[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

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 연구개발의 목적

제2절 연구개발의 필요성

제3절 연구개발의 범위



제 1 장 연구개발과제의 개요

제 1 절 연구개발의 목적

본 과제는 국토교통부가 주관하고 한국건설교통기술평가원을 전문기관으로하여 대형국가연구개발실용화사업으로 진행하는 도시형자기부상열차실용화사업을 성공적으로 수행하기 위하여 각 과제의 체계정립, 구체적인 추진계획 설정 및 목표달성여부를 평가하는 종합적인 과제관리와 사업단 차원의 핵심 인터페이스 사안에 대한 기술적 통합/조정을 포함한 총괄관리를 수행하고, 사업성과 관리 및 홍보활동 등 효율적으로 전체 사업을 관리하고 사업성과를 확산시키기 위한 과제이다.

제 2 절 연구개발의 필요성

일본과 중국에서는 자기부상 상용화노선을 구축하여 영업을 하고 있고, 미국 및 독일을 중심으로 자기부상열차의 실용화에 대한 계획이 구체적으로 기획되고 있다. 특히, 중국은 2004년 초고속자기부상열차를 세계최초로 상용화한 이후 도시형자기부상열차 개발에도 박차를 가한 결과 2012년 북경외곽에 노선공사를 착공할 정도로 우리를 추격하고 있다. 우리나라는 그동안 국가연구개발을 통하여 성공적으로 개발된 도시형자기부상열차에 대한 기술 보완을 통하여 순수국내기술로 개발된 최첨단 도시교통시스템인 도시형자기부상열차열차에 대한 상용화 수준의 기술완성 및 검증을 통해 도시철도시장에서 세계 최고수준의 경쟁력을 확보하고 국내·외 시장에 진출하여 수입대체 및 수출시장 창출을 위하여 본 사업이 출범하게 되었다.

제 3 절 연구개발의 범위

일반적으로 실용화사업은 연구·개발된 기초원천 기술을 실생활에 도움이 될 수 있도록 변화시키는 응용연구의 성격이지만, 정부가 추구하는 대형국가연구개발 실용화사업은 궁국적으로 국부창출을 목표로 하기 때문에, 도시형자기부

상열차 실용화사업은 포괄적으로는 연구・개발된 기술을 개량하여 국내・외 시장에 진입하여 국부창출이 가능하도록 하는 상용화 지원의 성격을 포함하고 있다.
세계 1등 상품으로 개발하여 타 도시철도시스템 대비 경제성과 안전성이 인정된 도시형자기부상열차의 시범적 상업운전을 완료하고, 이를 기반으로 세계시장 으로 진출하는 비전을 가지고 사업이 착수 되었다.

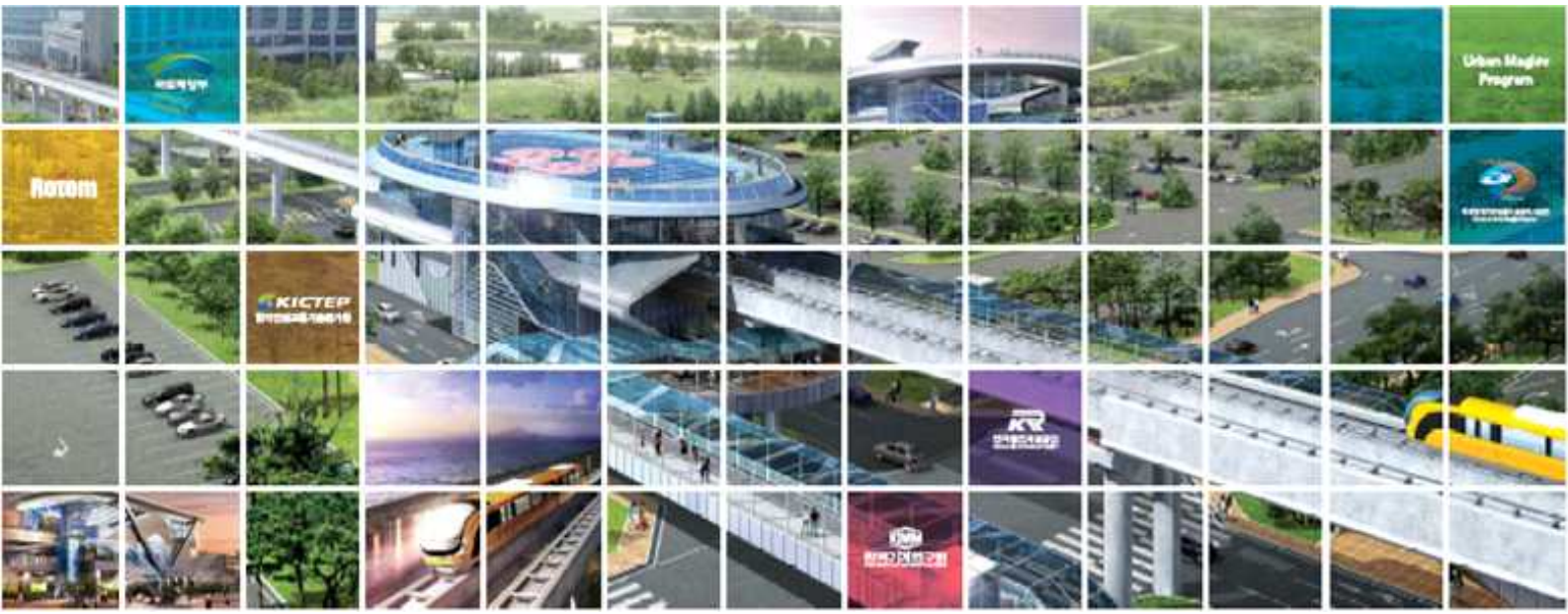
도시형자기부상열차실용화사업 목표인 무인자동운전이 가능한 110km/h급 자기부상열차 4편성(시제차량 1편성 포함)을 개발하고, 7km이내(6.1km)의 시범노선을 건설을 성공적으로 수행 위해 시스템통합(1핵심), 차량개발(2핵심), 시범노선구축(3핵심)등 3개 핵심과제가 유기적으로 수행되도록 총괄적인 관리를 수행하는 것이 필수적이다.

본 사업추진에 있어 발생하는 다양한 관련기관, 핵심과제 및 단위시스템들의 기술적/행정적 이슈와 이해관계를 조정하고 통합관리 하기 위한 총괄관리의 주요역할은 사업전반에 걸친 사업일정관리, 사업의 주요사안에 대한 조정 협의 등의 인터페이스 관리, 관련기관과의 유기적인 협조 및 지원, 차량의 기술적인 보완, 건설공사를 위한 기술・행정업무, 핵심/세부과제의 계약 및 실적점검 등의 제반활동 이다.

또한, 이 사업을 통해 성능은 우수하지만 상업운전 실적 부족으로 시장에 진입하지 못하는 국내 개발시스템의 어려움이 해소되고 경쟁력을 갖출 수 있도록 하기 위한 기틀이 마련되고 있는 만큼, 국가연구개발사업이 국부창출이라는 성과로 이어지도록 하기 위해 사업 성과 활성화 차원에서 연구・개발된 사업성과물의 경제성, 기술의 신뢰성, 환경 친화적인 도시교통시스템임을 널리 알리는 전파활동과 국내・외 시장개척을 위한 전략적인 홍보 및 시장개척활동을 이 과제에서 진행하였으며, 향후 연구성과 확산을 위한 노력을 지속적으로 추진되도록 할 예정이다.

제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내·외 관련분야의 환경변화



제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 관련 분야의 환경변화

1. 자기부상열차 국내외 동향

가. 국내

(1) 도시형자기부상열차 차량 개발

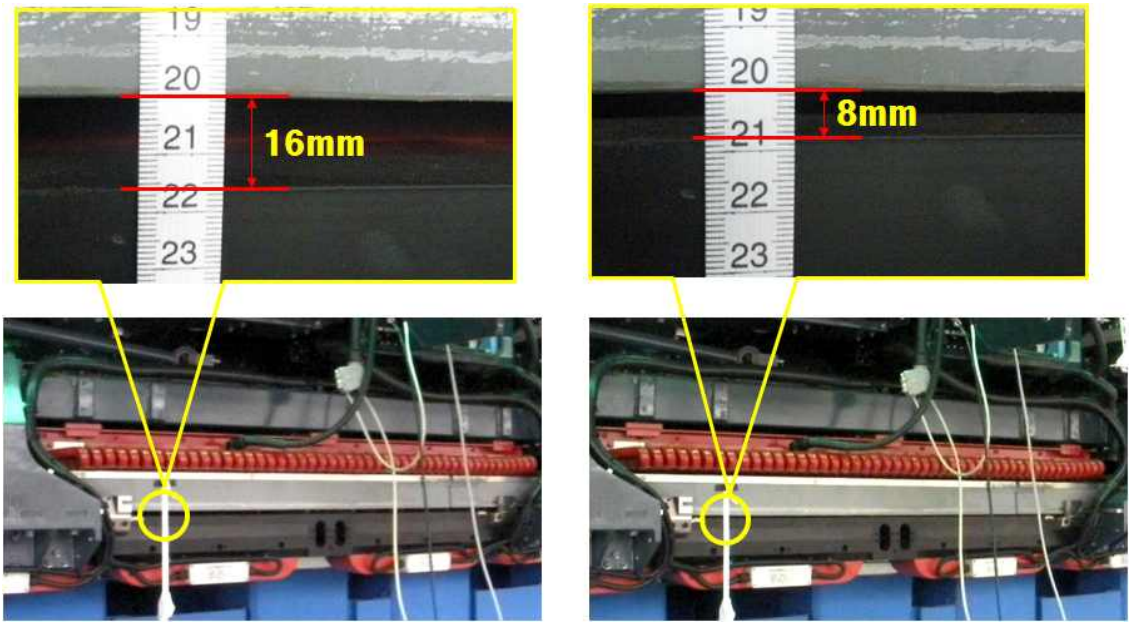
○ 도시형자기부상열차 시제차량 1편성 제작 완료 및 시험선 시험 착수

- 도시형자기부상열차 시제차량 1편성 제작 완료 (2009.12)



[그림 1]도시형자기부상열차 시제차량 제작과정

- 도시형자기부상열차 시제차량 시험선 시험 완료



[대차 부상 전(착지상태)] [대차 부상 후]

[그림 2]도시형자기부상열차 대차단위 정지부상 시험



[그림 3]시험선 시험중인 도시형자기부상열차 시제차량

- 도시형자기부상열차 시제차량 시험선 시험(자체시험) 결과

· 도시철도 성능시험기준(안)을 적용하여 '시험선시험(완성차 시험)절차서'에 따라 '10. 3부터 수행하여 추진제어장치시험 등 26개 항목 중 22개시

험(만차기준) 완료하였으며, 모든 항목에서 제시된 RFP 규격을 만족하며 우수한 성능을 확인하였고, 특히 부상시스템의 내고장성과 신뢰성이 획기적으로 개선되어 설계 요구조건 만족을 입증함

[표 1]시제차량 주요 시험결과

시험항목	시험내용	시험결과
소음	실내, 실외(7.5미터 이격거리)	- 실내 64.6dB(A), 실외 64.5dB(A)
부상안정성	주행시 부상공극 변동 측정	- 최대 55 km/h에서 ±1.5mm 이내
추진/제동 성능	추진 및 제동 성능과 각 서브시스템간 인터페이스 확인	- 최대 76 km/h 달성 ('10.06.16) - 모든 서브시스템 정상 동작
승차감	주행시 객실 승차감 측정	- UIC 승차감지수 0.55 (RFP 목표: UIC 2.0)
비상축전지	전자석 전원 차단시 부상상태 유지 기능 확인	- 최대 55 km/h에서 전자석 전원 차단시 비상배터리로 부상상태 유지 확인

· 시험결과 보완이 필요한 사항들을 도출하여 양산차량 설계에 반영(급전선 및 집전판 형상, 차량 공조설비(에어콘), 제동슈 재질 등 변경 및 차간댐퍼 등을 추가)

· 시제차량의 장기간 운용시 당초 설계한 기능 및 성능을 확인하고 신뢰성과 안정성을 확인하기 위한 목적으로 기계연 시험선에서 시제차량을 이용한 연속주행시험수행(8,000km) 수행

※ '연속주행시험계획'에 따라 '11. 3부터 '12. 12까지 수행

· 시험선 시험기간(2년) 동안 계절별 특성까지 반영된 시험결과를 바탕으로 개선사항 도출, 양산차량 설계에 반영

- 인천공항 시범노선 차량투입

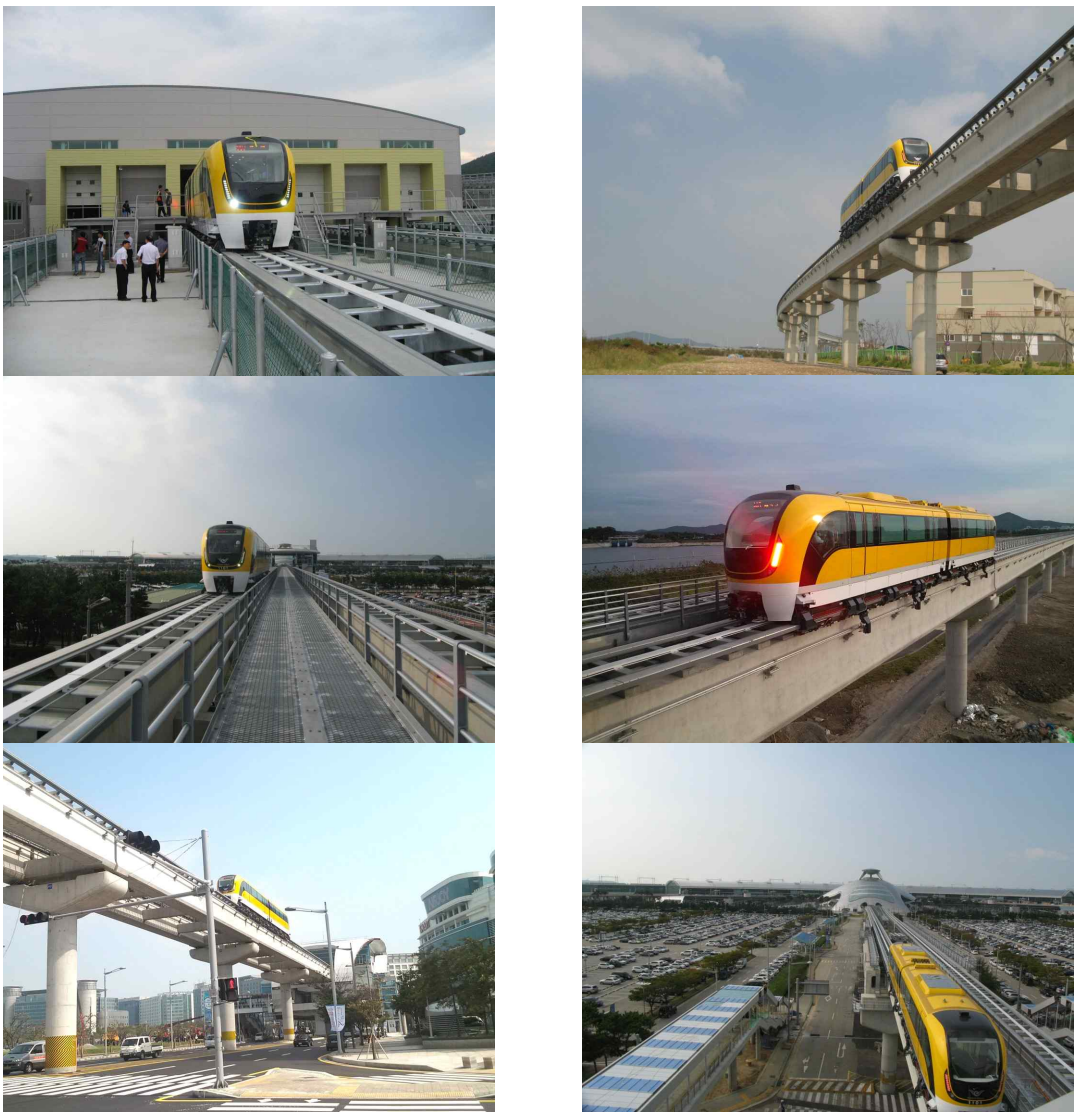
· 양산차량 1편성 차량기지 입고('12.7.21) 및 차량 시험 실시



[그림 4]시범노선 차량 입고 사진

· 양산차량 2~4편성 '12.9.30까지 차량기지 입고 완료

· 종합시험운행 수행 및 법에 따른 성능시험 수행



[그림 5]시범노선 종합시험운행 및 차량성능시험

- 차량 성능시험 수행

· 양산차량 성능시험 (성능시험기관 시험)

* 도시철도법 성능시험기준에 따라 양산차량(3편성)을 대상으로 구성품시험, 완성차시험, 본선시운전의 3단계로 수행

· 종합시운전

* 철도안전법 철도종합시험운행 시행지침에 따라 시범노선에서 시설물검증시험 및 영업시운전의 2단계로 수행

※ 시설물검증시험: 각 분야별 시설물 준공 후 차량과 시설물간의 종합 인

터페이스 확인 시험 수행

(2) 도시형 자기부상열차 시범노선 건설

○ 도시형자기부상열차 시범노선 대안설계 완료 및 공사착공

- 세계 2번째 도시형 자기부상열차 시범노선 부지로 인천시 인천국제공항이 선정
- 시범노선은 교통센터 ~ 인천공항 제2 여객터미널(계획) ~ 국제업무지역 ~ 용유역을 연결하는 6.113 ㎞ 구간(정거장 6개소, 차량기지 1개소)으로 2011년까지 건설한 뒤 2012년 시험운행을 거쳐 개통
- 3편성(1편성은 객차 2량)이 최고 시속 110㎞로 공항교통센터(101 역)에서 인천 용유역(106 역)까지 운행



[그림 6]시범노선 조감도



[그림 7]시범노선 역사 조감도

○ 도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 특징

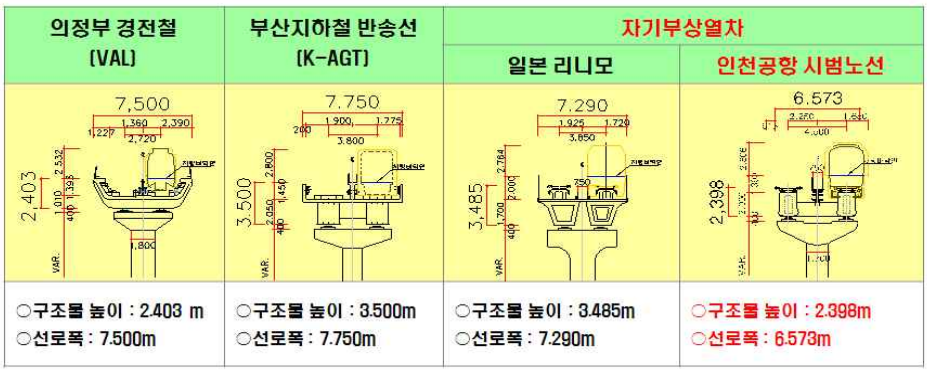
- 타 경전철 대비 노선건설비 경제성 확보
- 슬라브(바닥판) 배제로 건설비 저감 및 공사기간 단축
- 구조물 높이가 낮으므로 교량 전체 높이 축소 가능

- 양쪽 거더 사이에 대피로 설치



[그림 8]도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 특징

- 타 경전철 선로구조물 대비 우수한 경관성 확보



[그림 9]도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 비교

[표 2]고가궤도식 경전철 건설비 비교

구 분	차량 시스템	연장(km)	총건설비	Km당 건설비(제안가격)		비고
				제안당시 불변가격	2008년 환산*	
부산-김해 경전철	철제차륜	23.9	6,499	271.9	456.8	협상가격 (2000년)
용인 경전철	철제차륜 LIM	18.1	6,300	348.1	531.1	협상가격 (2002년)
의정부 경전철	고무차륜 AGT	11.1	3,427	308.7	400.6	사업승인 가격 (2004년)
대구 3호선	모노레일	23.9	10,425	436.2	523.5	대안설계 가격 (2007년)
평 균		**19.3**		**341.2**	**478.0**	
인천공항 시범노선	자기부상	6.1	2,604		395.3 *	대안설계 가격 (2009년)

* 시범노선 건설 특수성(깊은 연약지반 등)에 따른 비용(31.6 억/km)을 감안하여 일반 도심지 적용으로 환산한 비용

○ 도시형자기부상열차 시범노선 완공 및 종합시운전 수행



[그림 10]시범노선 완공 사진

- 종합시험운행 마스터 스케쥴

[표 3]종합시험운행 마스터 스케쥴

구 분			2012년								2013년											
			5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
차량시험	차량 조립 및 조정시험				―	―	―	―														
	타시스템간 I/F 확인					―	―	―	―	―	―											
	전체편성 시험/시운전						―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―		
공종별시험			―	―	―	―																
사전점검						―																
종합시험운행	시설물검증시험	차량기지시험					―	―	―	―												
		본선차량투입전시험					―															
		본선차량투입후시험						―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―	―		
	영업시운전																			―	―	

- 시범노선 완공 후 시설물검증시험(종합시운전) 수행

[표 4]시범노선 시설물 검증시험 항목

구분	점 검 항 목
○ 선로구조물분야	건축한계측정 궤도검측시험 교량검측시험 관절형 분기기시험
○ 변전전력분야	SCADA 실증시험 전력품질시험 연장급전시험
○ 전철전력분야	제3궤조/집전판 습동 모니터링시험 아크측정시험 동적특성 점검(열차투입집전시험)
○ 신호분야	자동열차감시장치(ATS) 인터페이스시험 연동장치 기능시험 자동열차제어장치 기능시험(ATP/TD/VEL)
○ 정보통신분야	교환설비 기능시험 광전송설비 기능시험 열차무선시스템 기능시험 여객안내설비 기능시험 종합영상설비 기능시험 양방향무선데이터통신설비시험 공항시스템 연계시험
○ 차량과의 연계성	차량과 가이드웨이간의 공진 확인 시험 곡선에서 정차 시 측면접촉 확인 시험 비상 낙하 시 가이드웨이 안전성 검증 시험 곡선구간 제한속도 적합성 확인 시험 열차 교행 시 안전성 검증 시험 가이드웨이 처짐한계 검증 시험
○ 종합인터페이스	통합시스템 성능시험 ATP/ATO 종합기능시험 무인운전 검증시험 관절형 분기기 종합기능시험

나. 국외

(1) 중국

○ 중국은 교통대학, 국방대학에서 중저속 도시형 자기부상열차 개발을 지속적으로 추진하고 있으며, 최근에는 북경자기부상공사에서 실용화를 목표로 개량형 자기부상열차 개발하여 시험 수행

- 국방대학에서 CMS-03차량 개발하여 204m 길이의 창사(長沙) 시험선에서 20,000회 이상의 주행시험 및 7,000km이상 거리 주행시험
- 개량형 차량 (엔지니어링 모델 차량) 개발

* 길이: 15.5m, 폭: 3m, 높이: 3.83m, 중량: 21ton
* 최대속도: 150 km/h, 운영가속도: 1.1m/s2, 최소 회전반경: 75m, 최대구배: 7%

- 1.6km 길이의 당산 시험선에서 시험

○ 2011년 2월 북경 서쪽 근교 Mentougou 지역에 자기부상열차 노선(S1 노선) 착공

- 도시형 자기부상열차 S1 노선
  * 노선길이 : 10.236 km (북경 서쪽 근교 Mentougou 지역)
  * 역사 : 8개 역사 (Pingguoyuan 역에서 지하철 1호선 환승)
  * 예상 건설비 : 3억위안/km (528억원/km)
  * 국제입찰을 통한 시스템선정 예정



[그림 11]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 기공식



[그림 12]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 노선도



[그림 13]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 추정 차량

[표 5]중저속형 자기부상 열차의 주요 사양

구분	사양
차량무게(전두차량/중간차량)/량	21t/20t
하중(전두차량/중간차량)/량	9t/10t
최대적재량(전두차량/중간차량)/량	15t/16t
길이(전두차량/중간차량)/량	15.5m/14m
폭(전두차량/중간차량)/량	3.0m
높이	지붕에서 선로면 3.83m, 선로면에서 열차내부 바닥 0.987m
출입문의 폭과 개수	1.3m×2×2/량
출입문의 유형	사이드 슬라이딩 도어, 전두차량에 여닫이 비상 대피문 설치
최소곡선반경	100m
최소종곡선반경	1000m
최대구배	70‰
설계최고속도	150km/h
최대 차량 편성수	8량
주행가속도	1.1m/s^2
감속도	상용 : 1.1m/s^2, 긴급 : 1.3m/s^2
긴급 제동 거리	≤120m (60km/h)

○ 베이징 지주 자기부상 기술발전 유한공사(北京 控股 磁懸浮 技術發展 有限公司, 이하 '베이징 자기부상공사')는 베이징 지주 집단(北京 控股 集團, Beijing Enterprises Group Company Limited) 소속 자회사로써 1999년부터 중국인민해방군 국방과학기술대학과 협력하여 중저속 자기부상교통의 엔지니어링 연구개발을 진행하고 있음

○ 베이징자기부상공사 연혁

- 1999년 1월 12일 베이징지주유한공사와 국방과학기술대학 공동으로 중저속 자기부상열차의 엔지니어링 연구 시작
- 2001년 4월 11일 창사 국방과학기술대학에서 중국 최초의 중저속 자기부상열차 시험노선 건설
- 2001년 7월 15일 창저우장강객차그룹에서 중국 최초의 실물크기 자기부상 시험열차 조립 완료
- 2001년 8월 15일 창사 시험노선에서 자기부상시험열차의 운행시험 공식 시작
- 2001년 11월 12일 베이징시 과학위원회에서 '중저속 자기부상열차 궤도교통기술 엔지니어링연구개발 프로젝트'입안
- 2004년 3월 1일 중저속 자기부상열차 5,000km 안전운행, 중저속 자기부상 엔지니어링 모델열차 연구제작 시작
- 2005년 9월 19일 베이징시 과학위원회에서 '중저속 자기부상열차 시험시범노선시스템 사전엔지니어링 연구' 입안
- 2005년 12월 28일 엔지니어링모델열차 시운행 시험 성공
- 2006년 7월 1일 베이징지주 중저속자기부상열차 탕산 시험노선 착공
- 2007년 11월 9일 라이우강철집단유한공사에서 중저속 자기부상교통에서 통용되는 'F형강' 압연시험 성공.
- 2008년 4월 1일, 2008년 5월 18일 베이징자기부상의 중저속 자기부상교통 엔지니어링시스템 기업표준 '중저속 자기부상교통 설계규범'및 '중저속 자기부상교통 차량'공식 발표 및 적용.
- 2008년 5월 7일 '베이징지주 중저속 자기부상 (탕산) 엔지니어링시험 시범노선시스템'엔지니어링 운행시험 시작.
- 2008년 12월 25일 '선전시 궈도교통 8호선 기술방안 연구 발대식'개최, 선전시 궤도교통 8호선 중저속 자기부상교통 기술방안 연구 시작.
- 2009년 1월 9일 베이징자기부상공사가 수행하고 있는 베이징시 과학위원회 베이징응용기초연구 및 전략적 첨단기술 주제 중대프로젝트 '중저속 자기부상열차 궤도교통기술시스템 엔지니어링연구개발'의 중점과제인 '중저속 자기부상열차시험노선, 전력공급, 열차전기 및 분기시스템 기술엔지니어링 연구'과제가 베이징시 과학위원회 전문가 심사 통과

○ 당산 시험선 현황

[표 6]당산 시험선의 주요 사양

구분	사양
궤간	2000mm
선로 수	단선
구배	구간선로 ≤70‰, 역, 차간 ≤2.5‰
곡선반경	50mR 1개소, 100mR 1개소
종곡선반경	≥1000m
궤도	F형, 127kg/m
분기기	1곳, 단개형
주행제어	MATC 제어시스템
본선열차 최고주행속도	≥100km/h
전원공급방식	DC1500V/DC750V 3, 4량의 하단에서 전원공급



[그림 14]중국 Tanshang(당산) 도시형 자기부상열차 시험선(1.547km)

○ 장가계 자기부상열차

- 중국 Tanshang(당산) 도시형 자기부상열차 시험선(1.547km)2011년 4월 1일 중국 유명 관광지인 장가계에 자기부상열차 노선을 건설하기 위한 의향서가 2011년 4월 1일에 장가계 시정부를 포함한 4자간(Zhangjiajie Municipal People's Government, CSR Corporation Limited, China Railway Group Limited CREC and Hunan Provincial Railway Investment Group Co., Ltd.)에 체결되었음.
- 장가계 시에서 Wulingyuan 관광단지까지 교통량이 증가하면서 환경공해가 심각해지고 있어서 이의 해결방안으로 친환경 자기부상열차를 빠르면

2012년 말까지 건설할 계획

- 이를 위해 상기 4개 기관이 약 20 ~ 28 억 위안을 투자해서 건설과 운영을 담당할 조인트 벤쳐를 설립할 계획

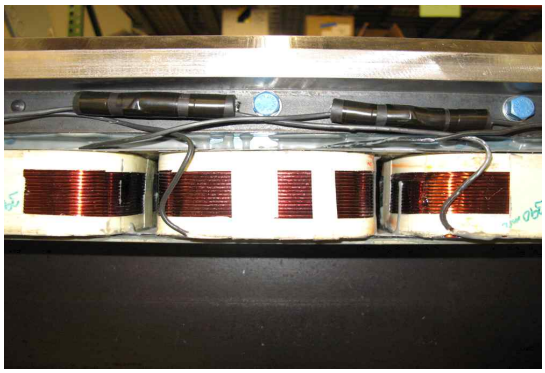
(2) 미국

○ 미국은 도시형 자기부상열차 기술에 투자를 다시 시작

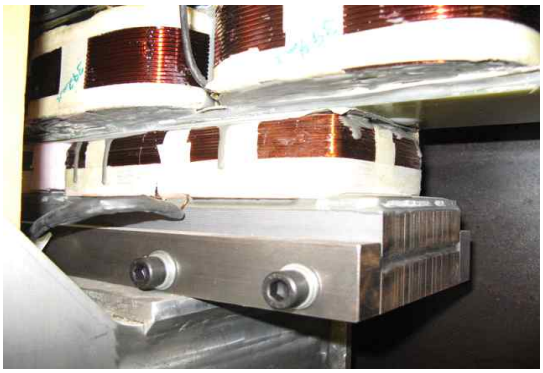
- 미국 FTA에서 7백9십만불의 예산을 MagneMotion사의 M3 도시형 자기부상열차에 지원하여, 1단계(18개월)로 50m 길이의 시험선에서 시험 예정
- 2단계로는 약 1km의 시험선을 건설할 계획
- 최종 목표는 시속 200km/h급의 도시형 자기부상 교통수단 개발
- 2단계 시험 후 차량은 미국 버지니아주 소재 Old Dominion University로 이송하여 기건설되어 있는 981m 시험선에서 시험계획
- M3 도시형 자기부상열차는 선형동기전동기(LSM, Linear Synchronous Motor)와 EMS(Electro-Magnetic Suspension)를 기반



[그림 15]MagneMotion사의 M3 도시형 자기부상열차 모듈



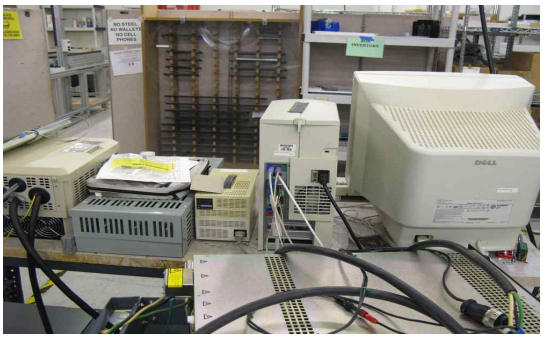
(a) 고정자



(b) 부상 마그네트



(c) 공극 & 가속도 센서



(d) Control PC

[그림 16]MagneMotion사의 M3 도시형 자기부상열차 모듈 세부 사진



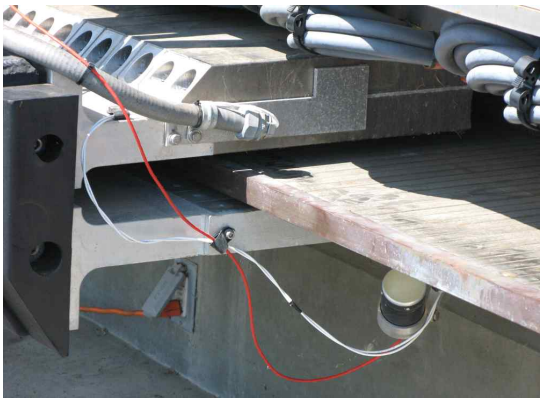




[그림 17]MagneMotion사의 도시형 자기부상열차 궤도 PSC 빔

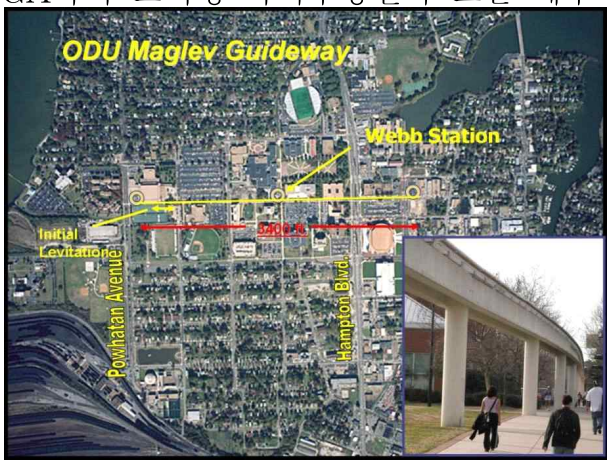
- 미국 GA사의 자기부상열차 모듈은 향후 50만달러의 자금을 투자하여 Halbach 배열의 구조를 변경 예정







[그림 18]GA사의 도시형 자기부상열차 모듈 세부 사진



[그림 19]Old Dominion University의 981m 시험선



[그림 20]GA사의 도시형 자기부상열차 시험구간

(3) 일본

○ 일본 중저속 자기부상열차(HSST) 해외시장 진출 추진

- 대만의 대북시에서 고무바퀴식 경전철 성능에 불만을 가지고 있으며, 신규 노선에 HSST를 채용할 움직임이 있었음
- 친 자기부상열차 파인 대북시장 경질 후 구체적 진전이 없음
- 미국, 동남아 등지에서 일본 중저속형 도입을 위한 기술 및 사업타당성 검토 중
- 나고야시 '동부구릉선' 사업이후 후속사업이 없음에 따라 정체기에 들어간 것으로 보임

2. 기술 동향

가. 종래 승용차에 밀려 상대적으로 정체기를 거치던 궤도교통수단이 신기술 개발을 통한 혁신적 시스템 등장으로 장거리고속교통체계 및 도시 내 중저속 교통수단으로 새롭게 각광받고 있다.

나. 신교통시스템산업이 신산업 군으로 급부상하고 있으며, 국가간 세계시장 선점 경쟁 치열해 지고 있다.

다. 자기부상열차 기술력은 독일과 일본이 크게 앞서있으며, 한국이 근래 도시형 자기부상열차 시제품 개발을 통하여 기술보유국 대열에 들어섰으나. 최근 미국의 개발추진, 중국의 집중투자로 기술보유국의 다극화 추세에 있다.

라. 미국에서는 도시형 자기부상열차의 추진방식으로 선형동기전동기를 채용하

고 있으며, 부상방식으로는 영구자석을 채용하는 기술을 개발하고 있다.

(1) General Atomics사는 Hallbach Array 영구자석을 이용한 EDS 방식을 개발

(2) MagneMotion사는 영구자석 주위에 전자석을 덧붙인 Hybrid EMS 방식을 개발

마. 도시형자기부상열차는 2005년 일본이 나고야시에서 상업운행을 시작한이래, 2006년 우리나라가 실용화사업을 발족하여 2013년 세계 두번째로 상용화될 수 있도록 박차를 가하고 있으며. 중국에서도 2011년 2월 10km구간의 도시형자기부상열차 노선 공사를 착공하여 진행되고 있어 우리나라와 뜨거운 경쟁 관계가 될 것으로 예상하고 있다.

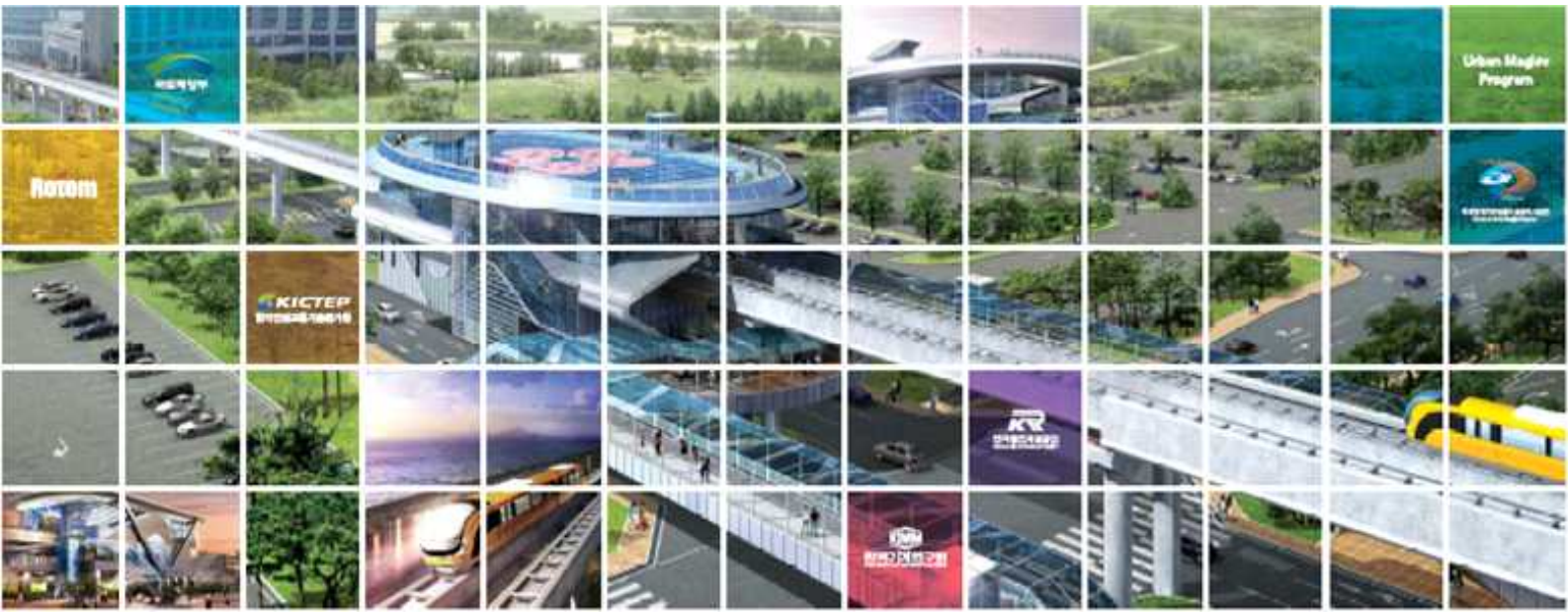
사. 대전시 도시철도 2호선 자기부상열차를 대상으로 예타가 완료 되었고,(2012.11월) 시범노선에서의 성공적 운영에 이어 대전시 2호선 자기부상열차를 선정하게 되면 국내외 많은 파급효과가 기대된다. 또한 시범노선에서 차량이 운행하게 되면 성능과 안정성이 검증될 것이고, 그럴 경우 당연히 타 지자체 에서도 적극 자기부상열차를 검토할 것으로 예상된다.

제3장 연구개발수행내용 및 결과

제1절 연구목표 및 연구내용

제2절 연구내용 및 연구결과

제3절 연차별 세부연구내용



제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

제 1 절 연구목표 및 연구내용

단계	연도	연구목표	주요 연구내용
1 단계	1 차년도	▪ 도시형자기부상열차 실용화 계약 총괄 ▪ 도시형자기부상열차 실용화 사업 총괄관리	· 1 차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 · 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB 구축 · 진도관리, 정산, 자체평가, 예산조정 · 국가연구개발사업 조사·분석·평가 관련업무 협조 · 당해사업 연구개발성과 보급·확산 및 홍보와 대외실무 총괄 · 시범노선 선정 지원 · 지자체 제시 후보 노선 digital 정보를 활용한 가상 주행 시뮬레이터 개발 · 후보 노선 위치, 주변환경 (자연 및 도시), 통행량 등에 대한 digital 표준안 제시 · 연구사업관리 DB 구축을 위한 표준안 제시 · 연구사업관리 DB용 서버 구축 · 시험선 보수과제(교육과학기술부)와 협조체계 구축
	2 차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리 ▪ VR기반 노선 주행 시뮬레이터 (Digital	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 · 2차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 · 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구

단계	연도	연구목표	주요 연구내용
		Mock-up) 개발	결과 종합 및 DB구축 · 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련 업무지원 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 · 전문기관 업무수행 지원 · 전문기관 연구관리시스템 운영 지원 · 시범노선 선정기관 기술지원 · 시험선 보수과제(과기부) 지원 · VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 주행성능 평가 · VR기반 자기부상열차 영상품평 시스템 개발(I) · DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발(I)
	3 차 년 도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리 ▪ VR기반 노선 주행 시뮬레이터 (Digital Mock-up) 개발	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 · 3차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 · 1단계 연구결과 평가 준비 총괄 · 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB구축 · 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련 업무 지원 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기

단계	연도	연구목표	주요 연구내용
			술분야 총괄관리 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 · 전문기관 업무수행 지원 · 전문기관 연구관리시스템 운영 지원 · 시범노선 선정기관 기술지원 · 시험선 보수과제(과기부) 지원 · VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 업데이트 · DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (II)
2 단 계	4 차 년 도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리 ▪ VR기반 시범노선 주행 시뮬레이터 개발	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 · 차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 ○ 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB구축 · 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련 업무 지원 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 · 시범노선 건설 관리 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 · 전문기관 업무수행 지원 · 전문기관 연구관리시스템 운영 지원 · 시범노선 선정기관 기술지원 · 시험선 보수과제(과기부) 지원

단계	연도	연구목표	주요 연구내용
			· 시범노선지역 건축구조물 DMU 개선 (I) · 차량 및 대차 DMU 개선 · VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발 (I)
	5 차 년 도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리 ▪ VR기반 시범노선 주행 시뮬레이터 DMU(Digital Mock-Up) 개발	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 · 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련업무 지원 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 · 시제차량 성능시험 지원 · 시범노선 건설 관리 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 · 지자체 대상 시승행사 등 국내외 보급을 위한 마케팅 활동 · 전문기관 업무수행/ 연구관리시스템 운영 지원 · 시범노선 선정기관 기술지원 · 시범노선지역 건축구조물 DMU 개발 · 노선주행 시뮬레이터 기능개발 (분기기 모듈 연동) · VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발 (II)
3 단	6 차	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 계약 총괄	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄

단계	연도	연구목표	주요 연구내용
계	년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리	- 6차년도 계약 총괄 - 6차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 · 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련업무 지원 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 · 양산차량 시범노선 시운전 시험 협조체계 구축 및 지원 · 사업 및 연구결과 홍보 · 성과확산 및 시장개척 기반조성 · 국내 지자체 대상 노선주행 시뮬레이터 기능 개발 · 시범노선 건설 총괄 지원 · 전문기관 업무수행 지원 · 시범노선 선정기관과의 업무협의 및 기술지원
	7차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 계약 총괄 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 - 7차년도 계약 총괄 - 7차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 - 최종 연구결과 평가 준비 총괄 · 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 · 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련업무 지원 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진

단계	연도	연구목표	주요 연구내용
			도관리 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 · 양산차량 시범노선 시운전 시험 총괄관리 · 사업 및 연구결과 홍보 · 성과확산 및 시장개척 기반조성 · 국내 지자체 대상 노선주행 시뮬레이터 확장 · 전문기관 업무수행 지원 · 시범노선 선정기관과의 업무협의 및 기술지원 · 도시형자기부상열차 실용화사업 국내외 홍보

제 2 절 연구내용 및 연구결과

단계	연차	연구 내용	연구 결과
1 단계	1 차 년 도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 계약 총괄	· 핵심과제 및 세부과제 연구계획서 심의위원 의견 반영 수정 총괄 · 핵심과제 및 세부과제 계약 완료
		▪ 1차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 ▪ 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 ▪ 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB 구축 ▪ 국가과학기술위원회 사업평가 등 관련업무 지원 ▪ 시범노선 선정 지원 ▪ 진도관리, 정산, 자체평가, 예산조정 ▪ 종합보고서 작성	· 월간 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최를 통한 사업수행 관리 · 핵심/세부과제 분기 및 중간보고 검토 · 핵심/세부과제 연차실적계획서 검토/조정 · 과제간 인터페이스 양식 작성 · 과제간 인터페이스 항목 조정회의 개최 및 항목도출 · 인터페이스 현황검토 및 관리 · 세부/핵심과제 월간보고서 양식 작성 · 세부/핵심과제 월별 진도관리 · SE 관리체계 협의 및 검토 · 문서분류체계 관련 협의, 검토 및 승인 · 차량-궤도 인터페이스TFT구성 및 기술검토 회의개최 · 상부구조 제안형식 검토 · 운영개념수립방안 검토 - 무인운전 보완 요구사항 수집/검토 - 비상대응계획 수집/검토 - 경전철 운영계획 수집/검토 - 선정기관 제안 운영계획 검토 · 시범노선 선정지원 - 시범노선 사전적격성 현장평가 참여/지원 - 시범노선 선정기관과의 협약관련 협상 지원 - 시범노선 선정기관과의 협의체 구성 지원 · 시범노선 선정기관 기술지원 - 전자장관련 기술지원 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 · 연구개발성과 보급·확산 및 홍보와 대외실무 총괄 - 국제 세미나 개최 - 중간성과발표회 개최 - 국내외 학술대회 자기부상열차 특별세션

