRA.com

- 첫째, 정보수집 및 분석. 잠재적 국가에 대한 환경 분석 및 타당성 분석을 기반으로 하는 정보수집 및 분석 업무를 수행함.
- 둘째, 철도 기술 홍보 활동. 잠재 국가의 정부인사 초청, 세계 박람회, 전시회 등의 참가를 통한 프랑스 철도 기술에 대한 홍보활동을 수행함.
- 셋째, 프로젝트 운영. 사업 진행 시 전반적인 프로젝트 매니지먼트와 설

계 감리, 시공감리, 장비 제작 검사 등의 활동을 수행함.

- 넷째, 사업개발 및 사업 타당성 조사. 마스터플랜 개발 및 시스템 타당성 분석, 소프트웨어 개발 및 조직 편제, 엔지니어링 및 시스템 개발을 통한 사업 전반의 개발 및 설계를 수행함.
- 경영 자문 및 지속적 협력관계. 사업 시공 이후 철도 경영 자문 및 지속ㅈ거인 협력관계를 유지함.

○ 대외적 철도 수출을 위한 프랑스 정부, 민간 기업과의 컨소시엄 및 다양한 협력체계를 기반으로 움직임.

○ 스페인고속철도 사업에 진출하기 위하여, SYSTRA는 스페인 고속철도 계약을 성사시키기 위해 스페인 국영철도 회사인 RENFE와의 장기적인 접촉을 해왔었고, 외무부를 통한 정치적인 접근뿐 아니라 재무부와 대외무역부의 여러 정부기관들(DREE, PEE, CFCE, ACTIM, COFACE 등)의 재정적인 접근도 적극적으로 활용하였음.

[표 379]스페인 철도 현대화 사업 컨소시엄 구성 및 주요역할

참여 기업	주요 역할
SYSTRA	스페인 국영철도와 협상, 프로젝트 매니지먼트, 감리
Alstom	스페인 고속철도(AVE) 차량 24대 제작, 스페인 철도기술 관련 기업 현대화
German 컨소시엄 (CAF-Siemens-ABB)	스페인 일반철도 차량 70대 제작, 철도 시스템 구축

출처 : 강동훈 외 2명(2005), 고속철도시스템의 해외진출전략 분석

○ 스페인 고속철도 사업은 최초의 고속열차 수출 계약이었으며, 이 계약을 통해 국제 철도 시장에서의 독보적인 1위 기업으로 도약할 수 있었음.

라) 주요 사업 실적

○ SYSTRA는 정보수집/분석, 철도기술 홍보, 사업개발 및 사업 타당성 조사, 프로젝트 운영, 경영자문, 유지보수 지원의 업무를 지원하는 기업으로 프랑스 철도의 대외적 판매를 위한 노력을 하는 기업임.

- 전 세계적으로 철도의 필요성 검증 및 환경 분석을 기반으로 프랑스 철도 기업과 정부에 정보를 제공하고 네트워킹을 기반으로 업무의 효율성을 높이고 있음.

[표 380]SYSTRA 대표 사업 실적 및 주요 업무

프로젝트	연혁 및 주요 업무
영국 고속철도	- 2003년(1단계), 2007년(2단계) - CHANNEL TUNNEL RAIL LINK - 타당성 검증, 철도 컨셉 설계, 시스템 테스트 수행
타이완 고속철도	- 2007년 - TAIPEI-KAOHSIUNG - 철도 도시 업무 설계, 시스템 명세, 운영 계획 및 유지보수 지원
한국 고속철도	- 2004년 - 서울-부산 - 설계 지원, 엔지니어링 기반 건설 지원, 테스팅 모니터링 및 프로세스 제언
중국 고속철도	- 2008년 - BEIJING-JIANJIN - 트랙, 교가, 지진, 전자, 시그널, 트래픽, 정보 시스템 등 타당성 문서 설계 및 검증, 운영 및 유지보수 지원
모로코 고속철도	- 2015년 - MOROCCO-KENITRA - 유지보수 지역 기능별 연구, 지역 설계, 케이블 시스템, 트랙 시스템, 레일웨이 시그널링 시스템, 유지보수 설비/공장
인도 고속철도	- 2021년 - PUNE-MUMBAI-AHMEDABAD - 환경 분석, 프로젝트 관리, 운송수단 서베이, 트랙픽 예측, 엔지니어링, 시그널링, 투자 및 운영 비용 예측 등 경제성 분석
말레이시아-싱가포르 고속철도	- 2020년 - KUALA LUMPUR - SINGAPORE - 말레이시아 고속철도 타당성 검증 중

마) 시사점

○ 해외 철도 수출 시장에서 상당한 영향력을 가질 수 있던 핵심요인 중 하나는 공공-민간의 기술사업화 유형이 주는 장점 때문임.

- 프랑스 정부(공공)의 전 세계적인 네트워크망 활용과 외교적 지원(박람회, 해외인사 초청 세미나 진행 등)으로 인해 민간(투자기업, 차량제조기업, 철로건설기업 등)의 해외 사업 수주가 이루어졌음.

○ 이에 따른 현지형 맞춤형 프로젝트를 수립 및 대응할 수 있는 장점이 극대화되고 있는 조직 체계 및 네트워킹 체계를 구축하고 있음.

○ 핵심 업무는 철도 사전 타당성 검증을 기반으로 프랑스 철도 기업의 타겟 국가에 진입할 수 있는 기반 정보 제공, 자국 철도 기술 홍보 및 네트워킹 및 파트너십 확보(내부적 민관 협업체계 확보, 타겟 국가 네트워킹), 사업 개발 및 타당성 분석, 프로젝트 운영/관리 및 유지보수 지원, 경영 지원까지 공공과 민간의 중심에서 전체적 과업의 흐름을 지원하고 있음.

4) TRANSRAPID

가) 설립 배경 및 연혁

○ 독일 Transrapid사는 초고속 자기부상열차를 상업화하기 위해 독일 Siemens사가 ThyssenKrupp사와 함께 1934년 8월 14일 Hermann Kemper의 기술 특허를 기반으로 1969년 설립한 합작회사임.

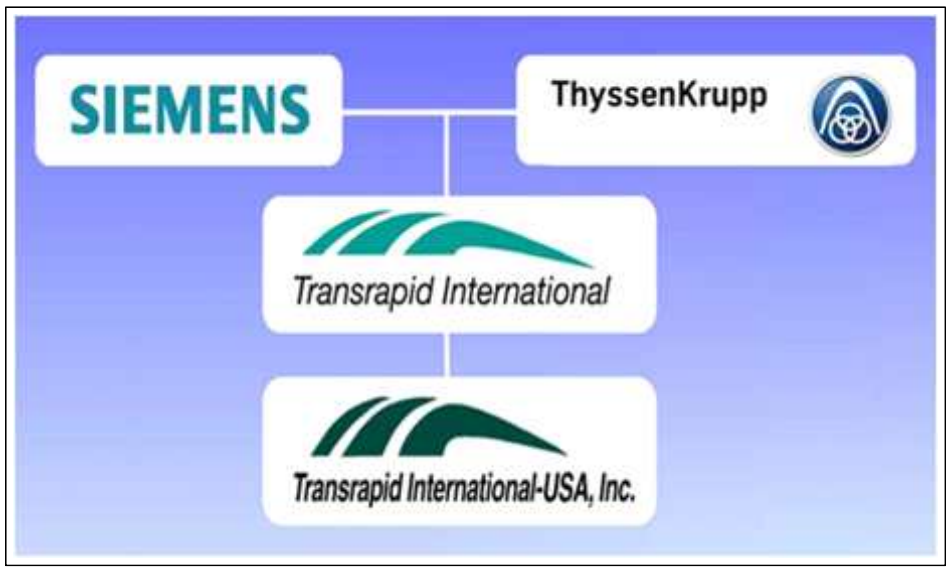
○ Transrapid International은 2000년 중국 상하이 자기부상열차 상업화 사업을 시작으로 독일 자국 내의 함부르크-베를린(2000년), 뮌헨중앙역-공항라인(2008년)을 수주하였으나, 뮌헨 사업은 사업예산 초과로 취소가 되었음.

○ 현재는 Transrapid International 베를린사무소를 뮌헨사업 이후 폐쇄하고 Transrapid International-USA만 남아 북미의 자기부상열차 사업을 주로 하고 있음.

나) 조직체계

○ Siemens와 ThyssenKrupp가 설립한 Transrapid Interantional은 자기부상열차 사업 활성화를 위하여 민간-민간 전문기관으로 다음과 같은 조직체계가 구축됨.

- 현재 Transrapid International USA Inc.가 미국 자기부상열차 사업을 운영하고 있으며, Transrapid Interantional은 사업성을 이유로 해체되었음.



[그림 899]Transrapid International

출처 : Transrapid Project Shanghai,Siemens AG,2004

다) 주요 업무

○ Transrapid International의 주요 업무는 시스템 엔지니어링, 유지보수, 프로젝트 관리를 수행하였으며, Siemens의 경우 운영 통제 시스템 등 자기부상열차 운영 시스템을 구축하였음. ThyssenKrupp의 경우 차량 및 설비를 주로 담당하였음.

○ 다음은 Transrapid International이 상하이 자기부상열차 사업을 추진하였을 때 담당하였던 업무 체계임.

[표 381]Transrapid International 주요 업무

구분	주요 역할
Siemens AG	Operation Control System (OCS), Power & Propulsion System (PPP) Additional Systems (ADS)
ThyssenKrupp	Long Stator Winding (TKL), Vehicle (TKV), Switches (TKS)
Transrapid International	System E&M, System Engineering, Project Management

출처 : Transrapid Project Shanghai,Siemens AG,2004

라) 주요 사업 실적

□ 상하이 자기부상열차 건설사업

○ 상해 자기부상열차 사업에서 Siemens와 ThyssenKrupp사의 합작회사인 Transrapid는 두 회사의 Control Tower의 역할로써 주로 Project Management를 하였으며, 이를 효율적으로 할 수 있는 시스템을 개발하였음.

○ Transrapid International과 Siemens, ThyssenKrupp와 2000년 3월 컨소시엄 계약을 맺고, 2002년 6월 자기부상열차 차량이 출고되어 8월에 중국 상하이에 도착하여 2004년 3월 최초로 상용화 자기부상열차 운행이 시작되었음.

[표 382]상하이 자기부상열차 건설사업 컨소시엄 비율

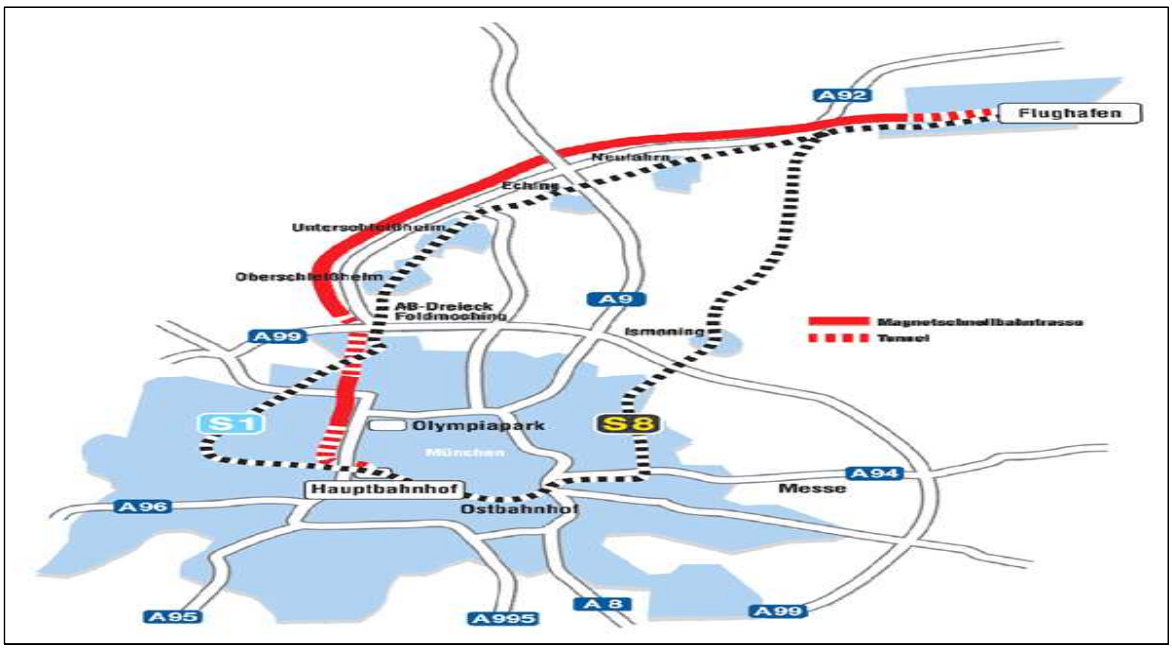
구 분	주요 역할	컨소시엄 비율
Siemens AG	Operation Control System (OCS), Power & Propulsion System (PPP) Additional Systems (ADS)	48%
ThyssenKrupp	Long Stator Winding (TKL), Vehicle (TKV), Switches (TKS)	45%
Transrapid International	System E&M, System Engineering, Project Management	7%

출처 : Transrapid Project Shanghai, Siemens AG, 2004

□ 뮌헨 자기부상열차 건설 사업

○ 2003년 Munich Main Station에서 Munich Airport를 연결하는 자기부상열차 사업에서 Transrapid는 전반적인 Project Management를 담당하였으며, 3개의 민간업체와 함께 컨소시엄으로 수주하였음.

○ 뮌헨 자기부상열차 건설사업은 2001년부터 2007년까지 연구와 프로젝트 설계를 마치고 뮌헨 프로젝트의 공사가 시작하였으나, 초기의 2008년 3월에 터널공사 간 예산초과사용으로 사업의 전면 취소를 독일 철도청으로부터 통보받고, 사업은 종료되었음.



[그림 900]Transrapid International 뮌헨중앙역 - 뮌헨공항 프로젝트 계획도

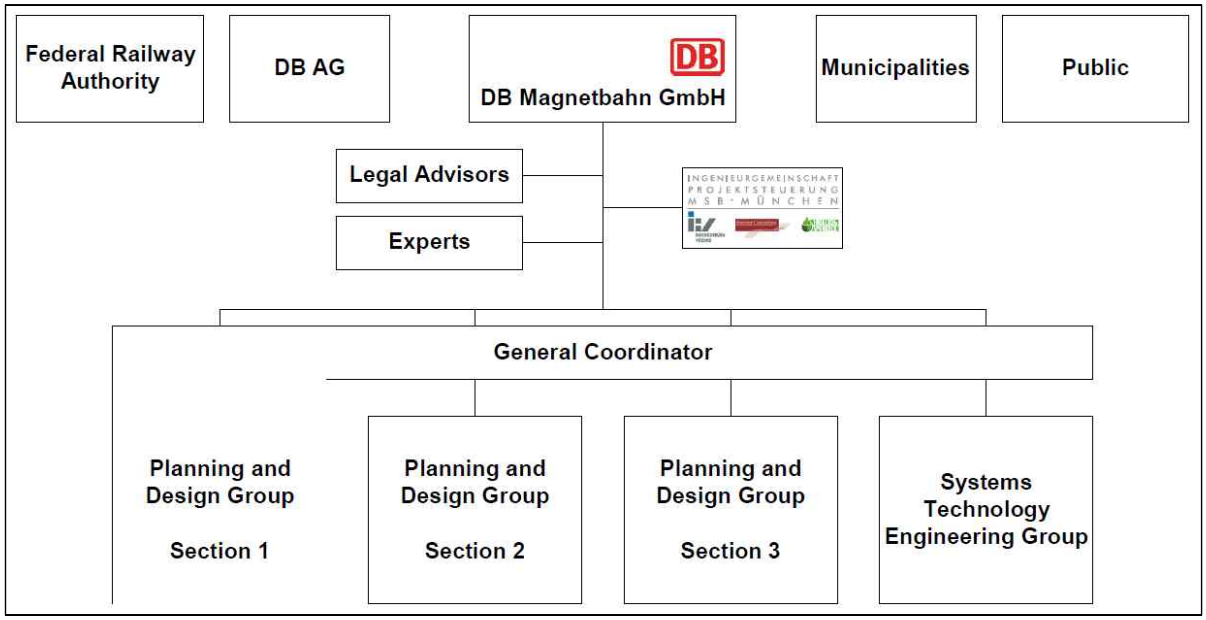
출처 : Munich Main Station(2006), Munich Airport Project,Heiko Borchardt

[표 383]Munich 사업 컨소시엄 구성 및 주요 역할

구 분	주요 역할
Transrapid	Management of planning, engineering, design, cost estimate, etc.
Vssing engineering	Public Private Partnership(PPP), Transportation Planning rail, Rail Equipment
Dornier Consulting	Transport, Traffic Consulting
Frlich & Sporbeck Environmental Consulting	Environmental Engineering of Munich Project
DB Magnetbahn GmbH	독일 철도청으로 Munich Project의 발주처

출처 : Munich Main Station(2006), Munich Airport Project,Heiko Borchardt

○ 뮌헨 프로젝트에서 Transrapid는 프로젝트 매니지먼트의 역할로 조직구조부터 일정, 계약, 프로젝트 과정 설계, 레포팅, 의사결정의 권한 등의 프로젝트 전 과정을 책임지는 역할을 수행하였음. 나머지 컨소시엄 3개의 회사는 이 프로젝트 업무수행의 Assistant를 맡음.



[그림 901]계획 및 설계 단계 프로젝트 조직 체계

출처 : Munich Main Station(2006), Munich Airport Project,Heiko Borchardt

○ 뮌헨 프로젝트의 설계 단계에서 Transrapid의 업무 체계는 다음과 같음.

[표 384]Munich 프로젝트 내 Transrapid 상세 업무

구 분	주요 역할
Develop	- 프로젝트 구성/프로젝트 조직/프로세스 계획
Control	- 계획, 엔지니어링, 설계 프로세스 통제/인터페이스 통제
Coordinate	- 미팅/의사결정/레포팅
Document	- 목적/변화 관리/업무 진도 관리
Review and Verify	- 도형/계산/프로젝트 상세
Structure & Organize	- 비용 예측
Establish & Follow up	- 종합관리/계약/타임스케줄

출처 : Munich Main Station(2006), Munich Airport Project,Heiko Borchardt

□ 미국 Transrapid

① 프로젝트 수행배경

○ 1988년 CNSSTC(California-Nevada Super Speed Train Commission)로부터 관련 사업이 승인되었으며, 이후 1991년까지 이용자수, 기술평가, 사회경제적 영향, 조직 및 재무 계획 등 관련 연구가 진행됨.

○ 1991년 CNSSTC는 CNIMP(California-Nevada Interstate Maglev Project)를 위해 독일 Transrapid를 우선 선정하였으며, 1996년 CNSSTC와 AMG(American Magline Group)는 사업추진, 설계, 재무, 건설, 운영 및 유지관리를 위해 PPP(Public-Private Partnership)를 추진하였으며, CNIMP를 위한 Transrapid® maglev system을 구성하였음.

○ 1998년부터 2003년 까지 CNSSTC / AMG는 USDOT(United States Department of Transportation : 미국 교통부)로부터 연방자금을 받았으며, CNIMP를 위한 예비 환경조사, 설계, 및 엔지니어링을 수행하였음. 2004년 CNSSTC는 PEIS(Programmatic Environmental Impact Study : 계획영향평가)를 실시하였으며, FRA(Federal Railroad Administration), NDOT(Nevada Department of Transportation)의 승인을 받음.

○ 2004년부터 2007년 까지 환경영향평가 1, 2단계를 위한 자금을 마련하였으며, 2005년 대표회의에서는 CNIMP를 위해 SAFETEA-LU(자기부상 프로젝트에 적용되는 법)을 재정하여 약 4천5백만달러를 마련하였음.

○ 2008년 대표회의에서는 2005년에 재정된 SAFETEA-LU 관련 기술조정청구(Technical Corrections Bill)를 통과시켰으며, CNIMP는 이전에 승인된 4천5백만달러를 보장(라스베가스, 네바다, 애너하임, 캘리포니아)받았으며, 추후 진행될 프로젝트를 위한 4천5백만달러를 지원받아 총 9천만달러 자금을 지원받음.

○ 2009년부터 2011년 까지 CNSSTC는 연방 TIFIA 대출, 세금 면제 채권(tax exempt bonds), 사모펀드(private equity investment)를 통해 펀드를 구성하였고, 환경영향평가를 완성하기를 기대함.

○ CNIMP 초기에 Transrapid는 기존 철도 시스템과의 운행시간 비교, 여객처리량에 따른 수익성 등을 고려함.

② 프로젝트 수행 조직

○ CNSSTC(California-Nevada Super Speed Train Commission)와

AMG(American Magline Group)를 중심으로 Hirschfeld Steel Company, MNC & Associates, Parsons Transportation Group, General Atomics과 시티그룹, Transrapid International-USA, Inc.이 프로젝트 팀을 구성하였으며, 프로젝트 기술 지원은 AMG, Transrapid International-USA, Inc., Transrapid International, SIEMENS, ThyssenKrupp이 수행함.

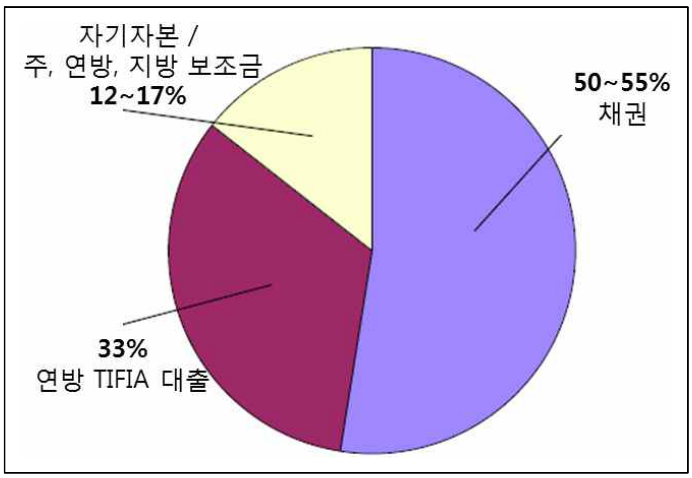


[그림 902]California-Nevada Maglev Project Team 구성도 및 기술 지원

출처 : CNIMP, California-Nevada interstate maglev project, 2008

○ CNIMP를 위한 프로젝트 파이넨싱은 TIFIA 대출, 세금 면제 채권(tax exempt bonds), 사모펀드(private equity investment)를 통한 펀드 구성.

- 채권이 50~55%, 연방 TIFIA 대출 33%, 자기자본 및 주, 연방 및 지방 보조금이 12~17%로 구성됨.



[그림 903]프로젝트 파이낸싱 재무 구조

출처 : CNIMP, California-Nevada interstate maglev project, 2008

③ 프로젝트 참여 기업 역할

○ CNIMP에 참여한 공공기관은 연방 철도국, 네바다 주 정부의 철도국, 캘리포니아-네바다 고속철도 추진위원회가 있으며, 고속철도 건설 시 안전점검 및 인증, 참여민간기업 관리, 고속철도 노선 통과 지역 지자체와 관련 기관들의 협력 및 조정 역할을 수행하였음.

○ Transrapid 미국 법인은 고속철도 건설 시 필요한 하드웨어 및 소프트웨어 설계를 담당하였으며, 이에 필요한 기술을 제공하는 역할을 수행하였음.

[표 385]참여 기관 역할 및 책임

참여 기관	역할 및 책임
FRA(Federal Railroad Administration)	· 관리, PEIS / EIS 및 안전 인증
NDOT(Nevada Department of Transportation)	· 국가기관 : PEIS / EIS 관련 기관 리드
CNSSTC(California-Nevada Super Speed Train Commission)	· 국가기관 : 공공 파트너, 지역 조정 및 공공지원
American Magline Group	· CNSSTC Private Partner : 주 계약업체로 기술제공, 프로젝트 관리, 지역 조정 및 공공지원
Transrapid-USA	· 기술 제공 및 양도 / · 시스템 아키텍처 및 분석 · 차량의 추진 및 제어 시스템 엔지니어링
General Atomics	· 미국 전기기준에 적합한 에너지 공급 및 추진시스템 적용
Hirschfeld Steel	· 미국 건설 기준에 가이드웨이 적용
Parsons	· 프로젝트 계획, 토목 공학, 편익분석. · 시드정렬 및 라이트어브웨이 / · 토목 구조 및 여객 역
Citigroup	· 재무 계획

출처 : CNIMP, California-Nevada interstate maglev project, 2008

○ American Magline Group은 Transrapid-USA가 속해있는 자기부상열차 기업으로 캘리포니아-네바다 고속철도 건설 프로젝트 전체를 관리하고, 민간 컨소시엄기업을 관리하는 역할을 수행함.

○ 건설 시 필요한 전기기준과 건설기준은 민간 전문기업인 General Atomics와 Hirschfeld Steel에서 컨설팅하였고, Parsons에서 프로젝트 계획 및 경제적 파급효과 분석, Citi group에서 재무관리를 하였음.

○ 초대형 프로젝트인 만큼 각 분야의 전문 민간기업과 관련 공공기관이 참여하였고, Transrapid는 자기부상열차 건설에 관련한 부분에 대해 책임 수행하였음.

④ 프로젝트 수행 내역

○ 미국 California-Nevada 초고속 자기부상열차 건설 프로젝트는 약 97,000개의 일자리를 창출하고, 연방정부에 173백만 달러의 세금 수익과 California주에 연간 7천8백만명의 승객을 수송하는 경제적 파급효과가 예상됨.

○ 각 지역별로 위치한 타 교통 체계와 연결시켜 시너지효과를 창출하는 마스터플랜을 기획하고 수행함.

[표 386] 프로젝트 수행 내역

구 분	세부 내용
볼티모어-워싱턴	· 계약기간 : 2001년~2007년 · 2003년 가을 초기 환경영향평가 완료 · 2007년 환경영향평가 완료 · SAFETEA-LU에 의한 펀딩
펜실베니아	· 계약기간 : 2001년~2007년 · 2005년 가을 초기 환경영향평가 완료 · 2007년 환경영향평가 완료 · SAFETEA-LU에 의한 펀딩
SCAG(Southern California Association of Governments) (LA)	· 캘리포니아 북부/남부 고속열차, 샌디에고 지역, 캘리포니아-네바다 자기부상 열차 프로젝트를 연결함. · 초기 연결 부분 : LA-유니언 스테이션-웨스트 코비나-온타리오 공항 · LA 도심에서 빠르고 안정적인 접근을 위해 진행됨.
Orangeline Maglev Project (LA)	· Orangeline 유니온 역에서 오렌지 카운티 애너하임까지 확장 · 2003년에 설립된 Orangeline 개발위원회(OLDA)는 프로젝트의 법적 프레임워크를 제공하며 개발, 자금 조달 계획, 그리고 궁극적으로 경로의 건설 및 운영을 관리함. · 프로젝트 개발 및 기획 팀은 2004년에 공개입찰로 진행되었으며, 초기 계획단계는 2006년 9월에 완료됨.
아틀란타-채터누가	· 애틀랜타, 캐터스빌, 달튼, 그리고 채터누가, 테네시 공항과 하츠 필드 공항을 연결함. · 환경영향평가에 대한 상세한 준비가 진행되었으며, 내슈빌 (서쪽)과 사바나(동쪽)에 대한 확장도 고려됨.

마) 시사점

○ Transrapid는 자기부상열차 사업의 활성화를 위하여 설립한 전문기업으로 민간에서 구축한 사례임.

○ 세계적인 불황에 기인한 사업성의 불확실성으로 인하여 기업을 폐쇄하였으나 새로운 사업에 대한 체계적인 추진을 위하여 전문기관이 필요하다는 사실을 역설적으로 제시한 사례임.

○ 더불어 자기부상열차 사업 시 전문기관이 수행해야할 핵심 업무 체계에 대한 영역을 제시한 사례임.

- 프로젝트 기획 및 업무 수행 조직 구성, 엔지니어링 및 프로세스 통제, 중장기적/단기적 의사결정 체계 확립, 업무 진도 관리, 프로세스 디테일 관리, 비용 예측 등 헤더로서의 업무를 할 수 있는 기관을 통하여 프로젝트를 보다 효과적으로 수행할 수 있는 것으로 나타남.

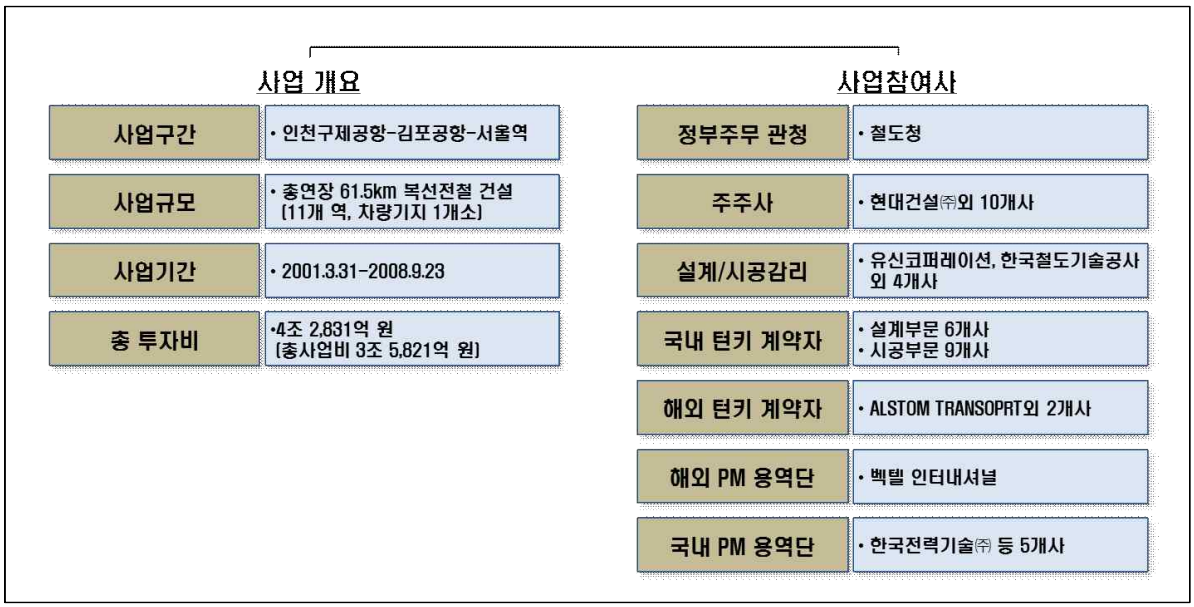
○ 미국 Transrapid 프로젝트는 주로 공항간 연결, 지역간 연결, 거리로는 중·장거리(시외)에 진행됨. 일반적으로 미국은 도시간의 거리가 멀기 때문에 공항까지 빠르고 편리하게 연결하는 것이 중요하지만, 추후 성장가능성이 문제가 되고 있음. 각 공항의 접근성이 동일하다 하더라도, 더 나은 지역의 공항 자원을 활용하기 위한 이동 및 수정된 교통 계획이 중요함. 이러한 경향으로 인해 미국에서 자기부상 열차의 적용 가능성은 높음.

(나) 프로젝트 수행 조직 구성 사례

1) 인천국제공항철도

가) 프로젝트 수행배경

○ 인천국제공항철도 프로젝트는 민간사업자인 인천국제공항철도(주)가 서울역과 인천국제공항철도 간에 총연장 61km의 복선전철을 건설하여 정부에 기부 채납 후 30년간 운영하는 민간투자 사업임.



[그림 904]인천국제공항철도 프로젝트 개요

출처 : 윤재호(2003), 인천국제공항철도 건설사업관리 수행체계, 한국건설관리학회

- 사업시행자 : 인천국제공항철도(주)
- 주무관청 : 건설교통부
- 사업형태 : BTO(Build-Transfer-Operate)방식
- 사업구간 : 1단계 : 인천국제공항 ~ 김포공항(40.3km) 6개역 / 2단계 : 김포공항 ~ 서울역(20.7km) 4개역
- 건설기간 : 1단계 : 2001. 3 ~ 2007. 3 (72개월) / 2단계 : 2004. 1 ~ 2009. 12 (72개월)
- 운영기간 : 1단계 : 2007. 3 ~ 2039.12 / 2단계 : 2010. 1 ~ 2039.12 (2단계 준공 후 30년)
- 노선 : 1단계 : 신공항1~신공항2~지원도시~경서~귤현~김포공항 / 2단계 : 김포공항 ~ 수색 ~ 홍대 ~ 공덕 ~ 서울역/(용산역)

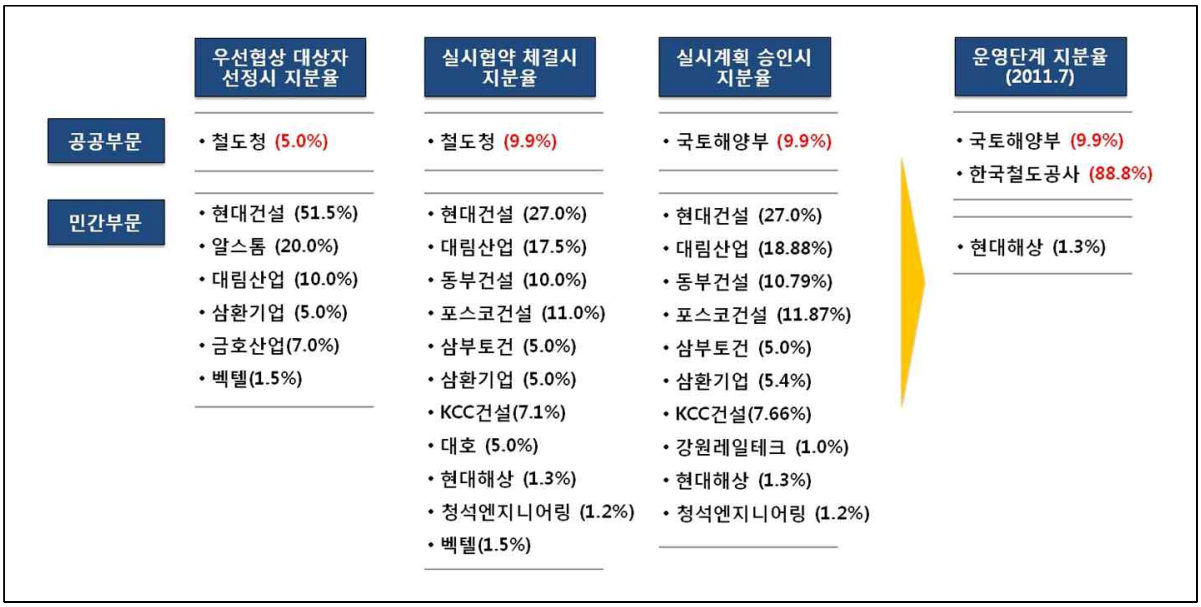
나) 프로젝트 수행 조직

○ 공항철도건설 사업은 그 규모나 복합적인 특성을 감안 시 대형프로젝트를 조정 및 통제하는데 필요한 기술 및 관리의 전 분야를 망라하는 강력한 사업관리 조직이 필요함.

- 따라서 발주자 및 사업관리인 기능을 통합하여 하나의 조직 내에 발주자, 국내 및 해외 사업 관리인을 통합 운영되도록 하여 상호간의 경험 및 이해 공유, 원활한 업무 체계 구축하여 통합 사업관리조직을 구성하였음.

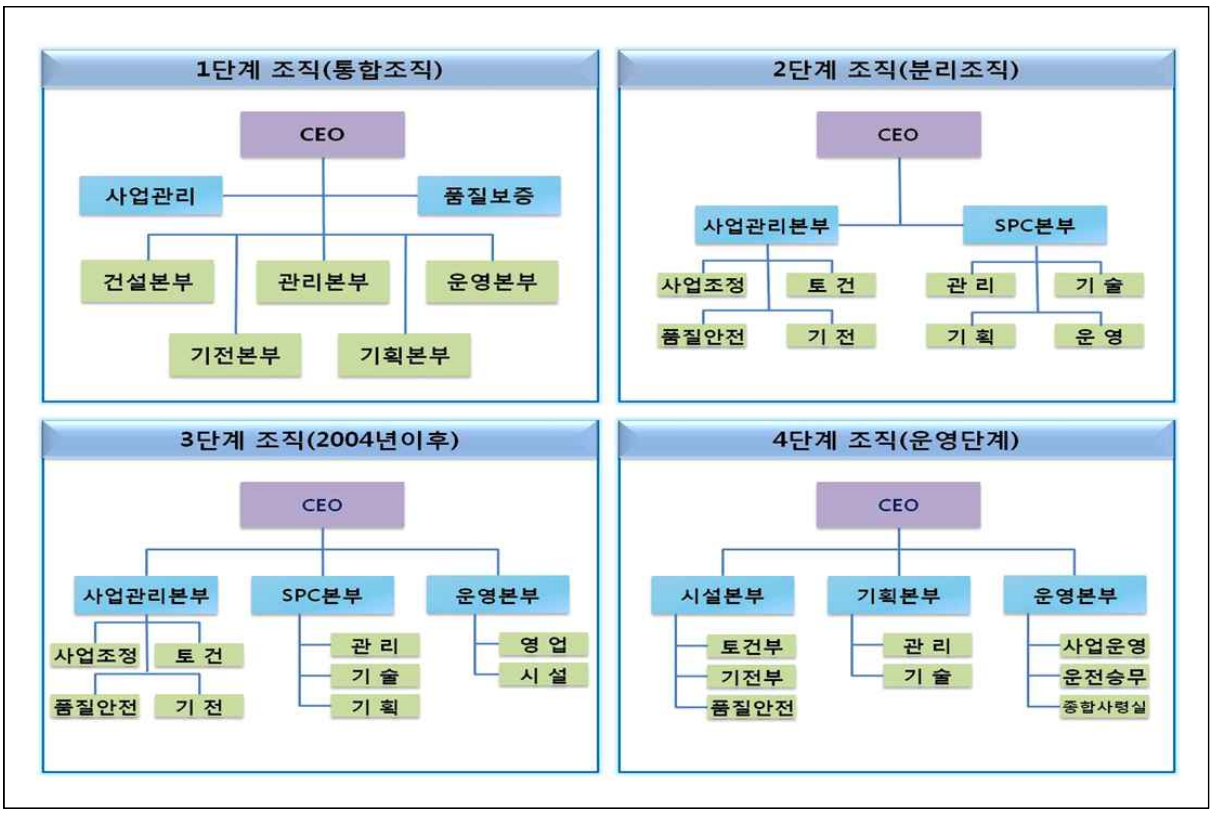
○ 프로젝트의 효과적인 수행을 위하여 우선협상 대상자 선정 시, 실시협약 체결 시, 실시계획 승인 시, 운영단계 시 지분율의 기관별 차이를 두게 하였으며, 운영 단계에서 한국철도공사가 운영 지분을 대부분 보유하게 되었음.

- 실시계획 승인 시에서 민간 중심의 지분율은 건설 완료 후 운영단계로 진입할 당시 한국철도공사를 설립 추진하여 민간 기업이 가진 프로젝트 지분과 함께 관련 시설 및 기술, 시스템을 인수하였음.



[그림 905]프로젝트 추진 참여구조 변화

출처 : 안태훈(2012), 공공부문의 민간투자사업 출자에 따른 문제점 및 개선방향, 국회예산정책처



[그림 906]프로젝트 수행 단계별 조직 체계

출처 : 윤재호(2003), 인천국제공항철도 건설사업관리 수행체계, 한국건설관리학회

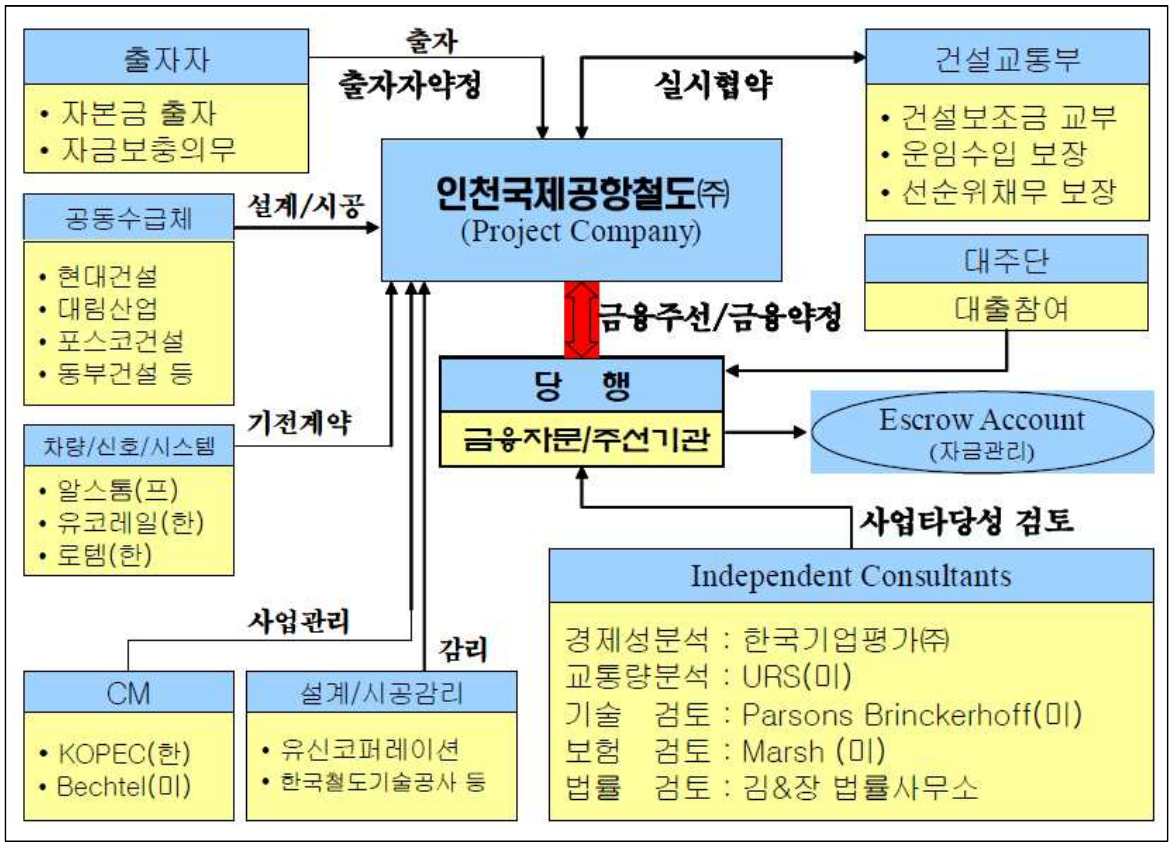
○ 효과적인 프로젝트 수행을 위하여 단계별 조직 구성을 변화하였음.

- 1단계는 통합조직으로 운영하였으며, 2단계는 분리형 조직으로 운영하였음. 3단계에는 SPC 조직을 최소화하고 경영 본부, 관리 본부 및 운영준비 본부 기능으로 편성하며 정부, 대대주단, 대 주주회원사 업무협력관계를 구축하여 PM 조직과 완전 분리하였음. 4단계는 운영단계로서 SPC 소속 PM 관련 직원을 IPMO 요원으로 흡수하였음.

다) 프로젝트 참여 기업 역할

○ 프로젝트 참여 기업의 역할 및 관련 대상간의 관계를 살펴보면 다음과 같음.

- 출자자, 공동수급체, 차량/신호/시스템, CM, 설계/시공감리, Independent Consultants, 건설교통부, 대주단이 참여하였으며, 인천국제공항철도(주)를 구성하였음.



[그림 907]인천공항철도 프로젝트 참여 민/관 역할

출처 : 황문현(2005), 인천국제공항철도 PF 금융에 대한 사례 분석

○ 인천공항철도㈜를 중심으로 공공기관, 민간기업, 해외 전문가 집단이 사업에 참여하여 협업을 통해 공항철도 건설을 추진하였음.

- 국내 건설사로 이루어진 컨소시엄이 설계 및 시공을 담당하였고, 운행에 필요한 차량과 신호, 시스템 분야는 국내 철도차량 기업인 로템, 유코레일, 프랑스의 알스톰사가 담당하였음.
- 이외에도 사업의 관리와 설계/시공감리, 컨설팅, 자금운영, 정책적지원을 위한 주무관청이 참여하여 서로 업무협력을 하였음.

○ 이처럼 많은 기관이 참여한 인천공항철도 사업은 네트워킹 및 파트너십과 서로의 업무 체계를 명확하게 진행하는 것이 중요한 것으로 분석됨.

라) 시사점

○ 인천공항철도 민간투자사업은 건설-양도-운영(Build-Transfer-Operate : BTO) 방식으로 시행되었음.

○ 인천국제공항철도 건설 추진하기 위해서 인천국제공항철도㈜ 설립하였으며, 공공(당시 철도청)과 민간 기업이 자본금을 출자하였으며, 이를 위해 법률 및 정부지원이 있었음.

○ 성공적인 프로젝트 수행을 위해서 민간/공공 협업체계의 중요성을 인식하고 있었으며, 이에 따른 협력 및 갈등 여지를 최소화하기 위한 조직 체계를 구축하였음.

○ 프로젝트 수행 단계별 조직체계를 4단계에 걸쳐서 변화시켰는데 이는 각 부분별 역할 및 책임의 명확화와 효과적인 업무 운영을 위함임.

○ 설계/시공, 차량/신호/시스템, 사업관리, 감리와 같은 직접적인 사업 참여자와 독립적인 컨설팅 그룹과의 네트워킹 및 파트너십을 통해 사업을 성공적으로 수행하였음.

[표 387]인천국제공항철도 프로젝트 성공요인

구분	사업 추진 내용	성공요인
인천국제공항철도 건설	- 인천국제공항철도㈜ 설립을 위한 법률 및 제도적 정부 지원으로 설립 출자금을 마련함.	법률 및 정부지원
	- 프로젝트 진행 단계별 목표에 따라 유연하게 조직을 변화시킴.	체계적 경영을 위한 조직체계
	- 사업 진행 시 각 분야별 전문기관을 선정/연계하여 협력체계를 구축하였음.	네트워킹 및 파트너십

○ 인천국제공항철도 프로젝트 사례를 분석한 결과, 법률 및 정부지원, 체계적 경영을 위한 조직체계, 네트워킹 및 파트너십이 중요한 성공요인으로 도출되었음.

2) 브라질 KTX 진출 프로젝트

가) 프로젝트 수행배경

○ 2003년 국회 의원포럼에서 2004년 경부고속철도 KTX 개통과 함께 한국고속철도의 해외진출 추진을 위한 방안 수립 필요성이 제시되었으며, 그 결과 교육과학기술부 공공기술연구회 일반사업으로 2004년도부터 2010년까지 7년에 걸쳐“한국형고속철도시스템의 해외진출 정책 및 기술 기반 구축” 연구가 해외진출에 대한 종합적인 추진전략과 사업계획의 수립을 위하여 한국철도기술연구원(이하 철도연)에서 수행되었음.

○ 경부고속철도사업, G-7 고속전철기술개발사업 및 프랑스로부터의 기술이전결과에 대한 조사분석이 시행되었으며, 선발국가 대비 해외진출 SWOT 분석을 통하여 해외진출을 위한 통합추진체계를 구성 및 운용계획을 제시하고, 정부부처(국토부, 지경부 및 외통부), 공공부문(한국철도시설공단, 코레일) 및 학계·민간전문가들이 공동으로 수립한 해외진출 추진시나리오를 잠재 진출대상국 중 가장 적절한 조건을 갖추었던 브라질에 적용하여 시행함.

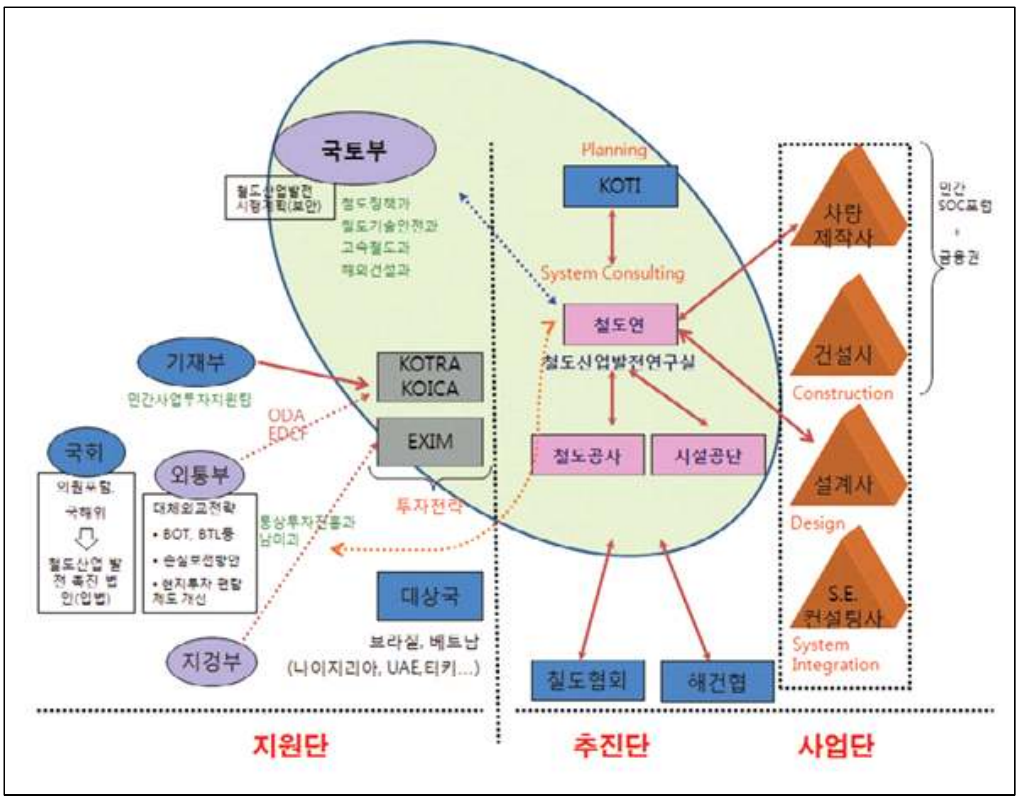
나) 프로젝트 수행 조직

○ 경부고속철도 사업에 대한 추진 경험을 바탕으로 프랑스로부터의 기술이전 결과에 대한 조사 분석을 실시하였고, 선진국대비 해외진출을 위한

SWOT분석을 기반으로 해외 진출을 위한 통합추진체계(정부부처 및 관련 기관, 기업체)를 구성하였음.

- 정부와 유관기관과 고속철도 건설 시 필요한 기술을 보유한 철도관련 민간기업, 해외진출을 위해 필요한 외교채널 확보할 외교부와 KOTRA, KOICA 등이 협력 관계를 구축하였음.

○ 고속철도사업에 대한 경험이 풍부한 학계 전문가의 적극적인 참여로 철도연은 정부부처, 공공기관 및 민간 기업들과 함께 선발국가에서와 같이 한국고속철도시스템의 우수성을 국제시장에 효과적으로 알리기 위한“지원단”, “협의체”, “추진단”및“사업단”과 같은 단계별 추진조직을 제시하여 범정부적인 차원의 운용기반을 구축함.



[그림 908]해외진출 추진체계의 구성요소와 협력관계

출처 : 오지택(2010), “세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진”, 대한토목학회지, 2010

○ 지원단(정부 및 공공부문 중심) : 해외인사 초청, 인력교류, 해외방문 Roadshow 등에 대한 활동이 가능하도록 국가 간 외교채널을 통하여 공신력을 확보하였으며, 이를 바탕으로 관련 기회를 확보하였음.

○ 협의체(정부, 공공 및 민간 연계) : 한국형시스템의 기술적, 상업적 우수성을 전달할 수 있는 관·산·학·연기관으로 구성된 협의체를 구성하여 프로그램을 개발하였으며, 해당국 사업에 대한 기술자문 및 지원활동수행을 통하여 해당국의 철도관련 미개척 산업시장발굴을 위한 부대활동을 수행하였음.

○ 추진단(공공 및 민간중심) : 협의체 활동에 의해 발굴 또는 인지된 해외철도사업에 대한 국가경쟁력을 강화시키고, 민간 기업이 효과적으로 참여할 수 있도록 해외사업의 추진계획을 수립하였으며, 공신력을 기반으로 선진국 기업과 차별된 수주전략 수립 및 사업 진출가능성을 위한 시나리오를 수립하였음.

○ 사업단(민간 및 공공중심) : 진출 가능성이 가시화된 사업에 한하여 추진단이 확보한 모든 사업 추진 수주 전략을 인수받고 추진단의 기능을 사업측면에서 확대하여 구성하였으며, 수주경쟁력을 높이기 위한 제반 활동을 시행하였음.

[표 388]KTX 브라질 수출 사업단 구성 및 역할

구분	구성	주요 역할 및 특성
지원단	**공공중심**	해외인사 초청, 인력교류, 해외방문 Roadshow 등의 외교채널 확보
협의체	**공공-민간**	관·산·학·연기관으로 구성, 신시장 발굴, 기술자문, 지원활동 수행
추진단		사업대상국에 대한 국가경쟁력 강화, 사업 전략, 시나리오 수립
사업단		추진단의 전략 인수, 추진단의 기능을 사업측면에서 확대

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진 재인용

○ 브라질 고속철도 수출을 위해 공공중심의 지원단이 해외인사 초청, 교류 등의 브라질과의 연결(Bridge)역할을 수행하였으며, 협의체는 주로 자문 및 지원의 역할을 수행하였음. 그 후 추진단에서 브라질 수출을 위한 국가경쟁력 강화 전략 및 시나리오 등의 직접적인 전략을 구상하여, 사업단에게 인계하였음. 사업단에서는 추진단의 전략을 사업측면에서 확대 강화하였음.

○ 자기부상열차 사업화 전문기관 설립 시 대상 국가별 지원단과 협의체를 갖출 수 있는 조직구조로 설립・운영방안이 도출되어야 함.

다) 프로젝트 참여 기업 역할

○ 해외 철도사업을 정부차원에서 주도적으로 발굴하는 적극적 자세로 전환하는 것이 필요함. 예를 들어 해당 대상국에 대한 신규 민자 사업을 발굴하기 위해 사업타당성을 수행하고자 할 때 초기 예산을 정부가 국가 간 지원, 교류 사업 및 연구개발비 등으로 활용하는 방안을 제시하여 민간 기업들이 해외진출을 위해 사전에 필요로 하는 특화된 고급정보를 제공하는 효과적인 방안이 될 수 있음. 이를 위한 분야별 역할과 지원방안은 다음과 같음.

- 공공부문에서 가장 큰 역할은 해외진출을 원활히 하기 위한 법적, 제도적 지원을 하는 것이며, 이를 위해 국회에서 지원 법안을 개정하였고, 외교를 통해 해외 채널을 확보하였음.

- 이외에도 관련 공공기관들이 협의체를 구성하여 지원하였으며, 주로 공공부문에서 사업추진을 위한 지원을 하였음.

[표 389]해외진출 촉진을 위한 분야별 역할과 지원방안

분 야	주요 역할 및 지원방안
국회	· 해외진출촉진 및 지원을 위한 입법 및 제도의 개선
기획재정부	· 해외 민자 사업 촉진을 위한 각 부처별 사업재정 확보방안의 종합 수립 및 지원 · 해외진출 활성화를 위한 관련기관의 예산규모 조정
외교통상부	· 고속철도 진출대상국에 대한 국가 간 통상무역 전략과 우호적 관계 형성을 위한 제반협정의 기획 · 한국 기업의 진출대상국 활동에 대한 투명성과 신뢰성을 보증할 수 있는 절차의 수립 및 운용 · 해당국과의 교류방안을 다각적으로 검토하여 해외철도사업에서 발생할 수 있는 손실을 보전할 수 있도록 대체수익 항목의 발굴과 외교적 노력 필요
국토해양부 및 지식경제부	· 해외 고속철도진출에 요구되는 통합추진체계의 활동 근거법령의 수립 · 해당 사업과 관련된 부처 간 통합지원체계의 기획과 운용기반 제공 · 지원단, 협의체와 같은 해외진출 활성화 조직의 구성과 활동에 대한 지속적인 상설조직의 운용을 위한 법적근거와 예산을 확보
협의체	· 정부부처, 공공기관 및 민간 기업이 연계하여 초기 신규시장발굴을 위한 조사, 분석 및 평가 주체가 되어야 함 · 외교통상부, 국토해양부 및 지식경제부와 같은 정부부처의 합동 대표단 활동 등으로 해당 진출대상국으로부터 한국 추진단 및 사업단의 공신력 강화방안 수립과 지원이 필요함

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진 재인용

라) 프로젝트 수행 내역

○ 2004년 “한국고속철도의 해외진출 정책 및 기술기반 구축 연구” 착수 이후 2년에 걸쳐 중국을 포함한 해외진출가능 국가에 대한 현지조사 및 사업성 분석이 시행되었으며, 이와 병행하여 경부고속철도사업을 통하여 프랑스로부터 이전받은 기술내용과 국가연구개발사업을 통하여 확보된 기술내용을 종합하여 브라질 고속철도사업을 발굴하였음.

[표 390]브라질고속철도사업의 타당성 조사/분석(2006년)

구 분	세부 내용
기존 사업계획의 조사분석	· 1997년 독일에서 검토한 Transcorr 보고서 입수분석 · 2004년 이태리가 제안한 Italplan의 입수 분석 · 기존계획의 제안노선 및 방식의 타당성검토를 위한 현지조사실시 (노선대의 현장실사 및 주요지자체와의 협의)
새로운 한국제안의 수립	· 철도 연, 학계 및 민간 전문가들로 구성된 연구진이 사업기본계획 (노선, 중간역, 운영속도, 기술사양 등)을 수집

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진, 대한토목학회지

○ 2006년부터 지속적으로 브라질 고속철도사업의 발굴과 제안을 개발한 학계 전문가를 중심으로 2008년 추진단을 구성하고 2009년 사업단으로 확대 개편함.

[표 391]브라질고속철도사업의 제안 수립(2007년)

구 분	세부 내용
브라질고속철도사업에 대한 한국의 전략 및 제안의 수립	· 2006년의 사업제안 2차 보완완료 · 2007년 7월 연방정부 Dilma장관(총리급)에 대한 한국제안의 우수성 브리핑, 상파울로 콩고냐스 국내선공항의 안전문제 및 고속철도 연계사항 등으로 이전당위성 제시 · 한국팀의 브리핑 일주일 후 콩고냐스공항에서 여객기 활주로 이탈사고로 수백명의 사상자 발생 · 이 사고로 인하여 연방정부측은 한국팀의 제안에 대하여 적극적인 관심과 기술/정책적 지원을 요청
정부대표단의 구성 및 한국제안	· Dilma장관의 지원요청을 수용한 3차 보완완료 · 국토부(건교부), 외통부, 철도연, 코레일, 한국철도시설공단 및 민간전문가로 정부대표단을 구성, 브라질 연방정부 3부 장관(정무부, 교통부, 계획부), BNDES(산업개발은행)총재, VALEC(철도건설공단) 사장 등 주요인사에 종합 브리핑 실시

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진, 대한토목학회지

[표 392]브라질 고속철도사업의 한국제안 채택(2008년)

구 분	세부 내용
한국의 사업제안의 브라질 연방정부 공식채택 추진	·2007년 12월 제시한 한국제안을 브라질 연방정부가 국가성장촉진프로그램(PAC, 3차 및 4차)에 공식으로 채택 ·2년여에 걸친 통합추진체계의 운용과 능동적 추진전략의 시행결과로 한국제안의 공신력과 유리한 입지를 확보 ·한국제안의 핵심내용은 고속철도 인프라와 철도시스템(차량, E&M, O&M)의 일괄발주를 유도하는 것이었음.
주요 경쟁국의 동향과 한국의 대응	·프랑스(알스톰), 독일(지멘스) 및 일본(미쯔비시 상사) 등은 민간기업이 주도하는 사업자 형태로서 브라질 연방정부에 집요하게 사업의 분리발주를 요구함. ·또한, 한국(2.5세대)보다 발전된 3세대 철도시스템의 우수성을 피력하며 한국의 입지를 약화시키기 위하여 노력함. ·Dilma 장관의 4월 방한 및 후속조치로서 교통부차관의 고속철도실사단 5월 방한, 또한, 6월 브라질 하원공청회 고속철도사업에 한국측 참석 및 발표, 7월 브라질고속철도사업의 재원조달 핵심기관인 미주개발은행(IDB) 부총재 및 세계은행(WB) 브라질담당관 방한. ·범 부처협력사업화를 위한 국토부 주관 민관협의체가 6월 구성 및 운영. ·국가적 대응사업으로서 7월 일본에서 개최된 G8 확대정상회담 및 11월 브라질 방문 시 이명박 대통령과 브라질 룰라대통령 정상회담 양국 협력의제로서 논의됨.

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진, 대한토목학회지



[그림 909]한국제안계획(철도연 2007)과 브라질 PAC 채택 공고

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진, 대한토목학회지

○ 브라질 고속철도사업의 한국수주를 위해 국토부 장관 주도의 수주지원단이 파견되어 현지에서 수주를 위한 활동을 했으며, 양국 간의 산업협력 합의를 체결하였고, 이에 브라질 고속철도사업이 포함되어 있음.

[표 393]브라질 고속철도사업의 한국수주를 위한 노력(2009년)

구 분	세부 내용
한국과 브라질 양국 공동 컨소시엄 구성	・추진단 형태의 사업수주가능성 향상노력이 결실을 맺어 2009년 3월 브라질 고속철도한국사업단(사업단)이 공공기관과 민간기업의 협약에 의해 구성되고 확대됨. ・국토부 장관 주도 수주지원단이 5월 구성되어 브라질 현지활동. ・한국(지경부)-브라질(개발상공부) 제1차 산업협력위원회 양국 협력합의록에 브라질고속철도 사업 포함. ・철도연은 한국측 제안의 경쟁력강화를 위한 기술이전 및 공동 R&D 분야에 대한 지속적인 보완과 제안 발굴.

출처 : 오지택(2010), 세계 철도기술 시장의 현황과 한국철도의 해외진출추진, 대한토목학회지

○ 사업수주를 위한 공공과 민간이 협업체계를 구축하고, 주무관청인 국토부의 지원하에 사업 수주 지원활동을 적극적으로 하였음.

○ 성공적인 해외진출의 추진을 위해서는 기존의 해외철도시장을 선점하고 있는 선진국 거대기업들의 실적 및 기술과 국내 기업들이 경쟁할 수 있도록 지원할 수 있는 통합추진조직의 구성과 지속적인 활동기반이 절대적으로 필요함.

마) 시사점

○ 지원단과 추진단, 사업단의 조직을 체계적으로 하였으며, 이를 통해 관련 기관, 단체와의 네트워킹 및 파트너십을 연계하여 추진 시 필요한 업무를 수행하였음.

○ 브라질 고속철도 사업 수주가 결정되지는 않았지만, 그간 수주를 위한 활동들을 통해 브라질 정부 측의 방한, 대통령 회담, 노선 제안 채택 등의 긍정적인 반응을 이끌어 냈으므로, 이에 관한 성공요인을 도출함.

[표 394]브라질고속철도 프로젝트 성공요인

구분	사업 추진 내용	성공요인
브라질 고속철도 프로젝트	- 정부주도하에 사업관련 유관기관은 공공, 민간 모두 협업체계를 구축하여 사업수주를 지원하였음.	정책적 협업체계
	- 국회에서는 진출을 지원하는 입법 및 제도를 개선하였음. - 국토해양부 장관 주도하의 사업수주 지원단을 브라질 현지에 파견하여 현지에서 활동함.	법률 및 정부지원
	- 고속철도 건설에 필요한 기술을 보유한 공공·민간과의	네트워킹 및 파트너십

	파트너십	
	- 네트워킹 기관과의 핵심업무에 대한 명확한 역할 배분과 체계구축	핵심업무체계

○ 주무관청인 국토해양부 주관하에 관련 타부처(정부)와의 협업체계를 구축하여 브라질 정부와의 경제, 무역, 정치, 외교 등의 분야에서 지원함.

- 외교부와 KOTRA, KOICA와 협력관계를 구축하여 사업수주를 지원하기 위한 외교적 채널을 확보함.
- 기획재정부는 브라질 고속철도 사업 수주에 필요한 예산 지원을 위해 타 부처와의 예산 규모 조정을 실시함.

○ 국회에서는 해외진출을 위한 입법 및 제도를 개선하여 수주 지원활동을 하였음.

○ 고속철도 건설에 필요 기술을 보유한 민간기업과 네트워킹 및 파트너십을 체결하여 사업 수주의 경쟁력을 높였음.

○ 네트워킹 및 파트너십을 체결한 공공기관 및 기업과의 명확한 업무분담과 업무체계를 구축하여 수주를 위한 사업 제안을 진행하였으며, 이를 브라질 정부에서 채택하였음.

○ 정부주도의 유관기관 및 민간기업과의 네트워킹 및 파트너십을 통해 사업 수주에 필요한 법적, 제도적, 기술적 지원을 하였으며, 사업 수주에 유리한 위치를 확보할 수 있었음.

(다) 국내외 기업 해외 진출 사례

1) SMRT

가) 기업 현황

○ SMRT 설립 목적 : 2000년 6월 대중교통운영을 목적으로 설립됨.

- 1987년 싱가포르 First Mass Rapid Transit System을 설립하여 싱가포르의 대중 교통시스템을 공급하였음.
- 2000년 SMRT Corporation Ltd.로 기업명을 변경하였으며, 보다 선진화된 대중 교통 서비스 체계를 구축하였으며, 해외 진출을 위한 기반을 마련함.

○ 주요 사업 분야 : 교통분야 외 컨설팅, 엔지니어링 등 11개 분야의 사업

추진.

○ 매출액 : 2011년 기준 8,741억 원

○ SMRT 비전 및 가치

- 미션 : 안전 제공, 편리하고 혁신적인 서비스 기반한 향상된 신뢰와 친근한 교통 경험에 기반한 고객의 선택.

- 비전 : Moving People, Enhancing Lives

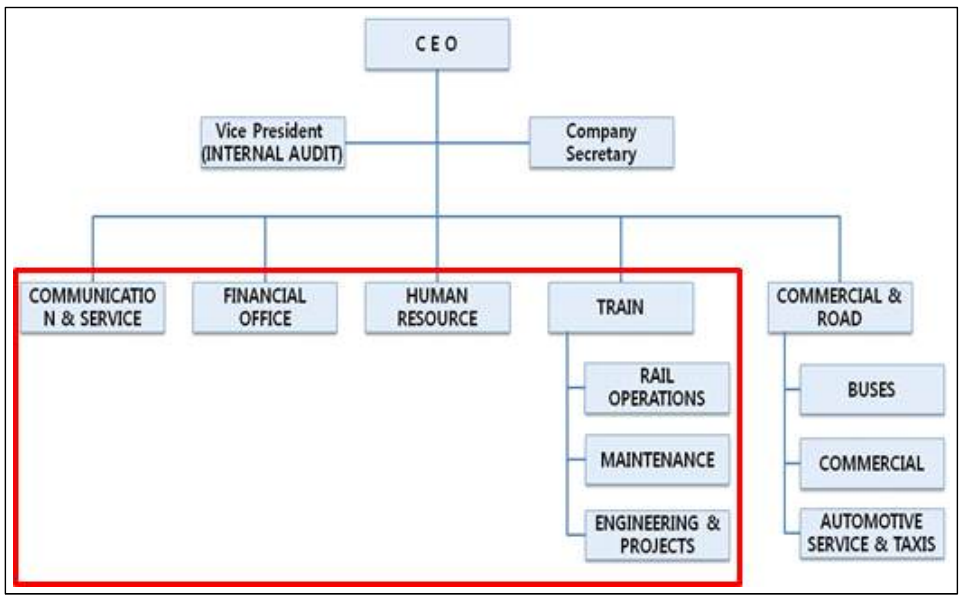
- 핵심 가치 : 우수함, 응답, 책임과 평가, 공공성, 주주와 종업원

나) 조직 체계

○ SMRT는 공통적 업무부서(HR, FINANCE)와 사업 특화부서(Train, Commercial & Road)로 구분하여 조직되어 있음.

- Train 부서는 레일 오퍼레이션, 유지보수, 엔지니어링 및 프로젝트 기반 세부 부서로 구성되어 있음.

- Commercial & Road 부서는 버스, 상업, 자동화 서비스 및 택시 기반 세부 부서로 구성되어 있음.



[그림 910]SMRT 조직 체계

출처 : SMRT(2012), Growing a Sustainable Legacy, SMRT Corporation Ltd. annual report

다) 해외 진출

○ SMRT의 주요 사업 분야는 O&M 및 컨설팅, 프로젝트 관리 및 엔지니어링, 안전시스템 개발, 시스템 성능 향상 및 감리 분야임.

○ 해외 진출 주요 사업 내역을 살펴보면, 태국, 인도, 필리핀, 중국 등 아시아 시장과 중동과 브라질까지 사업 지역군을 확대하고 있음.

[표 395]SMRT 해외진출 실적

사업분야	사업지역	내용
O&M 및 컨설팅 **프로젝트 관리 및 엔지니어링 수행** **안전시스템 개발, 시스템 성능 향상 및 감리**	싱가포르 센토사	모노레일 시스템, 건설 및 운영단계 컨설팅
	태국 방콕	역사 운영 및 유지보수 장비, AFC, 키켓 장비에 대한 교육
	인도 델리	차량 기지 기존 설비 점검 및 성능 향상 유지보수 감리
	필리핀 마닐라	LRT2 시스템 시운전, 건설과정 컨설팅
	중국 상하이, 난징	열차운영 시간계획 및 ATC 설계 차량유지보수 감리
	베트남 호치민	1호선 프로젝트 설계 및 운영비 사전 검토
	한국 서울	신분당선 무인운전시스템 PM 및 교육
	일본	신교통 수단 Hitachi 모노레일 타당성 검토
	중동 UAE	모노레일 및 PRT 시스템 시운전 준비
	남미 브라질	메트로 및 버스 운영, 유지보수 컨설팅

출처 : SMRT, Growing a sustainable legacy, 2012

라) 시사점

○ SMRT는 철도, 버스, 택시, 렌탈, 광고, 엔지니어링 등의 사업영역을 가진 싱가포르 내 교통관련 종합 공기업으로, 주로 철도관련 프로젝트 관리, 컨설팅, 시스템 설계, 감리 등을 통해 해외 진출 실적을 올리고 있음.

- 해외 진출 핵심 업무는 컨설팅, 프로젝트 관리, 엔지니어링, 시스템 개발 및 감리, 교육 등이 있으며, 수익 모델 창출을 위해 지속적 해외 진출을 꾀함.

○ SMRT의 해외진출 사례분석을 통해 도출된 성공요인은 다음과 같음.

- 싱가포르 자국의 지역적 특성상 교통부문 사업화 전문기관 설립을 위해 법률 및 정부 지원을 통해 설립이 용이했음.

- 초기 철도부문 회사로 설립되어, 버스, 택시, 엔지니어링 등 다양한 교통

관련 분야와 그 외의 광고, 렌탈과 같은 사업영역을 넓혀 비즈니스 모델을 확장해 나갔으며, 이는 해외시장 진출 시 경쟁력을 확보할 수 있었음.

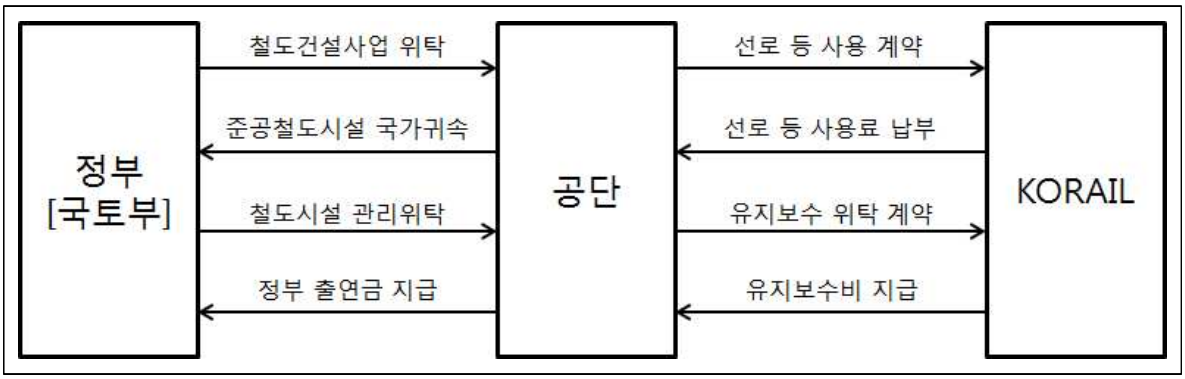
○ SMRT는 싱가포르 국가 특성상 초기 정부지원이 집중되어 사업영역을 확장해 나갔으며, 다양한 교통사업 확장을 통해 해외 진출 시 경쟁력으로 작용하였음.

2) 한국철도시설공단

가) 기업 현황

○ 1992년 한국고속철도건설공단이 설립, 2003년 7월 철도산업 구조 개혁을 위한 한국철도시설공단법이 제정·공포되었으며, 2004년 철도청의 건설 분야와 한국고속철도건설공단과 통합되어 한국철도시설공단 설립. 이후 2005년 한국철도공사(Korail) 설립됨. 2010년 해외철도사업의 원활한 진행을 공단 내 해외사업본부를 구성함(한국철도시설공단법 제7조[사업]에 근거함).

○ 조직 및 정원은 4본부(기획혁신본부, 3건설본부), 1실(경영지원안전실), 1연구원(녹색철도연구원) 및 5지역(수도권, 영남, 호남, 충청, 강원)본부로 구성되어 있으며, 2013년 현재 1,341명임.



[그림 911]철도기관간 업무관계

출처 : 김형근(2013), 남아시아 철도시장 전망 및 진출전략, 한국철도시설공단

○ 정부로부터 건설사업 및 시설관리 위탁 후, Korail에 선로 등 사용 계약, 위탁 계약 수행하는 역할을 하며, 정부 사업을 위탁 받아 건설하는 위탁집행형 준정부기관으로 정부출연금에 의해 철도건설사업 수행 및 완료 후 모든 자산이 정부로 귀속되는 무자본특수법인임.

○ 고속철도 건설 사업에 있어서는 소요재원의 50%를 공단이 채권발행을 통해 조달하고 부채는 철도공사로부터 고속철도 선로사용료를 받아 상환함(운영부채는 철도공사로 이관).

[표 396]재원조달 기본원칙

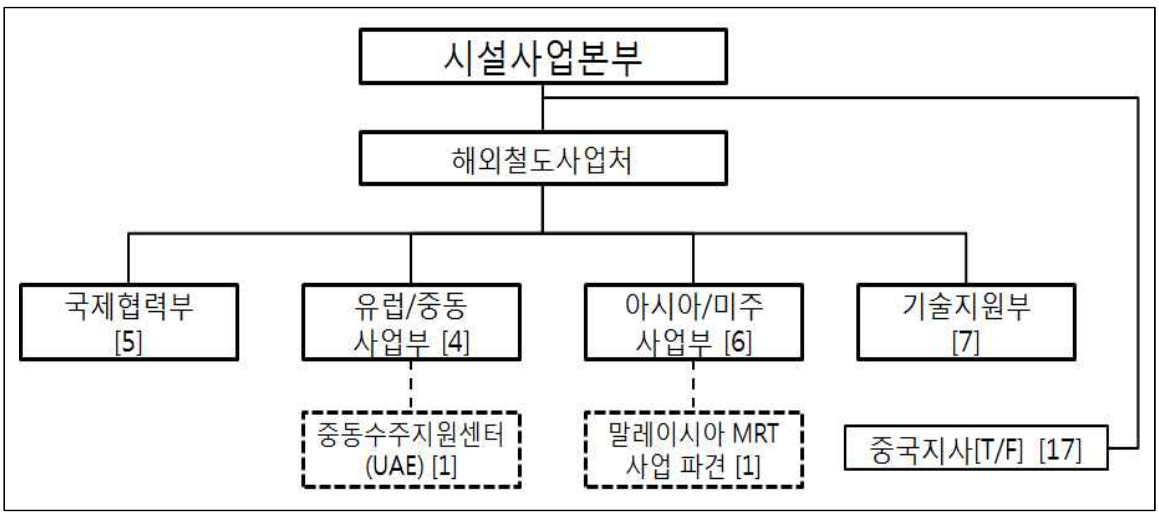
구 분	정부출연	지자체 부담	공단 부담
고속철도 사업비	경부·호남 : 50% 수도권 : 40%	-	경부·호남 : 50%
일반철도 사업비	100%	-	-
광역철도 사업비	75%	25%	-
유지보수비 (일반철도)	30%	-	70%
유지보수비 (고속철도)	-	-	100%

출처 : 김형근(2013), 남아시아 철도시장 전망 및 진출전략, 한국철도시설공단

나) 조직 체계

○ 한국철도시설공단의 해외철도사업 조직 체계를 살펴보면, 2004년 중국 지사 설립 후 당해 5월에 공단 최초로 중국 수투시험선 감리사업(해외사업)을 수주함. 2007년 미래사업 추진단(1팀)이 설립, 2010년 해외사업본부(2처 4부, 12지사)로 조직이 확대되었으며, 2011년 11월 시설사업본부 내 해외철도사업처(1처 4부)로 조직이 슬림화되어 지금 현재 운용되고 있음.

○ 해외 철도 사업 수행 조직은 국제 협력부 / 권역 사업부(프로젝트 수주 필요 지역 내 추가 지사 설립) / 기술지원부로 구성되며, 총인원 41명(본사 22명, 지사 등 19명)으로 구성됨.



[그림 912]해외 철도사업 수행조직

다) 해외 진출

○ 최근 세계적으로 철도투자 확대 추세에 있으며, 세계 철도시장은 2015년까지 약 256조원(연간 4.5% 성장)으로 확대될 전망이나, 국내는 향후 철도분야 재정투자는 정체 내지 감소될 것으로 전망되며 민간투자 사업도 정부지원 축소 등으로 위축될 전망임. 이로 인해 국내 시장보다는 향후 해외철도 시장에서 한국철도산업의 활로를 찾아야 함.

○ 해외 철도 시장은 급속히 확대되고 있으나 기술경쟁력, 가격경쟁력 및 공적 자금(유·무상 ODA)지원 미흡으로 시장 개척에 어려움이 있음.

○ 이러한 상황에서 한국철도시설공단은 다음과 같은 해외철도시장 진출 전략을 시장 상황에 대응하고 있음.

- 인프라 투자 여건이 상대적으로 양호한 개도국 개발 사업에 적극 대응.
- 공공부문의 개발재원 및 리스크 부담 분담을 통한 민간투자 활성화.
- ODA(공적개발원조) 재원(EDCF : 대외경제협력기금)등 정부보조금 지급 및 부대사업(토지매입, 기본설계 등) 시행을 통한 사업성 개선으로 민간투자 유치 및 금융 조달.
- 정부부처, ODA기관, 철도기관, 수출신용기관 등이 민간과 연계한 민관협력 자원체계 구축으로 사업개발역량 및 경쟁력 강화.

○ 결과적으로 통합시장전략을 바탕으로 공공기관의 국제협력활동간 연계성을 강화하고 중복투자를 방지하고자 함.

○ 2013년 현재 한국철도시설공단의 해외철도사업 수주실적은 9개국 28개 사업, 약 729억원을 수주함.

[표 397]해외철도사업 수주실적

(단위 : 억원)

구분	계	중국	네팔	카메룬	파라과이	인니	캄보디아	베트남	인도	말레이시아	연구	교육 등
건수	28	12	4	2	1	1	1	1	1	1	2	2
금액	728.8	530	136	33	3	0.5	1	3.5	1.7	15	2.7	2.4

○ 개발도상국 정책자문 및 컨설팅 사업 확대를 통한 인적 협력기반 구축하고 있

으며, 이를 위해 민관합동으로 철도관련 기술 정책 세미나 개최 및 연수 등을 시행하고 있음.

○ 또한 기술협력(EDCF), 개발조사(KOICA) 등 개발컨설팅 사업 및 KSP(Knowledge Sharing Program : 경제발전경험 공유사업), MDB공동컨설팅 등 정책자문사업의 철도비중 확대 및 연계성을 강화하고 있음.

○ 한국철도시설공단은 주로 남아시아의 개발도상국을 대상으로 컨설팅, 설계, 타당성조사, 건설 사업을 진행하였으며, 진출사례는 다음과 같음.

[표 398]한국철도시설공단 해외 진출 사례

구 분	세부 내용
인도(케랄라) 고속철도사업	·사업구간 : 트리반드룸~카사르고드(527km) ·발주처 : KSIDC ·추진현황 : 타당성조사 및 실시설계 수행 / ·총사업비 200억불
네팔(카트만두) 도시철도 타당성조사 사업	·발주처 : 네팔 공공사업부 ·계약기간 : 2011.12.28.~2012.11.12 ·계약금액 : 약 86만 달러(공단 지분 : 약 31만 달러)
네팔(메치~마하칼리) 동서연결철도 실시설계 사업	·구간 : 메치~마하칼리 간 1,200km / 총 136개 역 ·사업기간 : 총 9년(실시설계 2.5년 포함) ·총사업비 : 77억불(약 9조원) ·재원조달(계획) : 재정 50%, ODA 50%
방글라데시 차량기지 개량 사업	·사업비 : 약 55백만 달러 / ·사업재원 : JICA 100% ·사업기간 : 착수 후 24개월 ·사업범위 : 토목, 건축, 전기(변전소 등), 설비, 기계 및 궤도(선로 신설, 확장) ·발주방식 : EPC(설계+조달+시공)
방글라데시 동부(친키아스타나~치타공) 신호개량 컨설팅 사업	·사업범위 : 친키아스타나~치타공간 11개역 신호현대화 컨설팅 ·사업비 : 총사업비 22백만 달러(EDCF 자금) / 컨설팅비 1.8백만 달러(약 20억원) ·사업기간 : 30개월 / ·발주처 : 방글라데시 철도청
방글라데시 다카 메트로 건설사업	·발주처 : 방글라데시 정부, 교통국 ·사업비 : 2.8백만 달러(JICA 85% / 민·관조달 15%) ·공사기간 : 2016년~2021년 ·사업내역 : 연장 20.1km 고가건설 / 16개 역

○ 철도시설이 많이 낙후되어 있는 개발도상국의 철도시설 설계, 건축, 타당성 조사, 컨설팅의 업무를 진행하였으며, 진행 시 필요한 사업비는 ODA(Official Development Assistance, 정부개발원조)나 JICA(Japan International Cooperation Agency, 일본국제협력기관)에서 조달하여 진행

하였음.

○ 한국철도시설공단이 해외진출 시 설계, 컨설팅 사업이 대다수였으며, 이는 개발도상국의 철도사업 개발과 추후 건설사업 추진 시 경쟁력을 확보하기 위한 전략으로 보여짐.

라) 시사점

○ 한국철도시설공단은 효과적인 해외철도시장 진출을 위하여 개발도상국 개발 사업에 집중함.

- 개발도상국의 인프라 투자가 지속적인 확대 및 국제 ODA 확대 추세로 개발도상국 철도개발시장이 부각됨.
- 재정사업 참여는 현지경쟁력 확보가 곤란한 미국·중국 등의 시장보다는 개발도상국 개발 사업에 집중함.
- 국제 ODA 조달시장은 선진국의 컨설팅 선점 및 원조 구속성 등으로 참여가 어려움.

○ 민간투자 활성화 촉진을 위한 다양한 방안을 마련함.

- ODA 사업으로 개발컨설팅(마스터플랜, 타당성조사 등)을 적극적으로 시행하여 미래 개발수요 발굴 및 개도국 시장 민간자본 진출에 촉매 역할을 함.
- 사업성 개선으로 민간투자 유치 및 금융조달이 가능하도록 노력함.

(라) 철도사업화 전문기관 주요 업무 사례 분석

○ 각국의 철도 수출은 국가 경제에 중요한 영향을 미치고 있음. 더불어 철도 수출을 위해서는 정부, 민간기업, 관련 유관기관 등 많은 기관들이 연계되어 있으며, 단순히 저렴한 가격에 제품을 수출하는 것이 아닌 외교적 정치적 외부 환경 요소를 감안하여 수출을 위한 전략을 수립하고 있음.

○ 대표적인 철도 수출국인 프랑스와 일본의 경우 정부가 하지 못하는 업무, 민간 기업이 하지 못하는 업무 등에 대하여 사업화 전문 성격을 가진 기관이 다양한 업무를 수행하고 있는 것으로 나타남.

○ 자기부상열차 사업에 대한 전문 사업화 및 해외 진출의 효율성을 위해, 자

기부상열차 전문기관에서 수행해야할 핵심 업무를 도출하기 위해서, 사업화 실적이 우수한 일본의 JARTS와 프랑스의 Systra 수행 업무 사례 및 시사점을 제시하고자 함.

- 일본의 JARTS와 프랑스 Systra가 수행한 다양한 프로젝트에 대한 보고서에 대한 분석을 하였으며, 주요 분석 보고서는 다음과 같음.

[표 399]철도산업 전문기관 수행 프로젝트

전문기관	프로젝트 보고서명
JARTS (일본)	Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban, 2012
	Study in Ho Chi Minh Elevated Railway Project in Socialist Republic of Viet Nam, 2009
	The Feasibility Study on the Development of Dedicated Freight corridor for Delhi-Mumbai and Ludhiana-Sonnagar in India, 2007
	Railway Passenger Transport Improvement project, Uzbekistan, 2008
Systra (프랑스)	Operational Concept Study Technical Note : HS2 Capacity and Reliability, 2011
	High Speed 1 - London to the Channel Tunnel, UK, 2007

1) JARTS 핵심 수행 업무

가) 남아프리카공화국 고속철도 사업 프로젝트

□ 프로젝트 목적

○ 잠재국가인 남아프리카공화국의 요하네스버그-더반 고속철도 사업 가능성, 타당성을 분석하고 사업 추진 계획을 제시하는 보고서로 일본 철도기술의 우수성과 남아프리카공화국 내의 철도관련 기관, 인사들의 인지도를 높이기 위한 목적으로 JARTS와 일본 미쯔비시 종합 연구소에서 합동으로 작성한 보고서임.

○ 남아프리카공화국 내의 철도관련 기관에 고속철도 개발을 제안하는 자료로 사용하기 위해 고속철도 사업 타당성 분석 프로젝트를 진행함.

□ 프로젝트 주요 업무 영역

○ JARTS는 남아프리카공화국 고속철도 사업이 국가적으로 사업 타당성이 있는지를 분석하는 업무를 하였음. 남아프리카공화국의 환경 분석과 국내 관련 기관 네트워킹, 사업타당성 분석 및 사회영향 평가, 프로젝트 계획, 추진조직 구성 계획, 일본기업의 기술 우수성 등의 내용을 작성하였음.

○ JARTS의 사업화 타당성 프로젝트 수행 결과는 일본 철도 기업, 일본 정부, 관련 유관기관에게 제공되어, 실제 사업화를 하는데 도움이 될 수 있도록 지원하였으며, 프로젝트 수행 시 접근 체계를 제시하였음.

[표 400]JARTS : 남아공 고속철도 타당성 프로젝트 주요 수행 업무

프로젝트	주요 수행 업무
남아프리카공화국 고속철도 사업 타당성 프로젝트	남아프리카공화국 정치, 경제, 사회, 문화 등 국가 전반 환경 분석
	사업화를 위한 국내외 관련 기관 네트워킹 구축
	고속철도 사업화 타당성 분석
	프로젝트 운영관리 기획을 통한 민간기업 지원

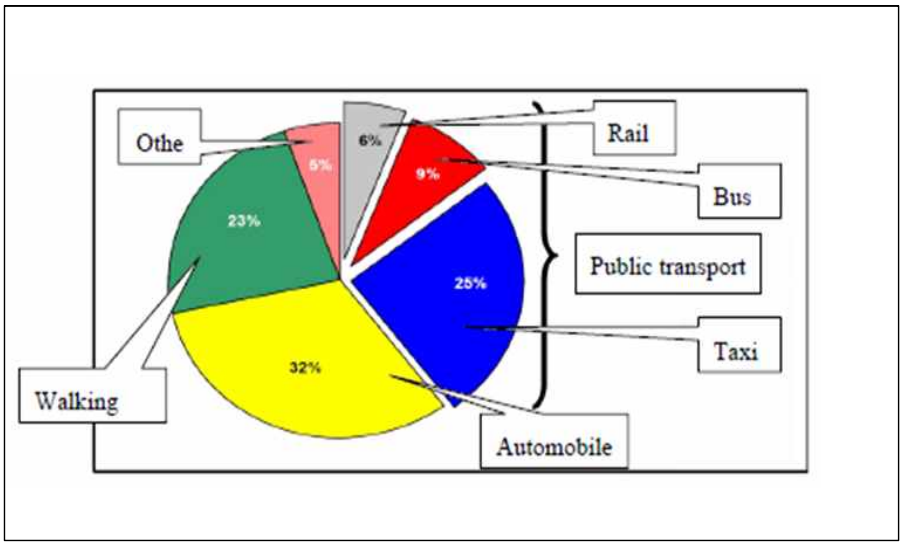
① 환경 분석

○ 남아프리카공화국 경제, 사회, 문화, 교통 등의 국가 환경 분석을 통해 고속철도 프로젝트의 추진 시 고려되어야 할 사항을 도출함.

○ 국가 GDP성장률, 인플레이션, 실업률 분석을 통해서 국가 경제 안전성을 평가하여 프로젝트 추진 가능성에 대해 파악하였고, 산업구조 분석을 통해 남아프리카 공화국 산업의 현황과 철도산업과의 관계를 분석하였음.

○ 고속철도 예상 노선 안을 계획하기 위해서 주요 도시 별 인구변화와 도시 간 인구 이동현황, 출퇴근 대중교통 이용현황 등의 자료를 분석하였으며, 이를 기본 자료로 하여 고속철도 프로젝트의 영향 평가를 제시하였음.

- 고속철도 예상 가능 노선은 총 3개로 여객·화물 수송량이 많고, 건설 추진이 쉬운 지역으로 선정되었음.



[그림 913]남아프리카공화국 대중교통 이용현황

출처 : JARTS(2012), Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban.

○ 또한, JARTS는 일본국제협력기구(JICA, Japan International Cooperation Agency)에서 사용하는 환경 체크리스트를 활용하여 남아프리카공화국 프로젝트에 대한 사전 환경 영향평가를 실시하였음.

[표 401]남아프리카공화국 환경 고려요인 및 대책 제시안

구분	환경 고려요인	대책 제시안
허가/설명	・환경 영향 평가 ・환경 인증	・환경 영향 평가 보고서를 준비하는 컨설턴트와 협력 ・지역 이해관계자와의 공청회 개최 ・남아공 정부 환경담당 부서의 인증
오염 제어	・수질, 폐기물, 소음, 진동 등	・설계 / 시공은 남아공의 관련 법률 및 규정에 따라 실시함 ・과거 설계 / 시공 경험을 통해 해결
자연 환경	・자연보호 지역 ・지형 및 지질	・습지를 지나는 예상 노선은 일본 철도 시공 기술로 습지 환경 보호 가능함.
사회적 환경	・문화유산 ・노동환경 ・소수민족/원주민	・남아공 법률에 근거하여 조사 및 조치 실시 ・안전 보건 계획과 교육 정립 등의 조치 실시 ・예상 노선 B는 원주민 지역을 통과하지 않으므로, 문화나 생활 양식에 영향을 미치지 않음

출처 : JARTS(2012), Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban.

○ 남아프리카공화국 고속철도 사업 개발에 대한 가능성을 검토하기 위해 경제, 사회, 환경, 교통 등의 환경 분석을 실시하였으며, 타겟 국가 진출을 위한 가장 기초적인 업무로 분석됨.

- JARTS는 타겟 국가 환경에 대한 정보를 수집하기 위해 타겟 국가의 관련 기관에서 발행한 보고서, 통계자료 등과 세계은행, 무역기구 등에서 발행한 자료를 이용하였음.

○ 환경 분석을 통해 얻은 정보로 프로젝트 추진 필요성과 지역선정 등과 같은 사업개발의 핵심적인 요인들을 도출 할 수 있음.

② 관련기관 네트워킹 구축

○ 남아프리카공화국 사업 타당성 분석 보고서(2012)에 따르면, JARTS가 일본 내 유관기관, 타겟 국가인 남아프리카공화국 내 유관기관과의 네트워킹을 구축하였으며, 이를 통해 사업 개발에 필요한 정보수집 채널을 마련하였음.

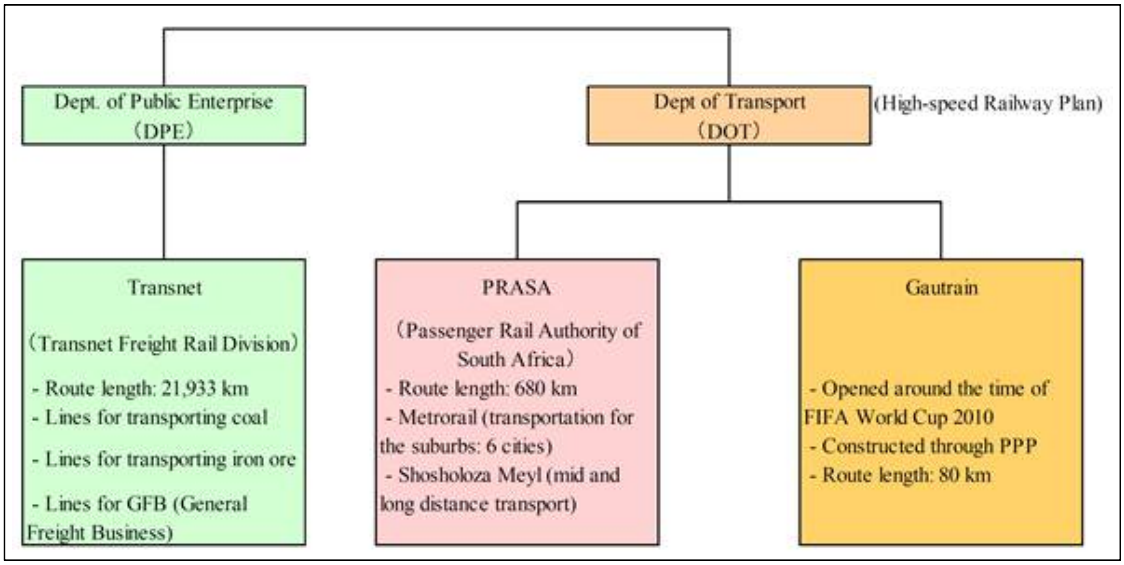
○ 일본 자국 내 유관기관인 일본국제협력기관(JICA), 일본무역진흥회(JETRO), 일본국제협력은행(JBIC), 일본대사관과 협력관계를 구축하였으며, 이를 통해 남아프리카공화국과의 협력관계 및 사업개발을 위한 지원을 받았음.

[표 402]JARTS의 일본 내 협력기관의 프로젝트 지원내용

기관	지원 내용
일본국제협력기관 (JICA)	· 남아프리카공화국 고속철도 추진 관계자를 초빙하여 철도기술 홍보 · 일본 내 신칸센 고속철도 관련 교육 프로그램을 남아프리카공화국에 제공
일본국제협력은행 (JBIC)	· 남아프리카공화국 정부에 고속철도 건설 차관 제공 · 남아프리카공화국 진출 일본 철도 기업에 자금 지원
일본무역진흥회 (JETRO)	· 남아프리카공화국과의 국제교류 관련 지원(정보제공 및 자문 등) · 고속철도 진출을 위한 컨퍼런스, 교류회 등을 주관함
일본대사관	· 일본 기업, 공공기관과 남아프리카공화국 관계자와 연결 · 남아프리카공화국 고위 인사 및 철도 관계자 컨퍼런스 초빙

출처 : JARTS(2012), Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban.

○ 남아프리카공화국의 철도 사업 체계와 관련 기관이 수행하는 업무 및 역할에 대해 파악하여 네트워킹을 구축하고, 사업 개발을 위한 협력체계를 구축하였음.



[그림 914]남아프리카공화국 철도관련 기관 구조

출처 : JARTS(2012), Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban.

○ JARTS는 타겟 국가와의 우호적인 관계 및 협업체계를 구축하기 위한 채널을 마련하기 위해서 국제협력기관, 은행, 무역협회, 대사관과 같은 유관기관과의 파트너십을 구축하였음.

○ 파트너십을 맺은 유관기관은 타겟 국가의 핵심인사 초빙, 교육프로그램 지원, 기술교류회 개최, 차관도입지원 등의 활동을 통해 JARTS의 타겟 국가 진출을 원활히 하였음.

③ 사업 타당성 분석

○ 남아프리카공화국 고속철도 사업 타당성 분석을 위해 수요예측, 프로젝트 비용, 운송시간, 사회 환경적 영향을 예상 노선 별로 비교하였음.

- 남아프리카공화국 내 교통 전문기관에서 발행한 국가교통 마스터플랜(NATMAP, National Transport Master Plan)의 자료를 통해 예측하였음.

[표 403]철도산업 전문기관 수행 프로젝트

구분		Route A	Route B	Route C
노선길이		약 720㎞	약 610㎞	약 560㎞
운송시간		약 3시간~ 3시간 40분	약 2시간 30분 ~ 3시간	약 2시간 15분 ~ 2시간 40분
수요예측	여객	33,000명(Day)	38,000명(Day)	38,000명(Day)
	화물	Route B 보다 더 적음	4.2백만톤	4.2백만톤
비용		약 1,690억 ZAR (한화 약 17조 5,200억원)	약 1,580억 ZAR (한화 약 16조 3,700억원)	1,550억 ZAR (한화 약 16조 688억원)
사회 환경적 영향		(1)도로운송회사에 작은 영향을 미침 (2)습지지역에 영향이 큼 (3)사고가능성 낮음 (4)원주민 거주 지역 통과하지 않음	(1)도로운송회사에 큰 영향을 미침 (2)습지지역에 영향이 작음 (3)사고가능성 매우낮음 (3)원주민 거주지역 통과 안함	(1)도로운송회사에 큰 영향을 미침 (2)습지에 영향이 큼 (3)사고가능성이 매우낮음 (4)원주민 거주지역 통과 안함

출처 : JARTS(2012), Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban. 재정리

○ 예상 노선별로 여객 및 화물에 대한 수요예측을 위해 NATMAP에 사용되는 모델을 기반으로 추정하였으며, 노선 길이에 비례하여 소요 비용을 측

정하였음.

○ 고속철도가 건설됨에 따라 타 교통 여객 및 화물 운송량에 영향을 미칠 것으로 예상하여 도로운송회사에 영향을 미치는 정도를 분석하였음.

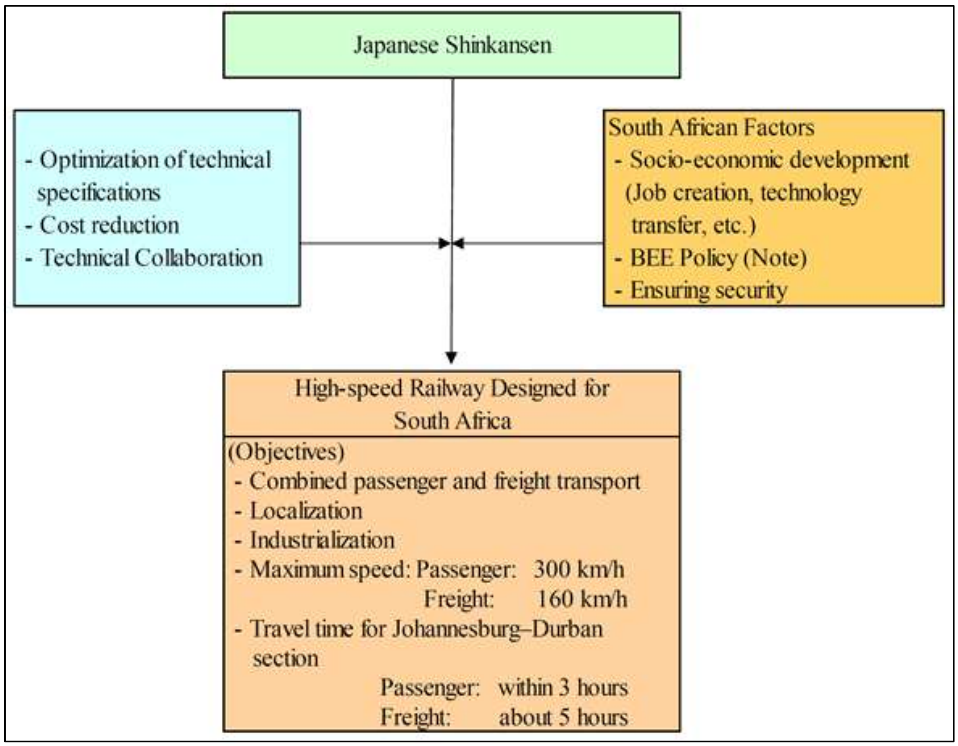
- 주로 도로 운송량이 많은 지역에 철도가 건설되면 여객과 화물 운송량이 철도로 분산됨에 따라 운송회사에 큰 영향을 미치게 됨.

○ 철도 건설이 미치는 직접적인 영향 뿐 아니라, 간접적인 영향으로 인해 미치는 효과들에 대해서도 예측하였음.

④ 프로젝트 운영 관리 기획

○ 남아프리카공화국 고속철도 프로젝트 설계, 계획, 조직구성, 운영계획 등의 전반적인 프로젝트 매니지먼트에 대한 내용을 작성하였음.

- 프로젝트 수행 조직 체계부터 남아프리카공화국 환경에 맞는 열차 구조 및 노선 설계 등의 전반적인 건설 계획을 구성하였고, 건설 이후 운영 조직 구성과 운영시스템, 유지보수 계획을 제시하였음.



[그림 915]남아프리카공화국 고속철도 프로젝트 설계(안)

출처 : JARTS(2012), Study in High Speed Railway Project Between Johannesburg and Durban.

○ 앞에서 분석한 내용을 종합하여 남아프리카공화국에 고속철도 프로젝트를 제안하였으며, 상세한 수행업무에 대해 정리하였음.

- 프로젝트 설계, 계획, 조직구성, 시스템 설계, 운영 및 유지보수 계획 등 설계, 시공, 운영단계까지 전 과정에 대해 제안하였음.

○ 타겟 국가에 대한 정보 수집 및 분석을 종합하고, 철도 산업을 개선시킬 프로젝트의 방향성과 목적성을 명확하게 제시해주고, 운영 및 관리에 대한 기획 업무를 수행하였음.

나) 베트남 호치민 철도 프로젝트

□ 프로젝트 목적

○ 베트남 경제 중심지인 호치민은 교통체증, 환경오염, 소음 및 진동의 발생과 인구집중 현상으로 인해 교통사고가 증가하고 있으며, 호치민 시민 위원회, 교통부, 베트남철도국은 경제적, 환경적으로 대중교통 개선 정책이 중요하다고 인식하고 있었음.

○ 또한, 베트남 전체로 보았을 때, 경제 활성화를 위한 여객·화물 수송량을 증가시키기 위해서는 현재 도로교통에 의존하는 형태에서 철도교통으로 분담해야 함.

○ JARTS는 호치민시의 교통문제와 베트남 경제 개발을 위해 도시철도 및 고속철도 개발의 필요성을 제언하고, 베트남 현 상황을 해결하는데 일본철도 기술이 적합함을 보이고, 사업 개발을 목적으로 함.

□ 프로젝트 주요 업무 영역

○ JARTS는 베트남 교통체계 개선을 위한 도시철도 및 고속철도 사업개발을 위해 베트남 사회, 문화 배경분석, 프로젝트 설계 및 예상비용 측정, 프로젝트의 금융, 경제적 파급효과 분석, 자금 조달 상황별 결과 분석, 일본 철도 기업의 특장점, 프로젝트 형성 방해요인 분석을 실시하였음.

- 개발도상국가인 베트남이 사업을 진행할 재원을 충분히 확보 할 수 있을지에 대한 판단을 목적으로 프로젝트를 시행함.

- 베트남 철도 프로젝트의 주요 수행 업무는 다음과 같음.

[표 404]JARTS : 베트남 철도 프로젝트 주요 수행 업무

프로젝트	주요 수행 업무
베트남 철도 프로젝트	철도 사업 개발 사회/문화적 환경 분석
	철도 프로젝트 설계 및 소요 비용 측정
	프로젝트 금융, 경제적 파급효과

① 사회·문화적 환경분석

○ 베트남이 철도 사업개발에 타당한 국가인지에 대해 파악하기 위해 사회·문화적 배경과 이슈에 대해 분석함.

- 베트남의 경제 중심지인 호치민시는 인구집중화 현상과 열약한 대중교통 체계, 교통 인프라 부족 등의 사회적 문제를 안고 있음.

- 이와 같은 사회적 환경과 편의를 추구하는 베트남인들의 문화적 배경으로 인해 오토바이를 주로 이용하게 되었으며, 이로 인해 교통체계, 소음 및 진동, 환경오염 문제가 발생하게 됨.

○ 사회·문화적 배경 분석을 위해 교통체계, 지형적 특성, 경제, 사회문화, 베트남인의 성향 등에 대한 정보를 수집하고 이를 종합적으로 해석하였음.

② 프로젝트 설계 및 예상비용 측정

○ 베트남 교통 체계 개선을 위한 프로젝트를 설계하고, 사업개발 가능한 노선을 2개 선정하여, 노선 별로 소요되는 비용을 측정하였음.

○ 건설에 필요한 항목별로 예산을 거리 비례하여 예측하였으며, 외화와 현지통화 조달로 구분하였음.

- 베트남 경제상황을 고려하여 외화와 베트남 현지통화의 비율을 2:1로 조달한다는 가정을 하였음.

○ 비용예측을 위해 JARTS는 고속철도 건설 세부항목으로 구분하였으며, 이전 수행사업 경험을 기반으로 예측하였음.

③ 프로젝트 금융, 경제적 파급효과

○ 프로젝트 수행 시 금융, 경제적 파급효과를 예측하기 위해 분석 측정지표로 NPV(순현재가치)와 함께 IRR(내부 수익률)을 사용하였음.

- 예상 노선별로 프로젝트에 영향을 미치는 부채비율, 상환기간, 환율변동 등의 변동요인들에 의해 예측결과를 다양하게 제시하여, 조건 설정에 따라 파급효과가 달라짐을 나타냈음.

④ 일본 철도 기업의 특장점

○ 하드웨어 요소와 노하우(Know-how)요소 관점에서 각 특장점을 소개하여 베트남 철도 프로젝트의 적합성을 나타냈음.

[표 405]철도산업 전문기관 수행 프로젝트

구분	기술적 장점 분야
하드웨어 요소	건설, 궤도, 통합관리 시스템, 운영관리 시스템, 신호,&통신 시설, 역, 통화시설
노하우 요소	도시계획과 개발 통합, 다양한 운영 서비스, 인적자원개발과 훈련, 협업체계, PPP

출처 : JARTS(2009), Study on HoChiMinh Elevated Railway Project in Socialist Republic of VietNam 인용

○ 베트남은 철도 교통체계 확보도 중요하지만, 호치민시와의 연계 개발과 새로운 교통체계를 운영할 전문인력 확보도 중요함.

- 따라서, JARTS는 일본 철도관련 기업이 베트남 정부의 문제점을 해결해 줄 수 있으므로, 적합하다고 제안함.

다) 인도 화물 철도 복선화 사업 프로젝트

□ 프로젝트 목적

○ 인도 델리-뭄바이, 뉴델리-하우의 화물 운송량 증대를 위한 철도 복선화 사업 타당성 분석을 통해 인도 시장 진출을 목적으로 함.



[그림 916]인도 화물 철도 복선화 사업 타당성 분석(2007)

출처 : JARTS(2007), The Feasibility Study on the Development of Dedicated Freight Corridor for Delhi-Mumbai and Ludhiana-Sonnagar in India

□ 프로젝트 주요 업무 영역

○ 인도 델리-뭄바이, 뉴델리-하우의 화물 운송량 증대를 위한 철도 복선화 사업 타당성 분석을 목적으로, 수요예측, 운송계획, 예상비용, 프로젝트 계획, 추진조직 기획 등의 업무를 수행하였음.

[표 406]JARTS : 인도 화물 철도 프로젝트 주요 수행 업무

프로젝트	주요 수행 업무
인도 화물철도 프로젝트	화물 수송량 수요 예측 시뮬레이션
	인도 교통 계획 기반 철도 운송 계획 수립
	프로젝트 추진 조직 구성

① 수요예측

○ 화물 수송량 수요예측을 위해 5가지 시나리오를 설정하고, 그에 대한 결과값을 도출하여 사업 타당성 분석에 참고자료로 활용하였음.

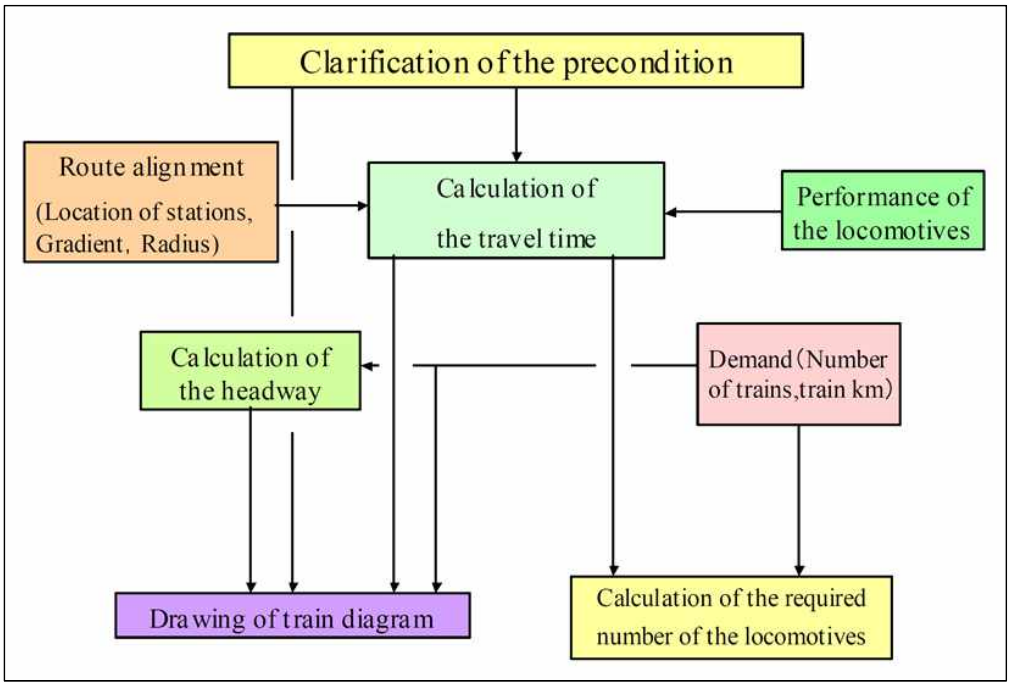
- 국가 GDP 5%성장 시나리오, Zero 옵션 시나리오, 기본 시나리오, 낮은

철도 점유율 시나리오, GDP 5%성장 + 낮은 철도 점유율 시나리오를 통해 분석함.

② 운송계획

○ 인도의 교통 계획 흐름도를 파악하고, 활용하여 화물 운송계획을 수립하고, 노선, 신호설계, 수송시간, 운영 계획 등을 제시함.

– 전체적인 운영계획은 수송시간과 역과의 거리 등을 복합적으로 분석하여 설계함.

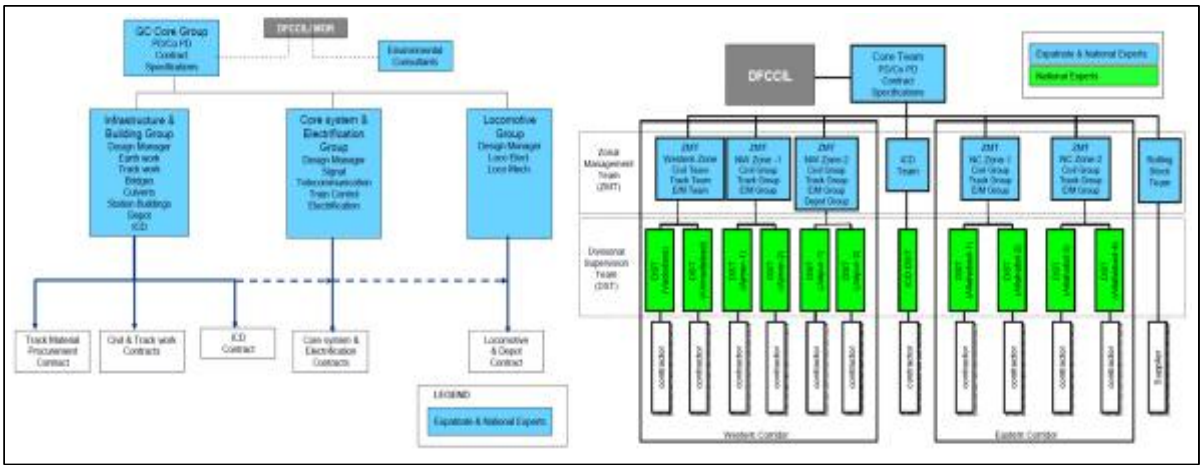


[그림 917]인도 교통 계획 흐름도

출처 : JARTS(2007), The Feasibility Study on the Development of Dedicated Freight Corridor for Delhi-Mumbai and Ludhiana-Sonnagar in India

③ 추진조직 구성

○ 인도 프로젝트를 설계 및 입찰단계의 조직구조와 운영 단계에서의 조직구조에 대해 기획하고, 제안함으로써 프로젝트 수행 단계별로 최적화된 조직을 구성하여 효율적으로 사업 수행을 할 수 있음을 홍보함.



[그림 918]사업 추진 단계별 조직 구성

출처 : JARTS(2007), The Feasibility Study on the Development of Dedicated Freight Corridor for Delhi-Mumbai and Ludhiana-Sonnagar in India

라) 우즈베키스탄 철도 수송 향상 프로젝트

□ 프로젝트 목적

○ JARTS가 수행한 우즈베키스탄 철도의 여객 수송 용량의 증가에 따른 유지보수 목적에 필요한 예비 부품의 제공 및 철도 여객 수리 공장을 건설을 위한 프로젝트임.

○ 프로젝트 수행 배경을 살펴보면, 우즈베키스탄 철도 수송에 대한 사후 평가에서 수리에 대한 불확실한 대응 체계의 문제점이 발생함에 따라, 철도 수송에 있어 개선을 수리 분야까지 확대함으로써 예상 발생 문제점을 해결하기 위함.

○ 본 프로젝트는 JARTS와 퍼시픽 컨설팅 인터내셔널, 저팬 수송 컨설팅 주식회가가 함께 참여함.

□ 프로젝트 주요 업무 영역

○ 우즈베키스탄 철도 수송 원활화를 위한 프로젝트는 철도 수송 차량의 현황 분석 및 유지보수 공장에 대한 분석을 통하여 현황 분석을 실시하였으며, 나타날 수 있는 경제성 및 성과, 그리고 사회적 파급효과를 함께 도출하였음.

[표 407]JARTS : 우즈베키스탄 철도 프로젝트 주요 수행 업무

프로젝트	주요 수행 업무
우즈베키스탄 프로젝트	철도 차량 유지보수 현황 분석
	유지보수 경제성 및 성과 분석
	유지보수 공장 및 철도 기업에 대한 경제성 분석
	사회적 경제적 파급효과 분석

① 철도 차량 유지보수 현황 분석

○ JARTS는 우즈베키스탄 철도 수송 향상 프로젝트에서 유지보수 시스템에 대한 변화가 중요한 핵심요소로 보았으며, 철도 차량 유지보수 현황 분석 및 공장 현황을 분석하였음.

○ 이를 통하여 부품 국내 수급 현황 및 성공적 유지보수 지원 현황 등을 도출하였으며, 개선 방안으로 활용하였음.

○ 우즈베키스탄의 유지보수 공장의 사후 평가 보고서를 기반으로 분석한 결과 공장의 성능이 설계 수준이하로 떨어져 있어, 수리 계획 시스템의 원활한 활용이 되지 못하고 있는 것으로 나타났음.

[표 408]우즈베키스탄 철도 차량 현황 분석

철도 차량 유지보수 현황

Type of Repairs		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	Total
KR-1	Plan	255	259	263	268	273	278	283	1,879
	Actual	39	93	72	32	40	104	30	410
KR-2	Plan	91	93	94	97	98	100	101	674
	Actual	7	31	16	23	26	30	1	134
KR-2 train	Actual		16	16	19	2	8	8	69
(Types of maintenance, repairs, restoration, and assembly not included at the time of appraisal)									
KR-2M	Actual						53	91	144
KVR	Actual			29	50	92	73	118	362
TO-3	Actual	311	571	555	560	552	653	337	3,537
Depot Repair	Actual	59	159	155	168	208	141	203	1,093
Interior Work	Actual			4	6				10
(Of the work performed above, orders received from neighboring countries)									
KR-2 (other country)	Plan	17	17	17	18	18	18	18	123
	Actual		10						10
KR-2 (other country)	Actual								0
KVR (other country)	Actual				32	22	60	99	213
Revenue									
Million USD	Plan	5.3	6.9	7.8	8.5	9.5	11.0	12.6	61.5
	Actual	2.9	5.4	7.3	8.9	10.4	14.4	21.7	79.3

철도 차량 유지보수 공장



② 유지보수 경제성 및 성과 분석

○ 철도 차량의 수리비용의 타당성 분석을 통해, 러시아 정부 기반의 유지보수 체계를 국산화를 꾀할 수 있도록 제시하였음. 우즈베키스탄은 바퀴, 차축, 철강 판재 등을 제외하고 유지보수 비용의 65% 정도가 러시아에서 수입되었으며, 나머지가 국산화되고 있는 것으로 나타남.

○ 더불어 새로운 차량 도입 및 유지보수 활성화를 통하여 나타날 수 있는 성과를 제시하였음. 즉 예상 승객 비율과 전체적인 업무 형태, 그리고 작업 속도에 대한 결과를 제시함.

③ 유지보수 공장 및 철도 기업에 대한 경제성 분석

○ JARTS는 우즈베키스탄 철도 수송 향상의 일환으로 유지보수 공장에 대한 개선의 필요성과 경제성을 함께 분석함으로써, 우즈베키스탄 철도 경영의 효율성 개선 방법을 제안하였음.

○ 더불어 철도 차량 유지보수 공장에 대한 독립 회계 시스템을 가동함으로써, IT 기반 부품 관리 및 철도 차량 관리를 할 수 있도록 지원하였음.

○ 다음은 우즈베키스탄 철도 유지보수 공장과 철도 기업의 수지 분석에 대한 자료이며, 철도 기업의 사업 타당성 지표로 활용하였음.

[표 409]우즈베키스탄 철도 기업 경제성 분석

철도 유지보수 공장의 대차대조표 분석

	2001	2006	2007	2008
Assets				
Liquid assets	3,259	6,296	10,984	15,325
Loans receivable	912	3,065	2,976	1,584
Capital, investment, others	175	630	111	119
Fixed assets	10,554	13,120	12,425	12,940
Total	**14,900**	**23,111**	**26,496**	**29,968**
Debt, Capital				
Floating debts	410	1,019	2,627	3,075
Long-term debt, others	6,528	5,942	5,942	5,942
Capital fund	7,483	15,233	16,154	17,734
Inner reserve	479	917	1,690	3,214
Total	**14,900**	**23,111**	**26,496**	**29,968**

철도 기업 수지 분석

	2006	2007
Income		
Income from passenger fares	23,080	36,150
Other	9,436	13,831
Total	**32,516**	**49,981**
Expenditure		
Passenger transport costs	25,079	28,370
Other	15,686	15,679
Total	**40,765**	**44,049**
Balance of Payments	**-8,248**	**5,932**

④ 사회적 경제적 파급효과 분석

○ 우즈베키스탄 철도 수송 향상 프로젝트 결과로서 프로젝트의 사회적 영향

력을 분석하였음. 저 소득자들에게 새로운 철도 서비스를 제공함으로써 철도 활용 고객의 감소를 피할 수 있는 것으로 판단됨.