단계	연차	연구 내용	연구 결과
			개최 - 사업소개 기술세미나 발표 - 전자장 측정 결과 보고서 작성 · 전문기관 기술업무 지원
		▪ 지자체 제시 후보 노선 digital 정보를 활용한 가상 주행 시뮬레이터 개발 ▪ 후보 노선 위치, 주변 환경 (자연 및 도시), 통행량 등에 대한 digital 표준안 제시	· 시범노선 선정 지역 digital 정보를 활용한 가상 주행 시뮬레이터 개발 · 시범노선 지역/차량/선로 DMU 확보 · 시범노선 주변환경 (자연 및 도시), 통행량 등에 대한 digital 표준안 제시
		▪ PLM 기반 연구사업 관리 DB 기반 구축	· 연구관리시스템 현황/계획 검토 · 연구사업관리 DB구축 전문기관과 협의하여 결정 - 연구관리시스템: 전문기관에서 구축 - 건설사업관리시스템: 3핵심(철도시설공단)에서 기존 ERP활용하여 별도구축 - 전문기관 DB구축 협조 및 지원 - 전문기관 DB에 구현될 사업단 연구관리 기능 제시 · 전문기관 연구사업관리계획 협의/검토
	2차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 - 1차년도 연차평가 결과 반영 계획서 수정 및 협약 완료 - 분기 및 반기보고서 작성 총괄 - 핵심/세부과제대상 자체평가 · 2차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 - 분기/반기보고서 및 연차실적 점검
		▪ 2차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 ▪ 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 ▪ 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결	· 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 - 중간성과발표회 개최 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB구축 - 인터페이스 현황 점검 및 관리 - 차량-궤도 인터페이스 TFT 운영 - 1-0과제와 협조체계 구축 - 연구결과종합 및 사업단 홈페이지 자료실에 업로드 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		과 종합 및 DB구축 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 ▪ 핵심/세부과제 연구수행 지원(사업 전반에 적용되는 과제의 수행 지원) ▪ 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 ▪ 전문기관 업무수행 지원 ▪ 전문기관 연구관리 시스템 운영 지원 ▪ 시범노선 선정기관 기술지원 ▪ 시험선 보수과제(교육과학기술부) 지원	- 월간 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최를 통한 사업수행 관리 - 매월 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리 - 과제간 인터페이스 현황 관리 - 핵심/세부과제 월간보고서 검토 및 진도관리 - 핵심/세부과제 연차실적계획서 검토/조정 - 세부과제 진도점검 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 - SE관리계획 검토 및 승인 - 시스템 요구사항 검토 및 승인 - 운영개념(운영시나리오) 검토/조정 - 선로구축물 형상, 시공성, 경제성 검토 - 차량-선로 인터페이스 관리 - Design Review(DR) 시행 - 시범노선 기본설계 내용 검토 - 연구결과물 시범노선 기본설계 적용 지원 · 핵심/세부과제 연구수행 지원(사업 전반에 적용되는 과제의 수행 지원) - RAMS 성능목표모델/목표치 및 Safety 성능평가모델 검토 및 승인 - 시험평가 관리계획 검토 및 승인 - 건설규칙 및 안전기준 검토 및 공청회 실시 지원 · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 · 전문기관 업무수행 지원 - 선정기관과의 협의 지원 · 전문기관 연구관리시스템 운영 지원 - 전문기관 연구관리시스템 일부로 사업단 연구관리 DB 운영 · 시범노선 선정기관 기술지원 · 시험선 보수과제(교육과학기술부) 지원
		▪ VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 주행성능 평가 ▪ VR기반 자기부상열	· VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 주행성능 평가 - 시범노선 기본설계 데이터 분석 및 DMU 데이터베이스 구축(지형, 건물, 구조물, 선로, 비상대피로, 역사 등)

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		차 영상품평 시스템 개발 (1) ▪ DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (I)	- 차량 디자인안(3종)에 기반한 차량/대차 DMU 데이터베이스 구축 - DMU 데이터베이스를 활용한 주행시뮬레이터 프로그램 개발 - 가속도에 따른 속도제어 및 가상모델상의 실감형 주행성능 예측 · VR기반 자기부상열차 영상품평 시스템 개발 (1) - 자유로운 시점변경을 지원하는 영상품평 프로그램 개발 - 차량형상 / 색상 / 실내배치 등의 파라메터 적용 기능 개발 - 비상대피 선로구조물 영상품평 프로그램 개발 - 시나리오 설정에 따른 영상품평 컨텐츠 제작 - 영상품평시연회 개최 및 차량디자인 선정 지원 · DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (I) - 10채널 DLP Cube 멀티스크린 시스템 H/W 설계 및 설치 - 통합 디스플레이 시스템 제어 프로그램 개발 - 분산렌더링 모듈개발 및 VR 시뮬레이터 통합
	3차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 3차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 - 2차년도 연차평가 결과 반영 계획서 수정 및 협약 총괄 - 분기 및 반기보고서 작성 총괄 - 핵심/세부과제대상 자체평가 · 3차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 - 반기보고서 및 연차실적 점검 · 1단계 연구결과 평가 준비 총괄
		▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 ▪ 과제별 인터페터페	· 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 - 시범노선 기본 및 실시설계 결과 설명회 · 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB구축 - 인터페이스 현황 점검 및 관리 - 연구결과 종합 및 사업단 홈페이지 자료실에 업로드 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		관리 ▪ 핵심/세부과제 연구수행 지원 ▪ 연구결과의 설계 및 시공 반영 총괄 ▪ 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 ▪ 전문기관 업무수행 지원 ▪ 단계보고서 작성	- 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최 - 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리 - 핵심/세부과제 월간 및 분기보고서 검토 및 진도관리 · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 - 핵심 인터페이스 (차량-선로 등) 관리 - 각 핵심과제, 설계사, 시공사, 선정기관 협조체계 구축 - 연구사업 결과물의 설계 및 시공반영 총괄 · 핵심/세부과제 연구수행 지원 - 사업 전반에 적용되는 과제의 수행 지원 (RAMS 기준, 시험/평가/인증체계, 각종 규칙 및 기준 등) - 단위 과제 수행 지원 · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 - 성과홍보 전시회 - 국내외 학술대회 참가/홍보 및 국제 학술대회 유치 - 사업소개 기술세미나 발표 - 국외 자기부상열차 관련 기술 조사 · 전문기관 업무수행 지원 - 시범노선 시공발주 지원 - 대외 기술 업무지원 - 선정기관과의 협의 업무 지원 · 전문기관 연구관리시스템 운영 지원 - 전문기관 연구관리시스템을 활용한 사업단 연구성과 DB 운영 · 시범노선 선정기관 기술지원 - 시범노선 건설 인허가 수행 관리 지원 · 자기부상열차 대외 홍보 관련 자료 작성 및 지원 · 시험선 보수과제(과기부) 지원 - 연구사업 결과물의 적용/시험/평가 협조체계 구축 및 지원
		▪ VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 업데이	· VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 업데이트 - 실시설계에 따른 선로/역사/시설물/차량 등

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		트 ▪ DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (II)	에 대한 DMU 개선 - 시뮬레이터 기능 커스터마이징 · DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (II) - 다양한 시뮬레이터 컨텐츠에 대한 다수 레이아웃 표출 및 통합 가시화 - 10채널 분산렌더링 모듈 성능개선 및 컨텐츠 제어 프로그램 개발
2 단계	4 차 년 도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 계약 총괄 ▪ 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검	· 단계평가 결과 반영 계획서 수정/협약 - 각 핵심/세부과제 협약서(10건) · 핵심/세부과제대상 자체평가 - 핵심/세부과제 사업단 자체평가(1건) - 중간성과발표회(1건)
		▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 ▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 ▪ 과제별 인터페이스 관리 ▪ 핵심/세부과제 연구수행 지원 ▪ 연구결과의 설계 및 시공반영 총괄 ▪ 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리 - 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최(5건) - 차량-신호분야 인터페이스 관리회의(2건) - 차량-궤도 인터페이스 관리회의(1건) - 차량-집전선 인터페이스 관리회의(1건) - 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리(6건) - 핵심/세부과제 진도관리(23건) · 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리 - 시범노선 대안입찰 추진일정 단축을 위한 관리시행(22건) - 도시형자기부상열차 시범노선 건설 인·허가 서류 검토 및 관리(8건) - 각종기술문서 검토 · 과제별 인터페이스 관리 - 인터페이스 현황 점검 및 관리 - 연구결과 종합 및 사업단 홈페이지 자료실에 업로드(1건) · 핵심/세부과제 연구수행 지원 - 도시철도건설규칙 개정안 검토(1건) - 도시형 자기부상열차 안전기준 개정 검토(1건) · 연구결과의 설계 및 시공반영 총괄 - 시범노선 대안입찰 안내서 검토 회의 주관 및 검토결과 제시(1건) - 시범노선 대안입찰 안내서(안) 심의 지원 및 최종검토회의 주관 · 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		▪ 전문기관 업무수행 지원 ▪ 시험선 보수과제(교과부) 지원 ▪ 연차보고서 작성	- 성과 홍보 및 주요 행사(주요전시회 참가, 홍보행사, 언론홍보, 논문 등)(31건) - 국제 학술대회 개최 준비(1건) - 국내 지자체 기술지원(5건) · 전문기관 업무수행 지원 - 대안입찰 관련 업무 지원(2건) - 시범노선 착공식 관련 업무 지원(1건) · 선정기관 업무수행 지원 - 인허가 취득 지원(8건) - 홍보관 관련 지원(1건) - 타 기관과의 협의 지원 · 시험선 보수과제 (교과부) 지원 - 연구사업 결과물의 적용/시험/평가 협조체계 구축 및 지원(2건) · 연차보고서 작성
		▪ VR기반 시범노선 주행 시뮬레이터 개발	· VR(Virtual Reality) 운행관제를 위한 GUI 인터페이스 설계 - 시범노선/시범지역 건축구조물 DMU 개발(2건) - 노선주행 시뮬레이터 기능 개발(1건) - 자기부상열차 홍보관 VR 시뮬레이터 설치(1건)
	5차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 5차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 ▪ 2단계 연구결과 평가 준비 총괄	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 - 4차년도 실적보고서 및 5차년도 계획서 검토 보완(3건) - 1, 2, 3핵심 5차년도 협약 및 세부과제 협약 확인(10건) · 5차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 - 연구성과 중간점검(1건) · 2단계 연구결과 평가 준비 총괄 - 사업단 자체평가(3건)
		▪ 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 ▪ 사업단장-핵심과제 책임자 회의 개최	· 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 - 5차년도 중간성과발표회(1건) · 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최 - 사업단장-핵심과제책임자회의(2건) - 차년도 인터페이스 조정회의 & 제13차 Workshop(1건) - 종합시운전 관련회의 개최(3건)

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		▪ 핵심/세부과제 진도관리 ▪ 기술분야 검토 및 총괄관리 ▪ 시범노선 건설관리 ▪ 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 ▪ 지자체 대상 시승행사 등 국내외 보급을 위한 마케팅 활동	· 핵심/세부과제 진도관리 - 진도보고서(분기보고서)(20건) - 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리(8건) · 기술분야 검토 및 총괄관리 - 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합(4건) - 시제차량 성능시험 지원(2건) - 핵심/세부과제 연구수행 지원(3건) - 전문기관 업무수행 지원(5건) · 시범노선 건설관리 - 시범노선 건설관리(4건) - 시범노선 선정기관 기술지원(7건) · 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 - 언론보도/학술대회/저널/기타 등 홍보 활동(30건) - 성과 홍보 및 주요행사(77건) - 기술강연(8건) - 국제 학술대회 개최 준비(1건) · 지자체 대상 시승행사 등 국내외 보급을 위한 마케팅 활동 - 해외시장 개척을 위한 홍보(14건) - 국내시장 개척을 위한 홍보(56건)
		▪ VR기반 시범노선 주행 시뮬레이터 개발	· 시범노선지역 건축구조물 DMU 개발 (1건) · 노선주행 시뮬레이터 기능개발(분기기 모듈 연동) (1건) · VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발(II) (1건)
	6차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 6차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 - 5차년도 실적보고서 및 6차년도 계획서 검토 보완(1건) - 1, 2, 3핵심 6차년도 협약 및 세부과제 협약 확인(12건) · 6차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검 - 6차년도 연구결과 평가 총괄(3건)

단계	연차	연구 내용	연구 결과
3 단 계		▪ 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최	· 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 - 6차년도 중간성과발표회(1건)
		▪ 도시형자기부상열차 실용화사업 진도관리	· 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최 - 사업단장-핵심과제책임자회의(3건) - 6차년도 인터페이스 조정회의 & 제16차 Workshop(2건)
		▪ 도시형자기부상열차 실용화사업 기술분야 총괄관리 - 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 - 핵심/세부과제 연구수행 지원 - 양산차량 시범노선 시운전 시험 협조체계 구축 및 지원 - 시범노선 건설 총괄 지원 - 전문기관 업무수행 지원 - 시범노선 선정기관과의 업무협의 및 기술지원	· 핵심/세부과제 진도관리 - 진도보고서(분기보고서)(20건) - 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리(14건) · 기술분야 검토 및 총괄관리 - 과제별 인터페이스 관리(21건) - 기술분야검토(6건) - 시운전 준비관리(2건) - 핵심/세부과제 연구수행 지원(1건) - 관련기관업무지원(6건) - 전문기관 업무수행지원(수시) · 시범노선 건설관리 - 시범노선 건설관리(4건) - 시범노선 선정기관 기술지원(12건)
		▪ 사업 및 연구결과 홍보 ▪ 성과확산 및 시장개척 기반 조성 - 국내 지자체 대상	· 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 - 언론보도/학술대회/저널/기타 등 홍보 활동(30건) - 성과 홍보 및 주요행사(43건) - 기술강연(5건) - Maglev 2011 국제 학술대회 개최 (1건) - 국내 시장개척을 위한 홍보(40건) - 해외 시장개척을 위한 홍보(8건) · 사업 및 연구결과 홍보 - 국내외 전시회 참가(3건) · 자기부상열차 운영비 예측 및 운영 효율화 방안 연구

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		노선주행 시뮬레이터 기능 개발	- 자기부상열차 운영 효율화 방안 연구 최종보고서(1건) · 노선주행 시뮬레이터 기능 개발 - 국내지자체 대상 노선주행 시뮬레이터 개발 (1건) - 주행 시뮬레이터 기능 개선 (1건) - 사업 홍보용 컨텐츠 제작 (1건)
	7차년도	▪ 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 ▪ 7차년도 연구결과 점검 및 최종평가 준비	· 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄 - 6차년도 실적보고서 및 7차년도 계획서 검토 보완(1건) - 1, 2, 3핵심 7차년도 협약 및 세부과제 협약 확인(12건) · 7차년도 연구결과 점검 및 최종평가 준비
		▪ 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 ▪ 도시형자기부상열차 실용화사업 진도관리 ▪ 도시형자기부상열차 실용화사업 기술분야 총괄관리 - 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 - 핵심/세부과제 연구수행 지원 - 양산차량 시범노선 시운전 시험 협조체계 구축 및 지원 - 시범노선 건설 총괄 지원 - 전문기관 업무수행 지원 - 시범노선 선정기관과의 업무협의 및 기술지원	· 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최 - 7차년도 중간성과발표회(1건) - 유도급전 적용 타당성 연구 중간성과 발표회(1건) · 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최 - 사업단장-핵심과제책임자회의(8건) - 7차년도 인터페이스 조정회의 & 제18차 Workshop(1건) - 추가세부과제 착수보고회(1건) · 핵심/세부과제 진도관리 - 진도보고서(분기보고서)(20건) - 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리(5건) · 기술분야 검토 및 총괄관리 - 과제별 인터페이스 관리(23건) - 기술분야검토(5건) - 핵심/세부과제 연구수행지원(1건) - 관련기관업무지원(3건) - 전문기관 업무수행지원(수시) · 시범노선 건설관리 - 시범노선 건설 관리(1 건) - 종합시험운행 관리(10 건) - 인수·인계 관련 협의 주관 및 시범노선 선정기관 기술지원(3 건)

단계	연차	연구 내용	연구 결과
		▪ 사업 및 연구결과 홍보	· 당해 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄 - 언론보도/기타 등 홍보 활동(30건) - 성과 홍보 및 주요행사(41건) - 기술강연(18건) - 홍보물 제작(4건) - 국내 시장개척을 위한 홍보(26건) - 해외 시장개척을 위한 홍보(14건) - 국내외 전시회 참가(전시회 참가 1건)
		▪ 성과확산 및 시장개척 기반조성	· 시범노선 도심지구간 경관개선 시공을 통한 도시철도 경관성 향상 · 홍보전시실 제작설치 및 운영 · 유도급전 자기부상열차 적용을 위한 타당성 조사 · 성과확산 연구수행을 위한 추가세부과제 기획·공모·선정평가 및 관리 - 자기부상철도 선로시설물 자동화 점검시스템 개발 - 인천공항 자기부상철도 선로구조물 성능평가 - 도시형 자기부상열차 추진시스템 성능향상 및 고속화 설계 개발 - 도시형 자기부상열차 글로벌 비즈니스 추진 체계 구축 - 자기부상철도 등 특수철도의 합리적 운영을 위한 법·제도 마련 연구

제 3 절 연차별 세부연구내용

1. 1차년도 세부연구내용

가. 1차년도 도시형 자기부상열차 실용화 계약 총괄

대형연구개발실용화사업으로 시행되는 도시형자기부상열차 실용화사업이 체계적이고 효율적인 연구가 수행될 수 있도록 1차년도 구성체계를 확립하고, 연구개발 계획서의 내용을 확인하고 1차년도 사업 협약이 원활히 수행될 수 있도록 계약 총괄 업무를 수행하였다.

(1) 핵심과제 및 세부과제가 선정 평가를 거쳐 선정되었고, 선정평가에 제출된 계획서에 대한 평가 위원들의 검토의견을 반영하여 조치할 수 있도록 사업 총괄관리를 수행

(2) 사업 구성체계에 입각한 사업단/ 핵심과제/ 세부과제 상호간 협약이 이루어 질 수 있도록 지원하여 선정된 과제의 1차년도 계약 완료

나. 1차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리

자기부상열차 실용화 사업의 기본적인 추진 방향은 자기부상열차 시스템의 기술 보완을 통한 기술 완성과 함께 시스템 검증 및 상용화 기반을 구축하는 것이며, 이를 위한 시범구축사업을 실시하여 시스템을 보완 및 검증하는 것이다. 1차년도 총괄관리 세부 연구내용은 기본 추진 방향에 따라 과제간 의사소통 및 결정을 위한 회의들과 보고서 검토, 문서양식 작성, 인터페이스 문제 해결 등 사업 전체를 대상으로 총괄관리 및 시범노선 선정을 위한 전문기관과의 주요 업무협의를 수행하였다.

(1) 1차년도 월간 사업단장-핵심과제책임자 회의

(가) 사업단과 3개의 핵심과제 간 의사소통의 통로와 사업단 내부의 협의 결정을 위해 매월 정기적인 회의 개최를 결정하였고, 사업단 현안 및 과제간 주요 인터페이스 사항 협의

(나) 사업진행 주요사항에 대해 사업단장-핵심과제책임자 회의를 통해 진행관리 수행

(다) 사업단장과 핵심과제책임자 및 실무자와 안건에 따른 해당 세부과제 책

임자가 참석하여 1차년도 9차례의 사업단장-핵심과제책임자 회의 시행을 통한 사업관리 수행

(2) 1차년도 월간 핵심과제 공정 회의 참석 및 회의자료 검토

(가) 매월 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

(나) 1차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리

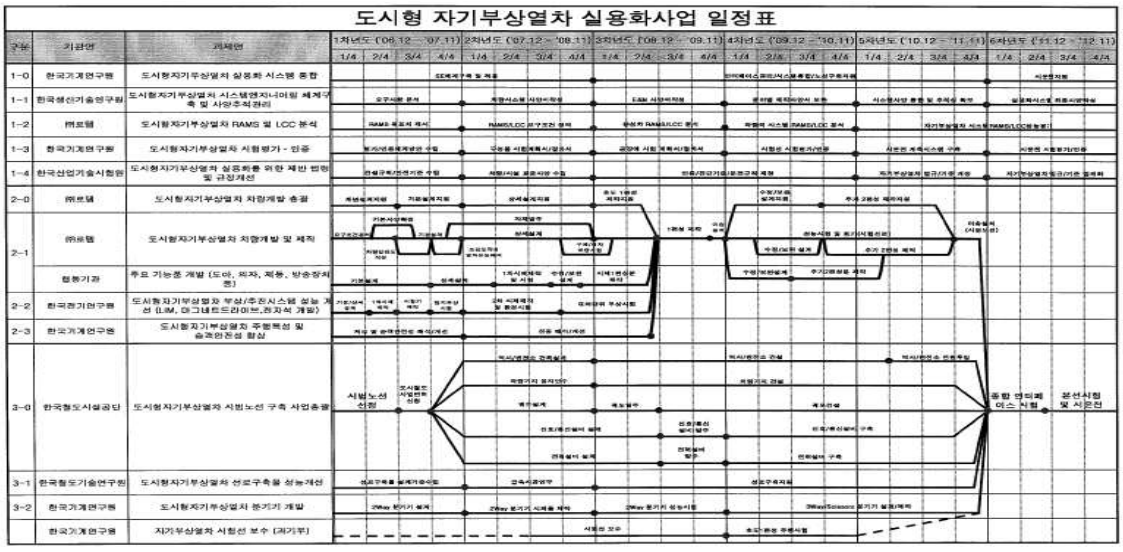
(3) 1차년도 핵심/세부과제 분기 및 중간보고 검토

(가) 1차년도 핵심/세부과제 1/4분기 진도보고서 검토 후 사업단 1차년도 1/4분기 진도보고서를 작성하여 전문기관에 제출

(나) 1차년도 중간성과 발표회를 개최하여 핵심/세부과제별 추진 현황을 파악 하였으며, 중간 진도보고서 검토 후 진도보고서 전문기관에 제출

(4) 핵심/세부과제 1차년도 연차평가를 실시하여 연차실적계획서를 검토하였으며 1차년도 성과와 2차년도의 계획을 분석하여 조정

(5) 사업일정표 작성



(6) 1차년도 인터페이스 관리

(가) 각 핵심/세부과제에 과제간 인터페이스 양식을 배포 및 작성요청

세부과제별 인터페이스

핵심과제명(과제번호):
세부과제명(과제번호):
작성일: 2007. . .

과제번호	1-2	1-0	1-1	1-2	1-3	1-4	2-0	2-1	2-2	3-0	3-1	3-3
년도	연구내용											
	(연구개발 내용 기입)	연구개발 내용과 연관된 인터페이스 번호 기입										
1												
2												

[그림 21]세부과제별 인터페이스 도표 양식

표기형식 (I: 인터페이스 문서 표기, 12: 작성주관기관 번호, 13: 상태기관 번호, 0:출력번호 (1:입력번호), 1: 순번)

1. 인터페이스 1
   1) 인터페이스 번호: I-12-13-0-1
   2) 입력/출력: 입력
   3) 인터페이스 요구물:
   4) 인터페이스 요구사항/상세사항:
   5) 인터페이스 상대 과제: 1-3
   6) 인터페이스 시작 시점: '07. .
   7) 인터페이스 종료 시점: '07. .

2. 인터페이스 2
   1) 인터페이스 번호: I-12-13-0-2
   2) 입력/출력: 입력
   3) 인터페이스 요구물:
   4) 인터페이스 요구사항/상세사항:
   5) 인터페이스 상대 과제: 1-3
   6) 인터페이스 시작 시점: '07. .
   7) 인터페이스 종료 시점: '07. .

[그림 22]세부과제별 인터페이스 표기 형식

(나) 핵심과제별 인터페이스 항목을 취합하여 발표하고, 중요 현안 인터페이스를 위주로 상호 토론 및 협의하는 인터페이스 조정회의 개최(2007. 2. 13 - 14)

(다) 사업단 인터페이스 조정회의에서 논의/검토된 인터페이스 항목을 조정하여 1차년도 인터페이스 확정(2007. 2. 27)

(라) 확정된 인터페이스 항목은 1-0과제 업무로 이관하여 관리하도록 요청

(마) 월간보고서를 통하여 월별 인터페이스 현황 파악 및 검토/관리를 수행하였으며, 주요 인터페이스에 대한 사항은 사업단장-핵심과제 책임자 회의를 통해 협의하여 처리

(7) 1차년도 월별 진도관리

- 사업단 핵심/세부과제 월간 진도보고서를 작성하여 배포하였으며, 매월 작성 요청 하여 각 핵심/세부과제의 월간 진도관리 및 성과물 관리에 활용

(8) 1핵심과제와 SE 관리체계를 협의 및 검토를 통해 사업의 시스템엔지니어링이 원활히 이루어 질 수 있도록 관리

(9) 문서분류체계 관련 협의 및 승인

- 1핵심과제에서 작성한 안을 타 핵심과제와 협의를 거쳐 문서분류체계를 완료하고 승인을 거쳐 문서분류체계 확정

(10) 1차년도 차량-궤도 인터페이스 관리

(가) 차량 주행 시 교량의 처짐량, 궤도의 고유주파수와 차량 부상 주파수 대역으로 인한 공진 발생 여부, 궤도 형상 등의 차량과 궤도의 인터페이스 주요 인터페이스 항목을 도출 검토 및 협의 TFT회의 3회 실시(1차 : 2007. 6. 28 / 2차 : 2007. 7. 20 / 3차 : 2007. 9. 3)

(나) 기계연구원 시험선에서 시험한 시험 데이터 분석자료를 활용하여 자기부상열차 주행 예측 검토

(다) 차량개발 분야와 선로구조물 분야의 핵심적인 인터페이스 항목을 도출

하여 해결방안 모색을 위한 회의 실시

(라) 차량-궤도 핵심 인터페이스인 교량의 처짐량 기준설정은 추가 연구를 통해 2차년도 2008년 상반기 확정하기로 협의

(11) 선로구축물 성능개선 제안 상부구조 검토

(가) 3-1 세부과제 연구물에 대한 검토를 3핵심과제와 수행

1) 모노블럭과 트윈블럭의 제작 및 설치 공법의 공정 비교

2) U형 거더와 프리캐스트 바닥판의 이원화와 일체형 거더 분석

3) 프리캐스트 바닥판 제작과 거더에 프리캐스트 바닥판 설치시 발생 가능 문제점 검토

4) 프리캐스트 바닥판에 부상/추진레일 설치시, 3-1세부과제에서 제안한 부상/추진레일 설치법에 대한 검토

(12) 운영개념 수립방안 검토

(가) 도시형자기부상열차실용화사업 운영개념 수립방안에 대한 검토 수행

1) 도시형자기부상열차의 운영조건에 따른 시스템 운영개념과 무인운전시스템 요구사항에 대한 보완 수집/검토

2) 선정기관에서 제안한 시범노선의 운영인력관리, 운영형태, 통합관제실 및 기지운영, 유지관리계획 등 운영계획에 대한 검토

3) 시범노선 운영을 위해 시범노선 운전계획에 대한 검토 수행

4) 발생 가능한 비상상황 대처를 위해 필요한 비상조치에 대한 우선순위 및 흐름도, 상황별 비상조치 계획, 대피방안, 유관기관 비상협조 체계 등 비상대응계획에 대한 검토

5) 타 경전철 운영계획을 수집하여 검토

(13) 신호/통신/전력 기술조사용역 보고서 검토

- 3핵심과제에서 수행한 신호/통신/전력 기술조사용역 보고서 작성을 지원하

고, 결과자료에 대한 내용검토 수행

(14) 1차년도 시범노선 선정기관과 업무협의 및 기술지원

(가) 시범노선 선정기관인 인천공항공사와 도시형자기부상열차시스템의 전자장관련 업무협의

(나) 표준과학연구원을 통한 도시형자기부상열차 시스템의 전자장 측정 지원



시 험 성 적 서

TEST REPORT

(4) 쪽 중 (1) 쪽
Page of Pages

① 의뢰기관 Applicant	한국기계연구원(대전)	② 시험번호 Test No.	07-10535-002
③ 시험대상 Test Item	시험품명 Description	자기부상열차	
	제작회사 및 형식 Manufacturer & Model	-	기기번호 Serial No. -
④ 접수일자 Date of Receipt	2007.06.11	⑤ 시험일자 Test Date 2007.06.11	시험장소 Test Site □고정표준실 □이동시험실 ■현장
⑥ 시험명 Test Name	저주파 교류자속밀도 측정		
⑦ 시험환경 Environment	온 도 Temperature		상대습도 Relative Humidity
⑧ 시험방법 Test Method	붙장 "시험결과" 참조	⑨ 담당자 Tested by	김영균 042) 868-5169

⑩ 시험결과 (Test Results)
붙장 "시험결과" 참조

* 본 성적서의 시험결과는 접수된 시험품목에 한하며 광고 및 선전에 사용할 수 없음.
(The results described above are valid only for attached sample, and cannot be used for advertisment of any product.)

* 위 내용은 의뢰자가 제공한 시험품의 시험결과이며, 시료명은 의뢰자가 제공한 것임.
(The above is the test results of the specimen provided by the applicant, and the name of sample has been submitted by the applicant.)

* 시험 결과는 상기 시험품에 한하여 유효하며, 한국표준과학연구원장 승인 없이 수정 또는 재발행 할 수 없음.
(The test results are valid only for attached samples, and modification of this test result is prohibited.)

2007 년 8 월 1 일

시험책임자 (Approved by) : 직 책(급) 책임연구원 , 성명 박포규 , 서명

국가측정표준대표기관
National Metrology Institute
한 국 표 준 과 학 연 구 원 장
Korea Research Institute of Standards and Science
Seal of the President

대전광역시 유성구 도룡동 1번지, Tel : 042) 868-5403~4, Fax : 042) 868-5555

P-22-02(A)/03

[그림 23]저주파 교류자석밀도 측정 시험성적서



시 험 성 적 서

TEST REPORT

(9) 쪽 중 (1) 쪽
Page of Pages

① 의뢰기관 Applicant	한국기계연구원(대전)	② 시험번호 Test No.	07-10535-001
③ 시험대상 Test Item	시험품명 Description	자기부상열차	
	제작회사 및 형식 Manufacturer & Model	-	기기번호 Serial No. -
④ 접수일자 Date of Receipt	2007.06.11	⑤ 시험일자 Test Date 2007.06.11	시험장소 Test Site ■고정표준실 □이동시험실 □현장
⑥ 시험명 Test Name	전자기장의 세기 측정		
⑦ 시험환경 Environment	온 도 Temperature		상대습도 Relative Humidity
⑧ 시험방법 Test Method	전자기장의 세기 측정(KRISS-93-135-ET)	⑨ 담당자 Tested by	강웅택 042) 868-5172

⑩ 시험결과 (Test Results)
한국표준과학연구원의 표준안테나와 Spectrum Analyzer를 이용하여 전자기장의 세기를 측정하여 별첨 시험결과에 보였다.

----- 사용기기 -----
1. Spectrum Analyzer : Agilent E4407B(S/N : US40241581)
2. Rod Antenna : KRISS
3. Biconical Antenna : R/S HK116(S/N : 833599/004)
4. Log-Periodic Antenna : HL223(S/N : 833335/001)
5. Amplifier : Sonoma 310(S/N : US43180113)

* 본 성적서의 시험결과는 접수된 시험품목에 한하며 광고 및 선전에 사용할 수 없음.
(The results described above are valid only for attached sample, and cannot be used for advertisment of any product.)

* 위 내용은 의뢰자가 제공한 시험품의 시험결과이며, 시료명은 의뢰자가 제공한 것임.
(The above is the test results of the specimen provided by the applicant, and the name of sample has been submitted by the applicant.)

* 시험 결과는 상기 시험품에 한하여 유효하며, 한국표준과학연구원장 승인 없이 수정 또는 재발행 할 수 없음.
(The test results are valid only for attached samples, and modification of this test result is prohibited.)

2007 년 8 월 1 일

시험책임자 (Approved by) : 직 책(급) 책임연구원 , 성명 강태원 , 서명

국가측정표준대표기관
National Metrology Institute
한 국 표 준 과 학 연 구 원 장
Korea Research Institute of Standards and Science
Seal of the President

대전광역시 유성구 도룡동 1번지, Tel : 042) 868-5403~4, Fax : 042) 868-5555

P-22-02(A)/03

[그림 24]전기장의 세기 측정 시험성적서

(15) 시범노선 선정지원

(가) 도시형자기부상열차 실용화사업의 시범노선을 선정하기 위한 차량 최고속도시험이 가능한 노선, 적정 차량기지 확보, 시범노선 이용수요, 제안기관 건설비 분담 비율 등의 평가기준 작성 지원

(나) 시범노선을 유치하기 위해 지자체(인천, 광주, 대구, 대전)에서 제안한 내용에 대한 사전적격성 평가를 위한 참여인력 지원

(다) 시범노선으로 선정된 인천시-인천공항공사인 선정기관과의 협약관련 협상 지원

(라) 시범노선으로 선정된 인천시-인천공항공사인 선정기관과의 협의체 구성 지원

(16) 1차년도 전문기관 업무수행 지원

(가) 전문기관(한국건설교통기술평가원)에서 개최하는 도시형자기부상열차 실용화사업 운영위원회를 위한 준비 지원

(나) 도시형자기부상열차 실용화사업 핵심/세부과제별 성과지표 작성 지원

(다) 대외적 기술요청 사항에 대한 기술업무 지원

(라) 건설교통 R&D 성과포럼 행사 지원

(마) 건설대전 지원

(17) 1차년도 핵심/세부과제 연구수행 지원

(가) 대전 엑스포-과학관 노선에서 운행 중인 UTM-02 차량을 이용한 도시형 자기부상열차 교량 계측 지원

(18) 1차년도 연구개발성과 보급·확산 및 홍보와 대외실무 총괄

(가) 국제 세미나 개최

1) '07 건설교통 R&D 성과포럼의 일환으로 철도 분야의 해외전문가를 초청하여 선진 기술에 대한 지식을 얻기 위한 국제 세미나 개최(2007. 5. 7)



[해외전문가 발표]



[국제세미나 참석자]

2) 해외시장 개척을 위한 자기부상열차 성능인증에 관한 방향을 모색하기 위해 해외 전문가를 초청하여 국제세미나 개최(2007. 5. 18)



[성능인증 관련 해외전문가 발표]



[국제세미나 참석자]

(나) 도시형자기부상열차 실용화사업 1차년도 사업 진도관리를 위한 중간성과발표회 개최(2007. 5. 17~18)



[중간성과발표회 발표]



[중간성과발표회 기념촬영]

(다) 국내외 학술대회 자기부상열차 특별세션 개최

1) ICEMS2007 자기부상열차 특별세션을 통해 국내외 도시형자기부상열차 실용화사업 연구성과 발표 및 홍보(2007. 10. 10)



[ICEMS 2007 Maglev Session 발표]

13:30-16:10	Status and Progress in Maglev Technology Chaired by: Dr. Byung Chun Shin
Invited Speech 13:30-14:10	The Maglev Development and Commercial Application in China Yan Luguang
Invited Speech 14:10-14:50	The Future of Maglev Richard Thornton
14:50-15:10	An Approach of Eddy Current Sensor Calibration in State Estimation for Maglev System He-sheng Zhang, Xun-kai Cao, Bin Guo, Qiang Wang, Yue-hui Fu
15:10-15:30	Coffee Break
15:30-15:50	Proposal of Maglev Guideway Girder by Struc-tural Optimization: Civil Works of Center for Urban Maglev Program in Korea Byeong Moo Jin, In Gyu Kim, Young Jin Kim, In Ho Yeo, Won Seok Chung, Jae Suk Moon
15:50-16:10	Vibration Analysis of a Maglev Vehicle Using Electromagnetic Suspension Hyungsuk Han, Bonghyuk Yim, Namjin Lee, Youngchul Hur, Jungil Kwon

[ICEMS 2007 Maglev Session 발표순서]

2) 전기학회 추계학술대회 특별세션 개최를 통해 국내 전기분야에 도시형자기부상열차 실용화사업 연구성과 발표 및 홍보(2007. 10. 26)

3) 기계학회 추계학술대회 특별세션 개최를 통해 국내 기계분야에 도시형자기부상열차 실용화사업 연구성과 발표 및 홍보(2007. 11. 1)

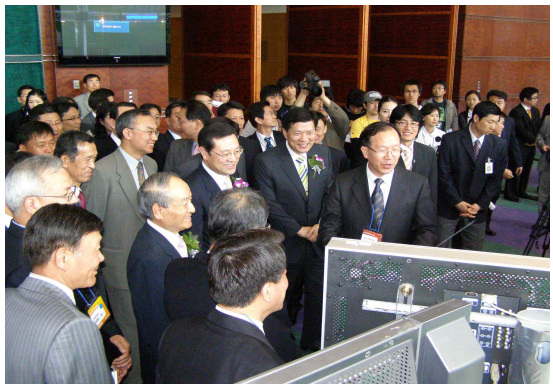


[도시형자기부상열차 실용화사업현황 및 시범노선 계획 소개]

(라) 사업성과 전시회 참가

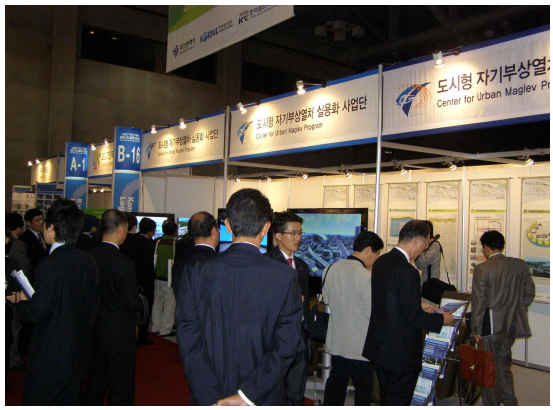
1) 건설교통기술 R&D 성과포럼 전시 참여를 통한 도시형자기부상열차 실용화사업 소개 및 홍보(2007. 5. 7 ~ 8)





2) 부산국제철도물류산업전 전시 참여를 통한 도시형자기부상열차 실용화사업 소개 및 홍보(2007. 5. 17 ~ 18)





3) 건설대전 전시 참여를 통한 도시형자기부상열차 실용화사업 소개 및 홍보 (2007. 6. 20 ~ 23)





4) 2007 미래성장동력전시회 전시 참여를 통한 도시형자기부상열차 실용화사업 소개 및 홍보(2007. 10. 25 ~ 28)



[도시형자기부상열차 실용화사업 VR체험 장비]



[도시형자기부상열차 실용화사업 홍보 판넬 전시]

5) 대한기계학회 Industrial Session전시회 전시 참여를 통한 도시형자기부상열차 실용화사업 소개 및 홍보(2007. 10. 31 ~ 11. 2)



[기계학회 전시부스 사업단 홍보물 전시 사진]



[기계학회 전시 사진]

(마) 한국형 도시형자기부상열차 실용화사업의 국내외 인지도를 향상시키기 위한 2010 Maglev Conference 학술대회 개최 추진

(바) 사업소개 및 홍보를 위한 1차년도 기술세미나 발표 실적

1) 신전력기기 워크샵: 2007. 2. 2

2) 특허청: 2007. 3. 22

3) 전기학회 포럼: 2007. 4. 19

4) 부산대 전기과 콜로퀴엄: 2007. 4. 20

5) 충남대 전기과 특강: 2007. 5. 3

6) 표준연구원 측정클럽 워크샵: 2007. 9. 14

(사) 전기학회지 자기부상열차 특집 기사 게재

(아) 전자장 측정 결과 보고서 작성

(19) 1차년도 핵심/세부과제 성과물 관리

(가) 사업단 각 과제의 특허, 논문 취합한 결과 특허 8건, 논문성과 45편의 연구 성과물 도출 및 관리

(나) 전문기관에 성과물 제출

다. VR(Virtual Reality)기반 노선선정 지원 Tool (Digital Mock-up) 개발

VR기반으로 시범노선 지역으로 선정된 인천공항에서의 차량과 선로에 대한 DMU(Digital Mock Up)를 개발하였으며 세부 내용을 살펴보면 다음과 같다.

(1) 노선선정지원을 위한 디지털 표준안 제시

(가) 3차원 지형/선로 데이터 입력 표준안 설정

수치/형상 기반의 3차원 정밀 DMU를 구축하기 위해, 아래와 같이 지형/시설물 등에 대한 DWG/DEM/DSM/정밀항공사진/디지털동영상 등을 입력 표준안으로 설정하였다.

포맷	개요	용도
DWG/DXF (.DWG,.DXF)	Autodesk 2D CAD 포맷	형상기반 지형, 노선, 건물, 시설물 등
수치표고자료 (.DEM)	지형부분의 위치정보를 일정격자간격으로 구축한 데이터	수치기반 지형생성
수치표면자료 (.DSM)	실제 지표면의 위치정보를 일정하게 구축한 데이터	수치기반 정밀 지형생성
정밀항공사진 (.JPG,.BMP)	고해상도 디지털 카메라를 통해 촬영한 정사영상	지형 및 건물 텍스쳐링
디지털 동영상 (.AVI)	해당 지역에 대해 다양한 각도에서 촬영한 영상물	형상/수치가 없는 건물/시설물 스케일링

(나) VR 모델링 포맷 표준안 설정

VR기반 주행시뮬레이터 구동을 위해, VR 모델링 포맷 표준안이 필요하며, 아래와 같이 VEGA Prime 렌더링 엔진과 연동되는 OpenFlight 및 CG렌더링/애니메이션 기능을 지원하고 호환성이 뛰어난 3D Studio 포맷을 설정하였다.

Format	저작도구	렌더링도구	장단점	기타
VRML/X3D (.wrl)	(직접개발 가능) Vizx3D White_dune wings 3d Art of Illusion Blender Sharp3D VRMLmagic	(직접개발 가능) Octaga NOVA Cortona FreeWRL Xj3D OpenVMRL/lookat Flux Player BS Contact Octaga Player	공개된 포맷 (커스터마이징 가능) 웹 Plug in 가능 실시간 가시화 품질이 좋지 않음	비상업용
OpenFlight (.flt)	Multigen Creator	VEGA VEGA Prime	오랜 역사 신뢰도(완성도) 높음	Multigen Paradigm
VTree (.vt)	3ds, flt, obj로부터 변환	VTree SDK	짧은 역사 호환성 낮음	Quantum3D
SEDRIS (.stf)	Focus	다른 포맷으로 변환 필요	표현 및 교환의 표준, 재활용성 실시간 가시화에는 부적합	비상업용

Format	저작도구	렌더링도구	장단점	기타
DXF (.dxf)	AutoCAD	다른 포맷으로 변환 필요	texture와 material 없음	Autodesk
3D Studio (.3ds)	3D Studio MAX	다른 포맷으로 변환 필요	Mesh, texture, Animation 지원, 고품질 CG렌더링 지원	Autodesk
MAYA (.ma)	MAYA			
WaveFront (.obj)	WaveFront			

(다) VR 렌더링 엔진 표준안 설정

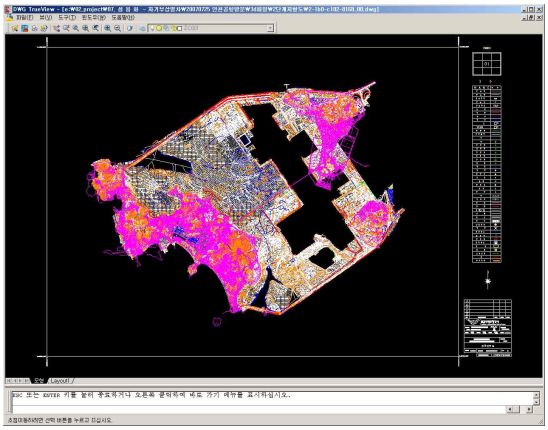
VR 시뮬레이터 구현을 위한 렌더링 엔진으로서, 시뮬레이션 로직반영이 용이하고, 안정적인 성능을 나타내는 VEGA Prime 및 엔지니어링 데이터 표현과 그래픽 최신기술 반영이 용이한 OGRE3D 렌더링 엔진을 설정하였다.