○ 승객 서비스에 대한 만족도 수준을 판단하기 위해 설문조사를 수행하였으며, 사마르-칸트 경로에 있는 승객을 대상으로 새롭게 조달한 철도 차량에 대한 만족도를 조사하여 철도 시스템 개선이 사회적으로 미치는 영향을 분석함.

○ 더불어 유지보수 공장에서 사용하는 부품 및 재료 생산 용량의 약 30%를 국내에서 공급함으로써, 주변 산업 육성에 도움을 주게 함으로써 철도 산업의 장기적 육성의 필요성을 제시함.

[표 410]우즈베키스탄 철도 개선의 사회적 파급효과 분석

사회적 영향 설문 조사 결과			새로운 철도 차량 내부
		Moscow Route / Samarkand Route	
Purpose of travel	Visit relatives	30% / 45%	
	Business	15% / 30%	
	Tourism, vacation	25% / 10%	
	Other	30% / 15%	
Condition of passenger car	Comfortable	50% / 65%	
	Normal	35% / 35%	
	Not bad	15% / 0%	
	Poor	0% / 0%	
Vibration, noise	Satisfactory	25% / 32%	
	Normal	65% / 42%	
	Not bad	10% / 21%	
	Poor	0% / 5%	
Comfort level of passenger car	Outstanding	25% / 30%	
	Good	70% / 55%	
	Normal	5% / 5%	
	Poor	0% / 0%	

2) SYSTRA 핵심 수행 업무

가) 영국 고속철 사업(런던-버밍엄) 승객 수용량 분석 프로젝트

□ 프로젝트 목적

○ SYSTRA는 2026년 개통을 목표로 하는 영국의 런던과 버밍엄을 연결하는 1단계 고속철도 사업(HS2: High Speed 2)에 대한 승객 수용에 기반한 사업 타당성 분석을 수행하였음.

□ 프로젝트 주요 업무 영역

○ 영국 고속철 승객 수용량 대비 이윤 창출을 위한 분석 프로젝트에서 크게

운영마진율 분석, 소비자 혜택, 신뢰도 분석을 실시하였음.

[표 411]SYSTRA : 영국 고속철 수용량 분석 수행업무

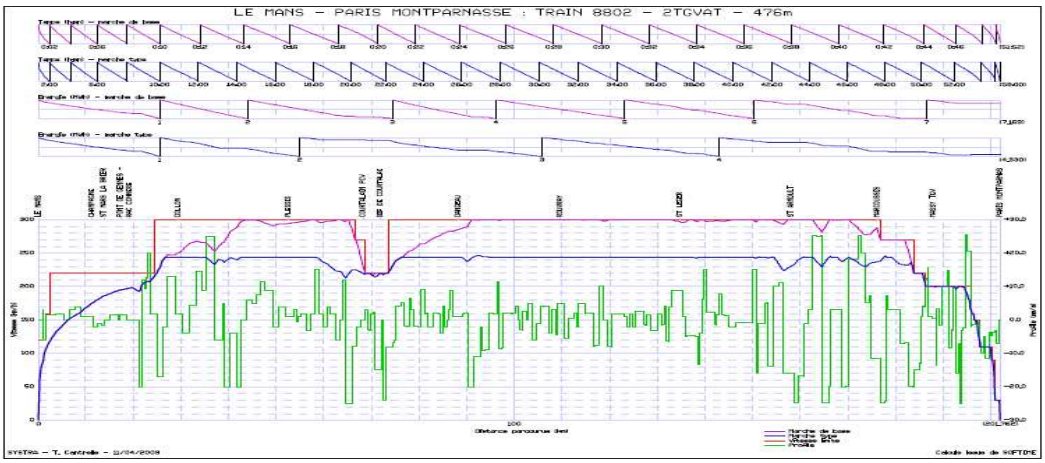
프로젝트	주요 수행 업무
영국 고속철(HS2) 수용량 분석 프로젝트	승객 수용량 대비 운영 마진율 분석
	철도 배치 및 소비자 혜택 분석
	철도 지연율 기반 신뢰도 분석

① 운영 마진 분석

○ SYSTRA는 1차적으로 영국 고속철도 사업의 운영 마진에 대한 타당성 분석을 수행하였음. 고속철 서비스에 따른 마진 분포에 대한 권장 사항을 만들었으며, 소비자가 원하는 정확한 시간에 철도를 운영하기 위한 방법을 제시하였음.

○ 소비자가 고속철로 받길 원하는 서비스체계 기반으로 한 운영 마진을 통하여 비용 대비 수익에 대한 기본 컨셉을 제시함.

○ 소요 시간의 최소화를 위한 설계 목표 및 운영에 대한 방법과 모든 여행의 방향에 따른 마진율을 제시함.



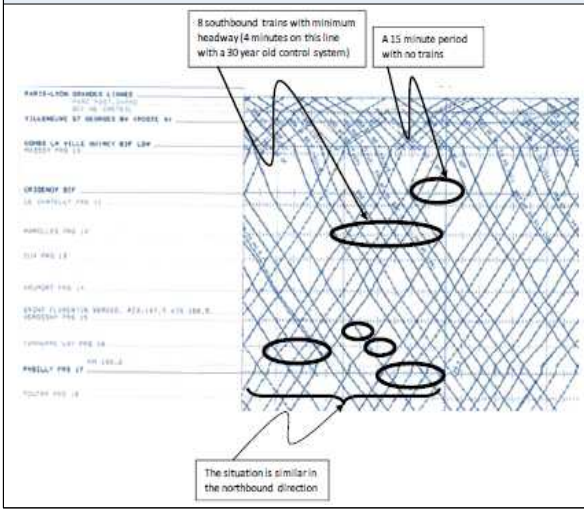
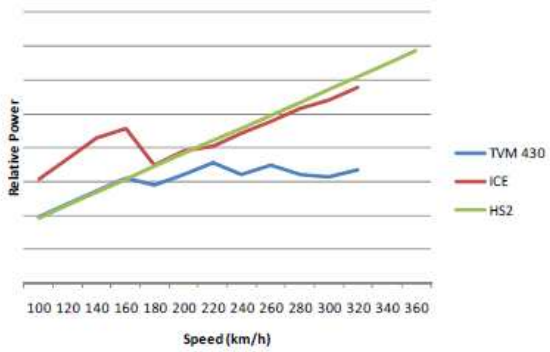
[그림 919]TGV 운영에 따른 마진율 계산

② 철도 배치 및 소비자 혜택 분석

○ 영국 고속철의 영업이익률 증대와 승객 서비스를 최적화하기 위한 철도 경로에 대한 할당 방법을 추가적으로 분석하였음. 철도 라인 용량 극대화 및 수용가능 체계를 도출하였음.

○ 즉 하루 평균 운영 철도 사용량을 제시하였으며, 권장사항을 추가적으로 제시함. 또한 고속철의 평균 속도와 브레이킹 파워의 상관관계 등, 기술적으로 필요한 사항에 대한 추가 분석을 수행함.

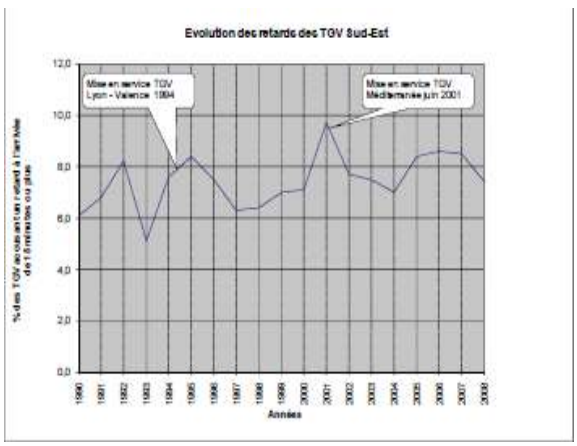
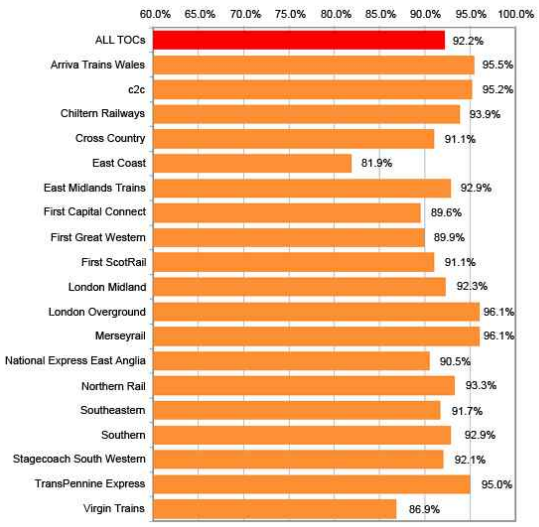
[표 412]HS2의 차량 운행 방법 분석

적정 운영 형태 분석	고속철 평균속도 관련 분석
	

③ 신뢰성 분석

○ 더불어 고속철의 지연율을 최소화하기 위한 신뢰성 분석을 수행하였음. 열차 지연 및 취소의 최소화를 위한 적용 기법을 일본사례와 프랑스 사례를 제시하였으며, 이를 통한 도출 가능한 성과를 제시하였음.

[표 413]HS2 신뢰성 분석

South-East HSL철도 지연율 현황분석	영국 네트워크 라인 시간 지연율
	

나) 영국 고속철(High Speed 1) 채널 터널 프로젝트

□ 프로젝트 목적

○ 본 프로젝트는 런던과 채널 터널 간 고속철을 연결하는 109km 구간의 사업으로 애쉬 포드 국제공항에서 이스트 런던을 포함하는 연결 구간임.

○ SYSTRA는 엔지니어링 컨소시엄의 일원으로 영국 고속 터널 프로젝트에 참여하였음. 설계 및 건설엔지니어링(제어, 통신 및 전원 공급 장치 신호, 구조, 궤도 및 전차선)과 전반적인 작업 성능, 디자인, 테스트 프로그램, 수용과 시운전, 유지 보수 구현을 위한 감독을 실시함.

□ 프로젝트 주요 업무 영역

○ 최대 215명의 SYSTRA의 엔지니어와 기술자가 참여하고 있으며, 런던과 애쉬포드 오피스에서 프로젝트 설계와 관리를 수행하였음.

○ 일부는 직접 설비에 대한 배치, 건설, 설치 및 조립, 그리고 장비 시그널링 테스트를 수행하였음. 또한 파리 본사에서 제시한 생산과정에서의 특별한 설계 및 서비스 체계를 제공하였음.

[표 414]SYSTRA : 영국 고속철 채널 터널 프로젝트

프로젝트	주요 수행 업무
영국 고속철 채널 터널 프로젝트	토목 공학 지원
	스케줄 디자인 및 소프트웨어 기반 성능 평가
	트랙 및 시그널링, 파워서플라이 등 기술 지원
	환경 및 유지보수 준비

○ 토목 공학 지원 : 고속 철도에 대한 구체적인 설계 기준을 정의하였으며, 열차의 구조물에 대한 동적 움직임에 대한 계산체계를 정리하였음.

○ 스케줄 디자인 및 소프트웨어 기능 평가 : 철도의 스케쥴 설계 및 SOFTTIME 소프트웨어를 기반으로 승객에 대한 분석 및 충돌 등에 대한 위기에 대한 분석을 수행함.

○ 트랙 및 시그널링, 파워서플라이 등 핵심 기술관련 지원 및 테스트 등을 수행하였음.

○ 환경 및 유지보수 준비 : 일반 단계에서 발생하는 전자파 장애에 대한 조사 및 고속철 추적 및 신호 설비에 대한 유지보수 지침과 다양한 기계 유지보수를 위한 관리 감독 및 팀 훈련 등을 실시함.

3) 철도 기술사업화 전문기관 핵심 업무 시사점 도출

○ 철도 부문 기술사업화 주요 활용 체계를 분석하기 위하여, 주요 철도사업화 전문기관인 JARTS와 SYSTRA가 수행했던 프로젝트들을 분석하였으며, 수행결과는 다음과 같음.

[표 415]철도 기술사업화 전문기관 핵심 업무 분석 결과

구분		JARTS (초기)	JARTS +JIC (현재)	SYSTRA
정보 수집	진입국가 환경 분석 (정치, 경제, 문화, 사회 등)	●	●	●
마케팅 체계	사업 Targeting	●	●	●
	홍보 및 프로모션	●	●	●
네트워킹 구축	국내 관련 기관 네트워킹 (기술, 마케팅, 정책 기관 등)	●	●	●
	타겟 국가 기관 및 단체	●	●	●
사업 개발 및 컨설팅	진입국가 사업 타당성 분석	●	●	●
	마스터 플랜 수립		●	●
	사업개발 및 운영 컨설팅		●	●
프로젝트 매니지먼트	SPC 등 프로젝트 체계 구성			●
	프로젝트 운영 관리			●
	설계 및 시공 감리, 검사			●
사업 운영	사업 운영 및 관리			●
경영자문 및 기타 활동	철도 경영 자문	●	●	●
	전문가 양성 교육	●	●	

○ 사례들을 기반으로 핵심 수행 업무를 구분하였으며, 정보수집, 마케팅, 네트워킹, 사업 개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 사업 운영, 경영자문 및 기타 활동으로 도출됨.

○ JARTS는 국내 기업들을 위한 진입국가 환경 분석 기반으로 정보수집, 사업 타겟팅, 홍보 및 프로모션의 마케팅, 국내 관련 기관 네트워킹, 타겟 국가 기관 및 단체에 대한 네트워킹, 진입국가 사업 타당성 분석, 철도 경영자문 그리고 전문가 양성 교육을 수행하고 있는 것으로 나타남.

○ 2012년 JARTS는 수익 사업에 대하여 민간 자회사를 설립하여 이양하였으며, 주된 영역이 마스터 플랜 수립, 사업 개발 및 운영으로 기반한 사업 개발 및 컨설팅 분야임.

○ SYSTRA는 정보수집, 마케팅, 네트워킹, 사업 개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 사업 운영, 경영 자문 활동 등을 다양하게 수행하고 있는 것으로 나타남.

○ 이를 통해 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 업무를 도출할 예정임. 다만 JARTS와 SYSTRA의 경우 철도 산업 전반에 걸쳐, 해당 국가 또는 지자체에 맞는 철도들을 제시 및 프로젝트를 수행하고 있기 때문에, 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 업무영역을 넘어서는 것으로 판단됨.

- 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 업무 영역은 진입국가 환경 분석, 사업 타겟팅 및 홍보, 프로모션, 국내외 관련 기관 네트워킹, 진입국가 사업 타당성 분석, 철도 경영 자문, 전문가 양성 교육이 현실적으로 가능할 것으로 판단됨.

- 즉 자기부상열차 기술사업화 전문기관과 가장 관련성이 높은 전문기관은 일본의 JARTS가 될 것으로 판단됨.

(마) 국내 · 외 철도산업 기술사업화 사례 시사점

○ 철도산업 기술사업화 사례 분석 결과 전문기관 및 추진체 설립 이슈와 사업 운영 이슈에 대한 시사점을 도출함.

[표 416]철도부문 기술사업화 사례 시사점

구분	성격	전문기관 및 추진체 설립 이슈	사업 운영 이슈
Systra (프랑스)	사업화 전문기관 (공공-민간)	- 공공주도형 사업화 전문기관 - 설립 시 공공(83.8%), 민간(16.2%) 출자	- 핵심 업무 : 프로젝트 타당성 분석 / 철도 기술 홍보 / 프로젝트 운영 및 경영자문 - 체계적인 조직 운영 - 네트워킹 및 파트너십 확보 - 현지형 맞춤형 프로젝트 대응
JARTS (JIC) (일본)		- 민간주도형 사업화 전문기관(협회) - 소규모 조직으로 시작 - 정부/회원사 보조금 기반 규모화 - 수익 사업 민간 자회사화(JIC-컨설팅부문)	- 핵심 업무 : 해외 정보수집 / 프로젝트 타당성 분석 / 해외 협력 - 독립적 의사결정 체계를 통한 신속한 의사결정 - 정부, 관련 기관간 네트워크/파트너십 - 글로벌 네트워크 및 파트너십 확보 노력 - 자회사(JIC)를 통한 지속적 수익창출 역량 강화
SMRT (싱가포르)	공공부문 공기업		- 핵심 업무 : 컨설팅/프로젝트 관리/엔지니어링 / 시스템 개발 및 감리 - 지속적 해외 진출 노력
인천국제 공항철도	프로젝트	- 프로젝트 수행 단계별 민간/공공 지분 구조 변화 - 대상자 선정 시 : 공공(9.9%), 민간(90.1%) →운영단계 : 공공(98.7%), 민간(1.3%)	- 체계적 사업 운영을 위한 조직 구조 단계별 변화
C-NMP (미국 : Transrapid)		- 펀드 구성 : TIFIA 대출, 세금 면제 채권 (tax exempt bonds), 사모펀드(private equity investment)를 통한 펀드 구성	- 프로젝트 추진 민관 협업체계 활성화
한국철도 시설공단	해외진출 전략	- 권역별 사업부 설립(자체 예산) (프로젝트 수주 지역 내 추가 지사 설립)	- 핵심업무 : 정책자문 및 컨설팅 사업 - 민관 협업체계 활성화 기반 사업 수주 - 체계적이고 안정적인 재원 조달
철도 협회		- 해외진출을 위한 산학연 협력체계 구축 - 회원사 회비를 통한 예산 확보	- 위원회를 구성하여 해외진출, 기술개발, 산업정책 관련 업무 수행

1) 사업화 전문기관(공공-민간협업) 사례 시사점 : SYSTRA, JARTS+JIC

○ 공공과 민간의 협업체계로 설립 및 운영되고 있는 사업화 전문기관으로는 프랑스의 SYSTRA(공공+민간)와 일본의 JARTS(사단법인)+JIC(민간기업)이 있으며, 각 기관별 설립 및 운영에 대한 이슈는 다음과 같음.

- SYSTRA는 프랑스 철도산업의 해외진출을 지원하기 위하여 공공(정부, SNCF, RATP)과 민간(프랑스 은행, CA-CIB, BNP 등)이 투자하여 운영되고 있는 공공주도형 사업화 전문기관임.

- 주요 수행업무는 프로젝트 사업 타당성 분석, 프랑스 철도기술의 홍보를 위해 국제 박람회 및 기술포럼 등에 참여, 철도 프로젝트 매니지먼트, 설계, 시공, 운영 및 유지보수, 철도관련 컨설팅이 있음.

- 철도산업의 전반에 걸쳐 사업영역을 확장하여 지속적인 수익창출역량을 갖추고 있으며, 이는 현지 네트워킹 및 파트너십을 구축하고, 법률 및 정부의 지원을 통해 조직 유지에 필요한 재원을 확보하여 체계적으로 운영할 수 있었기 때문임.

- JARTS는 신칸센 고속열차 개발 이후, 철도관련 민간 기업이 일본철도기술의 해외진출을 지원할 기관설립을 주도하여 정부(관련부처)의 지원 하에 설립되었음.

- 일본의 사단법인의 형태로 설립되었으며, 공공과 민간이 참여하여 회원사의 회비와 자체사업을 통해 운영비용을 충당하고 있음.

- 세계 철도기술 관련 정보 수집과 분석, 회원사에 배포, 일본철도 기술 홍보를 위한 해외 전문가 파견 및 핵심인사 초빙, 전문 인력 교육, 철도사업 타당성 분석 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트 등 해외 철도 설계, 시공, 운영 및 유지보수의 업무를 수행하고 있음.

- 해외 국가의 컨설팅 의뢰 수가 증가함에 따라, 민간컨설팅 기업인 JIC를 설립하여 컨설팅 사업을 2012년 4월 1일부로 양도하였음.

○ 프랑스 SYSTRA와 일본의 JARTS, JIC는 공공과 민간이 협력하여 사업화를 수행하는 전문기관으로 법률 및 정부의 적극적인 지원과 관련기관과의 네트워킹 및 파트너십을 구축하고 체계적인 운영이 가능한 조직을 구축하였음.

○ 해외 진출을 위해 잠재국가의 사업 타당성 분석과 컨설팅을 수행하였으며, 이를 통해 자국 기술의 우수성을 직·간접적으로 홍보하였음.

2) 공공부문 공기업 사례 : SMRT

○ 싱가포르 공공 교통부문 공기업인 SMRT는 철도, 버스. 택시, 렌탈 등의 교통부문 뿐만 아니라 광고·홍보와 엔지니어링 외 컨설팅 업무를 수행하고 있으며, 이를 기반으로 동남아시아, 남아시아, 남미 등의 개발도상국으로 진출하였음.

- 타국가의 철도 사업화 전문기관과는 달리 자국 내 대중교통 공급을 목적으로 설립되었으나, 싱가포르 정부의 적극적인 지원과 남아시아 지역의 주변 개발도상국으로의 사업 진출을 통해 지속적인 수익창출의 기반을 마련할 수 있었음.

3) 프로젝트 사례 : 인천국제공항철도, C-NMP

○ 인천국제공항 철도 프로젝트는 성공적인 철도 인프라 구축을 위하여 프로젝트 수행 단계별 민간/공공 지분 구조를 변화시켰으며, 이에 따른 체계적 사업운영을 위한 조직 구조를 단계별로 변화시켜 보다 효과적인 운영체계를 마련하였음.

○ C-NMP 프로젝트는 Transrapid International이 미국 자기부상열차 사업을 수행하고 있는 프로젝트로서 펀드 구성을 위한 법제화를 통하여 자금 마련과 민관 협업체계를 기반으로 프로젝트가 운영되고 있음.

4) 해외진출 전략 : 한국철도시설공단, (사)한국철도협회

○ 한국철도시설공단은 해외진출을 위하여 권역별 사업부를 설립하였으며, 핵심업무는 정책자문 및 컨설팅, 타당성 검증 등이 있음.

- 공공기관으로부터 체계적이고 안정적인 재원 조달이 가능한 조직형태로, 설립 및 지원을 받기 위해서는 관련 법안이 개정되어 있어야 함.

○ (사)한국철도협회는 해외진출을 위한 산・학・연 협력체계를 구축하고, 회원사 회비를 통한 예산을 확보하여 운영하고 있음.

- 위원회를 구성하여 평상시에는 비활성화되어 있으나, 해외 진출, 기술개

발, 산업정책과 같은 업무 발생 시 활성화되어 관련 업무를 수행함.

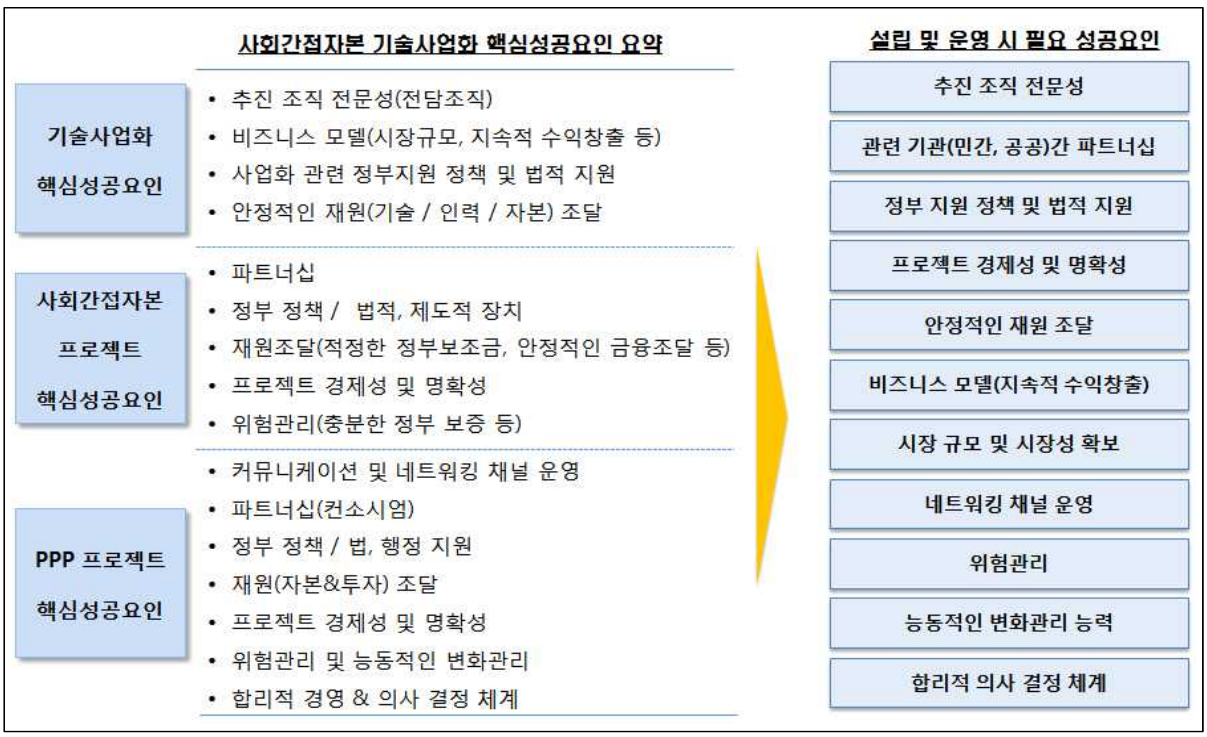
(바) 자기부상열차 사업화전문기관 핵심성공요인

○ 자기부상열차 사업화전문기관 핵심성공요인의 도출은 사업화전문기관 설립(안)들이 성공요인을 얼마나 명확하게 수행할 수 있는지를 판단하기 위한 기준 체계를 확립하고, 사업화 전문기관 설립 시 수행해야할 핵심 비즈니스 모델 및 업무 체계를 도출하기 위함임.

○ 사업화전문기관 핵심성공요인 도출은 기술사업화, 사회간접자본 프로젝트, 민간-공공 프로젝트 등 문헌 연구를 기반으로 핵심성공요인 도출과 자기부상열차와 철도 부분의 관련 사례 기반 설립 및 운영관련 시사점을 기반으로 핵심성공요인을 도출하여 2가지를 통합하여 제시함.

1) 사회간접자본 기술사업화 핵심성공요인 결과

○ 사회간접자본 기술사업화 문헌연구를 통한 핵심성공요인 기반 자기부상열차 전문기관 설립 및 운영 필요 성공요인은 다음과 같음.



[그림 920]사회간접자본 기술사업화 핵심성공요인

- 기술사업화 핵심성공요인은 추진조직의 전문성(전담조직), 비즈니스 모델의 타당성(시자규모, 지속적 수익창출 등), 사업화와 관련된 정부의 체계적 지원 정책 및 법적 지원의 가능성이 도출되었음.
- 사회간접자본 프로젝트 부분은 사회간접자본 프로젝트 수행을 위한 파트너십, 정부정책 및 법적/제도적 장치, SPC 등 프로젝트 수행을 위한 자본&투자, 프로젝트 경제성 및 명확성, 위험관리(충분한 정부의 보증 등)가 핵심성공요인으로 도출되었음.
- 민간-공공 프로젝트(PPP) 핵심 성공요인은 커뮤니케이션 및 네트워킹 채널 운영을 통한 이해관계자간의 효율적인 소통 가능성, 민간-공공의 파트너십(컨소시엄), 프로젝트 지원에 대한 정부의 지원 정책, SPC 등 프로젝트 수행을 위한 자본&투자, 프로젝트 경제성 및 명확성, 위험관리 및 능동적인 변화관리, 합리적 경영 및 의사결정체계가 핵심성공요인으로 도출되었음.

○ 이에 따른 전문기관 설립 및 운영 시 필요 성공요인은 추진 조직 전문성 및 지속가능성, 관련 기관 간(민간, 공공) 파트너십, 체계적 정부 지원 정책 및 법/행정적 지원, 핵심 업무 의사결정, 재원조달 & 지속적 투자 가능 모델 보유, 비즈니스 모델, 시장 규모 및 시장성 확보, 지속적 파트너십, 및 네트워킹 채널 운영, 지속적 수익 창출, 조직 체계 운영 및 변화관리가 도출됨.

2) 철도 사례 기반 시사점 도출 결과

○ 철도 사례 분석 기반 설립 및 운영 시 시사점 및 성공요인은 다음과 같음.

사례 분석 및 이슈

구분	성격	전문기관 및 추진체 설립 이슈	사업 운영 이슈
Systra (프랑스)	사업화 전문기관 (공공-민간)	- 공공주도형 사업화 전문기관 - 설립 시 공공(83.8%), 민간(16.2%) 출자	- 핵심 업무 : 프로젝트 타당성 분석 / 철도 기술 홍보 / 프로젝트 운영 및 경영자문 - 체계적인 조직 운영 - 네트워킹 및 파트너십 확보 - 현지형 맞춤형 프로젝트 대응
JARTS (JIC) (일본)		- 민간주도형 사업화 전문기관(협회) - 소규모 조직으로 시작 - 정부/회원사 보조금 기반 규모화 - 수익 사업 민간 자회사화(JIC-컨설팅부문)	- 핵심 업무 : 해외 정보수집 / 프로젝트 타당성 분석 / 해외 협력 - 독립적 의사결정 체계를 통한 신속한 의사결정 - 정부, 관련 기관간 네트워크/파트너십 - 글로벌 네트워크 및 파트너십 확보 노력 - 자회사(JIC)를 통한 지속적 수익창출 역량 강화
SMRT (싱가포르)	공공부문 공기업		- 핵심 업무 : 컨설팅/프로젝트 관리/엔지니어링 / 시스템 개발 및 감리 - 지속적 해외 진출 노력
인천국제 공항철도	프로젝트	- 프로젝트 수행 단계별 민간/공공 지분 구조 변화 - 대상자 선정 시 : 공공(9.9%), 민간(90.1%) →운영단계 : 공공(98.7%), 민간(1.3%)	- 체계적 사업 운영을 위한 조직 구조 단계별 변화
C-NMP (미국 : Transrapid)		- 펀드 구성 : TIFIA 대출, 세금 면제 채권 (tax exempt bonds), 사모펀드(private equity investment)를 통한 펀드 구성	- 프로젝트 추진 민관 협업체계 활성화
한국철도 시설공단	해외진출 전략	- 권역별 사업부 설립(자체 예산) (프로젝트 수주 지역 내 추가 지사 설립)	- 핵심업무 : 정책자문 및 컨설팅 사업 - 민관 협업체계 활성화 기반 사업 수주 - 체계적이고 안정적인 재원 조달
철도 협회		- 해외진출을 위한 산학연 협력체계 구축 - 회원사 회비를 통한 예산 확보	- 위원회를 구성하여 해외진출, 기술개발, 산업정책 관련 업무 수행

사례 기반 성공요인

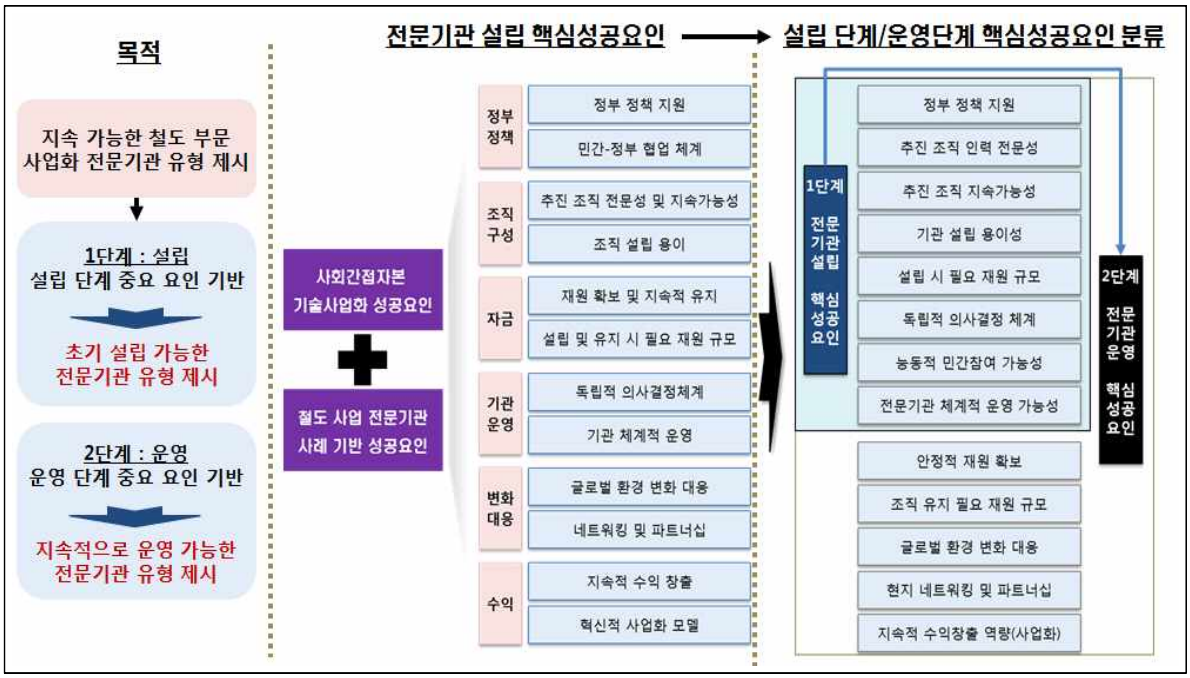
- 기관설립 용이성
- 독립적 의사결정 체계를 통한 신속한 의사결정
- 정책적 협업체계
- 법률 및 정부 지원
- 지속적 수익창출 역량
- 현지 네트워킹 및 파트너십
- 글로벌 환경 변화 대응
- 체계적인 운영을 위한 조직 구성
- 안정적 재원 확보
- 조직 유지 필요 재원 확보

[그림 921]철도 사례 분석 기반 핵심성공요인

- 첫째, 전문기관 설립 시 설립의 용이성이 필요함. 전문기관 설립 시 정부의 지원 체계가 필요함. 철도 산업의 사회간접자본 성격을 감안하면 정부가 직간접적으로 지원할 수 있는 체계를 구축해야 하는데, 상대적으로 기관 설립이 정책 기관별로 오래 걸릴 수 있는 여지가 있음.
- 둘째, 지속적 사업을 위한 독립적 의사결정체계를 구축하여 신속한 의사결정 가능성을 보유해야함.
- 셋째, 사업화를 위하여 민간 위주의 전문기관을 설립하더라도 사업화를 위해서는 정부의 지원체계가 필요함. 이에 정책적 협업체계를 구축해야함.
- 넷째, 법률 기반 지원체계를 구축함으로써, 정부의 지원체계를 명시화하여 민간과 정부의 책임 소재를 명확히 하는 것이 필요함.
- 다섯째, 지속적 수익 창출 역량을 보유해야함. 국내외에서 다양한 프로젝트 수행을 위한 역량을 보유하는 것이 필요함.
- 여섯째, 글로벌 사업화를 위한 현지 기업 및 지자체, 그리고 정부에 대한 네트워킹과 파트너십을 보유함으로써 협력체계를 구축하는 것이 필요함.
- 일곱째, 글로벌 사업화를 위한 글로벌 환경 변화에 대응할 수 있는 전문기관이 필요함.
- 여덟째, 체계적 조직 운영을 위한 조직 체계를 구축하는 것이 필요함. 사업화 전문기관은 조직 운영, 협력업체 및 정부 협력 체계, 글로벌 마케팅 등 다양한 업무를 수행해야함. 이에 사업화 전문기관의 업무를 명확히 수행할 수 있는 체계 구축이 필요함.
- 아홉째, 안정적 재원 및 조직 유지를 위한 지속적 재원 확보의 노력이 필요함. 초기 설립 재원을 정부 조달, 협력 업체 조달 등으로 수행할 수 있으며, 사업화를 통한 수익성을 높일 수 있음.

3) 자기부상열차 설립 및 운영 단계 핵심 성공요인 도출

○ 사회간접자본 기술사업화 성공요인과 철도 사업 전문기관 사례 기반 성공요인을 통해서 6개의 대그룹 핵심성공요인이 도출되었으며, 전문기관 설립 및 운영 단계별 성공요인으로 분류함.



[그림 922]자기부상열차 설립 및 운영 단계 핵심 성공요인

○ 정부정책 측면에서는 정부 정책지원, 민간-정부 협업체계 상세 핵심성공요인이 도출되었으며, 조직 구성 측면에서는 추진조직 전문성 및 지속가능성 상세 핵심성공요인이 도출됨. 자금 측면에서는 재원 확보 및 지속적 유지, 설립 및 유지 시 필요 재원 규모 상세 핵심성공요인이 도출됨. 기관 운영 측면에서는 독립적 의사결정체계 및 기관 체계가 도출되었으며, 변화 대응 측면에서는 글로벌 환경 변화 대응 및 네트워킹 및 파트너십이 도출됨. 수익 측면에서는 지속적 수익 창출과 혁신적 사업화 모델이 도출됨.

○ 1단계 전문기관 설립의 핵심성공요인 다음과 같이 도출됨.

- 정부 정책 지원 : 사회간접자본으로서 자기부상열차 설립 및 운영, 그리고 글로벌 사업화를 위하여 정부의 정책적 지원체계가 필요함. 정부 정책적 지원을 받을 수 있는 전문기관 형태를 구성하는 것이 필요함.

- 추진 조직 인력의 전문성 : 자기부상열차 사업화를 위해서는 마케팅, 기획, 네트워킹 등 다양한 분야에 대한 전문성을 가진 인력이 무엇보다 필요하며, 인력의 전문성이 중요한 요인임.

- 추진조직의 지속가능성 : 사회간접자본 기반 사업화는 장기적 관점에서 접근함. 따라서 추진조직이 유기적으로 움직일 수 있는 형태이면서 지속적으로 운영이 가능한 형태를 가지는 것이 필요함.

- 기관 설립 용이성 : 사업화전문기관에 정부의 재원 지원을 할 경우 상황에 따라서 법을 개정해야하는 경우도 발생함. 사업화를 위한 기반을 마련하기 위해서는 기관 설립을 손쉽게 하여 관련 기관이 관심을 가질 수 있도록 하는 것이 필요함.

- 설립 시 필요 재원 규모의 적정성 : 설립 시 필요 재원은 많으면 많을수록 전문 인력 채용 등 다양한 활동을 할 수 있음. 그러나 재원에 대한 투자처가 명확하지 않을 경우가 발생하므로 설립 시 재원 규모가 적정한 것이 필요함.

- 독립적 의사결정체계 구축 : 지속적인 사업을 위해서는 독립적 의사결정을 할 수 있는 조직을 구성함으로써, 다양한 사업을 할 수 있는 기반을 마련하는 것이 필요함.

- 전문기관 체계적 운영 가능성 : 자기부상열차 사업화 전문기관의 체계적 운영을 위해서는 자기부상열차 사업에 참여한 기업 및 기관의 참여가 무엇보다 필요함. 전문기관 체계적 운영 가능성은 기존 프로젝트에 참여했던 인력의 지원을 통한 프로젝트의 연계성을 가질 수 있도록 하는 것이 필요함.

○ 2단계 전문기관 운영의 핵심성공요인 다음과 같이 도출됨.

- 2단계 전문기관 운영 단계의 핵심성공요인은 전문기관 설립 핵심성공요인과 더불어 안정적 재원 확보, 조직 유지 필요 재원 규모, 글로벌 환경 변화 대응, 현지 네트워킹 및 파트너십, 지속적 수익창출 역량이 도출됨.

- 안정적 재원확보 : 지속적 사업화를 위해서는 비즈니스 모델의 창출을 통한 안정적 재원 확보가 가능해야함. 더불어 회원사 등의 참여를 통한 수익을 창출할 수 있는 방안이 마련되어야 함.

- 조직 유지 필요 재원 규모 적정성 : 사업의 확대를 위해서는 조직 업무 필요 체계가 확대될 필요가 있음. 이에 적정성을 가진 재원 규모를 산정하고 적용할 필요가 있음.

- 글로벌 환경 변화 대응 : 자기부상열차 사업 등을 비롯한 사회간접자본 프로젝트는 글로벌 환경에 영향을 많이 받음. 따라서 능동적인 글로벌 환경 변화에 대한 예측 및 대응이 가능한 조직 체계를 구축하는 것이 필요함.

- 현지 네트워킹 및 파트너십 : 자기부상열차 프로젝트 개발 및 프로젝트 수행을 위해서는 현지 기업, 정부, 지자체 등의 네트워킹 체계를 마련하는 것이 필요함. 때에 따라서는 현지기업과의 파트너십을 통한 프로젝트 수행이 가능함.

- 지속적 수익창출 역량 : 수익 창출 비즈니스 모델을 개발하고 관련 전문 인력을 보유할 수 있는 역량을 가진 전문조직을 구성하는 것이 지속적으로 전문기관을 운영할 수 있는 기반이 됨.

(7) 자기부상열차 전문기관 설립 방향 정립

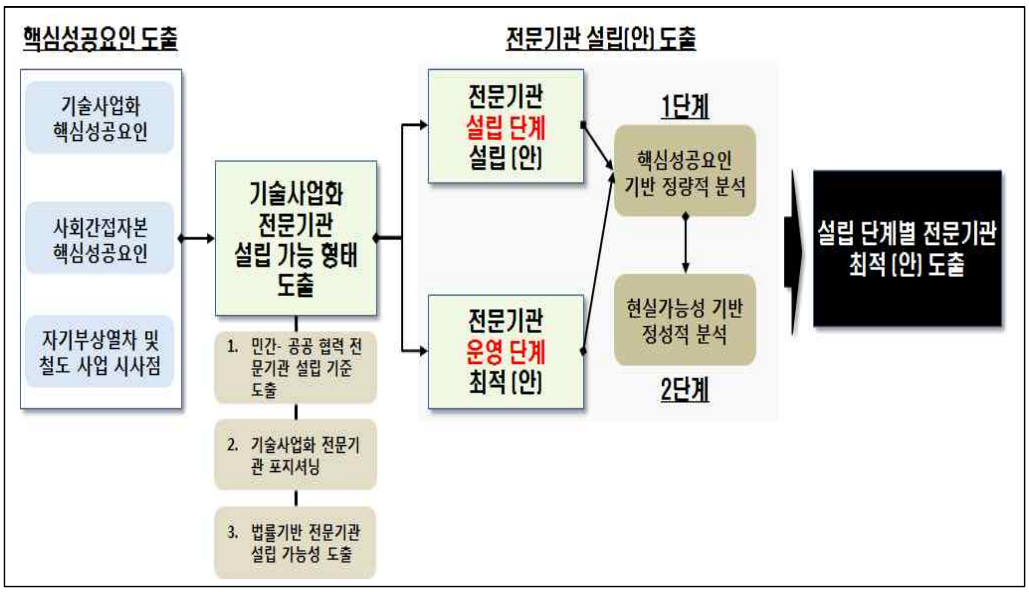
(가) 전문기관 설립 방향 정립 Framework

○ 자기부상열차 전문기관 설립 방향 정립은 기술사업화 특성 및 사례 연구, 사회간접자본 특성 및 사례 연구, 자기부상열차 프로젝트 특성 연구를 통하여 핵심성공요인을 도출하였음.

- 기술사업화, 사회간접자본 연구에서 특성 및 유형, 프로세스, 설립 및 운영 이슈 및 핵심 성공 사례를 도출함.

- 또한 SYSTRA, JARTS와 같은 철도 사업 전문기관의 설립 및 운영 체계를 상세히 분석하여, 전문기관 역할 및 사업 운영에 있어 필요성을 제시하였음.

○ 현 도시형자기부상열차 사업 종료 후 효율적인 업무 수행과 업무 연계가 가능한 전문기관 설립하기 위하여 다음과 같은 설립 방향 Framework를 제시함.



[그림 923]전문기관 설립 방향 정립 Framework

○ 첫째, 기술사업화 전문기관 설립 가능 형태를 도출함.

- 민간·공공 협력을 위한 전문기관의 설립 기준을 도출함. 이를 통해 설립 가능 전문기관의 유형 정립을 위한 기준을 정립함.

- 전문기관 설립 가능 유형별 Positioning 및 설립 가능 형태를 도출함. 전문기관 설립 가능 법률적 타당성 검증 및 전문기관 설립 가능 유형별 Positioning Map을 통한 자기부상열차 전문기관만의 설립 가능 형태를 도출함.

○ 둘째, 전문기관 설립(안)을 도출함. 전문기관 설립 단계와 운영 단계로 구분을 통하여 단계별 발전방안을 마련함.

- 전문기관 분류 기준과 법률적 가능성을 기반으로 설립 가능한 자기부상열차 사업화 전문기관 안들을 제시함.

- 전문기관 설립 및 운영의 개별 단계별 핵심성공요인 기반으로 사업화 전문기관 안들에 대하여 정량적 분석과 현실 가능성 기반 정성적 분석을 수행함

- 전문기관 설립(안)들의 핵심 수행 체계별 장단점 분석과 전문기관 업무에 대하여 현실성 측면에서 수행가능성을 도출함으로써 전문기관 설립 최적(안)을 도출함.

○ 셋째, 단계별 전문기관 설립(안)별 수행 체계 도출. 단계별 전문기관 설립안별 핵심 업무 수행체계를 도출함.

(나) 기술사업화 전문기관 설립 기준 및 포지셔닝

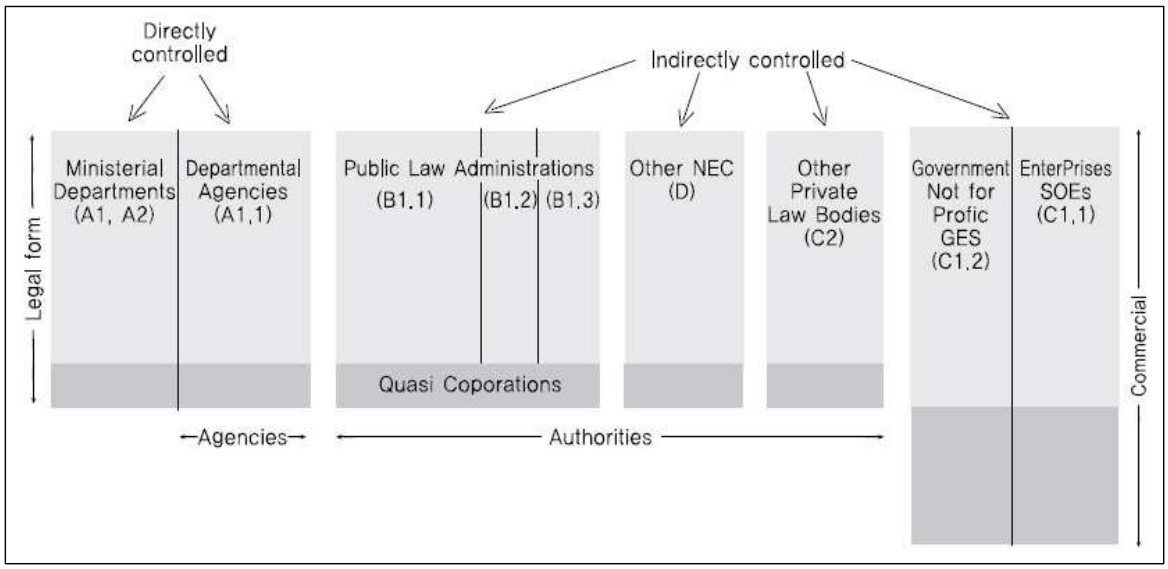
1) 민간-공공 협력 전문기관 설립 기준 도출

○ 정부 및 민간 부문 기업의 형태 및 유형에 따른 분석을 통하여 다양한 전문기관 설립 가능 유형을 제시하고자 함.

가) 분류 기준 분석

○ Gi11(2002)은 중앙정부부문의 조직유형(central government organizational forms)을 그 법적 형태(legal form)와 경제적 실체(economic substance)을 기준으로 정부부처조직, 책임행정기관, 공법적 공공기관, 공기업, 비상업적 사법적 공공기관, 기타 분류불가기관 등의 6가지 종류로 구분하고 있음.

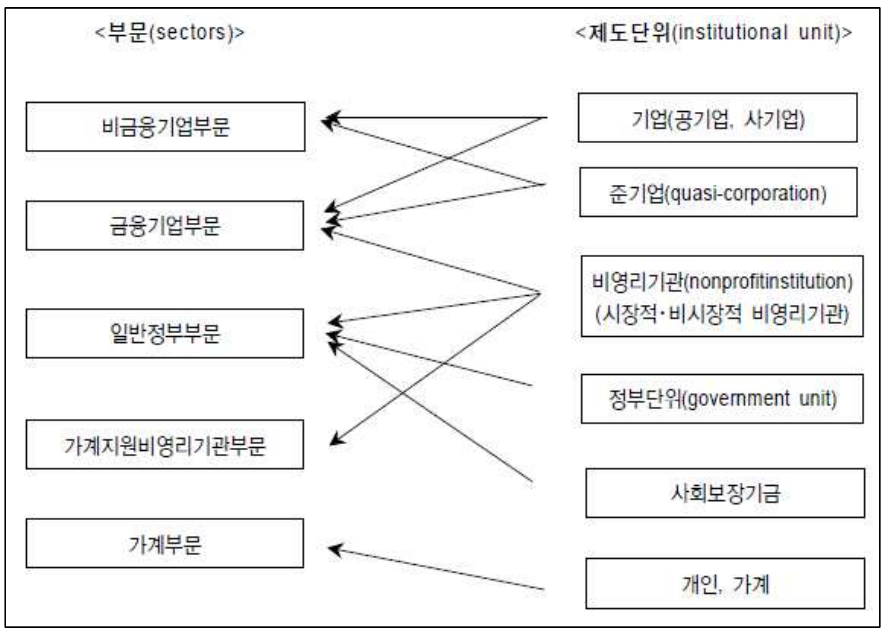
– 이러한 6가지 공공부문 조직유형은 법적 형태, 지배구조(governance), 통제(control), 재원(finance), 직원의 지위와 신분(staff), 자본지출(capital spending) 등의 측면에서 차별적인 특징을 내포하고 있음.



[그림 924]Gill의 중앙정부부문 기관 유형 분류체계

출처 : Gill, D. (2002). "Signposting the Zoo-From Agencification to a More Principled Choice of Government Organizational Forms". OECD Journal on Budgeting, Vol.2 No.1. OECD:27-79.

○ 국민계정체계(SNA)와 2001 재정통계편람(GFSM)은 국민경제와 공공부문을 구성하고 있는 부문(sectors)과 제도단위(institutional units)를 분류하고 있음.



[그림 925]국민계정체계 기반 부문 및 제도단위 구분

- SNA와 GFSM은 한 국가의 국민경제 구성요소를 다음과 같은 상호 배타적인 5개의 요소로 구분하고 있음. 즉, 비금융기업부문, 금융기업부문, 일반정부부문, 가계지원 비영리기관부문, 가계부문으로 구분됨.

- 더불어, 국민경제의 각 부문은 여러 유형의 제도적 단위들(institutional units)로 구성되는데, 기업, 준기업, 비영리기관, 정부단위, 사회보장기금, 개인 및 가계임. 여기서 제도단위는 자신의 명의로 자산을 소유하고 부채를 부담할 수 있으며, 경제활동 및 다른 실체와의 거래활동을 수행할 수 있는 경제적 실체를 지칭함.

○ 김준기(2002)는'정부산하기관'으로 지칭하고 있는 우리나라 준공공부문 조직의 유형을 정부부처와의 관계 및 독립성의 정도 그리고 법적 근거에 따라 ① 준정부 부처형, ② 정부기업(위탁기관, 금융기관, 비금융공기업), ③ 공공법인체(정부출연연구기관 과 교육기관, 의료기관, 공공진흥기관), ④ 조합 및 협회 등의 4가지 종류로 분류하고 있음.

[표 417]준정부조직의 4가지 유형 분류

수입/정부통제	관료형	기업가형
공공형	준정부부처형	일부 진흥기관, 출연연구기관, 공공재단
상업형	연금 및 기금	교육기관 및 의료기관, 공기업, 정부소유 금융기관, 협회 및 조합

출처 : 김준기(2002), 준정부부문에 대한 연구: 숨겨진 또 하나의 정부?, 공기업논총, 제14권 제1호. 한국공기업학회.

- 수입의 원천(정부지원형과 상업형)과 정부부처의 준정부조직 통제방식(관료형과 기업가형)을 기준으로 다시 4가지로 분류하고 있음.

- 수입원천에 따라 정부의 이전지출과 보조금에 의해 재원을 충당하는 '공공형(public)'과 재화나 서비스의 판매수입으로 재원을 충당하는 '상업형(commercial)'로 분류함. 또한, 해당 정부부처의 통제방식에 따라 정부부처의 근본적인 통제가 전제되는 '관료형'과 조직운영에 있어 상당부분 자율성을 가진 '기업가형'으로 구분함.

- 이러한 두 가지 분류기준을 조합하면, ① 관료적 공공형, ② 기업가적 공공형, ③ 관료적 상업형, ④ 기업가적 상업형 등의 4가지 준정부조직의 유형이 도출됨.

○ 곽채기(2009)는 준공공부문 기관에 대한 분석을 위하여 소유와 통제 주체에 따라 정부와 민간 기업으로 구분하고 있음.

- 즉, 우리나라의 준공공부문 기관은 제도단위에 의해 공공 부문과 민간 부분으로 구분되고 있으며, 이는 기관의 소유·통제의 주체에 따라 공공부문의 기관(정부부문, 공공기관)과 민간부문의 기관(비영리부문, 영리부문)으로 구분됨을 의미함.

- 더불어 공공부문과 민간부문은 공공성과 기업성의 상대적 수준에 따라 분류할 수 있으며, 기관의 성격이 공공성을 높게 띨수록 정부 (비영리)형태로 가까워지며, 기업성을 높게 띨수록 사기업(영리)의 형태로 가까워짐.

- 또 다른 구분 기준으로는 자율성을 들 수 있으며, 설립·운영에 대한 수준이 높으면 민간(사기업)의 형태로, 낮으면 정부(정부부처)의 형태로 볼 수 있음.

[표 418]공공부문과 민간부문을 구성하는 제도단위

<table>
<tr><td colspan="8">소유·통제주체 : 정부</td><td colspan="3">민간</td></tr>
<tr><td colspan="8">공공성 ——— 기업성</td><td colspan="3">공공성 ——— 기업성</td></tr>
<tr><td colspan="8">공공부문</td><td colspan="3">민간부문</td></tr>
<tr><td colspan="3">정부부문</td><td colspan="5">공공기관</td><td colspan="2">비영리부문</td><td>영리부문</td></tr>
<tr><td>정부부처</td><td colspan="2">책임운영기관</td><td rowspan="2">정부 출연 연구 기관</td><td colspan="2">준정부기관</td><td colspan="2">공기업</td><td rowspan="2">시민단체 (NGO)</td><td rowspan="2">공익법인 (NPO)</td><td rowspan="2">사기업</td></tr>
<tr><td>(정부기업)</td><td>행정형기관</td><td>기업형기관 (정부기업)</td><td>위탁 집행형 기관</td><td>기금 관리형 기관</td><td>준시장형 공기업</td><td>시장형공 기업</td></tr>
<tr><td>기획재정부 등
조달청, 우정사업 본부 등</td><td>국과수, 국립현대 미술관 등</td><td>국립 의료원, 경찰병원 등</td><td>KDI, 한국행정 연구원 등</td><td>KOTRA, 한국소비 자원 등</td><td>국민연금 공단, 주택금융 공사 등</td><td>조폐공사, 관광공사 등</td><td>한전, 가스공사 등</td><td>참여연대 등</td><td>대한상공 회의소 등</td><td></td></tr>
</table>

출처 : 곽채기(2009), 우리나라 준공공부문의 실태분석 및 혁신방안, 전국경제인연합회

- 즉, 소유 주체와 공공성과 기업성(또는 자율성)을 기준으로 공공부문과 민간부문으로 분류 할 수 있으며, 공공과 민간부문 내에서도 공공성과 기업성의 상대적 수준에 따라 다시 분류가 됨.

○ 이상철과 권영주(2008)는 공공기관 내에서도 공공성을 기준으로 “공익형 공공기관(공공성이 기업성보다 더 강조되는 정부산하기관)”과 “기업형 공공기관(기업성이 공공성보다 더 강조되는 정부산하기관)” 유형으로 분리하였음. 즉, 공공성이 기업성보다 상대적으로 큰 수준의 기관은 비영리, 반대의 경우 영리의 성격을 가진 기관으로 분류 할 수 있음.

○ 설광언과 박재신(2005)은 제도단위의 유형을 해당기관이 담당하고 있는 업무 또는 사업의 종류, 설립목적, 수익성과 공익성 목표의 추구수준, 기관의 규모 등을 기준으로 분류하였음.

○ 따라서 기관의 규모를 기준으로 분류하였을 경우, 정부부처 개념의 사업단형과 그 외 나머지 형태(사기업, 공기업, 비영리법인, 가계 등)인 독립법인의 형태로 분류할 수 있음.

나) 민간-공공 협력 전문기관 설립 기준 도출

○ 본 과제에서는 국가측면에서의 분류기준이 아닌 자기부상열차 사업 특성상 공공-민간 기업의 특성을 반영하는 것이 바람직함. 따라서 다음과 같이 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 안을 3가지 분류 기준을 수립함.

[표 419]전문기관 Mapping 분류 기준

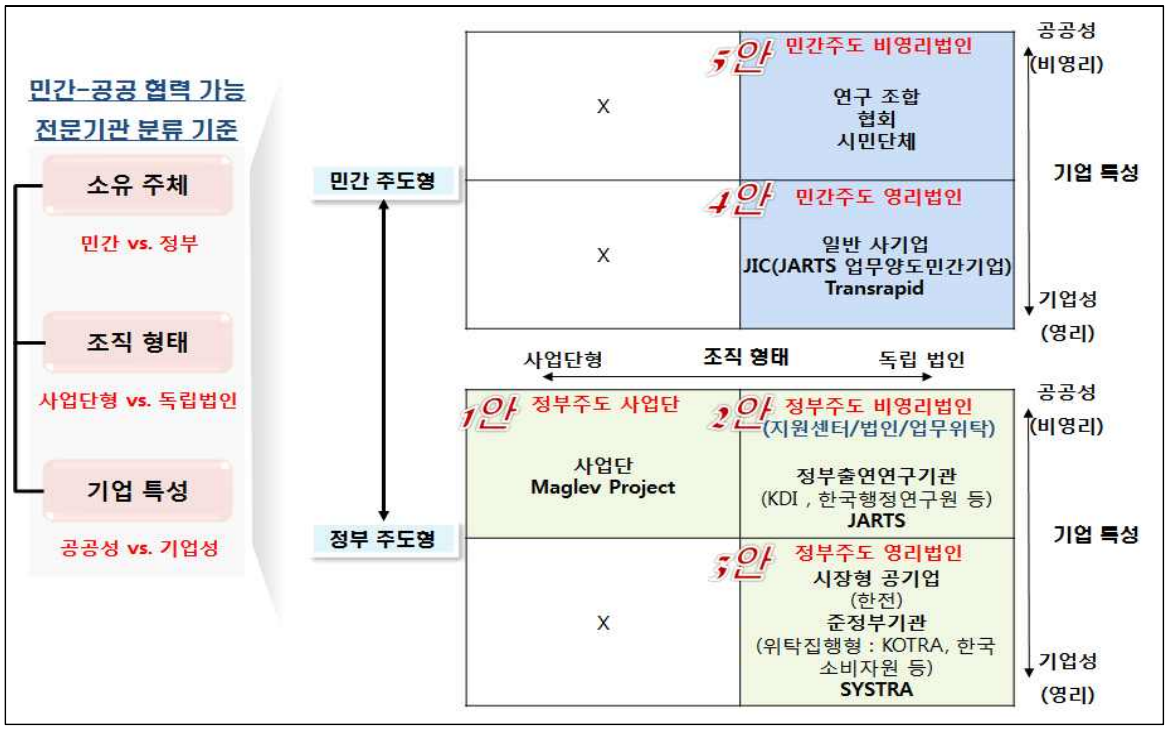
구분	소유주체	기업특성	조직형태
분류	정부 vs 민간	공공성 vs 기업성	사업단형 vs 독립법인
분류기준	기관의 소유·통제 주체 (정부와 민간)	기관의 성격 (영리와 비영리)	조직의 형태 (기관의 규모)
분류예시	민간부문 (기업, 단체)	비영리 (연구기관, 사단법인)	팀·부서규모 (사업단)
	정부부문 (정부부처 및 공공기관)	영리 (사기업, 시장형 공기업)	독립법인규모 (기업,독립법인)

○ 전문기관 유형별 기준은 소유주체(민간 vs. 정부), 조직형태(사업단형 vs. 독립법인), 기업특성(공공성 vs. 기업성)으로 제시됨.