기반그래픽 라이브러리	VR시뮬레이터엔진	특징	기타
OpenGL	OpenGL Performer	고성능, 개발 중단	비상업용
	OpenSceneGraph	고성능, 로우레벨 구현	비상업용
	OpenSG	클러스터링 지원, 로우레벨 구현	비상업용
	VTree SDK	고성능, 개발 중단	상업용
	VEGA Prime	고성능, 하이레벨 구현, 군사용, 정밀도 및 안정성	상업용
DirectX	VRSG	군사용, 플랫폼 호환성 낮음	상업용
	Quest3D	고품질, 하이레벨	상업용
	Virtool	고품질, 고성능, 고가	상업용
	IRRLICHT	중품질, 로우레벨 구현, 문서/샘플 부족	비상업용
	OGRE3D	고품질, 고성능, 로우레벨 구현, 문서/샘플 다수	비상업용

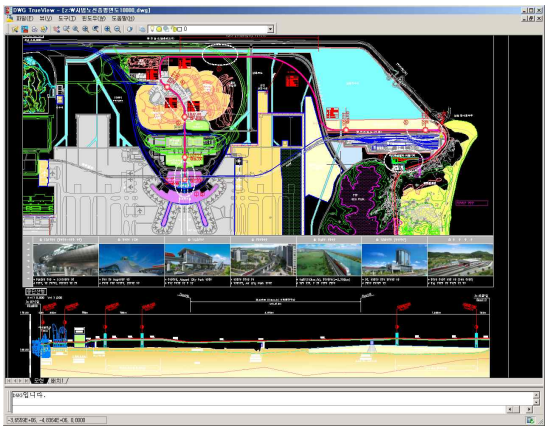
(2) 시범지역 차량-선로 DMU 개발

(가) 시범지역 환경 DMU 개발

1) 영종도 및 인천공항 지역 디지털 데이터 수집 및 분석



[그림 25]영종도 및 인천공항 지형도



[그림 26]시범노선 건물배치 및 선로 도면

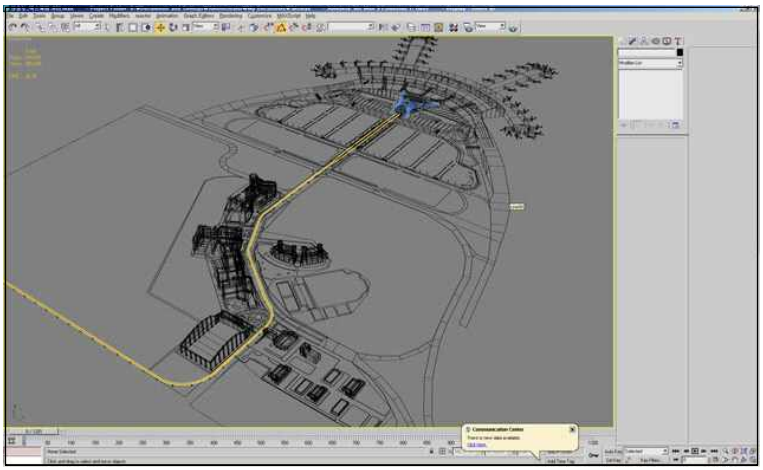


[그림 27]인천공항공사 시범노선 건설계획

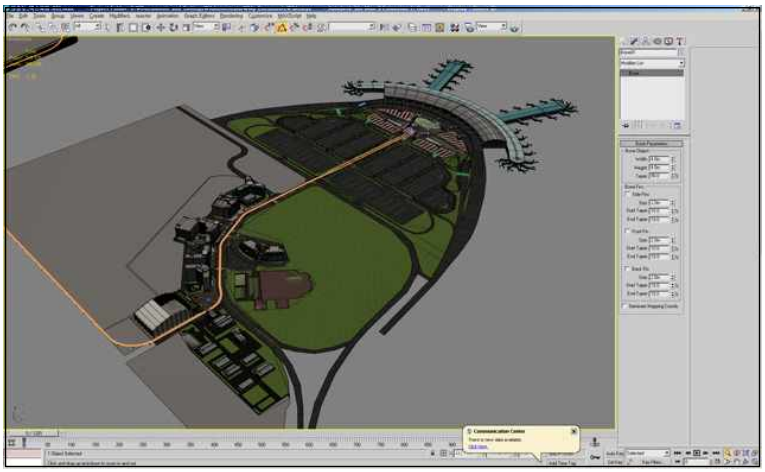


[그림 28]영종도 정밀 항공 사진

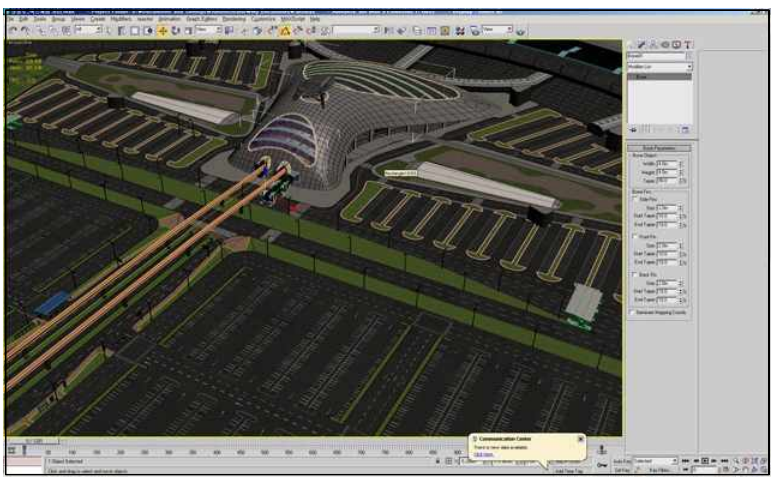
2) 수치/형상 데이터기반 정밀 DMU 개발



[그림 29]인천공항주변 3DS MAX 모델(1)



[그림 30]인천공항주변 3DS MAX 모델(2)



[그림 31]인천공항주변 3DS MAX 모델(3)

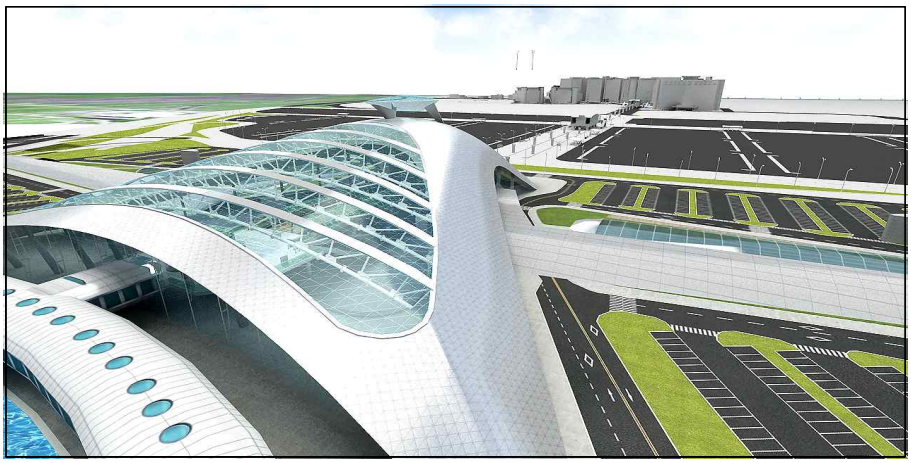
3) 실사기반 텍스쳐링 및 최적화



[그림 32]교통센터 내부 (승차장 주변)



[그림 33]국제업무지역



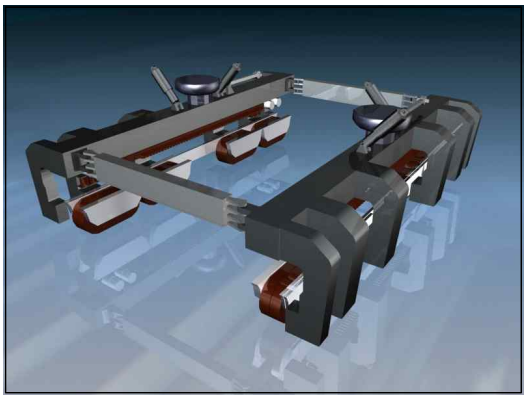
[그림 34]교통센터 외부

(나) 실용화 차량 DMU(개념모델) 개발

1) UTM-02(중기거점 모델) 상세 DMU 개발



[그림 35]UTM-02 차량 DMU



[그림 36]UTM-02 대차 DMU

2) 실용화차량(개념모델) 상세 DMU 개발



[그림 37]실용화차량 개념모델



[그림 38]실용화차량 개념모델과 가상도시 이미지조화성 평가

(다) 선로 구축물 DMU 개발



[그림 39]국제업무지역 주변 선로 구축물(1)



[그림 40]국제업무지역 주변 선로 구축물(2)

(3) VR기반 주행시뮬레이터 개발

(가) KIMM 시험노선 및 시범노선 가상 주행 시뮬레이터 초기버전 개발



[그림 41]기계연구원 시험노선 주행

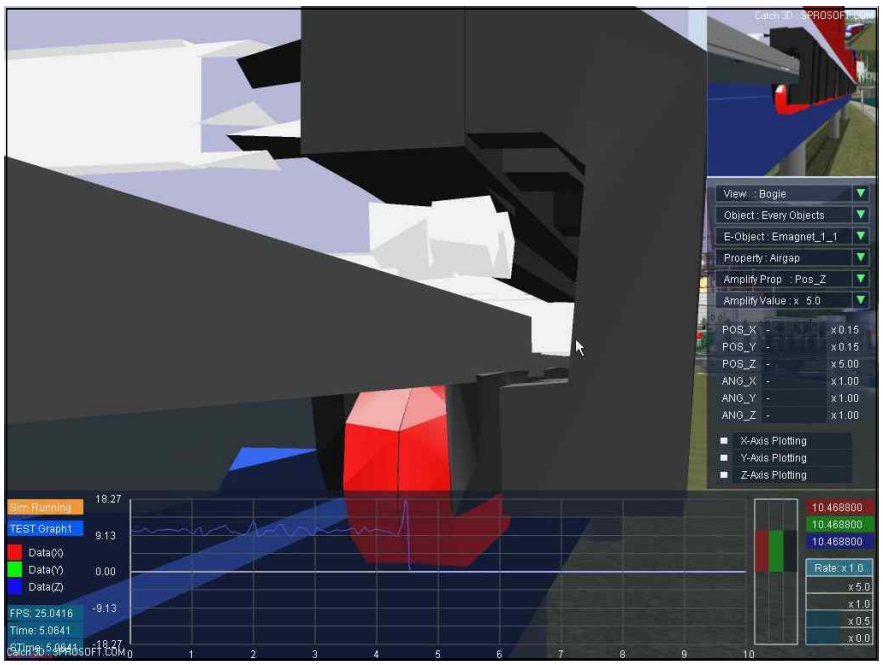


[그림 42]실내 탑승체험 장면

(나) 동역학 시뮬레이션기반 주행 모사 및 인터페이스 개발

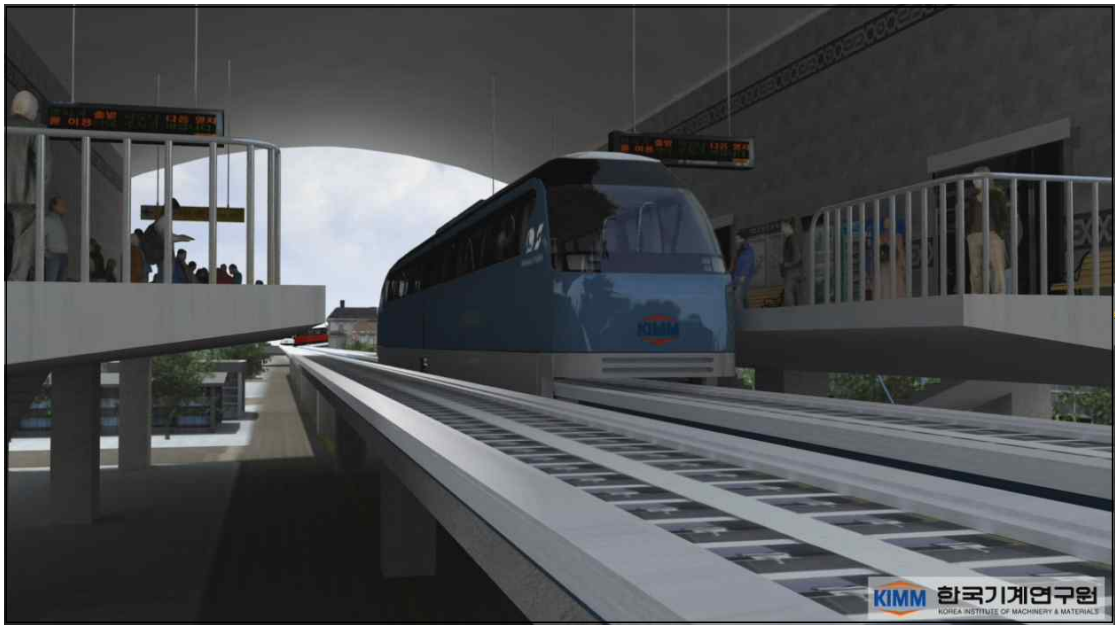


[그림 43]동역학 시뮬레이션기반 주행 모사



[그림 44]주행성능 표현 인터페이스 개발

(다) 가상도시 및 시범지역 주행시뮬레이션 영상물 제작



[그림 45]가상역사 정차 모습



[그림 46]가상도시 주행 애니메이션



[그림 47]시범지역 주행 애니메이션(1)

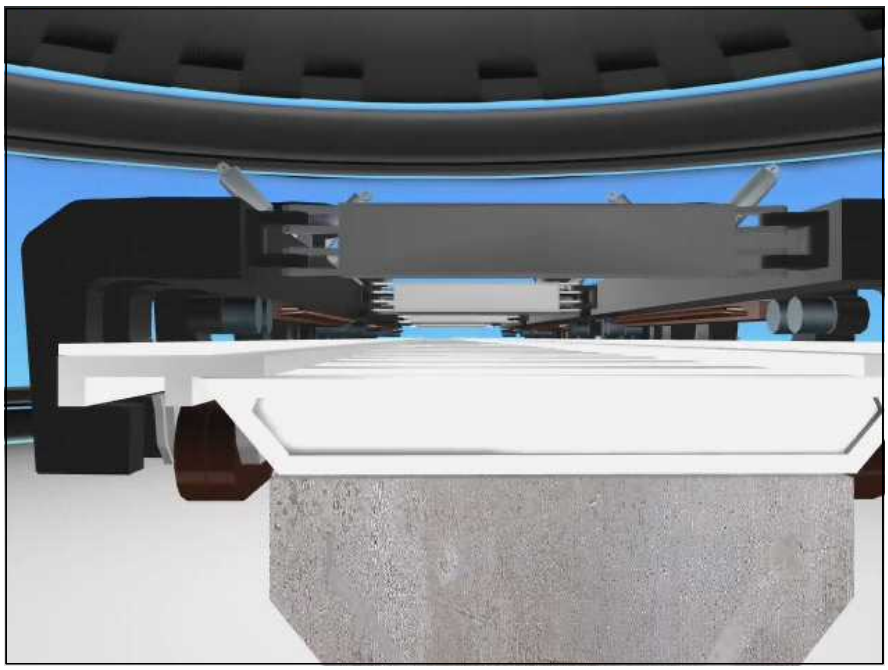


[그림 48]시범지역 주행 애니메이션(2)

(라) 자기부상열차 분해/조립/부상/추진 가시화 프로그램 개발



[그림 49]차량/대차 분해조립 시뮬레이션 가시화



[그림 50]정밀 대차 DMU기반 부상/추진 시뮬레이션 가시화

라. PLM 기반 연구사업관리 DB 기반 구축

(1) 연구관리시스템 현황/계획 검토

(2) 연구사업관리 DB 구축방안 전문기관과 협의 및 결정

(가) 사업단 독자적으로 연구관리시스템 구축하지 않고 전문기관에서 여러 사업단의 연구관리시스템을 일괄하여 구축

(나) 건설사업관리시스템은 핵심(철도시설공단)에서 기존 ERP시스템 활용하여 3핵심 자체 구축

(3) 평가원 연구사업관리계획 협의/검토

(가) 전문기관 통합 연구관리시스템 구축 지원

(나) 전문기관 연구관리 DB의 일부로 사업단 연구관리 기능 제시

2. 2차년도 세부연구내용

가. 2차년도 도시형 자기부상열차 실용화사업 평가 및 계약 총괄

실용화사업에 참여한 각 과제별 1차년도 연구개발 진도율을 관리하기 위해 사업단 자체평가를 실시하였으며, 자체평가 결과를 토대로 과제별 미진부분과 차년도 계획 보완 부분을 검토하여 실적과 계획에 반영될 수 있도록 하였다. 2차년도 사업구성체계를 확립하고, 2차년도 협약이 원활히 수행될 수 있도록 계약 총괄 업무를 수행하였다.

(1) 2차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄

(가) 1차년도 연차평가 결과를 반영하여 2차년 계획서 수정 및 협약 완료

1) 사업단 연차평가 평가위원 의견을 반영한 1,2,3핵심 평가의견 조치계획 조견표 작성 지원

2) 각 핵심/세부과제에서 제출한 평가의견 조치계획 조견표를 평가위원들에게 송부하여 확인

3) 핵심과제 및 세부과제 협약 완료

(나) 2차년도 분기 및 반기보고서 작성 총괄

1) 2차년도 핵심/세부과제 1/4분기 진도보고서 검토 후 사업단 2차년도 1/4분기 진도보고서를 작성하여 전문기관에 제출

2) 2차년도 중간성과 발표회를 개최하여 핵심/세부과제별 추진 현황을 파악하였으며, 중간 진도보고서 검토 후 진도보고서 전문기관에 제출

(다) 핵심/세부과제 2차년도 연차평가를 실시하여 연차실적계획서를 검토하였으며 2차년도 성과와 3차년도의 계획을 분석하여 조정 작업 수행

나. 2차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리

도시형자기부상열차 실용화사업의 2차년도 사업 총괄관리 연구성과를 살펴보면, 과제간 인터페이스를 위해 인터페이스 조정회의와 1핵심과제와의 정기적인 SE관련 회의를 통해 협조체계를 구축하였고, 차량-궤도 인터페이스 TFT를 운영하여 핵심 인터페이스를 관리하였다. 월간보고서와 분기보고서를 통해

각 과제별 진도율을 파악하였으며, 사업 추진 방향에 맞추어 진행될 수 있도록 업무지원을 충실히 수행하였다. 전문기관과 시범노선 지역으로 선정된 선정기관에 대한 기술지원과 사업 기술분야 총괄관리 및 당해 사업 연구개발성과가 보급되고 확산될 수 있도록 대외 홍보 업무에도 체계적인 관리를 수행하였다. 사업 총괄관리 업무의 세부적인 수행내용은 다음과 같다.

(1) 2차년도 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최

2차년도 연구진행 현황을 검토하기 위해 중간성과발표회를 실시하여 각 과제별 진도관리 수행

(2) 2차년도 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB구축

(가) 인터페이스 현황 점검 및 관리

1) 제6차 workshop 및 인터페이스 조정회의를 개최하여 2차년도 과제간 인터페이스 항목 상호 협의 및 검토



(나) 지적재산권 성과로 '자기부상열차용 대차' 특허등록



특 허 증
CERTIFICATE OF PATENT

특 허 제 10-0857915 호 (PATENT NUMBER)
출원번호 (APPLICATION NUMBER) 제 2007-0024153 호
출원일 (FILING DATE:YY/MM/DD) 2007년 03월 13일
등록일 (REGISTRATION DATE:YY/MM/DD) 2008년 09월 03일

발명의명칭 (TITLE OF THE INVENTION)
자기부상 열차용 대차

특허권자 (PATENTEE)
한국기계연구원(194222-0******)
대전 유성구 장동 171번지

발명자 (INVENTOR)
등록사항란에 기재

위의 발명은 「특허법」에 의하여 특허등록원부에 등록되었음을 증명합니다.
(THIS IS TO CERTIFY THAT THE PATENT IS REGISTERED ON THE REGISTER OF THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE.)

2008년 09월 03일

특 허 청
COMMISSIONER, THE KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

(다) 2차년도 차량-선로 인터페이스 TFT 운영 및 인터페이스 관리

차량-선로간 인터페이스 해결을 위해 3차례의 TFT회의를 개최하였으며, 다음과 같은 업무관리 수행(1차 : 2008. 2. 18/ 2차 : 2008. 4. 2/ 3차 : 2008. 5. 13)

1) 교량처짐량, 궤도의 고유주파수, 궤도 형상 등 차량과 궤도의 인터페이스 항목 검토 수행

2) 기계연 시험선 데이터를 이용한 이론적 분석 활용 지원

3) 차량개발 분야와 선로구조물 분야의 핵심적인 인터페이스 항목 도출

4) 교량처짐량 기준설정 지원

(라) 1-0과제와 시스템엔니지어링에 관한 협조체계 구축 하기위해 '08.07월부터 주간단위 업무회의 실시

(마) 2차년도 연구결과 및 공유 자료를 사업단 홈페이지 자료실에 업로드하여 사업 참여자간 서로 자료를 공유할 수 있도록 시행

(3) 2차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

(가) 월간 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최를 통한 사업수행 관리

1) 2차년도 사업단 현안 및 과제간 주요 인터페이스 사항 협의를 수행하고, 사업진행 주요사항을 협의하여 진행

2) 참석대상으로는 핵심과제책임자 및 실무자와 안건에 따른 해당 세부과제책임자 참석하였고, 2차년도 4차례의 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최

(나) 매월 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리

1) 매월 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

2) 1차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리

(다) 과제간 인터페이스 현황 관리

(라) 핵심/세부과제 월간보고서 검토 및 진도관리

- 핵심/세부과제 월간보고서를 월별 인터페이스 현황, 월간 주요 성과물 및 계획, 주요 수행업무, 건당 3천만원 이상 예산 집행 등을 파악 및 검토/관리를 수행

(마) 핵심/세부과제 1차년도 연차평가를 실시하여 연차실적계획서를 검토하였으며 1차년도 성과와 2차년도의 계획을 분석하여 조정

(4) 2차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리

(가) SE관리계획 검토 및 승인

- 1-0과제에서 SEMP를 작성하고 2 핵심 및 3 핵심의 검토를 통해 사업단에서 승인

(나) 시스템 요구사항 검토 및 승인

- 1-1에서 작성하여 1, 2 3 핵심의 검토를 통해 사업단 승인

(다) 운영개념(운영시나리오)에 대한 검토/조정

1) 1-1과제 작성 운영개념 검토

2) 국내 무인운전 경전철 운영 개념 검토

3) 해외 무인운전 경전철 운영 개념 검토

4) 실용화사업 운영시나리오를 1-0과제와 공동으로 작성

(라) 선로구축물 형상, 시공성, 경제성 검토

1) 3-1과제의 상부구조 제안형식에 대한 기술성, 시공성, 경제성 측면 검토 수행

2) 자기부상열차 가이드웨이 비교 자료에 대해 3-0과제와 시범노선 적용 협

의 및 검토의견 전달

(마) 시범노선 선로설계기준 검토/승인

(바) 도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준 검토/승인

(사) Design Review(DR) 시행

1) Design Review 절차 및 일정계획 등 사업단 DR계획(안) 작성

2) Design Review관련 1-0과제와 협의하여 1-0 주관으로 시행 관리

3) 협의/확정된 DR계획에 준해 1-1과제의 승인된 SR에 대한 VM(Verification Matrix)을 1-1과제에서 작성하여 배포 지원

4) 시범노선 설계분야에 대해 VM을 적용하여 DR 시행 관리

(아) 시범노선 기본설계를 위한 자문회의 검토 자문의견 작성

1) 신호분야 자문회의 자문의견 작성 (‘08.1.30/ ‘08.6.13)

2) 통신분야 자문회의 자문의견 (‘08.3.25/ ‘08.6.16)

3) 전력분야 자문회의 자문의견 (‘08.6.18)

4) 건축분야 기본설계 도면검토 (‘08.6.18/ ‘08.7.09)

5) 검수분야 자문회의 자문의견 (‘08.7.10)

(자) 기타 기술검토 내용

- 통합 시운전 방안검토, 1-3과제 TEMP 검토, 1-0(1핵심) SEMP 검토에 대한 의견작성

(5) 2차년도 핵심/세부과제 연구수행 지원(사업 전반에 적용되는 과제의 수행 지원)

(가) RAMS 성능목표모델/목표치 및 Safety 성능평가모델 검토 및 승인

- 1-2에서 작성하고 1-0, 2-0 및 3-0의 검토를 통해 RAMS 성능모델-목표치 및 Safety 성능평가모델 사업단 승인

(나) 시험평가 관리계획 검토 및 승인

- 1-3에서 작성하고 1-0, 2-0 및 3-0의 검토를 통해 시험평가 종합계획 사업단 승인

(다) 건설규칙 및 안전기준 검토 및 공청회 실시 지원

- 제8차 Workshop, 건설규칙•안전기준 법안 발표 및 지명토론 실시 지원(2008. 7. 16)



[그림 51]공청회 개최 사진

(6) 2차년도 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄

(가) 도시형자기부상열차 실용화사업 2차년도 사업 진도관리를 위한 중간성과발표회 개최(2008. 5. 15~16)



(나) 성과홍보 전시회

1) WCRR 2008 전시

- 인천국제공항에 설치 될 자기부상열차 시스템을 국제학술대회인 WCRR 2008 에 홍보하기 위해 전시.
- 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보 VR(Virtual Reality) 등 연구성과물 전시



[그림 52]WCRR 2008 전시회사진

(다) 사업소개 및 홍보를 위한 2차년도 기술세미나 발표 실적

1) 사업소개 및 차량 디자인 소개(인천시-'08. 2. 26)

2) 광주시 경전철건설 추진사례 세미나(광주시-'08. 4. 29)

3) 한국형 자기부상열차 개발(표준연구원-'08. 5. 23)

4) 실용화사업 소개(김해경전철-'08. 6. 04)

5) 서울산업대 경전철 강좌(서울산업대-'08. 6. 12)

6) 경전철 협회 강연(경전철 협회-'08. 6. 18)

(라) 국외(일본/중국/미국) 자기부상열차 관련 기술조사 실시

(마) 해외 철도전문지 사업소개 기사 게재

- "Maglev demonstration line" IRJ 5월호 등재

(바) 도시형자기부상열차 시범노선 기본/실시설계 용역 착수

- 도시형자기부상열차 시범노선 기본/실시설계 용역 착수 보고회 개최 ('07.12.3)

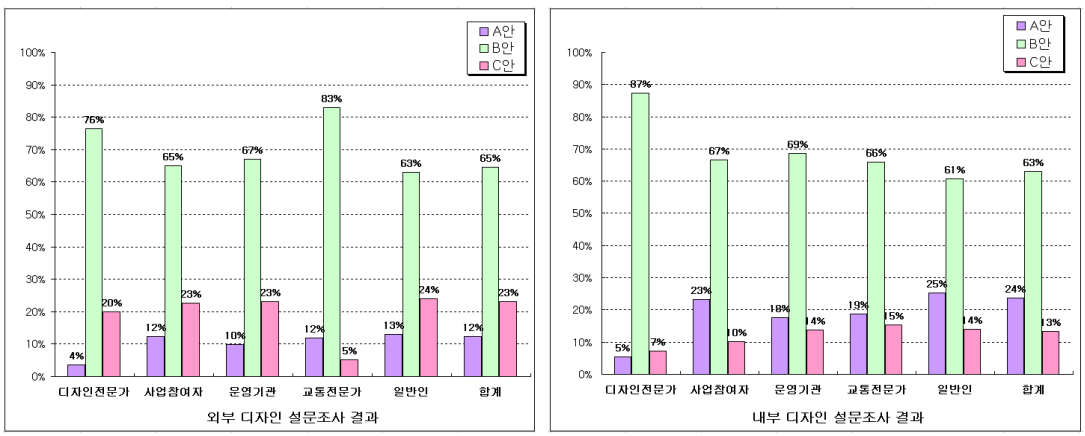


(사) 도시형자기부상열차 차량디자인 설문조사

1) 인천국제공항에서 운행될 도시형자기부상열차 차량디자인 설문조사 및 사업 홍보

2) 국토해양부외 11곳 이상의 오프라인 및 온라인을 통해 실시(2008. 1. 28 ~ 2. 29)

3) 설문조사에 참여한 총 4,488명이며, 참여자 65%이상이 B안을 선택하여 B안으로 최종 선정



[그림 53]차량디자인 설문조사 결과

(아) 과제 총괄 위원회 개최

- 도시형자기부상열차실용화사업 주요 추진현황 보고 및 현안 심의 (2008. 4. 15)

(7) 2차년도 전문기관 업무수행 지원

(가) 도시형자기부상열차 실용화사업 핵심/세부과제별 성과지표 작성 지원

(나) 대외적 기술요청 사항에 대한 기술업무 지원

(다) 선정기관과의 협의 업무 지원

(8) 2차년도 전문기관 연구관리시스템 운영 지원

- 전문기관 연구관리시스템을 활용한 사업단 연구성과 DB 운영

(9) 2차년도 시범노선 선정기관 기술지원

(가) 각 핵심과제와 협조체계 구축하여 선정기관 기술지원

(나) 전자장관련 업무협의

(10) 2차년도 시험선 보수과제(교육과학기술부) 지원

- 기계연 시험선 보수 관련 일정 및 지원 내용 점검

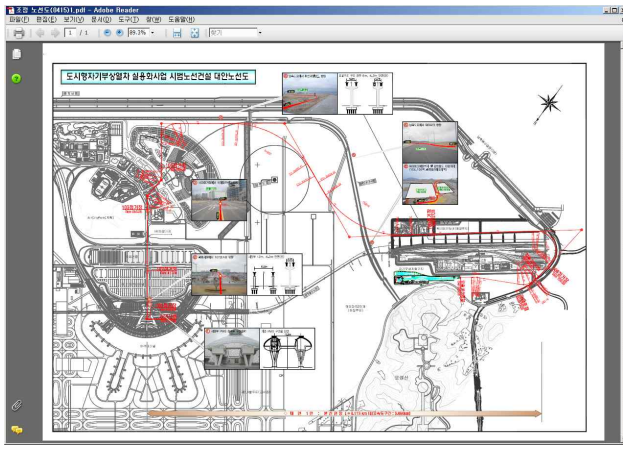
다. 2차년도 VR기반 주행시뮬레이터(Digital Mock-up) 개발

VR기반으로 개발된 주행시뮬레이터를 활용하여 시범노선 기본설계에 대한 데이터 분석을 실시하고 그 결과를 활용하여 주행성능 평가를 수행함으로써 시범노선의 문제점을 사전에 파악하여 대처할 수 있는 기반을 마련하였다. 본 과업을 통해 개발된 시스템은 시범노선에 투입될 자기부상열차 차량에 대한 다양한 데이터를 활용하여 차량디자인 선정을 위한 참고자료로 활용함으로써 디자인 형태를 객관적 시간에서 평가 및 판단 할 수 있는 기틀을 마련하였다.

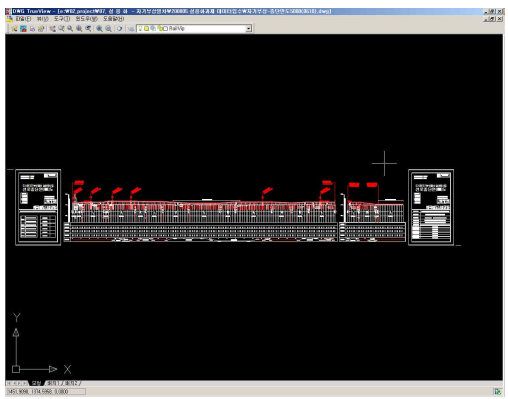
(1) 2차년도 VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 주행성능 평가

(가) 시범노선 기본설계 데이터 분석 및 DMU 데이터베이스 구축

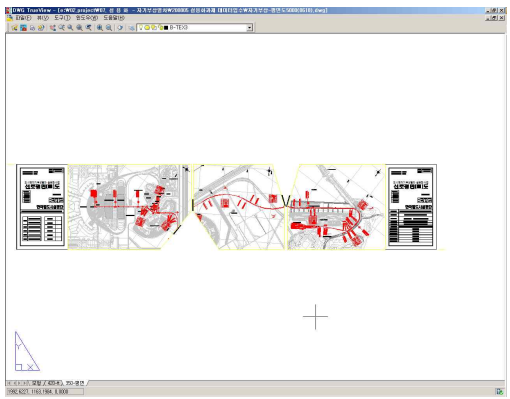
1) 시범지역 노선도 및 2D CAD모델 입수 및 분석



[그림 54]실용화사업 시범노선건설 대안노선도 (2008.04.15.)

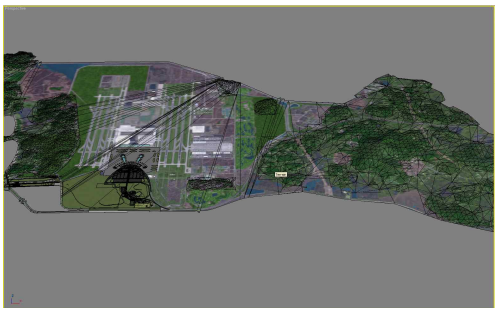


[그림 55]시범노선 종단면도 (2008.06.18)

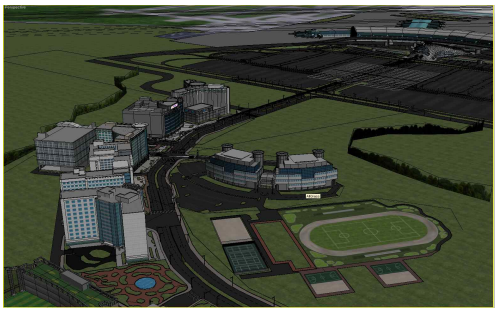


[그림 56]시범노선 평면도 (2008.06.18.)

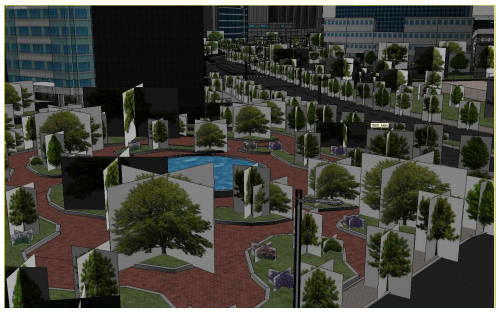
2) 시범지역 DMU 데이터베이스 구축



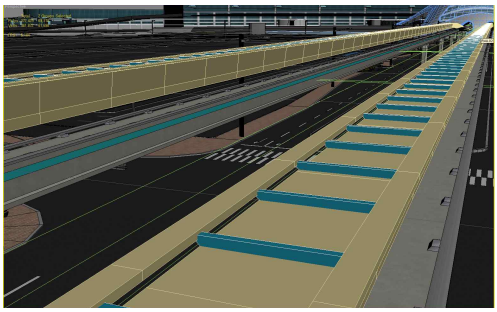
[그림 57]영종도 지형(Terrain) 3D 모델링



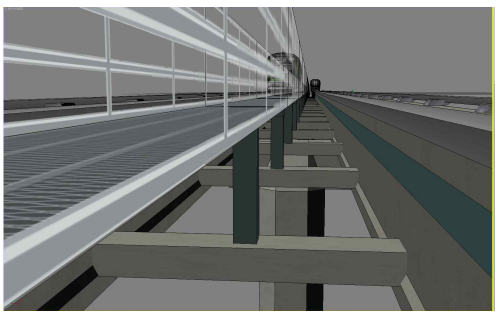
[그림 58]시범지역 건축구조물 3D 모델링



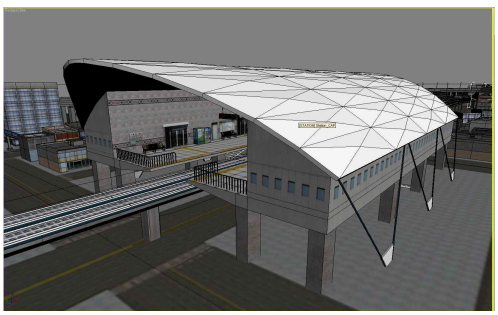
[그림 59]조형물 및 구조물 3D 모델링



[그림 60]시범선로 상세 3D 모델링



[그림 61]비상대피선로 3D 모델링



[그림 62]역사 3D 모델링

(나) 차량 디자인안(3종)에 기반을 둔 차량/대차 DMU 데이터베이스 구축

1) 차량 디자인안(3종) 시안확보 및 데이터 분석/변환



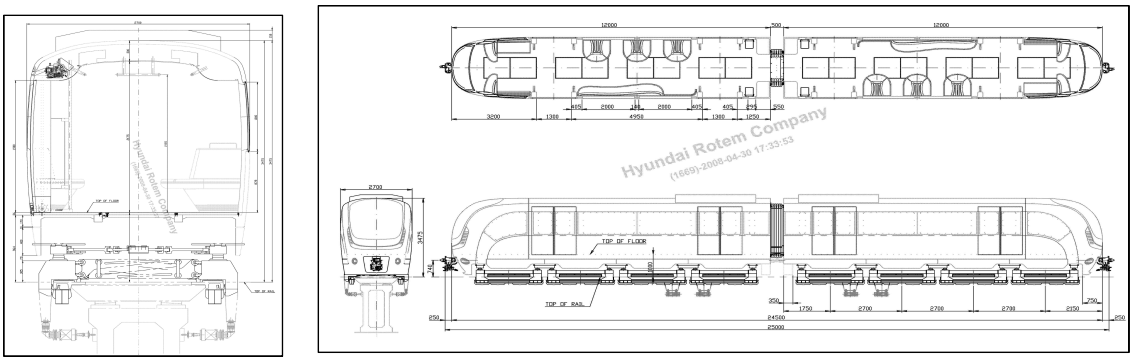
[그림 63]
차량디자인렌더링-A타입



[그림 64]
차량디자인렌더링-B타입

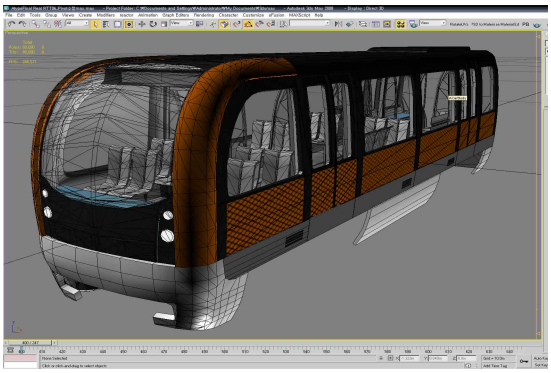


[그림 65]
차량디자인렌더링-C타입]

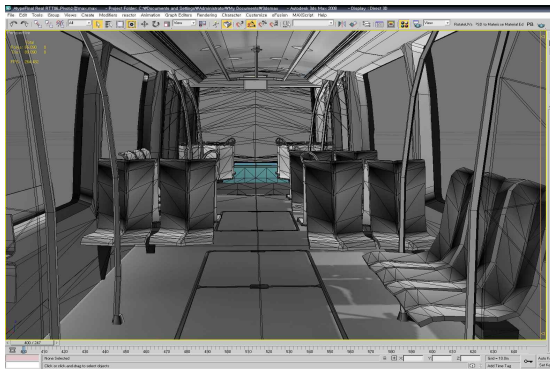


[그림 66]차량 일반도 (2008.06.03)

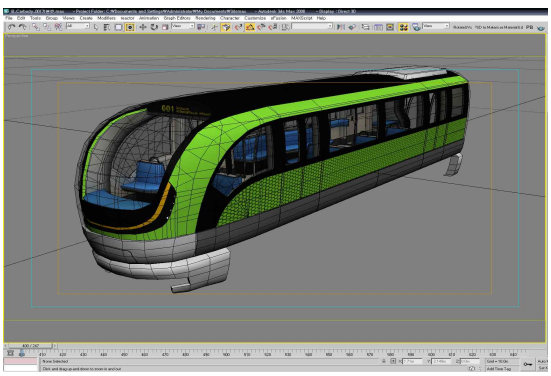
2) 차량/대차 DMU 데이터베이스 구축



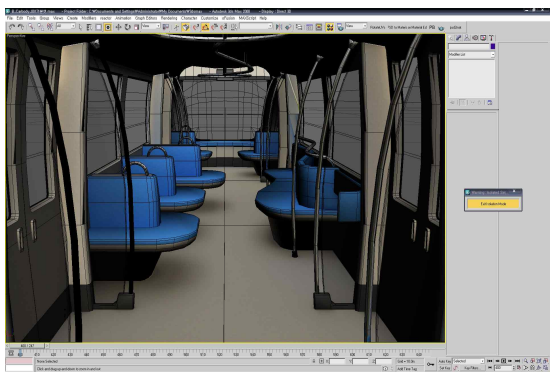
[그림 67]A-Type 차량 실외 3D 모델링



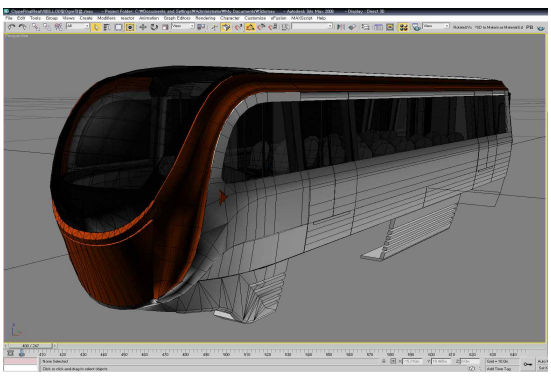
[그림 68]A-Type 차량 실내 3D 모델링



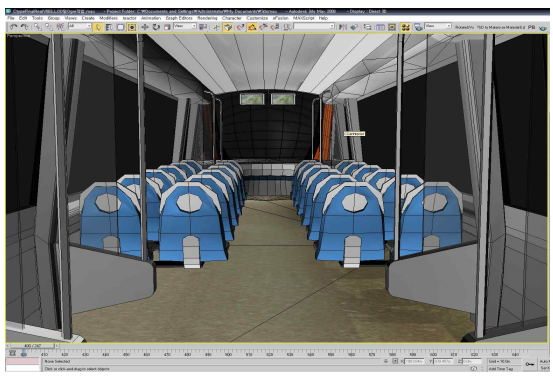
[그림 69]B-Type 차량 실외 3D 모델링



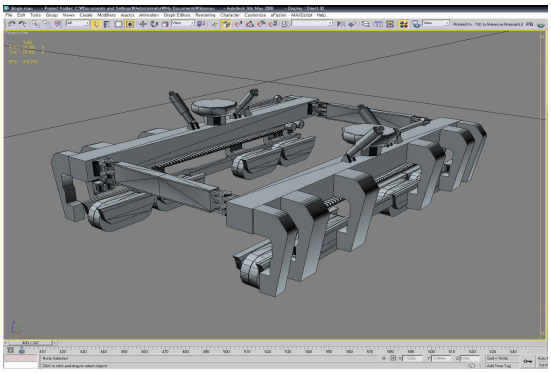
[그림 70]B-Type 차량 실내 3D 모델링



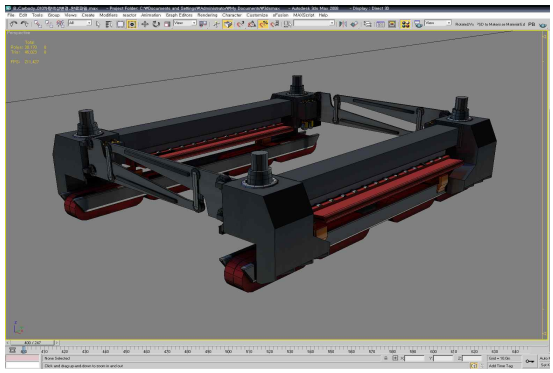
[그림 71]C-Type 차량 실외 3D 모델링



[그림 72]C-Type 차량 실내 3D 모델링



[그림 73]대차 (산자부 차량) 3D 모델링



[그림 74]대차 (실용화 차량) 3D 모델링

(다) DMU 데이터베이스를 활용한 주행시뮬레이터 프로그램 개발

1) DMU 데이터베이스(3DSMAX 포맷)의 VR 엔진입력(MESH 포맷) 변환

2) 실시간 프레임속도 (60FPS 이상) 유지를 위한 메쉬 최적화 (Low Polygon Optimization) 및 LOD(Level of Detail) 기술의 적용

3) VR기반 재질(Material) 및 텍스쳐(Texture) 최적화 작업

4) 등간격 궤도 정점 추출 및 Spline 보간에 의한 궤도 추종 모듈 개발

5) VR기반 차량주행 시뮬레이터 프로그램 통합

(라) 가속도에 따른 속도제어 및 가상모델상의 실감형 주행성능 예측

1) VR모델 스케일 환산 및 실제 가속도 적용 모듈 개발

2) 가속도 제어에 따른 속도 제어 및 차량 운행 시뮬레이션 프로그램 개발

3) 실감형 모델 기반의 주행성능 예측



[그림 75]시범노선 정점기반의 Spline 생성



[그림 76]Spline 보간에 의한 궤도추종 시뮬레이션

(2) 2차년도 VR기반 자기부상열차 영상품평 시스템 개발 (I)

(가) 자유로운 시점변경을 지원하는 영상품평 프로그램 개발

1) Free-Navigation : 가상공간의 자유로운 네비게이션 가능

2) Track-Ball : 차량 외관 중심의 영상품평

3) Indoor : 차량 실내 중심의 영상품평

4) Train-Follow : 차량 추종 시점

5) Fixed-Track : 정해진 고정시점을 기준으로 차량 트래킹



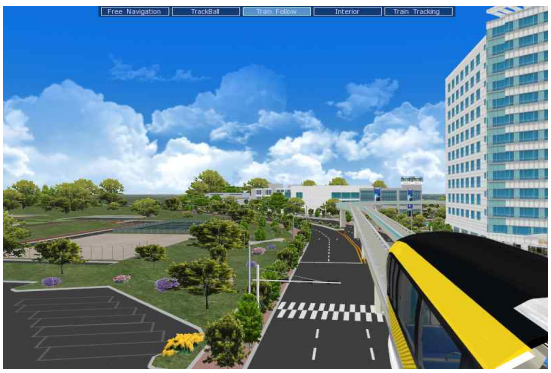
[그림 77]Free-Navigation 시점모드



[그림 78]Track-Ball 시점모드



[그림 79]Indoor 시점모드



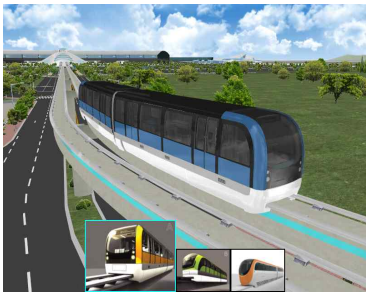
[그림 80]Train-Follow 시점모드



[그림 81]Fixed-Track 시점모드

(나) 차량형상 / 색상 / 실내배치 등의 파라메터 적용 기능 개발

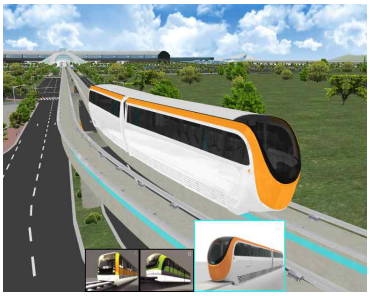
1) 차량 형상 변경에 따른 영상품평



[그림 82]A-Type 차량형상



[그림 83]B-Type 차량형상



[그림 84]C-Type 차량형상

2) 차량 색상 변경에 따른 영상품평



[그림 85]차량색상 - Blue

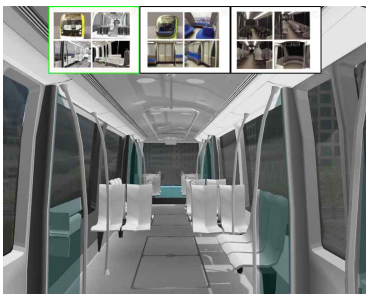


[그림 86]차량색상 - Red



[그림 87]차량색상 - Yellow

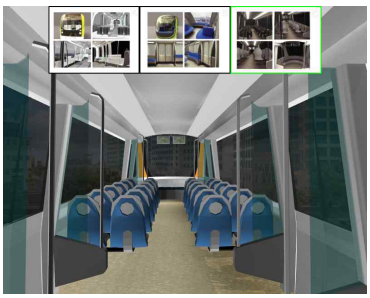
3) 차량 실내배치 변경에 따른 영상품평



[그림 88]A-Type 실내배치



[그림 89]B-Type 실내배치



[그림 90]C-Type 실내배치

(다) 비상대피 선로구조물 영상품평 프로그램 개발



[그림 91]비상대피로 설치모습



[그림 92]비상대피로 선로구조물



[그림 93]비상상황 시 대피 모습



[그림 94]비상사다리 및 대피로 탈출모습



[그림 95]비상상황 차량 정차 모습

(라) 영상품평시연회 개최 및 차량디자인 선정 지원

- WCRR 2008 전시회 VR시연 (2008/05/19~05/21, 서울코엑스)
- 대한민국 과학축전 VR시연 (2008/08/01~08/06, 광주컨벤션센터)
- 차량디자인 선정관련 영상시연회 개최
  (정부과천청사, 인천국제공항, 건설교통기술평가원)

- 기타 실용화사업 관계기관 VR시연 (인천시청, 광주시 관계자 등 총4회)

1) 차량디자인 선정관련 영상시연회 부스 설계도



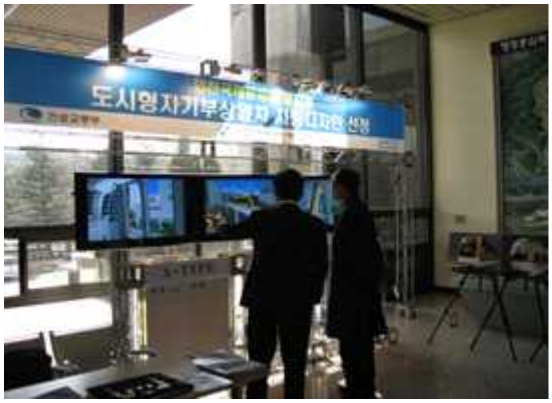
[그림 96]부스 기본 설계도

2) 시연회 기록 사진





[그림 97]정부과천청사 시연회





[그림 98]정부과천청사 시연회



[그림 99]인천국제공항 시연회

(3) 2차년도 DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (I)

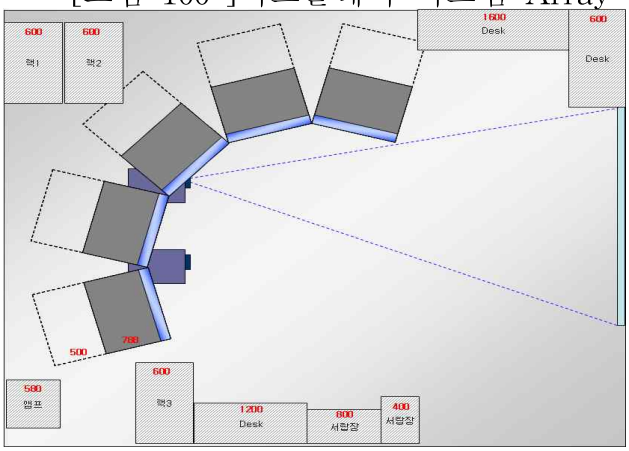
(가) 10채널 DLP Cube 멀티스크린 시스템 H/W 설계 및 설치

1) DLP Cube Array (5x2=10ea) 설치

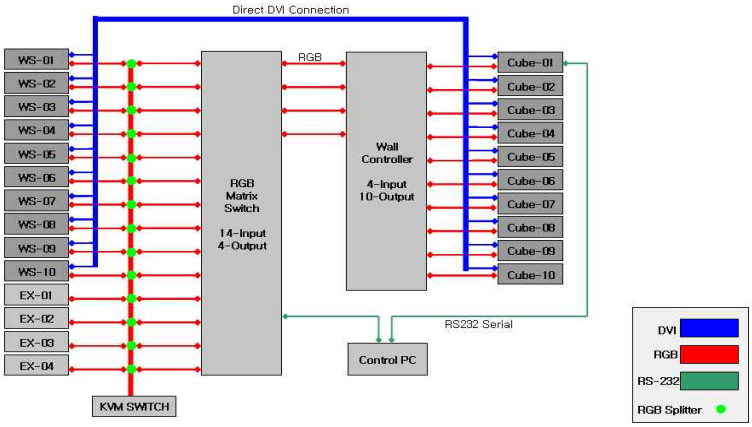
- DLP-Cube 지지용 스탠드 제작 및 설치 (10Set)
- 각 DLP-Cube의 정밀 배치 (30도간격)
- 영상케이블(RGB-10채널 / DVI-10채널 등) 설치
- 통신 케이블 설치 (RS232 제어 및 Loop 케이블)
- 큐브 프레임 및 고무패킹 설치
- 큐브 스탠드 바닥 고정



[그림 100]디스플레이 시스템 Array 구성



[그림 101]설치 평면도



[그림 102]설치 배선도

(나) 분산렌더링 모듈개발 및 VR 시뮬레이터 통합

1) 분산 렌더링 모듈 개발

- UDP Multicasting 기반의 네트워크 동기화 구현
- Master/Slave 방식의 Projection View / Model View 동기화
- Server/Client 방식의 제어명령 신호 및 실행결과 전달
- 소프트웨어 방식의 Frame-Lock 및 Swap-Lock기능 구현

2) VR 시뮬레이터 통합

- 초고해상도 디스플레이 구현 (7000 x 2100 pixels)
- Camera View / NearClip Distance / 레이아웃 동기화
- 차량 주행 시뮬레이션 (속도/위치/방향) 동기화
- Door 개폐 / 항공기 애니메이션 / 차량형상 / 실내배치 / 색상 / 투명도 등 동기화

3) 시스템 구동 사진



[그림 103]10채널 DLP Cube 하드웨어



[그림 104]10채널 통합디스플레이 시스템 제어콘솔



[그림 105]10채널 병렬처리 그래픽 워크스테이션



[그림 106]10채널 Windows 화면 표출



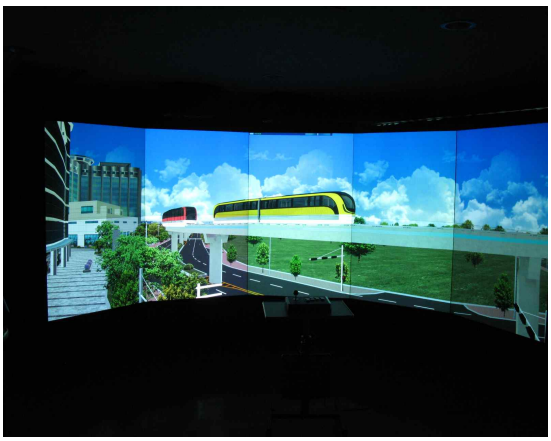
[그림 107]자기부상열차 주행시뮬레이터 구동



[그림 108]10채널 비동기화 영상



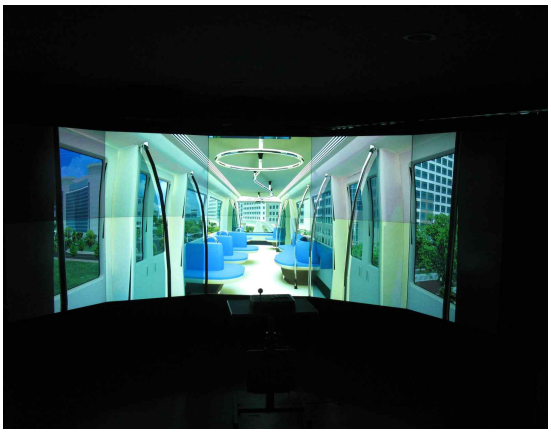
[그림 109]10채널 동기화 영상 (1)



[그림 110]10채널 동기화 영상 (2)



[그림 111]10채널 동기화 영상 (3)



[그림 112]10채널 동기화 영상 (4)

3. 3차년도 세부연구내용

가. 3차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄

3차년도는 1단계가 종료되는 시점으로 단계평가를 고려한 사업관리를 수행하였다. 각 과제별 2차년도 연구개발 진도평가를 위한 사업단 연차평가(자체평가)를 실시하였으며, 연차평가(연차평가) 결과를 토대로 과제별 부족한 부분과 차년도 계획 보완 부분을 검토하여 실적과 계획에 반영될 수 있도록 하였으며, 3차년도 사업구성체계를 확립하고, 3차년도 협약이 원활히 수행될 수 있도록 계약 총괄 업무를 수행하였다.