○ 소유주체 x 조직형태 x 기업특성으로 구성되는 기준은 총 8가지의 가능한 안이 도출됨.

2) 기술사업화 전문기관 포지셔닝

○ 민간-공공 협력 기반 전문기관 설립 시 적용 가능한 안에 대하여 포지셔닝을 함으로써 전문기관 설립(안)을 제시하였으며, 총 5개의 가능한 전문기관 설립(안)이 도출되었음.



[그림 926]전문기관 설립(안) Positioning Map

- 1안 : 정부주도 사업단. 정부주도 사업단은 현 도시형자기부상열차 실용화 사업단이 사업화 업무를 승계 받는 형태의 조직임. 공공성을 보유하고 정부주도형 사업으로 인정을 받을 수 있되, 사업단(추진체) 형태이기 때문에 초기 비용이 저렴한 장점을 가짐. 대표적인 사례가 Maglev Project가 있음.

- 2안 : 정부주도 비영리법인. 정부주도 비영리법인은 정부출연연구기관 등에 자기부상열차 전문기관의 업무를 이관하는 형태임. 공공성을 보유하고 정부주도형 사업으로 인정을 받을 수 있되 독립 법인의 형태이기 때문에 자체적 사업을 운영하는데 장점을 가짐. 대표적인 사례가 KDI, 한국행정연구원, JARTS 등이 있음.

- 3안 : 정부주도 영리법인. 정부주도 영리법인은 공기업 등을 설립하여 자기부상열차 전문기관의 업무를 이관하는 형태임. 영리 활동이 가능하되 정부 주도형 기관이기 때문에, 공공기관의 단점이 비영리성을 극복할 수

있는 형태이며, 정부가 직간접적으로 개입을 하기 때문에, 공익사업이 가능함. 대표적인 사례가 한전, KOTRA, SYSTRA 등이 있음.

- 4안 민간주도 영리법인. 민간주도 영리법인은 일반 사기업에 자기부상열차 전문기관의 업무를 이관하는 형태임. 영리 활동이 가능하며 민간 주도로 설립되기 때문에 초기 비용을 민간에게 이전하는 기능이 있으며, 변화하는 글로벌 트렌드에 대응할 수 있는 역량 개발이 가능함. 대표적인 사례가 JIC가 있음.
- 5안 민간주도형 비영리법인. 민간주도형 비영리법인은 공공성을 띄면서 민간 회원 또는 조합원이 핵심이 되어 사업 또는 다양한 마케팅 및 홍보 활동을 수행하는 형태임. 대표적인 사례가 최근 각광을 받고 있는 연구조합의 형태가 있음. 초기 설립 시 2~3인의 직원으로 구성이 가능하기 때문에 재원이 적게 들어 조합원의 회비로 충당이 가능하며, 연구조합은 조합원의 연구기술 국가 프로젝트에 우선적으로 지원을 할 수 있기 때문에 지속적 사업화가 가능함.

(다) 법률기반 전문기관 설립 가능성 도출

○ 자기부상열차 전문기관 설립(안) 도출은 첫째, 법률적 전문기관 설립 가능 형태를 도출하고, 둘째, 법률적 설립 가능 형태에 대하여 전문기관 유형별 가능 조직 형태를 맵핑하여 자기부상열차 전문기관 설립 가능(안)을 제시함.

1) 법률적 전문기관 설립 가능(안) 도출

○ 법률적 측면에서 전문기관 설립이 가능한 형태는 크게 5가지 형태가 가능함. 즉, 사업단(안), 정부주도 비영리 법인(안), 정부주도 영리법인(안), 민간주도 영리법인(안), 민간주도 비영리 법인(안)을 고려할 수 있음.

가) 사업단(안) - 기술 사업화 사업단

□ 법률적 타당성 및 주요 내용

○ 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정에 근거하여 사업단 관련 구성안을 마련함.

○ 현재 “도시형자기부상열차 실용화 사업단”이 자기부상열차 사업화를 위한 기획·총괄, 기업 지원시설마련, 국내·외 투자유치 등과 같은 지원센터의 기능을 일부 담당하고 있으며, 이를 사업화 전문 사업단 형태로 구성하고자 하는 방안임.

○ 사업단이 사업화 전문기관 역할을 담당할 경우 기관 또는 법인 신설에 소요되는 절차를 생략할 수 있으며, 기존 조직의 유사 사업경험 및 전문성을 활용할 수 있는 장점이 있음.

○ 또한, 자기부상열차 활성화와 발전을 위한 지속 가능한 정부의 종합적인 정책 지원을 받을 수 있으며, 행정업무의 연계성으로 인해 사업의 원활한 추진이 가능함.

○ 국토교통부, 한국기계연구원, 국토교통과학기술진흥원 등과 같은 국책 기관과의 네트워크 협력이 원활할 수 있으며, 국내외 투자유치에서 국가가 주도하기 때문에 높은 신뢰로 인하여 투자유치가 용이할 수 있음.

○ 공식적인 법적근거에 따른 계층적 통제가 가능하므로 책임성 확보가 가능함.

○ 정부의 인사 시스템으로 인한 보직 순환제가 장기적으로 자기부상열차 전문기관과 관련한 전문성 결여를 초래할 수 있는 가능성이 있음.

○ 마케팅 지원과 같은 민간부문에서 더 효과적으로 잘 수행할 수 있는 사업을 정부가 담당함으로 인해 사업의 효과가 낮아질 가능성이 있으며, 조직의 관료화로 인해 조직의 전문성과 창의성이 부족할 수 있음.

[표 420]조직형태 비교 검토-기술 사업화 사업단

구 분	주요 내용
특 징	· “국토교통부소관 연구개발사업 운영규정”에 근거 · 기존 조직의 유사 사업경험 및 전문성을 활용 · 지속 가능한 정부의 종합적인 정책 지원 · 행정업무의 연계성을 통한 사업의 원활한 추진 · 정부의 인사 시스템(보직 순환제)으로 장기적으로 사업과 관련한 전문성 결여를 초래할 수 있음 · 민간부문이 더 효과적으로 잘 수행할 수 있는 사업(예. 마케팅 지원)을 정부가 담당함으로 인해 사업의 효과가 낮아질 가능성이 있음

○ 그러나 기술 사업화를 위한 사업단 형태는 법률적인 가능성으로 살펴보았을 때, 연구개발 사업에 한하여 새로운 사업단 구성이 가능하므로 사업화

전문 사업단 구성은 현실적으로 불가능함.

나) 정부주도 비영리 법인 형태 - 정부산하 공공기관 신설(안)

□ 법률적 타당성 및 주요 내용

○ 한국철도공사법, 철도산업발전기본법 등에 근거하여 정부산하의 공공기관 설립에 관한 구성안을 마련함.

○ 정부산하의 공공기관은 정부 조직법에 의해 설립된 정부기관이 아니면서 정부의 보호아래 공익적 업무를 수행하는 조직으로서 정부의 주무부처의 관리와 통제를 받으면서 정부 위탁사무를 수행하는 모든 사업자 단체를 의미함.

○ 일반적으로 정부는 이해상충이 발생할 가능성이 높거나, 일반 행정기관인 정부부처가 직접 관장할 필요가 없는 일상 집행 기능의 업무를 수행해야 하거나, 단일목적의 업무수행이 필요할 경우에 공공기관을 설립하여 운영함.

○ 법률에 따라 정부가 직접 재원을 출연하여 “자기부상열차 사업화 전문기관”을 설립하고 자기부상열차 해외 수출 및 전문기관의 추진, 총괄, 관리, 운영의 기능을 수행하도록 하며, 이 경우 설립 비용은 정부의 재원으로 충당하지만, 관리운영비는 정부가 일정부분을 보조하거나 지원하고 나머지는 지원센터의 자체 수입으로 충당하도록 함.

○ 정부출연에 의해 공공기관의 형태로 설립하는 경우 제도적 그리고 재정적으로 안정적인 사업을 지속할 수 있는 장점이 있음.

○ 법률에 의해 공공기관 형태로 설립되었기 때문에, 사업화 전문기관이 자기부상열차 수출 지원과 활성화의 공익적 기능을 담당하고 사업화 전문기관의 공공성을 보장 받아 정부 지원의 당위성을 확보할 수 있음.

○ 사업화 전문기관을 통해 도시형 자기부상열차 수출 및 활성화시키고 발전시키고자 하는 정부의 공익적 노력을 구현하기가 더 유리하며, 사업화 전문기관의 자기부상열차 관련 사업을 효율적이고도 체계적으로 추진할 수 있는 장점과 아울러 전문성을 높일 수 있는 장점도 있음.

○ 법률에 근거하여 설립되었기 때문에 독점적 지위를 확보 받아 시장에 의한 견제와 감시 기능을 기대할 수 없는 단점이 있으며, 방만 경영의 우려와 공공정책의 집행에 있어 책임성 확보 문제가 발생할 소지가 있음.

○ 공익적인 목적보다 기관의 이익을 우선할 가능성이 있으며, 정치적 동기에 의한 간섭 등으로 인해 자율적이고도 책임 있는 경영이 어려울 수 있음.

[표 421]조직형태 비교 검토-정부산하의 공공기관 설립(안)]

구 분	주요 내용
특 징	・"한국철도공사법, 철도산업발전기본법" 등에 근거 ・정부 조직법에 의해 설립된 정부기관이 아니면서 정부의 보호아래 공익적 업무를 수행하는 조직 ・일반적으로 정부는 이해상충이 발생할 가능성이 높거나, 일반 행정기관인 정부부처가 직접 관장할 필요가 없는 일상 집행 기능의 업무를 수행해야 하거나, 단일목적의 업무수행이 필요할 경우에 공공기관을 설립하여 운영함 ・법률에 따라 정부가 직접 재원을 출연하여 설립하고 추진, 총괄, 운영의 기능을 수행함 ・설립 비용은 정부의 재원으로 충당하지만, 관리운영비는 정부가 일정부분을 보조하거나 지원하고 나머지는 기관의 자체 수입으로 충당하도록 함

다) 정부주도 비영리법인 형태 - 신설법인 설립(안)

□ 법률적 타당성 및 주요 내용

○ 국토해양부 내 조직과 별도로「민법」제 32조에 의해 비영리 사단법인 또는 재단법인을 설립하여 "자기부상열차 전문기관"을 운영하는 방안임.

○ 법인은 그 구성요소가 사람들의 단체이냐 또는 특정한 목적에 바쳐진 재산이냐에 따라서 사단법인과 재단법인으로 구분할 수 있음. 사단법인은 일정한 목적을 위해 사람들이 결합한 단체이며, 재단법인은 특정한 목적을 위해 출연한 재산이 필수임. 이후 사단·재단 법인 모두 주무관청의 허가를 받아 설립하며, 재단법인은 성격상 영리법인이 될 수 없으므로 모든 재단법인은 비영리법인임.

○ 사단법인은 임의해산이 가능하고, 그 설립목적이 영리를 추구하든 비영리를 추구하든 설립할 수 있으며(「민법」 제32조 및 제39조), 재단법인은 임의해산을 할 수 없고, 그 설립목적이 비영리를 추구하는 경우에만 설립할 수 있음.

○ 법인 설립은 순수하게 민간이 담당하는 경우, 또는 정부 또는 공공기관이 일부 출자를 하는 민관공동법인(제3섹터 방식)이 있으며, 전자의 경우 사업화 전문기관 사업의 공공성 확보 및 초기 투자비 과다로 재원조달 문제 가능성이 있으므로 후자 방식인 민관공동법인이 보다 적합할 것으로 판단됨.

○ 법인 설림은「민법」제 32조에 근거하며, 민간자본에 의해 설립되기 때문

에 다른 설립 대안에 비해 설립에 필요한 행정적 절차가 비교적 간단하며, 자회사를 설립하여 수익사업이 가능하다는 장점도 있음. 또한 사업 추진이 정부기관의 형태보다는 비교적 용이하며, 민간이 필요로 하는 사업을 개발하여 추진이 가능함.

○ 법인 설립을 위해 초기 투자가 과다하기 때문에 수익을 보전해주지 않는 이상 현실적으로 민간 자본의 참여가 쉽지 않으며, 초기 설립이 민간부문의 재원을 통해 이루어졌다고 하더라도 지속적인 운영을 위해서는 재원이 확보되어야 하는데, 정부가 이를 지원하지 않을 경우 정부출연기관처럼 장기적으로 그리고 안정적으로 사업을 수행할 수 없다는 단점이 있음.

○ 정부가 운영비를 지원하기 위해서는 지원 근거가 법률로 명시되어야 함.

[표 422]조직형태 비교 검토-신설법인 설립(안)

구 분	주요 내용
특 징	·“민법” 제 32조에 근거하여 법인 설립 ·효과적인 사업 추진을 위한 법인형태(사단법인 또는 재단법인) 판단, 설립하여 운영 ·순수하게 민간이 담당하는 경우, 정부 또는 공공기관이 일부 출자를 하는 민관공동법인(제3섹터 방식)이 있음 ·민간이 담당하는 경우 사업의 공공성 확보 및 초기 투자비 과다로 재원조달에 문제 발생 가능성 존재. 민간자본에 의한 설립절차 비교적 간단하며, 자회사를 설립하여 수익사업 가능 ·비영리법인의 경우 원칙적으로 수익사업은 불가능하나, 본질에 반하지 않을 정도의 영리행위는 가능 ·소유주체(정부, 민간) 및 목적(영리, 비영리)에 따라 다양한 형태의 법인 설립이 가능하며, ‘민법’ 제 32조에 따라 설립 가능

라) 정부주도 비영리 법인 형태 - 정부출연기관 업무 위탁(안)

□ 법률적 타당성 및 주요 내용

○ 국토해양부 관련 국책연구원이나 산하 유관기관을 활용하는 방안으로 국토해양부에서 사업비를 확보하여 지원센터 업무를 위탁하는 방안이며, 대표적인 사례로 한국철도시설공단에서 철도산업정보센터를 운영함.

○ 전문기관의 업무를 수행할 수 있는 국토해양부 관련 국책연구기관으로 한국기계연구원, 한국철도기술연구원 등이 있음.

○ 정부출연기관에 자기부상열차 사업화 전문기관의 업무를 위탁하는 방안은 별도의 조직을 설립할 필요가 없다는 점에서 가장 손쉬운 방법이라 할 수 있으며, 무엇보다도 철도 관련 전문성이 풍부한 기존의 인력을 활용할 수 있다는 장점이 있음.

○ 정부 공공기관에 업무를 위탁하므로 전문기관 사업의 공공성이 보장되며, 수익성 사업의 경우 민간에게 위탁이 가능함.

○ 사업화 전문기관이 기존 기관의 일부로 편입되어 부속기관이 되기 때문에 자기부상열차 관련 업무 추진 시 소속 상급 기관으로부터 제약을 받게 되고, 이로 인하여 사업화 전문기관의 효과적 업무수행이 이루어지 못할 가능성이 있음.

○ 전문기관은 국토해양부로부터 예산 지원을 받아야하기 때문에 재정의 흐름이 국토해양부 → 소속 상급기관 → 전문기관이라는 중간단계를 거치게 됨. 그러나 상급기관이 관련 예산이 확보되어 있는 경우 위와 같은 절차는 축소될 수 있음.

○ 상급기관의 장은 정부로부터 지원받은 금액을 사업화 전문기관에 넘겨주는 방식을 취하게 되며, 이 경우 상급기관으로부터 행정지원을 받게 되므로 상급기관은 일반관리비의 명목으로 전체 예산의 일정 비율(예, 10%)을 징수함. 이로 인해 사업화 전문기관은 추가비용이 발생하게 됨.

○ 사업화 전문기관의 업무의 범위나 규모가 기존 기관의 규모보다 클 수가 없기 때문에 장기적으로 사업화 전문기관의 성장과 발전에 한계를 가질 수밖에 없음. 사업화 전문기관의 업무의 범위와 규모가 점차 커져서 기존 기관의 업무의 규모보다 커진다면, 결국 당초 기존 기관 설립취지가 퇴색될 수 있는 현상이 발생하게 됨. 그렇기 때문에 기존 기관 설립 취지를 유지하기 위해서 사업화 전문기관의 업무의 범위와 규모가 기존기관보다 작아야 함. 그런데, 기존 기관이 성장하지 않는다면 사업화 전문기관 또한 성장하는데 근본적인 한계를 가질 수밖에 없음.

[표 423]조직형태 비교 검토-정부출연기관 업무 위탁(안)

구 분	주요 내용
특 징	·업무 위탁을 위해서는 관련법(예. 한국철도공사법, 철도산업발전기본법 등)에 사업위탁 규정 필요 ·사업화 전문기관 업무를 수행할 수 있는 관련 국책연구기관(예. 한국기계연구원, 철도기술연구원)이나 산하 유관기관을 활용하는 방안 ·국토교통부에서 사업비 확보하여 업무 위탁하는 방안 ·별도의 조직을 설립할 필요가 없다는 점에서 가장 손쉬운 방법임 ·전문성이 풍부한 기존 인력 활용 가능 ·수익성 사업의 경우 민간에게 위탁 가능 ·사업화 전문기관이 기존 기관의 일부로 편입되는 부속기관 형태로, 업무추진 시 소속 상급 기관으로부터 제약 ·국토교통부로부터 예산 지원을 받으며, 상급기관으로부터 행정지원(국토교통부->소속 상급기관->전문기관) 받게 되므로 상급기관은 일반관리비의 명목으로 전체 예산의 일정 비율(예, 10%)을 징수함. 이로 인해 사업화 전문기관은 추가비용이 발생함

마) 민간주도 영리 법인 형태 - 민간기업 업무 위탁(안)

□ 법률적 타당성 및 주요 내용

○ 민간이 주식회사를 설립하면 정부가 민간에게 사업화 전문기관의 업무를 위탁하는 형태임. 정부는 자기부상열차 관련 사업화 전문기관의 업무 위탁 내용을 관련법(예. 한국철도공사법, 철도산업발전기본법 등)에 명시할 필요가 있음. 현재 관련법들을 개정해야 하는 절차상의 복잡함이 있어 설립의 소요시간이 길어질 수 있음.

○ 민간에게 자기부상열차 사업화 전문기관의 업무를 위탁할 경우 업무 수행에 있어서 효율성이 높아져 조기에 자기부상열차 수출 및 활성화 될 가능성이 높음. 그러나 수익성이 있는 업무만 하게 되어, 공공성을 가지는 자기부상열차 사업화 전문기관 설립의 고유의 취지를 잃게 될 가능성이 높음.

○ 정부의 재정지원이 필요하지 않기 때문에 정부의 부담이 없다는 장점이 있으며, 행정기관을 대신 한 서비스 공급자를 외부 민간기업 간 경쟁과정을 통해 선정하여 수행하도록 함으로써 정부 내에서의 독점적인 수행에 따른 서비스 질 저하를 방지할 수 있음. 그러나 정부의 민간위탁 업체의 관리·감독으로 인한 사회적 비용이 증가할 수 있으며, 만약 정부가 관리·감독을 소홀히 하면 서비스의 질 저하와 비효율성이 발생할 수 있음.

[표 424]조직형태 비교 검토-민간기업 업무 위탁(안)

구 분	주요 내용
특 징	·업무 위탁을 위해서는 관련법(예. 한국철도공사법, 철도산업발전기본법 등)에 사업위탁 규정 필요 ·민간이 주식회사를 설립하면 정부가 민간에게 사업화 전문기관 업무를 위탁하는 형태 ·정부는 사업화 전문기관 관련 사업 수행을 위한 업무 위탁내용을 관련법에 명시할 필요가 있음 ·현재 관련법을 개정해야 하는 절차상의 복잡함이 있어 설립의 소요시간이 길어질 수 있음 ·업무 수행 시 효율성이 높아져 사업화 전문기관 조기 활성화될 가능성 높음 ·정부기능 외부위탁 수행을 통해 정부의 재정지원이 필요하지 않기 때문에 정부의 재정 부담이 없음 ·서비스 공급자를 외부 민간기업 간 경쟁과정을 통해 선정함으로써 독점적 수행에 따른 서비스 질 저하 방지

바) 민간주도 비영리 법인 형태 - 연구조합 설립(안)

□ 법률적 타당성 및 주요 내용

○ 연구조합(Research Association: RA)은 연구개발과 선진기술의 도입·보급 등을 협동적으로 수행하기 위한 협동조합의 형태에서 발전한 파트너십 모

델 중 하나임.연구조합은 영국의 RA, 독일의 AIF(1954년), 일본의 광공업기술연구조합(1961년, 현. 기술연구조합), 우리나라의 산업기술연구조합(1982년) 등이 있음.

○ 영국과 일본의 연구조합은 대형 민간 공동연구 프로젝트 중심으로 운영되며, 독일은 개별 연구조합들이 비록 독립적이긴 하지만 모든 연구조합은 하나의 큰 연합회(AIF)로 조직되어 활동하고 있어 대단히 조직적인 운영체제를 갖춤. 그러나 국내의 산업기술연구조합은 연속성을 가지고 산업분야별 협회적 운영을 하고 있는 점에서 차이가 있음.

○ 산업기술연구조합은 국가혁신시스템상 산업계 차원의 기술혁신시스템 내에 상호작용을 활성화시키는 연계조직 모델로 운영되고 있음. 산업기술연구조합은 산업분야별 기술분야의 대표성을 지니고 해당 산업을 대변하는 일반단체(협회 등)의 기능과 달리 해당산업분야 중 연구개발형 기업 및 기관(대학, 연구기관 등)의 기술개발 촉진을 위한 관련 사업을 수행하는 고유한 기능을 보유함.

○ 산업기술연구조합의 형태는 비영리법인이며 산업기술연구조합육성법(특별법)에 의거 미래창조과학부 장관의 설립인가를 받는 특별법인임과 동시에 민법상 사단법인에 해당함.

○ 국내의 연구조합은 1982년 국가연구개발사업의 출범과 함께 설립되었으며, 산업기술의 연구개발과 선진 기술의 도입·보급 등을 협동적으로 수행하는 모델로 운영 중임. 산업기술연구조합의 설립 및 지원을 통해 산업기술의 향상을 통한 국가 경제 발전에 이바지하기 위한 목적으로 산업기술연구조합육성법(1986. 5. 12 제정)에 의거 설립·인가를 받고 있음.

○ 산업기술연구조합육성법에 의한 산업기술연구조합으로서 기술개발을 위한 공동연구시설을 갖추고 연구전담요원 3인 이상을 상시 확보하고 있음을 미래창조과학부 장관이 확인한 조합을 뜻함.

○ 건설교통분야는 R&D 투자규모에 비해 시장친화적인 실용화 성과가 부진하며, 개발기술의 신규시장 적용과정에서 공공기술 특성상 애로점이 상존함. R&D 성과를 실용화하고 지속적인 기술혁신을 주도할 수 있는 R&D 중간조직 형태의 기구를 설치 운영할 필요가 있으며, 연구개발사업 추진을 위해 연구 주체간 상호 보완을 주관할 주체로 산업기술연구조합 설립을 고려할 수 있음.

○ 산업기술연구조합 운영 활성화를 위해서는 국가연구개발사업 참여를 통한 재원 마련 및 산업 시장 내 역량확보 등을 통해 지속적인 운영이 가능하도록 관련 규정 개선이 필요하며, 산업계 중심의 공동활용 기술, 공통 기

초기술 등 시장 지향적 과제 발굴을 통해 실용화 가능성이 높은 국가연구개발사업 참여 기회 보장이 필요함. 또한 국가 R&D 성과를 바탕으로 기술 상용화를 달성할 수 있도록 제도적 기반마련, 정보제공 및 기술발표회 등 진행이 필요함.

[표 425]조직형태 비교 검토-연구조합 설립(안)

구 분	주요 내용
특 징	·“산업기술연구조합 육성법, 민법 제 32조”에 근거한 특별법인임과 동시에 민법상 사단법인에 해당 ·R&D 성과를 실용화하고 지속적인 기술혁신을 주도할 수 있는 R&D 중간조직 형태의 기구이며, 조합원 자격을 가진 3인 이상으로 설립하여 운영 ·연구개발사업 추진을 위해 연구 주체간 상호보완을 주관할 주체로 전문기관(연구조합 형태) 설립 ·국가연구개발사업 참여를 통한 재원 마련 및 산업시장내 역량확보 등을 통해 지속적인 운영이 가능하도록 관련 규정 개선 필요 ·산업계 중심의 공동활용 기술, 공통 기초기술 등 시장 지향적 과제 발굴을 통해 실용화 가능성이 높은 국가연구개발사업 참여 기회 보장 ·R&D 성과를 바탕으로 기술 상용화를 달성할 수 있도록 제도적 기반마련, 정보제공 및 기술발표회 등 진행

사) 법률적 타당성 결과 요약

○ 지금까지 논의된 “자기부상열차 사업화 전문기관”의 법률적 타당성 관련 조직(안)을 비교정리하면 다음과 같음.



법률적 가능(안)	기술사업화 사업단	정부산하 공공기관 신설	신설법인(사단/재단 법인)설립	정부출연기관 업무 위탁	민간기업 업무 위탁	연구조합 설립
설립 절차	계획수립->심의(예. 미래기술위원회)-> 공고 및 협약 ->사업추진	1. 정관 마련 및 기존 정관 개정 -> 2. 관련 법령 개정 -> 3. 법령 시행 -> 4. 조직 설립				
설명	• 사업단이 전문기관 업무 담당	• 관련법 근거, 정부산하 공공기관 형태로 설립 • 전문 공공기관 형태로 전체 업무를 총괄	• 민간 또는 정부와 민간이 공동으로 출자한 법인 형태로 설립	• 정부출연기관에 전문기관 업무 위탁	• 민간이 법인을 설립(협회/일반 기업 등)하여 전문기관 업무 위탁	• 조합원(산학연)을 구성원으로 하는 조합 설립
재원 조달 규정	• 사업의 존속여부에 의한 재원(국가 지원) 조달 가능	• 정부 주도 재원 조달 규정 필요	• 법인 형태에 따라 정부 주도, 민간 주도 재원 조달이 가능	• 정부출연기관 업무 위탁 시 자금 제공 규정 필요	• 민간 주도 재원 조달	• 조합원 회비 및 연구개발 분담금 • 자체수익(교육 등) • 국가연구지원사업
설립 관련법	• 국토교통부소관 연구개발사업 운영규정	• 한국철도공사법 • 철도산업발전기본법	• 민법 제32조 • 공익법인 설립·운영에 관한 법률	• 한국철도공사법 • 철도산업발전기본법	• 한국철도공사법 • 철도산업발전기본법	• 산업기술연구조합육성법
특징	• 연구개발사업에 한하여 사업단 구성 가능 • 현실적 사업단 구성 불가능	• 공기업 설립은 목적 및 규모에 의해서 구분할 수 있음. • 공기업 설립 – 관련법(한국철도공사법) 입법 추진 후 설립센터 설립 – 관련법(철도산업발전기본법 12, 13조)에 설립 근거 마련	• 비영리법인의 경우 재단법인은 출연재산 수입, 사단법인은 회비·기부금 등의 재원필요. • 주무관청 승인 기반 수익사업 가능	• 정관 및 법 개정을 통한 설립시간 소요 • 위탁 기관 선정 필요	• 정관 및 법 개정을 통한 설립시간 소요 • 위탁 기관 선정 필요	• 설립이 용이함 • 특별법인임과 동시에 사단법인 성격(민법) • 기술개발이 주업무/마케팅 등 지원이 부업무

[표 426]전문기관 설립 형태의 법률적 가능성 분석

○ 각각의 대안마다 장·단점이 있기 때문에 어떤 조직이 반드시 우수하다고 판단 내리기는 어려움.

- 정부 조직 내 편재하는 방안은 대한민국 정부라는 공신력을 가지고 국내·외 투자 유치가 매우 유리할 뿐만 아니라 정부 정책과 연계한 지원 업무의 신뢰성이 높아지지만 관료화된 정부 조직이 다른 대안에 비해 업무 추진의 효율성이 낮을 것으로 여겨짐.
- 민간 기업이 담당하는 방안은 정부조직이 가지는 약점을 보완하여 업무 추진이 효과적으로 추진할 수 있는 장점이 있지만 사업화 전문기관 업무의 공공성과 공익성과는 배치되는 단점이 있음.
- 공공기관의 설립은 장기적으로 지원 업무를 안정적인 형태로 추진할 수 있는 장점이 있지만 기관의 방만한 운영의 가능성이 있음.
- 정부출연기관에 업무 위탁하는 방안은 사업화 전문기관 설립이 가장 간편하다는 장점이 있지만 자기부상열차 사업화 전문기관 목표를 완벽하게 달성하기에 기존 정부출연기관에 따라 여러 제약이 있을 수 있다는 단점이 있음.
- 법인 설립은 다른 대안의 단점을 보완하여 추진할 수 있는 장점을 가지고 있지만, 초기 설립 재원 마련과 운영비용 마련의 어려움이 있음.

(라) 자기부상열차 전문기관 최적 설립(안) 도출

○ 자기부상열차 사업화 전문기관 최적 설립(안) 도출은 현실적 수행 가능성을 위하여 설립 단계와 운영 단계로 구분하여 최적 전문기관을 개별적으로 도출하고자 함.

○ 단계별 최적 전문기관 선정 과정은 1차 핵심성공요인 기반 정량적 분석과 2차 현실적 수행 가능성 기반 정성적 분석으로 구성됨.

1) 설립 단계 최적 전문기관 선정

가) 설립 단계 핵심성공요인 선정 및 주요 개념

○ 문헌 및 사례들을 분석한 결과 설립 단계의 전문기관은 다음과 같은 요인들을 보유해야 함을 알 수 있음.

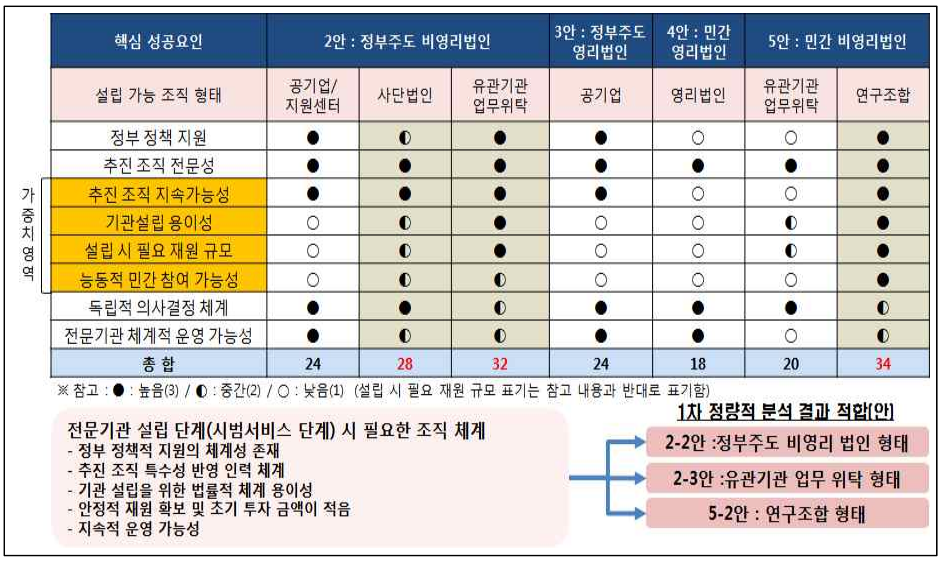
[표 427]전문기관 초기 설립 단계 핵심성공요인

요 인	내 용
정부 정책 지원	정부의 행정적, 정책적 지원의 지속성
추진 조직 인력 전문성	추진 조직의 기관 업무 및 마케팅 등 전문성 보유
추진 조직 지속가능성	일회성 프로젝트 성격이 아닌 지속적 사업 가능성
기관 설립 용이성	기관설립에 있어 필요한 법률적 체계 용이성
안정적 재원확보 가능성	지속적 사업 유지를 위한 재원 확보 가능성
설립시 필요 재원 규모	설립 시 필요한 재원 규모의 적정성
독립적 의사결정 체계	기관의 의사결정 내역이 자체적으로 정확하게 이루어지는 정도
능동적 민간 참여 가능성	민간 참여가 자발적으로 이루어지는 정도
전문기관 체계적 운영 가능성	지속적 전문기관 역할(마케팅, 핵심 업무 등)을 수행할 수 있는 정도

나) 1단계 : 정량적 분석 및 적합 전문기관(안) 도출

○ 자기부상열차 설립 단계 고려 핵심성공요인 기반 정량적 분석은 전문기관 포지셔닝맵 결과 도출된 5개의 민간-공공 지원 전문기관 설립(안) 중 법률적으로 불가능한 1안(사업단)을 제외한, 2안 정부주도 비영리법인(공기업/지원센터, 사단법인, 유관기관 업무위탁), 3안 정부주도 영리법인, 4안 민간 영리법인, 5안 민간 비영리법인(유관기관 업무 위탁, 연구조합)에 대하여 상(3점), 중(2점), 하(1점)로 정량화하여 적합한 안을 1차적으로 도출하는 것을 목적으로 함.

- 핵심성공요인 중 추진조직의 지속가능성과 기관설립 용이성, 설립 시 필요 재원 규모, 그리고 능동적 민간 참여 가능성은 전문가 의견 수렴 후 설립 시 중요도가 높다는 판단에 가중치(2배)를 부여하여 산출하였음.



[그림 927]전문기관 설립(안) 비교 : 1차 정량적 분석

○ 기술사업화 전문기관 설립 시 정부 정책지원 측면, 추진 조직의 전문성 측면, 추진 조직의 지속가능성 측면, 기관설립 용이성 측면, 설립 시 필요 재원 규모 측면, 능동적 민간 참여 가능성 측면, 독립적 의사결정 체계 측면, 전문기관 체계적 운영 가능성 측면을 검토한 결과 적합(안)은 정부주도 비영리 법인(사단법인) 형태, 유관기관 업무 위탁 형태, 그리고 연구조합 형태로 나타남.

- 연구 조합 형태가 가장 높은 점수를 받았으며, 유관기관 업무 위탁과 사단법인이 뒤를 이었음. 연구조합은 설립 가중치인 추진조직 지속가능성, 기관설립 용이성, 설립 시 필요 재원 규모, 능동적 민간참여 가능성에 대하여 높은 점수를 받아 보다 쉽게 설립하고 민간의 참여가 상대적으로 높을 수 있는 구조형태인 것으로 나타남.

다) 2단계 : 도출안의 현실가능성 분석 및 최적(안) 도출

○ 1차 정량적 분석 결과 도출된 3가지 적합(안)에 대하여 현실가능성 측면에서 정성적 분석을 통하여 최적 자기부상열차 기술사업화 전문기관 설립(안)을 제시함.

- 설립 시 현실적용 가능성에 대한 분석 기준은 법률, 사업 목적 적합성, 조직 설립 용이성, 재원 조달 방법, 관련기관(민간) 참여수준, 운영예산 확보 방안이 있음.

초기 설립 단계 : 2차 정성적 분석(현실가능성)

구분	법률	사업 목적 적합성	조직 설립 용이성	재원 조달 방법	관련기관(민간) 참여 수준	운영예산 확보 방안
2-2안. 정부주도 비영리 사단법인	•공익법인 설립/운영에 관한 법률 •민법(제32조) •정부재원 마련 시 법률 변경 필요	•적합성 : 높음 →공공기반 초기 업무 수행 →별개 조직 기반 능동적 업무 가능	•용이성 : 중간 →관련 법률 개정 필요	• 정부지원 : →법률개정 시 가능 • 자체조달 : →회비/기부금 →개별 수익 모델	•참여수준 : 중간 →사업화 가능 조직 (소규모 수익사업 가능)	• 공익 목적 사업 (교육/마케팅 등) • 기타 법률 기반 수익 사업 가능 (컨설팅 등)
2-3안. 유관기관 업무 위탁	•한국철도공사법 •철도산업발전기본법 •한국기계연구원 내부 규정에 의한 지원	•적합성 : 높음 →관련 조직 체계 활용 가능	•용이성 : 높음 →유관기관 정관 개정을 통한 조직 설립	• 정부지원 : → 1차 유관기관 예산 활용 → 2차 관련 업무 비용 정부 지원	•참여수준 : 중간 →기존 협력 민간 조직 활용 가능	• 기타 법률 기반 수익 사업 가능 (사단법인이 위탁 업무 수행)
5-2안. 연구조합	•산업기술연구조합 육성법(미래부)	•적합성 : 중간 →기술개발 주업무 →마케팅 등 지원이 부업무	•용이성 : 높음 →법률개정 필요 없음 →손쉬운 조합 설립 가능 (낮은 설립 비용)	• 정부지원 : →국가 연구용역 • 자체조달 : →조합원 회비	•참여수준 : 높음 →조합원 업무 지원 사업	• 국가연구지원사업 • 자체 수익 사업 • 조합원 지원

추가 이슈

1. 연구조합 (안) :주사업 연구개발사업 / 보조사업 : 사업화 지원일 경우 가능 → 장기적 측면에서 연구조합이 사업화 사업으로 전환을 위한 법령 개정 필요
   ※ 초기 사업화를 위한 가장 높은 현실성
1. 유관기관 업무 위탁 : 적절한 해외 철도 사업 전문 유관기관 선정 필요 (예:한국기계연구원)

설립 용이성 : 유관기관 업무위탁 / 연구조합
지속적 사업 가능성 : 사단법인

[그림 928]전문기관 설립(안) 비교 : 2차 현실가능 측면 정성적 분석

○ 정부주도 비영리 사단법인의 현실가능성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 비영리 사단법인은 공익법인 설립/운영에 관한 법률과 민법을 적용하며, 사단법인 설립 시 정부 재원 지원이 필요할 경우 법률을 변경해야하는 어려움이 있는 것으로 나타남.

- 사업목적 적합성 측면에서는 비영리 사단법인은 공공기반의 초기 업무 수행이 가능하고 별개 조직 기반의 능동적 업무를 수행할 수 있기 때문에 자기부상열차 사업이 가지고 있는 간접자본의 공공재 성격과 지속적 수익모델 발굴을 통한 국가 철도 사업의 글로벌 역량 확대를 위한 민간 기업의 성격을 함께 가질 수 있기 때문에 사업목적성 측면에서는 높은 적합성을 가지는 것으로 나타남.

- 조직설립 용이성 측면에서는 관련 법률 개정이 필요하며, 공기업 설립보다는 절차와 시간이 복잡하지 않기 때문에 중간정도의 설립 용이성을 가지는 것으로 나타남.

- 재원조달 방법은 정부지원은 관련 법률 개정시 가능하며, 자체조달의 경우 회비, 기부금, 개별 수익 모델을 보유해야 하는 것으로 나타났음.

- 관련기관(민간)의 참여수준은 사업화가 가능한 조직이나 공공 성격을 함께 가지고 있기 때문에 능동적인 수준에서 민간의 참여는 기대하기 어려움.

- 운영예산확보 방안은 공익 목적의 사업(교육, 마케팅 등)이 가능하며, 기타 법률 기반의 수익 사업은 가능한 것으로 나타남.

○ 유관기관 업무 위탁의 현실가능성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 유관기관 업무 위탁은 한국철도공사법과 철도산업발전기본법을 적용하며, 유관기관 업무 위탁 설립 시 관련 기관에서 관련 사업에 대한 비용을 가지고 있을 경우, 법률 변경은 필요 없으나, 비용에 대한 정부 지원이 필요할 경우 법률 변경이 필요함. 자기부상열차 사업의 경우 한국기계연구원, 국토교통과학기술진흥원의 예산을 기반으로 활용할 수 있기 때문에 법률 개정의 문제까지는 적용하지 않을 수 있음.

- 사업목적 적합성 측면에서는 유관기관 업무 위탁은 자기부상열차 사업을 수행하던 조직을 그대로 활용할 수 있기 때문에 공공 성격 및 사업의 수익화 방향을 알 수 있기 때문에 적합성이 높은 것으로 나타남.

- 조직설립 용이성 측면에서는 관련 유관기관의 정관 변경을 통하여 유관기관 업무 위탁 형태가 가능하기 때문에, 설립 용이성은 높은 것으로 나타남.

- 재원조달 방법은 1차적으로 유관기관의 예산을 활용하여 설립 후, 2차적으로 정부지원을 받을 수도 있기 때문에, 초기는 예산 활용, 설립 이후는 정부조달, 회비, 기부금 등으로 재원을 조달 할 수 있음.

- 관련기관(민간)의 참여수준은 기존 유관기관이 보유하던 협력 민간 조직을 활용할 수 있으나, 능동적인 수준에서 민간의 참여는 기대하기 어려움.

- 운영예산확보 방안은 공익 목적의 사업(교육, 마케팅 등)이 가능하며, 기타 법률 기반의 수익 사업은 가능한 것으로 나타남.

○ 연구조합의 현실가능성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 연구조합은 법률상 산업기술연구조합 육성법에 기반하고 있어, 미래부에서 최근 연구사업의 민간차원에서의 활성화를 위하여 만들었기 때문에 긍정적임.

- 사업목적의 적합성은 법률상 연구조합은 조합의 기술개발이 주업무이며, 조합원에 대한 마케팅 등 지원은 부차적업무임. 따라서 적합성은 중간정도의 수준인 것으로 나타남. 이러한 부분을 국가 R&D 사업의 연구조합으로 가져가기 위해서는 법률의 개정을 통한 연구조합이 기술 사업화가 가능할 수 있도록 하는 것이 필요한 시점임.

- 조직 설립 용이성 측면의 경우 법률 개정의 필요가 없으며, 가장 낮은 설립 비용으로 손쉬운 조합의 설립이 가능함

- 재원조달의 경우, 연구조합 조직은 성격 상 조합의 기술 개발 등에 대하여 정부과제를 우선적으로 부여 받을 수 있기 때문에 재원 조달이 상대적으로 쉬운 장점이 있음. 또한 초기에는 조합원의 회비로 운영이 이루어지기며 높지 않은 조합원의 회비로 참여도가 높을 수 있는 장점이 있음.

- 민간의 참여수준은 조합원들의 다양한 참여에 의해 운영이 되고, 분야별 전문들이 조합원으로 참여함. 또한 연구조합의 궁극적 목표가 조합원의 업무 지원 사업을 수행하는 것이기 때문에 조합원의 능동적으로 참여가 가능함.

- 운영예산 확보 방안은 국가 연구 지원사업, 자체 수익사업, 조합원의 지원 등으로 가능하기 때문에, 운영 예산 확보에는 큰 어려움이 없는 것으로 나타남.

○ 결과적으로 전문기관 설립 시, 가장 적합한 안은 설립 용이성 측면에서는 유관기관 업무 위탁 안과 연구조합 설립 안이 적합하고, 지속적 사업 가능성 측면에서는 유관기관 업무 위탁 안과 사단법인 설립 안이 적합한 것으로 나타남. 따라서 이를 종합할 때, 자기부상열차 사업과 연관이 있는 유관기관에 업무를 위탁하는 것이 설립 및 초기 운영에 있어서 가장 적합한 안으로 판단됨.

2) 운영 단계 최적 전문기관 선정

가) 운영 단계 핵심성공요인 선정 및 주요 개념

○ 운영 단계의 성공요인은 시범서비스 단계의 성공요인에 조직 유지 필요 재원 규모, 글로벌 환경 변화 대응, 현지 네트워킹 및 파트너십, 지속적 수익 창출 역량의 요인이 추가됨.

[표 428]전문기관 운영 단계 핵심성공요인

요 인	내 용
정부 정책 지원	정부의 행정적, 정책적 지원의 지속성
추진 조직 인력 전문성	추진 조직의 기관 업무 및 마케팅 등 전문성 보유
추진 조직 지속가능성	일회성 프로젝트 성격이 아닌 지속적 사업 가능성
안정적 재원확보 가능성	지속적 사업 유지를 위한 재원 확보 가능성
설립시 필요 재원 규모	설립 시 필요한 재원 규모의 적정성
독립적 의사결정 체계	기관의 의사결정 내역이 자체적으로 정확하게 이루어지는 정도
능동적 민간 참여 가능성	민간 참여가 자발적으로 이루어지는 정도
전문기관 체계적 운영 가능성	지속적 전문기관 역할(마케팅, 핵심 업무 등)을 수행할 수 있는 정도
조직 유지 필요 재원 규모	조직 유지에 필요한 재원 규모의 적정성
글로벌 환경 변화 대응	판매 대상 국가 환경 분석 및 변화 대응 체계 구축 정도
현지 네트워킹 및 파트너십	판매 대상 국가 네트워킹 체계 및 지속적 파트너십 정도
지속적 수익 창출 역량	전문기관 수익 창출을 위한 노력 및 체계 구축 정도

나) 1단계 : 정량적 분석 및 적합 전문기관(안) 도출

○ 자기부상열차 운영(상용화/수출) 단계 핵심성공요인 기반 정량적 분석은 전문기관 포지셔닝맵 결과 도출된 5개의 민간-공공 지원 전문기관 설립(안) 중 법률적으로 불가능한 1안(사업단)을 제외한, 2안 정부주도 비영리법인(공기업/지원센터, 사단법인, 유관기관 업무위탁), 3안 정부주도 영리법인, 4안 민간영리법인, 5안 민간 비영리법인(유관기관 업무 위탁, 연구조합)에 대하여 상(3점), 중(2점), 하(1점)로 정량화하여 적합안을 1차적으로 도출하는 것을 목적으로 함.

- 핵심성공요인 중 능동적 민간 참여 가능성, 전문기관 체계적 운영 가능성, 글로벌 환경 변화 대응성, 현지 네트워킹 및 파트너십, 그리고 지속적 수익 창출 역량은 전문가 의견 수렴 후 설립 시 중요도가 높다는 판단에 가중치(2배)를 부여하여 산출하였음.

지속적 운영 단계 : 1차 정량적 분석

핵심 성공요인	2안 : 정부주도 비영리법인			3안 : 정부주도 영리법인	4안 : 민간 영리법인	5안 : 민간 비영리법인	
설립 가능 조직 형태	공기업/지원센터	사단법인	유관기관 업무위탁	공기업	영리법인	협회	연구조합
정부 정책 지원	●	●	●	●	○	○	●
추진 조직 전문성	●	●	◐	●	●	●	●
추진 조직 지속가능성	●	●	◐	●	○	○	◐
조직 유지 필요 재원 규모	○	◐	●	○	○	●	●
안정적 재원확보	●	●	◐	●	○	○	●
독립적 의사결정 체계	●	●	◐	●	●	●	●
능동적 민간 참여 가능성 (가중치 영역)	○	◐	◐	○	●	○	●
전문기관 체계적 운영 가능성 (가중치 영역)	●	◐	◐	●	●	○	◐
글로벌 환경 변화 대응 (가중치 영역)	○	◐	◐	○	●	○	◐
현지 네트워킹 및 파트너십 (가중치 영역)	◐	●	◐	◐	●	○	◐
지속적 수익 창출 역량 (가중치 영역)	○	○	○	○	●	○	◐
총 합	32	38	32	32	40	22	39

※ 참고 : ● : 높음(3) / ◐ : 중간(2) / ○ : 낮음(1)

전문기관 운영 단계(상용화/수출 단계) 시 필요한 조직 체계 설립 단계 핵심 성공요인 이외,
- 수익창출 역량을 내부적으로 보유
- 판매 대상 국가 환경 분석 및 변화 대응의 신속성 체계 보유
- 현지 네트워킹 체계 및 지속적 파트너십 유지를 위한 체계 보유

글로벌 환경 변화 대응 : 판매 대상 국가 환경 분석 및 변화 대응 체계 구축 정도
현지 네트워킹 및 파트너십 : 판매 대상 국가 네트워킹 체계 및 지속적 파트너십 정도
지속적 수익 창출 역량 : 전문기관 수익 창출을 위한 노력 및 체계 구축 정도

1차 정량적 분석 결과 적합(안)
- 2-2안 : 사단법인
- 2-3안 : 유관기관 업무 위탁
- 4안 : 민간 영리법인
- 5-2안 : 연구조합

[그림 929]사업 운영 시 적합 전문기관(안) 비교

○ 기술사업화 전문기관 운영 시 정부 정책지원 측면, 추진 조직의 전문성 측면, 추진 조직의 지속가능성 측면, 조직 유지 필요 재원 규모 측면, 안정적 재원 확보 측면, 독립적 의사결정 체계 측면, 능동적 민간참여 가능성 측면, 전문기관 체계적 운영 가능성 측면, 글로벌 환경 변화 대응 측면, 현지 네트워킹 및 파트너십 측면, 지속적 수익 창출 역량 측면을 검토한 결과

적합(안)은 정부주도 비영리 법인(사단법인) 형태, 유관기관 업무 위탁 형태, 민간 영리 법인, 그리고 비영리 법인 + 민간 영리 법인 형태로 나타남.

- 민간 영리 법인이 가장 높은 점수를 받았으며, 사단법인과 유관기관 업무 위탁이 뒤를 이었음. 더불어 JARTS 사례인 사단법인과 영리 법인 형태로의 분할 형태 또한 좋은 안인 것으로 판단되어 추가적으로 검토함.
- 민간 영리 법인은 설립 가중치인 능동적 민간 참여 가능성, 전문기관 체계적 운영 가능성, 글로벌 환경 변화 대응, 현지 네트워킹 및 파트너십, 지속적 수익 창출 역량에 대하여 높은 점수를 받아 글로벌 환경변화에 민첩한 대응이 가능하고 수익성을 만들 수 있는 구조형태인 것으로 나타남.

다) 2단계 : 도출안의 사업 지속성 가능성 분석 및 최적(안) 도출

○ 1차 정량적 분석 결과 도출된 4가지 적합(안)에 대하여 사업 지속성 측면에서 정성적 분석을 통하여 최적 자기부상열차 기술사업화 운영 적합 전문기관(안)을 제시함.

- 기관 운영 시 사업 지속성에 대한 분석 기준은 법률, 사업 목적 적합성(사업화+공공성), 관련 기관(민간)참여 수준, 위기관리 신속성(환경 변화 대응), 현지 대응 조직 유연성, 지속적 수익 창출 역량이 있음.

지속적 운영 단계 : 2차 정성적 분석(사업의 지속성)

구분	법률	사업 목적 적합성 (사업화+공공성)	관련기관(민간) 참여 수준	위기관리 신속성 (환경 변화 대응)	현지 대응 조직 유연성	지속적 수익 창출 역량
2-2안. 정부주도 비영리 사단법인	•공익법인 설립/운영에 관한 법률 •민법(제32조) •정부재원 마련 시 법률 변경 필요	•적합성 : 중간 → 공공성 유지 →별개 조직 기반 능동적 업무 가능	•참여수준 : 중간 →사업화 가능 조직 (소규모 수익사업 가능)	•위기관리 : 중간	•현지 대응성 : 높음 →프로젝트 팀 단위 구성 가능	•수익 창출 : 중간
2-3안. 유관기관 업무 위탁	•한국철도공사법 •철도산업발전기본법 •정부재원 마련 시 법률 변경 필요	•적합성 : 중간 → 공공성 유지 →사업확대 등 지속적 사업화의 어려움	•참여수준 : 중간 →기존 협력 민간 조직 활용 가능	•위기관리 : 중간	•현지 대응성 : 중간 → 팀/부서 기반 조직 유연성 보유 어려움	•수익 창출 : 중간
4안 민간 영리 법인	•상법	•적합성 : 낮음 →공공성 낮음 개별 기업 영리 →장기적 사업 수행 어려움	•참여수준 : 중간 → 사업이 지속적으로 발생 시만 가능	•위기관리 : 높음	•현지 대응성 : 높음 →필요 시 조직 재구성 가능	•수익 창출 : 높음
5-2안. 연구조합	•산업기술연구조합 육성법(미래부)	•적합성 : 높음 **→기술개발 주업무** **→마케팅 등 지원이 부업무**	•참여수준 : 높음 →조합원 업무 지원 사업	•위기관리 : 중간	•현지 대응성 : 중간 •-> 필요시 조직 재구성 가능	•수익 창출 : 중간
복합안 사단법인+영리법인	•민법(제32조) •상법	•적합성 : 높음 → 공공성 유지 → 별개 조직 기반 능동적 업무 가능	•참여수준 : 높음 →수익사업에 대한 영리화	•위기관리 : 높음	•현지 대응성 : 높음 → 필요 시 조직 재구성 가능	•수익 창출 : 높음

추가 이슈

1. 민간 영리 법인 : 자기부상열차 사업 특성 상 공적 업무 및 역할이 존재하지만 영리법인은 업무 수행 불가능 / 장기적 관점에서의 사업이 어려움
2. 유관기관 업무 위탁 : 자발적 업무 수행/환경변화 대응어려움
3. 연구조합 : 주사업 연구개발사업 / 보조사업 : 사업화 지원일 경우 가능 → 장기적 측면에서 연구조합이 사업화 사업으로 전환을 위한 법령 개정 필요

사업 목적 적합성 : 연구조합 / 사단법인 / 사단법인+영리법인
관련기관 참여수준 : 연구조합 / 사단법인+영리법인
위기관리 : 민간영리법인 / 사단법인+영리법인

[그림 930]사업 운영 시 적합 전문기관(안) 비교 : 2차 사업 지속성 측면 정성적 분석

○ 정부주도 비영리 사단법인의 사업 지속성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 비영리 사단법인은 공익법인 설립/운영에 관한 법률과 민법을 적용하며, 사단법인 설립 시 정부 재원 지원이 필요할 경우 법률을 변경해야하는 어려움이 있는 것으로 나타남.
- 사업목적 적합성 측면에서는 비영리 사단법인은 공공기반의 업무 수행이 가능하고 별개 조직 기반의 능동적 업무를 수행할 수 있기 때문에 자기부상열차 사업이 가지고 있는 간접자본의 공공재 성격과 지속적 수익 모델 발굴을 통한 국가 철도 사업의 글로벌 역량 확대를 위한 민간 기업의 성격을 함께 가질 수 있기 때문에 사업목적성 측면에서는 좋은 편이나, 반대로 민간 기업이 아니기 때문에, 수익 사업을 지속적으로 할 수 없는 단점이 있음.
- 관련기관(민간)의 참여수준은 사업화가 가능한 조직이나 공공 성격을 함께 가지고 있기 때문에 능동적인 수준에서 민간의 참여는 기대하기 어려움.
- 위기관리 신속성(환경 변화 대응)은 법인 형태의 조직이기 때문에, 글로벌 변화에 대하여 신속히 대응하기에는 다소 어려운 점이 있음.
- 현지 대응 조직의 유연성은 사단법인이기는 하나 프로젝트 팀 단위의 구성이 가능하기 때문에, 현지 대응 조직을 만듦으로써 사업에 대응하기에는 좋은 것으로 나타남.
- 지속적 수익 창출 역량은 온전히 수익 창출을 위한 조직이 아니기 때문에, 중간 수준의 지속적 수익 창출 역량을 보유한 것으로 판단됨.

○ 유관기관 업무 위탁의 사업 지속성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 유관기관 업무 위탁은 한국철도공사법과 철도산업발전기본법을 적용하며, 유관기관 업무 위탁 설립 시 관련 기관에서 관련 사업에 대한 비용을 가지고 있을 경우, 법률 변경은 필요 없으나, 비용에 대한 정부 지원이 필요할 경우 법률 변경이 필요함. 자기부상열차 사업의 경우 한국기계연구원, 국토교통과학기술진흥원의 예산을 기반으로 활용할 수 있기 때문에 법률 개정의 문제까지는 적용하지 않을 수 있음.
- 사업목적 적합성 측면에서는 유관기관 업무 위탁은 공공성을 유지하기에는 적합한 조직이나 사업 확대 등 지속적 사업화에는 다소 어려운 점이 있기 때문에 중간정도의 수준인 것으로 나타남.
- 관련기관(민간)의 참여수준은 기존 유관기관의 협력 기업을 활용할 수 있기 때문에 높은 수준으로 나타남.

- 위기관리 신속성(환경 변화 대응)은 공공 형태의 조직이기 때문에, 글로벌 변화에 대하여 신속히 대응하기에는 다소 어려운 점이 있음.
- 현지 대응 조직의 유연성은 팀/부서 기반 조직이기 때문에 변화에 대응하는 조직의 유연성은 낮은 것으로 판단됨.
- 지속적 수익 창출 역량은 온전히 수익 창출을 위한 조직이 아니기 때문에, 중간 수준의 지속적 수익 창출 역량을 보유한 것으로 판단됨.

○ 민간 영리 법인의 사업 지속성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 민간 영리법인은 상법에 적용을 받기 때문에, 민간기업 설립에 있어서 문제가 될 것이 없음.
- 사업목적 적합성 측면에서는 민간 영리기업은 자기부상열차의 공공재적 성격을 가질 수 없는 단점과 장기적 측면에서 환경의 불확실성이 발생할 때 사업의 수행이 어렵기 때문에 적합성이 낮은 것으로 나타남.
- 관련기관(민간)의 참여수준은 민간 기업이기 때문에 협력기업을 자체적으로 조달할 수 있는 장점이 있음.
- 위기관리 신속성(환경 변화 대응)은 민간 형태의 조직이기 때문에, 글로벌 변화에 대하여 신속히 대응하기 쉬움.
- 현지 대응 조직의 유연성은 필요시 현지 조직을 재구성하거나 내부 조직을 재구성할 수 있어 유연성이 높은 것으로 판단됨.
- 지속적 수익 창출 역량은 민간 기업이므로 지속적 수익 창출 역량을 보유한 것으로 판단됨.

○ 연구조합의 사업 지속성 측면에서 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 연구조합은 산업기술연구조합육성법에 적용을 받기 때문에, R&D 성격을 가진 조합으로서 설립은 어려움은 없는 것으로 나타남.
- 사업목적 적합성 측면에서는 기술개발 업무가 주업무, 마케팅 등 지원이 부업무로서 법률 상 제시되어 있어, 자기부상열차 사업화를 지원하는 업무는 가능함.
- 관련기관(민간)의 참여수준은 조합원을 민간 및 유관기관으로 모집을 하기 위하여 다양한 법적 제도가 마련되어 있고, 민간 기업을 위한 지원사업을 주로 하기 때문에 참여 수준이 높을 것으로 판단됨.
- 위기관리 신속성(환경 변화 대응)은 조합의 성격 상 공공 부문과 민간 부문이 함께 공존하기 때문에, 민간기업보다는 신속성이 높지는 않을 것으

로 판단됨.

- 현지 대응 조직의 유연성은 필요시 현지 조직을 재구성하거나 내부 조직을 재구성할 수 있으나, 공공 조직으로의 성격을 가지게 될 것으로 나타나 중간정도로 판단됨.
- 지속적 수익 창출 역량은 공공+민간 부분이 공존하기 때문에 수익사업으로서 역할을 지속적으로 할 수 없음. 따라서 수익 창출은 중간 정도의 역량을 가지는 것으로 판단됨.

○ 사단법인과 민간기업의 복합안은 공공재적 성격의 업무를 사단법인이 보유하고, 수익 창출 가능한 비즈니스모델에 대해서는 민간 기업에게 업무를 이관하여 멀티 채널로 업무를 수행하는 것을 의미함. 사단법인과 민간기업(영리법인)의 복합안에 대한 사업 지속성 측면을 검토하면 다음과 같음.

- 법률 측면에서 사단법인은 민법, 민간영리 법인은 상법의 제재를 받게됨. 현재 일본의 철도 사업화 전문기관 중 하나인 JARTS가 사단법인이며, 이 중 컨설팅 사업을 전문으로 한 JIC가 설립되었기 때문에 타당함.
- 사업목적 적합성 측면에서는 사단법인은 공공의 업무를 주로 담당하고, 민간 영리 법인은 수익성을 창출할 수 있기 때문에 높은 적합성을 보유하고 있는 것으로 판단됨.
- 관련기관(민간)의 참여수준은 사단법인의 회원사와 민간기업의 파트너십을 최대한 활용할 수 있기 때문에 높은 수준임.
- 위기관리 신속성(환경 변화 대응)은 공공 성격의 사단법인은 정부 지원하에 환경변화를 판단하고, 민간기업 차원에서 환경 변화에 대응할 수 있기 때문에 커뮤니케이션 채널을 명확히 보유한다면 높은 위기관리 신속성을 보일 수 있음.
- 현지 대응 조직의 유연성은 민간과 공공의 협력체계를 기반으로 움직이기 때문에, 정책적 차원에서 현지 정부 및 지자체를 지원하고, 민간차원에서 현지 기업을 대응하기 때문에 유연성 또한 높은 것으로 판단됨.
- 지속적 수익 창출 역량은 민간 차원의 수익 모델을 지속적으로 발굴할 수 있을 것으로 판단됨.

○ 결과적으로 전문기관 운영 시, 가장 적합한 조직 (안)은 사업 목적의 적합성(사업화+공공성) 측면에서는 사단법인과 영리법인을 복합으로 본 안이 가장 적합한 것으로 나타났으며, 수익창출 가능성 측면에서는 민간법인 또는 사

단법인과 민간법인을 복합으로 본 안이 적합한 것으로 나타남. 따라서 이를 종합할 때, 지속적 사업화를 위한 운영 시 적합한 조직 체계는 사단법인+영리 법인 형태인 것으로 판단됨.

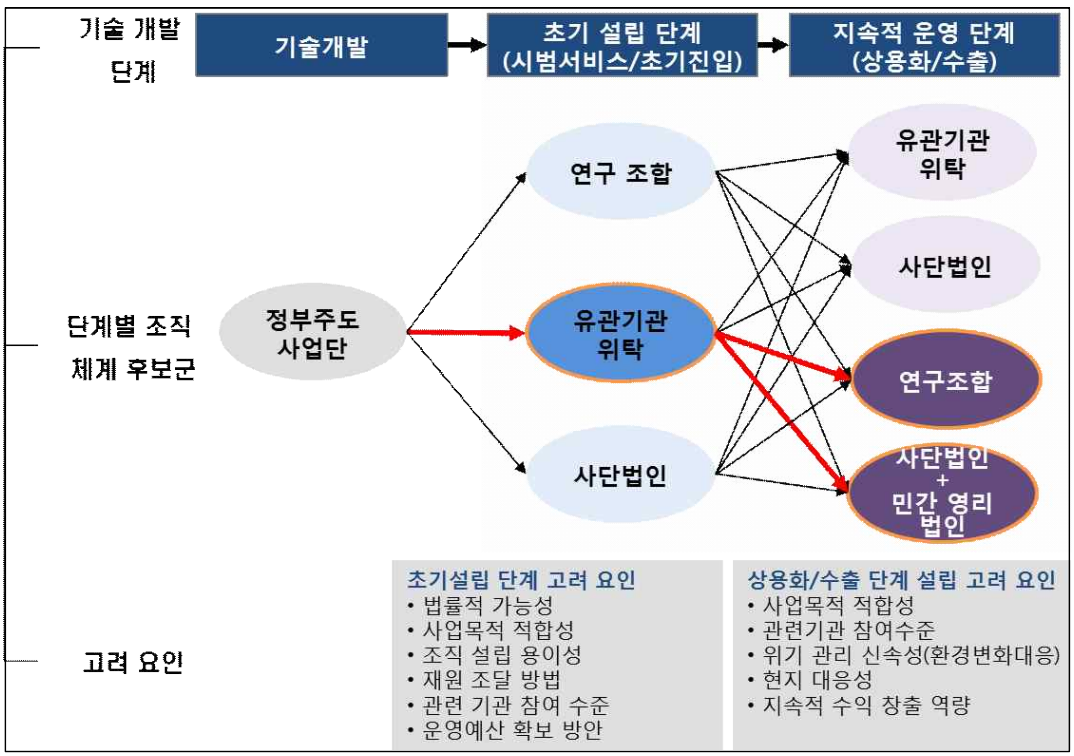
3) 단계별 전문기관 설립 최적(안) 도출

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관을 설립 단계(시범서비스/초기진입)와 지속적 운영 단계(상용화/수출 단계)별로 살펴본 결과, 다음과 같은 단계별 적합안이 도출되었음.

- 설립 단계에서 고려한 핵심 요인으로 법률적 가능성, 사업 목적 적합성, 조직 설립 용이성, 재원조달 방법, 관련 기관 참여 수준, 운영예산 확보 방안 고려함.

- 운영 단계에서 고려한 핵심 요인으로 사업목적 적합성, 관련기관 참여수준, 위기관리 신속성, 현지 대응성, 지속적 수익 창출 역량을 고려하였음.

○ 더불어 사업화 전문기관 설립을 위하여 전문가 자문, 사업단 및 진흥원 미팅, 그리고 공청회를 통하여 도출된 의견을 종합하여 제시함.



[그림 931]단계별 전문기관 설립 후보군 도출(안)

<table>
<tr><th colspan="2">초기 설립 단계 조직 구성(안) 특성</th><th colspan="2">지속적 운영 단계 조직 구성(안) 특성</th></tr>
<tr><th>유관기관 위탁</th><th>연구조합</th><th>사단법인 + 민간 영리 법인</th></tr>
<tr><td>- <u>기계연구원 산하 위탁 업무</u>를 통한 전문성 지속적 확보
- 초기 설립 재원 확보
- 법률적 문제 없음
- 사업 참여 민간기업의 모집 손쉬움</td><td>- 설립 용이
- 운영비용 적음
- 민간 참여도 높음
- 조합원 업무지원 사업을 통한 수익 사업 가능</td><td>- 설립 어려움
- 운영비용 상대적 높음
- 수익 창출 가능성 존재 시 참여도 높음
- 부가 사업 필요시 가능</td></tr>
<tr><td></td><td>- 지속적 사업화 어려움
- 현지대응성 낮음
- 위기 관리 낮음</td><td>- 지속적 사업화 손쉬움
- 현지대응성 높음
- 위기 관리 높음</td></tr>
<tr><td></td><td>- 사업 목적성 높음</td><td>- 사업 목적성 높음</td></tr>
</table>

[그림 932]단계별 최적 전문기관(안) 특성

○ 자기부상열차 사업화 전문기관에 대하여 설립 단계에서 가장 적합한 조직체계는 유관기관 업무위탁 형태인 것으로 나타남. 한국기계연구원 산하 자기부상열차 지원 팀을 초기 구축함으로써, 관련 기술에 대하여 전문성을 보유한 기관에 마케팅 및 조직 운영과 같은 추가적인 조직체계를 갖출 수 있도록 함.

- 이를 통해 조직 설립의 용이성을 가지며, 전문성을 함께 가질 수 있도록 하는 것이 보다 쉽게 설립할 수 있을 것으로 판단됨.

- 기존 자기부상열차 사업에 참여한 유관기관의 협력 민간 기업들의 참여를 유도할 수 있기 때문에 초기에 사업성을 유지하는데 도움이 될 것으로 판단됨.

- 조직 설립 및 초기 운영의 예산 확보는 유관기관이 기 보유하고 있던 활용 예산과 협력기업의 회원사로서의 회비를 기반으로 초기 운영을 할 수 있기 때문에 법률의 개정 없이 업무를 수행할 수 있다는 장점도 가짐.

- 즉, 사업성과가 장기적인 관점에서 도출되는 간접자본 성격의 사업이기 때문에, 전문성을 보유하고 필요시 조직을 변화시킬 수 있는 유관기관 산하 업무 위탁 단계가 사업화 구축단계에 바람직한 것으로 나타남.

○ 지속적 운영 단계에서 가장 적합한 조직체계는 연구조합 형태와 사단법인과 민간 영리법인을 혼합하는 형태로 나타남.

- 사단법인과 민간 영리 법인을 혼합하는 형태의 장점을 살펴보면, 초기에 유관기관 업무 위탁은 조직의 폐쇄성으로 인하여 지속적 사업 관리에 있어 어려움을 가질 수밖에 없는 구조이며, 독립적 의사결정을 하는데 어려움이 있음. 따라서 공공재적 성격의 업무들을 사단법인이 수행하고, 수익화 사업의 경우 민간 기업이 영위하도록 함으로써 사회간접자본 성격의 자기부상열차 사업에 대한 공공성과 수익성을 함께 가실 수 있도록 함. 또한 사업에 대한 환경 대응과 위기관리에 있어서도 정부 차원의 지원체계를 사단법인이 수행하고 민간 차원의 협력 및 사업 대응 체계를 민간기업이 수립함으로써 사업에 대한 멀티 채널을 보유할 수 있는 장점을 보유할 수 있을 것으로 판단됨. 공공-민간의 지속적 협력 체계 보유는 자기부상열차를 비롯한 철도 사업의 글로벌 진출에 플러스 요인이 될 수 있는 기반을 마련할 수 있음.

- 사단법인과 민간 영리 법인의 혼합 형태의 단점을 살펴보면, 설립 시 국가 지원을 받기 위해서는 상대적으로 높은 예산이 필요하기 때문에 법률 개정을 통한 사단법인 설립이 필요하기 때문에 설립이 어려운 편임. 또한 지속적 운영을 위해서는 단기 성과가 필요한데, 장기적인 측면에서의 성과가 필요하고 이에 따라 발생하는 지속적인 운영비용에 대한 부담감이 필요함.

- 연구조합 형태의 장점을 살펴보면, 자기부상열차 사업은 민간의 참여를 통한 관련 기술 및 재산권 확보, 다양한 협력 체계 유지를 통한 사업화 접근이 가장 중요함. 연구조합은 조합원 모집 시 법률적으로 관련 기관에 대한 지원체계가 제시되어 있으며, 조합원의 이익을 대변하기 때문에 모집이 용이함. 따라서 규모화를 통한 접근이 가능함. 또한 운영비용이 상대적으로 적으며, 조합원 업무 지원 사업을 통한 수익사업이 가능함. 사업 목적성 또한 공공적 성격을 함께 띄기 때문에 타당성이 높은 것으로 판단됨.

- 연구조합 형태의 단점을 살펴보면, 조합 형태의 조직이기 때문에 지속적인 사업화를 위한 체계가 사단법인보다는 떨어지고, 글로벌 사업화를 위

한 현지 대응 및 위기 관리에 대한 문제가 발생 시 빠른 해결을 위한 체계 구축이 어려움.

○ 즉, 법률적 적용 가능성과 문헌 및 사례 분석, 그리고 전문가 인터뷰 및 미팅을 통해 상용화/수출 단계에서의 고려요인들을 도출하여 살펴본 결과 연구조합 형태와 비영리 법인+민간 영리법인 형태가 최적임을 알 수 있음.

○ 연구조합과 사단법인+민간 영리법인 설립을 통한 자기부상열차 사업화 지원 전략 및 활동을 하는 것은 각각의 조직 체계의 장단점이 존재하기 때문에, 이를 고려한 조직을 설립하는 것이 필요함.

(8) 자기부상열차 전문기관 비전 및 전략

(가) 자기부상열차 전문기관 경영 전략 도출

1) 자기부상열차 전문기관 비전 및 전략

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관을 체계적 설립 및 운영을 위해서는 비전 및 목표, 전략 그리고 핵심수행과제가 하나의 방향으로 가는 것이 바람직함. 이에 본 연구는 기술사업화 전문기관의 비전 및 목표를 수립하였음.



[그림 933]자기부상열차 기술사업화 전문기관 비전 및 목표

- 자기부상열차 전문기관의 비전은 글로벌 사업화 전문기관임.

- 비전을 이행하기 위한 세부 목표는 체계적 현지 대응 시스템 구축, 글로벌 비즈니스 대응 체계 구축 지속적 사업화 지원서비스 구축임. 체계적 현지 대응을 위하여 전문기관의 조직체계를 유연성을 부여하는 것이 필요하며, 글로벌 비즈니스 대응을 위한 민간-공공의 체계를 구축하고, 사업화 전략을 수립하는 것이 필요함. 또한 지속적 사업화 지원 서비스를 지원하는 것이 필요함.

- 체계적 현지 대응 시스템 구축을 위한 수행 전략은 사업화 전문 인프라 구축과 지속적 민관 협업 시스템을 구축함으로써, 현지에 맞는 정책적 지원 및 외교적 지원, 그리고 사업화 지원을 할 수 있음. 글로벌 비즈니스 대응 체계를 구축하기 위해서 현지 대응형 유연 조직체계를 구축하는 것이 필요함. 지속적 사업화 지원 서비스를 위하여 지속가능 비즈니스 모델 수립과 사업화 전문 인력 배출이 필요함.

- 사업화 전문 인프라 구축 전략과 지속적 민관 협업 시스템 전략을 이행하기 위한 핵심 수행과제는 네트워킹 및 파트너십을 구축하는 것이며, 현지 대응형 유연 조직 체계 구축과 지속가능 비즈니스 모델 수립 전략을 이행하기 위한 핵심 수행과제는 타겟 환경 분석 및 정보수집, 현지 대응 마케팅 체계 구축, 사업화 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트를 수행하는 것임. 사업화 전문 인력 배출 전략 이행을 위한 핵심 수행과제는 전문가 양성 교육 및 지원 업무가 있음.

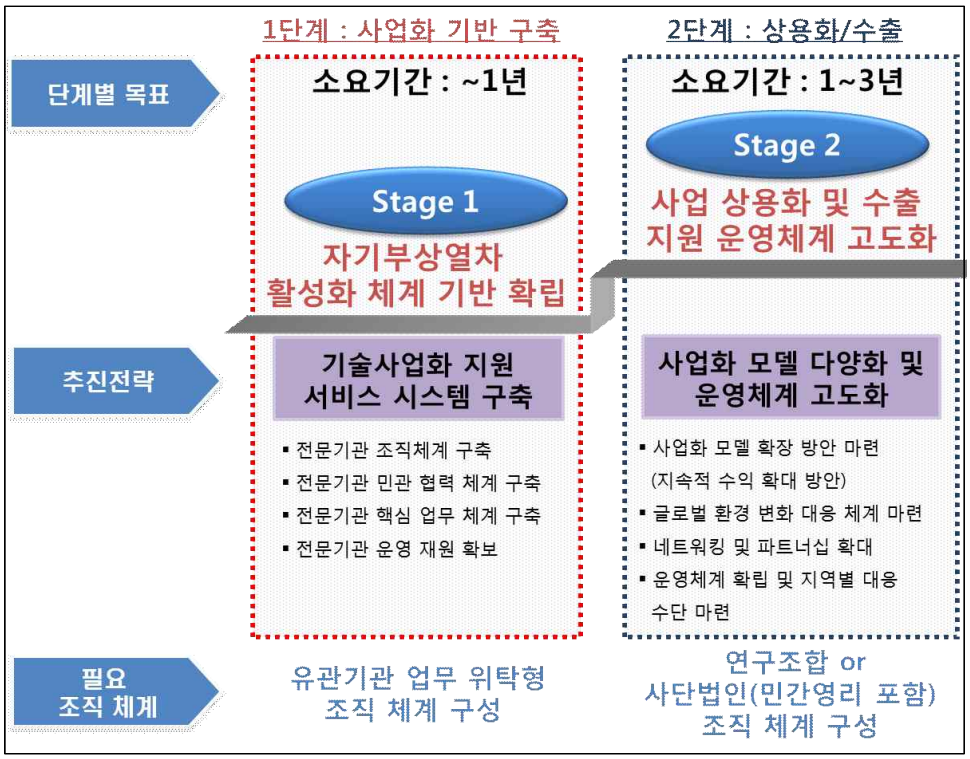
2) 전문기관 단계별 수행 목표 및 추진 전략

가) 사업화 전문기관 단계별 수행 목표

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 비전 및 목표에 대한 이행을 위해서는 단계별 수행 목표 및 추진 전략을 제시함으로서, 소규모의 조직 및 업무 수행을 통한 기반 마련 및 지속적 활성화를 위한 방안을 마련하는 것이 현실적인 접근 방안 임.

○ 전문기관의 수행 목표는 크게 2단계로 구성됨. 1단계는 시범서비스 및 초기진입 단계이며, 자기부상열차 사업화 전문기관 활성화 체계의 기반을 확립하는 것이 목표임. 2단계는 상용화 및 수출 단계이며, 자기부상열차 사업화 전문기관 사업에 대한 사업의 상용화 및 수출 지원 업무 및 운영에 있어서 체계의

고도화를 추진하는 것이 목표임.



[그림 934]자기부상열차 기술사업화 단계별 수행 목표

- 1단계 자기부상열차 활성화 체계 기반 확립 목표를 달성하기 위한 추진 전략은 기술사업화 지원 서비스 시스템 구축이 핵심이며, 전문기관 조직 체계 구축, 전문기관 민관 협력 체계 구축, 전문기관 핵심 업무 체계 구축, 전문기관 운영 재원 확보를 하는 것임.

- 1단계 추진전략을 수행하기 위한 적합 조직체계는 한국기계연구원 산하 지원팀을 구성하는 유관기관 업무 위탁형이 제시됨.

- 2단계 자기부상열차 사업 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화를 위한 추진 전략은 사업화 모델 다양화 및 운영체계 고도화를 수립하는 것이 핵심이며, 사업화 모델 확장 방안 마련(지속적 수익 확대 방안), 글로벌 환경 변화 대응 체계 마련, 네트워킹 및 파트너십 확대, 운영 체계 확립 및 지역별 대응 수단 마련을 하는 것임.

- 2단계 자기부상열차 사업 상용화 및 수축 지원 업무를 수행하기 위한 적합 조직체계는 연구조합 또는 사단법인(민간 영리 법인) 조직으로 제시됨.

나) 전문기관 단계별 추진 전략

○ 전문기관 단계별 목표를 실행하기 위한 추진 전략 및 주요 활동은 다음과 같음.

전문기관 단계별 목표	1단계 : 사업화 기반 구축을 통한 활성화 체계 기반 확립		2단계 : 사업 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화	
최적 조직 체계	- 유관기관(한국기계연구원) 업무 위탁		- 1안 : 연구조합 - 2안 : 사단법인(필요시 영리법인)	
전략	주요활동	예상 산출물	주요활동	예상 산출물
사업화 전문 인프라	• 초기 시장 진입 사업화 전문 기관 조직 체계 구축 • 업무 협력 시스템 구축 • 사업 정보화 DB 구축	• 조직 구조 • 업무 협업 시스템 • 정보 DB	• 수출 전문 사업화 조직 체계 • 협업기관간 업무 협력 시스템 • 글로벌 사업 정보화 DB 고도화	• 수출 전문 조직 구조 • 업무 협업 시스템
지속적 민관 협업 시스템	• 민관 협력 체계 네트워킹 체계 구축(위원회 등) • 초기 재원확보 및 투자 체계	• 사업화 추진 위원회 • 운영재원	• 민관 협력 고도화 시스템 구축 (의사결정/정보공유시스템 등)	• 민관 협력 시스템
현지 대응형 유연 조직 체계 구축	• 타겟 국가 기관 및 단체 네트워킹 및 파트너십 • 현지형 마케팅 시스템 구축 • 진입국가 환경 및 정보 수집	• 타겟 국가 현황 정보 • 타겟 지원 마케팅 시스템	• 타겟 국가 기관 및 단체 지속적 유지 네트워킹 전략 체계 구축 • 현지형 마케팅 지원체계 확대 • 글로벌 환경 변화 대응 시스템 구축(위기관리 등)	• 현지 네트워킹 및 마케팅 전략 • 환경 변화 시스템
지속가능 비즈니스 모델	• 초기 사업화 모델 구축	• 사업화 수익 모델	• 지속적 수익확대 전략 및 수익 모델 구축	• 사업화 수익 모델
사업화 전문 인력	• 기술사업화 분야별 전문 인력 • 기업 연계 기반 인력 활용 방안	• 분야별 인력 활용 체계	• 기술사업화 분야별 전문 인력 • 현지 사업화 교육 및 코칭 기반 인력 양성	• 교육프로그램 • 코칭프로그램 • 전문인력양성

[그림 935]자기부상열차 기술사업화 단계별 전략 및 주요 활동

○ 1단계 서비스 목표인 기술사업화 지원 서비스 시스템 구축 기반마련과 2단계 사업화 모델 다양화 및 운영체계 고도화를 위해서 5가지의 핵심 전략(사업화 전문 인프라, 지속적 민관 협업 시스템, 현지 대응형 유연조직 체계 구축, 지속가능 비즈니스 모델, 사업화 전문 인력)을 이행해야함.

- 사업화 전문 인프라 전략 이행을 위한 주요 활동으로, 1단계는 초기 시장 진입 사업화 전문기관 조직 체계 구축과 관련 유관기관과의 체계적 협력을 위한 업무 협력 시스템 구축 및 사업정화 DB 구축을 통하여 수집 정보의 체계화 활동이 필요함. 2단계는 수출 전문사업화 조직 체계 구축과 협업 기관 간 업무 협력 시스템을 구축함으로써, 수출 전문 조직 체계 및 업무 협업 시스템의 글로벌 확장을 하고, 사업 정보화 DB의 글로벌 사업

정보화까지 확장함.

- 지속적 민관 협업 시스템 전략 이행을 위한 주요 활동으로, 1단계는 민관 협력 체계 네트워킹 체계 구축(위원회 등), 초기 재원 확보 및 투자 체계를 구축하여 사업화 추진 위원회와 운영 재원을 마련함. 2단계는 민관 협력 고도화 시스템 구축(의사결정 및 정보공유 시스템 등)을 통하여 민간-공공 지원체계를 고도화를 수행함.

- 현지 대응형 유연 조직 체계 구축 전략 이행을 위한 주요 활동으로, 1단계는 타겟 국가 기관 및 단체에 대한 네트워킹 및 파트너십을 구축함으로서 지속적 사업화를 위한 기반을 마련하고, 현지형 마케팅 시스템 구축과 진입국가 환경 및 정보 수집을 함으로써, 타겟국가 현황 정보, 타겟 국가 마케팅 전략 및 전술을 확립함. 2단계는 타겟국가 기관 및 단체와의 네트워킹을 지속적으로 유지하기 위한 전략 체계를 구축하고 현지형 마케팅 지원 체계를 확대, 그리고 글로벌 환경 변화 대응 시스템 구축을 통하여 현지형 마케팅 전략 및 환경 변화 시스템을 구축함.

- 지속가능 비즈니스 모델 구축 전략 이행을 위한 주요 활동으로, 1단계는 초기 사업화 모델을 구축하고, 2단계는 지속적 수익확대 전략 및 수익 모델을 구축함.

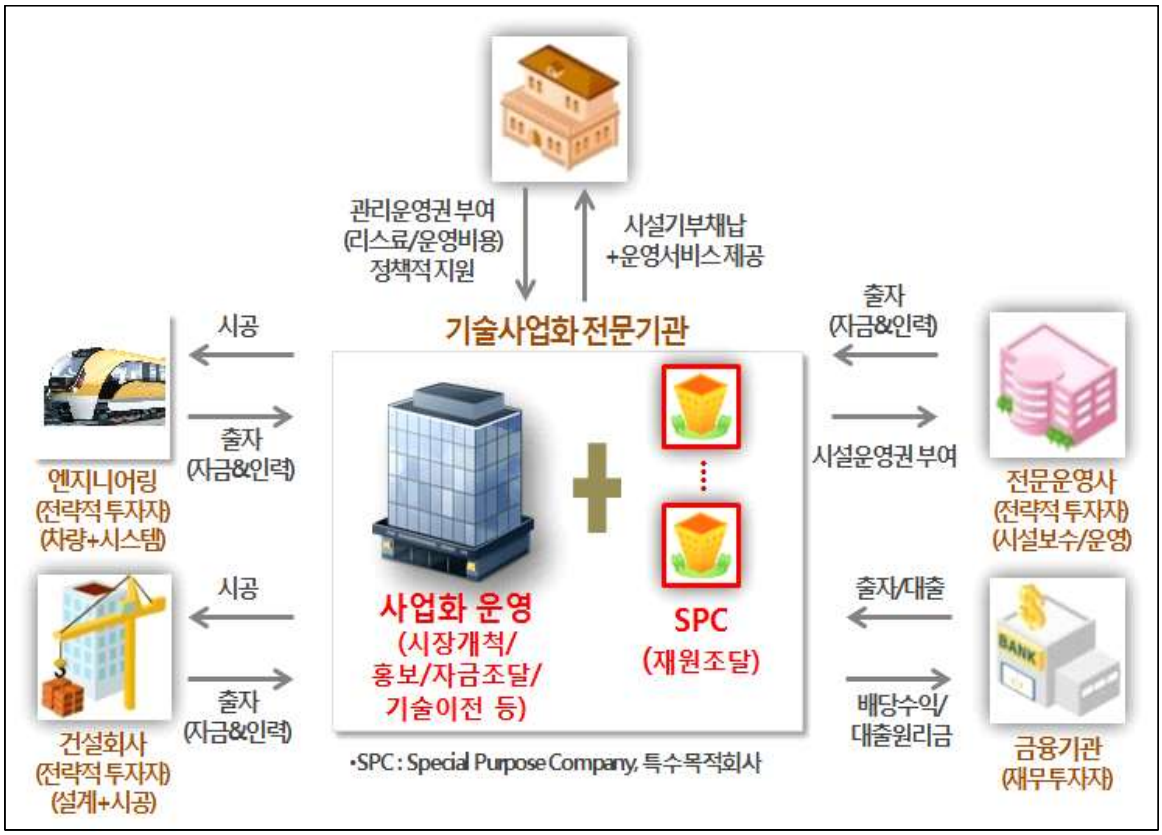
- 사업화 전문 인력 구축 전략 이행을 위한 주요 활동으로, 1단계는 기술사업화 분야별 전문 인력 확충, 기업 연계 기반 인력 활용을 통하여 분야별 인력 활용 체계를 구축하고, 2단계는 기술사업화 분야별 전문 인력 확보를 위한 현지 사업화 교육 및 코칭 기반의 인력 양성을 수행함. 이를 위하여 교육 프로그램, 코칭프로그램이 필요하며, 이에 따른 전문 인력 양성을 꾀할 수 있음.

(나) 자기부상열차 전문기관 역할 및 기능

1) 자기부상열차 사업화 전문기관 서비스 체계

가) 자기부상얼차 기술사업화 전문기관 통합 서비스 체계

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관이 수행해야할 통합 서비스는 협력 기관간의 협업 체계 및 지원 체계로 파악할 수 있으며 다음 그림과 같음.



[그림 936]기술사업화 전문기관 협력 기업 간 서비스 체계도

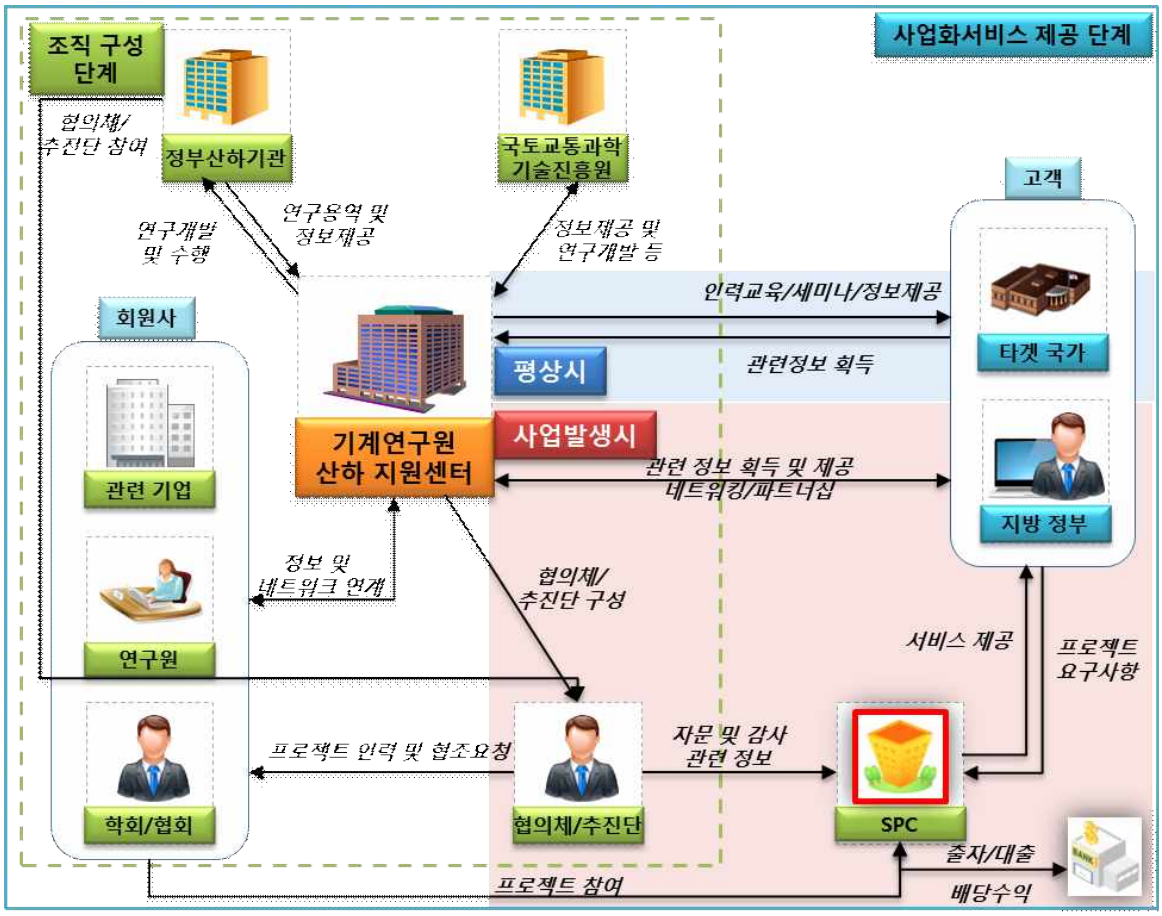
- 자기부상열차 프로젝트는 사업화 전문기관이 통합적으로 수행할 수 있는 프로젝트가 아니라, 정부, 민간 관계 기업, 금융기관 등 다양한 협력 기관과의 유기적인 협업에 의해서 성공적인 프로젝트가 가능함.
- 따라서 기술사업화 전문기관은 사업화를 위한 운영 체계 기반을 마련하는 것이 필요함. 즉 시장개척, 홍보, 자금 조달, 기술 이전 등의 공공적인 업무를 주로 담당하는 것이 바람직함.
- 만일 국외에 자기부상열차 사업 프로젝트가 발생 시, 전문기관은 SPC를 설립하며, 엔지니어링 기업, 건설회사, 전문 운영사, 금융기관을 모집함으로서, 자본, 기술, 운영에 대한 통합적 관리가 가능하도록 지원해야함. 또한 정부로부터 다양한 정책적 지원을 수 있도록 지원하는 역할을 담당하는 것이 필요함.

나) 사업화 기반 구축 단계 조직 서비스 체계도 : 유관기관 업무 위탁 조직

○ 기술사업화 전문기관의 사업화 기반 구축 단계는 한국기계연구원 산하 센터 또는 부서를 설립하여 관련 정보 수집 및 네트워크 등의 서비스를 하

는 것을 목적으로 함.

○ 전문기관의 제공 서비스 체계는 자기부상열차 프로젝트 발생 전 평상시의 서비스 체계와 프로젝트 발생 후의 서비스 체계로 구분할 수 있음.



[그림 937]사업화 기반 구축 단계 조직의 서비스 체계도 : 유관기관 업무 위탁 조직

○ 설립 단계 시 지원센터 형태의 전문기관은 정부산하기관과 국토교통과학기술진흥원과의 정책적 연계를 수행함.

- 정부산화기관과 연구개발 프로젝트 수행 등을 통한 수익을 발생시키고, 국토교통과학기술진흥원과 정보제공 및 연구 개발 등을 통해 인력 및 재원을 조달 받음.

- 또한 회원사는 관련 기업, 연구원, 그리고 학회/협회 등이 있을 수 있으며, 자기부상열차 관련 기술 개발 지원 및 타겟 국가에 대한 정보를 제공함.

○ 평상시에는 타겟 국가 또는 지자체에 대한 정보 수집, 마케팅 업무를 주로 함으로써 타겟 시장에 대한 프로젝트 시행을 위한 노력을 함.

- 타겟 시장에 대한 관련 정보를 획득하고, 인력 교육, 세미나, 국내 자기부상열차 관련 기술의 정보를 제공함으로써, 타겟 시장 관련 기업 및 정부와 지속적 네트워킹을 가지는 작업을 함.

○ 자기부상열차 관련 프로젝트 발생 시, 지원센터는 민간, 공공, 학계 복합적으로 이루어진 프로젝트 협의체 또는 추진단을 구성하여, 프로젝트 SPC를 구성하기 위한 지원을 하고, 프로젝트 협의체 또는 추진단은 자문 및 감사를 통하여 효율성 높은 프로젝트 수행을 위한 지원을 함.

- 또한 지원센터는 프로젝트 관련 정보를 지속적으로 수집하여, 관련 기업들에게 제공해줌으로써, 타겟 시장의 니즈 및 요구사항을 명확하게 판단할 수 있도록 지원하는 역할을 함.

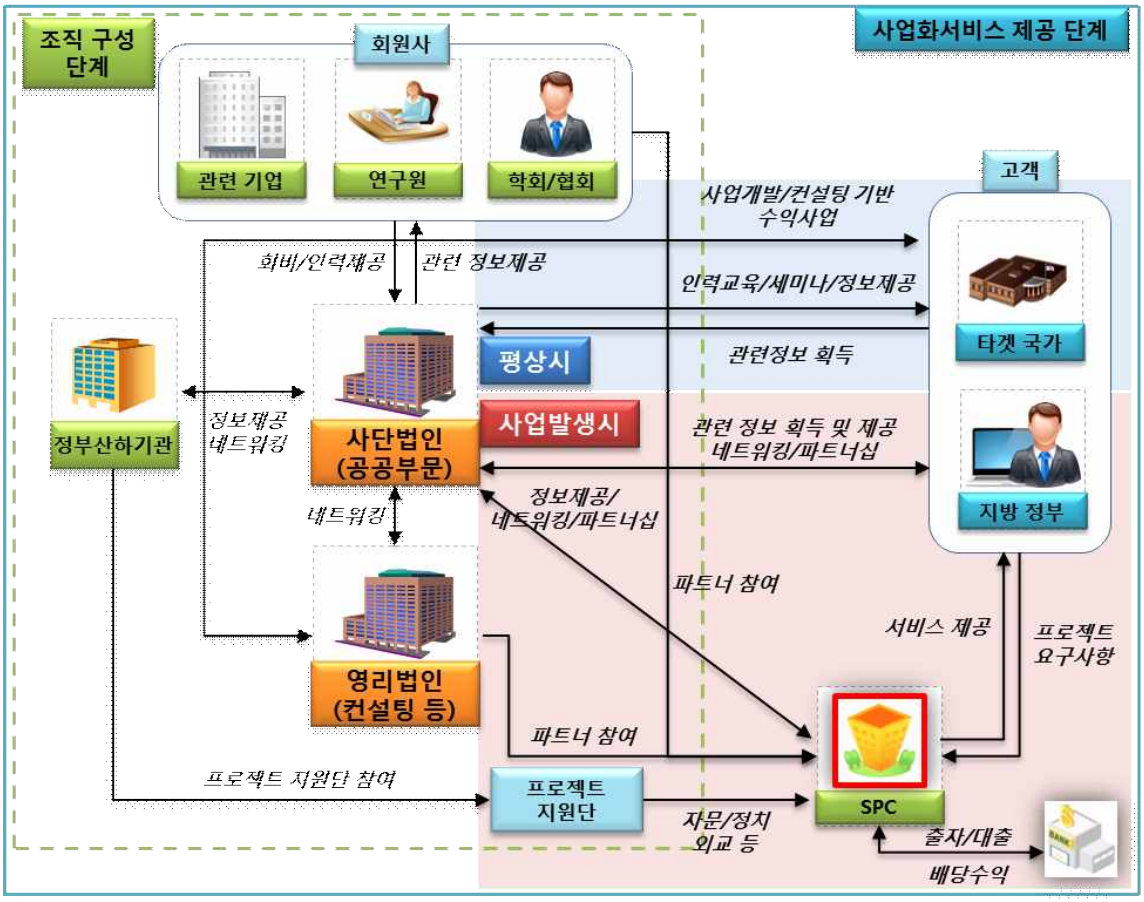
- SPC는 직접적으로 프로젝트 요구사항에 대하여 타겟 시장 관련 기업 및 정부로부터 받으며, 서비스를 제공해줌. 더불어 금융기관으로부터 출자/대출을 받음으로써 프로젝트 진행을 위한 예산을 마련함.

다) 전문기관 지속적 운영 단계 서비스 체계도

□ 사단법인 + 민간영리 법인 조직의 서비스체계도

○ 사단법인 + 민간 영리 법인 조직 기반 지속적 운영 단계는 공공부문 업무에 대해서는 사단법인, 수익 발생 업무에 대해서는 민간 영리법인을 설립하는 것으로, 전문기관의 제공 서비스 체계는 자기부상열차 프로젝트 발생 전 평상시의 서비스 체계와 프로젝트 발생 후의 서비스 체계로 구분할 수 있음.

○ 사단법인+민간영리 법인 기반 조직으로 운영 단계 시 전문기관은 정부산하기관과 정보 제공 및 네트워킹을 통한 정책적 연계를 수행함. 사단법인은 정보 수집 및 파트너십과 같은 공공부문에서 해야 할 업무를 수행하고, 영리 법인은 컨설팅 등 수익 모델에 대한 업무를 수립하기 때문에 상호간에 업무를 이행 지원 등에 대한 커뮤니케이션 채널을 보유하는 것이 필요함.



[그림 938]지속적 운영단계 서비스 체계도 : 사단법인 +영리법인

○ 회원사는 관련 기업, 연구원, 학회/협회로 이루어져 있으며, 전문기관에서 수집한 관련 정보 및 네트워킹 채널을 제공하고, 회비 및 인력 등을 제공받음.

○ 자기부상열차 프로젝트가 수행되기 전 평상시에는 사단법인은 타겟 국가 정부 및 지자체 등을 파악하고 타겟 시장에 대한 보다 상세한 정보를 수집을 함. 더불어 지속적 네트워킹 및 커뮤니케이션을 위한 인력 교육, 세미나, 자기부상열차 및 관련 회원사 정보 제공 등을 통하여 고객들과의 연계를 함. 영리법인의 경우 타겟 시장에 대한 사전 컨설팅 및 진입국가 타당성 분석 등 수익사업을 수행하기 위한 다각적 노력 및 사전 수익 사업(사업 개발, 컨설팅 등)을 수행함.

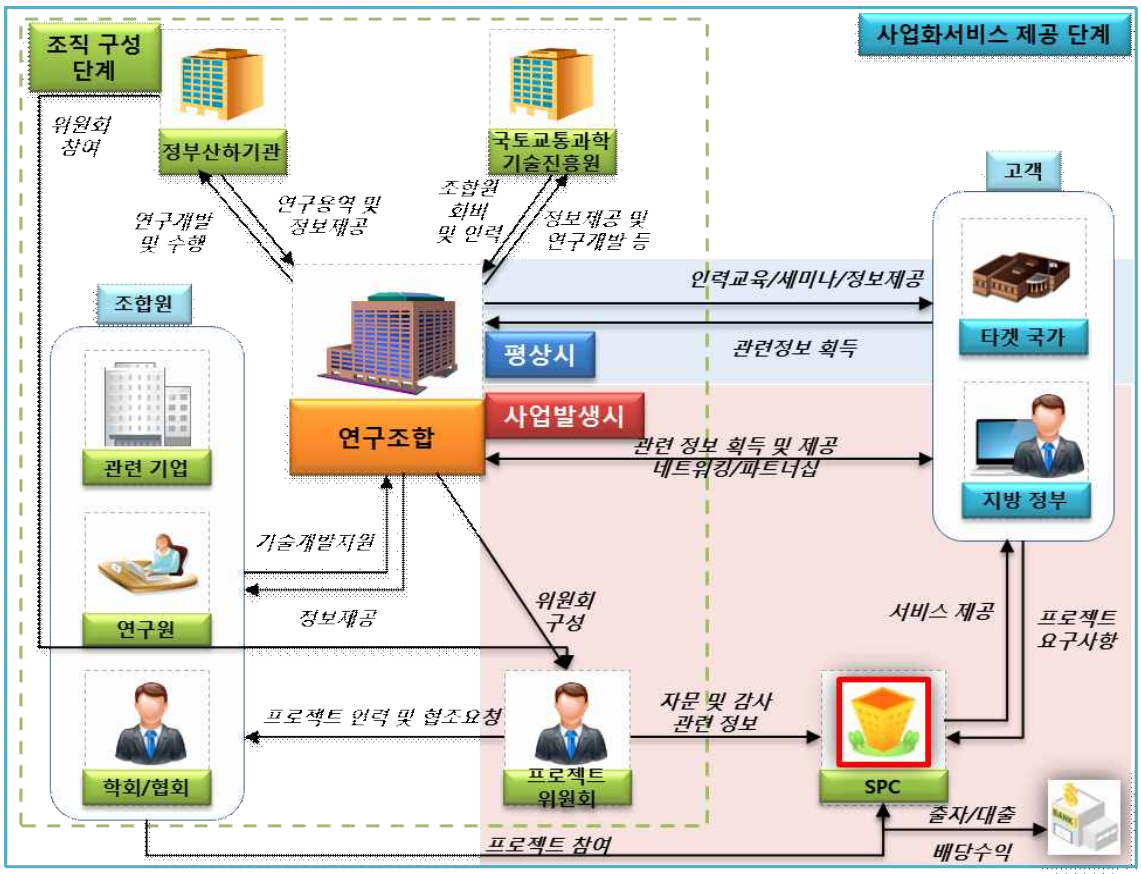
○ 자기부상열차 프로젝트 발생 시, 사단법인은 정부산하기관과 협업 하에 프로젝트 지원단을 구성함. 프로젝트 지원단은 산학연으로 구성되며, 다각적 측면에서 프로젝트 지원 및 감리 등을 통한 효과적 프로젝트 수행을 위한 지원체계를 구축함.

○ 더불어 사단법인과 민간 영리법인은 SPC를 설립하여, 파트너로서 참여를 하게 됨. 사단법인은 SPC 내에서 인력 연계 및 정책적 연계 등을 수행하며, 민간 영리 법인은 프로젝트 운영관리, 장기적으로는 시공감리까지도 가능할 것으로 판단됨. 더불어 회원사와 프로젝트를 수행하게 됨.

○ SPC 재원 조달을 위한 금융기관과의 협력체계가 중요하며, SPC는 고객의 프로젝트 요구사항에 대한 지속적 서비스를 제공함.

□ 연구조합 조직의 서비스체계도

○ 연구조합 기반의 기술사업화 전문기관의 지속적 운영 단계는 조합원에게 지속적 정보 제공 및 네트워크, 글로벌 사업화를 위한 지속적 지원체계를 갖추는 단계임.



[그림 939]지속적 운영단계 서비스 체계도 : 연구조합

○ 전문기관의 제공 서비스 체계는 자기부상열차 프로젝트 발생 전 평상시의 서비스 체계와 프로젝트 발생 후의 서비스 체계로 구분할 수 있음.

○ 연구조합 기반 지속적 운영 단계 시 전문기관은 정부산하기관과 국토교통과학기술진흥원과의 정책적 연계를 수행함.

- 정부산화기관과 연구개발 프로젝트 수행 등을 통한 수익을 발생시키고, 국토교통과학기술진흥원과 정보제공 및 연구 개발 등을 통해 인력 및 재원을 조달 받음.

- 또한 조합원은 관련 기업, 연구원, 그리고 학회/협회 등이 있을 수 있으며, 자기부상열차 관련 기술 개발 지원 및 타겟 국가에 대한 정보를 제공함.

○ 평상시에는 타겟 국가 또는 지자체에 대한 정보 수집, 마케팅 업무를 주로 함으로써 타겟 시장에 대한 프로젝트 시행을 위한 노력을 함.

- 타겟 시장에 대한 관련 정보를 획득하고, 인력 교육, 세미나, 국내 자기부상열차 관련 기술의 정보를 제공함으로써, 타겟 시장 관련 기업 및 정부와 지속적 네트워킹을 가지는 작업을 함.

○ 자기부상열차 관련 프로젝트 발생 시, 지원센터는 민간, 공공, 학계 복합적으로 이루어진 프로젝트 협의체 또는 추진단을 구성하여, 프로젝트 SPC를 구성하기 위한 지원을 하고, 프로젝트 협의체 또는 추진단은 자문 및 감사를 통하여 효율성 높은 프로젝트 수행을 위한 지원을 함.

- 또한 연구조합은 프로젝트 관련 정보를 지속적으로 수집 및 DB화하여, 관련 조합원들에게 제공해줌으로써, 타겟 시장의 니즈 및 요구사항을 명확하게 판단할 수 있도록 지원하는 역할을 함.

- SPC는 직접적으로 프로젝트 요구사항에 대하여 타겟 시장 관련 기업 및 정부로부터 받으며, 서비스를 제공해줌. 더불어 금융기관으로부터 출자/대출을 받음으로써 프로젝트 진행을 위한 예산을 마련함.

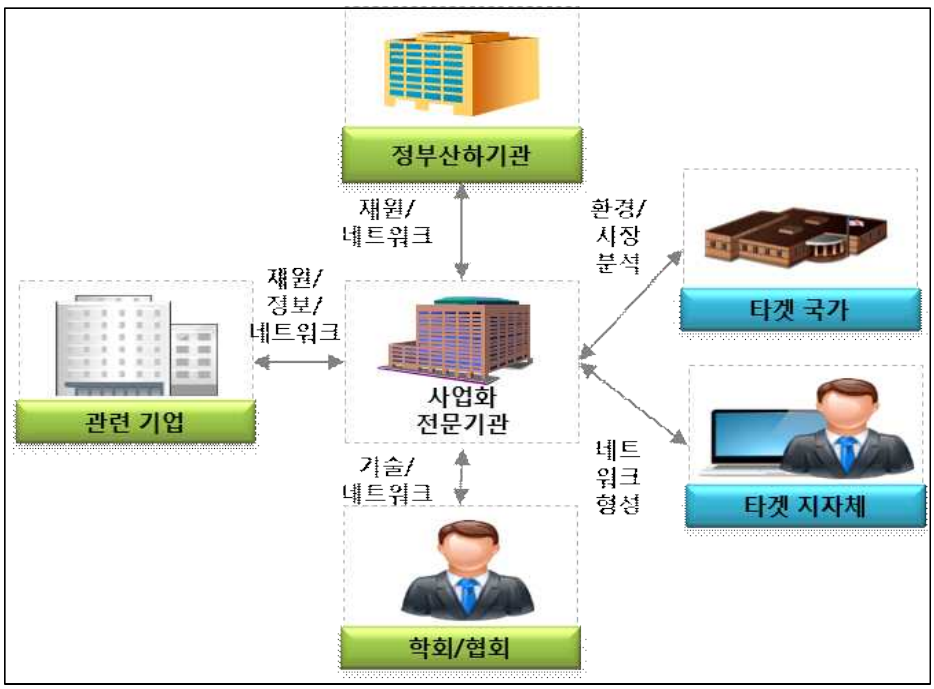
라) 프로젝트 수행 단계별 전문기관 서비스 체계도

○ 기술사업화 프로젝트 수행은 시장 분석 단계, 프로젝트 기획 단계, 프로젝트 제안 및 수행 단계로 구분이 가능함. 자기부상열차 프로젝트 수행은 조직체계마다 약간의 업무는 상이할 수 있으나, 프로젝트 수행 단계별 주요 서비스 체계는 일정함. 따라서 프로젝트 수행 단계별 전문기관이 수행해야 할 핵심 서비스를 제시함.

□ 자기부상열차 시장 분석 단계

○ 핵심 정보 및 네트워크 구축 서비스 : 자기부상열차 프로젝트 수행을 위하여 타겟 국가 및 지자체에 대한 지속적 정보 수집 및 DB화, 그리고 국내외 네트워크 수립을 통하여 프로젝트 개발을 위한 지원 업무를 하는 것이 필요함.

- 대상 국가 및 지자체 환경 시장 분석(정치, 경제, 환경, 문화 등) 및 교통 현황 분석 및 DB 구축
- 국내외 유관기관 네트워크 형성 및 파트너십
- 국내외 관련 기관 기술 교류 및 국제 컨퍼런스 등을 통한 자기부상열차 기술 홍보 및 마케팅



[그림 940]사전 시장 조사 분석 단계 전문기관 서비스 체계도

□ 자기부상열차 프로젝트 기획 단계

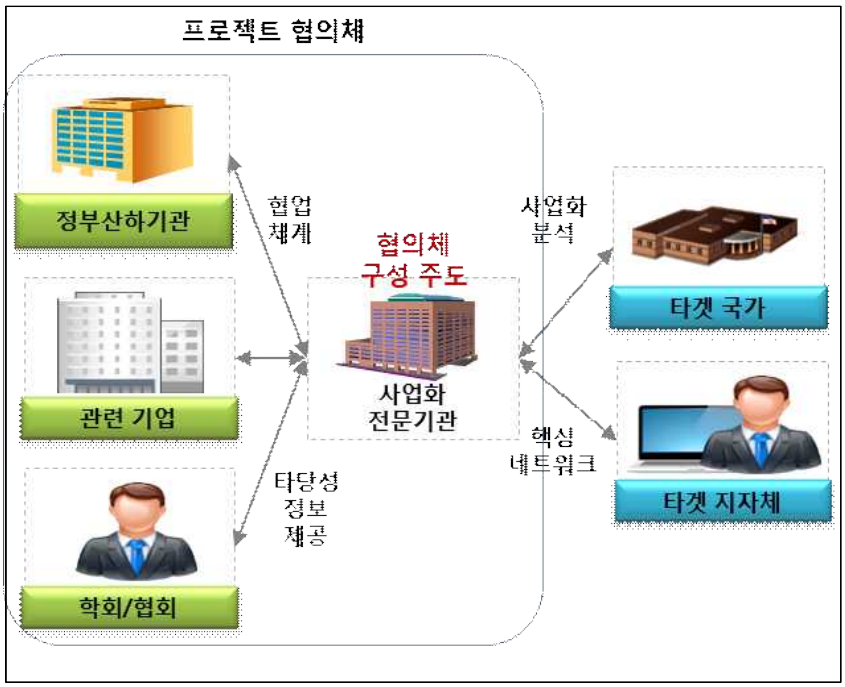
○ 프로젝트 협의체 구성 및 프로젝트 기획 주도 : 자기부상열차 프로젝트 기획을 위한 타겟 국가와의 지속적 네트워크와 국내 사업 추진을 위한 프로젝트 협의체 구성을 통한 사업 진행의 통합적 접근을 수행하는 것이 필요함.

- 타겟 시장 마케팅 (홍보/ 프로모션)

- 프로젝트 타당성 및 경제성 분석

- 국내 프로젝트 수행 협의체 구성 및 기획 주도

- 타겟 국가 및 지자체 관련 네트워크 형성



[그림 941]프로젝트 기획 단계 전문기관 서비스 체계도

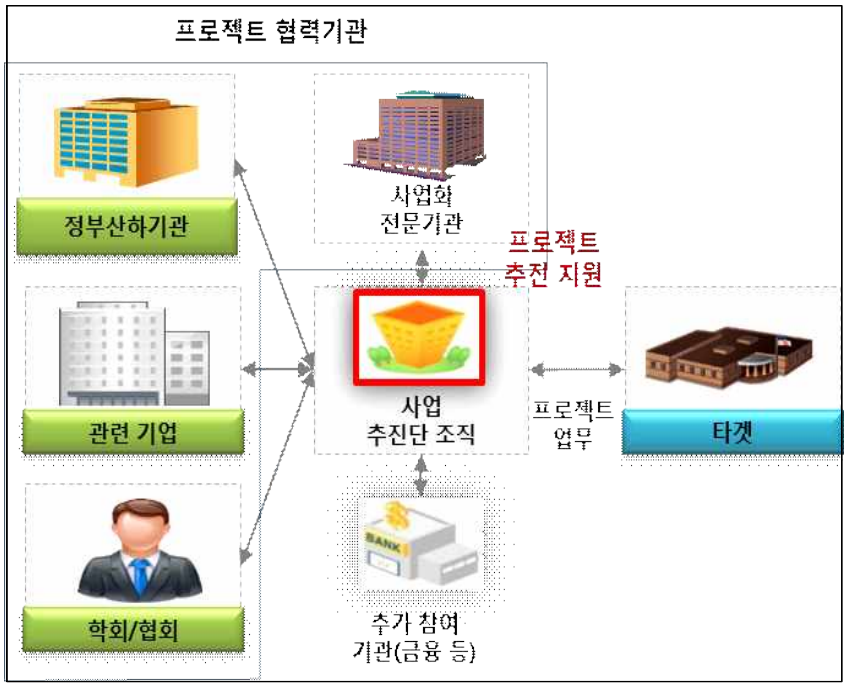
□ 자기부상열차 프로젝트 제안 및 수행 단계

○ 프로젝트 추진단/협업체계 구축 지원 : 자기부상열차 프로젝트 제안 및 사업 수주를 위한 타겟 국가와의 지속적 네트워크와 국내 사업 추진을 위한 프로젝트 추진단 구성 시 직 간접적인 지원을 통한 사업 진행의 통합적 접근 및 수주를 목표로 함.

- 국내 관련 기관(정부, 유관기관, 민간기관 등) 연계 추진단 구성 지원

- 사업 컨설팅 및 자문(사업 계획 및 타당성/경제성 결과 제공 등)

- 프로젝트 수행 지원

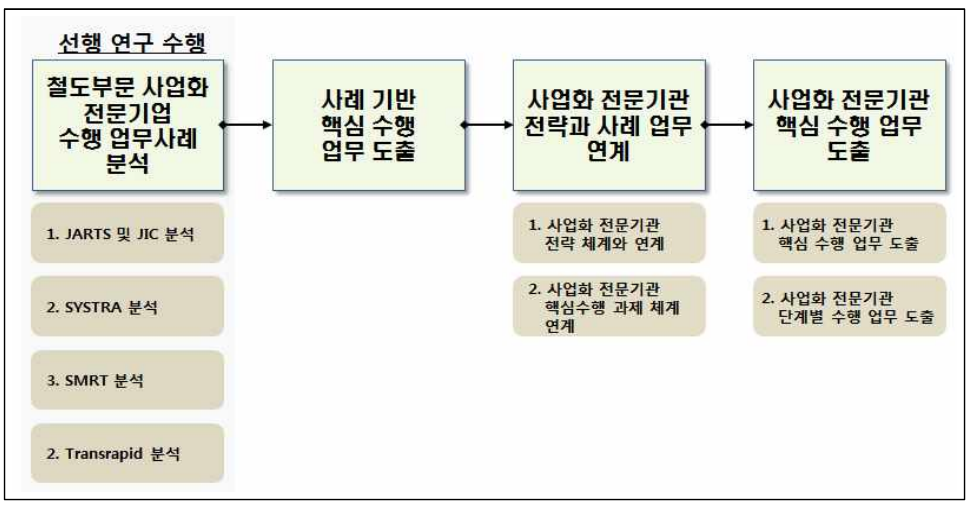


[그림 942]프로젝트 기획 단계 전문기관 서비스 체계도

2) 기술사업화 전문기관 핵심 수행 업무 도출

가) 기술사업화 전문기관 핵심 수행 업무 도출 Framework

○ 기술사업화 전문기관의 핵심 수행 업무 도출은 선행연구로 수행한 철도부문 사업화 전문기업의 수행 업무 사례를 분석함으로써 핵심 수행업무를 도출함. 더불어 사업화 전문기관 전략 및 수행 과제와 연계함으로써, 단계별 수행 업무를 도출함.



[그림 943]핵심 수행업무 도출 Framework

나) Rail 부문 사례 기반 핵심 수행 업무 도출

□ 글로벌 철도 사업화 전문기관 핵심 수행 업무 분석

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 업무 도출을 위하여 글로벌 철도 사업화 전문기관들이 수행하고 있는 관련 업무를 분석하여, 자기부상열차 기관 업무 도출을 위한 기본 자료로 활용함.

- Rail 부분 사업화 전문기관 및 글로벌 사업화를 수행하는 기관(JARTS, SYSTRA, SMRT, Transrapid)이 수행한 과제에 대한 상세 분석을 선행연구를 통해서 수행하였음.

○ 선행 연구를 통해 도출된 수행 업무 내역은 다음과 같음.

구분		JARTS (초기)	JARTS +JIC (현재)	SYSTRA	싱가포르	Transrapid
정보 수집	진입국가 환경 분석 (정치, 경제, 문화, 사회 등)	√	√	√	√	√
마케팅 체계	사업 Targeting	√	√	√	√	√
	홍보 및 프로모션	√	√	√	√	√
네트워킹 구축	국내 관련 기관 네트워킹 (기술, 마케팅, 정책 기관 등)	√	√	√	√	√
	타겟 국가 기관 및 단체	√	√	√	√	√
사업 개발 및 컨설팅	진입국가 사업 타당성 분석	√	√	√	√	√
	마스터 플랜 수립		√	√		
	사업 개발 및 운영 컨설팅		√	√	√	√
프로젝트 매니지먼트	SPC 등 프로젝트 체계 구성			√	√	√
	프로젝트 운영 관리			√	√	√
	설계 및 시공 감리, 검사			√	√	√
사업 운영	사업 운영 및 관리			√	√	
경영자문 및 기타 활동	철도 경영 자문	√	√	√		
	전문가 양성 교육	√	√			

[그림 944]Rail 분야 전문기관 사업화 주요 업무 체계

○ 도출된 주요 업무는 크게 7개로 구성되며, 정보 수집, 마케팅 체계, 네트워킹 구축, 사업 개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 사업 운영, 경영자문 및 기타 활동으로 구성됨.

- 정보 수집은 진입국가에 대한 환경 분석(정치, 경제, 문화, 사회 등)을 수행하여, 회원사 및 관련 기관에 정보를 제공함으로써, 프로젝트 수행을 위한 사전적 활용 정보로 활용할 수 있도록 지원함.