(1) 3차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 평가 및 계약 총괄

(가) 2차년도 연차평가 결과 반영 계획서 수정 및 협약 완료

1) 사업단 연차평가 평가위원 의견을 반영한 1,2,3핵심 평가의견 조치계획 조견표 작성 지원

2) 각 핵심/세부과제에서 제출한 평가의견 조치계획 조견표를 평가위원들에게 송부하여 확인

3) 핵심과제 및 세부과제 협약 완료

(나) 분기보고서 작성 총괄

1) 3차년도 핵심/세부과제 1/4분기, 2/4분기 진도보고서 검토 후 사업단 진도보고서 전문기관에 제출

2) 3차년도 분기별 요약 보고서 국토해양부 제출(3건)

(다) 핵심/세부과제대상 자체평가

(2) 핵심/세부과제 전문기관에서 실시하는 단계평가 준비할 수 있도록 지원

(3) 1단계 연구결과 평가 준비 총괄

(가) 사업단 자체평가 및 현장실사(1-1과제, 2-1과제, 2-2과제, 3-1과제, 3-2과제)

(나) 1단계 보고서 및 2단계 계획서 전문기관 제출

나. 3차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리

(1) 3차년도 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최

도시형자기부상열차 실용화사업의 3차년도 사업 총괄관리는 1단계로 종료되는 과제들의 목표대비 성과 도출 여부를 관리하고, 각 세부과제별 1단계 해당 업무가 마무리 될 수 있도록 업무지원을 수행하였다. 과제간 인터페이스를 위해 인터페이스 조정회의와 1핵심과제와의 정기적인 SE관련 회의를 통해 업무협의가 이루어졌으며, 차량-궤도간 핵심 인터페이스를 관리하였다. 월간보고서와 분기보고서를 통해 각 과제별 진도율을 파악하였으며, 사업 추진 방향에 맞추어 진행될 수 있도록 사업 기술분야의 총괄적 관리를 통해 기술 업무지원을 충실히 수행하였다. 전문기관과 선정기관에 대한 업무 및 기술지원과 당해 사업 연구개발성과가 보급되고 확산될 수 있도록 대외 홍보 업무에도 체계적인 관리를 수행하였다. 특히 2011년 Maglev conference를 한국에 유치하여 한국의 도시형자기부상열차의 기술을 국제적으로 홍보할 수 있는 장을 마련하였다. 사업 총괄관리 업무를 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

(가) 도시형자기부상열차 시범노선 기본 및 실시설계 결과 설명회

1) 인천국제공항에 설치될 시범노선 기본/실시설계 결과에 대한 설명회 실시(2009. 2. 5)





(나) 국토부 차관일행 연구현장 방문 업무 성과보고

1) 도시형자기부상열차 실용화사업 연구현장 방문 연구 성과물 보고(한국기계연구원-2009. 3. 21)



(2) 3차년도 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합 및 DB구축

(가) 인터페이스 현황 점검 및 관리

1) 3차년도 인터페이스 조정회의(제9차 Workshop)를 통해 인터페이스 조정회의와 CDR회의를 실시

2) 3차년도 과제간 인터페이스 항목 상호 협의 및 검토



(나) 3차년도 연구결과 및 공유 자료를 사업단 홈페이지 자료실에 업로드하여 사업 참여자간 서로 자료를 공유할 수 있도록 시행

(3) 3차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

(가) 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최

1) 3차년도 사업단 현안 및 과제간 주요 인터페이스 사항 협의를 수행하고, 사업진행 주요사항을 협의하여 진행

2) 참석대상으로는 핵심과제책임자 및 실무자와 안건에 따른 해당 세부과제책임자 참석하였고, 2차년도 5차례의 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최

(나) 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리

1) 매월 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

2) 3차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리

(다) 핵심/세부과제 월간보고서 검토 및 진도관리

1) 핵심/세부과제 월간보고서를 통해 월별 인터페이스 현황, 월간 주요 성과물 및 계획, 주요 수행업무 등을 파악 및 검토/관리를 수행

2) 3차년도 연구내용에 대한 진도관리 및 2단계 제안요구서 RFP 검토

(4) 3차년도 도시형 자기부상열차 실용화 사업 기술분야 총괄관리

(가) SE관리체계 운용 점검

1) 인터페이스 현황 검토 및 미진사항에 대한 점검실시

2) 1핵심의 시험평가/인증 방안 수립에 대한 관리

3) 1핵심과제를 통해 SE관리체계 운용현황 점검

(나) Design Review 수행

1) 신호/통신 분야 CDR 검토 수행

(다) SEMP 적용 시 PM 역할 수행

(라) 핵심 인터페이스 (차량-선로 등) 관리

1) 질량비의 영향에 대한 검토('08. 10. 13)

2) 고속구간(80km/h 이상) 설계조건 조정 검토('08. 10. 14)

3) 설계 현안 회의 개최('08. 10. 14)

4) 독일 자기부상열차 전문가 자문회의('08. 10. 21)

5) 로템 외국 전문가 회의 검토서('08. 10. 23)

6) 설계 현안 회의 개최('08. 10. 23)

7) 설계기준 조정 보고서('08. 10. 27)

8) 설계 현안 회의 개최('08. 10. 28)

9) 활하중 처짐검토('08. 10. 28)

10) 협의결과 통보(‘08. 11. 04)

11) 설계일정 변경 및 주요 검토사항 회의(‘08. 11. 17)

12) 시범노선 설계 관련 변경사항 보고(‘08. 11. 24)

13) 설계기준 조정에 따른 대책 검토서(‘08. 12. 05)

14) 자동 창문흐림장치(Mist Window) 검토(‘09. 1. 7)

15) 레일_차량 인터페이스 회의 개최(‘09. 2. 27)

(마) Risk 관리

1) 자기부상시스템 리스크(시스템운영 분야)에 대한 경감방안 및 조처방안 검토/작성

(바) 각 핵심과제, 설계사, 시공사, 선정기관 협조체계 구축

1) 시범노선 인근 헬기장에 의한 자기부상열차 영향 검토(‘08. 10. 6)

2) 건설비 비교자료 작성(‘08. 10. 29)

3) “도시철도신호시스템 인증체계구축”발표자료 검토(‘08. 10. 30)

(사) 연구사업 결과물의 설계 및 시공반영 총괄관리를 위한 회의 개최

1) 시범노선 설계현안 회의(‘08. 10. 10)

2) 시험선개보수시 침목형태와 배치간격 등 협의(‘08. 10. 8)

3) 설계현안 및 발주관련회의(‘09. 2. 10)

4) 선로구축물 설계개선 요구사항 도출 방안 회의(‘09. 3. 10)

5) 비상대피로 협의회의(‘09. 3. 13)

6) 바닥판과 트윈블럭 침목 적용시 검토(‘09. 3. 18)

7) 시범노선 검수, 노반, 궤도분야 설계 결과 검토회의(‘09. 3. 20)

8) 시범노선 건축분야 설계 결과 검토회의(‘09. 3. 24)

9) 침목형태별 성능분석 관련 검토회의(‘09. 4. 21)

10) 3-1연구과제 상부구조 제안형식 검증관련 회의('09. 4. 28)

(아) 시범노선 설계 관련 검토 수행

1) 시범노선 건설 기본 및 실시설계 변경계획 관련 검토('08. 11. 5)

2) 열차제어시스템 제안요청서 기술심의 검토('08. 11. 17)

3) 검수분야 실시설계서 검토('08. 11. 24)

4) 건축분야 실시설계서 검토('08. 12. 1)

5) 설계자문회의 노반-궤도분야 기술검토서('09. 1. 8)

6) 설계자문회의 검수분야 기술검토서('09. 1. 9)

7) 설계자문회의 건축분야 기술검토서('09. 1. 9)

(5) 3차년도 핵심/세부과제 연구수행 지원

(가) 사업 전반에 적용되는 과제의 수행 지원 수행(RAMS 기준, 시험/평가/인증체계, 각종 규칙 및 기준 등)

1) 신호기술심의위원회 자문 지원('08. 11. 19)

2) 자기부상열차 노반/궤도분야 설계자문회의 지원('09. 1. 12)

3) 자기부상열차 건축분야 설계자문회의 지원('09. 1. 13)

4) 자기부상열차 검수분야 설계자문회의 지원('09. 1. 14)

5) 성능시험자 지정 추진방안 검토('09. 2. 23)

6) 표준규격(안) 공개 토론회 지원('09. 3. 26)

(나) 단위 과제 수행 지원

1) 실용화사업 차량 추가 1편성 제작 필요성 검토('09. 2. 20)

2) 자기부상열차 차량 제작검사 관련 검토('09. 2. 23)

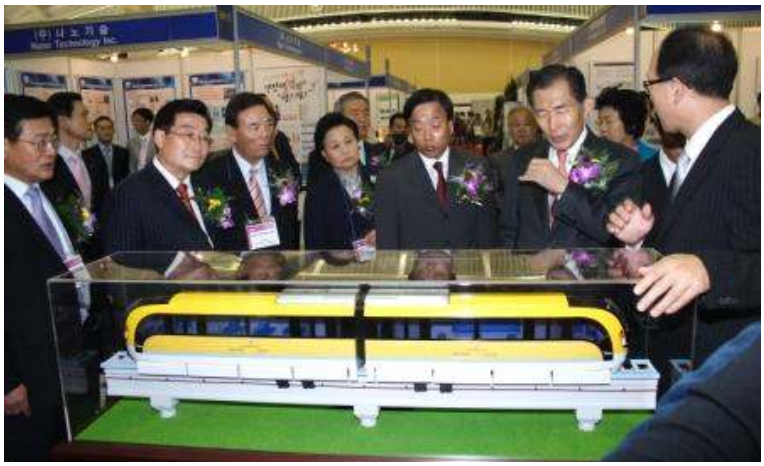
3) 1-2 과제 RFP 주요변경 내용검토('09. 2. 25)

(6) 3차년도 사업 연구개발성과 보급·확산 및 대외실무 총괄

(가) 성과홍보 전시회

1) 2008 자동차부품 전시회(송도컨벤시아, 2008. 10. 21~24)

- 인천국제공항에 설치 될 자기부상열차 시스템을 가상적으로 체험할 수 있는 VR(Virtual Reality), 도시형자기부상열차 축소모형, 인천국제공항 시범노선 3D 조감도, 실용화사업 홍보 및 연구성과물 전시



2) 신기술 대전(IFRATECH 2008) (KINTEX, 2008. 10. 22~24)

- 신기술이 집약된 자기부상열차 시스템의 Virtual Reality 동영상, 도시형 자기부상열차 축소모형, 실용화사업 홍보 및 연구성과물 전시



3) InnoTrans 2008(베를린 국제 철도차량 및 수송기술 박람회)

<Messe Berlin GmbH(독일 베를린), 2008. 9. 23 ~ 9. 26>

- 국제철도 박람회인 InnoTrans 2008에 실차크기의 1/2량 디자인 목업과 인천국제공항 시범노선 주행 동영상 상영을 통한 자기부상열차 및 실용화사업 홍보

4) 경량전철 차량시스템 전문기술 세미나 전시(광주과학기술교류협력센터, 2009. 4. 17)

- 광주광역시에서 추진하고 있는 지하철 2호선 시스템 선정을 위한 기술세미나에 자기부상 시스템 주행 VR 시연, 자기부상열차 부상/추진 시스템 설명, 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보



5) 신성장동력 박람회 2009(KINTEX, 2009. 5. 26 ~ 28)

- 국가 신성장 동력인 자기부상열차를 소개 및 도시형자기부상열차 축소모형, 인천국제공항시범노선 주행 VR 시연, 시범노선 3차원 조감도 모형, 도시형자기부상열차 실용화사업 소개 판넬을 이용한 홍보



6) 2009 부산국제철도 및 물류 산업전(BEXCO, 2009. 6. 3 ~ 6. 6)

- 국제산업전에 도시형자기부상열차 축소모형, 인천국제공항시범노선 주행 VR 시연, 시범노선 3차원 조감도 모형, 도시형자기부상열차 실용화 사업 소개 판넬을 이용한 홍보



(나) 국내외 학술대회 참가/홍보 및 국제 학술대회 유치(Hyatt San Diego(미국 샌디에고), 2008. 12. 15 ~ 12. 18)

- 한국의 자기부상열차 기술의 국제적 인지도를 제고하고, 선진 기술자들과의 기술교류를 활성화 시키기 위한 Maglev 2011 국제컨퍼런스 한국 유치 결정



(다) 3차년도 사업소개 기술세미나 발표

1) 도시형자기부상열차 개발현황 발표('09. 1. 16)

2) 경량전철 차량시스템 전문기술 세미나 발표(광주과학기술교류협력센터

-‘09. 4. 17)

3) 도시형자기부상열차 연구 기술세미나(한밭대-‘09. 5. 22)

(라) 3차년도 국외 자기부상열차 관련 기술조사

(마) 지적재산권 특허등록

(7) 3차년도 전문기관 업무수행 지원

(가) 시범노선 시공발주 지원

(나) 시범노선 공사 발주 방안 검토서 작성

(다) 대안입찰 수행 관련 검토서 작성

(라) 시범노선 건설관리 방안 검토서 작성

(마) 시범노선 설계 검토회의

(바) 연구성과물 성과지표 작성 지원

(사) 대외 기술 업무지원

(아) 선정기관과의 협의 업무 지원

(8) 3차년도 전문기관 연구관리시스템 운영 지원

(가) 전문기관 연구관리시스템 일부로 사업단 연구관리 DB 운영

(9) 3차년도 시범노선 선정기관 기술지원

(가) 시범노선 건설 인허가 수행 관리 지원(인허가 단계 및 지원 체계 수립)

(나) 도시철도 기본계획서 작성

(다) 도시철도 기본계획서 고시 지원(고시문 작성 및 고시 ; 국토해양부 제 2009-150)

(라) 도시계획 결정 고시를 위한 주민 공람 고시문 작성 지원

(마) 홍보관 설립 운영을 위한 관련 기술자료 지원

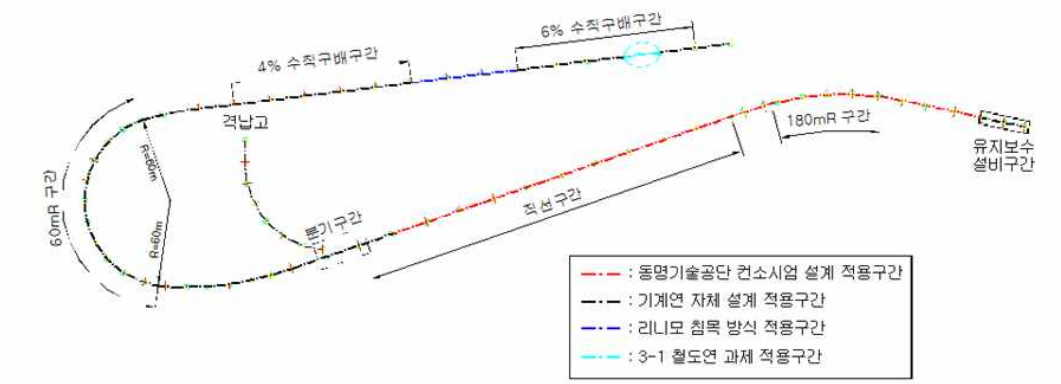
(10) 3차년도 자기부상열차 대외 홍보 관련 자료 작성 및 지원

(가) 광주광역시 차량시스템 선정관련 자료 작성/ 지원

(나) '08. 11. 5 인천공항 홍보관련 협의 (기계연)

(11) 시험선 보수과제(교육과학기술부) 지원

(가) 연구사업 결과물의 적용/시험/평가 협조체계 구축 및 지원



구분	2008년				2009년						2010년		
	6	8	10	12	2	4	6	8	10	12	2	4	6
설계발주 준비 & 계약			'08.8.15										
설계과업 수행				'08.11.15									
공사발주 준비 & 계약					'08.12.31								
시험선 개보수 공사										'09.11.30			
대차 시험							'09.4.15						
초도편성 시험													

[그림 113]시험선 개보수 계획

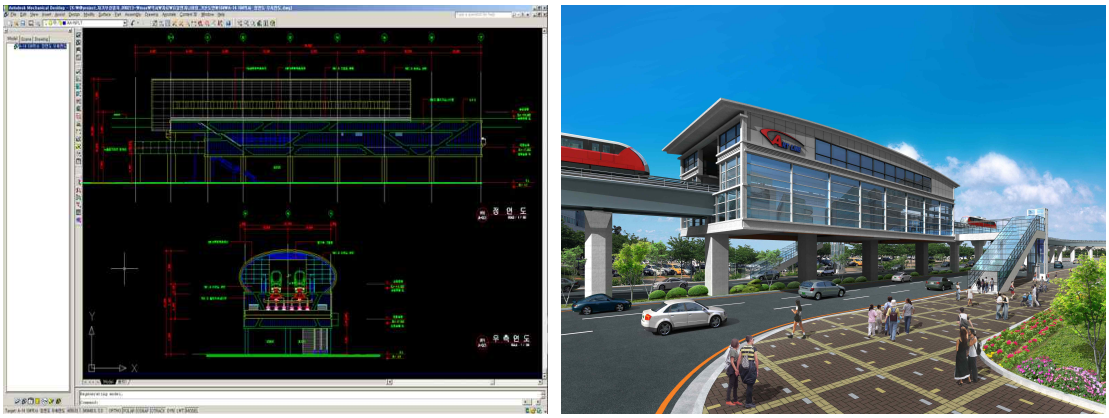
다. 3차년도 VR기반 주행시뮬레이터(Digital Mock-up) 개발

2차년도 연구를 통해 개발된 시범노선 주행시뮬레이터를 활용하여 차량과 궤도에 대한 상세설계에 대한 데이터 분석하였으며, 그 결과를 활용하여 주행성능 평가가 좀 더 사실적으로 인식될 수 있도록 업데이트를 마쳤다. 시범노선의 건축물에 대한 3차원 설계를 통하여 승객의 동선 및 간섭 등을 사전에 파악하여 대처할 수 있는 기반을 마련하였다. 3차년도 세부 연구개발 내용은 다음과 같다.

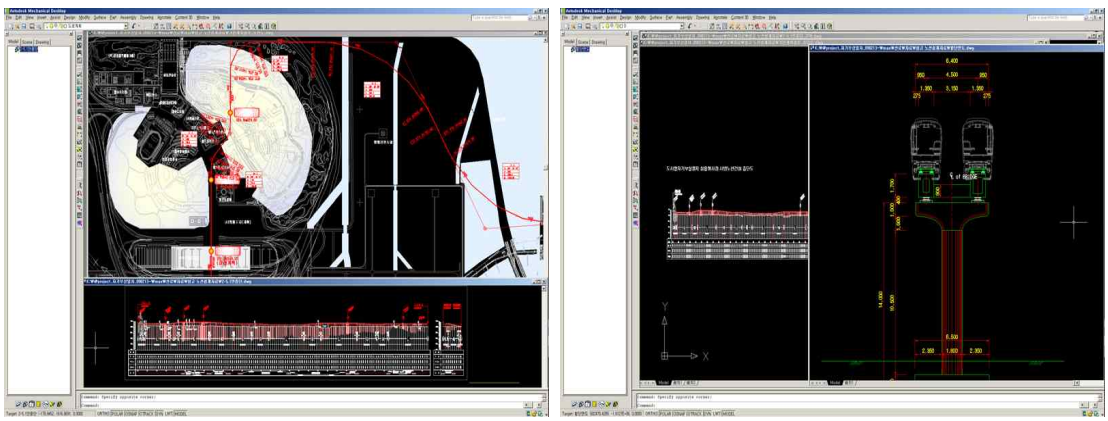
(1) 3차년도 VR기반 주행시뮬레이터 개발 및 업데이트

(가) 상세설계 기반 건축구조물 DMU 데이터베이스 구축 및 개선

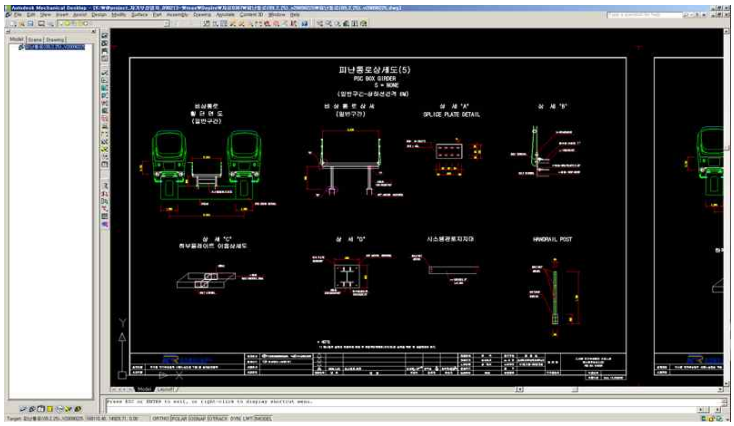
1) 자료수집 (2D CAD 모델/조감도 확보 및 분석)



[그림 114]역사 2D AutoCAD 도면 및 조감도

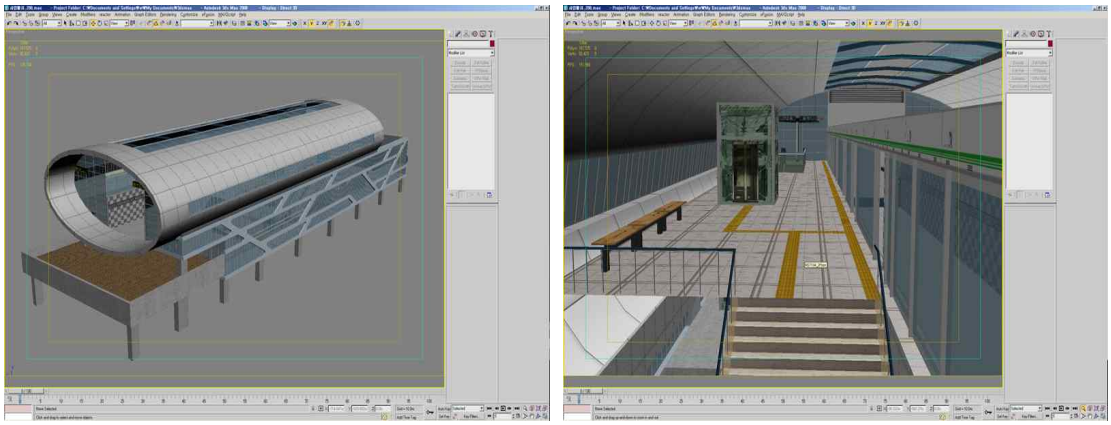


[그림 115]선로 및 선로구조물 2D AutoCAD 도면

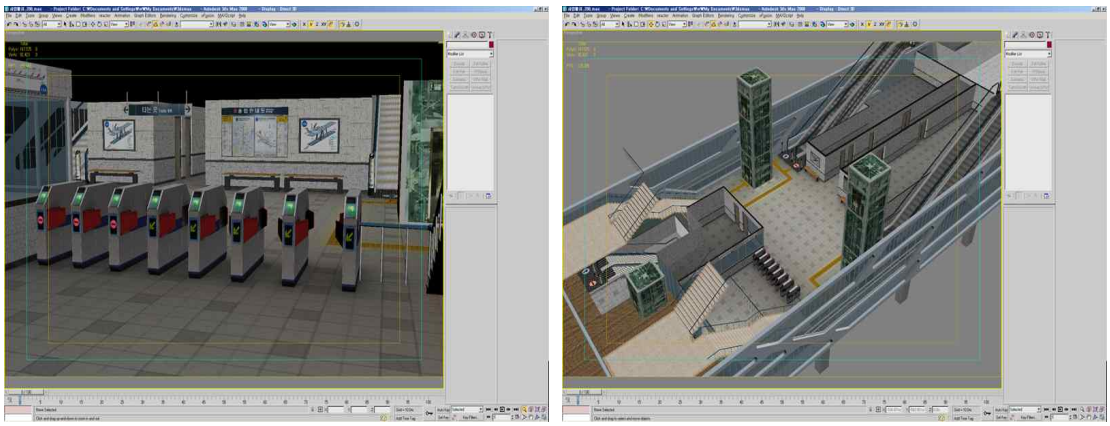


[그림 116]대피로 및 관련 구조물 2D AutoCAD 도면

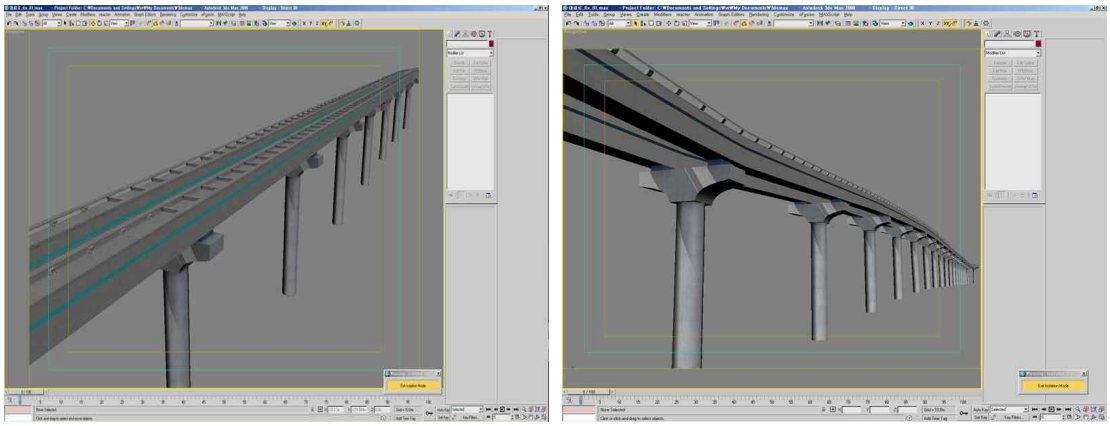
2) DMU 모델링 (3D StudioMAX)



[그림 117]104 역사 MAX 모델



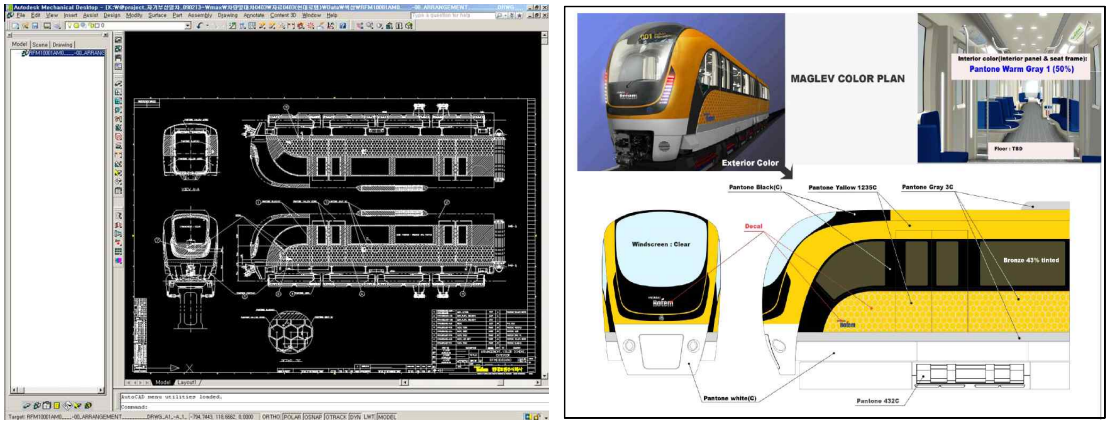
[그림 118]104 역사 MAX 모델



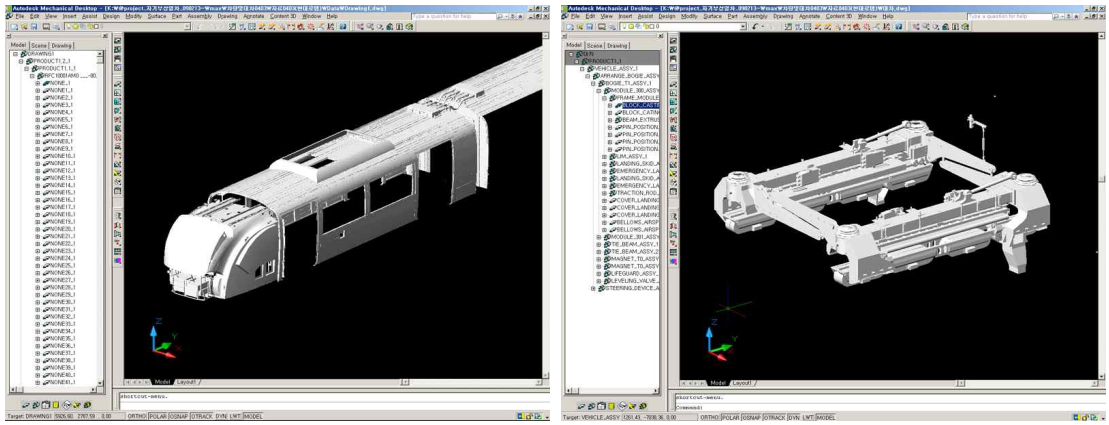
[그림 119]선로 및 교각 MAX 모델

(나) 상세설계 기반 차량/대차 DMU 데이터베이스 구축 및 개선

1) 자료수집 (2D CAD 모델/ 3D CAD 모델/ 실사촬영/ Mock-Up촬영)

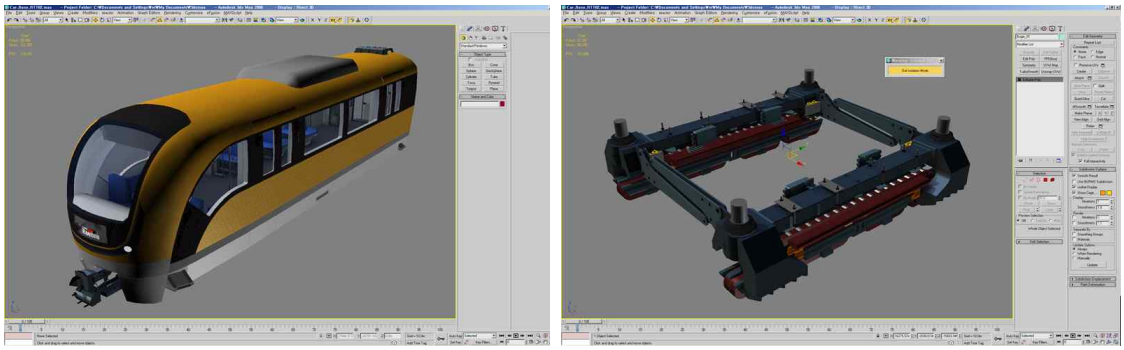


[그림 120]차량 2D AutoCAD 도면 및 색상표



[그림 121]차량 및 대차 3D CATIA모델(STP변환)

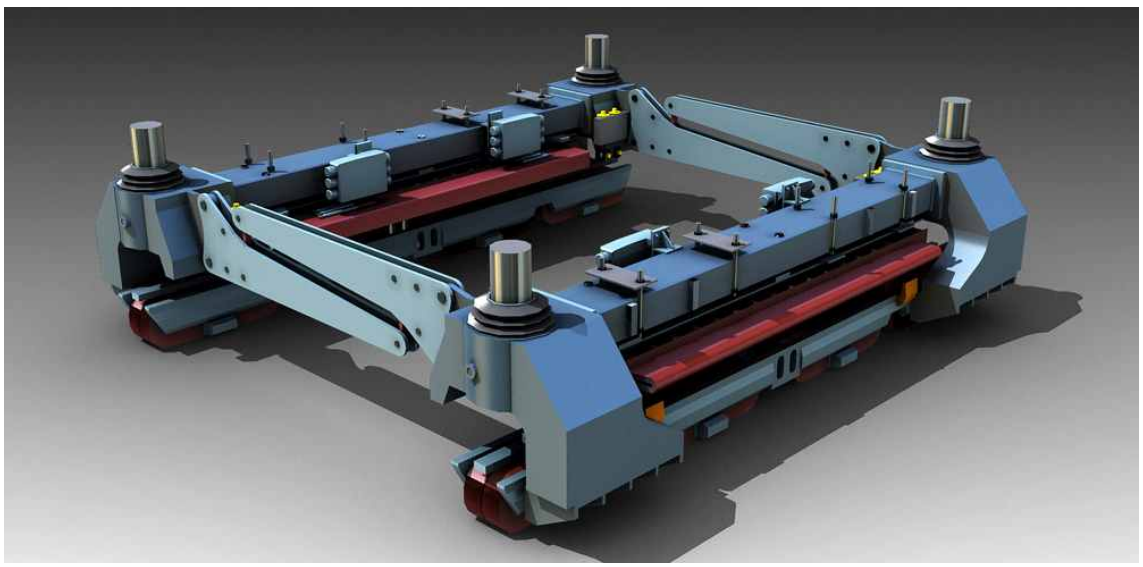
2) DMU 모델링 (3D StudioMAX)



[그림 122]차량 및 대차 MAX 모델



[그림 123]차량 테스트 렌더링 이미지



[그림 124]대차 테스트 렌더링 이미지

(다) DMU 모델의 VR 시뮬레이터 반영 및 최적화

1) VR 프로그램용 모델 변환 및 최적화

- 메쉬 최적화 및 오브젝트 구조 편집
- 재질(색상, 텍스쳐, 반사도, 투명도 등) 편집 및 최적화
- 조명설정에 따른 음영표출값 편집

(라) VR 시뮬레이터 기능추가 및 개선

1) 대피로 형상 평가

- A-Type 및 B-Type 실시간 전환모듈 개발
- 대피용 사다리 위치조정 모듈 개발
- 대피로 치수 평가를 위한 피난승객 배치
- 대피로 피난상황 시점 추가
- 시나리오에 따른 자동 시연 모듈 개발



[그림 125]A-Type 대피로 형상 및 비상탈출 연출



[그림 126]B-Type 대피로 형상 및 비상탈출 연출

2) 침목 형상 평가

- MonoBlock 및 TwinBlock 침목 모델링 및 실시간 전환모듈 개발
- TwinBlock 설치구간 확인 및 모델 반영



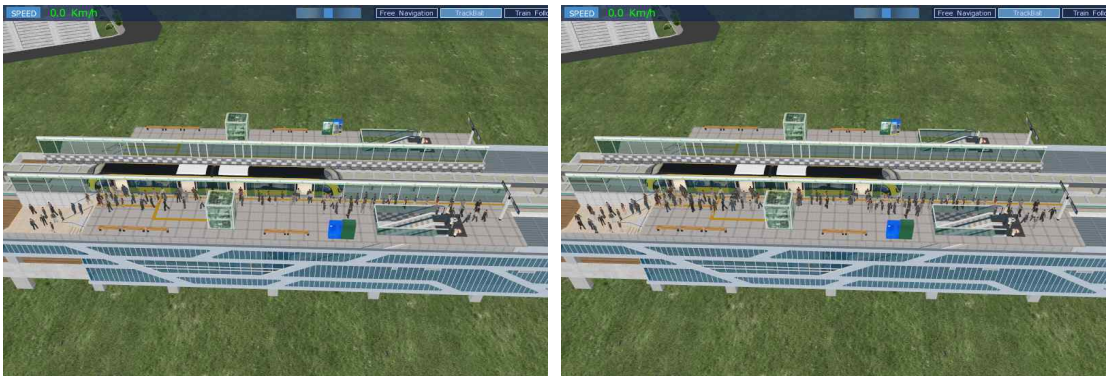
[그림 127]MonoBlock 및 TwinBlock 형상 평가

3) 역사 설계 및 혼잡도 평가

- 104역사 설계검토를 위한 상세 모델링 수행
- 승강장 탑승객 배치 시뮬레이션 (92명 / 140명 / 200명)
- 스크린도어 작동 자동개폐 개발
- 시나리오에 따른 자동 시연 모듈 개발



[그림 128]104 역사 실외 및 실내 모델



[그림 129]104 역사 혼잡도 평가 (좌:92명 / 우:140명)



[그림 130]104 역사 혼잡도 평가 (좌/우:200명)

(2) 3차년도 DLP Cube 통합 디스플레이 시스템 개발 (II)

(가) 다수 레이아웃 표출 및 통합 가시화 모듈 개발

1) 10채널 레이아웃 실시간 변경 프로그램 개발

- 15채널 확장 가능한 화면 레이아웃 분할 및 결합 모듈 개발
- 실시간 레이아웃 변경 표출을 위한 원격 제어프로그램의 GUI 개발 및 모듈 통합
- 레이아웃 모델 동기화를 위한 서버/클라이언트 통신 프로그램 개발

2) VR 시뮬레이터 통합

- VR 시뮬레이터 레이아웃 변경 모듈 및 네트워킹 모듈 통합
- 왜곡현상을 최소화하기 위한 View Frustum 최적화

(나) 10채널 분산렌더링 모듈 성능개선 (프레임 동기화)

1) 10채널 분산렌더링 동기화 모듈 성능 개선

- NVidia G-Sync FrameLock 하드웨어 기능 검토
- SW방식의 FrameLock 구현모듈 개발
- 네트워킹 알고리즘 개선 (MultiCasting)

(다) 양안차 기반 입체가시화 디스플레이 시스템 개발

1) 입체가시화 디스플레이 시스템 HW 설치

- 2채널 DLP-Projector (Christie DS+60) 설치 및 배선연결

- 2채널 그래픽워크스테이션 설치
- Circular 편광필터 및 지지대 설치
- Projector Beam 최적화 (패턴형상 일치)

2) 입체가시화 디스플레이 시스템 SW 개발

- 원격 제어프로그램의 입체가시화 기능 추가
- 양안차 파라메터 설정이 가능한 View Frustum 계산모듈 개발
- DLP-Cube 시스템 동기화 모듈 개발 및 VR 시뮬레이터 적용

4. 4차년도 세부연구내용

가. 도시형자기부상열차 실용화사업 평가 및 계약 총괄

(1) 단계평가 결과를 반영한 세부과제 계획서 수정/협약

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 1단계 평가 결과에 따라 각 과제별 연구개발 단계실적 및 차단계 계획서의 보완 부분을 검토하여 반영될 수 있도록 관리

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
단계평가 결과를 반영한 세부과제계획서 수정/협약	·····		—			—							12건
- 단계평가 결과를 반영한 세부과제 계획서 수정/협약	- '09.09.11 1핵심과제 협약(5건) - '09.09.11 2핵심과제 협약(3건) - '09.12.01 3핵심과제 협약(2건) - 실적 및 계획서 검토(1건) - '09.09.25 성과지표 관리를 위한 협의(1건)												12건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

□ 개요 :

- 단계실적 및 차단계 연구개발 계획서 보완여부를 체계적으로 관리하기 위해 사업단에서 작성한 세부과제별 평가위원 의견 조치결과 조견표 배포하고 반영 여부, 수정 조치 결과, 실적 및 계획서 반영 여부 검토 확인

□ 관리대상 : 각 핵심 및 세부과제 단계실적보고서 및 계획서

□ 결과

- 각 핵심/세부과제 조견표를 활용한 계획 검토 및 2단계 협약 실시
- 성과지표 관리를 위한 협의 업무

(2) 핵심/세부과제 연차실적 계획서 평가

(가) 개요 :

- 4차년도의 중간연구결과 및 자체 년차평가를 통해 성과목표 달성도 및 5차년도 계획의 적정성 여부 등 평가
- 도시형자기부상열차 실용화사업 4차년도 분기별 각 과제들이 작성한 분기 보고서 검토를 통해 진도 관리, 연구개발 현황 파악 및 진도보고서 전문기관에 제출

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
핵심/세부과제 연차실적 계획서 평가						----					----		12건
- 4차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검	.'09.12.17 중간성과발표회(1건)												1건
- 핵심/세부과제대상 자체평가	.4차년도 자체평가 개최 계획(1건) .'10.5.13 핵심/세부과제대상 자체평가 결과 (각 핵심/세부과제 평가서 총 10건)												11건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 4차년도 중간 연구결과 및 최종 연구결과 점검

가) 4차년도 중간성과 발표

□ 개요 :

- 4차년도 사업목표/실적, 향후 추진일정, 주요현안사항 및 대책 등에 대한 발표를 통하여 핵심/세부과제별 중간성과 점검
- 핵심/세부과제간 인터페이스 검토/조정 등 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 조정

□ 주요내용

○ 핵심과제 및 세부과제 4차년도 연구계획 대비 추진 내용 및 달성도, 주요 인터페이스 사항 및 진행현황, 주요 성과(성과지표 대비) 문제점 및 대책, 결론 및 향후계획 등 발표

- 과제당 전체 25분(발표15분, 질의응답10분)진행

□ 결과물

- 4차년도 중간성과 발표자료

나) 년차 보고서 및 연차실적 점검

□ 개요 :

- 4차년도 연차평가를 통해 도출된 4차년도의 연차실적 보고서 및 5차년도 계획서 점검

□ 점검 대상 : 각 핵심, 세부과제

□ 주요내용

- 각 핵심/세부과제 4차년도의 연차실적 보고서 및 5차년도 계획서 평가 착안사항 작성
- 평가의견서 작성
- 핵심/세부과제 4차년도 연차평가를 실시하여 연차실적계획서를 검토하였으며 4차년도 성과와 5차년도의 계획 분석

2) 핵심/세부과제대상 자체평가

□ 개요

- 4차년도의 성과목표 달성도 및 5차년도 계획의 적정성 여부 등 평가

□ 자체평가 대상 : 각 핵심, 세부과제

□ 주요내용

- 한국기계연구원에서 도시형자기부상열차 4차년도 연차평가 실시
  - 일시 : '10.5.13 (10:00~18:00)
  - 장소 : 한국기계연구원
- 외부 평가위원과 내부평가위원을 위촉하여 각 핵심/세부과제별 4차년도 실적 및 5차년도 계획에 대한 종합적인 평가 수행