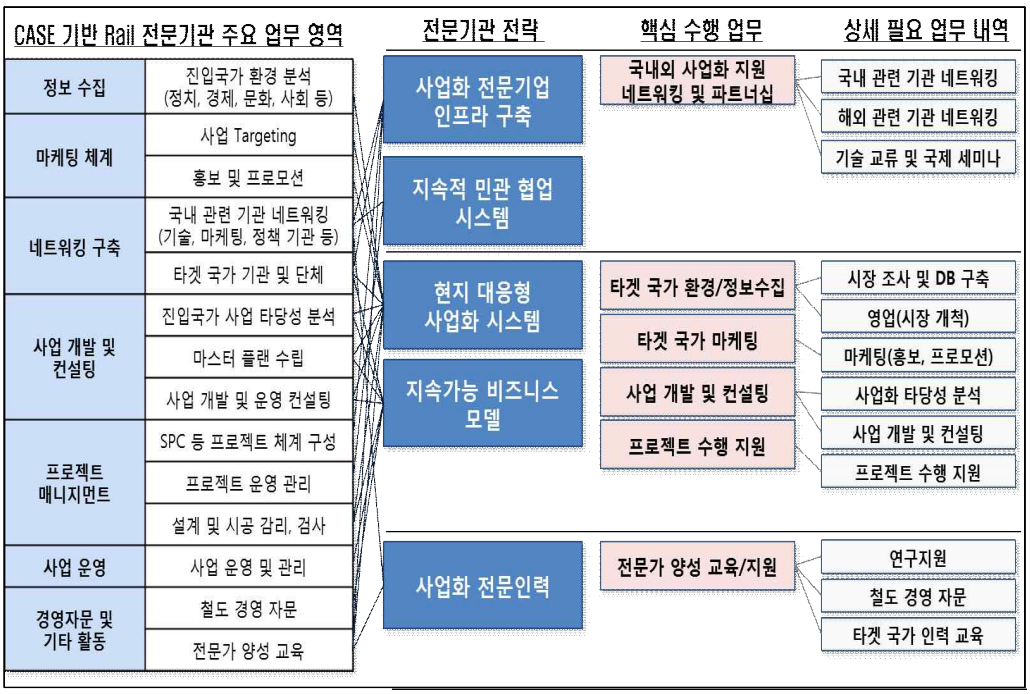
- 마케팅 체계는 사업 타겟팅과 홍보 및 프로모션으로 타겟 시장에 대한 부

분이 결정되면 관련 시장에 대한 홍보 및 마케팅을 수행함

- 네트워킹 구축은 효율적 사업화 및 전문기관 운영을 위한 국내 관련 기관과의 네트워킹을 수행하며, 국외 타겟 국가 기관 및 단체, 정부와 지속적 유대관계를 수립함으로써, 프로젝트 수주를 위한 기반을 마련함.
- 사업 개발 및 컨설팅은 진입국가 사업 타당성 분석과 철도 분야에 대한 국가 또는 지자체의 마스터 플랜 수립, 사업 개발 및 운영에 대한 컨설팅을 수행함으로써, 프로젝트 개발을 위한 사전적 작업을 수행함.
- 프로젝트 매니지먼트는 SPC 등 프로젝트 체계를 구성하고, 프로젝트 운영관리, 설계 및 시공 감리, 검사를 통해 프로젝트 진행 과정에서 다양한 지원을 함.
- 사업 운영은 건설된 철도에 대한 사업 운영권을 가져와서 직접 사업을 운영 및 관리함.
- 경영 자문 및 기타 활동은 철도 경영 자문 및 전문가 양성교육을 통한 장기적 측면에서의 철도 부문 활성화를 위한 노력을 하고 있는 것으로 나타남.

□ 자기부상열차 사업화 전문기관 핵심 수행 업무 도출

○ 사례 기반 철도 부분 전문기관의 주요 업무에 대하여 본 연구에서 수립한 전문기관의 전략과 핵심 수행 업무와의 연계성을 제시하였으며, 수행 가능 상세 업무 내역을 제시하였음.



[그림 945]기술사업화 핵심 수행 업무 도출

○ 사업화 전문기업 인프라 구축 전략과 연계되는 전문기관의 업무 영역은 국내 관련 기관 네트워킹, 타겟 국가 기관 및 단체 네트워킹, SPC 등 체계 구축, 전문가 양성 교육과 관계됨.

○ 지속적 민관 협업시스템과 연계되는 전문기관의 업무 영역은 국내 관련 기관 네트워킹과 관계됨.

○ 현지 대응형 사업화 시스템과 연계되는 전문기관의 업무 영역은 진입국가 환경 분석, 사업 타겟팅, 홍보 및 프로모션, 타겟 국가 기관 및 단체 네트워킹, 진입국가 사업 타당성 분석과 관계됨.

○ 지속가능 비즈니스 모델과 연계되는 전문기관의 업무 영역은 진입국가 사업 타당성 분석, 사업개발 및 컨설팅, 프로젝트 수행 지원과 관계됨.

○ 사업화 전문 인력의 경우, 국내 관련 기관 네트워킹과 전문가 양성 교육, 연구지원과 관계됨.

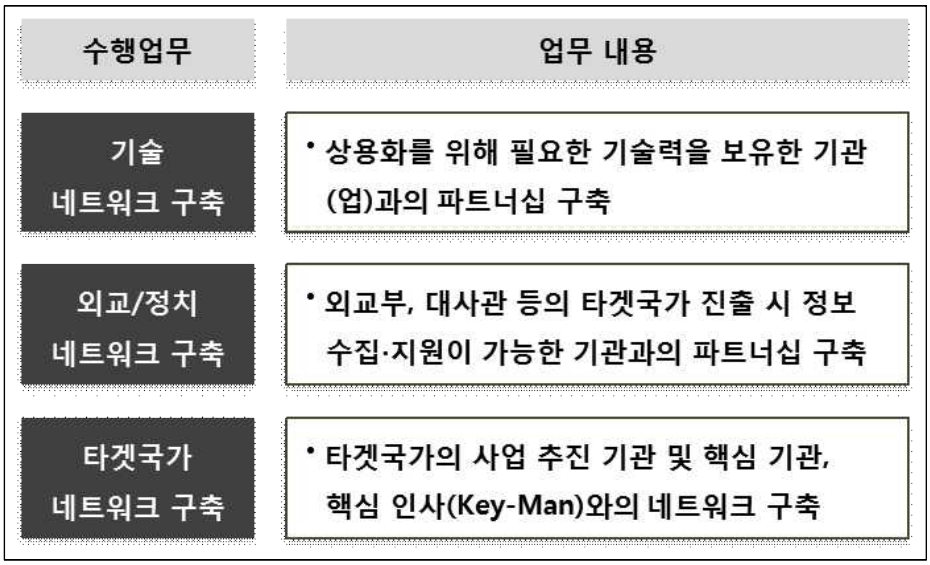
다) 자기부상열차 기술사업화 전문기관 수행업무 주요 내용

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행 업무(국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십, 타겟 국가 환경 및 정보수집, 타겟 국가 마케팅, 사업개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 전문가양성 교육 및 지원)에 대하여 상세 업무 내역을 도출하였음.

□ 네트워킹 및 파트너십

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행과제 중 네트워킹 및 파트너십은 자기부상열차 상용화 기반 구축 및 산학연 전문가들의 체계적 지원을 위한 커뮤니케이션 기반을 구축하기 위하여 수행함. 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 연계된 전략은 사업화 전문 인프라 구축, 지속적 민관 협업 시스템임.

○ 네트워킹 및 파트너십의 주요 내용은 상용화를 위한 기술 네트워킹 구축, 외교/정치 네트워크 구축, 타겟 국가 네트워크 구축이 있음.



[그림 946]네트워킹 및 파트너십 주요 내용

① 네트워킹 및 파트너십 대상 기관

○ 자기부상열차 사업화를 위한 네트워킹 및 파트너십 구축은 관련 기술 네트워크 및 파트너십 구축, 외교, 정치적인 측면에서 네트워크 구축, 그리고 타겟 국가에 대한 네트워크 구축이 필요함.

- 자기부상열차 관련 기술 네트워크 및 파트너십 구축은 기술 개발 시 사업단에서 구축한 네트워크 및 파트너십을 활용하는 것이 타당함.

- 그 외 외교 정치적 네트워킹과 타겟 국가 네트워킹을 수립하기 위해서는 관련 국가 및 지자체에 대한 네트워킹을 보유하고 지속적 설명회 등을 수행함으로써 관심이 있는 사업자들을 유지하고 있는 기관과의 네트워킹이 우선적으로 적용되어야 함.

- 다음은 국내 기업이 해외에 진출하기 위하여 대표적으로 활용하고 있는 기관이며, 글로벌 지원 활동 및 관계되어 있는 부서에 대한 연락처를 첨부함.

[표 429]국내 네트워킹 파트너 대상 기관

기관명	기관 주요 특성 및 수행 업무
KOTRA	- 세계 시장 진출 전략, 주요국 진출 전략 등 수립 - 주요 유망 프로젝트 진행 지원 - 해외 투자 진출 전략 설명회 개최 ※ 핵심 부서 : KOTRA 해외투자지원단 : Tel (02) 3460-7357 자원건설플랜트 팀 : Tel (02) 3460-7762
중소기업진흥공단	- 해외 투자 인센티브 및 투자 환경 설명회 개최 ※ 핵심 부서 :글로벌사업팀 : Tel (02)769-6859
한국무역보험공사	- 중장기성 수출 보험 설명회, 프로젝트 파이낸싱 설명회, 해외 건설 자금 조달방안 설명회 등 개최 지원 ※ 핵심 부서 : 투자개발부 : (02) 399-5786
한국수출입은행	- 해외진출 유망국가의 정치 경제 등 주요 이슈에 대한 지역 연구회 운영 ※ 핵심 부서 : 해외진출컨설팅센터 : (02) 3779-6100
한국 무역 협회	- 해외 진출 유망 프로젝트 설명회 개최 ※ 핵심 부서 : 해외진출컨설팅센터 : (02)6000-5306
대한 상공회의소	- 주요 지역별 투자설명회 개최 ※ 핵심 부서 : 국제본부 : (02)6050-3545
전국경제인연합회	- 전경련 경제협력위원회 보유 및 활동 ※ 핵심 부서 : 국제본부 : (02)3771-0347

출처 : KOTRA(2011), 2011해외진출 종합가이드

○ 전문기관 설립 후 우선적으로 타겟 국가 및 국내외 정치적 외교적 네트워킹 체계를 수립하기 위해서는 관련 기관 및 기관에 소속되어 있는 협력업체, 그리고 국내 기업들까지도 유기적으로 연계하는 활동이 필요함.

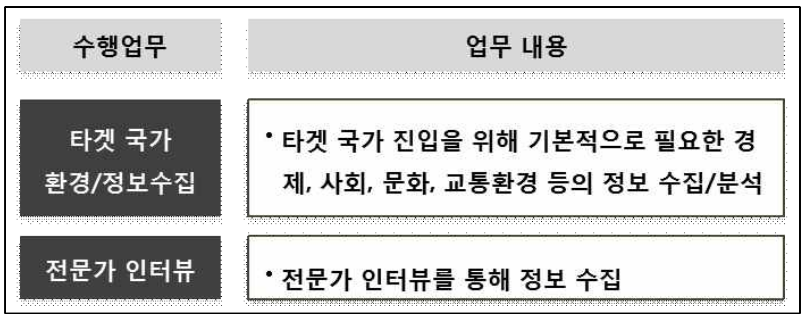
○ 이를 통해 타겟 국가에서 필요로 하는 지원체계 및 접근 전략을 수립할 수 있음.

□ 타겟 국가 환경 및 정보 수집

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행과제 중 타겟 국가 환경 및 정보 수집의 목적은 프로젝트 진행을 위한 사전 환경 정보를 수집 및 정보 공유를 위함임. 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 연계된 전략은 현지 대응형 사업화 시스템 및 지속가능 비즈니스 모델 개발임.

○ 타겟 국가 환경 및 정보 수집은 위한 문헌 기반의 환경/정보 수집 및 전문

가 인터뷰 기반 상세 정보 수집이 가능하며, 수요자 니즈 반영 능력, 경제 수준 및 SOC 산업 수행 능력, 운송 및 수송 능력, 시장 진입 능력, 기술 수준 유지 및 건설 보수 능력 등에 대한 세부 지표에 대한 상세 분석이 필요함.



[그림 947]타겟 국가 한경 및 정보 수집 주요 내용

① 타겟 국가 주요 정보 수집 대상

○ 타겟 국가에 대한 중요 환경정보 수집은 자기부상열차의 필요성을 찾기 위한 첫 단계이기 때문에 매우 중요함.

○ 다음은 타겟 국가에 대한 주요 수집 정보에 대한 체크리스트 임.

○ 크게 지형 및 환경적 정보를 통해서 인구 이동 현황 및 도시별 지형 및 특이성을 산출하고, 주변 인프라 환경과의 연계를 통해 철도가 진입할 수 있는 기본환경을 분석함.

○ 둘째, 사회 문화적 환경 분석으로, 정치적, 종교적 유의사항과 교통 특성, 문화적 특성, 그리고 국가의 외부 개방성을 분석함으로써, 진입가능성을 판단함.

○ 셋째, 정책 및 제도적 타당성을 분석함. 국가 경제력 및 산업 지원 구조에 대한 분석과 철도 관련 행정 기관 및 운영 현황을 분석하고 철도 관련 현황 및 정책 분석 및 신도시 정책도 함께 분석함.

[표 430]타겟 국가 주요 수집 정보

항목	내용	설명
지형 · 환경적	지역별 인구밀도	관광지, 도심 등 주요 인구 및 유동인구 밀집지역
	지형 및 기후특성	도시별 지형 및 기후 특이성
	주변 인프라 환경 및 국가 행사	공항 및 신도시 도입예정 사항 월드컵 및 올림픽 등 범국가적 행사 개최 준비사항
사회 · 문화적	정치·종교적 특성	정치 및 종교에 따른 유의사항
	교통 특성	주요 도시와 해당 도시에 고착화된 주요 교통수단 및 그 특성
	문화적 특성	국가별로 특징적인 사회 문화 특성
	국가의 외부 개방성	관세협정 여부 SOC 산업 도입 여부 국내외 기업 및 기관과의 거래실적, 외부 기술에 대한 도입의지 공동연구사항 등
정책 · 제도적	국가 경제력 및 산업지원구조	개인 또는 기업의 경제·산업 참여정도 및 국가지원정도 SOC 산업 투자지원규모 교통산업 투자지원규모 등
	철도관련 행정기관 및 운영 현황	철도 시설 및 철도 사용 구간, 철도 운영 빈도 철도 운영지원 정부구조 및 관련기관 관련 법·제도·규정 등
	철도 관련 현황 및 정책	한국 철도와의 차이점(이용방법, 규칙, 편이성 등)
	항공 및 신도시 관련 정책	공항에서 도심으로 이동하는 주요 교통수단, 불편·애로사항 및 선진사례

출처 : BNI(2013)

○ 타겟 국가 주요 환경 분석은 국가 및 지자체 등 복수의 관련 지역에 대한 분석을 통해서 소수의 집중 국가 및 지자체를 도출하여, 마케팅 전략을 수립하는 것이 타당함.

○ 따라서 개별적 타겟 정보 수집 및 분석이 아닌 상대적 비교를 통한 접근 방식이 타당함. 즉 다음의 타겟 국가 주요 수집 정보 분석 Tool을 적용하여 상대적 장단점 분석을 통한 접근을 하는 것이 필요함.

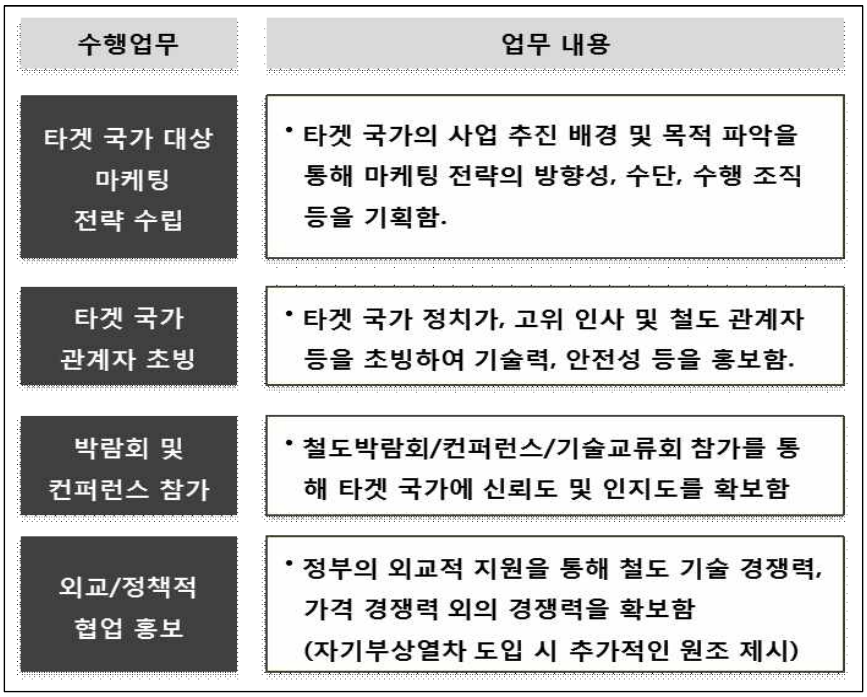
[표 431]타겟 국가 주요 수집 정보 분석 Tool

항목		① 국가 1	② 국가 2	③ 국가 3	④ 국가 4
지형・환경	타깃 도시				
	지형 / 기후 특성				
	지역 / 국가 특수				
사회・문화	정치 / 종교 특성				
	교통 특성				
	문화 특성				
	외부 개방성				
정책・제도	국가 경제 / 산업 지원 구조				
	철도행정기관/운영현황				
	철도현황/정책				
추가 특수 사항	공항 등 관련 시설 등				
국가별 진입전략					

□ 타겟 국가 마케팅

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행과제 중 타겟 국가 마케팅의 목적은 타겟 국가 시장 진입을 위해 사업 추진 배경 및 목적에 대해 파악하고, 이를 마케팅 전략, 방향성에 반영하기 위함임. 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 연계된 전략은 현지 대응형 사업화 시스템 및 지속가능 비즈니스 모델 개발임.

○ 타겟 국가 마케팅 수행은 타겟 국가 마케팅 전략 수립, 타겟 국가 관계자 초빙, 박람회 및 컨퍼런스 참가, 외교/정책적 협업 홍보가 있음.



[그림 948]타겟 국가 마케팅 주요 내용

① 글로벌 철도 컨퍼런스 참가

○ 타겟 국가 마케팅을 위하여 타겟 국가 및 글로벌 컨퍼런스 등을 참석함으로써, 국내 자기부상열차 기술의 능동적 소개 및 네트워킹을 유지하는 것이 필요함.

○ 다음은 국내외 2013년에 수행된 글로벌 철도 컨퍼런스에 대한 주요 내용임.

[표 432]국내외 주요 글로벌 철도 컨퍼런스

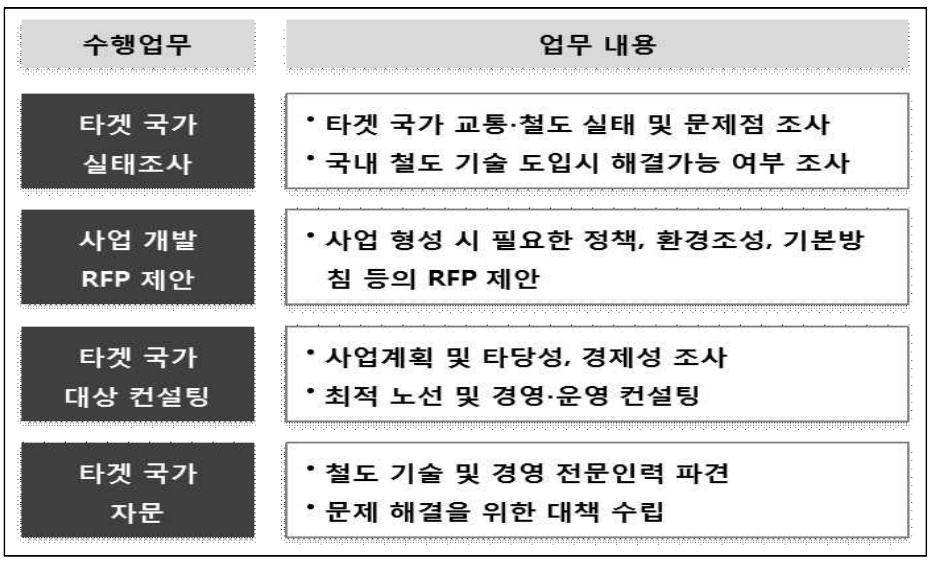
명칭	주요 내용
글로벌 인프라 협력 컨퍼런스	- 2013년 11월 국내 국토부-해외건설협회 주체 인프라 협력 컨퍼런스 개최 - 41개국 54개 건설/인프라 발주처 관계자 참석 - 세계 메가 프로젝트 발주정보 주관인 해외건설협회에서 관련 정보 소개
아시아태평양 여객철도 컨퍼런스 (Asia Pacific Rail 2013)	- 2013년 3월 / 홍콩 - 철도 사업자, 정부기관, 주요 국제 컨설턴트 및 솔루션 프로바이더 참여 - 메트로, 터널링 및 건설, 시그널링 및 메트로 안전, 주요 철도 관리, 주요 프로젝트 현황 정보 교환
Public International Air/ Rail Conference	- 2013년 6월 / 미국 솔트레이크 - 솔트레이크 도시 TRAX 시스템 오프닝 - 글로벌 관련 기관 참여 및 미팅
아시아 스마트 여객철도 컨퍼런스	- 2013년 6월 - 인도네시아, 인도 및 아시아 철도 전망 및 프로젝트 현황 - 철도 사업자, 운수 기업, 행정기업, 솔루션 프로바이더 등 참여

APTA 철도 컨퍼런스	- 북미대중교통연합(APTA) 연례 철도 전문회의 - 2013년 6월 필라델피아 - 철도 정책 및 우수 시스템 소개 및 신사업 발굴 등

□ 사업 개발 및 컨설팅

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행과제 중 사업 개발 및 컨설팅의 목적은 자기부상열차 해외 수출 목적으로 타겟 국가의 사업타당성, 경제성 등의 컨설팅을 통해 사업을 개발하기 위함임. 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 연계된 전략은 현지 대응형 사업화 시스템 및 지속가능 비즈니스 모델 개발임.

○ 사업 개발 및 컨설팅의 주요 업무는 타겟 국가 실태조사, 사업 개발 RFP 제안, 타겟 국가 대상 컨설팅, 타겟 국가 철도 기술 자문 등이 있음.



[그림 949]사업 개발 및 컨설팅 주요 내용

- 타겟 국가 실태 조사 : 타겟 국가 및 지자체의 환경 분석을 통해 교통, 철도에 대한 실태 및 문제점을 조사하고, 국내 철도 기술 도입 시 해결 가능 여부에 대한 조사를 함.
- 사업 개발 RFP 제안을 통한 자기부상열차의 기본 환경조성 및 기본 방침에 대한 RFP 지원 업무를 수행함.
- 타겟 국가 대상 컨설팅을 통하여 사업 사전 계획 및 타당성 검증 및 경제성 분석 지원을 통하여 최적 노선 및 경영 운영 방법에 대한 추가적 지원을 수행함.

- 타겟 국가 자문을 통하여 철도 기술 및 경영 전문 인력을 파견하여 문제 해결을 위한 대책을 수립함.

□ 프로젝트 수행 지원

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행과제 중 프로젝트 수행지원의 목적은 자기부상열차 프로젝트 전반적인 사항에 가장 많은 정보를 보유하게 될 전문기관이 추진단에 지속적인 지원을 통하여 사업 경쟁력을 확보하기 위함임. 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 연계된 전략은 현지 대응형 사업화 시스템 및 지속가능 비즈니스 모델 개발임.

○ 프로젝트 수행 지원 업무는 자기부상열차 관련 정보 DB 및 인력 지원, 네트워크 지원 등이 있음.

□ 전문가 양성 교육 및 지원

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 핵심 수행과제 중 전문가 양성 교육 및 지원의 목적은 해외 시장 진출의 기반 마련과 교육 지원을 통해 우수한 기술력을 타겟 국가에 홍보하기 위함임. 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 연계된 전략은 사업화 전문 인력 배출임.

○ 전문가 양성 교육 및 지원의 주요 내용은 전문 인력 양성 교육 프로그램 설계, 타겟 국가 전문 인력 파견, 타겟 국가 인력 교육 지원이 있음.

수행업무	업무 내용
전문인력 양성 교육 프로그램 설계	• 전문인력 양성 프로그램(기술 실용화 과정, 철도사업 수주 전문가 과정 등) 설계 및 운영 • 교육 프로그램 운영시스템 구축 • 교육 과정 수료 후 활용 계획 수립
타겟 국가 전문인력 파견	• 타겟 국가에 전문인력 파견을 통해서 인지도 및 신뢰성 확보와 대상 정보 수집 • 해외 현장 경험 축적을 통해 시장진출 기반이 되는 전문인력 확보
타겟 국가 인력 교육지원	• 타겟 국가의 철도인력 초빙, 견학, 단기교육 등을 지원함으로써 인지도 확보

[그림 950]전문가 양성 교육 및 지원 주요 내용

① 철도 전문 인력 양성 교육 프로그램

○ 자기부상열차 철도 전문 인력 양성 교육을 통한 장기적 관점에서 사업화 지속성을 위한 노력을 수행해야 함.

○ 다음은 자기부상열차 철도 전문 인력 양성 교육 프로그램 예임. 본 프로그램은 인재개발원에서 개발한 철도 전반 분야에 걸친 교육 프로그램을 자기부상열차에 맞게 변경함.

[표 433]자기부상열차 철도 전문 인력 양성 교육 프로그램

명칭	주요 내용
사무	- 전략적 노무관리 - 정보화 능력 개발 - 갈등 조정 이해 - 내부 경영 평가 - 원가 관리
영업	- 자기부상열차 마케팅
차량	- 자기부상열차 차량 기술 및 유지보수 실무 - 품질분임조 / 환경관리 - 철도 멘토 양성
전력	- 자기부상열차 전력 전문가 - 전력 유지보수 진단
통신	- 통합망관리 시스템 - 열차 무선통신 전문
신호	- 철도 신호 연동장치/제어기술 - 신호 기술 전문가
시설	- 궤도관리 전문가 - 철도 계획 설계 - 시설물 안전점검 - 토목 설계 실무 / 건축설비
CS	- Service Clinic - CS Leader - Service Manager

라) 기술사업화 전문기관 단계별 실행 업무 도출

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 단계별 추진 체계는 2단계로 구성이 됨.

○ 1단계는 사업화 기반 구축단계로 자기부상열차 사업화를 위한 핵심 업무 체계를 구축하여 사업화를 지원하는 단계임.

○ 2단계는 상용화/수출 지원 단계로 자기부상열차 사업화 성과 도출을 위한

지원단계임. 2단계는 사업화에 장기적인 관점에서 접근해야 하기 때문에, 상용화/수출 초기 지원 단계(2-1단계)와 지속적 사업화 고도화 단계(2-2단계)로 상세 구분됨.

1단계 : 사업화 기반 구축단계	▸ 자기부상열차 사업화를 위한 핵심 업무 체계 구축 단계 ▸ → 즉, **정보 수집 및 DB 구축, 국내외 네트워크 수립 및 마케팅 체계 수립이** 가장 필요
2단계 : 상용화/수출 지원 단계	▸ 자기부상열차 사업화 성과 도출을 위한 지원 단계 ▸ → 즉, **타겟 설정 및 마케팅, 사업 개발 및 컨설팅 등 프로젝트 수행 지원** 업무 필요

전문기관 운영 단계별 핵심 수행 업무

전문기관 주요 업무	상세 업무	1단계 : 사업화 기반 구축단계 (유관기관 위탁)	2단계 : 사업 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화 (연구조합 vs. 사단법인)	
			상용화/수출 초기 지원단계	지속적 사업화 고도화 단계
국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십	국내 관련 기관 네트워킹	●	●	●
	국내 관련 기관 네트워킹	●	●	●
	기술 교류 및 국제 세미나	◐	●	●
타겟 국가 환경 및 정보 수집	시장 조사 및 DB 구축	●	●	●
	영업(시장개척)	●	●	●
타겟 국가 마케팅	마케팅(홍보, 프로모션)	●	●	●
사업 개발 및 컨설팅	사업화 타당성(경제성) 분석		◐	●
	사업 개발 및 컨설팅			◐
프로젝트 수행 지원	프로젝트 수행 지원			◐
전문가 양성 교육 및 지원	연구지원	○	○	◐
	철도경영 자문	○	○	●
	타겟 국가 인력 교육	○	○	◐

※ 참고 : ● : 높음 / ◐ : 중간 / ○ : 낮음

[그림 951]기술사업화 전문기관 단계별 실행 업무

○ 총 4단계의 상세 기술사업화 실행 단계에 따른 수행 업무는 차이가 있음.

○ 1단계 사업화 기반 구축단계는 유관기관 위탁 조직체계로 구성이 되며, 정보 수집 및 DB 구축, 국내외 네트워크 수립 및 마케팅 체계 수립이 가장 필요한 단계임.

- 국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십 구축을 위하여 국내 및 국외 관련 기관 네트워크 수립, 기술 교류 및 국제 세미나 등을 통한 기술 교류 및 홍보가 필요함.

- 타겟 국가 환경 및 정보 수집을 위하여 시장 조사 및 관련 정보 DB 구축

과 지속적 시장 개척이 필요함. 더불어 지속적인 타겟 국가 마케팅을 수행해야함.

- 전문가 양성 교육 및 지원을 위하여 연구지원, 철도 경영 자문, 그리고 타겟 국가 인력 교육을 실시함.

○ 2-1단계 상용화/수출 초기 지원 단계는 연구조합 또는 사단법인(+민간영리법인) 조직 체계로 구성이 되며, 타겟 설정 및 상세 마케팅, 사업 개발 및 컨설팅 등 프로젝트 수행 지원 업무가 가장 필요한 단계임.

- 국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십 구축을 위하여 국내 및 국외 관련 기관 네트워크 수립, 기술 교류 및 국제 세미나 등을 통한 기술 교류 및 홍보가 필요함.

- 타겟 국가 환경 및 정보 수집을 위하여 시장 조사 및 관련 정보 DB 구축과 지속적 시장 개척이 필요함. 더불어 지속적인 타겟 국가 마케팅을 수행해야함.

- 또한 프로젝트 사업화를 위한 타당성 및 경제성 검증 활동을 수행해야함.

- 전문가 양성 교육 및 지원을 위하여 연구지원, 철도 경영 자문, 그리고 타겟 국가 인력 교육을 실시함.

○ 2-2단계 지속적 사업화 고도화 단계는 연구조합 또는 사단법인(+민간영리법인) 조직 체계로 구성이 되며, 타겟 설정 및 상세 마케팅, 사업 개발 및 컨설팅 등 프로젝트 수행 지원 업무가 가장 필요한 단계임.

- 국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십 구축을 위하여 국내 및 국외 관련 기관 네트워크 수립, 기술 교류 및 국제 세미나 등을 통한 기술 교류 및 홍보가 필요함.

- 타겟 국가 환경 및 정보 수집을 위하여 시장 조사 및 관련 정보 DB 구축과 지속적 시장 개척이 필요함. 더불어 지속적인 타겟 국가 마케팅을 수행해야함.

- 사업 개발 및 컨설팅을 위하여 프로젝트 사업화를 위한 타당성 및 경제성

검증 활동과 사업 개발 및 컨설팅을 수행함. 더불어 프로젝트 수행 지원을 통하여 사업 수행의 성과를 도출함

- 전문가 양성 교육 및 지원을 위하여 연구지원, 철도 경영 자문, 그리고 타겟 국가 인력 교육을 실시함.

(9) 자기부상열차 전문기관 설립 및 운영 방안

(가) 자기부상열차 전문기관 설립방안 도출

1) 전문기관 설립 및 관리 주체 도출

○ 전문기관 설립 단계와 운영 단계로 구분을 통하여 단계별 발전방안을 마련하였으며, 관리 주체 또한 설립 및 운영 단계로 구분하여 제시하고자 함.

- 초기 설립 시에는 소규모의 조직 및 업무 수행을 통한 기반 마련에 초점을 맞추며, 이후 지속적 활성화를 위한 방안을 마련하는 것이 현실적인 접근 방안임.

- 자기부상열차 기술사업화 전문기관을 설립 단계(시범서비스/초기진입)와 지속적 운영 단계(상용화/수출 단계)별로 살펴본 결과, 설립 단계에서는 유관기관 업무위탁 형태, 운영 단계에서는 연구조합과 사단법인 혼합형태(사단법인, 민간 영리법인)가 가장 적합한 조직체계로 도출되었음.

- 철도 부문 사업화 초기에 설립 가능한 전문기관 유형을 고려하여 본 연구에서 제시한 유관기관 업무위탁과 관련한 전문기관 설립 및 관리 주체를 도출하였음.

- 업무위탁이 가능한 유관기관은 한국기계연구원, 국토교통과학기술진흥원 등을 고려할 수 있음.

○ 사업화 전문기관의 법적 지위

- 사업화 전문기관 설립 시 유관기관인 한국기계연구원, 국토교통과학기술진흥원 운영 내규에 의해 그 지위를 가지며, 사업화 전문기관은 유관기관인 한국기계연구원, 국토교통과학기술진흥원 내부규정을 준용함.

- 사업화 전문기관의 운영과 사업을 위한 안정적인 재원 마련, 장기적인 계획을 가지고 사업의 지속적인 추진을 위해서 정부의 지원이 필요함.

○ 관리주체 선정 논의

- 사업화 전문기관의 관리주체는 ① 한국기계연구원 ② 국토교통과학기술진흥원과 공동으로 관리하는 방안을 고려할 수 있음.
- 자기부상열차 사업화 전문기관의 신속한 구성과 성공적인 안정화를 위해서 전문기관 초기단계에는 정부 산하기관인 한국기계연구원에 업무 위탁하고 국토교통과학기술진흥원과의 협력관계를 맺는 것이 효과적임.
- 초기에 사업화 전문기관 설립의 용이성, 전문성 등을 함께 가질 수 있도록 하기 위한 노력이 필요함. 또한 기존 자기부상열차 사업에 참여한 협력 민간 기업들의 참여를 유도할 수 있는 방안을 마련하기 위해, 업무 위탁을 받은 기관의 의지와 사업의 추진력이 필요함.
- 따라서 자기부상열차 사업화 전문기관 초기 설립은 한국기계연구원에 의해 관리되는 것이 바람직 함.
- 사업화 전문기관의 관리를 한국기계연구원이 주도하는 것을 원칙으로 하지만, 추후 사업 진행과정에 따라 역할이 변경되어야 함. 한국기계연구원이 초기 자기부상열차 사업화 전문기관 관리의 주체가 되고, 국토교통과학기술진흥원은 전문기관 관리의 협력자 역할을 수행함.
- 사업화 전문기관 운영과 관련하여 관련 기관(업)의 협력이 필요한 부분은 크게 ① 투자유치 ② 수출방안 마련 ③ 지원사업의 예산지원 분야임.

2) 전문기관 조직 체계 도출

○ 효과적인 사업화 전문기관 설립 및 운영을 위해서는 국내의 정책적 지원, 민간의 참여 등 외부 환경적인 요소들을 감안하는 것이 필요함.

○ 더불어 사업화 전문기관이 수행해야할 업무들이 설립 및 운영 단계에 따라 차이가 발생하기 때문에, 단계별 필요 업무에 맞게 조직을 구성하는 것이 무엇보다 중요함.

○ 사업화 전문기관 설립 및 운영 조직 구성은 크게 2단계(설립 단계, 운영단계)로 구분하였으며, 개별 단계 중 운영단계를 2단계로 구분하여, 총 3개의 상세 단계로 구분하였음. 즉, 자기부상열차 전문기관은 설립(시범서비스 및 초기진입) 단계 및 운영(상용화 및 수출)단계가 있으며, 관련 업무 체계가 달라지기 때문에, 핵심 업무 체계와 연동할 경우 전문기관의 조직 구성

이 달라짐.

○ 앞에서 제시한 기술사업화 전문기관의 필요 핵심 업무를 조직 설립 단계별로 재정의하면 다음과 같음.

[표 434]사업화 전문기관 단계별 구분 및 조직 주요 수행 과제

기술사업화 전문기관 설립 및 운영 단계			기간	내 용
1 단계	한국기계 연구원 업무위탁	1-1. 사업화 기반 구축단계	1년	· 사업화 전문기관을 설립하여 시작하는 단계 · 자기부상열차 상용화 및 수출을 위한 전문기관 조직체계 방안 마련 · 전문기관 핵심 업무 체계 구축 · 정보수집 및 DB 구축 · 성공적인 자기부상열차 상용화 및 수출을 위한 국내·외 관련 기업 및 연구기관 네트워크 구성 · 사업화 전문기관 운영 재원 확보 방안 마련
2 단계	(사업화전문 사단법인 + 민간 컨설팅 기업) or (연구조합)	2-1. 상용화/수출 지원 단계	1년	· 사업화 전문기관 자립화를 위한 방안 마련 · 국내·외 관련 기업 및 연구기관 간의 네트워크 확대 및 지속적인 관리 · 상용화 및 수출 초기 단계 사업의 성공적 추진을 위한 지원 업무에 중점을 둠
		2-2. 지속적 사업화 고도화 단계	1년~	· 사업화 전문기관의 안정화 방안 마련 · 사업화 모델 확장 방안 마련 · 자기부상분야 국내·외 네트워킹 및 파트너십 확대 · 운영체계 확립 및 대응방안 마련 등 총괄 업무에 중점을 둠

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 설립 이후 초기 업무 시스템 활용의 극대화를 위해서는, 전문기관에서 지원해야하는 조직 시스템을 기획 및 구축을 성공적으로 하고, 지속적인 대외 사업 서비스를 제공하기 위해서 사업화 서비스를 체계적으로 제공함(1-1단계 : 사업화 기반 구축 단계)으로써 장기적으로 자기부상열차 사업을 진행하기 위한 기반을 마련하는 것이 중요함.

○ 자기부상열차 사업화를 위한 전문기관의 체계가 갖추어진 이후에 사업화의 방향성과 프로젝트가 발생할 경우, 사업을 지속적으로 수행할 수 있는 기관이 필요함. 설립 시의 위탁형 업무는 정부기관 내 부처의 개념이기 때문에 변화하는 사업 환경에 대응하기 어려운 면이 있음. 따라서 지속적 사업화를 위한 사단법인의 형태와 수익 사업에 대한 민간 기업화가 타당함. 2단계는 자기부상열차 상용화 및 수출을 위한 지원 업무 단계(2-1단계: 상용화/수출 초기 지원 단계)와 안정적 사업화를 위한 단계(2-2단계: 지속적 사업화 고도화 단계)가 있음.

가) 사업화 기반 구축 단계에서의 사업화 전문기관 조직 및 인원 구성방안

○ 자기부상열차 전문기관 설립은 한국기계연구원 산하 업무 위탁을 통한 전문성을 보유한 인력을 활용하고 초기 활용 재원을 공공기관으로부터 공급받되 시장 현황을 감안한 소규모의 조직으로 구성하는 것이 타당한 것으로 도출됨.

○ 위탁형 조직 체계의 구성 기반으로 추진하되, 사업화 전문기관을 최초로 설립하여 시작하는 단계이기 때문에, 전문기관의 핵심 업무에 대한 체계를 구축하며, 조직 업무의 기틀을 잡고, 자기부상열차 사업의 글로벌 진출을 위한 시장 분석 및 정보 도출, 민관 협력 시스템 구축 등 글로벌 사업 기반을 마련하는 것이 중요함.

○ 자기부상열차 전문기관 설립을 위한 기획 및 초기 구축이 완료 된 후에는 초기 사업화를 위한 서비스를 제공하기 위한 기반을 마련 해야 함. 본 단계까지는 한국기계연구원 위탁 업무를 해야 하는데, 프로젝트에 대한 명확성이 떨어질 가능성이 높으며, 조직의 형태를 유동적으로 가지는 것이 필요한 시점이기 때문임.

○ 따라서 자기부상열차 사업화를 위하를 위하여 제공 가능한 다양한 서비스 체계를 마련해야 하며, 성공적인 자기부상열차 상용화 및 수출을 위한 국내·외 관련 기업과 연구기관의 네트워킹을 구축함으로써 최신 정보 획득 및 DB 구축, 그리고 프로젝트 발생 가능성이 높아질 경우 정부 및 민간, 그리고 사업화 전문기관이 효과적으로 각각의 업무를 수행할 수 있는 서비스 체계를 구축하는 것이 필요함.

○ 즉 체계적 사업화 서비스 제공에 초점을 두기 때문에, 사업화 기반 구축 단계에는 성공적인 사업화 전문기관 조성을 위한 체계적인 기획 및 구축 추진, 체계적인 사업화 서비스 제공을 목표로 함. 사업화 기반 구축 단계의 주요 활동은 다음과 같음.

[표 435]사업화 기반 구축 단계 주요활동

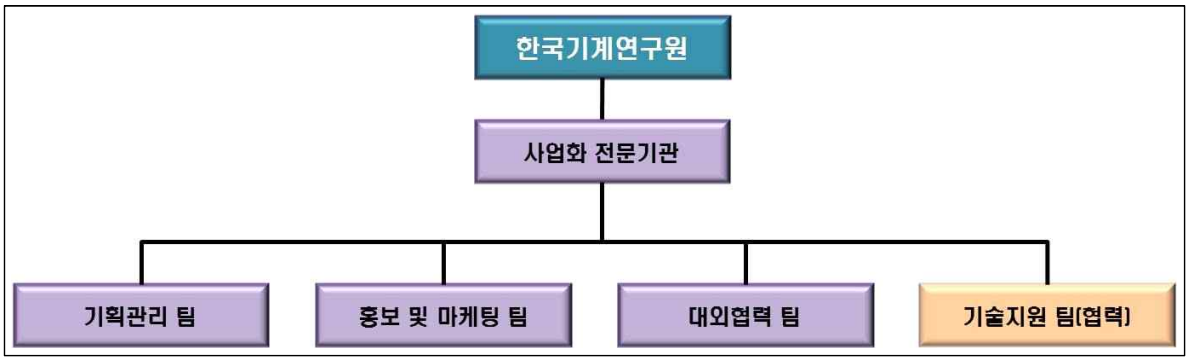
· 자기부상열차 사업화 전문기관 업무 위탁을 위한 유관기관과의 업무협의 · 전문기관 업무 위탁에 따른 운영계획 수립 및 관리 방안 마련 · 전문기관 업무 위탁 운영의 조기 정착과 안정화 · 전문기관 협력업체 및 관련 유관기관 협업 시스템 구축 · 전문기관 업무에 대한 홍보 및 투자 유치 전략 수립 · 시장 조사를 통한 사업화 기반 정보 획득 및 DB 구축 · 전반적인 운영에 대한 로드맵 수립 · 국내·외 관련 기업 및 연구 기관 대상 네트워크 구성 · 전문기관에 대한 홍보 및 마케팅 활동

○ 사업화 기반 구축 단계에서 필요 주요 활동(사업화 기획 및 운영, 재원조달 방안 마련, 협력업체 관리, 시장조사 및 DB 구축, 연구지원 및 인력교육, 기술교류, 홍보 및 마케팅, 국내외 관련 기관 네트워킹)을 수행하기 위해서는 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅 업무 구성 및 관련기술을 보유하고 있는 기업과 기관들과의 협력이 필요함.

[표 436]사업화 기반 구축 단계에 따른 전문기관 업무

구분		업무
자기부상열차 전문기관 핵심업무	**대외협력**	시장조사 및 DB 구축, 연구지원, 인력교육, 기술교류
	홍보 및 마케팅	영업(시장개척) 및 마케팅(홍보, 프로모션), 국내외 관련 기관 네트워킹
기본업무	**기획관리**	사업화 기획 및 운영, 재원조달, 협력업체 관리
민간협력	**기술지원**	관련 기술 보유 기업 및 기관들과의 협력(민간기업 협력 인원)

○ 사업화 기반 구축 단계의 수행 업무인 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅 업무 수행을 위한 자기부상열차 기술사업화 전문기관 조직도를 살펴보면 다음과 같음.



[그림 952]사업화 기반 구축 단계 사업화 전문기관 조직도

- 한국기계연구원에서 전문기관의 업무를 위탁하기 때문에, 부서 또는 팀, 센터의 개념으로 조직을 구성할 수 있음. 초기 사업화의 기본 필요 업무는 기획관리, 대회협력, 홍보 및 마케팅으로, 초기 조직 구조를 제시함. 조직 구조는 위탁 업무 조직 초기 구조에 따라 달라질 수 있음.

○ 사업화 기반 구축 단계 사업화 전문기관 조직 인원 구성은 다음과 같음.

[표 437]사업화 기반 구축 단계 사업화 전문기관 인원구성

팀	인원	직급구성
기획관리	1	선임급 1명
대외협력	1	원급 1명
홍보 및 마케팅	2	선임급 1명, 원급 1명
합계	4	선임급 2명, 원급 2명

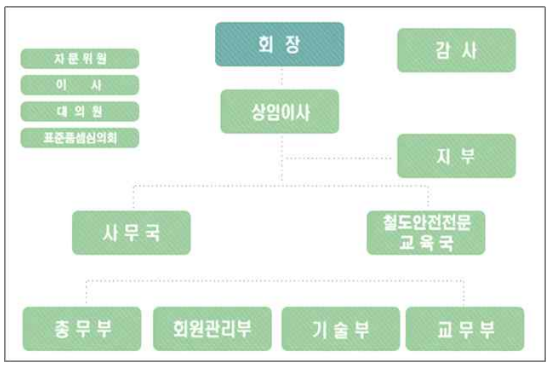
- 사업화 전문기관의 업무 위탁 형 조직(부서형)이기 때문에, 기획 관리팀, 대외협력팀, 홍보 및 마케팅팀을 구성하더라도, 많은 인력을 처음부터 구성할 수 없음. 사업에 대한 타당성 및 효과성에 대한 검증 과정과 지속적 사업화에 대한 형태가 갖추어질 때, 인력에 대한 보강이 가능함.
- 최소의 인원으로 초기에는 전문기관을 구성하고 업무 체계 및 협력 기관과의 협업 체계, 그리고 관련 정보 획득 및 다양한 홍보 활동을 할 수 있도록 하는 것이 효율적임.
- 따라서 기획관리 팀 1인, 대외협력 팀 1인, 홍보 및 마케팅 2인으로 구성하되, 선임급 2인, 원급 2인으로 팀을 구성하여 효율적인 업무 전담 체계를 구성하는 것이 필요함.

○ 유관기관 업무 위탁 사례 : (사)한국철도신호기술협회

- (사)한국철도신호기술협회는 회원사의 육성, 발전 및 철도신호보안 기술에 관한 연구, 개발, 철도신호 안전, 품질 수준의 향상을 목적으로 하는 사단법인임.

- 현재 국토교통부으로부터 철도안전전문 인력의 초급교육 시행과 자격 부여, 철도안전전문 인력에 대한 자료 유지 및 관리, 철도시설공사 완료 후 사용 전 점검, 철도시설공사 하자 만료 시 실시하는 점검, 철도시설의 정기적 정밀안전점검, 철도종합시험운행과 사전점검을 위탁받아 수행하고 있음.

(사)한국철도신호기술협회



국토교통부로부터 위탁 받은 업무

근거 법령	업무 내용
철도안전법시행령 제 60조, 63조에 의거	철도안전전문 인력의 초급교육 시행과 자격 부여
	철도안전전문 인력에 대한 자료 유지, 관리
국토교통부법령(철도시설안전세부기준, 철도종합시험운행시행지침)	철도시설공사 완료 후 사용전 점검
	철도시설공사 하자 만료시 실시하는 점검
	철도시설 정기적으로 실시하는 정밀안전점검
	철도종합시험운행과 사전점검

[그림 953](사)한국철도신호기술협회 조직도 및 수행 위탁업무

- 국토교통부 장관으로부터 철도안전 전문 인력 교육에 관련한 업무를 위탁받기 위해 철도안전법 시행령 60조와 63조, 철도시설 정지 안전점검, 종합시험운행 및 점검 업무를 위탁받기 위해 국토부 법령 철도시설안전세부기준, 철도종합시험 운행시행지침을 규정하였음.

나) 상용화/수출 초기 지원 단계에서의 사업화 전문기관 조직 및 인원 구성방안

○ 상용화/수출 초기 지원 단계는 사단법인과 연구조합 2개의 안을 제시하였음.

○ 사단법인

- 사단법인의 경우 비수익 모델 측면에서는 사단법인, 지속적 수익 모델 측면에서는 민간 컨설팅 기업을 확대 운영하는 단계임. 2단계의 활성화를 위해

서 초기 자기부상열차 프로젝트 수행을 위한 상용화/수출 초기 지원 단계(2-1단계)와 지속적 사업화를 위한 고도화 단계(2-2단계)로 상세히 분할하여 각각의 조직체계 및 활동을 제시함.

- 초기 사단법인 설립 후 수익 모델의 창출을 통해, 지속적 수익 발생 가능성이 제시되면 민간 컨설팅 기업으로의 업무 이관을 하며, 2-2단계에서 수행함.

- 상용화/수출 초기 지원 단계(2-1단계)에는 독립적인 사업화 전문기관이 지원을 활발히 할 수 있도록 구축 하는 업무에 중점을 둠.

  ▪ 즉, 업무 위탁에서 사단법인의 형태의 사업화 전문기관의 모습을 갖추는 단계로 자립화를 위한 방안 마련, 사업화 모델 및 운영 체계 확립을 목표로 함.

- 설립절차는 통상적인 사단법인 설립절차를 준용하며, 사업화 전문기관의 설립절차는 다음과 같음.

  ▪ ① 설립위원회 구성 → ② 정관 등 제규정 작성 → ③ 이사장 및 임원선출 → ④ 국토교통부 장관 허가 → ⑤ 주된 사무소 소재지에 설립등기→ ⑥ 국토교통부 장관에게 설립보고

- 사단법인 설립 및 지속적 운영을 위한 정관 수립 및 장관 보고까지의 전 과정의 효율적인 추진을 위하여, 사단법인 설립을 위한 총괄기획은 한국기계연구원에서 담당할 수 있도록 함.

○ 연구조합

- 연구조합은 수익사업이 가능한 구조로 수익 모델 측면을 고려한 별도의 조직 구조를 고려하지 않고, 연구조합 자체의 조직 규모를 확대하는 방안을 제시하였으며, 초기 자기부상열차 프로젝트 수행을 위한 상용화/수출 초기 지원 단계(2-1단계)와 지속적 사업화를 위한 고도화 단계(2-2단계)로 상세히 분할하여 각각의 조직체계 및 활동을 제시함.

- 초기 사단법인 설립 후 수익 모델의 창출을 통해, 지속적 수익 발생 가능성이 제시되면 해당 부서 및 인력을 보완하며, 지속적 사업화를 위한 고도화 단계(2-2단계)를 수행함.

- 상용화/수출 초기 지원 단계(2-1단계)에는 사업화 전문 연구조합이 지원

을 활발히 할 수 있도록 구축 하는 업무에 중점을 둠.

- 즉, 업무 위탁에서 연구조합 형태의 사업화 전문기관의 모습을 갖추는 단계로 자립화를 위한 방안 마련, 사업화 모델 및 운영 체계 확립을 목표로 함.

- 사업화 연구조합의 설립절차는 다음과 같음.

- ① 설립 추진위원회 구성 → ② 추진위원회 회의 개최 → ③ 실무위원회 회의 개최 → ④ 이사장 및 임원선출 → ⑤ 연구조합 창립총회 개최 → ⑥ 미래창조과학부 장관 허가 → ⑦ 주된 사무소 소재지에 설립등기→ ⑧ 연구조합 세무서 법인설립 신고

- 연구조합 설립 및 지속적 운영을 위한 정관 수립 및 장관 보고까지의 전 과정의 효율적인 추진을 위하여, 연구조합 설립을 위한 총괄기획은 한국기계연구원에서 담당할 수 있도록 함.

○ 상용화/수출 초기 지원 단계는 사단법인 및 연구조합의 활성화와 프로젝트 수행을 위한 다양한 지원활동을 주로하며, 본 단계의 주요 활동은 다음과 같음.

[표 438]상용화/수출 초기 지원 단계 주요활동

• 전문기관 설립을 위한 유관기관과의 업무협의 및 지원체계 마련 • 국내.외 관련 기업 및 연구 기관 대상 네트워크 구성 • 전문기관에 대한 홍보 및 마케팅 활동 • 적극적인 투자유치를 위한 활동 전개 • 상용화 및 수출 지원을 위한 업무 총괄 • 전반적인 운영에 대한 로드맵 수립 • 전문기관 운영 및 관리 • 타겟국가 사업 타당성 분석 및 시장 분석 • 타겟국가 연구지원

○ 상용화 및 수출 초기 지원을 위한 단계에서 필요 주요 활동(사업화 기획 및 운영, 재원조달 방안 마련, 협력업체 관리, 시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류, 마케팅, 시장개척, 국내외 관련기관 네트워킹 및 파트너십, 사업화 타당성 및 경제성 분석, 연구지원)을 수행하기 위해서는 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅, 시장개척, 기술사업화 컨설팅 업무 활동이 필요함. 연구조합의 경우 주요 활동은 동일하며 사단법인의 홍보 및 마케팅

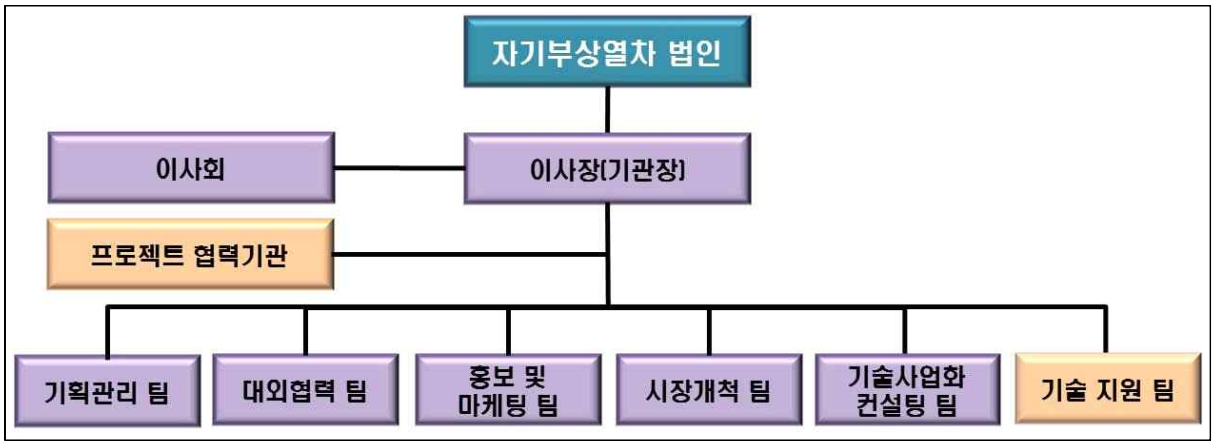
팀, 시장개척 팀, 기술사업화 컨설팅 팀을 연구조합 구성 인원의 수를 고려하여 시장개척 및 마케팅 팀 및 연구지원 팀으로 구성함.

○ 사단법인

[표 439]상용화/수출 초기 지원 단계에 따른 전문기관 업무 - 사단법인

구분		업무
자기부상열차 전문기관 핵심업무	대외협력	시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류
	홍보 및 마케팅	마케팅(홍보, 프로모션)
	시장개척	영업(시장개척), 국내외 관련 기관 네트워킹 및 파트너십
	기술사업화 컨설팅	사업화 타당성(경제성) 분석, 연구지원
기본업무	기획관리	사업화 기획 및 운영, 재원조달, 협력업체 관리
민간협력	기술지원	관련 기술 보유 기업 및 기관들과의 협력(민간기업 협력 인원)

- 상용화, 수출 초기 지원 단계의 수행 업무인 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅, 시장개척, 기술사업화 컨설팅 수행을 위한 사단법인 형태의 자기부상열차 기술사업화 전문기관 조직도를 살펴보면 다음과 같음.



[그림 954]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 조직도 - 사단법인

- 상용화/수출 초기 지원 단계 사단법인 형태의 사업화 전문기관의 인원 구성은 다음과 같음.

[표 440]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 사단법인

팀	인원	직급구성
이사장	1	이사장 1명
기획관리	2	선임급 1명, 원급 1명
대외협력	2	선임급 1명, 원급 1명
홍보 및 마케팅	3	책임급 1명, 선임급 1명, 원급 1명
시장개척	2	책임급 1명, 선임급 1명
기술사업화 컨설팅	2	책임급 1명, 선임급 1명
합계	12	이사장 1명, 책임급 3명, 선임급 5명, 원급 3명

- 2-1단계(사단법인 전환 후 상용화/수출 지원 단계)는 독립된 법인 형태이기 때문에, 조직의 장, 기획관리팀, 운영지원팀, 마케팅 팀, 시장개척 팀, 기술사업화 컨설팅 팀이 필요하며, 팀의 효율적 운영을 위해서 팀별 선임 또는 책임급이 필요함.
- 따라서 이사장 1인, 기획관리 팀 2인, 대외협력 팀 2인, 홍보 및 마케팅 팀 3인, 시장개척 팀 2인, 기술사업화 컨설팅 팀 2인이 필요함.

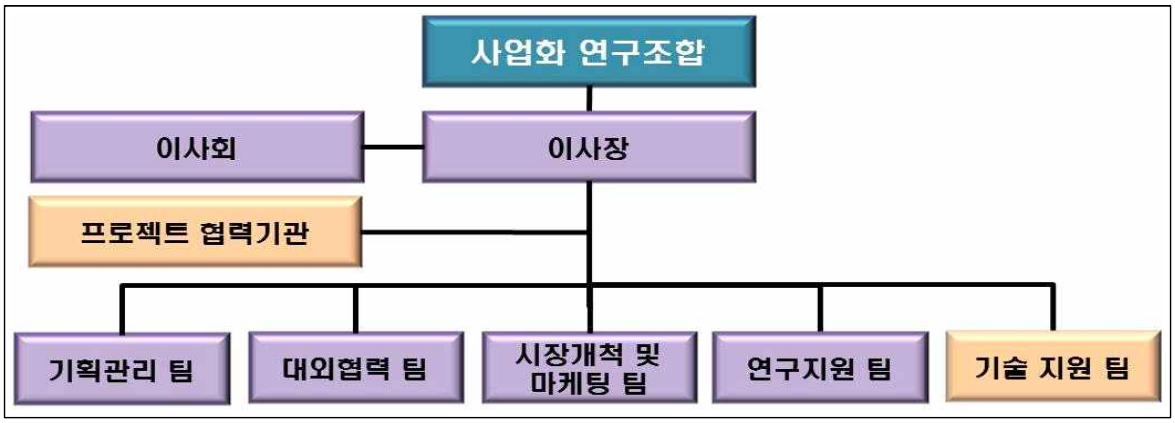
○ 연구조합

- 연구조합의 경우 사단법인의 홍보 및 마케팅 팀, 시장개척 팀, 기술사업화 컨설팅 팀을 연구조합 특성 및 구성 인원을 고려하여 시장개척 및 마케팅 팀 및 연구지원 팀으로 구성함.

[표 441]상용화/수출 초기 지원 단계에 따른 전문기관 업무 - 연구조합

구분		업무
자기부상 열차 전문기관 핵심업무	**대외협력**	시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류
	시장개척 및 마케팅	마케팅(홍보, 프로모션), 영업(시장개척), 국내외 관련 기관 네트워킹 및 파트너십
	연구지원	연구지원
기본업무	**기획관리**	사업화 기획 및 운영, 재원조달, 협력업체 관리
민간협력	**기술지원**	관련 기술 보유 기업 및 기관들과의 협력(민간기업 협력 인원)

- 상용화, 수출 초기 지원 단계의 수행 업무인 기획관리, 대외협력, 시장개척 및 마케팅, 연구지원 수행을 위한 연구조합 형태의 자기부상열차 기술사업화 전문기관 조직도를 살펴보면 다음과 같음.



[그림 955]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 조직도 - 연구조합

- 상용화/수출 초기 지원 단계 연구조합 형태의 사업화 전문기관의 인원 구성은 다음과 같음.