□ 결과물

- 4차년도 연차평가 계획 등 자체평가 관련문서
- 4차년도 연차평가 결과 및 연차실적/계획서 보완 확인 조견표

나. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 총괄관리

(1) 사업 진도관리

(가) 개요

- 4차년도 연구사업 진행중 발생하는 핵심 및 세부과제간 주요현안 및 인터페이스 미결 사항에 대한 사업단내부 조정회의 주관 및 진도관리

- 매월 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리	- - - - - - - - - - - -												관리 문서 (29건)
- 각 핵심과제 공정회의 참석	.'09. 8. 13 1핵심 공정회의 .'09. 11. 9 1핵심 공정회의 .'10. 2. 5 1핵심 공정회의 .'10. 3. 5 1핵심 공정회의 .'09. 9. 24 2핵심 공정회의 .'10. 4. 29 3핵심 공정회의												공정회의 참석 (6건)
- 핵심/세부과제 진도관리	.1/4분기 분기보고서(10건) .3/4분기 분기보고서(10건) .세부과제 집중관리(3건)												분기보고서 검토회의록 (23건)
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 각 핵심과제 공정회의 참석

- 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 6회 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악
- 4차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리
- 현안사항 및 핵심과제 간 인터페이스 사항 사업단장-핵심책임자 회의 안건상정 조치

2) 핵심/세부과제 진도관리

- 각 세부과제/핵심과제 분기보고서 검토를 통하여 진도관리 수행
- 특별 진도관리가 필요한 세부과제에 대해 자문회의 및 진도관리 회의 실시

가) 분기 보고서를 통한 진도관리

□ 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 4차년도 분기별 각 과제들이 작성한 분기 보고서 검토를 통해 진도 관리 및 연구개발 현황 파악 및 진도보고

서 전문기관에 제출

□ 진도보고서 작성대상 : 각 핵심 및 세부과제

□ 주요내용

- 각 핵심/세부과제별 1/4분기 연구개발 현황 검토 및 진도보고서 취합 · 전문기관에 제출
- 각 핵심/세부과제별 3/4분기 연구개발 현황 검토 및 진도보고서 취합 · 전문기관에 제출

□ 결과물

- 4차년도 1/4분기 진도보고서
- 4차년도 3/4분기 진도보고서

나) 세부과제 진도관리

□ 개요 :

- 세부과제 연구내용중 사업에 주요한 영향을 미치는 사안에 대해 집중관리 수행

□ 주요내용

- '도시형 자기부상열차 시스템 엔지니어링 체계 구축 및 사양 추적 관리(1-1과제)의 연구에 대한 1단계 단계 평가시 재검토 사항이 도출되어 자문위원들을 위촉하여 과제결과에 대한 의견, 보완사항을 수집하여 과제의 진행방향을 설정하는 자문회의 개최
- '도시형자기부상열차 시험·평가 인증(1-3과제)' 진도미진 사항에 대한 점검회의 및 주간보고 형태의 세부관리를 통한 과제 진도 만회계획 관리

(2) 사업성과 홍보 및 성과확산 보고회

(가) 개요

- 국내·국제 전시회 등에 참가하여 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차 소개 및 우수성 홍보
- 시제차량 시험선 시승을 이용해서 주요시승행사 개최 및 대국민 홍보를 위한 언론보도, 학술지 및 학술대회 게재, 초청강연 등 수행
- 자기부상열차관련 국제학술대회인 Maglev 2011의 국내 개최에 따른 세부준비 진행
- 국내 시장개척을 위해 경전철 시스템을 도입하고자 하는 지자체에게 도

시형자기부상열차시스템의 장점을 적극적으로 홍보

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업성과 보고회 개최													37건
- 성과홍보 및 주요행사 - 성과홍보 및 주요행사	(전시회 5건) .'09.6.24~26 복합환승센터 개발시업 .'09.8.10~13 세계신기술대전 .'09.9.21~22 LDIA 2009 컨퍼런스 .'10.2.26~3.7 김포시 경전철 전시회 .'10.5.6~8 친환경 에너지제품 전시회 (주요행사 개최 2건) .'10.4.9 시제차량 성능 평가회 .'10.5.3 시제차량시승 및 성과발표회 (초청강연 1건) .'10.5.14 춘계학술대회 초청강연 (언론보도 11건) .TV보도 1건 .신문보도 7건 .인터뷰(라디오/신문) 3건 (학술대회 4건) .국내외 학술대회 및 학술지 4건 (주요시승행사 8건)												언론보도 및 연구성과전시 결과 (31 건)
- 국제 학술대회 개최 준비	.국제학술대회(Maglev 2011) 개최준비												1건
- 국내 지자체 기술지원	.'09.11.4 광주광역시 기술세미나 .'10. 4.9 시스템관련 설명자료 제공 .'10. 5.4 대전시 시스템 설명 및 자료 제공 .'10. 5.26 LH공사 방문 설명 및 자료 제공 .'10. 6.17 부산교통공사 방문 사업소개 및 홍보												5건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 성과 홍보 및 주요 행사

가) 복합환승센터 개발사업 전시회

□ 목 적

- 편리하고 쾌적한 복합환승센터는 교통·문화·상업·정보가 어우러진 도

시의 Landmark역할을 하기 때문에 금융·건설 등 민간 투자의욕 고취 및 저탄소 녹색교통 실현 국민 공감대 확산이 이루어 지고 있음. 이에 복합환승센터와 연계 가능성이 있는 신교통수단인 경전철 전시가 병행하여 추진 되었고, 미래 지향적 친환경 교통수단 도시형자기부상열차를 홍보하기 위해 참가

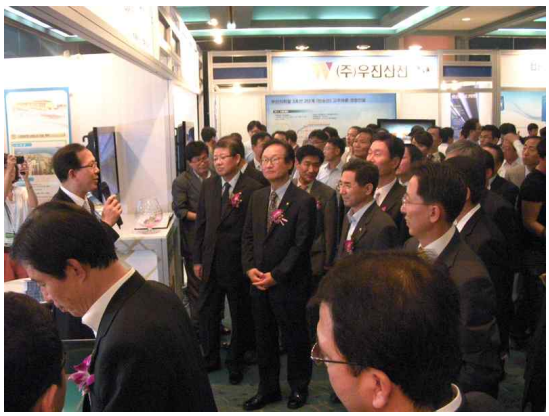
□ 전시기간 : 2009.6.24(수) ~ 2009.6.26(금) (3일간)

□ 장 소 : 서울 코엑스(장보고 홀)

□ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 대형조감도(역사 개념도 포함)
- 실용화사업 연구 성과물

□ 전시회 결과 사진



최장현 차관 전시부스 방문



도시형자기부상열차 소개 및 홍보

나) 미래도시 건설을 위한 세계신기술대전

□ 목 적

- 신기술 정보 제공을 위한 기술성명·시연 등을 포함하는 첨단 신기술 활용 촉진 및 홍보하는 신기술/신공법 전시회로 친환경 첨단도시철도 시스템인 도시형자기부상열차를 홍보하기 위해 참가

□ 전시기간 : 2009. 8. 10(월) ~ 2009. 8. 13(목)(4일간)

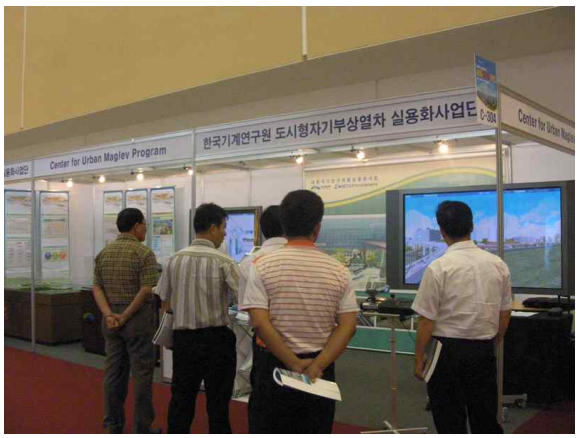
□ 장 소 : 인천송도 송도컨벤시아

□ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 대형조감도(역사 개념도 포함)

□ 전시회 결과 사진



도시형자기부상열차 소개 및 홍보

다) LDIA 2009 국제컨퍼런스 발표 및 전시

□ 목 적

- 세계 각국의 연구자들이 모여 선형전동기 등의 산업계 응용에 대한 연구개발 현황 및 향후 개발계획 등을 발표 토의하는 국제학술대회 기간 중 미래교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등을 홍보
- 사업단장의 특별세션 발표(keynote speech)를 통해 한국형 자기부상열차에 대한 국제적 홍보.

□ 전시기간 : 2009. 9. 21(월) ~ 22(화)(2일간)

□ 장 소 : 인천하얏트호텔

□ keynote speech 제목 : 'Current Status of Urban Maglev Program of Korea'

□ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 대형조감도(역사 개념도 포함)
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

□ LDIA 2009 keynote speech 및 전시회 결과 사진



LDIA 2009 keynote speech



LDIA 2009 전시회 참석

라) 김포시 경전철 전시회

□ 목 적

- 경기도 김포시에서 추진중인 경전철 시스템의 차량 선정과 관련하여 경전철 시스템 전시회에 참가해서 도시형자기부상열차의 우수성을 김포시민들에게 홍보하기 위해 참가

□ 전시기간 : 2010. 2. 26(목) ~ 2010. 3. 7(일)(10일간)

□ 장 소 : 김포시 사우광장

□ 전시물 : 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)/ 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

□전시회 결과 사진



마) 친환경 에너지제품 경진대회 전시회

□ 목 적

- 중소기업청에서 주최하고 한국기계연구원에서 주관하는 '친환경 에너지제품 경진대회'전시회에 참가하여 친환경 도시형자기부상열차에 대한 연구개발 성과 및 신교통수단 등 교통부문의 미래 Vision 제시

□ 전시 기간 : 2010.5.6(목) ~ 2010.5.8(토) (3일간)

□ 전시 장소 및 참가 인원

- 서울 COEX 1층 그랜드볼룸홀 입구
- 참가인원 : 1000여명

□ 전시물

- 도시형자기부상열차축소모형 (1/20 Scale)
- 사업소개 및 홍보 패널 및 사업홍보 영상
- 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보 브로슈어

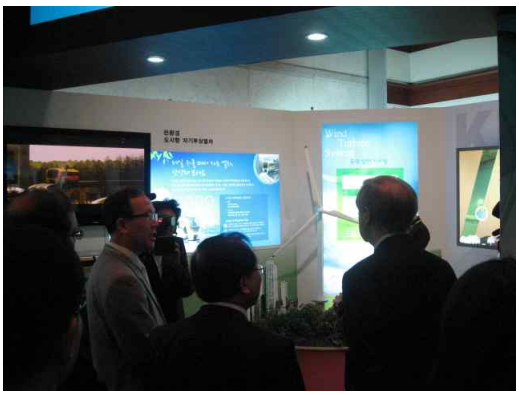
□ 성 과

- 도시형자기부상열차가 친환경 에너지 제품이라는 대국민 홍보

□ 전시회 결과 사진



부스 전시물 배치 사진



국내외 주요인사에게 도시형자기부상열차 소개

바) 시제차량 출고식

□ 목 적

- 도시형자기부상열차 시제차량 1편성(2량) 제작이 완료되어 12월 16일 한국기계연구원 시험선으로 이동, 도시형자기부상열차 시제차량 제작을 기념하고 대외적인 차량홍보를 수행하기 위해 출고식 실시

□ 행사일시 : 2009. 12. 15(화) 11:00~14:00

□장 소 : 현대로템(주) 의왕연구소 11층 대회의실(경기도 의왕)

□ 행사내용

- 환영사 및 축사
- 도시형자기부상열차 사업현황 보고 및 차량제작경위 보고
- 시제차량 시찰 및 기념촬영

□ 행사 언론 홍보

- “현대로템 자기부상열차 출고-세계 두 번째로 상용화” 조선일보 (‘09.12.16/경제 B3면)외 11개 언론사를 통해 홍보

db.chosun.com 기사 프린트 하기

프린트

▶발행일 : 2009.12.16 / 경제 B3 면 전체기사 기고자 : 박수찬

현대로템 자기부상열차 출고

• 세계 두 번째로 상용화

현대로템은 자체 개발한 도시형 자기부상열차를 경기도 의왕 기술연구소에서 15일 출고했다고 밝혔다. 일본 나고야 자기부상열차에 이어 세계에서 2번째로 상용화했다. 이 열차는 대전 한국기계연구원으로 옮겨져 시험운전 기간을 거친 뒤 2013년부터 인천국제교통센터와 공항철도 운유역 사이 6.1㎞ 구간에서 운행된다. 무인으로 운행되며, 2량 1편성으로 180여 명이 탑승할 수 있다. 최고시속은 110km다. 우리나라 전통 도자기 형상을 본떠 곡선미를 살렸다.

현대로템은 1988년부터 시험용 차량 개발을 시작으로 1993년 대전 엑스포 기간에 국내 최초로 개발해 실제 운행했다. 또 1994년부터는 교육과학기술부 연구개발사업으로 추진되면서 2량 1편성으로 구성된 차량을 개발해 대전 기계연구원에서 5만km 시험운행을 통해 신뢰성을 입증했다.

자기부상 열차는 레일을 감싸는 전자석과 레일 간의 당기는 힘을 이용해 차량이 레일에서 일정간격 떠서 달리기 때문에 소음과 진동이 거의 없으며, 마찰 저항이 없어 에너지 소비도 적다고 현대로템은 밝혔다. 현대로템 관계자는 "추진장치와 무인운전 신호시스템 등 자기부상열차의 핵심 기술을 포함해 97% 이상 국산화했다"며 "일본 나고야에서 운행 중인 자기부상열차와 대등한 수준의 기술력을 갖춘 셈"이라고 말했다.

Copyright (c) 2003 The Chosunilbo All rights reserved.

□ 시제차량 출고식 결과 사진



도시형자기부상열차 사업현황 보고



시제차량 시찰 및 기념촬영

사) 시제차량 성능 평가회

□ 목 적

- 기존 바퀴식 차량에 비해 진동과 소음이 적어 승차감이 매우 우수하고, 철가루·고무가루 등 분진이 없어 공해가 유발되지 않는 친환경·최첨단 도시교통수단으로서 자기부상열차의 우수성을 국토해양부 및 지자체 관계관들에게 설명하고 시제차량 시승을 겸한 성능 평가

□ 행사일시 및 장소

- 일시 : 2010. 4. 9(목) 14:00 ~ 16:00
- 장소 : 한국기계연구원(대전) 대강당 및 자기부상열차 시험장

□ 주요참석자(총 80여명 참석)

- 국토해양부 광역도시철도과 권석창 과장, 윤종빈 사무관
- 지방자치단체 교통담당 담당관 46명
- 한국건설교통기술평가원 한형근 실장, 박현철, 양준혁 연구원
- 도시형 자기부상열차 실용화 사업단 신병천 단장 등

□ 주요내용

- 실용화 사업소개 (기계연구원 대강당)
- 시제차량 시승 및 성능평가 (시제차량 탑승 및 시험선 주변)

<table>
<tr><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>참석자 소개</td><td>광역도시철도과장 인사말</td></tr>
<tr><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>사업단장 사업소개</td><td>시범노선 VR 시청</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>시제차량 하부 구조 및 부상원리 소개</td><td>시제차량 시승</td></tr>
</table>

	
차량내부 소음 및 전자장 측정	차량외부 소음 측정

□ 성능평가회 주요행사 사진



도시형자기부상열차 성능평가회 기념촬영

아) 도시형자기부상열차 시제차량시승 및 성과발표회

□ 목 적

- 바퀴없이 궤도 위로 떠서가는 신개념의 친환경 첨단 도시교통수단인 도시형자기부상열차의 시승행사를 겸한 공개 발표회를 통하여 자기부상열차의 우수성을 언론, 지자체, 도시철도관련 건설사·설계사·협회 등에 적극적으로 홍보하여 국내외 시장진입을 촉진하기 위함.

□ 일시 및 장소

- 일시 : 2010. 5. 3(월) 14:00 ~ 16:00
- 장소 : 한국기계연구원(대전) 대강당 및 자기부상열차 시험노선

□ 주관 : 도시형자기부상열차실용화사업단

□ 참석자 (총 213명)

- 국토해양부 : 이승호 철도정책관, 윤종빈 담당사무관 등 2명
- 지방자치단체 : 대전광역시 건설교통국장, 도시철도기획단장, 서울시 도시기반시설본부, 진해시 교통행정과장, 경산시·수원시·김포시·인천경제자유구역청 철도건설 및 전철기획팀장 등 16명
- 한국건설교통기술평가원 : 이재춘 원장, 교통2실장 등 3명
- 한국기계연구원 : 이상천 원장, 선임연구본부장 등 20명
- 한국철도공사 : 임현준 연구원장 등 2명
- 언론사 기자 : KBS, YTN, 조선일보, 동아일보 등 55명
- 건설사·설계사 : GS건설 김홍걸 고문, 케이알티씨 김대영 사장 등 50명
- 기타 사업단 사업 참여자 등 63명

□ 기타

- 기계연 대강당 주위에 차량 및 시범노선 관련자료 전시
- 5월3일 오전 주요 방송사 사전 촬영 및 인터뷰 시행

□ 행사 진행 결과 사진

<table>
<tr><td rowspan="2">참석자
소개

및

인사말</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>참석자 소개</td><td>이상천 기계연구원장 환영사</td></tr>
<tr><td rowspan="2">인사말</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>이재춘 한국건설교통연구원장 축사</td><td>이승호 국토해양부 철도정책관 격려사</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td rowspan="2">사업
소개

및

차량
개발
결과
보고</td><td>
</td><td>
</td></tr>
<tr><td>사업단장 사업소개</td><td>차량개발 결과 보고(2핵심 연구책임자)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">시제
차량
시승</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>시제차량 시승(차량내부)</td><td>시제차량 시찰(차량외부)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">분기기
동작
시연</td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>분기기 동작 시연</td><td>분기기 동작 시연 (차량진입)</td></tr>
</table>

▣ 도시형자기부상열차 공개발표회 언론보도내용('10.5.3)

No	매체	일자	언론기관명	No	매체	일자	언론기관명
1	TV방송	2010-05-03	YTN뉴스	28	인터넷	2010-05-03	뉴데일리
2	TV방송	2010-05-03	CMB뉴스와이드	29	인터넷	2010-05-03	우리일보
3	TV방송	2010-05-03	SBS 8시뉴스	30	인터넷	2010-05-03	충청매일
4	TV방송	2010-05-03	TJB(대전방송)	31	인터넷	2010-05-03	일간대구경북
5	TV방송	2010-05-04	KBS 9시뉴스	32	인터넷	2010-05-03	이투데이
6	TV방송	2010-05-03	KBS 9시(대전방송)	33	인터넷	2010-05-03	공감코리아 대한민국정책포털
7	TV방송	2010-05-04	대전 MBC	34	인터넷	2010-05-03	건설타임즈

No	매체	일자	언론기관명	No	매체	일자	언론기관명
8	TV방송	2010-05-04	KTV	35	인터넷	2010-05-03	한국주택신문
9	신문	2010-05-04	머니투데이	36	인터넷	2010-05-03	해동일보
10	신문	2010-05-04	디지털타임스	37	인터넷	2010-05-03	한국경제TV
11	신문	2010-05-04	충청투데이	38	인터넷	2010-05-03	대덕넷
12	신문	2010-05-04	대전일보	39	인터넷	2010-05-03	mbn
13	신문	2010-05-04	서울신문	40	인터넷	2010-05-03	아시아투데이
14	신문	2010-05-04	한국경제	41	인터넷	2010-05-03	tbs
15	신문	2010-05-04	국민일보	42	인터넷	2010-05-03	스피드뱅크
16	신문	2010-05-04	서울경제	43	인터넷	2010-05-03	아시아경제
17	신문	2010-05-04	한겨레	44	인터넷	2010-05-03	이데일리
18	신문	2010-05-04	매일경제	45	인터넷	2010-05-03	pbc
19	신문	2010-05-04	조선일보	46	인터넷	2010-05-03	건설경제
20	신문	2010-05-04	동아일보	47	인터넷	2010-05-03	경기도민일보
21	신문	2010-05-04	파이낸셜뉴스	48	인터넷	2010-05-03	프라임경제
22	신문	2010-05-04	전자신문	49	인터넷	2010-05-03	KBS뉴스기사
23	인터넷	2010-05-03	연합뉴스(동영상)	50	인터넷	2010-05-03	SBS뉴스기사
24	인터넷	2010-05-03	뉴스토마토(동영상)	51	인터넷	2010-05-03	MBC뉴스기사
25	인터넷	2010-05-04	뉴시스	52	인터넷	2010-05-04	경남신문
26	인터넷	2010-05-04	노컷뉴스(CBS)	53	인터넷	2010-05-04	경도신문
27	인터넷	2010-05-03	신아일보	54	인터넷	2010-05-04	환경일보

자) 대한기계학회 충청지회 2010 춘계학술대회 초청강연 발표

□ 발표제목

- 도시형자기부상열차의 특징 및 개발현황

□ 발표일시 : 2010.5.14(금) 16:10~16:40

□ 발표장소

- 한국기계연구원 1층 대회의실

□ 성 과

- 대한기계학회 참석자들에게 친환경 최첨단 도시형자기부상열차의 우수성 홍보

□ 발표 사진 및 자료



초청강연 발표(2010 대한기계학회)

차) 언론홍보 및 기타 매체를 통한 홍보

□ Radio 인터뷰

- 2010년 5월 3일 17:00-17:10 (PBC 경제광장)
- 2010년 5월 12일 11:10-11:40 (KBS 1라디오(생방송) 세상의 모든지식)

□ 신문 인터뷰

- 2010년 4월 16일 “자기부상열차의 실용화 위해 앞장 서”(토목신문)

□ TV 보도내용

- 2010. 5. 3 도시형자기부상열차 공개발표회 (KBS외 7개사)

□ 신문 보도내용

- 2010. 1. 15 국내 첫 자기부상열차 기분좋은 수주 (국토해양신문)
- 2010. 3. 31 국내 첫 자기부상열차 내달 본격화 (경기일보)
- 2010. 4. 12 건기평, 도시형 자기부상열차 시제차량 시승 (국토해양신문)
- 2010. 4. 16 첨단기술력 바탕으로 녹색교통 이끄는 자기부상열차 (토목신문)
- 2010. 5. 1 어느새 우리에게 다가온 '친환경 교통'(조선일보)
- 2010. 5. 3 도시형자기부상열차 공개발표회(중앙일보외 45개사)
- 2010. 5. 5 자기부상열차 성공 시장창출에 달렸다(한국경제)
- 2010. 5. 31 “세계 1등 상품 만들기 역량 결집” (국토일보)

□ 기타

- 2010. 4. 27 녹색교통과 첨단 기술력의 컨버전스‘자기부상열차’(토목연구정보센터)
- 2010. 4. 27 첨단기술력 바탕으로 녹색교통 이끄는 자기부상열차(토목연

구정보센터)

- 2010. 5. 6 자기부상열차 성공, 실용화에 달렸다(미래철도DB)
- 2010. 6. 1 2010 상상이 현실이 되다_도시형자기부상열차(국토해양부 웹진)

카) 학술대회 및 학술지

○ 국외논문(SCI) Proceedings of the IEEE: 'Korea's Urban Maglve Program'
○ 국제학술대회 LDIA 'Current Status of Urban Maglev Program in Korea'발표
○ 2009년 철도학회 추계학술대회 논문발표 2건
- 자기부상열차 시스템 관련 용어 표준에 관한 지침
- 자기부상열차와 일반철도의 궤도주행 특성 차이에 따른 궤도선형관리 비교
○ 2010년 대한기계학회 충청지회 춘계학술대회 발표 1건(초청강연)

타) 사업단방문 및 주요시승행사

○ 2010. 3. 31 대덕연구개발특구지원본부 이사장 내방
(실용화사업 설명 및 시제차량 시승)
○ 2010. 4. 1 건교평 원장 내방 (실용화사업 설명 및 시제차량 시승)
○ 2010. 4. 9 도시형자기부상열차 시제차량 성능 평가회
(실용화사업 설명 및 시제차량 시승)
○ 2010. 4. 13 대덕특구 이화회 내방 (실용화사업 설명 및 시제차량 시승)
○ 2010. 5. 3 도시형자기부상열차 시제차량 시승 및 공개발표회
(실용화사업 설명 및 시제차량 시승)
○ 2010. 5. 11 삼성의료원 관계자 내방(3명)
○ 2010. 5. 11 서울시 도시기반시설본부 관계자 내방(43명)
○ 2010. 5. 27 인천메트로 철도사업팀 내방(3명)

2) 국제 학술대회(Maglev 2011) 개최 준비

□ Maglev 국제학술대회

- 자기부상열차 분야 유일의 국제학술대회로 1977년 미국 보스톤 대회를 시작으로 2~3년마다 개최되며, 제21차는 2011년 10월 우리나라에서 개최키로 결정됨
- 정식명칭은 International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives(약칭 Maglev ○○○○)
- 제20차는 2008.12.15~12.18(4일간) 미국 센디에고에서 개최

□ 학술대회 목적

- 자기부상열차 기술아이디어와 최신 기술동향·상용화 동향 등 정보교류
- 자기부상열차관련 기술토의 및 자기부상열차 세계화 유도
- 자기부상열차관련 기술개발을 위한 국제협력 유도

□ 국내 개최 배경

- 국토해양부의 도시형자기부상열차실용화사업과 연계하여 세계 각국의 자기부상열차 전문가들을 대상으로 우리사업의 홍보를 통한 세계 인지도 향상 및 향후 해외시장 진출 기반 조성

※ 2008.12월 제20차 대회에 한국건설교통기술평가원장과 사업단장이 참석하여 국내 개최권 확보

□ 기대효과

- 우리나라 도시형자기부상열차 기술 우수성을 홍보, 해외시장 진출을 위한 교두보 확보 기대
- 국내 경전철 관련 학계·연구계·산업계 및 관련 전문가들의 참여를 유도하여 국내 자기부상열차 관련 기술 발전에 기여

□ Maglev 2011 행사계획

- 개최기간 : 2011.10.10(월)~13(목)(4일간)
- 장 소 : 대전컨벤션센터(DCC)
- 주 최 : 철도학회
- 주 관 : 한국기계연구원 & 한국철도기술연구원
- 후 원 : 국토해양부, 한국건설교통기술평가원
- 참석예상인원 : 국내외 자기부상열차 관련 전문가 약 300명

(자기부상열차 개발자, 철도운영기관, 산·학·연 관련 전문가 등)

※'08년(미국) 약 240명, '06년(독일) 약 300명, '02년(스위스) 약 240명

3) 국내 지자체 기술지원

- 2009.11.4 광주광역시 경량전철차량시스템 기술세미나 관련 도시형자기부상열차 시스템 관련 자료 제공
- 2010.4.9 시제차량품평회 관련 서울시 외 8곳 광역지자체, 수원시 외 16곳 기초단체에 도시형자기부상열차 시스템관련 자료 제공
- 2010.5.4 대전시청을 방문하여 도시형자기부상열차 시스템 설명 및 자료 제공
- 2010.5.26 대전 LH공사 연구소에 방문하여 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
- 2010.6.17 부산교통공사에 방문하여 도시형자기부상열차 소개 및 홍보

(3) 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최

(가) 개요

- 4차년도 연구사업 진행중 발생하는 핵심 및 세부과제간 주요현안 및 인터페이스 미결 사항에 대한 사업단내부 조정회의 주관 및 진도관리

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업단장-핵심과제책임자 회의	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	9건
- 사업단장-핵심과제책임자 회의	.'09.6.30 사업단장-핵심책임자 18차 회의 .'09.8.19~20 4차년도 인터페이스 조정회의 .'09.12.22 사업단장-핵심책임자 19차 회의 .'10.2.24 사업단장-핵심책임자 20차 회의 .'10.4.1 사업단장-핵심책임자 21차 회의 .차량-신호분야 협의체 회의 2건 · 차량-집전선 인터페이스 회의 1건 · 차량-궤도 검측방안 관리 1건												회의록 9건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

□ 관리대상 : 핵심 및 세부과제

□ 회의개최 실적 및 주요관리 성과

- ‘09.6.30 : 제18차 사업단장-핵심책임자 회의

· 장 소 : 기계연 간부회의실

· 1핵심 : 회의개최계획과 회의결과를 공유할 수 있도록 홈페이지 활용

· 3핵심 : 3-1세부과제 문제와 관련하여 추후 필요한 연구이고 규정에 부합한다면 3핵심 의견과 같이 위탁과제로 고려 가능함

- ‘09.8.19~20 : 4차년도 인터페이스 조정회의

· 장 소 : 삼성 산청연수소

· 1핵심 : 2단계부터 리스크 관리를 위한 계획서를 제출하여 승인요망

· 2핵심 : 선정기관의 의견중 사고시 견인방법 및 견인차량에 대한 내용은 운영시나리오 또는 운영기관에서 작성하여 운영 필요함

· 3핵심 : 시저스 분기기는 대안입찰에 따라 12m 분기기 적용이 예상되므로, 이에 대한 검토가 필요함

· 사업단장 요청 : 입찰안내서 검토를 위한 workshop을 통하여 집중검토를 계획하고 있으므로, 각 핵심책임자 및 선정기관(인천시, 공항공사)의 적극적인 참여 요청함

- ‘09.12.17 : 4차년도 중간성과 발표회

· 장 소 : 기계연 대회의실

· 주요내용 : 핵심과제 및 세부과제 4차년도 연구계획 대비 추진 내용 및 달성도, 주요 인터페이스 사항 및 진행현황, 주요 성과(성과지표 대비) 문제점 및 대책, 결론 및 향후계획 등 발표

· 1핵심 : 리스크 관리계획서(안)은 리스크에 대한 Action plan으로 하여 실질적인 리스크 관리가 되도록 하는 것이 필요함

· 2핵심 : 커플러는 경전철에 적용된 standard 형태로 변경은 다소 곤란하나 개선노력을 진행하겠음. 또한 전두부 3차원 곡면유리는 국내기술의 한계로 곤란함

· 3핵심 : 시범노선 시험계획에 대하여는 시범노선 시험을 총괄하고 있는 3핵심과 사전협의를 충분히 하여 진행되도록 준비가 필요함

· 사업단장총평 : 시제차량의 제작 및 시험선 반입, 시범노선의 대안발주 진행 등 사업추진에 있어 점차 1핵심의 통합 역할이 중요해 지는 단계임. 1핵심 과제의 원할한 수행을 위해 2, 3핵심의 긴밀한 협조를 요청함

- ‘09.12.22 : 제19차 사업단장-핵심과제 책임자회의

· 장 소 : 기계연 간부회의실

· 1핵심 : SEMP 개정안 승인과 관련하여 1핵심에서는 각 Item별 실행할 수 있는 구체적 내용으로 작성이 필요하며, 각 핵심에서는 사업전체적인 면이 반영된 SEMP 작성이 될 수 있도록 적극적 협조 당부. 또한 Risk 관리계획은 2, 3핵심의 기술적 협조가 필요함. 1핵심 자체적으로만 수행하기에는 어려운 점이 많으므로 사업전체를 위한 대승적 차원에서의 2, 3핵심의 적극적 협조가 필요함

· 대안입찰 서류접수 및 심의평가 관련하여 건교평과 협의하여, 공단에서 지원하기로 하였음

- '10.2.24 : 제20차 사업단장-핵심과제 책임자회의

· 장 소 : 기계연 간부회의실

· 3월중 시제차량의 시승이 가능하도록 조정하여 조치(2핵심)

· 전력 및 통신분야 RAMS 적용범위 결정(전차선설치, 양방향 무선데이터 통신설비)

- '10.4.1 : 제21차 사업단장-핵심과제 책임자회의

· 장 소 : 기계연 간부회의실

· 리스크 관리계획의 경우 2, 3핵심의 관리 및 협조가 절대적으로 필요한 사항이므로 적극적 협조 요망. SEMP와 마찬가지로 리스크 식별과 관리는 1핵심의 역할이고 2, 3핵심은 해당되는 리스크에 대하여 기술적 검토를 담당하여야 함

· 3핵심: Expansion joint부위에서의 마찰소음 저감을 위한 대책으로 4월 5일까지 급전선 마찰음 발생 부분의 가공을 마무리 할 예정이며, 상호 협력을 통한 해결방안을 모색하기 위해 적극적으로 협조

▣ 차량-신호분야 인터페이스 관리

□ 관리개요 :

- 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 열차제어시스템(차상 및 지상신호시스템)과 차량시스템간의 원활한 인터페이스를 위하여 인터페이스 방법과 내용 등을 협의·결정하기 위한 협의체를 구성하여 관리

□ 협의체 구성

- 본위원회

· 사업단 : 단장(위원장), 사무국장, 기술팀장

· 1핵심과제 : 연구책임자 및 실무담당자(실무위원회 간사)

· 2핵심과제 : 연구책임자
· 3핵심과제 : 연구책임자
· 구매·설치 계약자 : PM 및 현장책임자

- 실무위원회
· 사업단 : 사무국장(위원장), 기술팀장
· 1핵심과제 : 실무담당자(간사)
· 2핵심과제 : 실무담당자
· 3핵심과제 : 실무담당자
· 구매·설치 계약자 : 현장책임자 및 실무담당자

□ 협의체 1차 회의
- 회의일시 : '09.8.6
- 장　　소 : 기계연 본관 4층(나노회의실)
· 차량-신호분야 인터페이스 협의체 구성 및 운영(안) 확정 및 인터페이스 항목검토
· 인터페이스 관리 양식 확정

□ 협의체 2차 회의
- 회의일시 : '09.9.24
- 장　　소 : 현대로템 회의실
- 주요회의내용
· 신호-차량 인터페이스 사양서에 기술된 상세 기술 사항들은 2핵심에서 검토 후 협의키로하며, 이러한 상세 기술협의를 위한 협의는 2핵심과 대우컨소시엄 간에 상호 일정을 잡아 협의하고, 이견 사항 발생 시, 이를 본 협의회 안건으로 상정하여 협의

□ 차량-신호분야 인터페이스 협의 현황
- 협의체 3차 회의('10.5.4)가 1핵심과제(1-0과제) 주관으로 개최되었으며, 지상신호시스템의 성능시험은 도시철도차량 성능시험자의 판단이 필요하므로 3핵심에서 성능시험자에게 의뢰할 Scope(안) 등을 준비하여 3핵심, 1핵심(1-3과제 포함), 사업단 및 성능시험자가 별도 회의를 실시하여 결정

▣ 차량-집전선 인터페이스 회의

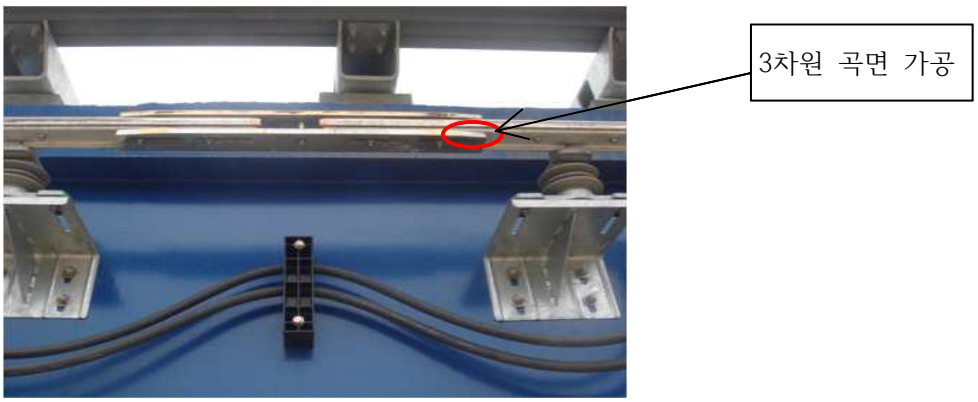
□ 개요 :
- 시험선 운영중인 시제차량과 3핵심 위탁과제인 전차선과의 인터페이스

협의를 통하여 집전소음 감소대책 수립

□ 회의결과

- 회의일시 : '10.4.19
- 장　　소 : 기계연 세미나실/ 시험선 탑승동
- 주요 회의내용

· 급전선 expansion joint부위 소음 저감 방안을 위해 포스코ICT에서 도체 위, 아래 가이드 단부(양방향)를 3차원 곡면 가공



· 분기부 expansion joint부위 소음저감 방안 : 집전판 형태 및 거동특성 검토

· 급전선 발생 소음 기준 : joint부에서도 65dB 수준에 맞추도록 노력

※ 급전선 expansion joint부위 가이드 단부(양방향)를 3차원 곡면 가공하여 보완 실시('10.05.01)완료

▣ 차량-궤도 검측방안 관리

□ 관리개요 :

- 자기부상열차 선로의 검측방법에 대하여, 선로구축물 분야와 차량분야간 합의된 방법의 도출을 위하여 시험선에서 시행한 측량성과를 활용하고, 일반철도의 검측 및 데이터 처리방안을 참고하여 자기부상열차에 적합한 검측방안 도출을 위한 조정

□ 검토 및 회의

- 회의일시(1차) : '10.2.1
- 장　　소 : 기계연 나노연구사업단 회의실
- 주요 회의내용

· 시험선 검측결과를 차량분야에 제공하여 검토하며, 시제차량 운행후 궤도의 상태에 따라 추가회의 진행

(4) 실용화 사업 기술검토

(가) 개요

- 총괄과제에서 수행하는 기술검토의 내용은 과제별 인터페이스 관리, 핵심/세부과제 이슈사항 분석/조정, 전문기관 업무수행 지원, 전문기관 연구관리시스템 운영지원 등이다. 각 세부 연부내용별 필요성은 다음과 같다
- 과제별 인터페이스 관리는 각 핵심 및 세부과제 단위에서 수행하는 연구과정에서 발생하는 인터페이스 사항 중 사업단 단위에서 검토 및 협의하여야 할 사항에 대하여 자체검토 및 회의주관을 위한 기술검토, 해당 인터페이스 사항에 대한 연구결과 종합을 수행하는 연구로서 진행되었다.
- 핵심/세부과제 이슈사항 분석/조정은 각 핵심 및 세부과제로부터 제기되는 문제에 대하여 회의주관, 전문기관 및 국토해양부 협의 지원 등을 통하여 연구의 적기성 및 상위기준과의 연계성이 확보되도록 하였다.
- 전문기관 업무수행 지원은 한국건설교통기술연구원 및 국토해양부 등 상위기관으부터 제기되는 각종 기술검토사항에 대하여 핵심/세부과제별 업무분장 및 요청, 기술검토 결과취합, 자체 기술검토 등을 통하여 상위기관의 업무가 원활하도록 하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화사업 기술검토													기술검토서 (16건)
- 과제별 인터페이스 관리	・건설규칙관련 인터페이스 관리(1건) ・성능시험관련 인터페이스 관리(2건) ・RAMS 수행범위 관리(1건) ・홈페이지 회의 일정관리(1건)												5건
- 연구결과의 시공반영 총괄	・대안입찰 안내서 검토 회의 주관 및 검토결과 제시(3건)												3건
- 핵심/세부과제 이슈사항 분석/조정	・도시철도건설규칙 개정안 검토(1건)												2건

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화사업 기술검토	- - - - - - - - - - - -												기술검토서 (16건)
	・도시형 자기부상열차 안전기준 개정 검토(1건)												
- 전문기관 업무수행 지원	・대안입찰 관련 업무 지원(3건) ・선정기관 업무수행 지원(3건)												6건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 과제별 인터페이스 관리

가) 건설규칙관련 인터페이스 관리

□ 관리개요 :

- 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 건설규칙 일부 조항 보완에 대한 검토 및 핵심/세부 과제별 조치 내용 협의 조정

□ 회의결과

- 회의일시 : '09.9.28
- 장 소 : 기계연 세미나실
- 주요 회의내용

・ 건설규칙 제24조(분기) 관련조항 수정 : 분기기와 곡선선로 또는 분기기간의 이격거리는 차량의 주행안전성을 고려하여 국가 또는 시・도지사가 정한다.

・ 건설규칙 제28조(고가 구조물 아래 등의 방호) 수정 : 본 조항은 삭제 또는 낙하물의 종류 등을 구체화하는 건설규칙(안) 수정추진(사업단장-핵심연구책임자 회의에서 최종 결정)

나) 성능시험관련 인터페이스 관리

□ 관리개요 :

- 도시형 자기부상열차 차량 성능시험의 효율적인 시행을 위하여 1-3 시험평가・인증과제와 2핵심간 협조가 가능하도록 인터페이스 조정 및 관리

□ 1차 회의

- 회의일시 : '10.1.8

- 장　　소 : 기계연 간부회의실
- 주요회의내용
  · 성능시험 신청절차 : 개별 시험은 1-3과제가 차량제작자의 요청에 의거하여 성능시험자에게 신청
  · 시험수수료 지급 방식 : 1-3과제 예산으로 성능시험자에게 지급
  · 현재 도시철도법 자기부상열차 표준규격/성능시험기준이 법제화 되지 않은 상황에서 성능시험자가 연구개발 진행중인 도시형자기부상열차 성능시험기준(안)으로 성능시험을 수행해야 하는 불가피성 때문에 사업단에서 국토해양부와 향후 성능시험 수행방안을 협의

□ 2차 회의
- 회의일시 : '10.3.11
- 장　　소 : 기계연 간부회의실
- 주요회의내용
  · 도시형자기부상열차 차량성능시험에 관한 기준(안) 작성일정 및 세부과제별 시안 협의 완료
  · 도시형자기부상열차 안전기준에 관한 규칙(안) 및 도시형자기부상열차 건설규칙(안) 법제화 지원 준비

다) RAMS 수행범위 관리

□ 관리개요 :
- 도시형 자기부상열차 RAMS 적용대상 선정을 위한 전문가 자문회의 시행을 위한 준비 및 진행방향 협의(1핵심 현안사항 검토 및 해결방안 협의)

□ RAMS 수행 관리를 위한 자문회의
- 회의일시 : '10.9.10
- 장　　소 : 기계연 사업단 회의실
- 주요 회의내용
  · 전문가 자문회의는 9월 14일 14시에 개최할 예정.
  · 참석대상은 사업단, 1-0, 2-0, 1-2이며, SIL관련 내용이 거론될 가능성에 대한 준비 필요성 있음
  · 건축은 PSD 이외는 기 발주 RFP가 작성되어 있으므로 검토 대상에서 제외할 예정

□ RAMS 수행 범위 확정 및 알림

- RAMS 수행과 관련하여 수행범위 확정(차량분야, 신호분야, 토목분야, 건축분야, 전기분야, 통신분야)
- RAMS 수행범위 확정 결과 1핵심과제와 3핵심과제로 알림

라) 사업단 홈페이지 회의 일정관리 프로그램 업로드

□ 메일시스템 구축

- 사업 참여자들이 회의일정을 공유하여 상호 인터페이스를 원활히 할 수 있도록 메일 시스템 구축



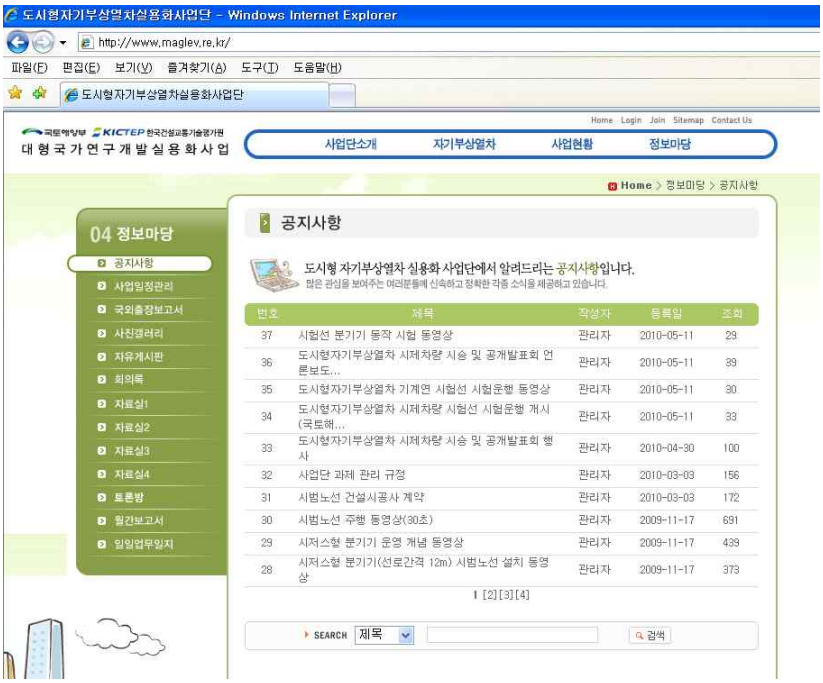


<홈페이지 회의일정을 파악할 수 있는 창> <발송된 회의일정 메일>

□ 시험선 차량주행 영상 업로드



□ 사업관련 기술자료 및 행사자료 업로드



사업단 홈페이지 자료 업로드 목록



사업단 행사관련 자료 모음

2) 연구결과의 설계 및 시공반영 총괄

가) 시범노선 대안입찰 안내서 검토 회의 주관 및 검토결과 제시

□ 개요 :

- 3핵심에서 작성한 입찰안내서의 검토를 위해 건교평, 사업참여자(1, 2, 3 핵심) 및 선정기관의 의견을 반영하여 인터페이스가 확보된 입찰안내서의 작성을 통하여 도시형자기부상열차 실용화 사업 목표에 적합한 내용 및 품질확보가 가능하도록 조정업무 수행

□ 관리대상 : 대안입찰 입찰안내서 인터페이스 및 요구조건

□ 관리경위 및 주요내용

- '09.08.18 : 입찰안내서(초안) 배포 [사업단→각 핵심과제 및 선정기관]
- '09.08.21 : 입찰안내서 검토회의 시행계획 수립 및 회의소집 공문발송 [사업단→각 핵심과제 및 선정기관]
- '09.08.24~25 : 입찰안내서 검토회의

· 시범노선 건설공사 대안입찰안내서(안)에 대하여 관계기관 의견수렴 및 검토

- '09.08.26 : 시범노선 대안입찰 검토결과 송부

· 입찰안내서(안) 관계기관 합동 검토 결과 및 수정안 송부 [사업단→공단]

□ 관리성과

○ 대안입찰안내서 검토계획 수립· 검토 및 쟁점사항 도출

- 입찰안내서 검토회의 진행 : '09.8.25~26 (2일간)
- 참석자 : 선정기관(인천시, 인천국제공항공사), 건교평, 사업단. 핵심/세부 책임자 및 주요 연구자, 한국철도시설공단 등 23명
- 검토회의 결과 :

· 수정사항 협의 확정 : 34건

· 공단 추가 검토 또는 확인후 반영 : 12건

· 미해결 쟁점사항 : 2건

- 미해결 쟁점사항(2건) 협의 및 해소 (국토부 철도정책관 회의에서 결정)

· 사업명 : 도시형자기부상열차 실용화 사업으로 통일

· 시저스 분기기 : 서저스 분기기 전체에 대하여 3-2과제에 배정하여 공사금액은 제외하며, 입찰안내서에 인터페이스 확보되도록 수정

3) 핵심/세부과제 연구수행 지원

가) 도시철도건설규칙 개정안 검토

□ 관리개요 :

- 국토해양부에서 시행하는 도시철도건설규칙의 개정에 대하여 도시형자기부상열차를 포함하여 시행이 가능하도록 개정안 내용을 관련 세부 및 핵심 연구기관(3핵심, 1-4세부 등)에서 검토하고, 조정이 필요한 사항 및 입법취지 등을 감안하여 개정의견을 국토부로 제시

□ 관리대상 :

- 도시철도건설규칙

□ 관리경위 및 주요내용

- '10.03.15 : 도시철도건설규칙 개정안 입수
- '10.03.16 : 기 개발된 도시형자기부상열차 건설규칙과 비교 검토를 위하여 1-4 및 3핵심에 내용 발송 및 검토요청
- '10.04.01 : 도시철도건설규칙 검토(1-4세부, 3핵심)
- '10.04.07 : 도시철도건설규칙 검토의견 국토부 제출

□ 관리성과

○ 국토부 도시철도관련법 정비 입법취지에 따라 도시철도건설규칙에 도시형자기부상열차 관련 내용이 추가되도록 조치

- 관련 연구기관 의견 조정 및 협의
- 국토부 광역도시철도과 의견 수렵 및 반영

□ 사후 관리 내용

○ 국토부 개정내용 확인·검토 및 내용 전파

○ 도시형자기부상열차 실용화 사업 영향요소 검토(3핵심 선로구축물 설계 및 시공결과)

나) 도시형 자기부상열차 안전기준 개정 검토

□ 개요 :

- 국토해양부의 도시철도차량 안전기준 개정에 자기부상열차를 포함하는 방안에 대하여 사업단내 의견을 종합하여 자기부상열차의 특성이 반영된 기준이 정립되도록 회의주관 및 회의결과 관계기관 협의 시행

□ 관리대상 :

- 도시철도차량 안전기준

□ 관리경위 및 주요내용

- ‘10.04.13 : 도시형 자기부상열차 안전기준 검토회의(1차)
- ‘10.04.23 : 도시형 자기부상열차 안전기준 개정안 검토회의 주관(2차)
  - 참석대상 : 사업단, 1-0과제, 1-4과제, 2-1과제
- ‘10.05.14 : 도시형 자기부상열차 안전기준 검토회의(3차)

□ 관리성과

○ 도시철도차량 안전기준 개정에 자기부상열차를 포함하기 위한 관련 연구과제간 인터페이스 조정 및 개정안 작성

- 관련 연구기관 의견 조정 및 협의
- 국토부 광역도시철도과 개정방향에 대한 조정, 협의

□ 사후 관리 내용

○ 5차년도중 개정될 도시형 자기부상열차 안전기준에 대한 검토 및 보완작업

○ 도시형자기부상열차 실용화 사업 영향요소 검토(계속)

4) 전문기관 업무수행 지원

가) 대안입찰 관련 업무 지원

□ 대안입찰 입찰제안서 작성 관련 업무 지원

- 입찰안내서 심의에 따른 조치계획 작성 및 입찰안내서 반영
- 102정거장 관련 선정기관 협의자료 작성 및 위치 확정

□ 대안입찰 시공사 선정평가 관련 업무 지원

□ 시범노선 건설관리방안 검토 지원

□ 시범노선 착공식 관련 업무 지원

나) 선정기관 업무수행 지원

□ 인허가 취득 지원

- 선정기관 및 관련부처(국토해양부)간 인허가를 위한 업무협의 창구 역할 수행
- 인허가 단계별 서류 검토 및 검토결과 반영 관리

□ 홍보관 관련 지원

- 인천국제공항 교통센터 1층에 위치한 홍보관 개관과 관련하여 도시형자기부상열차 홍보영상, 기술자료 등 지원

□ 타 기관과의 협의 지원

- 인천국제공항 시범노선 가림/차단 관련(차량 Mist window 설치) 지원

(5) 시험선 및 시범노선 건설관리

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 시범노선의 건설공사 발주가 대안입찰로 변경됨에 따라 관련기관 보고 및 전체사업일정에 차질이 발생하지 않도록 관련과제(3핵심 과제)와 일정 협의 및 관리를 시행하였음
- 시범노선 건설공사 인허가 업무는 선정기관에서 담당하지만, 선정기관에서 필요한 서류의 목록, 작성시기 등을 관리하여 시범노선 건설공사가 지연되지 않도록 관리하였음
- 한국기계연구원 시험선에서 시제차량의 주행시 제기된 소음문제(전차선 이음매 구간)를 해결하기 위하여 측정 및 저감목표를 관련 과제에 할당하여 소음이 저감되도록 관리하였음

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시험선 및 시범노선 건설관리													관리 37건
- 시범노선 건설 관리	.도시형자기부상열차 시범노선 건설 인.허가 서류 검토 및 관리(문서를 이용한 관리 6회, 도출문서 2건) .시범노선 설계/발주관련 대안입찰 추진일정 단축 검토 및 일정 관리(문서를 이용한 관리 18회, 도출문서 4건) .시범노선 대안입찰안내서(안) 심의 지원 및 최종검토회의 주관(문서를 이용한 관리 4회, 도출문서 1건)												- 문서를 이용한 관리 28회 -도출문서 7건
- 시험선 관리	.시험선 3-1과제 연구개발 결과인 시험선 상부궤도 열변형에 따른 관리 .시험선 전차선 Expansion joint 소음 측정 및 관리												-관리 2건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 시범노선 건설관리

가) 도시형자기부상열차 시범노선 건설 인·허가 서류 검토 및 관리

□ 관리개요 :

- 도시형 자기부상열차 시범노선 건설을 위한 각종 인허가 사항 일정 관리
- 선정기관 및 관련부처(국토해양부)간 인허가를 위한 업무협의 창구 역할 수행
- 인·허가 단계별 서류 검토 및 검토결과 반영 관리(사업관련 내용 작성 포함)
- 인천시 및 국토해양부 인허가 관련 고시 내용 정리 및 후속조치

□ 관리대상 : 시범노선 건설공사 인허가 서류 및 제출일정

□ 관리경위 및 주요내용

- '09.10.19 : 인천도시관리계획(시설:도시철도) 결정입안을 위한 열람공고
  · 사업시행자 : 인천광역시
  · 도시관리계획 열람·공고문 작성 및 송부(인천광역시)
- '09.12.17 : 인천도시관리계획(시설:도시철도) 결정 의회 의견청취 참석
- '10.01.20 : 인천도시관리계획(시설:도시철도) 결정관련 인천시도시계획위원회 발표
  · 발표자 : 사업단장
  · 발표내용 : 도시계획관련 결정 요청사유 및 결정고시문
- '10.02.01 : 인천도시관리계획(시설:도시철도) 결정 및 지형도면 고시
- '10.02.16 : 자기부상열차 시범노선건설 사업계획 승인 신청(인천광역시→국토부)
  · 사업계획 승인신청 관련 서류 검토·보완 및 관계기관(인천시, 국토부) 협의 시행
  · 사업계획 승인관련 관계기관 협의 지원(국토부 광역도시철도과)
- '10.04.07 : 자기부상열차 시범노선건설 사업계획 승인·고시 (국토해양부 고시 제2010-185호)

□ 관리성과

○ 도시관리계획 결정

- 선정기관인 인천시와 사업단 협조체계로 인천도시관리계획 결정 및 지형

도면 고시를 사업계획 승인전 가능하게 일정조정 및 관리시행

- 시범노선 대안입찰과 관련하여 착공일정 조정을 반영하여 일정단축을 위해 사업단에서 서류 작성 지원 및 검토를 선 시행
- 사업시행자로서 인천시 도시계획위원회 참석 및 사업계획 발표

○ 시범노선 건설공사 사업계획 승인·고시

- 선정기관인 인천시 및 승인기관인 국토부와 사업단 협조체계로 시범노선 건설사업 계획 승인을 건설공사 착공전 가능하게 일정조정 및 관리시행
- 시범노선 착수 및 현장 착공일정을 감안하여 사업계획승인을 최대한 단축하여 시행되도록 사업단에서 인허가 서류 작성 지원 및 검토를 시행
- 사업승인전 관계기관 협의가 신속하게 진행되도록 사전 설명을 시행하여 관계기관 의견 수렴
- 관계기관 협의 및 조치사항 취합 및 정리

· 사업승인전 필요한 절차인 관계기관 협의에 따른 조치계획의 작성을 위하여 인천시, 국토부 및 공항공사, 철도시설공단의 의견을 취합 검토하여 제출

나) 시범노선 설계/발주관련 대안입찰 추진일정 단축 검토 및 일정 관리

□ 관리개요 :

-도시형자기부상열차 시범노선 건설공사의 대안입찰 결정에 따라, 관련기관 협의(국토부, 한국건설교통기술평가원, 인천시, 인천국제공항공사) 및 사업단 내부 과제별 관련의견 수렴 및 3핵심과제 관리 활동을 통하여 연구기간 중 대안입찰 추진기간이 단축 될 수 있도록 추진

□ 관리대상 : 대안입찰 일정 계획

□ 관리경위 및 내용

※ 3차년도말에 대안입찰 방침 결정이후 4차년도 까지 업무가 연속하여 진행되어 3차년도 진행내용도 참고로 수록.

(3차년도)

- ‘09.04.07 : 시범노선 건설공사 추진방안 알림 [건교평→사업단, 공단]

· 노반/궤도, 건축, 검수분야 건설공사에 대해 대안입찰로 추진

※ 대안입찰은 운영위 1차 심의시 제기된 발주방법의 문제점 해결 방안임

- ‘09.04.10 : 건설공사 추진방안(대안추진) 관련 질의 및 검토의견 제출 [공단→사업단]

· 대안 사유 및 근거, 대안의 범위, R&D결과 대안 포함여부, 전기분야 추

진방안 등

· 대안으로 추진은 사업일정 등 문제점이 많아 실익이 없음

- '09.04.15 : 시범노선 발주방안 검토 소위원회 개최 (건교평)

· 대안입찰 범위 및 중심위 : 대안입찰 적합 의견 우세, 중심위 통과는 발주처의 의지에 달려 있으므로 철도공단과 협의

· 대안입찰 기간 : 60일~100일 의견 우세

· 배점 : 기술력이 평가의 주요소가 되도록 배점조정

- '09.04.23 : 건설공사 입찰방법 검토 회의 개최 (건교평)

· 철도공단 : 대안입찰 바람직 하지 않음. 기타공사 추진(공단에서 수행가능한 대안입찰 기간 4.28까지 제시)

· 건교평, 사업단 : 전체대안 및 대안입찰 소요기간 최소 단축 요청 (금년내 발주 가능하도록 추진)

※ 일단 건교평 방침이 결정되었으므로 관련절차(집행기본계획서 작성 등) 우선 준비 제안하였으나 철도공단 반대

- '09.04.28 : 대안입찰 관련 공단의견 및 기간제시(철도공단)

· 대안입찰 소요기간 : 약 16개월 소요 하는 것으로 검토
(입찰안내서 작성·심의 90일, 대안설계 240일, 설계 심의·평가 50일)

· 대안입찰 : 전체 대안입찰로 추진
(임의변경 금지 : 평면·종단 선형(101~103은 가능), R&D 연구성과(레일 및 분기기), 정거장 중심위치 5m 이내 변경 가능 및 승강장 길이)

- '09.05.12 : 대안입찰 관련 회의 시행(건교평·사업단·철도공단)

· 교통2실-203('09.5.7) [건교평→사업단, 공단] : 4.28일 공단에서 제시한 대안입찰 추진곤란 사유 중 입찰 추가소요기간 16개월에 대한 설명 및 업무진행을 위한 요구사항 협의

· 대형공사 입찰방법 심의 : 건교평에서 통과 지원 (철도공단 요구사항)

· 입찰안내서 작성 및 보완 : 4개월 요구 (철도공단 요구사항)

· 입찰안내서 심의 및 대안설계 심의·평가 : 건교평 시행 (철도공단 요구사항)

· 사업기간 : 건설공사30개월 + 시운전 12개월 + 대안입찰 소요기간 요구(16개월)

· 사업단 해체후 공사관련 사후 처리 건교평 방침 요구

※ 회의결과 : 사업단은 관련절차 우선추진 요구하였으나, 공단은 요구사항

에 대한 협의 완료후 관련절차 추진가능함

- '09.05.19 : 대안입찰 추진요청 공문 시행 [사업단→공단,건교평]

※ 5.12일 회의이후 사업단장과 공단측 접촉, 일단 방침에 따라 입찰안내서 등 관련절차 이행에 착수하기로 함에 필요한 공단의 요구사항을 문서로 시행

· 도시형자기부상열차실용화사업단-663('09.5.19) [사업단→공단]
· 도시형자기부상열차실용화사업단-662('09.5.19) [사업단→건교평]
· 교통2실-230('09.6.4) [건교평→사업단, 공단]
· 대형공사 입찰방법 심의 : 건교평에서 통과 지원
· 입찰안내서 작성 및 보완 : 3개월 이내 완료(철도공단 요구사항 조정)
· 입찰안내서 심의 및 대안설계 심의·평가 : 건교평 시행 (철도공단 요구안 수용)
· 대안입찰 범위 : 전체대안으로 추진 및 임의변경 금지항목은 협의 결정
· 공사착수일 조정 : 2단계 협약시 조정 및 사업기간은 추후 사유발생시 검토 처리(건교평에 건의)
· 사업단 해체후 공사관련 사후 처리 : 협약서에 따라 관리(건교평 의견)

(4차년도)

- '09.07.08 : 대안입찰 공고전 사전 결정 필요사항 검토회의 시행

※ 공단 협의 요구 사항 관련회의 : 자기부상철도TF-1179('09. 7. 3)

· 대안설계기간 : 건설공사 30개월 시운전 12개월로 하되 입찰결과에 따라 최종 결정
· 대안설계기간 : 90일로 하되 입찰안내서 심의시 결정
· 설계기준 최종안 정리 : 사업단에서 7.15까지 정리하여 제시
· 임의변경 금지항목 : 평면선형 (101~102정거장 구간 재검토)
· R&D 연구결과 : 레일, 분기기, 급속시공구간
· 입찰안내서(안)은 최소한 '09.7.20까지 제출요망(건교평 교통2실장)

※ 회의결과 공문시행 :

· 도시형자기부상열차실용화사업단-917('09.7.14) [사업단→공단]
· 도시형자기부상열차실용화사업단-918('09.7.14) [사업단→건교평]

- '09.07.15 : 대안입찰 추진관련 추가 요청

※ 자기부상철도TF-1271('09. 7. 15) [공단→사업단]

· 102정거장 위치이동 여부

· 시서스 분기기 선로중심간격(6.0m) 변경여부 및 연구과제 포함여부
· 용지 및 지장물에 대한 대안설계보다 증가할 경우 부담 주체
· 급속시공구간 처리방안 등

- '09.07.16 : 대안입찰 추진관련 추가 요청 사항에 대한 회신

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-932('09.7.16) [사업단→공단]

· 102 정거장 위치 및 시서스 분기기 선로중심간격 6.0m 변경 여부 → 선정기간과 협의 진행중으로 공란으로 작성후 건교평 검토 및 심의시 작성으로 처리
· 시서스 분기기 연구과제 포함여부 → 3-2연구과제 포함
· 용지 및 지장물 → 선정기관 협의후 추후 내용 추가 가능
· 급속시공구간 → 당초 기타공사 발주용 설계도서 내용으로 추진

- '09.07.21 : 대안입찰 설계기준 관련 추가 협의 요청

※ 자기부상철도TF-1296('09. 7. 21) [공단→사업단]

· 2핵심 상부궤도 요구조건 설계기준 제시 여부
· 완화곡선의 종류 및 곡선사이 직선거리등 상충 부분 적용기준
· 사업단에서 7.16 제공한 설계기준 조정결과 근거 제시 요구

- '09.07.22 : 대안입찰 추진관련 재협의 요청

※ 자기부상철도TF-1305('09. 7. 22) [공단→사업단]

· 7.16 사업단 회신공문에 대한 반론 제기

- '09.07.23 : 대안입찰 설계기준 관련 추가 협의 요청에 대한 회신

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-961('09.7.23) [사업단→공단]

· 기 협의 완료된 내용 및 공단에서 판단하여 수행 가능한 내용임(관련내용첨부하여 회신)

- '09.07.27 : 공단 대안입찰 추진관련 재협의 요청에 대한 회신

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-967('09.7.27) [사업단→공단]

· 7.22 공문으로 요청한 반론에 대한 회신 시행

- '09.07.30 : 시범노선 건설관련 회의(국토부;광역도시철도과)

· 입찰안내서 작성 : 8.7까지 초안 완료하여 사업단 송부
· 인허가 : 공단에서 전문업체 용역 시행하여 인천시에 자료제출

- '09.08.05 : 대안입찰 추진관련 재협의 회신

※ 자기부상철도TF-1368('09. 8. 5) [공단→사업단]

· 7.27 사업단 회신공문에 대한 반론 제기

· 국토부 회의결과 조치 : 입찰안내서(초안) 중심위 결정 이후 제출

- '09.08.12 : 대안입찰 추진관련 주요검토의견에 대한 회신

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-1033('09.8.12) [사업단→공단]

· 공단의 8.5 공문에 대한 회신

· 선정기관 의견 조회 결과에 따른 건교평 지침 : 102정거장, 시서스 분기기 선로중심간격은 변경가능하며, 용지 및 지장물 추가비용은 선정기관 부담

- '09.08.14 : 자기부상열차 실용화사업 시범노선 추진점검회의(1차)

※ 광역도시철도과-917('09. 8. 18) [국토부→건교평,사업단,공단]

· 주재 : 국토해양부 철도정책관

· 전체 사업 완수를 위해 관계기관간 적극협조하여 가능한 일정 단축

· '09.8.21 일정조정을 위한 2차 회의 시행

- '09.08.18 : 중앙건설기술심의 대형공사 입찰방법 심의완료

· '09.8.18 입찰방법 심의

· '09.8.19 국토해양부 공고 제2009-771호로 대안입찰 공고

· '09.8.21 대안입찰 방법 심의결과 송부 [국토부→공단]

- '09.08.21 : 시범노선 추진점검회의 회의(2차)

※ 광역도시철도과-1007('09. 8. 26) [국토부→건교평,사업단]

· 회의결과 : 시범노선 추진일정을 2010.2.1 착수 준수하도록 관계기관간 협조하여 추진하되, 일정변경이 불가피한 경우 즉시 보고

· 시범노선 계약관련 주요사항에 대하여 운영위원회의 검토 및 합의를 거쳐 추진되도록 협조

- '09.08.24~25 : 입찰안내서 검토회의

· 시범노선 건설공사 대안입찰안내서(안)에 대하여 관계기관 의견수렴 및 검토

- '09.08.26 : 시범노선 대안입찰 검토결과 송부

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-1098('09. 8. 26) [사업단→공단]

· 입찰안내서(안) 관계기관 합동 검토 결과 및 수정안 송부

- '09.09.02 : 시범노선 대안입찰안내서(안) 심의

· 장소 : 한국건설교통기술평가원

- '09.09.07 : 대안입찰안내서(안) 보완을 위한 최종 검토회의

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-1180('09. 9. 08) [사업단→공단]

· 대안입찰안내서(안) 심의결과 조치 계획 및 보완내용 검토
· 평가세부내용 및 배점 통보
- '09.09.11 : 시범노선 건설공사 입찰공고

□ 관리성과

○ 대안입찰에 따른 기간 단축을 위한 활동을 통하여 2009년 발주가능하게 조정
- 사업기간 단축 조정 : 3핵심에서 제시한 16개월을 8개월 내로 관련 행정절차 이행되도록 조정
- 설계기준 : 대안입찰에 적용될 최종 설계기준 조정 및 제시
- 대안입찰에 따른 설계기준서 취합 정리하여 3핵심에 제시하여 연구결과를 반영한 설계가 진행되도록 관리

○ 입찰방법심의 기간 단축을 위해 국부 관계부처 방문협의 및 중앙건설기술심의자료 제시하여 대안입찰로 결정되도록 관리
- 국토해양부 중앙건설기술심의에 입찰방법심의 지원 : 입찰방법심의 자료 작성 및 건교평, 국토부 기술심사과 내용 협의
- 중앙건설기술심의 지원 : 발표자료 작성 및 국토부 내용 협의

다) 시범노선 대안입찰안내서(안) 심의 지원 및 최종검토회의 주관

□ 관리개요 :
- 대안입찰검토회의 결과 제시된 대안입찰 안내서에 대한 대안입찰안내서 심의(건교평 주관)를 위한 지원업무 수행
- 심의결과 지적사항에 대한 검토 및 사업단 주관으로 건교평, 3핵심(철도시설공단)과 조치계획 작성하여 최종 입찰안내서 수정안 제시
- 평가세부내용 및 배점 작성 지원(건교평 주관)

□ 관리대상 : 대안입찰 입찰안내서 인터페이스 및 심의의견

□ 관리경위 및 주요내용
- '09.09.02 : 시범노선 입찰안내서 심의 [건교평]
- '09.09.04 : 입찰안내서 심의결과 송부 [건교평 → 사업단]

※ 교통2실-411('09. 9. 4)
· 심의결과 반영을 위한 시범노선 건설공사 대안입찰안내서 보완회의 시행 요청
- '09.09.07 : 대안입찰안내서(안) 보완을 위한 최종 검토회의
- '09.09.08 : 대안입찰안내서(안) 보완을 위한 최종 검토회의 결과 송부

※ 도시형자기부상열차실용화사업단-1180('09. 9. 8) [사업단→공단]

· 대안입찰안내서 심의결과 조치계획을 3핵심(철도공단)으로 송부하여 발주가능하도록 조치

□ 관리성과

○ 대안입찰안내서(안) 심의의견 검토

- 입찰안내서심의 참석 및 심의위원 검토에 대한 답변시행
- 대안입찰 안내서 심의 조치계획 작성 및 최종검토

· 참석자 : 전문기관(건교평), 사업단, 철도시설공단 등 9명

· 일시 및 장소 : '09.9.7 , 한국기계연구원 간부회의실

- 최종 검토회의 결과 :

· 심의위원 심의의견에 대한 조치계획 협의 작성

· 분야별 배점 작성

○ 회의결과 후속조치

- 철도시설공단 송부 및 대안발주시 입찰안내서로 제시
- 분야별 배점에 의하여 낙찰자 선정에 활용

2) 기계연 시험선 개보수 및 시험 지원

□ 관리개요

- 기계연 시험선 선로 및 시험선 보수과제 (교과부) 지원
- 연구사업 결과물의 적용/시험/평가 협조체계 구축 및 지원

□ 시험선로 개보수 관련

□ 시험선 3-1과제 연구개발 결과물 관리

○ 시험선 상부궤도 열변형에 따른 관리

□ 시험선 전차선 Expansion joint 소음 측정 및 관리

○ 보수 전 통과시 최대 측정 소음 3회 측정[평균 91.8dB(A)]

(측정일시 : '10. 4.19 17:30)

1회 측정 [90.9 dB(A)]	

2회 측정 [91.5 dB(A)]	
3회 측정 [93 dB(A)]	

○ 보수 후 통과시 최대 측정 소음 2회 측정[평균 86.1dB(A)]

(측정일시 : '10. 4.22 11:30)

1회 측정 [86.2 dB(A)]	
2회 측정 [85.9 dB(A)]	

다. VR기반 시범노선 주행 시뮬레이터 개발

(1) 시범노선지역 건축구조물 DMU 개선

(가) 개요

- 본 사업의 1단계에서는 시범노선 지역으로 선정된 인천국제공항 및 영종도 지역에 대한 지형모델을 구축하였고, 개념설계에 기반한 선로와 역사 모델링을 수행하였다. 본 사업의 2단계에서는 자기부상열차 선로와 역사에 대한 상세 설계가 완료되었으며, 이를 기반으로 시범노선지역의 건축구조물, 특히 선로와 역사에 대한 상세 VR 모델링을 수행하여, 노선주행 시뮬레이터에서의 사실성을 높이고자 하였다.

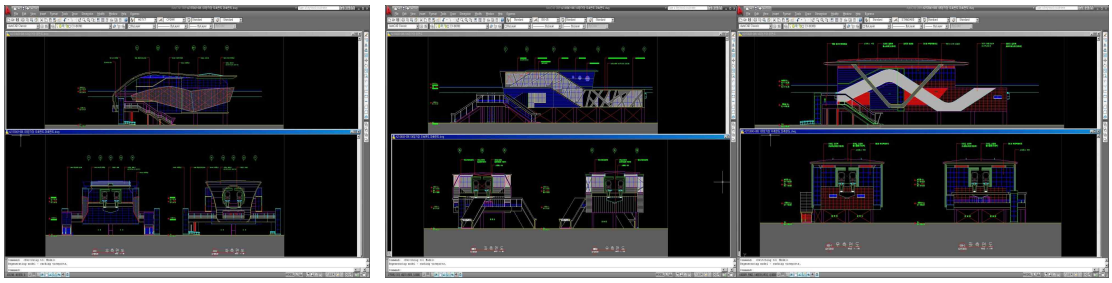
(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 시범노선지역 건축구조물 DMU 개선													
상세설계 도면 및 자료 확보 (역사)	계획	■	■	■	■								
	수행	■	■	■	■								
DMU 모델 개발 (역사)	계획					■	■	■	■	■			
	수행				■	■	■	■	■	■			
상세설계 도면 및 자료 확보 (선로)	계획	■	■	■	■								
	수행	■	■	■	■								
DMU 모델 개발 (선로)	계획										■	■	■
	수행										■	■	■
목표 달성율		100%											

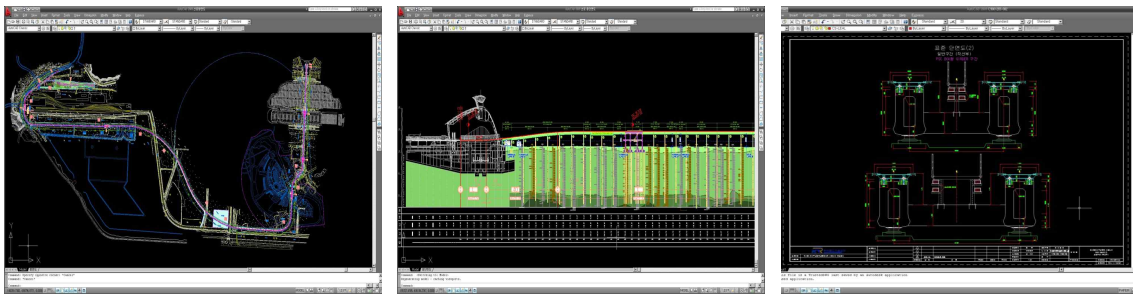
(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 먼저, [그림 131]과 같이 선로와 역사에 대한 실시설계 2D CAD 도면 및 조감도를 확보하고 이를 분석하였다. 총 6.1Km 구간의 시범노선에 대한 평면도 및 단면도를 기반으로 [그림 2]의 (a)와 같이 3DS MAX를 이용한 선로 모델링을 수행하였다. 단면도를 바탕으로 로프트(Loft) 기능을 활용하여 궤도 건축물 및 레일을 생성하였으며, 스페이싱(Spacing) 기능을 활용하여 일정한 간격에 따라 교각을 배치하였다. 또한, 최종 설계가 완료된 102~106 역사에 대해서도 [그림 132]의 (b)와 같이 역사 외부 및 내부 일부분에 대한 상세 모델링을 수행하였다. 101역사를 제외한 모든 역사에 대해 스크린도어를 추가하여 열차의 운행 시뮬레이션을 보다 실감있게 수행할 수 있도록 하였다. 또한 VR 시뮬레이터의 기본적인 네비게이션 기능을 통해 승객 진입과 개찰구 통과 및 플랫폼 대기 등을 모

사할 수 있도록 하였다.



(a) 2D AutoCAD 도면 (102~105역사)

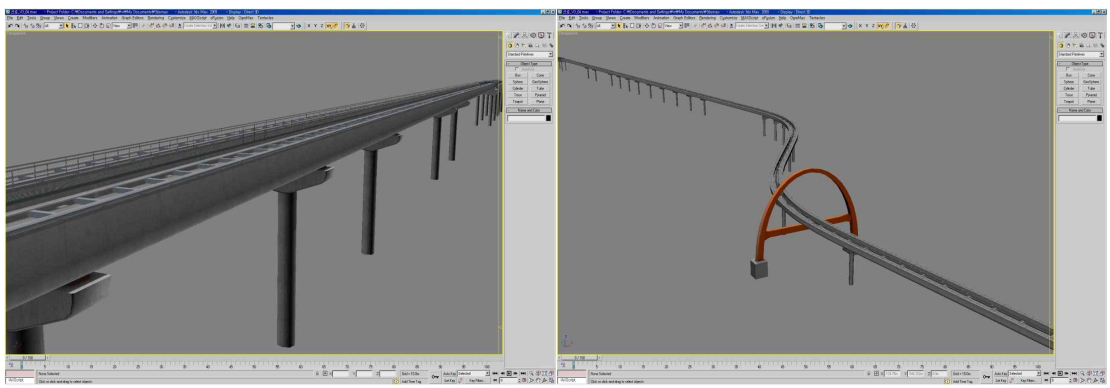


(b) 2D AutoCAD 도면 (선로 및 선로구조물)

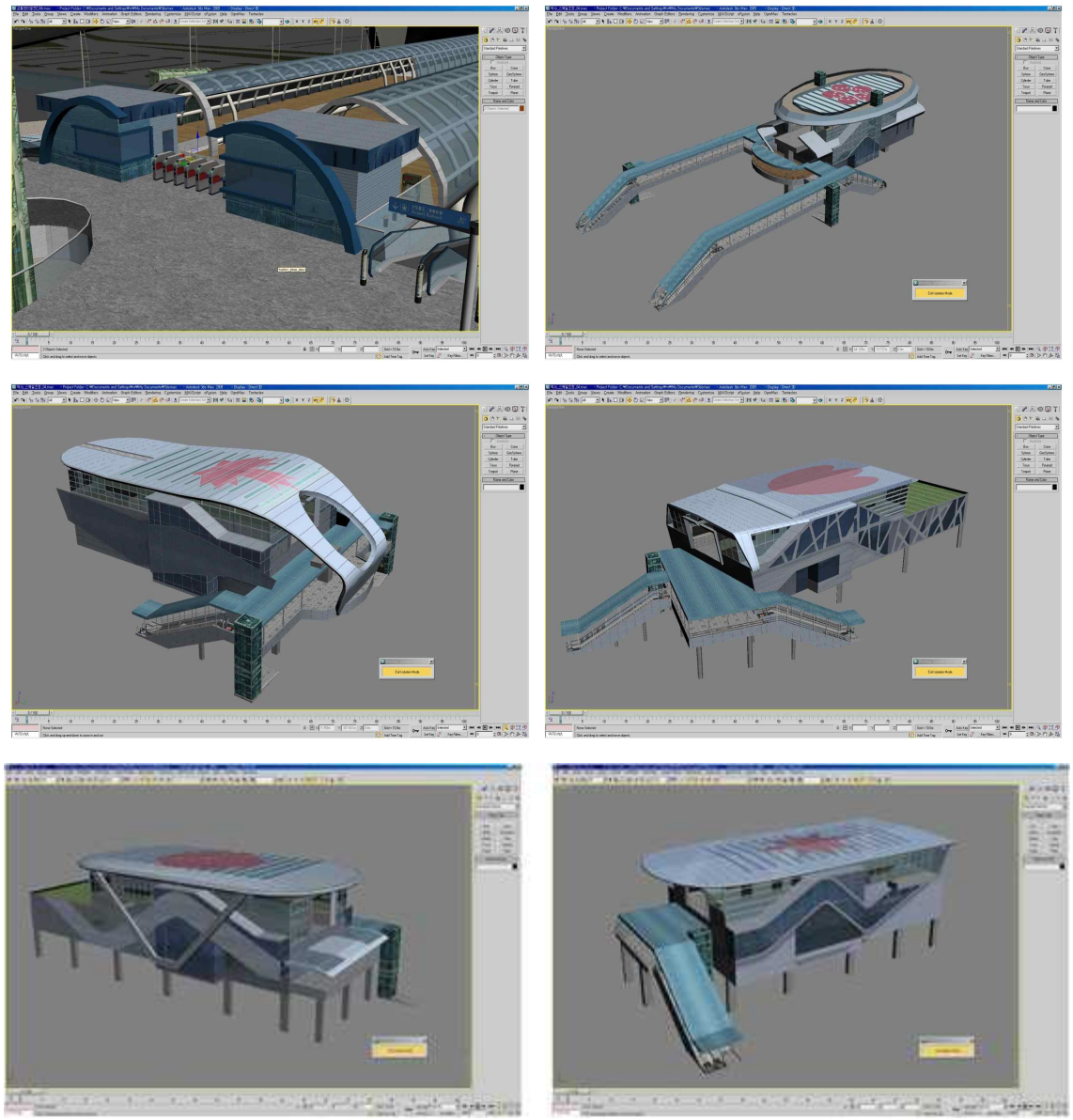


(c) 역사 조감도 (102~105역사)

[그림 131]시범노선지역 자료수집 및 분석



(a) 시범선로 3DS MAX 모델



(b) 101~106 역사 3DS MAX 모델

[그림 132]시범노선 지역 건축구조물 DMU 모델

- 시범노선 건축구조물 DMU 개선을 통해 상세설계에 기반한 역사 및 선로구조물에 대한 DMU를 확보하였으며, 이를 VR용 모델로 변환하여 노선주행 시뮬레이터에 반영하였다. 결과적으로 실제 운행될 노선에 대한 사실성을 향상할 수 있었고, 다양한 사전검증 작업을 지원할 수 있었다.

(2) 차량 및 대차 DMU 개선

(가) 개요

- 1단계에서 개발된 자기부상열차 차량 및 대차 DMU에 대해 상세 설계에

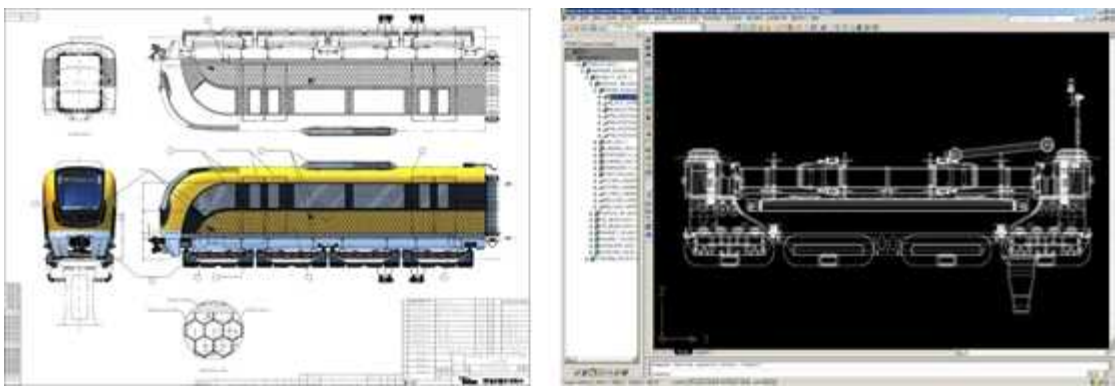
기반한 추가적인 DMU 개선 작업을 수행하였다. 커플러, 공조기, 집전기 등의 추가적인 모델링을 수행하였으며, 차량에 대한 렌더링 품질향상을 위해 DMU 정밀도 향상 작업도 수행하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2. 차량 및 대차 DMU 개선													
상세 도면 확보 (차량 및 대차)	계획												
	수행												
DMU 추가모델 개발 (커플러, 공조기, 집전기 등)	계획												
	수행												
DMU 정밀도 향상	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 먼저 [그림 133]과 같이 차량 및 대차 외형부분에 대한 상세 2D 도면을 확보하였으며, 이를 기반으로 본 사업의 1단계에서 모델링된 차량 및 대차 모델을 부분적으로 개선하였다. 차량 전면부의 커플러와 차량 상부의 공조 시스템부에 대한 개선 작업을 수행하였으며, 전면의 곡면 유리부에 대해 좀더 세밀한 폴리곤화를 수행하여 정밀도를 향상하였다. 또한 실내의 경우, 재질 및 광원의 세부 설정사항을 변경하여 좀더 현실감있는 텍스쳐링을 수행하였다. 대차의 경우도 마찬가지로 좀더 세밀한 폴리곤화를 수행하였고, 고해상도 기반의 Render-To-Texture를 통해 사실감을 향상하였다. 또한, 전차선과 접지하는 장치에 대해서도 상세 설계에 기반한 정밀 모델링을 수행하였다. [그림 134]는 최종적으로 개선된 자기부상열차 차량 및 대차 DMU 모델을 보여주고 있다.



[그림 133] 자기부상열차 차량 및 대차 상세 도면



[그림 134]자기부상열차 차량 및 대차 DMU 모델

(라) 결과

- 개선된 차량 및 대차 DMU모델을 VR모델로 변환하여 노선주행 시뮬레이터에 반영하였다. 이로써 좀더 사실적이고 고품질의 가시화 결과물을 얻을 수 있었다. [그림 135]는 개선된 DMU 모델에 대한 시범노선지역에서의 렌더링 이미지를 보여준다.



[그림 135]자기부상열차 렌더링 이미지

(3) VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발(I)

(가) 개요

- 본 사업의 1단계에서 개발된 VR 시뮬레이터는 조이스틱 등의 입력을 바탕으로 자기부상열차를 직접 수동 운전할 수 있는 기능이 구현되어 있다. 하지만 자기부상열차는 기본적으로 무인운전으로 운행되기 때문에, VR 기반 노선 주행 시뮬레이터에서도 이를 반영한 자동 운행 모듈이 필수적이다. 즉, 열차의 출발과 도착, 가속과 감속, 승객 승하차를 위한 출입문 개폐 및 대기과정 등이 정해진 시나리오에 의해 자동으로 수행될 수 있는 시뮬레이션 모듈을 개발하기 위해 가속력, 감속력 등의 기본적인 차량성능을 바탕으로 각 역사를 자동으로 순항할 수 있도록 자기부상열차 운행제어 모듈을 설계하였다.

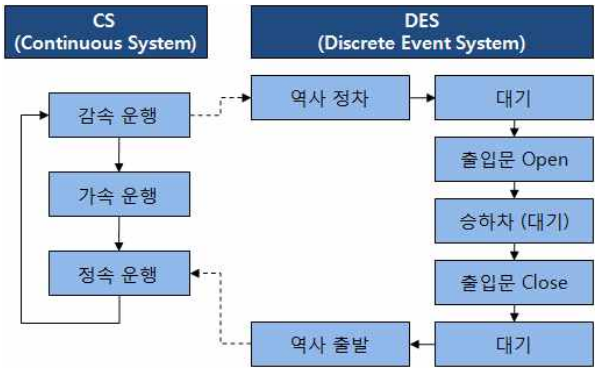
(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3. VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발 (I)													
운행 시스템 및 시나리오 분석	계획												
	수행												
자동운행 개념 모델링	계획												
	수행												
열차주행 연속시스템 모델링	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

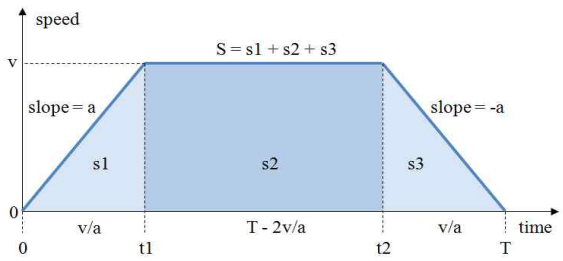
- 먼저, 자기부상열차 차량의 운행과 역사 정차 후 일어나는 과정에 대해 분석하였다. 차량 운행의 경우, 기본적인 동적 성능과 신호제어를 바탕으로 가감속을 진행하는 연속 시스템(CS, Continous System)으로 모델링될 수 있다. 또한, 역사에 정차하여 승객 승하차를 위한 일련의 프로세스들은 각각의 할당된 시간 진행에 따라 이벤트가 발생하게 되는 이산 사건 시스템(DES, Discrete Event System)으로 모델링될 수 있다. [그림 136]은 이러한 자동운행 과정을 CS와 DES로 분리하여 개념적으로 모델링한 결과를 보여주고 있다. 즉, CS에서는 주어진 차량 제어 전략에 따라 가감속을 병행하며 선로상의 이동거리를 계산해 주게 되며, 차량이 역사에 진입하여 정차하고 출발하는 신호를 발생시켜 준다. 이

신호(이벤트)를 받게되는 DES에서는 각 단계별로 미리 할당된 시간에 따라 시간진행을 시키며 후속 이벤트를 차례로 발생시키게 된다. 마지막으로 역사출발 이벤트가 발생 되었을 경우, 차량은 다시 CS에 의해 주어진 궤도를 움직이게 된다.



[그림 136]차량 자동 운행 과정의 개념 모델

- 또한, 각 역사간의 거리를 바탕으로 가감속을 통해 이루어지는 속도 프로파일을 생성해기 위해 [그림 137]과 같이 간단한 등가속운동을 모사하는 연속시스템의 운동 방적식을 도출하여 활용하였다. 이 방정식을 이용하면 VR 시뮬레이터의 매 갱신주기마다 열차의 위치를 획득하고 이를 통해 자동운행을 시뮬레이션 할 수 있다. 즉, 주어진 제한조건(역사간의 거리, 최고속도 등)을 바탕으로 가속영역, 정속영역, 감속영역에 따른 면적 조건을 계산하는 방식에 의해, 시간진행에 따른 속도 프로파일을 생성하여, VR 시뮬레이터와 연동할 수 있도록 설계하였다.



d : maglev's running distance
s1 = s3 = v^2 / 2a
s2 = vT – $2v^2$/a
(1) Acceleration Segment (0 < t < t1) : d = at^2 / 2
(2) Constant Speed Segment (t1 < t < t2) : d = s1 + v(t - t1)
(3) Deceleration Segment (t2 < t < T) : d = S- a(T - t)^2 / 2

a : maglev's acceleration	t1 = v/a
v : maglev's maximum speed	t2 = T – v/a
T : time between stations	v(T – 2v/a) + v(v/a) = S
S : distance between stations	v^2 - aTv + aS = 0
	v = (aT - sqrt(a^2T^2 – 4aS)) / 2

[그림 137]열차 주행 연속 운동 방정식

(라) 결과

- 자기부상열차의 자동운행을 모사하기 위한 자동운행 모듈을 설계하였다. 또한 열차주행 연속 시스템을 모델링하여 주어진 궤도상에서의 차량위치를 실시간으로 얻을 수 있는 방정식을 도출하였으며, 이를 토대로 5차년도에서는 전체적인 자동운행모듈을 구현하고 이를 VR 시뮬레이터 시스템과 통합하였다.

5. 5차년도 세부연구내용

가. 도시형자기부상열차 실용화사업 평가 및 계약 총괄

가-1. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 5차년도 계약총괄

(1) 도시형 자기부상열차 실용화 사업 5차년도 계약총괄

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 2단계 4차년도 연차평가 결과에 따라 각 핵심/세부과제별 연구개발 연차실적 보완 부분을 검토하고, 사업제안요구서(RFP)에 부합한 5차년도 계획서의 적절성 여부를 검토한 후 1, 2, 3 핵심과제와 협약 체결

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

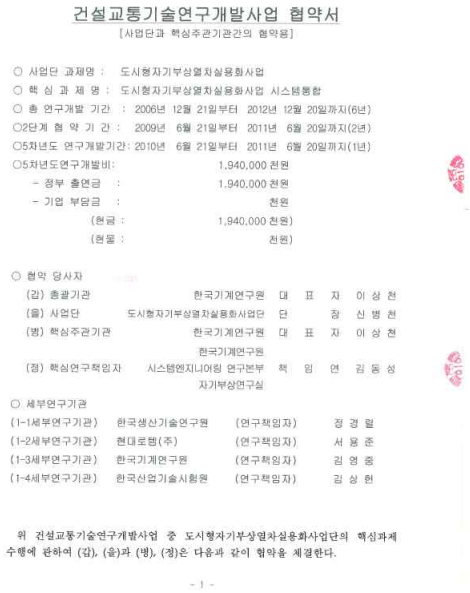
연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
5차년도 계약총괄	----												협약 등 11건
- 4차년도 실적보고서 및 5차년도 계획서 검토	· '10. 6. 21～'10. 7. 20 (1건)												각 핵심과제 조견표 1식
- 1핵심 5차년도 협약	· '10. 7. 19 1핵심 협약서(5건)												1핵심 협약서
- 2핵심 5차년도 협약	· '10. 7. 29 2핵심 협약서(3건)												2핵심 협약서
- 3핵심 5차년도 협약	· '10. 7. 20 3핵심 협약서(2건)												3핵심 협약서
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 2단계 단계평가 결과를 반영한 4차년도 실적 및 5차년도 연구개발 계획서 보완내용들을 체계적으로 관리하기 위해 사업단에서 작성한 세부과제별 평가위원의견 조치결과 조견표를 배포하고 평가위원들의 전문가의견에 따라 수정 조치한 결과를 실적 및 계획서에 반영한 여부 검토 확인

(라) 결과

- 각 핵심/세부과제 5차년도 계획서 검토 후 2단계(5차년도) 협약 실시 완료



건설교통기술연구개발사업 협약서

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업
○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차실용화사업 시스템통합
○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2012년 12월 20일까지(6년)
○2단계 협 약 기 간 : 2009년 6월 21일부터 2011년 6월 20일까지(2년)
○5차년도 연구개발기간: 2010년 6월 21일부터 2011년 6월 20일까지(1년)
○5차년도연구개발비: 1,940,000 천원
- 정부 출연금 : 1,940,000 천원
- 기업 부담금 : 천원
(현금 : 1,940,000 천원)
(현물 : 천원)

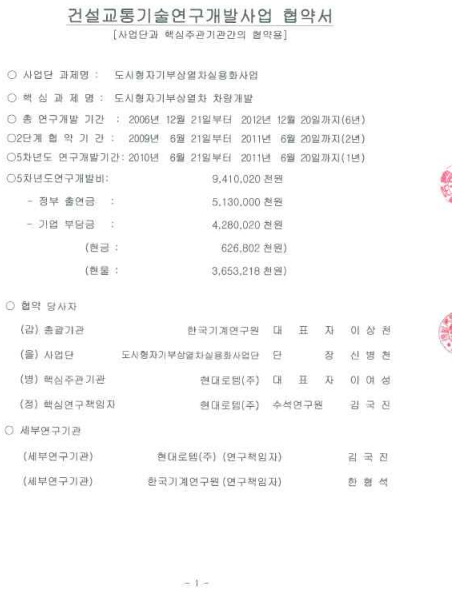
○ 협약 당사자
(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천
(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천
(병) 핵심주관기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천
(정) 핵심연구책임자 한국기계연구원 시스템엔지니어링 연구본부 책 임 연 구 원 김 동 성

○ 세부연구기관
(1-1세부연구기관) 한국생산기술연구원 (연구책임자) 정 경 렬
(1-2세부연구기관) 현대로템(주) (연구책임자) 서 용 준
(1-3세부연구기관) 한국기계연구원 (연구책임자) 김 영 중
(1-4세부연구기관) 한국산업기술시험원 (연구책임자) 김 상 현

위 건설교통기술연구개발사업 중 도시형자기부상열차실용화사업단의 핵심과제 수행에 관하여 (갑), (을)과 (병), (정)은 다음과 같이 협약을 체결한다.