[표 442]상용화/수출 초기 지원 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 연구조합

팀	인원	직급구성
이사장	1	이사장 1명
기획관리	1	선임급 1명
대외협력	2	선임급 1명, 원급 1명
시장개척 및 마케팅	2	선임급 1명, 원급 1명
연구지원	2	선임급 1명, 원급 1명
합계	8	이사장 1명, 선임급 4명, 원급 3명

- 2-1단계(연구조합 전환 후 상용화/수출 지원 단계)는 독립된 형태이기 때문에, 조직의 장, 기획관리팀, 대외협력팀, 시장개척 및 마케팅 팀, 연구지원 팀이 필요하며, 팀의 효율적 운영을 위해서 팀별 선임급이 필요함.
- 따라서 이사장 1인, 기획관리 팀 1인, 대외협력 팀 2인, 시장개척 및 마케팅 팀 2인, 연구지원 팀 2인이 필요함.

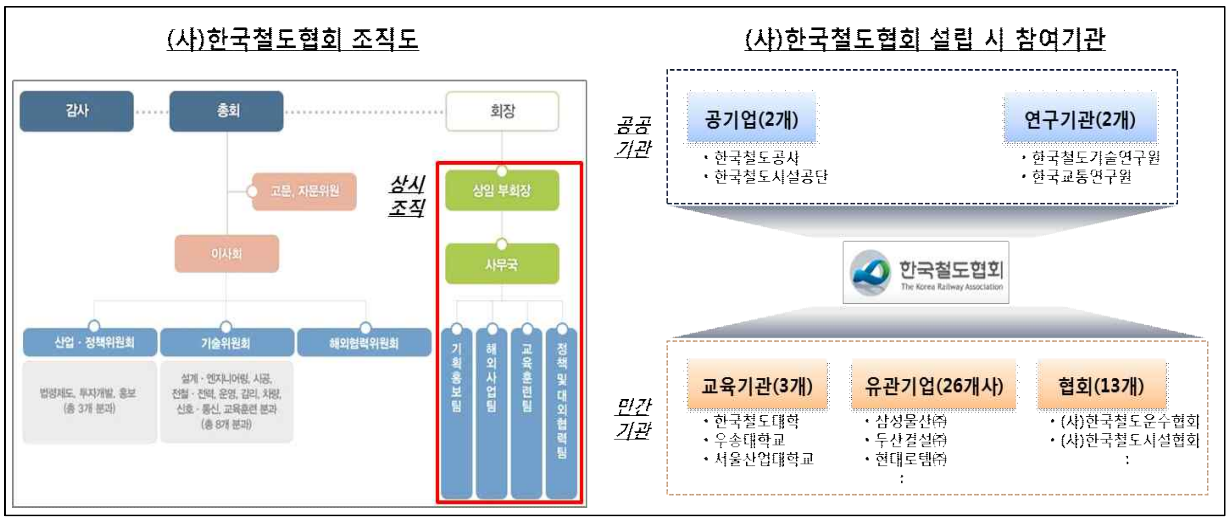
○ 정부주도 비영리 사단법인 사례 : (사)한국철도협회

- (사)한국철도협회는 철도산업의 종합적·체계적 지원을 목적으로 민법 제32조, 비영리법인의 설립과 허가에 관한 법조항에 의거, 2009년에 범 철도산업의 산·학·연 협력체계를 구축한 정부 주도의 사단법인임.
- 설립 시 재원조달은 정관에 따라 참여기관이 출자하였으며, 공공과 민간

기관이 참여하였음.

- 공공기관으로는 공기업인 한국철도공사, 한국철도시설공단, 공공연구기관인 한국철도기술연구원, 한국교통연구원이 참여하였음.
- 민간기관으로는 교육기관인 한국철도대학, 우송대학교, 서울산업대학교(서울과학기술대학교)이 참여하였으며, 그 외 삼성물산㈜, 두산건설㈜ 등 26개의 유관기업과 (사)한국철도운수협회, (사)한국철도시설협회 등 13개의 관련 협회가 참여했음.

- 조직 설립은 주무관청인 국토교통부의 허가 후 등기등록과정을 거치면 되므로 상대적으로 설립이 용이함.
- 현재 운영예산 비영리사업, 확보는 정관에 명시된 설립 목적에 벗어나지 않는 영리사업, 회원의 회비로 확보하고 있음.



[그림 956](사)한국철도협회 조직도 및 참여기관 구조

- (사)한국철도협회는 평상시에는 회원사들에 제공할 정보를 수집하여 인쇄, 배포하거나 전문 인력 교육에 필요한 조직의 형태만 유지하다가 해외 사업 진출, 기술개발, 산업정책에 관련한 업무 발생 시 위원회를 개최하여 운영함.

- 발생하는 이벤트에 따라 산업·정책 위원회, 기술위원회, 해외협력위원회가 개최되며, 관련 회원사의 인력이 파견되어 운영됨.

○ 연구조합 사례 : 철도신호사업연구조합

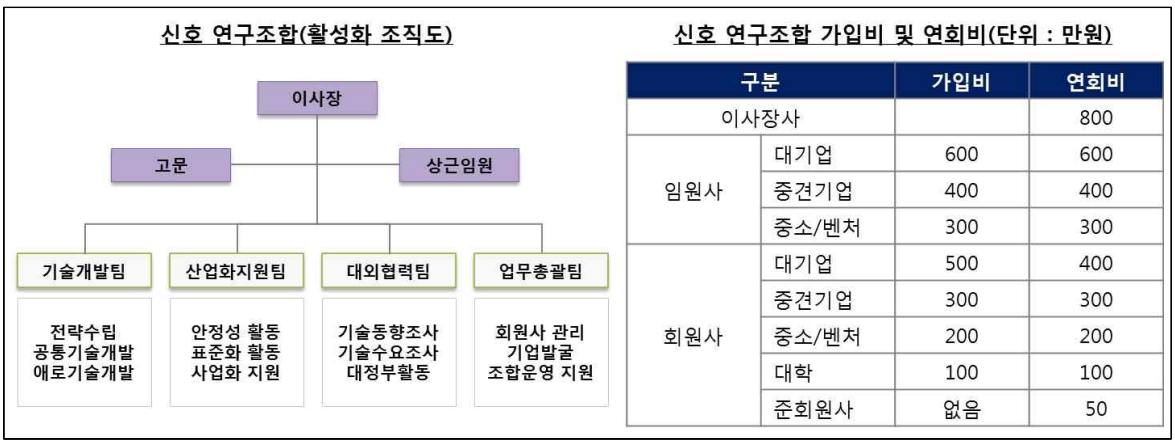
- 국토교통과학기술진흥원에서 건설교통분야 R&D 연구공동체 설립 추진을 위한 “연구조합 육성계획”을 수립(2012. 12)하고 관련기관 의견수렴을 위한 공청회 등을 개최하는 등 “철도신호사업연구조합” 설립(2013. 7. 3)을 지원에 의하여 조합이 설립됨.

- 산업기술연구조합육성법에 근거하여 설립되었으며, 철도신호사업의 연구개발과 선진기술의 도입, 보급, 산업계 중심의 공통·원천기술 발굴 및 애로기술 개발을 통한 철도 신호산업 발전 도모 등을 협동적으로 수행하는 것을 목적으로 함.

- 조직 설립은 주무관청(미래창조과학부)의 허가 후 등기등록과정을 거치면 되므로 설립이 용이하며, 설립 시 재원 조달은 참여기관의 출자에 의해 마련함.

- 조합원들의 능동적인 참여가 가능하며, 조합운영 사무국은 상대적으로 유연한 조직구조를 가짐.

- 운영예산 확보는 국가연구지원사업, 자체수익사업, 조합원 회비 등으로 충당함.



신호 연구조합 가입비 및 연회비(단위 : 만원)

구분		가입비	연회비
이사장사			800
임원사	대기업	600	600
	중견기업	400	400
	중소/벤처	300	300
회원사	대기업	500	400
	중견기업	300	300
	중소/벤처	200	200
	대학	100	100
	준회원사	없음	50

[그림 957]철도신호사업연구조합 조직도 및 회비

- 기업의 연합체로서 민간 기업 주도로 운영되나, 내부 조직은 산・학・연 전문가와 공공기관들의 협동 운영체계를 구성하여 공동 목표, 연구를 추구하고 있음. 평상시에 사무국장, 사무원으로 운영하며, 필요한 예산은 조합원들을 통해 조달함.

다) 지속적 사업화 고도화 단계에서의 사업화 전문기관 조직 및 인원 구성 방안

○ 지속적 사업화 고도화 단계는 사단법인과 연구조합 2개의 안을 제시하였음.

○ 사단법인

- 비수익 모델 측면에서는 사단법인, 지속적 수익 모델 측면에서는 민간 컨설팅 기업을 확대 운영하는 단계임.
- 지속적 사업화 고도화 단계(2-2단계)에는 자기부상열차 사업화 모델의 다양화 및 운영체계를 고도화하는 것에 중점을 둠.
  - 즉, 사단법인으로서 형태를 갖춘 독립 법인이 지속적 사업을 수행하기 위한 수익 모델을 찾아서 회원사 및 정부 유과기관을 지원해줄 수 있도록 고도화를 수행하는 단계임.
- 지속적 사업화 고도화 단계에는 전문기관 지원 사업관련 사업화 모델 다양화 및 운영체계 고도화를 목표로 함. 고도화를 위한 사단법인 업무 이외의 업무, 수익모델 등은 전문 컨설팅 민영 자회사 설립을 통해 전문화된 컨설팅 서비스를 제공함.

○ 연구조합

- 지속적 수익 모델 측면에서 연구조합 자체 조직 규모를 확대 운영하는 단계임.
- 지속적 사업화 고도화 단계(2-2단계)에는 자기부상열차 사업화 모델의 다양화 및 운영체계를 고도화하는 것에 중점을 둠.
  - 즉, 연구조합 형태로 지속적 사업을 수행하기 위한 수익 모델을 찾아서 조합원사 및 정부 유과기관을 지원해줄 수 있도록 고도화를 수행하는 단계임.
- 지속적 사업화 고도화 단계에는 전문기관 지원 사업관련 사업화 모델 다양화 및 운영체계 고도화를 목표로 함.

○ 지속적 사업화 고도화 단계에서 사단법인은 컨설팅 서비스 사업을 통한 수익사업은 전문 컨설팅 민영 자회사 설립을 통해 서비스를 제공하며, 연구조합은 조직 개편 및 인원 확대 등을 통하여 지속적 사업화를 위한 서비스를 제공함. 본 단계의 주요 활동은 다음과 같음.

[표 443]지속적 사업화 고도화 단계 주요활동

· 전문기관 설립을 위한 유관기관과의 업무협의 · 국내·외 관련 기업 및 연구 기관 대상 네트워크 구성 · 전문 컨설팅 자회사와의 업무 협업 체계 및 방안 마련(사단법인) · 전문기관에 대한 홍보 및 마케팅 활동 · 적극적인 투자유치를 위한 활동 전개 · 상용화 및 수출 지원을 위한 업무 총괄 · 전반적인 운영에 대한 로드맵 수립 · 전문기관 운영 및 관리

- 지속적 사업화 고도화 단계에서 사단법인은 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅, 시장개척, 기술사업화 컨설팅 업무 활동이 필요하며, 기존 기술사업화 컨설팅팀에서 담당하였던 업무는 컨설팅 민영 자회사에 이관함.

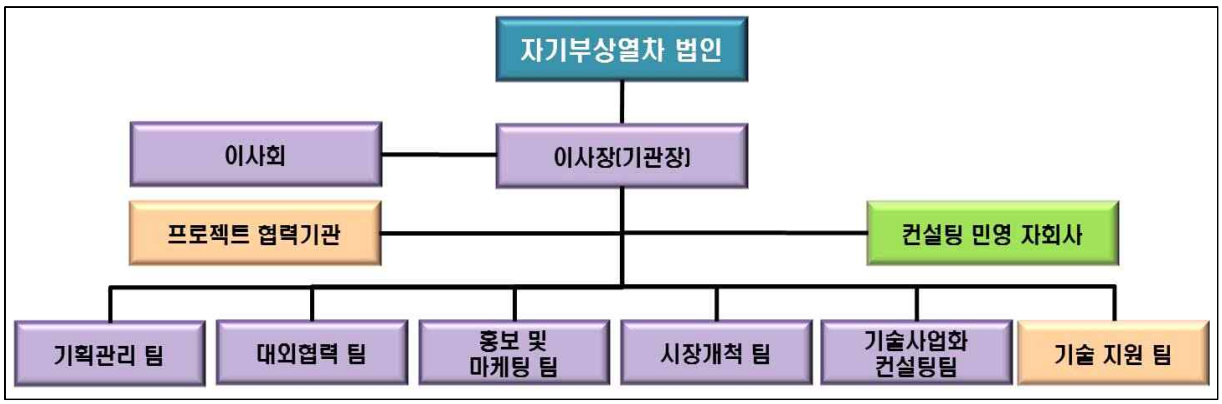
○ 지속적 사업화 고도화 단계에서 필요 주요 활동(사업화 기획 및 운영, 재원조달 방안 마련, 협력업체 관리, 시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류, 마케팅, 시장개척, 국내외 관련기관 네트워킹 및 파트너십, 사업화 타당성 및 경제성 분석, 연구지원, 사업개발 및 컨설팅, 프로젝트 수행 지원)을 수행하기 위해서는 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅, 시장개척, 기술사업화 컨설팅 업무 활동이 필요함. 연구조합의 경우 주요 활동은 동일하며 사단법인의 홍보 및 마케팅 팀, 시장개척 팀, 기술사업화 컨설팅 팀을 연구조합 구성 인원의 수를 고려하여 시장개척 및 마케팅 팀 및 기술사업화 컨설팅 팀으로 구성함.

[표 444]지속적 사업화 고도화 단계에 따른 전문기관 업무 - 사단법인

구분		업무
자기부상열차 전문기관 핵심업무	대외협력	시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류
	홍보 및 마케팅	마케팅(홍보, 프로모션)
	시장개척	영업(시장개척), 국내외 관련 기관 네트워킹 및 파트너십
	기술사업화 컨설팅	사업화 타당성(경제성) 분석, 연구지원, 사업개발 및 컨설팅 지원, 프로젝트 수행 지원
기본업무	기획관리	사업화 기획 및 운영, 재원조달, 협력업체 관리
민간협력	기술지원	관련 기술 보유 기업 및 기관들과의 협력(민간기업 협력 인원)
	컨설팅 민영자회사	프로젝트 매니지먼트, 사업화 타당성 분석, 사업 개발 및 컨설팅, 타겟 국가 컨설팅 지원

- 컨설팅 민영자회사는 자기부상열차 수익 모델인 프로젝트 매니지먼트, 사업화 타당성 분석, 사업 개발 및 컨설팅, 타겟 국가 컨설팅 지원에 대하여 업무를 수행하며, 관련 커뮤니케이션의 지속성을 위한 업무 연계가 필요함.

- 자기부상열차 전문기관 사단법인의 지속적 사업화 고도화 단계의 핵심 업무인 기획관리, 대외협력, 홍보 및 마케팅, 시장개척, 기술사업화 컨설팅 수행을 위한 자기부상열차 기술사업화 전문기관 조직도를 살펴보면 다음과 같음.



[그림 958]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 조직도 - 사단법인

- 지속적 사업화 고도화 단계 사단법인 형태의 사업화 전문기관의 인원 구성은 다음과 같음.

[표 445]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 사단법인

팀	인원	직급구성
이사장	1	이사장 1명
기획관리	3	책임급 1명, 선임급 1명, 원급 1명
대외협력	2	선임급 1명, 원급 1명
홍보 및 마케팅	3	책임급 1명, 선임급 1명, 원급 1명
시장개척	3	책임급 1명, 선임급 1명, 원급 1명
기술사업화 컨설팅	4	책임급 1명, 선임급 2명, 원급 1명
합계	16	이사장 1명, 책임급 4명, 선임급 6명, 원급 5명

- 2-2단계(지속적 사업화 고도화 단계)는 2-1단계의 확대 및 고도화 단계이기 때문에, 조직의 장, 기획관리 팀, 대외협력 팀, 홍보 및 마케팅 팀,

시장개척 팀, 기술사업화 컨설팅 팀이 필요하며, 팀의 효율적 운영을 위해서 팀별 책임 또는 선임급이 추가적으로 필요함.

- 따라서 이사장 1인, 기획관리 팀 3인, 대외협력 팀 2인, 홍보 및 마케팅 팀 3인, 시장개척 팀 3인, 기술사업화 컨설팅 팀 4인이 필요함.

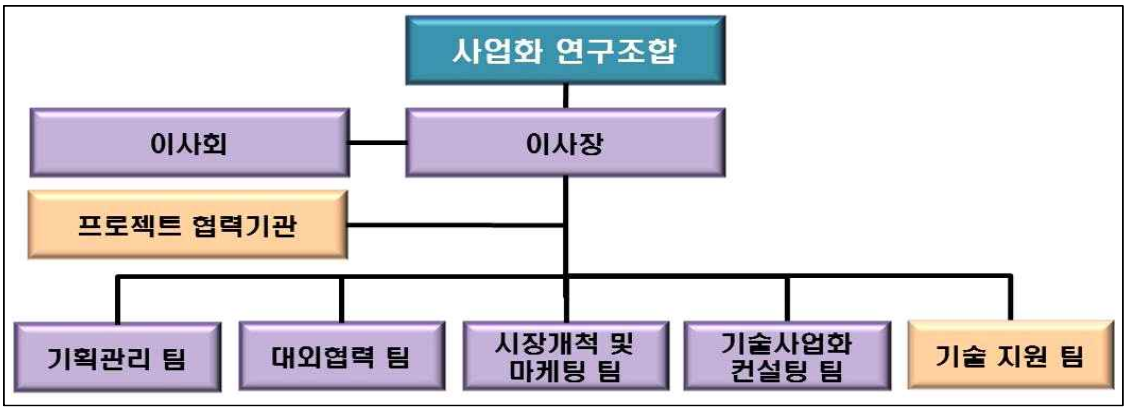
○ 연구조합

- 연구조합의 경우 사단법인의 홍보 및 마케팅 팀, 시장개척 팀을 연구조합 특성 및 구성 인원을 고려하여 시장개척 및 마케팅 팀으로 구성함.
- 지속적 사업화 고도화 단계(2-2단계)는 연구조합을 확대 운영하는 단계임.
- 지속적 사업화 고도화 단계(2-2단계)에는 자기부상열차 사업화 모델의 다양화 및 운영체계를 고도화하는 것에 중점을 둠.
  - 즉, 연구조합 형태로 지속적 사업을 수행하기 위한 수익 모델을 찾아서 조합원 및 정부 유과기관을 지원해줄 수 있도록 고도화를 수행하는 단계임.
- 지속적 사업화 고도화 단계에는 전문기관 지원 사업관련 사업화 모델 다양화 및 운영체계 고도화를 목표로 함.

[표 446]지속적 사업화 고도화 단계에 따른 전문기관 업무 - 연구조합

구분		업무
자기부상열차 전문기관 핵심업무	대외협력	시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류
	시장개척 및 마케팅	마케팅(홍보, 프로모션), 영업(시장개척), 국내외 관련 기관 네트워킹 및 파트너십
	기술사업화 컨설팅	사업화 타당성(경제성) 분석, 연구지원, 사업 개발 및 컨설팅, 프로젝트 수행 지원
기본업무	기획관리	사업화 기획 및 운영, 재원조달, 협력업체 관리
민간협력	기술지원	관련 기술 보유 기업 및 기관들과의 협력(민간기업 협력 인원)

- 지속적 사업화 고도화 단계의 수행 업무인 기획관리, 대외협력, 시장개척 및 마케팅, 기술사업화 컨설팅을 위한 연구조합 형태의 자기부상열차 기술사업화 전문기관 조직도를 살펴보면 다음과 같음.



[그림 959]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 조직도 - 연구조합

- 지속적 사업화 고도화 단계 연구조합 형태의 사업화 전문기관의 인원 구성은 다음과 같음.

[표 447]지속적 사업화 고도화 단계 사업화 전문기관 인원구성 - 연구조합

팀	인원	직급구성
이사장	1	이사장 1명
기획관리	2	책임급 1명, 선임급 1명
대외협력	2	책임급 1명, 선임급 1명
시장개척 및 마케팅	4	책임급 1명, 선임급 1명, 원급 2명
기술사업화 컨설팅	3	책임급 1명, 선임급 1명, 원급 1명
합계	12	이사장 1명, 책임급 4명, 선임급 4명, 원급 3명

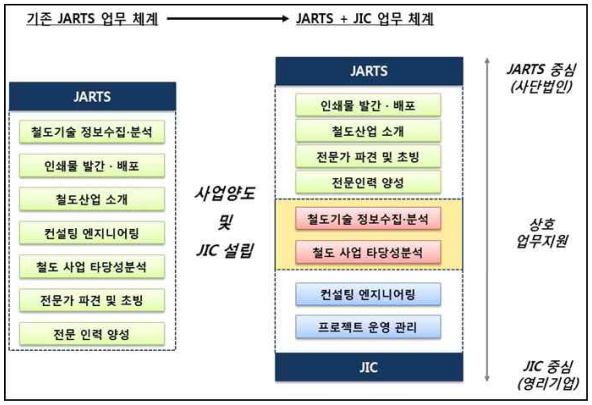
- 2-2단계(연구조합 전환 후 지속적 사업화 고도화 단계)는 독립된 형태이기 때문에, 조직의 장, 기획관리 팀, 대외협력 팀, 시장개척 및 마케팅 팀, 기술사업화 컨설팅 팀이 필요하며, 팀의 효율적 운영을 위해서 팀별 책임급 또는 선임급이 필요함.
- 따라서 이사장 1인, 기획관리 팀 1인, 대외협력 팀 2인, 시장개척 및 마케팅 팀 2인, 연구지원 팀 2인이 필요함.

○ 사단법인 + 민간기업 사례 : 일본 JARTS + JIC

- 해외 철도기술 진출을 위한 컨설팅, 정보수집 및 배포, 전문인력 양성 등의 수행을 목적으로 설립된 (사)일본철도기술협회(JARTS)가 해외 국가들의 컨설팅 의뢰 업무가 많아짐에 따라 영리법인인 ㈜일본국제컨설팅을 설

립하였음.

JARTS와 JIC의 업무 체계 변화



JIC의 설립 출자 구조

구 분		내 용	
자본금		• 4억 9,500 만엔 (약 56억 2,943 만원)	
출자구성	지방공기업	• **오사카시교통국(Osaka Municipal Transportation Bureau)**	**1%**
	특수기업	• 큐슈여객철도주식회사(Kyushu Railway Company)	1%
		• 니혼화물철도주식회사(Japan Freight Railway Company)	1%
	민영철도기업	• 히가시니혼여객철도주식회사(East Japan Railway Company)	53%
		• 니시니혼여객철도주식회사(West Japan Railway Company)	20%
		• 도쿄지하철주식회사(Tokyo Metro Co.,Ltd)	20%
		• 도쿄급행전철주식회사(TOKYU CORPORATION)	1%
		• 케이항전기철도주식회사(Keihan Electric Railway Co.,Ltd.)	1%
		• 세이부철도주식회사(SEIBU RAILWAY Co.,Ltd.)	1%
	일반기업	• 케이오전철주식회사(Keio Corporation)	1%

[그림 960]JARTS와 JIC의 업무체계 변화와 JIC 출자구조

- 일본의 철도기술 해외 진출 전문기관인 JARTS는 사단법인의 형태로 설립되어, 국가지원 및 회원사의 회비를 통해 운영되었으나, 이후, 관련 정보 수집 및 배포, 컨설팅, 프로젝트 운영관리 등의 수익을 통해 운영되었음.
- 일본의 철도기술의 우수성이 알려지면서 해외 국가들의 컨설팅 의뢰 업무 요청이 증가하여 영리법인인 JIC를 설립하여 컨설팅 업무만 분리하였음.
- JIC 설립 시 민간기업이 99% 출자하였고, 오사카시교통국이 1% 출자하였음.

라) 사업화 전문기관의 보수 체계

○ 정부기관의 정관 및 임원의 인사, 경영평가 등에 관한 내용은 「공공기관운영에 관한법률」에 규정되어 있으나 정부기관 보수체계에 관한 규정은 법률로 존재하고 있지 않음.

○ 사업화 전문기관은 초기 한국기계연구원에 업무 위탁을 하므로 임의적으로 결정하는 것보다는 한국기계연구원의 보수체계를 벤치마킹함으로써 보수체계에 대한 근거를 마련할 수 있음.

○ 기관장의 연봉은 2012년 현재 약 1억 5,800만원의 급여를 받고 있는 것으로 조사됨. 2012년 기관장의 전체 평균연봉은 1억 6,100만원이며, 공기업 약 2억 3,200만원, 준정부기관 1억 5,800만원, 기타공공기관 1억 4,900만원

으로 준정부기관장의 연봉현황과 유사한 수치임.

○ 직원 평균연봉은 2012년 현재 약 9,900만원의 급여를 받고 있는 것으로 조사됨. 2012년 직원 전체 평균연봉은 6,160만원이며, 공기업은 약 7,200만원, 준정부기관 6,180만원, 기타공공기관 5,980만원으로 다른 기관보다 높은 수치임. 한국기계연구원의 보수체계는 타 기관보다 높으므로 이를 조정하여 반영함.

○ 현재 대부분의 공공기관이 연봉제를 도입하고 있기 때문에 사업화 전문기관의 보수체계를 연봉제로 운영하는 방법이 바람직하다고 여겨짐.

- 연봉은 기본연봉, 성과연봉, 법정 수당으로 구성할 수 있음.
- 기본연봉은 해당직책과 직급을 반영하여 기본생활 보장을 위해 지급되는 기본적인 급여를 말함.
- 성과연봉은 전년도 업무실적의 평가결과를 반영해 기본연봉을 기본으로 차등 지급하는 기관장 경영평가 성과급과 개인 인센티브성과급을 말함(성과연봉은 상여금에 개념으로 다음 년도 기본 연봉에 누적되어 계상되지 않음).
- 법정수당은 급여 중에서 연봉 이외 근로기준법 및 기타 법령이 인정하는 수당과 부담금을 말함.

○ 본 연구에서는 단계별 사업화 전문기관의 조직 구조가 다르며, 사업화 전문기관 초기에는 업무 위탁으로 진행되므로, 상용화/수출 단계부터 이사장 및 책임급 연구원을 포함하여 책정함. 직원 기본연봉 책정은 '국가식품클러스터 지원센터 기본계획수립 연구'사업(2010)에 적용된 기준을 근거로 책정하였음.

- 직원의 기본연봉 책정

  ▪ 신규 임용된 직원의 최초 연봉은 직급별 연봉기준표에 따라 상한 연봉액과 하한 연봉액 사이에서 업무성격, 전문성, 채용대상자의 경력 등을 감안하여 이사장이 결정할 수 있도록 함.

  ▪ 기존 직원의 연봉은 매년 1월 1일을 기준으로 업무성과의 평가결과를 토대로 산정식에 의해 연봉을 조정함.

  ▪ 사업화 전문기관의 직급별 기본연봉 기준표는 다음과 같음.

[표 448]직급별 기본연봉 기준표

직급	상한(천원)	하한(천원)
수석급	88,572	69,433
책임급	74,990	57,630
선임급	62,386	44,307
원급	42,900	27,800

- 기본연봉 = 전년도 기본연봉 + 기본연봉누적계수 × 기본연봉인상율
- 기본연봉누적계수 = 전년도 기본연봉 × 성과포인트
- 기본연봉인상률 = 기본연봉인상재원 ÷ 기본연봉누적계수의 합
- 평가등급 및 배분 : 인사규정상의 근평등급 및 인원배분을 기준으로 배분

[표 449]평가등급별 인원비율 및 성과포인트 예시

평가등급	S등급	A등급	B등급	C등급	D등급
인원비율	10%	20%	40%	20%	10%
성과포인트	1.2	1.1	1.0	0.9	0.8

○ 사업화 전문기관 인건비 예상

- 1인당 기본연봉액은 직급별 연봉 상한액과 하한액 사이 중간으로 결정함.
- 1인당 법정수당은 정부산하기관의 평균 법정수당액을 감안하여 기본 연봉액의 12%를 법정수당으로 결정함.
- 퇴직금은 기본연봉액을 12개월로 나눈 금액으로 함.
- 4대 보험료는 법에 의해 전문기관이 부담하는 보험액으로 산정함.

- 단계별 인건비 추정

[표 450]2014년 인건비 추정 - 업무위탁

직급	인원수(명)	1인당 기본연봉액(천원)	1인당 법정수당(천원)	(A) 임금 합계(천원)	(B) 퇴직적립금(천원)	(C)4대보험료(전문기관 부담금)(천원)	인건비(천원) (A+B+C)
이사장	-						
책임급	-						
선임급	2	53,347	6,402	119,498	8,891	9,672	138,061
원급	2	35,350	4,242	79,184	5,892	6,408	91,484
합계	**4**	**88,697**	**10,644**	**198,682**	**14,783**	**16,080**	**229,545**

[표 451]2015년 인건비 추정 - 사단법인

직급	인원수 (명)	1인당 기본연봉액 (천원)	1인당 법정수당 (천원)	(A) 임금 합계 (천원)	(B) 퇴직적립금 (천원)	(C)4대보험료 (전문기관 부담금) (천원)	인건비 (천원) (A+B+C)
이사장	1	82,000	9,840	91,840	6,833	7,428	106,101
책임급	3	66,310	7,957	222,801	16,578	18,000	257,379
선임급	2	56,104	6,722	125,652	9,351	10,872	145,875
선임급*	3	53,347	6,402	179,247	13,337	15,516	208,100
원급	2	37,118	4,454	83,144	6,186	6,720	96,050
원급*	1	35,350	4,242	39,592	2,946	2,616	45,154
합계	12	330,229	39,617	742,276	55,230	61,152	858,658

- 전년대비 5%의 임금 상승을 가정함.

[표 452]2015년 인건비 추정 - 연구조합

직급	인원수 (명)	1인당 기본연봉액 (천원)	1인당 법정수당 (천원)	(A) 임금 합계 (천원)	(B) 퇴직적립금 (천원)	(C)4대보험료 (전문기관 부담금) (천원)	인건비 (천원) (A+B+C)
이사장	1						-
책임급	0						-
선임급	2	56,104	6,722	125,652	9,351	10,872	145,875
선임급*	2	53,347	6,402	119,498	8,891	10,344	138,733
원급	0						-
원급*	3	35,350	4,242	158,368	11,783	7,848	177,999
합계	7	144,801	17,366	403,518	30,025	29,064	462,607

[표 453]2016년 인건비 추정 - 사단법인

직급	인원수 (명)	1인당 기본연봉액 (천원)	1인당 법정수당 (천원)	(A) 임금 합계 (천원)	(B) 퇴직적립금 (천원)	(C)4대보험료 (전문기관 부담금) (천원)	인건비 (천원) (A+B+C)
이사장	1	86,100	10,332	96,432	7,175	7,800	111,407
책임급	3	69,626	8,355	233,943	17,407	18,930	270,280
책임급*	1	57,630	5,763	63,393	4,803	5,220	73,416
선임급	5	57,695	5,770	317,325	24,040	27,180	368,545
선임급*	1	54,946	5,495	60,441	4,579	4,968	69,988
원급	3	37,118	4,454	124,716	9,280	10,080	144,076
원급*	2	27,800	2,780	61,160	4,633	5,040	70,833
합계	**16**	**390,915**	**42,949**	**957,410**	**71,916**	**79,218**	**1,108,544**

[표 454]2016년 인건비 추정 - 연구조합

직급	인원수 (명)	1인당 기본연봉액 (천원)	1인당 법정수당 (천원)	(A) 임금 합계 (천원)	(B) 퇴직적립금 (천원)	(C)4대보험료 (전문기관 부담금) (천원)	인건비 (천원) (A+B+C)
이사장	1						-
책임급	-						-
책임급*	4	57,630	5,763	253,572	19,212	20,880	293,664
선임급	-						-
선임급*	4	54,946	5,495	241,764	18,315	19,872	279,951
원급	3	37,118	4,454	124,716	9,280	10,080	144,076
원급*	-						-
합계	**11**	**149,694**	**15,712**	**620,052**	**46,807**	**50,832**	**717,691**

- 전년대비 4%의 임금 상승을 가정함.
- 2016년에 새로 고용된 경우에는 직급별 연봉 하한액으로 함.
- 법정수당은 기본연봉의 10%로 가정함.

마) 사업화 전문기관 운영비 예산

○ 연도별 운영비 추정 소요예산

- 연도별 운영비 추정 항목은 기획재정부 2014년도 예산안 편성지침 내용을 참조하였으며, 세부적으로는 자산취득비, 운영비, 업무추진비, 직무수행경비, 여비 등으로 구성함.

[표 455]과목별 세부 내역

계정과목	세부내역
자산취득비	차량, 운반구 및 공구, 기구 비품, 사무 가구 및 집기(PC, 프린터 등)
운영비	일반수용비(사무용품 구입비, 홍보물 제작비, 소모성 물품 구입비, 간행물 등 구입비, 비품 수선비, 공고료 및 광고료 등), 공공요금 및 제세, 임차료, 위탁사업비(청소 용역, 장비유지관리), 기타 운영비
업무추진비	사업추진비(정례회의비, 외빈초청 접대 경비, 행사 경비 등), 업무비(업무협의, 간담회, 체육대회 등)
직무수행경비	직급보조비 월정직책급, 특정업무경비
여비	국내 여비, 해외 여비

* 계정과목은 기획재정부 2014년도 예산안 편성지침 기준 참조

- 운영비 추정 예산은 '국가식품클러스터 지원센터 기본계획수립 연구'사업(2010)에 적용된 기준을 근거로 책정하였으며, 인건비 추정예산을 기준으로 운영비를 산정하여 조정하였음.

▪ 2014년도 전체 운영비 예산은 당해연도(상·하반기 중 하반기를 기준으로 함) 인건비의 약 43%로 산정하였으며, 위탁운영임을 감안하여 조정함.

▪ 2015년도 전체 운영비 예산은 사단법인의 경우 당해연도 인건비의 약 35%, 연구조합의 경우 당해연도 인건비의 약 43%로 산정하였으며, 사단법인 및 연구조합 초기 설립 및 마케팅을 위한 비용을 고려하여 조정함.

▪ 2016년도 전체 운영비 예산은 사단법인의 경우 당해연도 인건비의 약 45%, 연구조합의 경우 당해연도 인건비의 약 49%로 산정하였으며, 사단법인 및 연구조합 설립 이후 대내외적인 마케팅, 홍보 및 교육 관련 사업 등을 고려하여 조정함.

[표 456]연도별 운영비 예산

(단위 : 천원)

구분	2014년	2015년		2016년	
		사단법인	연구조합	사단법인	연구조합
자산취득비	8,000	51,000	34,000	35,000	24,500
운영비	50,000	150,000	100,000	300,000	210,000
업무추진비	30,000	90,000	60,000	150,000	105,000
직무수행경비	6,000	6,000	4,000	10,000	7,000
여비	6,000	3,000	2,000	5,000	3,500
합계	**100,000**	**300,000**	**200,000**	**500,000**	**350,000**

- 과목별 예산은 세부 내역을 고려하여 다음과 같이 예산 금액을 산정함.

  ▪ 2014년도 과목별 예산은 전체 운영비 예산을 기준으로 비율을 산정함. 자산취득비(8%), 운영비(50%), 업무추진비(30%), 직무수행경비(6%), 여비(6%).

  ▪ 2015년도 과목별 예산은 사단법인 설립 시 필요한 자산 취득을 고려하여 전체 운영비 예산을 기준으로 비율을 산정함. 자산취득비(17%), 운영비(50%), 업무추진비(30%), 직무수행경비(2%), 여비(1%).

  ▪ 2016년도 과목별 예산은 마케팅 등을 고려하여 전체 운영비 예산을 기준으로 비율을 산정함. 자산취득비(7%), 운영비(60%), 업무추진비(30%), 직무수행경비(2%), 여비(1%).

○ 사업화 전문기관의 보수체계를 근거로 산정한 인건비와 운영비를 종합하면 다음과 같음.

[표 457]사업화 전문기관 연도별 전체 예산

(단위 : 천원)

구분	2014년	2015년		2016년	
		사단법인	연구조합	사단법인	연구조합
인건비	230,000	860,000	463,000	1,110,000	720,000
운영비	100,000	300,000	200,000	500,000	350,000
사업비	500,000	1,000,000	1,000,000	1,500,000	1,500,000
합계	**830,000**	**2,160,000**	**1,663,000**	**3,110,000**	**2,570,000**

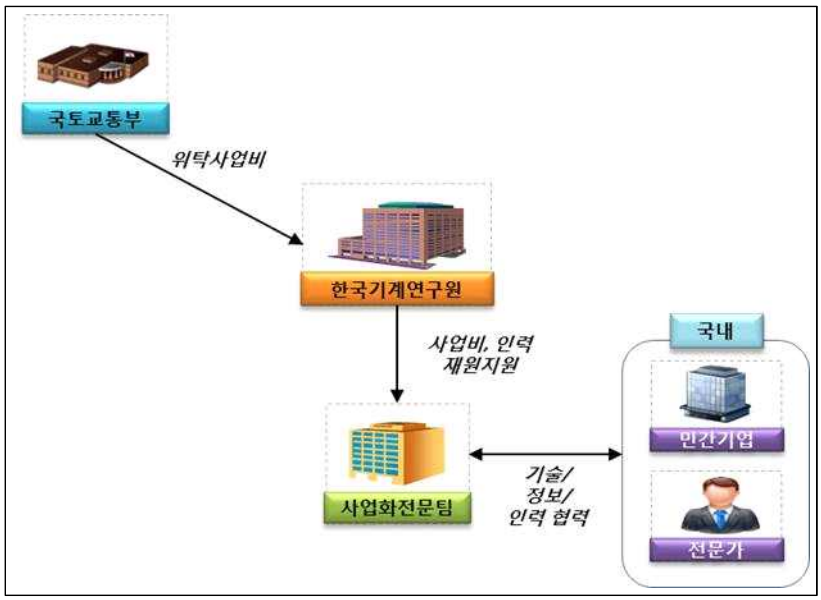
3) 전문기관 재원 조달 체계 및 수익 모델

가) 1단계 : 업무위탁

○ 초기 설립 단계에서 재원 조달은 주로 주관부처인 국토교통부와 사업을 수행할 기관인 한국기계연구원에서 이루어지며, 이를 위한 내부 규정이 우선 확인되어야함.

○ 업무위탁 기간은 자기부상열차 활성화 체계 기반 확립 단계로 주요 업무는 시장조사 및 DB 구축, 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 국내외 네트워킹 체계 구축, 기술교류 등이며, 추가 지원 업무는 연구지원, 인력교육 등이 수행됨.

- 업무위탁 기간에는 주로 사업화 기반 구축 단계 및 전문기관의 지원서비스 기획/구축 및 사업화 서비스 제공을 위한 업무들로 진행되므로 실직적인 수익이 발생할 수 있는 구조는 아님. 그러나 추후 사업화 전문팀이 안정화되면 수익이 발생할 수 있는 업무는 연구용역 수주, 철도경영자문 및 인력 교육 등이 가능함.



[그림 961]업무위탁 재원조달 체계

○ 업무 위탁 재원 조달 방안

- 한국기계연구원 내부 규정 기반 사업화 전문팀 사업비 조달.

- 수행기관인 한국기계연구원은 위탁사업을 진행 할 추진부서(팀) 또는 센터를 설립하는데 필요한 사업비, 인력, 재원 등을 조달.

○ 참여 유관 기관 재원 조달 방안

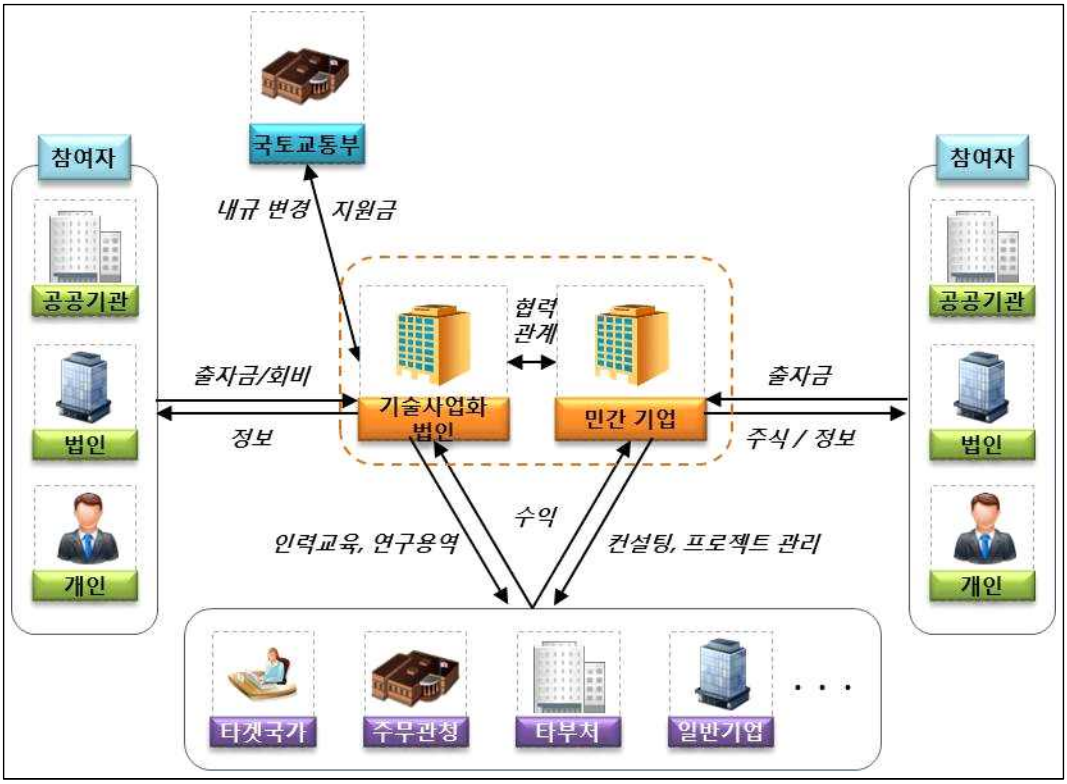
- 민간 기업 지적재산권, 관련 정보, 인력 협력 조달 가능함.
- 자기부상열차 기술 활용을 위한 민간 기업의 참여 의지가 존재함
- 민간 기업의 관련 기술, 정보, 인력 협력 등 지원 의지가 있음.
- 기술 선진화를 통한 사업 활성화를 위한 정책적 지원 필요 : 향후 관련 기술 개발 참여 및 컨퍼런스 개최 등 지원체계 요청함.

나) 2단계 : 사단법인+민간기업 / 연구조합

○ 사단법인+민간기업 구조

- 상용화/수출 초기 지원 단계는 업무위탁 운영에서 사단법인으로 전환하는 시기이며, 한국기계연구원 주관으로 사단법인을 설립하고 독립적인 사업화 전문기관의 기반을 마련하여 사업화 모델 및 운영 체계 확립을 목표를 갖춤.
- 지속적 사업화 고도화 단계에서는 비수익 모델 측면에서는 사단법인, 지속적 수익 모델 측면에서는 민간 컨설팅 기업을 확대 운영하는 단계임.
  - 기술 사업화 법인과 민간 컨설팅 기업은 각각 공공기관, 민간법인(영리, 비영리법인), 개인이 출자하여 설립하며, 사단법인의 경우에는 국토교통부의 관련법에 근거하여 지원금을 받을 수 있음.
- 기술 사업화 법인 및 민간 컨설팅 기업 설립은 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화를 위한 것으로 상용화/수출 초기 지원 단계와 지속적 사업화 고도화 단계로 업무를 구분함.
  - 상용화/수출 초기 지원 단계는 민간 컨설팅 기업은 설립 이전이며, 비영리 사단법인 형태로 기술 사업화 법인이 운영되는 단계이며, 주요업무는 사업화 기획 및 운영, 재원조달 방안 마련, 협력업체 관리, 시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류, 마케팅(홍보, 프로모션), 영업(시장개척), 국내·외 기관 네트워킹 및 파트너십, 사업화 타당성(경제성) 분석, 연구지원 등이 수행됨.
  - 지속적 사업화 고도화 단계는 기술 사업화 비영리 법인과 민간 컨설팅 기업으로 업무를 이원화는 단계이며, 기술 사업화 법인의 주요업무는

상용화/수출 초기 지원 단계와 동일함. 단, 기존의 기술사업화 컨설팅 업무 중 수익 창출 부분이 민간 컨설팅 기업으로 이관됨. 민간 컨설팅 기업의 주요업무는 이관 받은 기술 사업화 컨설팅 업무인 사업화 타당성 분석, 사업개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 사업 운영관리를 수행하며, 기술사업화 법인과의 지속적인 커뮤니케이션을 통하여 업무를 연계함.



[그림 962]사단법인+민간기업 재원조달 체계

○ 사단법인 재원 조달 방안

- 기술사업화 법인은 국토교통부 내부 규정 변경을 통한 지원금과 회원의 출자금으로 설립함.

- 기술 사업화 법인의 자립화를 위한 수익구조가 갖추어 져야 하며, 이는 사단법인인 기술 사업화 법인과 민간 컨설팅 기업 별로 다른 수익구조를 가짐.

  ▪ 기술 사업화 법인 : 타겟국가, 주무관청(국토교통부), 타부처, 일반기업 등으로부터 전문인력 교육, 연구용역을 수행함으로써 운영에 필요한 자금을 조달함.

▪ 민간 컨설팅 기업(사업 활성화 시 설립) : 영리목적의 컨설팅, 프로젝트 관리 등을 수행함으로써 운영에 필요한 자금을 조달함.

○ 참여 유관기관 재원 조달 방안

- 민간 기업 소정의 회비, 지적재산권, 관련 정보, 인력 협력 조달 가능함.
- 자기부상열차 기술 활용을 위한 민간 기업의 참여 의지가 존재함.
- 관련 소정의 회비, 기술, 정보, 인력 협력 등 지원 의지가 있음.
- 기술 선진화를 통한 사업 활성화를 위한 정책적 지원 필요 : 투자 회수를 위한 R&D 세금 감면, 향후 관련 기술 개발 참여 및 컨퍼런스 개최 등 지원 체계 요청

○ 연구조합

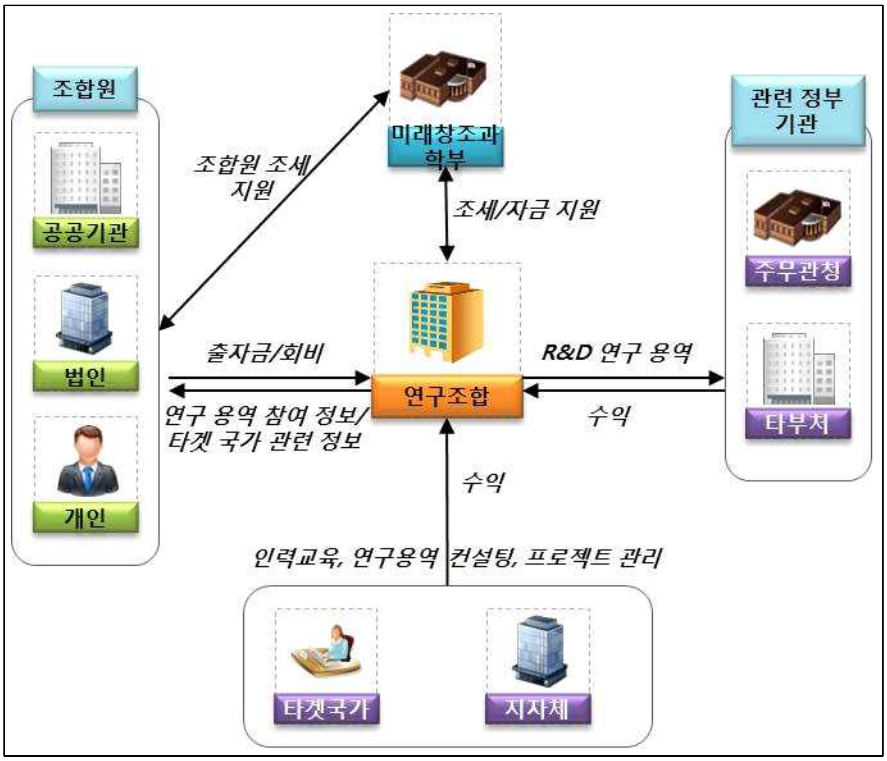
- 상용화/수출 초기 지원 단계는 업무위탁 운영에서 연구조합으로 전환하는 시기이며, 한국기계연구원 주관으로 연구조합을 설립하고 사업화 전문기관의 기반을 마련하여 사업화 모델 및 운영 체계 확립을 목표를 갖춤.
- 지속적 사업화 고도화 단계에서는 수익사업이 가능하므로 조직 확대 및 인원 충원을 통하여 확대 운영하는 단계임.

▪ 기술 사업화 연구조합은 산업기술연구조합육성법에 근거하여 지원금을 받을 수 있음.

- 기술 사업화 연구조합은 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화를 위한 것으로 상용화/수출 초기 지원 단계와 지속적 사업화 고도화 단계로 업무를 구분함.

▪ 상용화/수출 초기 지원 단계는 연구조합 설립 초기단계이며, 주요업무는 사업화 기획 및 운영, 재원조달 방안 마련, 협력업체 관리, 시장조사 및 DB 구축, 인력교육, 기술교류, 마케팅(홍보, 프로모션), 영업(시장개척), 국내·외 기관 네트워킹 및 파트너십, 사업화 타당성(경제성) 분석, 연구지원 등이 수행됨.

▪ 지속적 사업화 고도화 단계는 연구조합 확대 운영 단계이며, 주요업무는 상용화/수출 초기 지원 단계와 동일함. 단, 기존의 연구지원 부서가 기술사업화 컨설팅 팀으로 확대 개편 및 책임급 인원 충원함.



[그림 963]연구조합 재원조달 체계

○ 연구조합 재원 조달 방안

- 기술사업화 연구조합은 조합원의 출자금과 관련 기술 개발 참여 및 연구 용역 등을 통한 부차적인 재원 조달이 가능함.
- 산업기술연구조합 육성법령에 의해 연구 성과를 기업화하는 필요 자금 일부를 지원 받을 수 있음.
- 조합원의 초기 출자금 및 연간 회비로 예산을 확보함.
- 연구조합의 정부 R&D 기술 개발 우선 참여 가능함.
- 도시형자기부상열차 관련 연구 용역 참여를 통한 자체 기술력 확보 및 조합 운영.

○ 참여 유관 기관 재원 조달 방안

- 민간 기업의 조합원비, 지적재산권, 관련 정보, 인력 협력 조달이 가능함.
- 자기부상열차 기술 활용을 위한 민간 기업의 참여 의지가 존재하며, 관련 소정의 조합비, 기술, 정보, 인력 협력 등 지원 의지가 있음.
- 연구조합 참여 민간 기업 혜택이 존재함 : 조세 특례 제한법에 따라 조세

상 지원 가능(소득세, 법인세 공제, 부가가치세 변제, 개별소비세 면제, 관세 경감 등).

(나) 자기부상열차 전문기관 운영방안 도출

1) 전문기관 파트너십 체계

○ 파트너십은 사업화 전문기관과 유관기관 및 관련 기업 간 네트워크 형성, 협력의 지속적 관계를 의미함.

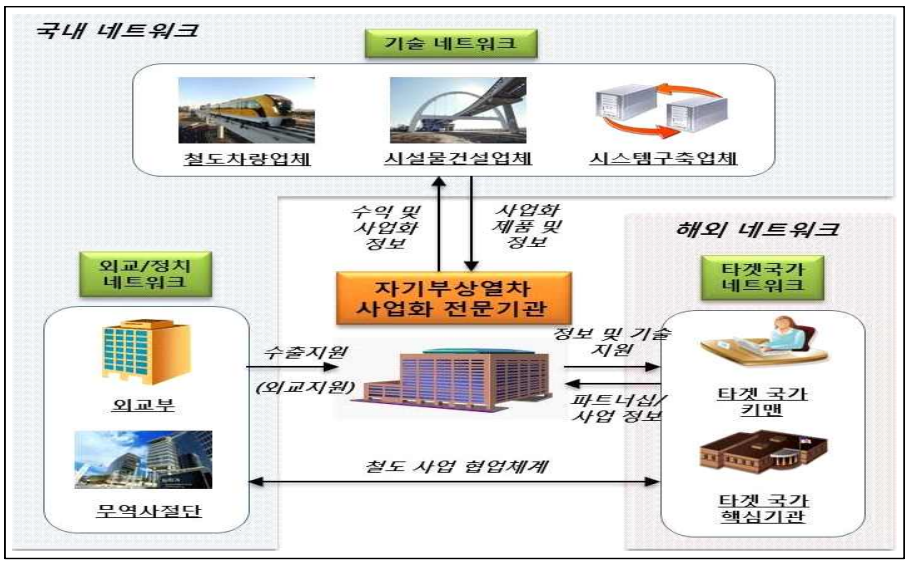
- 전문기관과 국내 유관 기관, 회원사 및 기업 간 구조 관계는 물론 해외 타겟 국가 및 관련 기업 활동과 관련된 여타의 모든 유관 기관 및 기업들과의 관계유형을 포괄함.

○ 자기부상열차 전문기관 파트너십 체계는 기술 사업화 전문기관 수행업무 주요 내용(국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십, 타겟 국가 환경 및 정보수집, 타겟 국가 마케팅, 사업 개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 전문가양성 교육 및 지원)을 기반으로 구성하였음.

가) 국내·외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십

○ 자기부상열차 상용화 기반 구축을 위한 국내·외 네트워킹 및 파트너십 구축은 전문기관이 수행해야 할 핵심 업무 중 하나임.

○ 상용화 기반 구축을 위해서는 필요한 기술(철도차량, 철도시설, 시스템구축 등)을 확보한 민간기업 또는 공공기관과의 파트너십 구축이 중요함.



[그림 964]국내·외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십 체계

- 기술을 가진 파트너에게 사업 수익, 관련 정보 등의 이익을 주고, 사업화에 필요한 기술 및 정보를 제공 받음.

○ 파트너십을 통해 확보한 기술력을 기반으로 타겟 국가의 핵심인물(Key-Man), 사업을 추진할 핵심기관(철도 사업 주관기관, 철도정책에 영향을 주는 유관기관 등)과의 네트워킹을 구축해야함.

- 사업화 전문기관은 타겟 국가 네트워크에 철도 관련 정보제공, 기술지원을 협력하고, 타겟 국가의 핵심인물 및 기관과 파트너십을 맺어 사업개발, 사업에 영향을 미치는 정보(정책, 시장동향, 타 경쟁기관의 정보 등)를 제공받음.

○ 국내 네트워크로는 해외 타겟 국가 진출을 지원할 외교부, KOTRA(Korea Trade-Investment Promotion Agency, 대한무역투자진흥공사) 등과 파트너십을 체결함.

- 타겟 국가의 핵심인물, 핵심기관과의 채널 확보를 위해 외교부의 지원이 필요하며, KOTRA를 통해 타겟 국가에 관한 정보(주요 거래 국가, 국가 채무상태 등)를 제공받음.

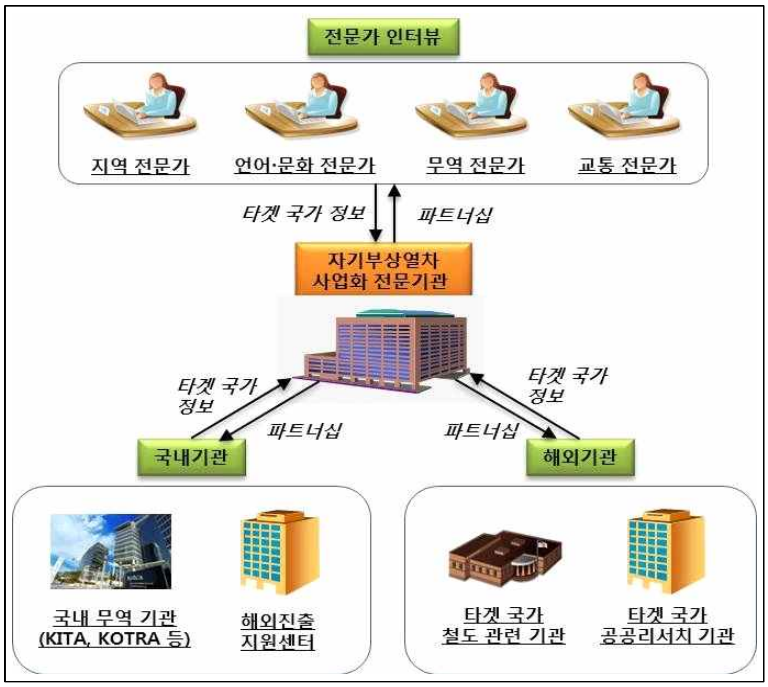
- 또, 국내 네트워크는 타겟 국가의 사업 관련 기관들과의 직접적인 접촉을 통해 사업 수주를 위한 지원 활동을 할 수 있음.

나) 타겟 국가 환경/정보수집

○ 타겟 국가 현지 대응형 사업화 시스템 및 지속가능한 비즈니스 모델개발에 있어 가장 중요한 것은 타겟 국가에 대한 정보(교통환경, 경제, 사회, 문화 등)이며, 이를 수집하기 위한 협업체계는 전문가집단, 국내 관련기관, 타겟 국가 내의 관련기관과의 파트너십을 유지하고 있어야 함.

○ 타겟 국가의 교통, 무역, 경제와 같은 사업에 직접관련 있는 정보와 지역, 언어·문화, 종교, 풍습 등의 사업에 간접적으로 관련 있는 정보까지 수집하기 위해서는 국내·외 전문가와의 인터뷰를 실시함.

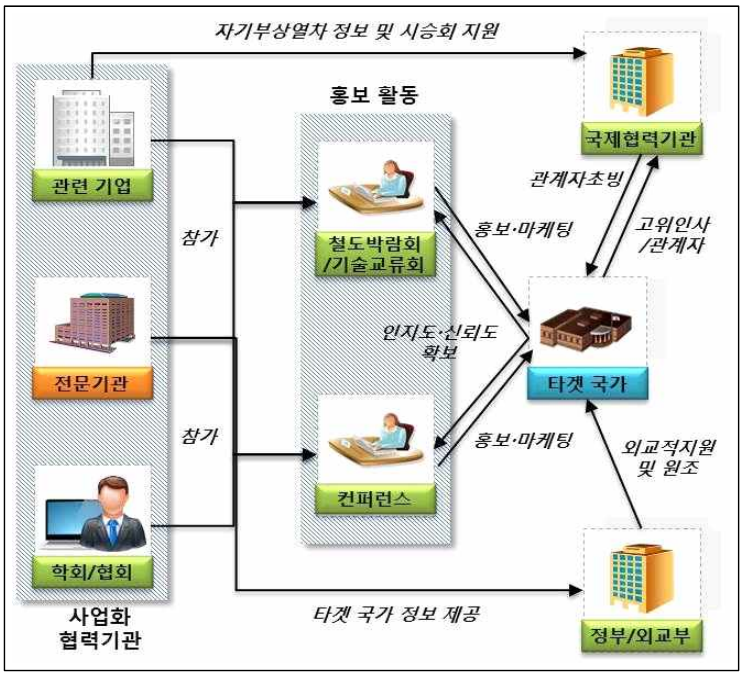
○ 타겟 국가 전문가 외에도 국내 관련기관과 타겟 국가 기관을 통해 필요한 정보를 수집할 수 있음. KITA(Korea International Trade Association, 한국무역협회)나 KOTRA와 같은 국내 무역 전문기관이나 타겟 국가의 철도, 무역 등의 관련기관을 통해 필요한 정보를 획득함.



[그림 965]타겟 국가 환경 및 정보수집 체계

다) 타겟 국가 마케팅

○ 타겟 시장에 진입을 목표로 사업 추진 배경 및 목적에 대해 파악하고, 이를 마케팅 전략 및 방향성에 반영하여 현지 대응형 사업화 시스템 및 지속가능한 비즈니스 모델을 개발함.



[그림 966]타겟 국가에 대한 마케팅 체계

○ 타겟 국가 시장으로 진입하기 위한 마케팅 전략 수립은 전문기관이 가져야 할 기능 중에 하나며, 이를 위해 사업배경 및 목적을 파악하고 있어야 함.