- 1 -

<사업단-1핵심 협약서>



건설교통기술연구개발사업 협약서

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

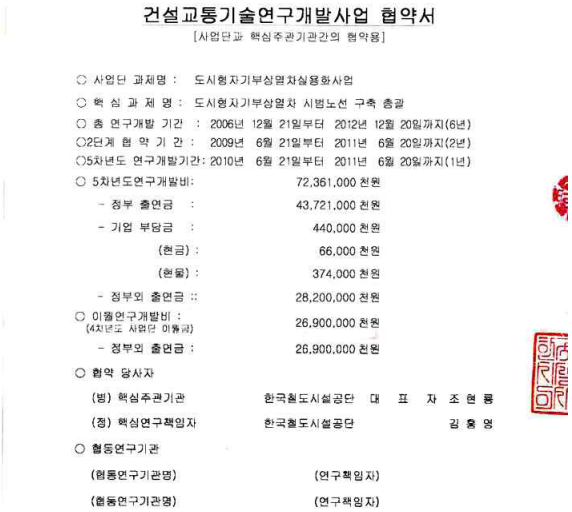
○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업
○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 차량개발
○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2012년 12월 20일까지(6년)
○2단계 협 약 기 간 : 2009년 6월 21일부터 2011년 6월 20일까지(2년)
○5차년도 연구개발기간: 2010년 6월 21일부터 2011년 6월 20일까지(1년)
○5차년도연구개발비: 9,410,020 천원
- 정부 출연금 : 5,130,000 천원
- 기업 부담금 : 4,280,020 천원
(현금 : 626,802 천원)
(현물 : 3,653,218 천원)

○ 협약 당사자
(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천
(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천
(병) 핵심주관기관 현대로템(주) 대 표 자 이 여 성
(정) 핵심연구책임자 현대로템(주) 수석연구원 김 국 진

○ 세부연구기관
(세부연구기관) 현대로템(주) (연구책임자) 김 국 진
(세부연구기관) 한국기계연구원 (연구책임자) 한 형 석

- 1 -

<사업단-2핵심 협약서>



건설교통기술연구개발사업 협약서

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업
○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 시범노선 구축 총괄
○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2012년 12월 20일까지(6년)
○2단계 협 약 기 간 : 2009년 6월 21일부터 2011년 6월 20일까지(2년)
○5차년도 연구개발기간: 2010년 6월 21일부터 2011년 6월 20일까지(1년)
○ 5차년도연구개발비: 72,361,000 천원
- 정부 출연금 : 43,721,000 천원
- 기업 부담금 : 440,000 천원
(현금) : 66,000 천원
(현물) : 374,000 천원
- 정부외 출연금 :: 28,200,000 천원
○ 이월연구개발비 : (4차년도 사업단 이월금) 26,900,000 천원
- 정부외 출연금 : 26,900,000 천원

○ 협약 당사자
(빙) 핵심주관기관 한국철도시설공단 대 표 자 조 현 용
(정) 핵심연구책임자 한국철도시설공단 김 홍 영

○ 협동연구기관
(협동연구기관명) (연구책임자)
(협동연구기관명) (연구책임자)

- 1 -

<사업단-3핵심 협약서>

가-2 2단계 연구결과 평가 준비 총괄

(1) 2단계 연구결과 평가 준비 총괄

(가) 개요

- 2단계(4, 5차년도)의 성과목표 달성도 및 3단계(6, 7차년도)계획의 적정성을 판단하기 위하여 외부전문가를 평가위원으로 위촉하여 사업단 주관의 핵심/세부과제 자체평가 실시

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
2단계 연구결과 평가 준비 총괄										----			3건
- 사업단 자체평가	・자체평가 개최 준비(1건) ・'11.4.27 자체평가(1건) ・'자체평가 결과보고(1건)												자체평가 관련 문서 (3건)
목표 달성율	100%												

(다) 자체평가 수행내역 및 결과

- 도시형자기부상열차 2단계 자체평가 실시('11.4.27 <10:00~18:00>, 철도시설공단회의실)
- 외부 평가위원과 내부평가위원을 위촉하여 각 핵심/세부과제별 2단계(4, 5차년도)의 성과목표 달성도의 적정성 및 3단계(6, 7차년도)계획에 대한 타당성에 대한 종합적인 평가 수행

(라) 결과물

- 2단계(4,5차년도)실적 및 3단계(6, 7차년도)계획 자체평가 계획과 평가위원 위촉 문서
- 2단계 자체평가에 따른 과제 계획서 및 실적서 관리 검토
- 2단계 자체평가 보고

나. 도시형 자기부상열차 실용화사업 총괄관리

나-1. 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회

(1) 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회

(가) 개요 :

- 국토해양부 및 전문기관(건교평) 사업담당자들과 사업에 참여하는 연구자들이 객관적인 입장에 세부과제 연구진행 현황을 검토하며 개선 및 보완을 할 수 있는 기회를 마련하기 위한 중간성과보고회 개최
- 5차년도 핵심/세부과제별 연구성과 중간점검
- 2단계(4, 5차년도) 단계보고서의 성과목표 달성도 검토 및 3단계(6, 7차년도)계획의 적정성 여부 등에 대한 검토 수행
- 효율적인 사업운영을 위해 일정 변경 등에 따른 RFP(안)에 대한 변경 등 운영위원회 안건 작성 제시

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회						----							1건
- 5차년도 중간성과발표회	·'10.12.15~16 중간성과 발표회 ·중간성과 발표회 결과보고												1건
목표 달성율	100%												

(다) 연구수행내역 및 결과

1) 중간성과 발표회

□ 중간성과 발표회 주요내용

- 2010. 12. 15(수) ~ 16(목) (2일간) 한국기계연구원 대회의실에서 중간성과 발표회 개최
- 한국건설교통기술평가원 교통사업본부장 및 담당자와 사업단, 핵심/세부과제책임자 등 총 50명이 참석
- 사업목표/실적, 향후 추진일정, 주요현안사항 및 대책 등을 검토하여 2단

계 단계평가 대비 5차년도 핵심/세부과제별 연구수행 현황에 대한 중간 성과 점검

- 핵심/세부과제간 인터페이스 검토 및 조정과 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 협동심 고취
- 핵심 및 세부 과제당 20분(발표15분, 질의응답 5분)진행하였으며, 핵심과제별 별도 종합질의 및 응답시간을 통해 핵심과제 및 세부과제 5차년도 연구 중간성과 등 발표.

□ 중간성과 발표회 결과

○ 중간성과 발표회 사진

<table>
<tr><td></td><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>사업단장 인사말</td><td>사업 2단계 평가 안내</td><td>중간성과 발표자료</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td></td></tr>
<tr><td>1핵심 책임자 발표</td><td>2핵심 책임자 발표</td><td>3핵심 책임자 발표</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>발표회 검토의견 제시</td><td>중간성과 발표회 총평</td><td>단체 기념 사진</td></tr>
</table>

2) 중간성과 결과보고

- 5차년도 중간성과 발표회를 통하여 각 과제별 계획서에 따른 당해연도 연구내용 수행현황 및 계획에 대한 점검
- 2 단계 단계평가 대비 주요연구 항목별로 명확한 실적 도출이 명시될 수 있도록 의견제시
- 사업일정에 따른 과제별 주요 인터페이스 사안에 대한 조정 및 협의

- 당해년도 연구목표 및 연구내용에 부합한 연구실적 도출 여부 검토
- 분기보고서를 통한 지속적인 연구 진행현황 파악
- 전체 사업일정에 따른 세부일정(시범노선 건설공정, 차량제작 일정, 기계연 시험선시험 일정, 세부과제 일정)등과 연계한 주요 연구성과 도출여부 확인

□ 5차년도 중간성과 발표회 질의 및 토의사항(주요사항)

○ 도시형자기부상열차의 국내 지자체 확산을 위하여 각 핵심 및 세부과제별로 적극적인 홍보활동 및 관련 정보공유 등의 노력하며, 2단계 단계평가 대비하여 건교평의 지침 등을 참조하여 우수한 평가결과가 나오도록 준비

○ 도시형자기부상열차실용화 사업은 국내 최초로 시행되는 사업임을 감안하여 시범노선 건설공사의 설계·시공 과정에서 도출된 문제 및 해결방안에 대한 종합적인 보고서의 작성

○ 분기기 통과속도 한계 및 적정속도 범위는 시험선에서의 시험운행을 통하여 검토되어야 할 것으로 판단되므로 시험방법을 검토하여 시행 바람

○ '11년 상반기은 5차년도를 마무리하고 3단계를 준비하는 시기로서 RFP 변경과정에서 사업기간 및 연구내용의 조정이 필요함

○ 이와 관련하여 사업단의 변경안을 '11년 1월경 취합하여 건교평에 의견을 제시할 예정이므로 각 핵심과제별로 조정 및 추가가 필요한 사항에 대한 의견 제시

○ Maglev 2011 준비관련 요청사항

- 논문발표 준비. (2011년 2월까지 초록 완료)
- 6차년도 계획에 학회 참가비를 포함하여 예산 수립 필요.

□ 결과물

- 5차년도 중간성과발표회 개최결과 보고자료

나-2. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

(1) 사업단장-핵심과제책임자 회의 개최

(가) 개요

- 5차년도 연구사업 진행중 발생하는 핵심 및 세부과제간 주요현안 및 인터페이스 미결 사항에 대하여 사업단이 주관으로 조정회의 진행

- 연구사업 일정을 고려한 진도 미진 과제에 대한 집중관리 및 주요 현안 사안에 대한 처리결과들이 확인 되도록 추적관리 시행
- 과제간 휴먼 인터페이스 의한 상호 협조체계가 구축 되도록 유도

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업단장-핵심과제책임자 회의 등 개최	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	총 7건
- 사업단장-핵심과제책임자 회의	・'10. 11. 24(22차) ・'11. 2. 23(23차)												회의결과 2건
- 5차년도 인터페이스 조정회의 제13차Workshop	・'10. 8. 19~20(제13차)												회의결과 및 발표자료 2건
- 종합시운전 관련회의	・'10. 7.08(1차) ・'10.12.01(2차) ・'11. 2.17(3차)												회의결과 3건
목표 달성율	100%												

(다) 회의개최 실적 및 결과

1) 사업단장-핵심과제책임자회의(2건)

가) 제22차 사업단장-핵심과제책임자 회의('10년 11월 24일)

□ 회의일시 : '10.11.24
□ 장 소 : 기계연 세미나실
□ 주요회의내용
- 도시형자기부상열차 설계사양 검토 및 조정
- 토목설계기준 마무리 작업 준비
- 한국건설교통기술평가원의 전산시스템에 통합진도관리 입력 필요

나) 제23차 사업단장-핵심과제책임자 회의('11년 2월 23일)

□ 회의일시 : '11. 2. 23
□ 장 소 : 기계연 간부회의실
□ 주요회의내용
- 3단계 RFP(안)이 3월말까지 건교평으로 송부완료 될 수 있도록 RFP 변경작업 진행.

- 시장진입전략계획을 3단계 RFP에 반영할 수 있도록 해당 사항 검토.
- 핵심과제 공정회의시 타 핵심과제 참석 요망.
- Maglev2011 학술대회 사업 참여과제들 적극 참가.
· 3단계 6차년 계획서에 Maglev2011 참가비 반영 요망
- 1핵심 1-3과제에서는 3월 초 부터 연속주행시험
· 연속주행시험(안) 관련회의 3월 3일(13:30-사업단회의실) 진행.
- 공사완료 후 토목설계기준(안) 중심위 통과 준비.

2) 5차년도 인터페이스 조정회의 & 제13차 Workshop(2건)

□ 회의일시 : '10. 8. 19 ~ 20 (2일간)
□ 장 소 : 다물평생교육원 (경남 산청군 단성면 운리)
□ 주요회의내용
○ 5차년도 핵심/세부과제별 연구계획 발표 및 토의
- 사업목표, 추진일정, 주요현안 및 대책 등
- 핵심/세부과제간 인터페이스 사항 발표
(전년도 미해결사항 포함)
○ 시범노선 구축분야 CDR 결과보고 및 검토
○ 자기부상열차 시험선 시험결과 발표
- 시제편성 시험선 시험결과 요약
- 시험선 주행에 따른 시험선 시설물 관련사항 검토
○ 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 조정

3) 종합시운전 관련회의 개최(3건)

- 사업단장이 주관하고 각 핵심과제가 참석하여 시범노선 건설공사 후 종합시운전에 관한 사항을 협의하는 회의 개최.
- 종합시운전 조직 및 구성원과 종합시운전 구성 및 책임에 관하여 그리고 사업일정과 연계된 세부계획에 대한 검토 등 준비작업 수행
- 1핵심에서 작성한 종합시운전 마스터플랜(안)을 바탕으로 각 핵심별 업무범위와 상호 인터페이스 부분에 관한 협의 도출.

가) 회의 주요관리 내용 및 결과

① '10년 7월 8일 종합시운전 관련 1차 회의
□ 회의결과
○ 종합시운전 T/F 조직은 사업단, 1-0, 1-3, 2-0, 3-0과제로 구성하고, 내

부에 세분화된 팀을 조직하지 않고 종합시운전 T/F팀으로 통합 구성.

○ 종합시운전 T/F팀의 역할은 종합시운전에 필요한 시험이 원활히 이루어질 수 있도록 주요일정을 확인하고 I/F 조정하는 것임. 종합시운전 T/F팀의 역할에 대해 상호 미묘한 사항이 있는 만큼 T/F 팀의 역할과 책임에 대한 각 핵심별 의견을 수렴 검토 후 사업단장-핵심과제 책임자 회의를 통해 이견 부분 협의 결정.

○ 2,3핵심으로부터 제시된 일정을 기반으로 종합시운전 T/F팀에서 종합시운전 Master Plan을 작성. 사업단과 1-0, 1-3과제에서는 Mater Plan 작성과 관련된 업무 분담에 대해 별도 회의 개최

○ 종합시운전 일정은 사업일정을 고려하여 현재 15개월로 작성된 기간을 12개월로 조정하여(세부항목별 일정을 12/15로 조정) 일정계획 작성.

② '10년 12월 1일 종합시운전 관련 2차 회의

□ 시범노선 종합시운전 관련 '시범노선 종합시운전 마스터플랜(안)' 검토

○ 3핵심 의견 사항에 대한 설명 및 토의

□ 향후 협의 계획

○ 시범노선 종합시운전 마스터플랜(안)은 1핵심(1-0)과제에서 '11년 1월 14일까지 작성

- 시범노선 종합시운전 마스터플랜(안)은 3핵심과제 검토의견을 반영하여 1핵심(1-0)과제에서 보완 작성한 후 우리 사업 종합시운전 마스터플랜(안)으로 승인 확정 진행(1-3과제 TEMP 계획일정에 맞춘 작업 진행)

○ 3핵심과제(3-0과제)에서 종합시운전 총괄 수행

- 종합시운전 항목별/분야별 세부시험은 3핵심 총괄하에 종합시운전 마스터플랜(안)에 따라 추진 계획일정, 항목, 내용, 예산 등을 포함하는 세부시험계획을 작성한다.

○ 세부과제별 종합시운전과 관련한 내용이 3단계 RFP 및 연구개발계획서에 반영될 수 있도록 1, 2, 3 핵심과제에서 세부과제별로 전달

③ '10년 2월 17일 종합시운전 관련 3차 회의

□ 마스터플랜 관련 일정 및 내용 관련 협의

○ 관련 상위 법령/지침의 내용 및 취지를 고려하여 마스터플랜 작성

○ 종합시운전<시설물검증시험, 영업시운전>기간은 12개월로 명시.

○ 검토 및 협의 중인 마스터플랜을 기초로 마스터플랜 작성 일정, 종합시운전팀 구성완료 일정 등 주요단계별 진도점검이 가능하도록 Action

Plan을 작성하여 제시(마스터플랜 작성과 별도관리) 요망

○ 차량분야는 종합시운전 총괄의 관리 하에서 종합시운전 수행

(2) 핵심/세부과제 진도관리

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 5차년도 분기별 각 과제들이 작성한 진도보고서 검토를 통해 진도 관리, 연구개발 현황 파악 및 진도보고서 전문기관에 제출
- 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

(가) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
핵심/세부과제 진도관리													28건
- 진도보고서(분기보고서)	.'10. 10월 1분기 보고서 제출 .'11. 1월 2분기 보고서 제출 .'11. 3월 3분기 보고서 제출												진도보고서 20건
- 핵심과제 공정회의 참석	.'10. 9. 16 1핵심 공정회의 .'10. 10. 21 1핵심 공정회의 .'10. 11. 18 1핵심 공정회의 .'11. 1. 20 1핵심 공정회의 .'11. 2. 24 1핵심 공정회의 .'10. 10. 26 3핵심 공정회의 .'11. 2. 28 3핵심 공정회의 .'11. 3. 10-11 3핵심 공정회의												8건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 진도보고서(분기보고서)

- 각 핵심/세부과제별 1/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출('10년 10월 1/4분기 보고서 제출)
- 각 핵심/세부과제별 2/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출('11년 1월 2/4분기 보고서 제출)

- 각 핵심/세부과제별 3/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출('11년 3월 3/4분기 보고서 제출)

가) 진도보고서 결과

- 5차년도 1/4분기 진도보고서
- 5차년도 2/4분기 진도보고서
- 5차년도 3/4분기 분기보고서
- 5차년도 진도보고서 전문기관(한국건설교통기술평가원) 연구관리시스템 입력



<전문기관 연구관리시스템 입력 결과>

2) 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리

- 핵심/세부과제별 업무 진행현황을 파악하기 위해 각 핵심과제 공정회의에 참석
- 5차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리
- 현안사항 및 타과제 인터페이스 사항 사업단장-핵심책임자 회의 안건상정 조치

가) 각 핵심과제 공정회의 참석 결과

No	핵심구분	공정회의 일정	장소
1	1핵심	'10. 9. 16	한국기계연구원(대전)
2	1핵심	'10. 10. 21	한국산업기술시험원(안산)
3	1핵심	'10. 11. 18	한국기계연구원(대전)
4	1핵심	'11. 1. 20	한국생산기술연구원(안산)
5	1핵심	'11. 2. 24	한국기계연구원(대전)
6	3핵심	'10. 10. 26	한국철도시설공단(대전)
7	3핵심	'11. 2. 28	한국철도시설공단(대전)
8	3핵심	'11. 3. 10-11	한국철도시설공단(대전)

나-3. 실용화사업 기술분야 총괄관리

(1) 기술분야 검토 및 총괄관리

(가) 개요

- 총괄과제에서 수행하는 기술검토의 내용은 과제별 인터페이스 관리, 핵심/세부과제 이슈사항 분석/조정, 전문기관 업무수행 지원, 전문기관 연구관리시스템 운영지원 등이다.
- 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합연구는 각 핵심 및 세부과제 단위에서 수행하는 연구과정에서 발생하는 인터페이스사안 중 사업단 단위에서 검토 및 협의하여야 할 사항에 대하여 자체검토 및 회의주관을 수행하기 위한 기술검토, 해당 인터페이스 사항에 대한 연구결과 종합을 수행하는 연구로서 진행되었다.
- 시제차량 성능시험 지원은 기계연구원 시험선로에서 시험중인 차량의 원활한 성능시험이 가능하도록 시험선로를 관리하는 기계연구원과의 협의 및 시설물의 문제점에 대한 기술검토를 수행하였다.

- 핵심/세부과제 연구수행 지원은 각 핵심 및 세부과제로부터 제기되는 문제에 대하여 회의주관, 전문기관 및 국토해양부 협의 지원 등을 통하여 연구의 적기성 및 상위기준과의 연계성이 확보되도록 하였다.
- 전문기관 업무수행 지원은 국토해양부 및 한국건설교통기술평가원(전문기관) 등 상위기관으로부터 제기되는 각종 기술검토사항에 대하여 핵심/세부과제별 업무분장 및 요청, 기술검토 결과취합, 자체 기술검토 등을 통하여 상위기관의 연구수행 관리가 원활하도록 하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
기술분야 검토 및 총괄관리													15건
- 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합	. 인터페이스 현황 점검 및 관리(2건) . 연구결과 종합 및 사업단 홈페이지 관리(2건)												4건
- 시제차량 성능시험 지원	. 시제차량 시험선 주행에 따른 시험선 시설물 현황 검토 및 대책안 제시 . 시험선 선로 계측 개소 선정 및 협의												2건
- 핵심/세부과제 연구수행 지원	. 시험선 선로 계측 개소 선정 및 협의 . 해외 전문가 기술자문 (3차)												3건
- 전문기관 업무수행 지원	. 대안설계 개선사항 보고자료 작성 및 보고 . 국가 R&D 지원 타당성 보고 작성 . 국토부 자기부상열차 실용화 가능성 점검회의 기본자료 작성 . 국내 지자체 경량전철 현황 조사 및 검토 . 자기부상열차 국내시장 조기진출을 위한 예비타당성 조사 관련 검토												5건
목표 달성율	목표10건/달성15건 (달성율 100%)												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합

가) 인터페이스 현황 점검 및 관리

① 자기부상열차 곡선부 추진레일 가공관련 의견 종합 검토

□ 검토개요

- 시험선 곡선부 추진레일 문제점 검토 및 시범노선 적용을 위한 검토서 작성하여 3핵심에서 검토 및 반영하도록 시행
- 차량개발을 담당하는 2핵심 의견과 3핵심 의견을 종합하여 검토결과 도출
- 검토대상 : 차량 추진전동기, 기계연 시험선로 현황, 시범노선 대안설계 결과
- 검토일 : '10.12.17

□ 도시형자기부상열차 추진전동기 개요

- 도시형자기부상열차의 추진은 선형유도전동기(LIM)에 의함
- 선형전동기의 1차측 권선은 차량에 부착되고, 2차측은 선로시설로서 추진레일(리액션 플레이트)을 부상레일 상면의 Back Iron 부분에 부착 함
- 도시형 자기부상열차 실용화 차량의 추진성능은 LIM 설계 단계에서 제시된 1차 및 2차측 시설(리액션 플레이트 및 Back Iron)의 재료특성 및 규격에 따라 결정됨

□ 추진레일 대안설계 검토(안)

○ 검토(안) 1 :

추진레일(리액션 플레이트)의 가공방법을 대안설계에서 제시한 방법으로 유지할 경우, 종방향 부착·이음개소에 열변형에 의한 공극이 발생되지 않도록 조치가 필요하며, 이음개소의 전기적 연결 상태 확인 및 검사 필요

○ 검토(안) 2 :

추진레일(리액션 플레이트)의 가공방법을 기계연 시험선로를 참조하여 횡방향으로 절단하여 완화곡선을 형성할 경우, 횡방향 절단홈의 폭은 추진레일의 열팽창을 감안한 형상(쇄기형 절단 등)으로 하며 최대 폭은 10mm이하 간격(CTC)은 1m 이상이 되도록 하여야 함

② CDR 검토에서 3핵심과 2핵심간 의견사항 검토 및 조정

□ 검토개요

- 1-1세부과제에서 수행하는 CDR 검토 중 시범노선 설계에 적용되어야

할 요구조건에 대한 설계도서 검토결과 송부하여 반영되도록 조치

- 검토대상 : 시범노선 설계도서의 CDR 적합성 검토
- 검토일 : '10.8.2

□ 레일 이음매 구간 모따기

○ CDR 요구 이유

- 시범노선 설계도면 및 시방서 검토결과 레일 이음매부 모따기에 대한 내용 미수록 되어 CDR에 제시 필요

○ 모따기 필요 관련 근거자료 발췌

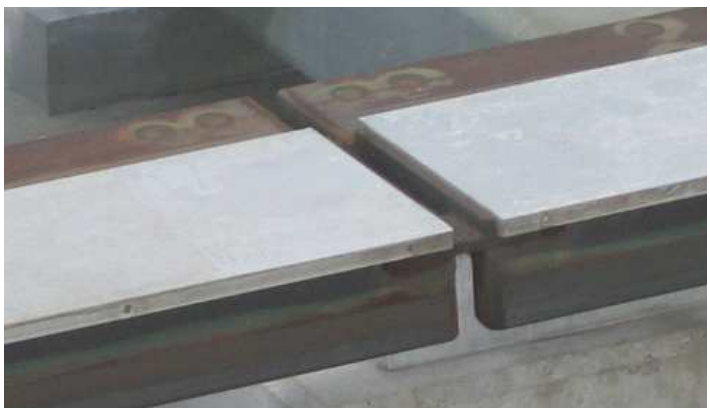
- 설계요구서(p.21) 2.3.4 레일처짐

  레일간 이음매부위는 레일의 열변형과 주행중 처짐에 의한 단차를 최소화 하고, 연속 형상이 되어야 한다. 또한 제동 및 활주시 레일 이음매에서 생기는 충격과 마모를 줄이기 위해 모따기를 실시한다.

- 설계요구서(p.12 및 p.7) 2.2 레일설치 공차기준

  제동 및 스키드 등이 이음매를 지날 때, 충격과 마모를 줄이기 위해 이음매에 모따기가 필요하며, 레일에 5개소(제동 슈가 접촉하는 2개소, 부상전자석 마모판이 접촉하는 레일 하면 2개소, skid/roller 접촉 1개소)가 필요하다

- Linimo 적용사례



- 기계연 시험선에도 제동슈가 접하는 외측 leg 2개소, 스키드 대향면 1개소 4mm 모따기 시행되어 있음

○ 검토(안) 제시

- 당초 상부궤도 설계요구 조건과 동일하게 5개소 모따기가 필요하며, 정확한 모따기의 량은 별도 제시예정

□ 곡선부 추진레일(Reaction Plate) 가공

○ CDR 요구 이유

- 시범노선 설계도서는 곡선부 Reaction plate 가공 방법 및 이에 따른 체결 방법에 대한 내용이 없어 CDR에 기입필요

○ 곡선부 추진레일 가공 관련 근거자료 발췌

- 설계요구제안서(p.24) 2.4.4 레일과의 체계

  차량의 가/감속시 선형모터와 추진 레일 사이에는 추진력/제동력이 발생하고 동시에 흡인력이 발생한다. 체결구(볼트)가 풀릴 경우 추진 모터에 큰 손상을 줄 수 있으므로 추진 레일은 레일과 견고하게 체결되어야 한다.

- 기계연 시험선에도 직선구간은 체결볼트의 체결에 따라 추진레일(Reaction plate)에 문제가 발생하지 않았음. 곡선구간(R=60m 구간)의 경우 추진레일의 외측부를 절단하여 곡선을 형성하였으며, 이에 따라 하계 열변형에 따라 절단부에서 열팽창에 의한 솟음이 발생한 사례가 있음

○ 검토(안) 제시

- 곡선부 가공방법을 검토하여, 추진레일의 이상 현상이 없도록 요구하며, 기계연 시험선과 같이 곡선부 외측부 절단하여 곡선을 형성하는 경우 열변형을 감안하여 설계 및 시공 필요

□ 최고속도 구간 처짐비

○ 최고속도 구간 처짐비 관련 근거자료 발췌

- 설계요구제안서(p.147) 입찰안내서 제5장 설계조건

· 90km/h 미만구간 : L/2,000

· 90km/h 이상구간 : L/3,000

○ 시범노선 설계도면 검토 결과

- 105 정거장 종점부(4k460인근, P-123,124) 최고속도 시험구간 처짐비 L/3,000 미준수 됨 (현재 설계는 L/2,480 임)

- 구조계산서 1/7권 p.1872 참조

○ 검토(안) 제시

- 최고속도 시험구간은 시험중 90km/h 이상 구간으로 L/3,000 이상을 필요로 함.

※ 시험운행 중 90km/h이나 영업 운영중 정거장 인근으로 60km/h 이내로

주행하게 되므로 이에 대한 적정성 여부 검토 필요함

나) 연구결과 종합 및 사업단 홈페이지 관리

① 연구결과를 종합하여 대회 공개 가능한 자료 제공

□ 홈페이지 정보제공 현황 (‘11.4.21 현재)



□ 자기부상철도 Q&A 홈페이지 업로드 현황 (‘11.4.21 기준)



② 도시형자기부상철도 Q&A 자료 작성 및 활용

□ 개요

- 도시형자기부사열차실용사업의 홍보 및 이해도를 높이기 위하여 Q&A 자료를 작성하여 시승행사 및 관련 기관에 제공
- Q&A 자료는 연구결과로 제시된 사항을 종합하여 간략하게 정리되도록 하였으며, 각 핵심과제별로 자료의 내용 검토를 요청하여 주기적으로 최

신자료가 되도록 관리(과제별 연구결과 종합하는 성격을 겸하고 있음)

□ 추진경과 및 version 관리
- ‘10.07.~ 도시형자기부상열차 Q&A 자료 작성시작
- ‘11.01.10 도시형자기부상열차 Q&A 자료 작성완료(ver 1.0)
- ’11.01.13 핵심과제 자료검토 요청
- ‘11.01.30 자료검토 회신(1, 2, 3핵심)
- ‘11.02.08 도시형자기부상열차 Q&A 자료 작성완료(ver 1.2)

□ 목차구성
- 차량시스템
- 선로시설물
- 열차 운영・관리
- 시험선 시험
- 기타사항

□ 자료 활용
- 사업단 홈페이지 업로드
- 각 핵심과제 배포(파일 배포)
- 지자체 및 도시철도운영기관 배포(요청시)

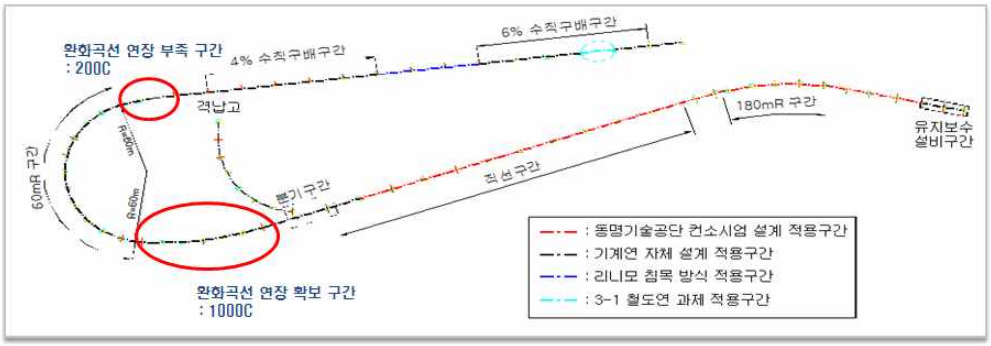
2) 시제차량 성능시험 지원

가) 시제차량 시험선 주행에 따른 시험선 시설물 현황 검토 및 대책안 제시

□ 검토개요
- 시제차량의 시험선 주행에 따라 시험선에 설치된 궤도 및 각종 구조물의 상태를 점검하고, 점검한 결과를 각 핵심 및 세부과제 전파하여 시범노선 건설 및 연구내용에 반영하기 위한 검토 수행
- 발표일시 : ‘10.8.20

□ 주요 검토 내용

○ 시험선 개요
- 시험선 선형 및 궤도구조 적용 현황



[그림 138]시험선 선형 및 궤도구조 적용 도면

※ 시범노선 선형비교

구 분	시험선	시범노선	비고
최급 기울기	60 ‰ (L = 75m) 40 ‰ (L = 75m)	40 ‰ (L = 208m)	
최소 곡선반경	60 m (L= 297m)	110m (L= 166m)	
완화곡선연장	R=60m : 200C (약 20m) R= 180m : 300C (약 30m)	전곡선 700C 적용	
종곡선 반경	R = 1,500m (구배차 40 ‰) R = 4,000m (구배차 3 ‰)	R = 1,500 (구배차 40 ‰) 그 외 종곡선 R = 3,000	

○ 시험선 시설물 관련 검토 사항

구분		시험 주행 결과	문제점 및 발생원인	대책
침목체결구조관련	쐐기형 침목체결 구 적용구간	주행중 고주파 진동음 발생 및 gap 파형 이상 현상 검출	쐐기면 미끄럼 발생으로 침목과 shim plate 사이 유격 발생	발생 유격제거 후 상하부 쐐기 용접으로 일체화 시행
	리니모 type 적용구간	공차주행에도 문제 발생하였으나, 만차주행중 gap 변동 더욱 증가 (특히, 다른 형식 체결구조 인접 연결 구간에서 많이 발생)	- 하부 고무패드의 압착에 의한체결력 이완 발생 (기온 및 열차하중에 의한 패드 변형발생) - 인접구간에 비하여 처짐량의 급격한 변화 발생	- 체결력을 일정하게 하기 위한 대책으로 리니모 형식에서 적용한 sleeve 적용 여부 검토중 - 궤도구조가 상이한 인접구조와의 처짐단차 해소방안 마련 (패드 탄성계수 조정 천이구간 삽입 등)
	원안설계 type 적용구간 1	차량주행시는 특이사항 없음 (궤도 레벨 변형은 없음)	앵커볼트 체결중 체결력 과다에 의한 상부 고무패드 및 상면 시멘트 변형 발생	-시험선은 별도대책 미수립
	원안설계 type 적용구간 2	차량주행시는 특이사항 없음 (궤도 레벨 변형은 없음)	- PE베이스 플레이트와 Plinth 콘크리트 이완 - 콘크리트 단부 박리현상 발생	- Plinth 콘크리트 보수 예정
레일이음매 구조관	A-type 이음매 (단경간 및 거더 상면 이음매) 적용구간	이음매 통과중 gab 변동 발생 및 부상전자석 접촉	- 이음매 체결볼트 파단현상 발생 (기온변동이 급격히 이루어지는 7,8월 및 1,2월에 집중적으로 발생) -이음매 구간 레일신축에 따라 응력집중발생으로 볼트의 전단 파단 추정됨	- 적정한 이음매 유격 설정 -고장력볼트의 이연도금공정에 따른 수소취성에 의한 경우 재료 품질 관리 강화 필요

련	B-type 이음매 (연속교 및 분기기 각도완화 장치 상면) 적용구간	이음매 통과중 Gab 변동 발생에 따라 부상안정성 저하 현상 발생	단거리에 레일이음 연속되어 gab 센서 대향면 불연속에 따른 변동 발생	국내 차량의 Gab 센서 설치 간격(220mm)을 고려하여 인터페이스 협의에 따라 개발된 구조로서 시설분야 대책 수립에 한계
부상레일관련	레일이음구간 모따기	- 비상제동 시험중 레일이음구간에서 제동슈 접촉 - 이음매 구간 통과중 gab 변동 발생시 부상전자석 마모판과 레일 접촉	- 제동슈와 접촉하는 레일의 모따기 부족으로 완충작용 저하에 의한 제동슈 파손 - 부상전자석 마모판 접촉시 완충작용 저하	레일이음매 단부 5개소 (제동슈 접촉2개소, 레일 leg 하면 2개소, skid 접촉면 1개소) 모따기 추가시행 예정
추진레일관련	곡선부 추진레일 가공	차량주행시는 특이사항 없음	추진레일 곡선부 설치시 곡가공 대신 홈을 내어 곡선 형성 하였으며, 기온 상승에 따라 추진레일 신축에 의하여 절개부 솟구침 발생(약 2mm)	솟구침 구간 연삭후 몰딩
궤도점검로	궤도점검용 walk way 소음	구배구간에서 (4%) 만차 주행시험중 고주파 진동음 발생	- 궤도점검용 walk way (무늬강판을 침목과 볼트로 체결) 진동에 의하여 소음발생 - 레일진동의 영향이 walk way 로 전달	- Walk way 하부에 고무패드 삽입하여 방진
집전선관련	집전레일 연결부 소음발생	집전레일 연결부 통과중 소음 증가 (평상:65dB, 연결부:75dB)	집전레일 연결부 사이 단차 통과시 차량 팬토그래프 슈 충격에 의한 소음	- 전기 : 연결부 끝단 라운딩 연삭 - 차량 : 집전슈 유동 방향 변경 (설계중)

○ 향후 계획

- 동절기 시험 주행중 차량 및 시설물 발생 현상 Monitoring 시행
- 자기부상열차용 궤도구조 표준화 방안 및 설계 가이드 정립

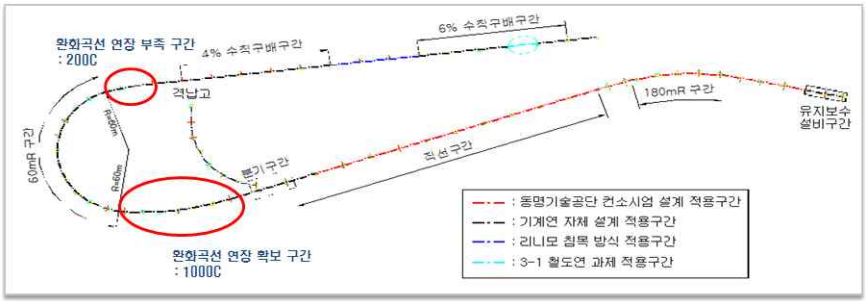
나) 시험선 선로 계측 개소 선정 및 협의

□ 개요

- 기계연 시험선 시제차량 주행에 따른 선로구조물 영향 검토를 위한 방안 협의
- 협의대상 : 1-3 세부연구과제(계측수행), 한국기계연구원 자기부상연구실
- 검토 및 협의일정 : '10.11.19

□ 궤도 구조별 거동 특성 분석을 위한 계측

- 시험선 구간별 궤도부설 현황



동명(원안) 구간	기계연 구간	리니모 구간	3-1 구간
			

- 구간별 계측항목

계측항목		동명(원안) 구간	기계연 구간	리니모 구간	3-1 구간
고유 진동수	수직	2개소 (본선구간/ 승강장구간)	2개소 (콘크리트거더구간/강거더 구간)	1개소 (콘크리트 거더구간)	1개소 (콘크리트 거더 합성)
	횡방향	2개소 (본선구간/ 승강장구간)	2개소 (콘크리트거더구간/강거더 구간)	1개소 (콘크리트 거더구간)	(콘크리트 거더 합성
	종방향	2개소 (본선구간/ 승강장구간)	2개소 (콘크리트거더구간/강거더 구간)	1개소 (콘크리트 거더구간)	(콘크리트 거더 합성
차량재하-변위 시험 (레일 끝단 변위)		1개소 (콘크리트 거더 구간)	1개소 (콘크리트 거더 구간)	1개소 (콘크리트 거더 구간)	1개소 (콘크리트 거더 구간)

※ 리니모 구간의 차량재하-변위시험은 정지・부상, 5km/h, 10km/h 별로 측정

□ 궤도 이음매 구간 특성 분석을 위한 계측

- 계측대상 :

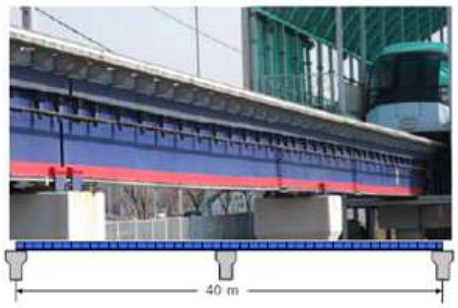
A-type 이음매	B-type 이음매
	

- 계측항목 :

계측항목		A-type	B-type	비고
고유 진동수	수직	-	2개소 (본선/분기기 구간)	기계연 일반 구간과 비교
	횡방향	-	2개소 (본선/분기기 구간)	기계연 일반 구간과 비교
	종방향	-	2개소 (본선/분기기 구간)	기계연 일반 구간과 비교
차량재하-변위 시험	이음매 수직변위	2개소	1개소	
	이음매 간 상대변위	2개소/개소당		꺾임각 산출용

□ 거더 설계기준 검토 및 조정을 위한 계측

- 계측대상 : 탑승동 부근 L=2@20m 강거더교

강Box 거더 (L=2@20m)	**분기기 거더**
	
계산	계산
처짐비 : L/2,000 고유진동수 : 7.4Hz 유효질량비 : 1.2	처짐비 : 고유진동수 : Hz 유효질량비 :

- 계측항목

계측항목		탑승동 강거더	분기기 강거더	비고
처짐량	정지.부상	1개소	1개소	중앙부
	5km/h	1개소	1개소	
	10km/h	1개소	1개소	
	20km/h	1개소	1개소	

□ 선형 설계기준 검토 및 조정을 위한 계측

- 계측대상

항목	기준	기계연 설치	위치
완화곡선 연장	일반 : 600C 부득이한 경우 : 450C	300C	P56 인근
종곡선 반경	1500m 이상	1000m 1500m	P6 인근 P14, 11 인근

- 계측항목

계측항목		완화곡선 연장 기준 축소	종곡선 반경 기준 축소	비고
차량 진동가속도	수직	-	1개소	
	횡방향	1개소	-	
	종방향	1개소	1개소	
gap 센서 변위		1개소	1개소	

□ 열차 탈선에 대한 절대적인 안전성 확인을 위한 계측

- 계측대상 및 항목 : 시험선 콘크리트 거더구간 또는 시험편 제작

계측항목		대차 재하하중	구조물 재하하중	비고
하중-변위 시험	수직	37.5kN (공기스프링 포켓에 재하)	43.9kN/m (레일에 재하)	
	횡방향	10.6kN (공기스프링 포켓에 재하)	10.6kN/m (레일에 재하)	
	종방향	45.5kN (트랙션로드 브라켓에 재하)	9.1kN/m (레일에 재하)	

3) 핵심/세부과제 연구수행 지원

가) 해외 기술자료 번역 및 핵심/세부 과제 배포

□ 개요

○ 해외기술자료(일본)를 번역하여 핵심 및 세부과제의 연구에 참조가 되도록 조치하였으며, 경전철을 도입하고자 하는 지자체에 자기부상열차의 신뢰성 및 경제성 확보 사례를 홍보하기 위하여 배포하였음

○ 주요내용

- HSST의 개발 상황 및 검토 상황
- HSST 실험 시스템과 시험 내용
- 시험의 전체 구성과 시험 항목·내용
- 실용화를 향한 기술면의 개발 도달도에 관한 검토
- 도시내 교통형 공공 교통기관으로서의 적용 영역에 관한 검토
- 기존 중량 수송 시스템과 HSST-100과의 기본 특성에 관한 비교
- 속달성, 총건설비, 운영비 및 사업 채산성 등에 관한 검토

○ 자료배표 기관

- 1, 2, 3 핵심 과제 및 세부과제
- KDI 한국개발연구원 예타조사팀
- 대전광역시 도시철도기획단
- 서울시 건설교통본부 도시철도팀
- 천안시 경전철팀

□ 경제성 검토 내용 요약

① 조사보고서 개요

○ 都市內交通型磁氣浮上式 ﾘﾆｱ ﾓｰﾀｰｶ 實用化硏究調査報告書

○ 작성년도 : 1993년

○ 작성기관 : 日本 愛知峴 및 (財)運輸省經濟硏究센타

○ 작성목적 :

- 진동・소음이 적어 쾌적성이 뛰어난 대중교통수단으로서 자기부상열차의 도입 검토
- 자기부상열차(HSST-100형)의 기술면에 관한 도달도 검증
- 자기부상열차의 대중교통수단으로서의 적용 영역 검토
- 경제성 측면 등 대중교통수단으로서의 도입 가능성 검토

○ 조사방법 :

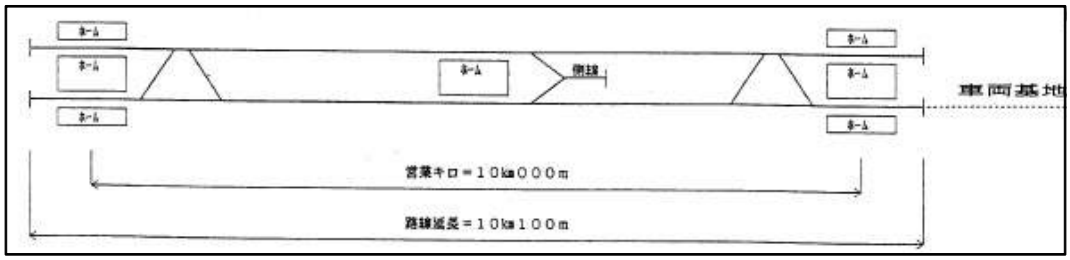
- 일본내 운영중인 모노레일, 신교통시스템(고무차륜 AGT)의 차량특성, 건설비, 유지관리비를 모델 선로를 선정하여 자기부상열차와 비교

- 모델선로 현황

  · 선로연장 : 10km (복선)

  · 정거장 11개소 및 차량기지 1개소

  · 배선현황



- 모델선로 수송수요 가정

	HSST (자기부상열차)	모노레일	신교통 시스템 (고무차륜)
수송수요 (인/일)	48,946	47,413	46,863
표정속도 (km/h, TPS 결과)	39.6	33.8	32.1
피크시 열차편수 (편성/시 편도)	19.399	16.654	19.719
열차 주행 킬로 (백만 열차km/년)	0.9935	0.9470	0.9966
차량 주행 킬로 (백만 차량km/년)	3.974	1.894	3.986

② 조사 결과

○ 차량분야 비교결과

구 분	HSST (자기부상열차)	모노레일	신교통 시스템 (고무차륜)	비고
차량 편성	4량 1편성	2량 1편성	4량 1편성	
편성수	14 편성	14 편성	17 편성	
승차정원 (편성당)	200 인	200 인	178 인	입석:0.30㎡ /인
만차정원 (편성당)	300 인	338 인	282 인	입석:0.14㎡ /인
편성길이	35. 4 m	31.0m	33.2 m	
최고속도	100 km/h	75 km/h	60 km/h	
가 속 도	4.5 km/h/s	3.0 km/h/s	3.5 km/h/s	
감속(계산)	3.5 km/h/s	2.8 km/h/s	3.0 km/h/s	

구 분	HSST (자기부상열차)	모노레일	신교통 시스템 (고무차륜)	비고
차체 길이	8,500㎜	14,800㎜	8,000㎜	
차체 폭	2,600㎜	2,900㎜	2,380㎜	
차체 높이	3,355㎜	3,920㎜	3,280㎜	
차량가격 (편성당)	580.5 백만엔	389.8 백만엔	339.7 백만엔	
원화환산	81.6 억	56 억	48.4 억	100Y=1386 원

○ 사업비 비교결과

(단위 : 백만엔)

항 목		HSST (자기부상)	모노레일	신교통 (고무차륜)
인프라부 (구조물)	토목	18,674	29,420	26,267
	정거장 (골조부문)	7,052	7,015	7,002
인프라 외부 (구조물제외)	궤도(레일·침목)	2,769		
	궤도(부상레일)	168		
	신교통 시스템 궤도			1,219
	변전소	3,232	3,268	3,342
	전차선	3,871	4,277	3,534
	신호	4,439	3,863	4,228
	통신	1,009	1,009	1,009
	정거장(건축부문)	3,131	3,101	3,090
	기타건물	716	711	709
	차량 기지	2,349	2,438	2,283
	차량 (편성)	8,127 (14편성)	5,458 (14편성)	5,775 (17편성)
	(변전소 용지)	270	270	270
	(차량 기지 부지)	2,500	2,500	2,600
총계	인프라 부 계	25,726	36,435	33,269
	인프라 외부 계	32,582	26,896	28,058
	총계	58,309	63,331	61,327
km당 건설비 (억엔/ km)	인프라 부 계	25.7	36.4	33.3
	인프라 외부 계	32.6	26.9	28.1
	총계	58.3	63.3	61.3
원화환산 (억원/km)		808억	877억	849억

※ 차량도입 비용을 인프라외부에 포함하여 산정하였으며, km당 건설비에도 포함하여 산정

○ 운영비 비교결과 (년간)

(단위 : 백만엔)

구 분	HSST (자기부상)		모노레일		신교통시스템 (고무차륜)	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율
선로 유지관리 인건비	21	1	32	2	21	1
전차선 유지관리 인건비	53	3	64	4	53	3
차량 유지관리 인건비	61	4	72	4	105	6
운전 인건비	323	19	309	18	324	17
운송 인건비	282	17	277	16	276	15
관리 부문 인건비	315	18	320	18	331	18
선로 유지관리 경비	27	2	85	5	80	4
전차선 유지관리 경비	149	9	164	9	149	8
차량 유지관리 경비	122	7	115	7	209	11
운전 경비	159	9	113	6	108	6
운송 경비	131	8	127	7	125	7
관리 부문 경비	65	4	67	4	75	4
총운영비	1,708	100	1,744	100	1,856	100
원화환산	236억		241억		257억	

③ 결론

○ 자기부상열차는 대중교통수단으로서의 적용에 있어 총건설비가 낮고, 소음·진동이 적으며 표정속도가 뛰어남

○ 열차운행중 강설·강우에 대한 적용성이 높으며, 탈선·전복의 우려가 없는 안전성과 높은 신뢰도를 확보하여 도심지 대중교통수단으로 적합함

○ 경제성 측면에서 건설비, 유지관리비가 모노레일이나 신교통시스템(고무차륜AGT)에 비하여 낮은 것으로 분석 되었음

나) 해외 전문가 기술자문

□ 개요

- 일본 리니모 기술개발에 참여한 해외전문가 기술자문을 통하여 실용화사업에서 필요한 점검사항 및 선례를 수집

- 각 핵심 및 세부과제에서 제기되는 자문사항에 대하여 중계역할을 하여 효율적인 자문이 이루어 지도록 관리

① 1차 자문 : 2011년 2월 13일 ~ 18일(6일간)

○ 주요 자문내역

a) 부상레일의 레그부 끝단 처리에 대한 자문

- 일본의 경우 레일 끝단을 곡선(round) 처리하였으며 Roll-forming의 특성상 곡선가공 불가피 함

b) 거더 설계 요구조건 완화 방안 자문

- 고유진동수는 차량의 통과속도에 따른 가진 주파수와 공진이 되지 않는 범위를 하한선으로 하며, magnet 주파수를 감안하여 공진여부를 검토하여 상한선을 제시하는 것이 필요하며, 처짐비는 승차감과 단부 꺽임각에 의하여 결정되며, 단부 꺽임각을 해소할 방법(레일에 캠버를 주는 방법 등)을 통하여 처짐비를 최소화 할 수 있음

c) 리니모 가격에 대한 정보

- 현재 국내에 도입하는 모노레일 차량은 약 2.6억 엔으로 리니모도 비슷한 가격으로 알고 있으며, 차량의 가격은 차량사이즈 및 수송능력에 비례한 것으로 파악하고 있음

② 활용기간 : 2011년 3월 21일 ~ 25일(5일간)

○ 주요 자문내역

a) 부상레일 검사 기준 및 방법

- 리니모에서 부상레일의 검사는 부상갭 및 전자석 대향면의 평탄성 및 설계도면과의 편차 등 규격검사만 수행하였으며, 자문을 요청한 비파괴 검사(초음파 탐상 등)에 의한 레일의 구조적인 균질성 검사는 필요하지 않은 것으로 판단하며, 이는 레일의 재료 및 형상가공을 하는 제조자의 검사서(mill sheets)로 판단이 가능함

b) 자기부상열차 지하 건설에 따른 고려사항

- 일본 리니모의 경우 지하구간 연장이 약 1km 부설되어 있으며, 고가구간과 동일한 기준으로 부설되어 있음. 일본의 경우 간격을 1.15m로 통일하였으며 다만 기지구간의 경우만 1.2m로 하여 유지보수가 가능하도록 하였음

c) 리니모 구간 분기기 통과속도

- 리니모 분기기의 직선구간은 속도제한이 없으며, 분기구간은 20~25km/h 속도 제한을 실시. 분기기 구간에 대한 레일 공차 요구조건은 일반구간과 동일하게 관리 하였음

d) 시험선 추진레일과 차량 추진코일 접촉 문제

- 발생하고 있는 지점이 선로중심에서 양 끝단에 발생한 점을 보면 부상전자석이 기울어 진 것이 원인일 수 있으나, 측정을 통하여 확인하여야 함. 확인은 부상전자석과 부상레일과의 높이, 현거를 측정

e) 일본자료 『도시내교통형자기부상식 리니어모터카 실용화 조사보고서』 시험 내용 자문

- 곡선 주행속도를 결정하는 요소
- 갭 변동의 관리방법

③ 활용기간: 2011년 4월 18일~22일(5일간)

○ 주요 자문내역

a) 자기부상 시뮬레이션 모델 자문

- 자기회로법을 이용하여 전자석과 영구자석이 있는 경우에 대해 부상력을 모델링 할 수 있음. 하지만, 실제로 누설자속, 손실, 와전류 등이 존재하여 실험결과와는 차이가 있음. 이를 보완하기 위해 3D FEM으로 부상력을 해석할 수 있고 실험결과와 거의 동일한 부상력 결과를 얻을 수 있음.

b) 자기부상 제어 자문

- 기구부 진동 발생시 원인을 찾을 수 있는 실험방법에 대해 자문. 망치를 이용해 기구부에 충격을 주고 소리를 들어 판단하는 방법과 알루미늄 막대를 이용하여 진동이 생기는 부분을 지상에서 지지하여 부상을 안정시켜 원인이 되는 위치를 찾을 수 있었음.