- 사업배경 및 목적을 파악하고, 이를 통해 전략의 방향성, 수단, 수행조직 등을 기획 할 수 있음.

○ 타겟 국가의 관계자를 초빙하거나, 국제 박람회, 국제 컨퍼런스 등에 참석하여 자기부상열차 기술 및 제품의 우수성을 홍보함.

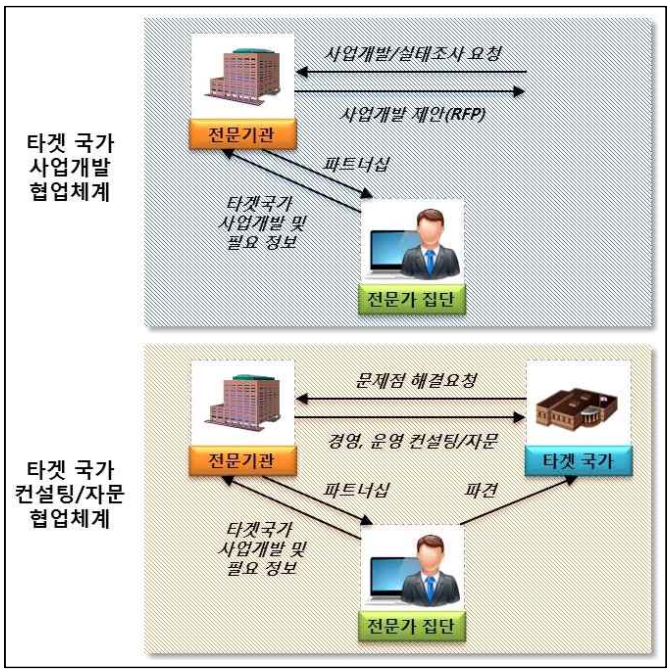
- 타겟 국가의 정치인, 고위 인사 및 철도 관계자 등을 초빙하여 국내 기술력, 안전성 등을 홍보하여 사업 수행으로 이어지게 함.

○ 정부의 외교적 지원을 통해 철도 기술 경쟁력, 가격 경쟁력외의 추가적인 경쟁력을 확보하고 있어야함.

- 자기부상열차 도입 시 추가적인 원조(경제, 국방, 과학, IT등)를 제시하여 경쟁기관과의 경쟁에서 우위를 점할 수 있음.

라) 사업 개발 및 컨설팅

○ 타겟 국가의 사업 타당성, 경제성 등을 컨설팅하면서 사업 개발에 필요한 정보를 수집하고, 이를 통해 사업 개발 가능성을 파악하고, 사업을 제안 및 잠재국가 파악을 목적으로 함.



[그림 967]사업 개발 및 컨설팅 체계

○ 타겟 국가에서 사업개발, 실태조사 등을 의뢰하면 사업화 전문기관은 네트워킹 구축되어져 있는 전문가집단에 의뢰해 사업개발에 필요한 정보, 해결방안, 정책적 방향성, 국내 철도 기술 도입 시 해결가능 여부에 대한 자문 등의 정보를 얻어 타겟 국가에 제시해줌.ㅡ

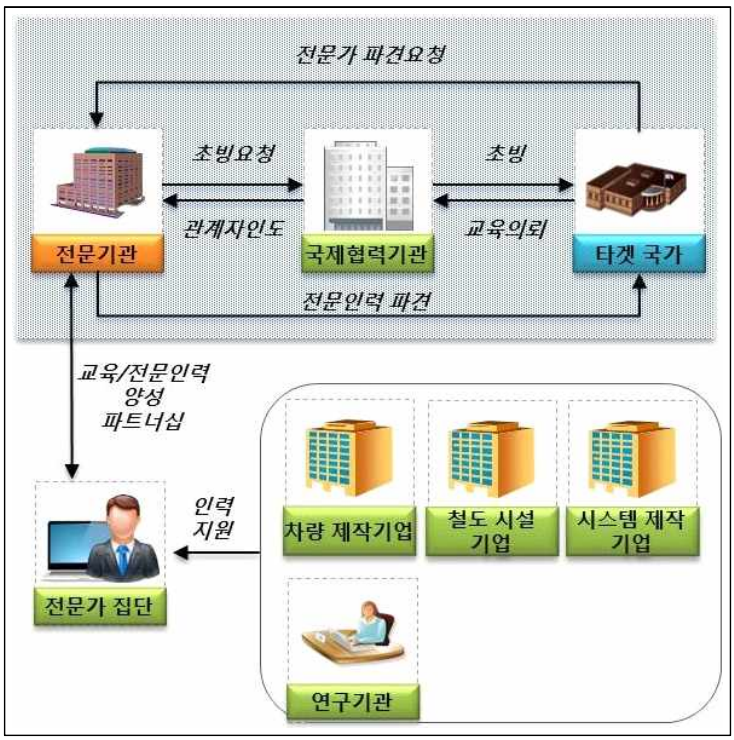
○ 타겟 국가에서 교통·철도 문제점에 대한 컨설팅을 의뢰할 시 전문기관은 전문가 집단을 타겟 국가에 파견하여 경영, 운영에 대한 컨설팅을 실시하게 함.

○ 이러한 과정을 통해 얻어진 정보를 바탕으로 타겟 국가에 정책적 제언, 협력사업 제안, 사업개발 등의 RFP를 제안하여 타겟 국가에 진출할 수 있음.

마) 전문가 양성 교육 및 지원

○ 해외 시장 진출을 위해 필요한 전문 인력을 양성 및 확보하여 타겟 국가에 파견하여 국내 기술 인지도 향상을 목적으로 하는 업무임.

○ 타겟 국가 내에서 국내 기술의 홍보와 타겟 국가 정보 수집, 전문 인력의 해외 현장 경험 축적 등의 다양한 장점이 있는 사업화 전문기관의 핵심 업무임.



[그림 968]전문가 양성 교육 및 지원 체계

○ 전문 인력 양성 프로그램을 설계, 운영하여 국내 철도 전문가를 양성 및 확보하며, 타겟 국가에서 전문 인력 파견 요청 시 파견하여 국내 기술의 인지도 향상, 홍보, 정보수집의 업무를 수행하게 함.

○ 타겟 국가의 철도 관련 인력의 교육을 국제협력기관을 통해 요청 할 시에는 사업화 전문기관에서 파트너 관계를 맺고 있는 차량, 철도시설, 시스템, 운영 등의 전문 기업체 및 공공기관과 협력하여 교육을 지원함.

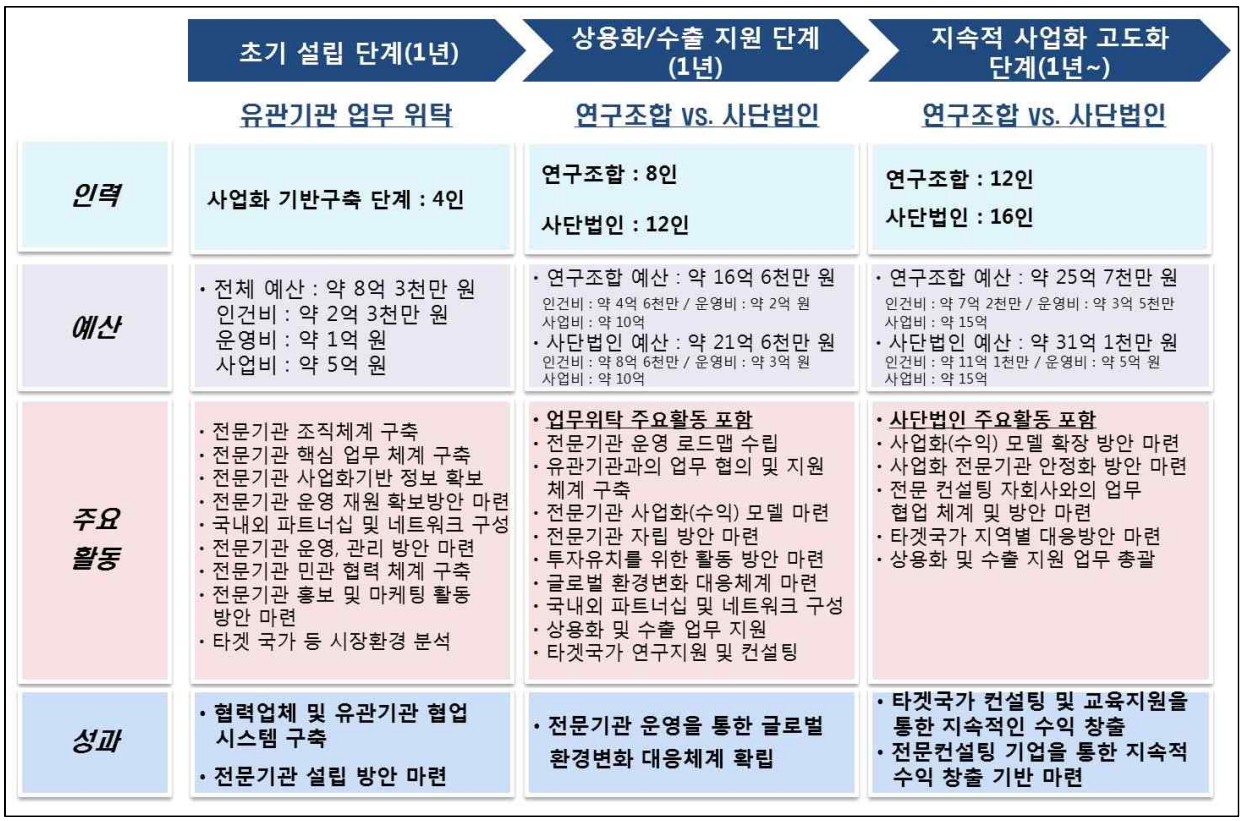
2) 전문기관 운영 단계별 발전 방안

○ 전문기관 운영 단계는 유관기관 업무위탁으로 시작하여 상용화/수출 단계에는 사단법인 및 연구조합 형태의 기술 사업화 전문기관 설립함. 고도화 단계에는 사단 법인의 경우 기술 사업화 전문기관의 컨설팅 사업부분을 이관하여 컨설팅 전문 민간 기업을 설립하며, 연구조합의 경우 조직 개편 및 인력 충원을 통한 확대 운영함.

○ 초기단계 업무위탁, 상용화/수출단계 및 지속적 사업화 고도화 단계의 사단법인과 연구조합의 단계별 운영을 위한 주요 활동들은 총 3단계로 정리하였으며, 상세 기술 사업화 실행 단계에 따른 주요 활동은 차이가 있음. 또한 주요 활동들은 단계별로 구분할 수 있으나, 단계에 걸쳐 연속성을 갖는 활동들이 존재함.

1. 초기 단계 : 유관기관 업무위탁(지원서비스 기획/구축 단계 및 사업화 서비스 제공 단계)
▪ 전문기관 조직체계 구축 ▪ 전문기관 핵심 업무 체계 구축 ▪ 전문기관 사업화 기반 정보 확보 및 관련 DB 구축 ▪ 전문기관 운영 재원 확보 방안 마련 ▪ 전문기관 관리 방안 마련 ▪ 전문기관 민관 협력 체계 구축 ▪ 해외 파트너십 및 네트워킹 구축 ▪ 전문기관 홍보 및 마케팅 활동 방안 마련
2. 상용화/수출 단계 : 기술 사업화 전문기관(상용화/수출 초기 지원 단계)
▪ 전문기관 운영에 대한 로드맵 수립 ▪ 유관기관과의 업무 협의 및 지원체계 구축 ▪ 전문기관 사업화(수익) 모델 마련

▪ 전문기관 자립 방안 마련 ▪ 전문기관 투자유치를 위한 활동 방안 마련 ▪ 글로벌 환경 변화 대응 체계 마련 ▪ 국내외 파트너십 및 네트워킹 확대 ▪ 상용화 및 수출 초기 단계 사업의 지원 업무 ▪ 타겟 국가 연구 및 컨설팅 지원
3. 고도화 단계 : 기술 사업화 전문기관 및 컨설팅 전문 민간 기업(지속적 사업화 고도화 단계)
▪ 사업화(수익) 모델 확장 방안 마련 ▪ 사업화 전문기관 안정화 방안 마련 ▪ 타겟 국가 지역별 대응방안 마련 ▪ 컨설팅 전문 자회사와의 업무 협업 체계 및 방안 마련(사단법인) ▪ 상용화 및 수출 지원을 위한 업무 총괄



[그림 969]전문기관 운영 단계별 발전 방안

(10) 전문기관 설립 결과 및 시사점 도출

(가) 자기부상열차 사업화 전문기관 설립 결과의 요약

○ 글로벌 위기 극복을 위하여 많은 국가들이 주요 R&D 개발에 투자를 하고 있으며, 개발 기술의 사업화를 위한 부차적인 노력을 수행하고 있음.

○ 자기부상열차 사업 또한 획기적 철도 선진화 기술로서 도시형 자기부상열차 개발을 수행하였으며, 이제 사업화를 위한 비즈니스 모델의 개발의 필요성이 필수적으로 대두되고 있음.

○ 본 연구는 자기부상열차의 글로벌 사업화를 위한 기술사업화 전문기관 설립을 위한 체계 구축 및 전략적 방향을 제시함으로써 장기적으로는 국가 R&D 사업의 기술사업화 선진 구축사례를 제시하고자 함. 즉 도시형자기부상열차 전문기관 설립 및 운영 방안을 도출함으로써, 자기부상열차 실용화사업 이후 사업화 시, 전문기관이 비용 대비 최대 효과를 얻을 수 있도록 설립 체계 및 운영 체계를 도출하는 것임.

○ 본 연구를 위하여 사업화 전문기관 현황 분석을 실시하였음. 기술사업화 문헌 분석을 통하여 특성 및 유형, 성공요인을 도출하였으며, 사회간접자본 기술사업화를 위한 요건과 수행 체계를 도출함. 또한 국내외 기술사업화 성공사례 분석 및 시사점 도출을 실시하였음. 기술사업화 성공사례를 철도 부분과 타 산업 부분에 대하여 분석하고, 사업화 전문기관의 성공사례를 도출함으로써, 전문기관 설립 필요 업무 체계 및 설립 기반 요소를 도출하였음. 이를 통하여 전문기관 설립(안)을 도출하였음. 즉 기술사업화, 전문기관 설립 핵심 성공요인을 기반으로 수행해야할 핵심 업무 체계와 관련 기준체계를 도출함. 더불어 전문기관 설립 및 운영을 위한 최적 기관 형태를 단계별로 도출함. 마지막으로, 기술사업화 전문기관 설립 및 운영 방안을 도출하였음. 기술사업화 전문기관 경영전략(비전 및 경영 목표 등)을 도출하고 운영 조직 체계 및 관련 협력기관간의 연계 서비스모델을 제시함. 또한 전문기관 설립 법률 체계 분석을 통한 전문기관 설립 가능성에 대한 분석을 실시함. 전문기관 운영 전략 및 발전방안을 통해 단계별 발전방안과 네트워킹 및 파트너십 체계를 도출하였음.

○ 기술사업화는 정부 및 민간의 연구개발 활동에 따른 기술적 성과를 활용, 발전시켜 시장에서의 가치를 높이기 위한 기술이전 및 거래 등 활동을 말함. 미국을 비롯한 선진국들은 1970년대부터 공공부문의 연구에서 개발된

기술에 대한 사업화가 지속적으로 진행되고 있으며, 기술사업화에 영향을 미치는 요인들에 대한 연구 등이 꾸준히 진행되고 있음.

○ 기술사업화 방법 중 사회간접자본 확장을 위한 기술사업화가 중요한 역할을 하고 있음. 사회간접자본은 국가 경쟁력을 높이는데 매우 중요한 시설이며, 공공-민간 협력에 의한 사업추진은 BOT(Build Operation Transfer), BTO(build transfer Operation) 등의 다양한 추진방식이 존재하고 있음.

○ 사회간접자본의 사업화를 위하여 최근 공공-민간 파트너십을 통하여 접근하고 있음. 공공-민간 파트너십은 공공부문과 민간부문이 파트너십을 형성하여 수행하는 공공서비스의 조달 및 이와 관련된 제반 방법을 뜻함(JICA, 2006). 여기서 공공(Public)이란 중앙정부 및 지방정부 차원의 공공자원을, 민간(Private)은 민간 기업을 중심으로 한 민간부문(Private sector)의 자원을 의미함. 즉 PPP는 정부 주도 하에 민간영역의 참여자들, 특히 기업과 시민사회단체들이 참여하여 공동의 목적을 위해 달성하기 위해 연대체를 형성하고 각자의 경험과 노하우를 공유하면서 위험과 책임 그리고 자원뿐만이 아니라 이익과 손해를 함께 분담하는 것을 말하고 있음.

○ 기술사업화, 특히 사회간접자본 형태를 정부와 민간이 협력하여 프로젝트를 수행하는 형태를 성공적으로 수행하기 위해서는 추진조직 전문성, 관련기관(민간, 공공)간 파트너십, 정부 지원 정책 및 법적 지원, 프로젝트 경제성 및 명확성, 안정적인 재원조달, 비즈니스 모델(지속적 수익창출) 개발, 시장 규모 및 시장성 확보, 네트워킹 채널 운영, 위험관리, 능동적 변화관리 능력, 합리적 의사결정 체계가 무엇보다 중요한 핵심성공요인으로 도출됨.

○ 철도 부문의 사업화 전문기관에 대한 사례 연구, 공공부문 공기업의 해외진출 사례 연구, 철도 부문 프로젝트 수행을 통한 조직 및 운영 사례 연구, 국내 기업의 해외 진출 전략 사례연구 등 사업화 전문 기관과 관계된 다양한 사례들을 분석하였으며, 이를 통해 사례기반 시사점을 도출하였음.

○ 철도 부문의 사업화 전문기관에 대한 사례연구는 프랑스의 SYSTRA를 분석하였으며, SYSTRA는 공공주도형 사업화 전문기관으로 설립 시 공공(83.8%), 민간(16.2%) 출자를 하였음. SYSTRA의 핵심 업무는 프랑스 철도가 글로벌 진출을 원활히 할 수 있도록 지원하는 것으로 철도 프로젝트 발생 시 프로젝트 타당성 분석, 프로젝트 운영 및 경영자문, 현지형 맞춤

형 프로젝트 대응을 수행하고 있음. 또한 철도 기술 홍보, 체계적인 조직 운영, 네트워킹 및 파트너십 확보를 통한 지속가능한 기업으로의 전환을 꾀하고 있음.

○ 일본의 JARTS의 경우, 민간주도형 사업화 전문기관(협회)임. 초기에 소규모 조직으로 시작하였으며, 철도 부분의 글로벌화를 위한 일본정부의 노력에 힘입어, 정부/회원사 보조금 기반 규모화하가 이루어졌음. 최근에 지속적인 철도 글로벌 진출을 위하여, 수익 사업에 대하여 민간 자회사화(JIC-컨설팅부문)를 꾀하였음. JARTS의 핵심업무는 해외 정보수집, 프로젝트 타당성 분석, 해외 협력이 있음. JARTS의 조직적 특징을 살펴보면, 독립적 의사결정 체계를 통한 신속한 의사결정, 정부, 관련 기관간 네트워크/파트너십, 글로벌 네트워크 및 파트너십 확보 노력, 자회사(JIC)를 통한 지속적 수익창출 역량 강화를 들 수 있음.

○ 그 외 SMRT, 인천 국제공항철도, C-NMP, 한국철도시설공단, 철도 협회 등 철도관련 기업 및 조직 사례를 분석하였으며, 다양한 사례 기반으로 자기부상열차 전문 기관 설립 시 성공적으로 운영을 하기 위한 시사점을 도출하였음.

○ 기관설립 용이성, 독립적 의사결정 체계를 통한 신속한 의사결정, 정책적 협업체계, 법률 및 정부 지원, 지속적 수익창출 역량, 현지 네트워킹 및 파트너십, 글로벌 환경 변화 대응, 체계적인 운영을 위한 조직 구성, 안정적 재원 확보, 조직 유지 필요 재원 확보가 중요한 성공요인으로 도출되었음.

○ 더불어 자기부상열차 핵심성공요인 도출을 위해 사회간접자본 기술사업화 성공요인과 철도 부문 전문기관 사례기반 성공요인을 분석하여 설립 및 운영 단계별 핵심성공요인을 제시하였으며, 1단계 전문기관 설립 핵심성공요인, 2단계 전문기관 운영 핵심성공요인으로 구분됨.

- 1단계 전문기관 설립 핵심성공요인은 정부정책 지원, 추진 조직 인력전문성, 추진 조직 지속가능성, 기관 설립 용이성, 설립 시 필요 재원 규모, 독립적 의사결정체계, 능동적 민간참여 가능성, 전문기관 체계적 운영 가능성이 도출됨.

- 2단계 전문기관 운영 핵심성공요인은 1단계 전문기관 설립 핵심성공요인과 함께, 안정적 재원확보, 조직 유지 필요 재원 규모, 글로벌 환경변화 대응, 현지 네트워킹 및 파트너십, 지속적 수익창출 역량이 도출됨.

○ 도시형자기부상열차 전문기관 설립을 위하여 기술사업화 전문기관 설립 가능형태를 도출하고, 단계별 핵심성공요인 기반 (안)들을 비교 분석함으로써 최적안을 도출하였음. 전문기관 설립가능형태 도출은 민간-공공 협력 가능 전문기관 분류 기준 내, 가능한 전문기관 설립 형태(안)을 포지셔닝 맵핑을 통하여 제시함. 민간-공공 협력 가능 전문기관 분류 기준은 소유주체(민간 vs. 정부), 조직 형태(사업단형 vs. 독립법인), 기업 특성(공공성 vs. 기업성)으로 도출되었으며, 이를 기준으로 적용 가능한 5개의 안이 도출됨.

- 1안 : 정부주도 사업단, 2안 : 정부주도 비영리법인(지원센터, 법인, 업무 위탁), 3안 : 정부주도 영리법인, 4안 : 민간주도 영리법인, 5안 민간주도 비영리법인(연구조합)이 도출됨.

○ 5개안의 법률적 적용가능성과 현실적 수행 가능성을 분석하였으며, 자기부상열차 설립단계에서는 유관기관 업무 위탁 형태, 지속적 운영 단계에서는 사단법인 + 민간 영리법인, 연구조합 형태가 가장 타당한 (안)인 것으로 나타남.

○ 설립단계 시 유관기관 업무 위탁을 할 경우, 한국기계연구원 산하 부/센터의 개념으로 들어가는 것이 가장 타당한 것으로 도출되었으며, 관련 핵심업무는 주요업무 : 사업화 기획(조직), 해외 시장조사(정보수집), 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 네트워킹이 제시되었으며, 지원업무 : 연구지원, 철도경영자문, 타겟 국가 컨설팅 지원, 타겟 국가 인력 교육, 기술교류가 제시되었음.

○ 지속적 운영단계는 사단법인 설립 및 장기적으로 수익사업은 민간으로 전환을 하는 형태로 사단법인 주요 업무는 사업화 기획(조직), 해외 시장조사(정보수집), 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 네트워킹, 연구지원 및 경영자문, 기술 교류가 제시되었으며, 영리법인 주요 업무는 사업화 타당성 분석, 사업 개발 및 컨설팅, 사업 운영관리가 제시되었음.

○ 또한, 연구조합은 사단법인 주요활동을 포함하여 인력교육, 세미나, 기술교류회 등과 같은 활동이 추가적으로 제시되었음.

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관을 체계적 설립 및 운영을 위해서는 비전 및 목표, 전략 그리고 핵심수행과제가 하나의 방향으로 가는 것이 바람

직하여, 글로벌 사업화 전문기관이라는 비전으로 목표, 전략, 핵심수행과제를 도출하였으며, 전문기관의 수행 목표를 3단계로 구성하여 단계별 수행을 통한 효율적 접근방식을 제시함. 1단계는 사업화 기반 구축 단계이며, 자기부상열차 사업화 전문기관 활성화 체계의 기반을 확립하는 것이 목표임. 2단계는 상용화 및 수출 초기 단계이며, 자기부상열차 사업화 전문기관 사업에 대한 사업의 상용화 및 수출 지원 업무 및 운영에 있어서 체계의 고도화를 추진하는 것이 목표임. 3단계는 지속적 사업화 고도화 단계로 지속적이며 안정적인 수익 창출을 목표로 함.

○ 더불어 단계별 목표를 이행하기 위한 전략을 제시하였으며, 서비스 목표인 기술사업화 지원 서비스 시스템 구축 기반마련과 사업화 모델 다양화 및 운영체계 고도화를 위해서 5가지의 핵심 전략(사업화 전문 인프라, 지속적 민관 협업 시스템, 현지 대응형 유연조직 체계 구축, 지속가능 비즈니스 모델, 사업화 전문 인력)을 이행할 수 있도록 제시함.

○ 자기부상열차 사업화 전문기관의 핵심 업무는 글로벌 철도 사업화 전문기관의 수행업무에 대한 분석을 통하여 도출하였으며, 국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십, 타겟 국가 환경 및 정보수집, 타겟 국가 마케팅, 사업 개발 및 컨설팅, 전문가양성 교육 및 지원으로 나타났음.

- 이러한 핵심 업무의 효율적 수행을 위해서 단계별 필요 업무체계를 구분하였으며, 자기부상열차 활성화 체계 기반 확립 단계에서 지원서비스 기획/구축 상세 단계의 수행 업무는 사업화 기획(조직), 해외시장 조상(정보수집), 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 국내 관련 기관 네트워킹, 해외 관련 기관 네트워킹이 있음.

- 자기부상열차 활성화 체계 기반 확립 단계에서 사업화 서비스 제공단계의 수행 업무는 사업화 기획(조직), 해외시장 조상(정보수집), 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 국내 관련 기관 네트워킹, 연구지원, 철도 경영자문, 해외 관련기관 네트워킹이 있음.

- 자기부상열차 사업 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화 단계에서 상용화/수출 초기 지원 단계의 수행업무는 사업화 기획(조직), 해외시장 조상(정보수집), 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 국내 관련 기관 네트워킹, 연구지원, 철도 경영자문, 해외 관련 기관 네트워킹, 타겟 국가 컨설팅 지원, 타겟 국가 인력 교육, 기술 교류 및 국제 세미나가 있음.

- 자기부상열차 사업 상용화 및 수출 지원 운영체계 고도화 단계에서 지속적 사업화 고도화 단계의 수행업무는 사업화 기획(조직), 해외시장 조상(정보수집), 영업(시장개척), 마케팅(홍보, 프로모션), 국내 관련 기관 네트워킹, 사업화 타당성 분석, 사업 개발 및 컨설팅, 프로젝트 매니지먼트, 사업 운영관리, 연구지원, 철도 경영자문, 해외 관련 기관 네트워킹, 타겟 국가 컨설팅 지원, 타겟 국가 인력 교육, 기술 교류 및 국제 세미나가 있음.

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관의 설립 이후 초기 업무 시스템 활용의 극대화를 위해서는, 전문기관에서 지원해야하는 조직 시스템을 기획 및 구축을 성공적으로 하고, 지속적인 대외 사업 서비스를 제공하기 위해서 사업화 서비스를 체계적으로 제공함으로써 장기적으로 자기부상열차 사업을 진행하기 위한 기반을 마련하는 것이 중요함.

- 자기부상열차 전문기관 설립은 한국기계연구원 산하 업무 위탁을 통한 전문성을 보유한 인력을 활용하고 초기 활용 재원을 공공기관으로부터 공급받되 시장 현황을 감안한 소규모의 조직으로 구성하는 것이 타당한 것으로 도출됨. 자기부상열차 전문기관 설립을 위한 기획 및 초기 구축이 완료 된 후에는 초기 사업화를 위한 서비스를 제공하기 위한 기반을 마련해야 하며, 본 단계까지는 한국기계연구원 위탁 업무를 해야 하는데, 프로젝트에 대한 명확성이 떨어질 가능성이 높으며, 조직의 형태를 유동적으로 가지는 것이 필요한 시점이기 때문임.

○ 자기부상열차 사업화를 위한 전문기관의 체계가 갖추어진 이후에 사업화의 방향성과 프로젝트가 발생할 경우, 사업을 지속적으로 수행할 수 있는 기관이 필요함. 설립 시의 위탁형 업무는 정부기관 내 부처의 개념이기 때문에 변화하는 사업 환경에 대응하기 어려운 면이 있음. 따라서 지속적 사업화를 위한 사단법인의 형태와 수익 사업에 대한 민간 기업화 또는 연구조합의 형태가 타당함.

- 상용화/수출 초기 지원 단계에는 독립적인 사업화 전문기관이 지원을 활발히 할 수 있도록 구축 하는 업무에 중점을 둠.

- 즉, 업무 위탁에서 사단법인의 형태의 사업화 전문기관의 모습을 갖추는 단계로 자립화를 위한 방안 마련, 사업화 모델 및 운영 체계 확립을 목표로 함. 초기 사단법인 설립 후 수익 모델의 창출을 통해, 지속적 수익 발생 가능성이 제시되면 민간 컨설팅 기업으로의 업무 이관을 하며, 사업

상용화 및 수출 지원 운영 체계 고도화를 목표로 수행함.

- 연구조합의 경우, 관련기관과의 네트워크 및 파트너십 체계를 강화하고, 사업화 수행을 위한 전략을 세워 수익을 창출하고, 이를 지속적으로 추진하여 상용화 및 수축 지원 운영체계의 고도화를 목표로 함.

○ 자기부상열차의 글로벌 비즈니스를 위해서는 무엇보다 국내에서는 정부, 민간기업, 유관기업과의 관계, 그리고 해외에서는 관련 지자체 및 핵심 인력을 찾는 것이 필요함.

○ 즉 파트너십은 사업화 전문기관과 유관기관 및 관련 기업 간 네트워크 형성, 협력의 지속적 관계를 의미함. 전문기관과 국내 유관 기관, 회원사 및 기업 간 구조 관계는 물론 해외 타겟 국가 및 관련 기업 활동과 관련된 여타의 모든 유관 기관 및 기업들과의 관계유형을 포괄함.

○ 자기부상열차 전문기관 파트너십 체계는 기술사업화 전문기관 수행업무 주요 내용(국내외 사업화 지원 네트워킹 및 파트너십, 타겟 국가 환경 및 정보수집, 타겟 국가 마케팅, 사업 개발 및 컨설팅, 전문가양성 교육 및 지원)을 기반으로 구성하였음.

(나) 연구의 정책적 시사점

1) R&D 기술사업화 전문기관 활성화 필요성

○ 우리나라는 2011년 기준 국가 총 연구개발(R&D) 투자 규모가 49조8,900억원으로 국내총생산(GDP) 대비 4.03%에 달해 이스라엘(4.4%)에 이어 세계 2위를 기록함.

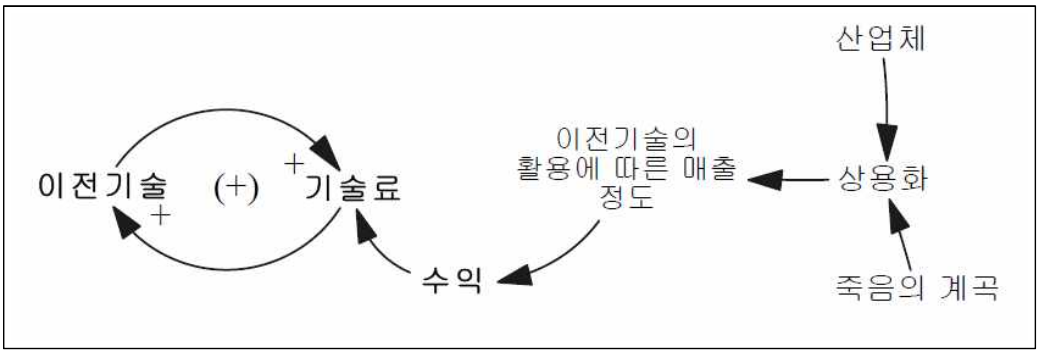
- 2012년 기준 약 17조원에 육박하는 정부 R&D예산 중 대학·출연 연구기관·공공연구기관 등 공공 부문에 투입되는 비중이 68.7%에 이르고 있음.

○ 국가차원의 R&D 투자액이 지속적으로 증가하고 있음에도 불구하고 특히 대학·연구기관 등에서 생성된 기술의 사업화를 통한 경제적 성과창출은 여전히 기대 수준에 이르지 못하는 실정임.

- 국가과학기술위원회의 보고에 의하면 2010년 기준으로 국가연구개발사업의 기술이전이나 사업화 총 건수는 9,521건임.

- 그중 사업화 주체별 성과에서는 중소기업의 사업화 성과(62%), 공공연구기관(21%), 대학(14%)이 차지하여, 공공기관의 사업화율이 낮게 나타남.

○ 정부 연구개발 규모의 확대에도 불구하고, 현재 정부 R&D 시스템은 부처별, 기술 분야별, 연구개발 단계별, 수행주체별로 단절되어 있어, 적시의 중단 없는 중장기 후속연구지원체계가 부재한 상태임(최지호, 2011). 정부 R&D 사업이 상용화를 위해서는 민간에게 기술이 전이되어 수익화 사업으로 전환이 되어야 함.



[그림 970]R&D 기술의 민간 전이 이후 상용화 어려움

출처 : 김순선, 김동환(2007)

○ 우수한 이전 R&D 기술이라 해도 기술이전을 받아간 기업체들의 경영능력 상품화 및 마케팅 능력에 따라'죽음의 계곡'에 빠질 가능성이 존재함. 즉 모든 기업이 상용화에 성공하고 수익을 창출할 수 있는 것이 아님(김순선, 김동환, 2007).

○ 그러한 이유는 전문적으로 수익 창출을 위한 마케팅 및 홍보 채널, 자금이 필요하고 전문성을 보유한 인력 보유 등이 필요한데, 기술의 성격마다 기업 경영, 마케팅, 전문 기술 발전에 대한 모든 역량을 보유하기 쉽지 않음.

○ 이러한 결과에 따라 R&D 기술은 세계수준으로 개발하지만 사업화가 어렵게 되는 현상이 지속적으로 발생하게 됨

○ 최근 정부는 창조경제 및 기업의 창조경영을 강조하고 있으며, 창조경제의 6대 국정과제로서 창의성이 정당하게 보상받을 수 있는 생태계 조성을 첫 번째로 꼽음. 즉 기술, 아이디어의 사업화 활성화를 위한 생태계 조성을 통해 자발적인 창조기반 성공 기업을 배출하는 것을 목적으로 함.

○ 따라서 창조경제시대에서 R&D 개발 기술의 지속적 사업화를 위해서는 개발 R&D 기술에 대한 사업화가 가능한 생태계로의 전환을 통해 민간 기업

들의 자발적인 참여를 유도하는 것이 바람직함.

○ 자기부상열차 기술사업화 전문기관 설립에 대한 본 연구 결과, 관련 기술을 공공 R&D 기술로의 확대와 지속적 활성화를 위한 전략을 수립하기 위해서는 다음과 같은 정부차원에서의 정책을 수립하는 것이 필요함.

- 첫째, 기술사업화 전문 종합지원센터 설립을 통한 사회간접자본 기반의 R&D 개발 사업에 대한 마케팅 및 전략 수립 등 지속적 사업화를 위한 지원체계를 마련함. 이와 더불어 지원센터를 통해 R&D 기술사업화를 위한 전문인력을 양성함으로써, 장기적 측면에서 R&D 기술의 사업화를 지원해줄 수 있는 전문화를 통한 기술사업화 생태계의 활성화를 유도함.

- 둘째, 민간 기업 기술 개발 지원을 위한 연구조합에 대한 정책적 지원 및 법적 개정을 통한 활성화 방안을 마련함으로써 민간 기업의 자발적인 기술 사업화를 유도함.

- 셋째, 공공 R&D 기술 개발 시 기술사업화 로드맵 및 사업화 책임을 강화함으로써, 기술 개발에서부터 사업화에 대한 부분을 고려하여 핵심 기술의 경우 사업화에 대한 지원을 강화함.

2) 사회간접자본 기술사업화 전문 종합지원센터 설립

○ 우리나라의 공공 R&D 기술 개발 성공률은 GDP 기준으로 OECD 국가의 평균 보다 높기 때문에, 선진 기술을 개발함으로써 국가 기반 산업으로의 확장을 위한 선행 기술은 마련되고 있다고 볼 수 있음.

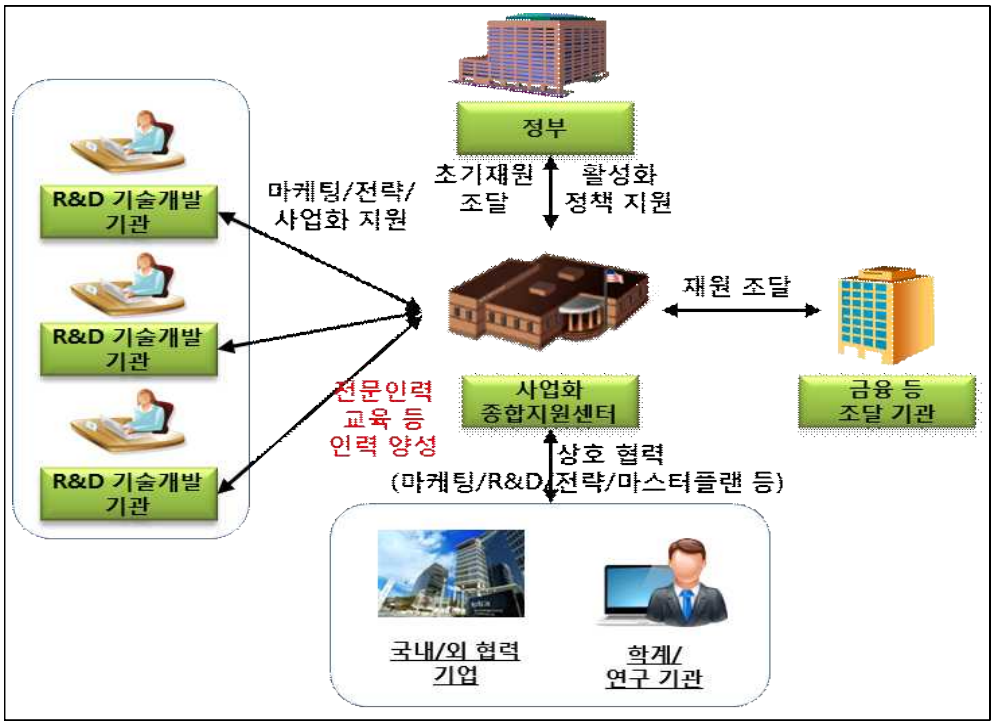
○ 사회간접자본 형태의 R&D 기술 개발의 경우 또한 지속적 기술 개발을 통한 성장동력화를 위한 기반을 마련하고 있음.

○ 사회간접자본 성격의 R&D 기술은 공공의 성격과 민간의 성격 상반된 특징을 가짐. 사회간접자본 기술이기 때문에, 공공 지원을 위한 성격을 가지고 있으며, 지속적 사업화를 위해서는 민간의 참여가 무엇보다 필요함.

○ 반면, 기술 개발 이후 사업화를 위해서는 수익화를 위한 수익 모델을 추가적으로 개발해야하고 마케팅 및 홍보, 그리고 사업화를 위하여 정부 및 민간의 협력 기반의 지원시스템을 구축해야함.

○ 기술 사업화를 위한 민간 또는 정부 기관의 연관 유관기업 중 핵심이 되는 기관의 추가적인 노력이 필요하기 때문에 사회간접자본 형태의 기술사

업화는 타 공공 R&D 사업화 보다 더 큰 어려움을 가짐.



[그림 971]기술사업화 기업 환경 생태계 활성화 기반 조성 방향

○ 따라서 사회간접자본 기술사업화의 활성화를 위해서, 사업화 필요업무에 대한 지원체계를 수행할 사업화 종합지원센터가 필요함. 사회간접자본 사업화 종합지원센터의 핵심 업무는 다음과 같음. 관련 핵심 업무는 철도 산업 사업화 전문기관 사례에서 도출하였음.

[표 458]사회간접자본 기술사업화 종합지원센터 핵심 업무

구분	주요 핵심 업무
사업화 기반 구축	사업화 기획 및 타당성 분석
	사업화 시장개척
	마케팅(홍보, 프로모션)
	유관기관 네트워킹
시장 개척	프로젝트 개발 및 매니지먼트
	관련 산업 연구지원
	관련 기업 경영 자문
	인력 교육 및 관련 세미나

3) 기술사업화 조합 설립

가) 연구 조합 이슈

○ 국내의 경우 민간의 R&D 기술 개발을 지원하기 위하여 연구조합 설립을 통한 지속적 기술 활성화를 유도하고 있음.

○ 연구조합은 연구개발과 선진기술의 도입·보급 등을 협동적으로 수행하기 위한 협동조합의 형태에서 발전한 파트너십 모델 중 하나로서, 국내의 경우 산업기술연구조합은 연속성을 가지고 산업분야별 협회와 같은 성격을 가지고 있음.

○ 연구조합 산업분야별 기술 분야의 대표성을 지니고 해당 산업을 대변하는 일반단체(협회 등)의 기능과 달리 해당산업분야 중 연구 개발형 기업 및 기관(대학, 연구기관 등)의 기술개발 촉진을 위한 관련 사업을 수행하는 고유한 기능을 보유함.

○ 국내 연구조합은 산업기술연구조합육성법에 의거 설립·인가를 받고 있으며, 연구조합을 설립한다는 것은 기술개발을 위한 공동연구시설을 갖추고 연구전담요원 3인 이상을 상시 확보하고 있음을 미래창조과학부 장관이 확인한 조합을 뜻함.

○ 연구조합은 R&D 성과를 바탕으로 기술 상용화를 달성할 수 있도록 제도적인 기반을 마련하는 것이 주요 목적이며, 조합원의 이익을 위하여 정보제공, 마케팅, 기술발표회 등을 추가적으로 진행할 수 있음.

○ 현재 국내 연구조합은 R&D 기술 상용화를 위한 민간 기업들을 조합원으로 받되 정부에서 일련 부분을 지원해주는 형태(국가 연구개발사업 참여 등)로 되어 있어 사실상 R&D에 초점이 맞추어져 있음.

○ 반면 국내의 R&D 기술의 성공적 개발에 따라 사업화의 필요성이 대두되는 현시점에서 자발적인 민간의 참여를 유도하기 위해서는 조합 형태의 간단한 설립이 가능하고 소규모의 형태로 초기 기술지원 및 마케팅 지원이 가능한 조직 설립이 우선적으로 대두될 필요가 있음.

나) 일본의 기술연구조합 현황 및 특징

○ 일본의 경우, 기술연구조합은 기술 개발과 더불어 연구 성과를 비즈니스로 연결 가능하도록 하는 것이 주요 특징이며, 이에 따라 대기업, 중소·벤처기

업, 대학·공공기관에 널리 활용될 것으로 기대하고 있음.

[표 459]일본의 연구조합 주요 특징

구분	주요 내용
연구조합법 (회사법) 설립	- 일본은 회사법제의 현대화를 도모하기 위해 2005년 6월 회사법 및 관련 정비법이 성립됨에 따라 종래에 분산되어 있던 상법, 유한회사법 등을 통합하여 새로운 연구조합법(회사법)을 제정·시행('06.5.1 시행) - 일본은 민간 기업 R&D 투자가 '07년도부터 급감(전년대비 12%), 기업 연구개발의 단기성 극복, 원천 특허 확보 필요성 증대, 사외 공동연구의 필요성 확대 등 오픈 이노베이션 체계 개편의 필요성을 인식하고 추진
특징	2009년부터 운영되고 있는 기술연구조합은 산업 활동에 이용되는 기술에 대해 조합원들이 스스로를 위해 공동연구를 실시하고 그 성과를 활용할 수 있도록 비영리 공익법인의 상호부조 조직임 - 각 조합원은 연구자, 연구비, 설비 등을 출자하고 공동연구를 수행하고 그 성과를 공동 관리하여 조합원이 상호 활용할 수 있도록 되어 있음 - 법인격을 희망 시 지출금을 비용 처리하고자 하는 경우, 연구개발을 활용할 수 있도록 하고 이중과세를 방지하기 위한 세제상의 혜택도 부여
기존 대비 개정된 주요 사항	- 연구대상이 광공업 생산기술에서 산업 활동에 이용되는 기술로 확대 - 대학과 시험·연구 독립행정법인의 조합원 자격이 명확하게 됨 - 주식회사·합동회사로 조직 변경, 신설 분할이 가능하게 됨 - 2인 이상의 설립이 가능하게 됨 - 창립총회가 폐지되어 설립 절차가 간편하게 됨

출처 : KISTEP(2012)

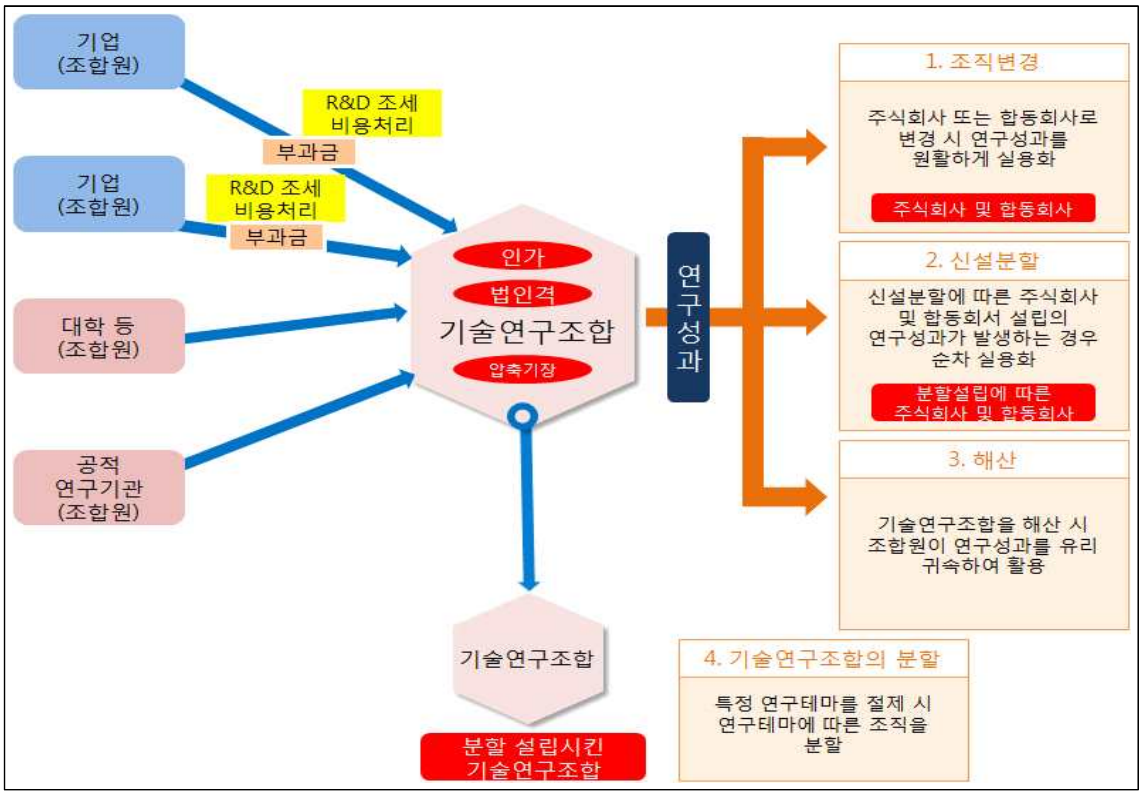
- 일본은 기업의 공동연구개발 추진 형태 및 특성에 따라 포트폴리오 구성을 다양하게 할 수 있도록 제도적 기반을 마련하였는데, 대표적인 제도가 기술연구조합임.

- 기술연구조합제도는 단기 연구개발에 적합한 주식회사·합동회사 제도, 소규모 창업 및 연구개발을 위한 유한책임사업조합, 그리고 장기간 대규모 연구개발을 위한 기반 체계로 자리 잡게 됨.

- 기술연구조합(연구개발 파트너십)은 법인격이 있으며, 조합원은 기부금의 비용 처리가 가능하고 비출자 조직이기 때문에 탈퇴 조합원 지분을 환불할 필요가 없으며, 장기간을 요하는 연구개발에 있어서도 안정적으로 실시하는 것이 가능하게 되었음.

- 또한 기술연구조합의 업무 범위는 공동연구 등으로 한정되지만, 연구개발 종료 후 회사화로 하면 연구 성과의 원활한 사업화가 가능하며, 결손금의 누적 없이 사업을 개시할 수 있는 것 등이 장점임.

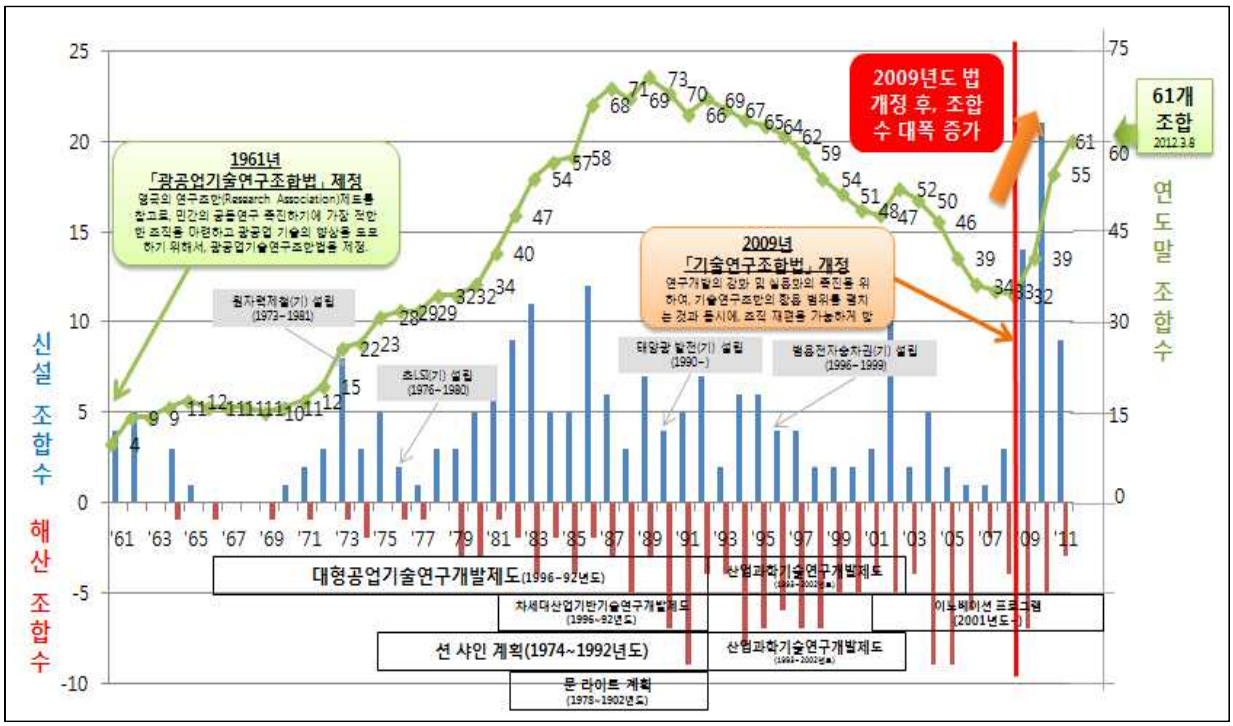
○ 따라서 기술연구조합으로서 규모가 큰 공동연구조직 설립이 가능하고, 산학연 연계의 중추 조합으로 설립이 가능하고, 연구 개발형 벤처로서도 활용이 가능함. 따라서 개발 기술의 실용화 이전 민간을 지원하는 차원에서 설립하고, 민간의 조합원의 이익을 극대화하고 다양한 연구 성과를 산학연으로 배출할 수 있기 때문에 공공의 성격을 함께 가지고 있음.



[그림 972]일본 기술연구조합 제도 개요

출처 : KISTEP(2012)

○ 일본은 2012년 3월 현재 총 61개의 기술연구조합이 설립·운영 중이며, 이중 경제 산업성 소관 기술연구 조합은 51개임. 2009년 이후 조합 수가 대폭 증가하였음.



[그림 973]일본 기술연구조합 제도 신설 후 현황

출처 : 일본 경제산업성(2012. 3.27) 기술연구조합의 현황 및 과제, KISTEP(2012)에서 인용

○ 일본 기술연구조합의 사례를 살펴보면, 연구 성과의 실용화에 초점을 맞추어 자발적인 민간기업의 참여를 유도하고 있음. 따라서 국내 연구조합의 경우 일본의 성격을 반영하여 공공 R&D 개발 후 사업화를 위한 연구조합으로서 지원체계를 제도적으로 지원할 경우, 연구 사업화가 필요한 기업들에게 참여를 할 수 있는 기반으로 작용할 것으로 판단됨.

다) 국내 연구조합 변화 모델의 필요 : 기술사업화 조합 설립 지원

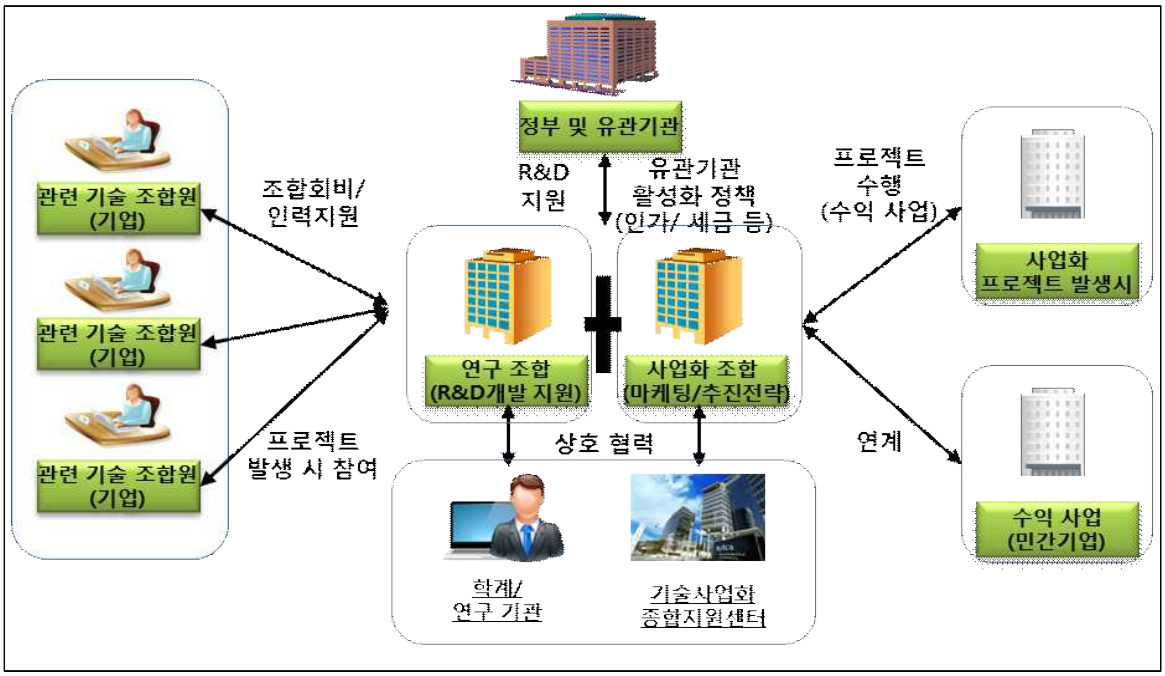
○ 현재 국내 연구조합은 조합원의 R&D 기술 개발 지원을 위한 측면 초점이 맞춰 있음. 즉 조합을 구성하여 필요 기술에 대한 정부의 지원을 통한 개발 후 조합원들에게 기술을 제공하는 형태를 추구함.

○ 반면 일본의 경우 기술 개발 보다는 사후를 중요시 여기며 사업화를 통한

시장으로의 진입을 목표로 함.

○ 국내 연구조합은 R&D 개발을 통하여 민간 기업 조합원들의 기술력을 향상시키고, 기술사업화 전문 조합을 제도적으로 설립하도록 지원함으로써, 초기 사업화 전문기관으로서의 역할을 할 수 있도록 하는 것이 필요함.

○ 국내 연구조합을 통한 R&D 사업화의 활성화를 유도하기 위해서는 다음과 같은 발전모델이 필요함.



[그림 974]연구조합과 기술사업화 조합을 통한 지속적 기술 개발 발전 모델

○ 사업화 전문 조합은 수익사업을 하는 민간기업과 사업화 지원기관(마케팅 전문기관)과의 연계를 통한 프로젝트 수행 및 수익사업을 하며, 조합원에게 소득을 분배함으로써, 조합원의 자발적인 참여를 유도할 수 있을 것으로 판단됨.

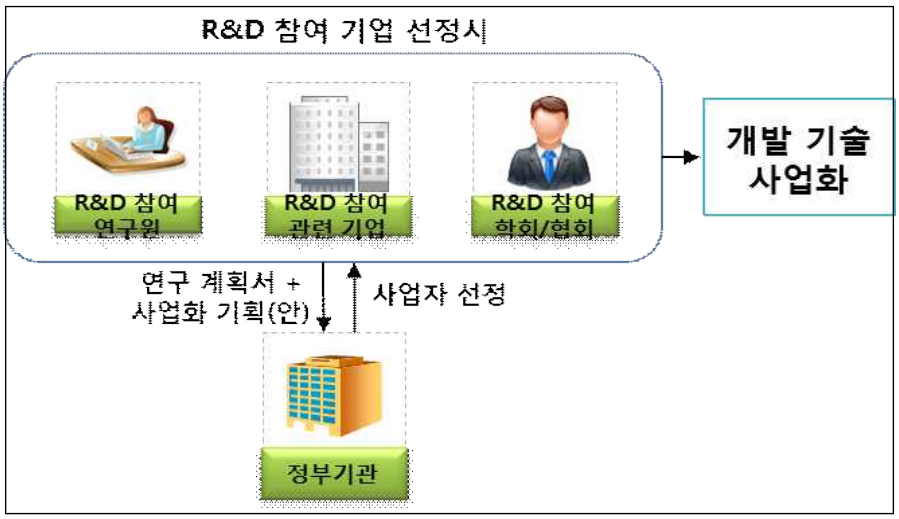
○ 또한 기술사업화 종합지원센터에서 마케팅 및 홍보 등을 지원하여 초기 사업화시 필요한 정보 및 네트워킹을 수립하는데 협력 체계를 유지함으로서 자발적으로 시장에 개발 기술의 진출을 위한 민간차원에서의 노력을 할 수 있도록 지원하는 것이 필요함.

4) R&D 기술개발 시 명확한 사업화 목표 정립

○ 현재 국내 R&D 기술개발 프로젝트의 경우, R&D 기술 사업단 및 관련 기

술 개발 기관에게 정부 자금을 기반으로 한 위탁 개발을 대부분 수행하고 있음. 더불어 사회간접자본 프로젝트의 경우 민간 기업의 참여를 통한 개발 기술의 전이를 함께 고려하고 있음.

○ 그러나 기술 개발 이후 수익사업에 대한 비즈니스 모델 및 사업 타당성에 대한 분석이 추가적으로 이루어져 있지 않음. 따라서 국내 R&D 기술사업화 로드맵을 함께 개발함으로써 국내 R&D 기술 개발 기업의 사업화 책임 강화를 통한 성과 극대화가 필요함.



[그림 975]R&D 추진 시 사업화 방안 사전 기획 추가 방안

○ 기술 개발 이후 사업화 가능성을 높이기 위해 R&D참여 기업 선정 시 사업화 역량에 대한 평가를 추가해야 하며, 연구 개발과 같은 비중의 사업화 평가가 이루어져야 함.

○ 연구 개발 이후 사업화 가능성이 높고, 역량이 있는 연구기관 및 기업에게 공공 R&D 자금이 투자되어 사업화 성공률을 높이는 선순환 구조를 구축해야 함.