다) 도시형자기부상열차 관련 규정 개정 지원

① 도시철도차량안전기준에 관한 규칙(국토부 부령) 개정 업무 지원

○ 지원과제 : 1-4 세부과제

○ 수행내용

- 1-4과제로 하여금 도시형자기부상열차 차량안전기준(안)을 토대로 현행 「도시철도차량 안전기기준에 관한 규칙」에 도시형자기부상열차 관련 내용을 반영한 개정안을 작성토록 조치(‘10.5)
- 1-4과제에서 작성한「도시철도차량 안전기기준에 관한 규칙 개정안」에 대하여 1-4과제 연구참여진과 함께 국토부 광역도시철도과 및 철도기술안전과에 사전 설명(’10.6.3) 및 개정 협의(‘10.8.9, ’10.10.12)

○ 수행결과

- 국토부에서 도시형자기부상열차 관련 내용이 포함된「도시철도차량 안전기기준에 관한 규칙 개정」공포(‘11.3.3)

② 도시철도차량 성능시험에 관한 기준(국토부 고시) 개정 업무 지원

○ 지원과제 : 1-4 세부과제

○ 수행내용

- 1-4과제에서 개발한「도시형자기부상열차 차량성능시험에 관한 기준 초안」에 대하여 1핵심 총괄과제(1-0)에서 주관하는 2핵심 및 3핵심과제 합동 검토회의를 주재(‘10.12.11~11.1.28, 4회)하여「도시형자기부상열차 차량성능시험에 관한 기준 안」확정
- 「도시형자기부상열차 차량성능시험에 관한 기준 안」을 토대로 현행 「도시철도차량 성능시험에 관한 기준」에 도시형자기부상열차 관련 내용을 반영한 개정안을 작성토록 조치(‘11.2)
- 1-4과제에서 작성한「도시철도차량 성능시험에 관한 기준 개정안」에 대하여 1-4과제 연구참여진과 함께 국토부 광역도시철도과 및 철도기술안전과에 사전 설명(‘11.2.18) 및 개정 협의(’11.3.7~‘11.4.28, 5회)

○ 수행결과

- 국토부에서 도시형자기부상열차 관련 내용이 포함된「도시철도차량 성능시험에 관한 기준」개정 추진 중(‘11.5월 중 개정 고시 예상)

4) 전문기관 업무수행 지원

가) 대안설계 개선사항 보고자료 작성 및 보고

□ 개요

- 국토해양부 광역도시철도과에 시범노선 대안설계 관련 주요개선 사항에 대한 보고

- 보고일시 : ‘10. 4. 1

□ 주요 보고내용

- 공정 계획
- 정거장 설계
- 구조물 설계
- 궤도 설계
- 검수 설계

나) 국가 R&D 지원 타당성 보고 작성

□ 개요

- 자기부상열차 실용화 사업의 국토해양부 R&D 지원에 대한 타당성 검토 보고자료 작성 및 제출
- 작성일 : ‘10.5.18

□ 내용

① 기술개발 필요성

◎ 사업 파급효과가 큰 철도기술로 국가산업 성장동력

○ 경제성 있는 친환경 도시교통수단 확보는 물론 해외수출 가능

- 국토해양부 “녹색성장 국토해양기술발전” 계획의 일환

○ 세계 두 번째 상업화 달성하여 친환경 교통시스템 세계적 시장 창출

- 일본의 세계시장 선점 및 중국의 추격에 적극대응

◎ 상업운전 실적을 요구하는 국·내외 시장특성에 대응

○ 자기부상열차의 기술보완 및 기술검증으로 도시철도로서의 신뢰성 확보

○ 지금까지의 기술개발은 요소기술/차량개발에 국한되어 있었으므로 실용화를 위한 차량의 성능개선, 선로분야 등 시스템 기술개발 필요

○ 시범노선에서의 상업운영 실적확보에 따라 국내·외 철도시장 진입 장벽 해소

② 국가 지원의 타당성

◎ 첨단기술 실용화에 대한 민간기업의 위험부담 경감

○ 20여년간의 국가지원을 통해 개발된 자기부상열차의 실용화를 위한 마지막 관문돌파 지원 필요

○ 상용화 촉진을 위하여 건설되는 시범노선은 도시철도로 활용될 것이므로 국가가 지원해야 함

◎ 시범노선은 도시철도시설로 활용되므로 공익성 확보 필요

○ 도시철도시설이므로 국가·지자체가 건설하여 공익성을 확보하는 것이 바람직

○ 국내개발시스템 실용화로 무원칙적인 해외 경전철 도입에 따른 국부유출 방지

③ 사업단 중점 전략

◎ 상용화 기반조성을 위해 기술보완과 시범노선 구축 동시 추진

○ 국내기술 개발 및 보완을 통한 국제적인 기술경쟁력 및 가격경쟁력 확보

○ 시범노선건설 및 운영을 통한 기술개발 성과확인 및 영업운전 실적 확보

- 대한민국의 관문인 인천공항에서 자기부상열차의 우수성 홍보

◎ 조기 시장진입을 위한 실용화 사업성과 홍보역량 강화

○ 국내 지자체 경전철 계획 수립시 자기부상열차 선정을 위한 홍보·기술지원

○ 영업운전 개시전 시험선에서 시제차량을 활용한 국내·외 관계자 초청 시승행사, 국내외 전시회 참가 등 홍보강화

다) 국토부 자기부상열차 실용화 가능성 점검회의 기본자료 작성

□ 개요

- 국토해양부 광역도시철도과 자기부상열차 실용화 가능성 점검과 관련하여 사업단 검토 및 건의 사항 정리

□ 결론(실용화가능성)

○ 자기부상열차는 타 시스템에 비하여 성능, 친환경성 등 측면에서 많은 장점이 있으며, 시스템의 경제성(건설비 및 유지관리비)도 충분한 것으로 판단됨

- 이에 따라, 2013년 인천공항에서 영업운행이 시작된 이후 많은 지자체들이 채택할 것으로 예상함

○ 그렇지만, 대전시, 광주시, 김포시 등 많은 지자체들이 그 이전에 경전철 도입을 추진할 것으로 예상

- 조기 시장진입을 위하여 실용화사업 3단계부터 시장진입장벽해소를 위한 각종 지원책을 강구하여 추진할 계획임

라) 국내 지자체 경량전철 현황 조사 및 검토

□ 검토개요

- 도시형자기부상열차의 조기 시장진입을 위한 지자체 현황 조사 및 결과 제출

□ 지자체별 도시철도 건설 계획 및 추진현황('11년2월 조사기준)

지자체	계획노선	연장 (km)	추진 방법	추진현황
대전 광역시	대전도시철도 2호선	30.0	재정 사업	- 도시철도기본계획 변경안 수립중 (경전철→지하철)
광주 광역시	광주도시철도 2호선	22.0	재정 사업	- 도시철도기본계획 확정고시(경전철) - 도시철도기본계획 변경을 위한 사업타당성 검토중(중전철)
부산 광역시	사상-하단선	6.9	재정 사업	- 사업타당성 조사 수행중(경전철) - 도시철도기본계획 확정예정('11.12)
김포시	김포경전철	22.8	재정 사업	- 도시철도기본계획 변경 입안중(경전철→지하철)
울산 광역시	울산경전철 1호선	15.6	재정 사업	- 예비타당성조사 완료 - 도시철도기본계획 고시(노면전차)
천안시	천안경전철 1호선(1단계)	12.0	민자 사업	- 도시철도기본계획 확정고시(K-AGT) - PIMAC 민간투자적격성 심의 신청
수원시	수원경전철	21.0	재정 사업	- 사업타당성 재검토중
통합 창원시	마창진 노면전차	27.0	민자 사업	- 사업타당성 재검토중
성남시	성남경전철	25.0	미정	- 사업타당성 검토중
광명시	광명경전철	10.3	민자 사업	- 우선협상대상자(고려개발컨소시엄)와 협상중 사업성/재정 등으로 유보상태(모노레일)
제주시	제주관광철도	8.0	미정	- 사업타당성 검토 용역중

마) 자기부상열차 국내시장 조기진출을 위한 예비타당성 조사 관련 검토

□ 검토 및 보고일 : '10.12.8

□ 검토목적 및 자료

○ 검토목적

- 경량전철의 사업추진 여부 결정 및 국비 지원율을 결정하는 예비타당성 조사의 기초 자료인 표준지침(5판)의 내용 중 보완이 필요한 사항 검토
- 국내 개발된 도시형자기부상열차의 국내 확산을 위해 고려되어야 할 사항 및 향후 발간예정인 표준지침(6판) 수록을 위한 제안
- 국내 지자체의 경량전철시스템에 관련 예비타당성 조사내용 및 연구자료 분석을 통한 도시형자기부상열차 확대를 위해 고려할 사항

○ 검토자료

- 도로·철도 부문 사업의 예비타당성 표준지침 수정·보완 연구(제5판), 한국개발연구원, 2008.12
- 울산시 경전철 건설사업, 한국개발연구원, 2004.12
- 경기도 경전철 시스템별 특징에 따른 합리적 선정방안, 경기개발연구원, 2009.1

(2) 시범노선 건설관리

(가) 연구개요

- 도시형자기부상열차 시범노선 건설공사의 대안입찰 낙찰자로 GS건설 컨소시움이 결정되어 건설공사가 순조롭게 진행되고 있으며, 관련기관(국토해양부, 한국건설교통기술평가원, 인천시, 인천국제공항공사)과 사업단 과제별 관련의견 수렴 그리고 3핵심과제 시범노선 관리 활동이 진행됨에 있어 발생하는 주된 이견사항 등의 인터페이스 사안에 대한 기술 검토 및 협의가 이루어 지도록 관리하였다.
- 선정기관인 인천국제공항공사에서 자기부상열차의 운영준비를 위하여 실용화사업단에 요청하는 사항, 시범노선 건설공사에 관련한 인터페이스 사항 및 관련 기술검토를 실시하여 원활한 개통준비가 이루어 지도록 사업단 지원 업무를 수행하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시범노선 건설관리													11건
- 시범노선 건설관리	. 도시형자기부상철도 건설공정계획 관련 회의												전문가 자문 및 건설관련 회의

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시범노선 건설관리													11건
	. 자기부상철도 토목궤도 구조관련 전문가 자문 및 시범노선 적용검토 . 시범노선 부상레일 관련 1차 회의 . 시범노선 부상레일 관련 2차 회의												4건
- 시범노선 선정기관 기술지원	. 시범노선 사고복구 및 유지관리 장비 관련 검토/회의/현장방문 (4건) . 수촉법에 의한 사업계획 승인관련 인천광역시 인허가 업무 지원 . 시범노선 용지관련 회의 주관 . 시범노선 편입용지 확보관련 공항공사 업무 지원 및 보고												선정기관 기술지원 및 보고 7건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 시범노선 건설관리

가) 도시형자기부상열차 공정계획 관련 회의('10.10.14)

□ 회의개요

○ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 건설 통합공정표의 작성과 관련하여 각 핵심과제(2/3핵심)별로 제시한 공정계획을 바탕으로 시범노선구축과 양산차량 제작 일정간 문제점을 검토하고 향후 추진방안 협의

○ 회의일시 : '10.10.14

□ 회의내용

○ 핵심과제별로 제시된 통합공정표 검토

- 3핵심 제시 시범노선 구축 공정표 검토결과

·[시설분야 공정표] 시설분야(토목/궤도/건축/검수)의 계획공정은 당초 대안입찰과정에서 제시된 공정계획에 따라 완료

·[전기분야 공정표] 전기분야(신호/전력/통신)의 계획 공정은 사용전 시험, 단독 및 IF 시험 등 2~3개월 포함

- 2핵심 제시 차량개발 및 양산차량 제작 공정표 검토결과

·양산차량(잔여편성차량)의 제작일정은 시범노선 차량기지 완료 일정에 맞춤

○ 회의 결과

- 본선 시운전시험 계획과 연계하여 차량의 튜닝기간 확보 필요성 검토 및 관련시설물 종류 및 완료시기 검토
- 핵심과제별 의견을 종합하여 변경공정표 작성 및 문제점 분석회의 시행

나) 자기부상열차 토목궤도 구조관련 전문가 자문 및 시범노선 적용검토

□ 목적

○ 기계연 시험선의 토목/궤도 구조물중 일부 콘크리트의 균열발생부분에 대한 전문가 자문을 통하여 발생원인 검토 및 대책을 수립하기 위함

□ 전문가

○ 한국과학기술원(KAIST) 건설 및 환경공학과 김진근 교수

□ 일시 및 장소

○ 일 시 : 2010. 9. 8(수) 16:00 ~ 18:00

○ 장 소 : 한국기계연구원 회의실 및 시험선 현장

□ 자문결과

A. 시험선 Plinth 콘크리트 원인 및 대책

○ 균열양상 및 원인





- 콘크리트와 접촉하는 베이스플레이트 코너부 응력집중에 따라 균열 발생
- 궤도에 작용하는 종방향력(처짐, 온도하중 및 시제동 하중)에 의하여 균열 진전 및 박리 발생

○ 자문결과

- 시험선의 균열 및 박리는 구조 안전성 측면에서 큰 문제는 없을 것으로 판단되나, 내구성 및 미관측면에서 보강대책 수립 요망함
- 따라서, ECC(Engineered Cementitious Composites)콘크리트를 적용하는 방안

○ 자문 결과를 참고한 설계내용 개선(안)

(제 1 안)

베이스플레이트와 plinth 콘크리트 접촉면 응력집중 방지대책 수립





- (1-1안) 베이스플레이트와 plinth 콘크리트의 크기를 같게 하여 응력집중원 제거 검토(구조해석 선행하여 결정 필요)
- (1-2안) 해석결과 지압응력 부족시 사각뿔 형태의 Plinth 콘크리트 적용 검토

(제 2 안)

Plinth 콘크리트 균열 방지 보강 또는 특수 콘크리트 적용

- (2-1안) Plinth 콘크리트내 균열방지용 wire-mesh 삽입하여 균열 및 박리현상 방지 고려
- (2-2안) ECC(Engineered Cementitious Composites) 콘크리트 등 인장에 대한 저항력을 확보한 콘크리트 적용 고려

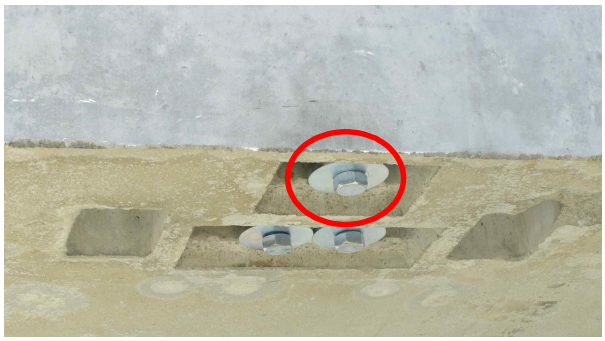
B. 3-1 연구과제 구간 균열원인 및 대책

○ 균열양상 및 원인





- 앵커홀 무수축 콘크리트 충진 부족구간 우수침투 및 동결팽창에 의해 균열이 발생된 것으로 예측됨
- 균열이 시작된 침목외곽 체결부의 앵커홀 형상이 □형 이므로, 앵커볼트 체결 및 하중에 의한 응력집중으로 균열이 발생된 것으로 예측됨



○ 자문 결과

- 에폭시로 보강하여 보수를 기시행 하였으며, 금년 동절기 거동에 대한 추가 관찰하여 효과 검토

○ 자문 결과를 참고한 설계내용 개선(안)

- 침목 앵커홀의 형상을 응력집중이 되지 않도록 변경(○ 형 등)
- 현재 균열이 발생한 구간을 참조하여 균열방지 철근 배근도 변경

다) 시범노선 부상레일 관련 1차 회의('11.3.3)

□ 회의안건

○ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 건설사업에 적용될 부상레일의 규격과 관련하여 차량분야와 시설분야간 의견 조정 및 향후 추진방향 협의

□ 회의결과

○ 현재 제작 가능한 부상레일 레그 끝단의 형상 및 치수에 대한 기술적인 검토 (차량제작사에서 적합성 시험)를 우선 수행

○ 레일 제작사는 시험에 필요한 시편을 시험장소로 인도(길이 3m, 레그 끝단의 형상 및 치수 C3와 C4 각 1개)

○ 차량제작사는 제공된 시편에 대한 시험 실시 및 결과 제시

○ 시험결과에 따라 레그 끝단의 형상 및 치수 범위 조정 등 후속조치(관계기관간 협의, 도면변경, 입찰도서 변경 등) 협의

라) 시범노선 부상레일 관련 2차 회의 ('11.3.22)

□ 회의안건

○ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 건설사업에 적용될 부상레일의 규격과 관련하여 1차 회의 결과에 따른 시험결과 검토 및 향후 추진방안 협의

□ 회의 결과

○ 안내력 시험결과에 대한 검토결과 현재 제작 가능한 부상레일 끝단의 형상 및 치수인 C3는 당초 규격인 R3의 공차범위에 포함할 수 있는 것으로 판단되어 입찰도면에 제시된 부상레일 끝단의 치수에 공차를 표기하여 도면변경 및 레일제작 (R3 → R3 ~ C3)

2) 시범노선 선정기관 기술지원

가) 시범노선 사고복구 및 유지관리 장비 관련 검토/회의/현장방문 (4건)

□ 개 요

- 시범노선을 운영할 운영기관(인천국제공항공사)로부터 개통후 운용될 사고복구 및 유지관리 장비의 도입 및 개발방안에 대한 협조 요청에 따라 기술검토 및 관련 회의를 실시

① 유지관리장비 관련 1차 회의 (‘10.7.22)

□ 회의안건

○ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 사고복구 및 유지관리장비 제작 협조 방안 협의

□ 회의목적

○ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선을 운영할 운영기관(인천국제공항공사)의 협조요청에 따라 시범노선 운영에 필요한 사고복구 및 유지관리 장비 제작·구입과 관련하여 한국기계연구원에서 협조 가능한 방안 협의

□ 회의결과

○ 필요장비 검토

- 영업운영중인 해외 자기부상열차 운영기관 및 지금까지 조사된 국내 사례를 바탕으로 검토한 결과 시범노선 운영에 필수적인 사고복구 및 유지관리 장비는 자기부상열차 선로의 특성이 반영된 구난장비(고장열차 견인용)와 궤도검측 장비로 결정

○ 궤도검측장비 개발 관련

- 궤도검측장비 개발전 검측항목·검측데이타의 처리 방법 및 검측결과에 대한 차량제작사와 시공자등과 사전 협의가 필요한 사항이므로 추진 방향이 결정될 경우 세부검토 시행 필요

○ 한국기계연구원 의견

- 구난장비 및 궤도검측장비에 대한 기본사양 작성 검토 및 제작가능업체 조사. 특히, 궤도검측장비의 경우 기본사양 결정을 위한 궤도검측 항목 및 데이터 처리 방법에 대하여 사전검토

② 구난 및 검측장비 관련 2차 회의('10.9.1)

□ 회의안건

○ 도시형자기부상열차 시범노선에 적용할 구난 및 선로검측 장비의 제작과 관련하여 공항공사 업무 진행 방향 및 기계연구원 협조 방안 협의

□ 회의결과

○ 공항공사 요청사항에 대한 협의결과

- 국내 경전철 및 도시철도에서 사용중인 유비보수 장비 목록 수집 및 검토
- 개발이 필요한 것으로 판단되는 구난장비 및 선로 검측장비에 대하여 사양 및 장비가격 개략 산정 검토

○ 기계연구원 자체 양식에 따라 구난장비 및 선로 검측장비 개발을 위한 연구내용 작성하여 공항공사와 협의

③ 구난 및 검측장비 관련 3차 회의('10.9.30)

□ 회의안건

(a) 도시형자기부상열차 시범노선에 적용할 유지관리장비의 종류 및 수량조사를 위한 방안 수립

□ 회의결과

○ 공항공사의 업무 진행 계획

- 구난 및 검측장비 개발을 위한 발주는 11년 하반기 시행예정
- 금년도는 유지관리장비의 도입방안을 포함하여 발주방안 수립 및 방침 획득예정
- 10월중 기존 경전철 사례수집을 위해 사업단 협조요망

(b) 기계연구원 구난장비 및 선로 검측장비 개발 관련

○ 기계연구원 검측장비 사양 기본안 설명

○ 구난장비는 자체동력 설비, 검측장비는 인력을 기본으로 자주식도 검토중

(c) 타경량전철 유지관리장비 목록조사 일정수립

○ 부산김해 경전철 주식회사 : 10월 7, 8 일중 방문예정

○ 용인경전철 : 10월 14, 15일중 방문예정

○ 자료의 성격상 방문전 사전에 담당자 접촉하여 최대한 준비가 되도록 조

치 필요(사업단, 공항공사, 기계연 공동으로 관련 담당자 섭외)

○ 공문이 필요할 경우 공항공사에서 시행하는 것을 원칙으로 함

④ '용인경전철 경전철방문 자료 수집('10.10.15)

□ 용인경전철 유지보수장비 및 구난장비 확인

○ 용인경전철의 주요 검수장비 현황자료('08.11.21 기준)

주요 검수장비 현장인수보고서 제출 현황
Submission Status of SAT Report for Major Workshop Equipment
2008-11-21

번호 No	장 비 명 Equipment Name	시험일정 SAT date	Submission Date / Ref. no.	Remark
1	기중기가 달린 고가트럭 (유니목) High rail Truck with Crane (Unimog)	2007-10-10 완료	2008-07-10 / TTS/S-SAMAN-0393-08	
2	레일연삭기 Rail grinder	2008-03-04 완료	2008-03-10 / TTS/S-SAMAN-0320-08	
3	공기압축기 Air Compressor	2008-03-31 완료	2008-05-02 / TTS/S-SAMAN-0357-07	
4	고가크레인 – 5 톤 2 대 Overhead Crane – 5ton 2 sets	2008-03-31 완료	2008-05-02 / TTS/S-SAMAN-0357-07	
5	모노레일 호이스트 – 1 톤 1 대 Monorail Hoist - 1ton 1set	2008-03-31 완료	2008-05-02 / TTS/S-SAMAN-0357-07	
6	가이드웨이 검사차량 Guideway Inspection Vehicle	2008-06-25 완료	2008-07-03 / TTS/S-SAMAN-0390-08	
7	유지보수평판차량 Maintenance Flatcar (도니엔지)	2008-06-25 완료	2008-07-03 / TTS/S-SAMAN-0390-08	
8	긴급대응트레일러 Emergency Response Trailer	2008-11-18 완료	2008-11-21 / TTS/S-SAMAN-0456-08	
9	리프팅 잭과 스탠드 Lifting Jacks and Stands	2008-11-18 완료	2008-11-21 / TTS/S-SAMAN-0456-08	
10	상용차량운반기 Revenue Vehicle Mover (신안엔지)	2008-09-11 완료	2008-10-24 / TTS/S-SAMAN-0448-08	
11	자동세차설비 Auto Car Wash	2008-06-17 완료	2008-07-03 / TTS/S-SAMAN-0390-08	
12	차량하부선반 Underfloor Wheel Lathe (철산정)	2008-11-18 완료	2008-11-21 / TTS/S-SAMAN-0456-08	
13	레일갱환장비 Re-railing Equipments	2008-09-19 완료	2008-10-24 / TTS/S-SAMAN-0448-08	

○ 용인경전철의 현장 고장수리 및 정비고내 견인 장비 사진





나) 수촉법에 의한 사업계획 승인관련 인천광역시 인허가 업무 지원

□ 개요

- 시범노선 건설공사와 관련하여 수촉법에 의한 인허가 승인을 위한 기술지원 및 일정 관리 시행하여 인천광역시의 인허가 업무가 진행되도록 조정 및 보고업무 진행하여 건설공사 지장요소를 해소하였음

① 국토부 현안사항 보고

○ 수촉법 적용 관련하여 서울지방항공청과의 협의 진행결과

○ 수촉법 적용 관련 서류작성 범위 및 방법 등 협의 내용

② 수촉법에 따른 사업계획 승인에 따른 서류 간소화를 위한 법률 검토

□ 신청서류 검토

도시철도법 시행령 제4조의3 및 4	수촉법 제7조 및 시행령 제8조	비고
1. 공사시행계획서 및 공사종류별 공정계획서 2. 기본설계서 3. 선로실측도면에 표시한 평면 및 종단면도(축척 2만5천분의 1) 4. 도시철도의 시설개요 및 설비계획서 5. 연도별 투자계획 및 소요자금 조달방법에 관한 서류 6. 건설기간중 건설지역의 도로교통대책에 관한 서류 7. 도시철도건설로 인하여 수용 또는 사용할 토지·건물 기타 정착물의 소재지 및 지목을 기재한 서류 8. 도시철도용지를 표시한 도면(축척 500분의 1 내지 5천분의 1)	1. 사업시행지역의 위치도 및 지적도	동일
	2. 수용 또는 사용할 토지 등의 소재지·지번 및 지목, 면적, 소유권 및 소유권 외의 권리의 명세와 그 소유자 및 권리자의 성명·주소	동일
	3. 계획평면도 및 단면도·공사설명서 등 실시설계도서	동일
	4. 사업시행기간(공정계획을 포함한다)	동일
	5. 연도별 투자계획·재원조달계획과 연도별 투자비 회수 등에 관한 계획 및 이를 증명할 수 있는 서류	동일
	6. 조성될 토지 및 건설될 공항시설물 등의 사용·수익·관리 및 처분에 관한 계획(조성될 토지 및 건설될 공항시설물 등의 사용·수익·관리 및 처분에 관하여 인천국제공항공사와 법 제6조제2항에 따른 사업시행자 간에 체결한 실시협약이 있는 경우 그 실시협약서를 포함한다)	협약서 및 유치제안서
	7. 사업시행지역안의 토지등의 매수·보상계획 및 주민의 이주대책	해당없음
	8. 공동시설물의 이전 및 철거계획과 대체시설물의 설치계획	해당없음
	9. 환경오염예방 및 저감대책	동일 (환경영향평가)
	10. 「도시교통정비 촉진법」에 따른 교통영향분석·개선대책의 수립 대상사업인 경우에는 교통영향분석·개선대책	동일 (교통영향평가)
	11. 「건설기술관리법」에 의한 설계심의대상	대안설계

9. 노선의 종단면도(축척 200분의 1 내지 5천분의 1) 10. 법 제4조의6·법 제5조 및 법 제7조의 규정에 의한 토지등의 매수 및 보상에 관한 계획과 법 제8조의 규정에 의한 이주대책에 관한 서류	사업인 경우에는 설계심의에 필요한 서류	심의로 갈음
	12. 법 제7조의2의 규정에 의한 부대공사계획	해당없음
	13. 법 제8조제1항 각호의 규정에 의한 인·허가등 의제사항이 있는 경우에는 그 내용	일부동일(건축법 추가)
	14. 법 제7조의3제2항 및 법 제8조의2제1항제1호·제2호의 규정에 의한 신공항건설심의위원회의 심의사항이 포함되어 있는 경우에는 그 내용	건축법관련한 사항 보완

③ 실시계획 승인 신청 및 승인 완료

제17317호 관 보 2010. 8. 10.(화요일)

◉서울지방항공청고시제2010-45호

신공항건설사업 실시계획 승인

「도시형 자기부상열차 시범노선건설사업」에 대하여 「수도권 신공항건설촉진법」 제7조 규정에 따라 실시계획 승인하고 다음과 같이 고시합니다.

2010년 8월 10일

서울지방항공청장

1. 사업의 명칭 : 도시형 자기부상열차 시범노선 건설사업
2. 사업시행자의 성명 및 주소
   가. 성 명 : 인천광역시장
   나. 주 소 : 인천광역시 남동구 시청앞길 25(구월동 1138)
3. 사업의 목적과 개요
   가. 목 적 : 국가산업 성장 동력 및 친환경 도시교통수단 확보
   나. 개 요 : 총 연장 7.07km(차량기지 1개소 등 포함)
4. 사업시행의 장소 및 면적
   가. 위 치 : 인천광역시 중구 운서동(인천국제공항 일원)
   나. 면 적 : 120,595㎡
5. 사업시행기간 : 승인일로부터 2012년 12월 31일 까지
6. 수용 또는 사용할 토지 등의 소재지·지번 및 지목, 면적, 소유권 및 소유권외의 권리의 명세와 그 소유자 및 권리자의 성명·주소 토 지 세 목 조 사 서
   ○소재질 : 인천광역시 중구 운서동

다) 시범노선 용지관련 회의 주관

□ 회의안건

○ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 일부구간의 용지사용 및 지장물 처리 지연에 따른 시범노선 건설공사 추진 문제점 및 해결방안 검토

□ 회의결과

○ 사안의 중대성에 따라 빠른 결정이 필요하며, 어떠한 경우에도 공기지연은 불가하다는 공감대 형성

○ 기관별 조치사항

- 인천국제공항공사

・인천시에서 토지사용자에게 협조를 요청하는 공문 시행이 가능하도록 인천국제공항공사에서 인천시로 협조 요청 공문 시행
・인천시에서 토지사용자에게 공문을 발송하면, 이를 근거로 공항공사내 용지관련 부서 및 토지사용자와 재협의
- 인천광역시
・해당구간에 대한 토지의 사용 및 지장물 처리와 관련하여 도시형자기부상열차 시범노선 건설사업의 원활한 사업진행이 가능하도록 토지사용자에게 협조를 요청하는 공문 시행 (인천국제공항공사 참조)
○ '11년 4월 8일까지 인천광역시 및 인천국제공항공사에서 시행한 협의 결과를 건교평으로 통보하며, 협의 진척이 없을 경우 건교평/사업단은 현안사항에 대하여 국토부 보고 후 인천시와 인천국제공항공사에 문제 해결요청 공문시행

라) 시범노선 편입용지 확보관련 공항공사 업무지원 보고

□ 개요
- 인천국제공항 시범노선 용지편입과 관련하여 선정기관의 용지확보와 관련하여 문제점 발생에 따른 사업단 검토사항 전문기관에 보고

□ 토지사용자 접촉 결과
○ 토지사용자((주)에어조이)는 자기부상열차 시범노선 용지편입을 기회로 공항공사로부터 각종 요구사항을 관철하고자 함
- 토지사용료 감면, 공항구역 활성화 대책 제시 등
○ 토지사용자의 요구사항에 대한 의견 제시
- 103 정거장으로 부터 (주)에어조이 건물간 직접 연결통로 불가
- 시공사 현장사무소의 (주)에어조이 입주 불가
- 지장물 이설에 따른 보상은 관련법에 따라 당연히 처리

□ 시범노선 편입용지 관련사항 사업단 검토사항 보고내용
○ 공항공사가 토지소유자 및 협약서에 따른 시범노선 용지제공자로서 토지사용자 협의 창구가 되어야 함
○ 토지사용자가 제시하는 요구사항중 기술적인 부분에 대하여 검토결과를 공항공사에 송부하여 적극적인 대응이 가능하도록 조치
○ 토지사용자의 요구사항중 공항공사와 관련된 사항(임대료 조정 요구사항 등)은 본 시범노선과 별개 사항으로 인천국제공항공사 경영진 차원 에서 조속히 해결되도록 노력 촉구

라. 연구개발성과 보급 확산

(1) 당해 사업 연구개발성과 보급, 확산 및 대외실무 총괄(5-B-6)

(가) 개요

- TV 보도, 신문보도, Radio 인터뷰, 국내외 학술지 게재 및 학술대회 발표, 국내외 저널 게재, 초등학교 국정교과서에 수록을 통한 도시형자기부상열차의 대국민 홍보
- 국내·국제 전시회 등에 참가하여 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차 소개 및 우수성 홍보
- 자기부상열차관련 국제학술대회인 Maglev 2011의 국내 개최에 따른 세부준비 진행
- 친환경성, 경제성, 승차감이 우수한 도시형자기부상열차의 특징 및 기술에 대해 설명하는 대외적인 기술강연 활동으로 자기부상열차의 탁월한 도시교통시스템으로서의 적합성에 대한 홍보
- 사업단 홈페이지 및 관련기관 등의 웹진을 통한 지속적인 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
연구개발성과 보급·확산													총 72건
- 언론보도/학술대회/저널/기타 등 홍보 활동	- TV보도내용(3건) - 신문보도내용(9건) - 인터뷰(8건) ·TV(5건)/ Radio(2건)/ 신문(1건) - 학술대회 발표(5건) - 저널(1건) - 자기부상열차 관련내용 국정교과서수록(1건) - 사업단 홈페이지 관리(1건) - 관련기관 웹진 등재(2건)												홍보활동 31건
- 성과 홍보 및 주요행사	- 사업 성과 홍보 전시회 참가(2건) - 주요행사(1건) - 성과 홍보를 위한 사업단방문 시승행사(29건)												전시회 참가 및 주요행사 32건
- 기술강연	- 사업홍보를 위한 자기부상열차에 대한 기술강연(8건)												8건
- 국제 학술대회 개최 준비	·'11.10.10~13 Maglev 2011												1건
목표 달성율	100%												

(다) 홍보 수행실적 및 결과

1) 언론보도/학술대회/저널/기타 등 홍보 활동

가) 언론보도(21건)

① TV보도내용(3건)

- '10.8.3 "자기부상철도 기공식"(MBC외 6개사)
- '11.3.2 "자기부상열차 분기기 안전성 입증"(YTN)
- '11.4.6 "집중취재-자기부상열차"(대전MBC)

② 신문보도내용(9건)

- '10.8.4 "세계 두 번째 자기부상열차 ...개통"(중앙일보 외 29개사)
- '10.8.20 "자기부상열차 시저스 분기기 개발"(경남신문 외 1개사)
- '10.9.16 "인천에 들어갈 자기부상열차 미리 타 보니"(아시아경제 외 1개사)
- '10.10.28 "자기부상열차용 선로전환 신기술 지정"(파이낸셜 외 6개사)
- '10.12.17 "자기부상열차, ...100대 기술선정"(매일경제신문 외 5개사)
- '11.1.12 "엔지니어링사 자기부상열차 타고 달린다"(건설경제 외 1개사)
- '11.2.11 "자기부상열차 분기기 동작시험 100만회 돌파"(YTN 외 15개사)
- '11.3.14 "자기부상열차 사업 성과 워크숍"(대전일보 외 2개사)
- '11.3.31 "건설교통 R&D우수성과...선정"(건설경제외 1개사)

② 인터뷰(9건)

- TV인터뷰(5건)
  - '10.8.3 신병천 사업단장 인터뷰(MBC)
  - '11.3.2 신병천 사업단장 인터뷰(YTN)
  - '11.3.30 신병천 사업단장 인터뷰(대전KBS, 대전MBC)
  - '11.4.6 신병천 사업단장 인터뷰(대전TJB)
  - '11.4.14 신병천 사업단장 인터뷰(대전MBC)
- 라디오 인터뷰(2건)
  - '10.8.10 08:35-08:42 (인천교통방송(생방송) 출발!인천대행진)
  - '11.4.4 08:47-08:57 (KBS대전 제1라디오(생방송) 835정보센터)
- 신문 인터뷰(1건)
  - '11.3.28 "열차선로 꺾임각도완화 등 레일이탈 막는다"(건설기술신문)

나) 학술대회 논문발표(5건)

① ICEMS 2010 Keynote Speech('10.10.13(수) / 인천 송도컨벤시아)

· Preliminary Test Results of Prototype Urban Maglev Train

② 전기학회 2010 추계학술대회('10.10.22/ 제주오리엔탈호텔)

· 도시형자기부상열차 시험선 시험 현황

③ 철도학회 2010 추계학술대회 2건('10.10.28/ 제주휘닉스아일랜드)

· 도시형자기부상열차 실용화사업 현황

· 도시형자기부상열차 실용화사업 특성에 따른 설계 인터페이스 관리

⑤ WCRR 2011 ('11.05.24 / 프랑스 릴)

· Progress of Urban Maglev Program in Korea

다) 저널(1건)

① 철도저널(한국철도학회) '11.4월호

· 도시형자기부상열차 실용화사업 소개

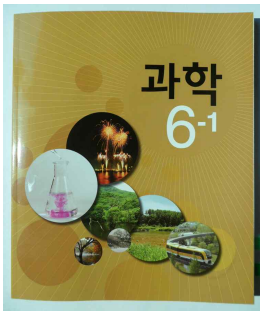




라) 기타 홍보활동(4건)

① 자기부상열차 관련 내용 국정교과서 수록(1건)

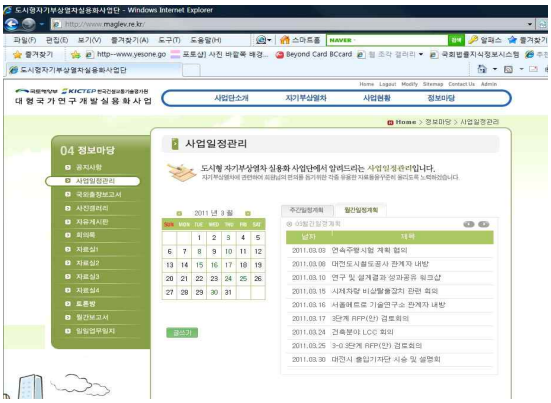
· ‘11.3.5 자기장, 자기부상열차[(주)금성출판사, 초등학교 교과서6-1]







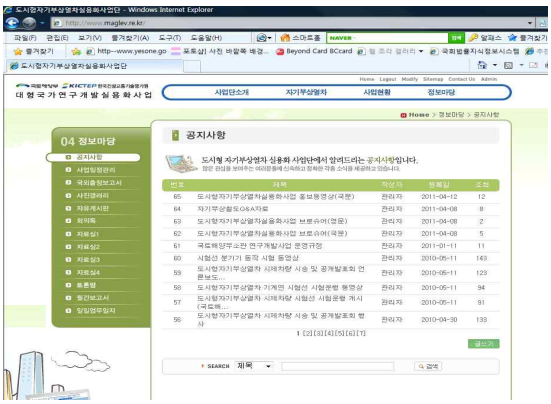
② 사업단 홈페이지 관리(1건)



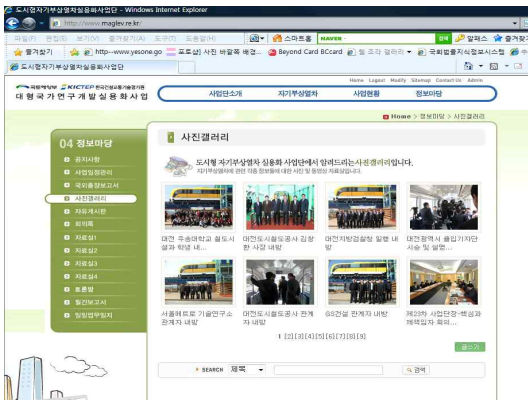
홈페이지 회의일정을 파악할 수 있는 창



발송된 회의일정 메일



사업단 홈페이지 자료 업로드 목록



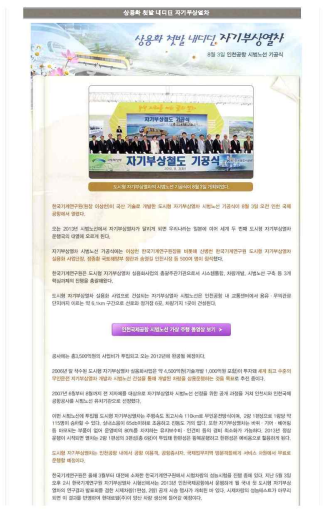
사업단 행사관련 자료 모음

③ 관련기관 웹진 등재(2건)

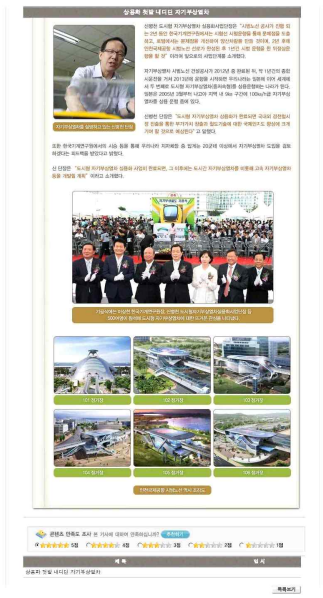
· ‘10.7 “차세대 첨단교통수단, 친환경 자기부상열차가 뜬다”(현대로템)



· ‘10.8 “상용화 첫 발 내딛은 자기부상열차”(한국기계연구원 웹진)



http://webzine.kimm.re.kr/N_board/main.php?p_cat_id=6&p_year=2010&p_month=09 2011-04-22



http://webzine.kimm.re.kr/N_board/main.php?p_cat_id=6&p_year=2010&p_month=09 2011-04-22

2) 성과 홍보 및 주요행사

가) 사업 성과 홍보 전시회 참가(2건)

① 2010 국토해양기술대전 전시회 참가 및 성과발표회

○ 목 적

- 국토해양부에서 주최하는 '2010 국토해양기술대전' 전시회에 참가하여 최첨단 미래교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등을 홍보
- 도시형자기부상열차 실용화사업의 우수 연구성과 발표 및 연구결과에 대한 기술교류 촉진

○ 전시 기간 및 발표 일시

- 전시 기간 : 2010.6.30(수) ~ 2010.7.2(금) (3일간)
- 발표 일시 : 2010.7.1(목) 14:35~15:35

○ 전시 장소 및 발표 장소

- 전시 장소 : 서울 COEX 1층 Hall B
- 발표 장소 : 서울 COEX 1층 그랜드볼룸 102호

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

○ 발표주요내용

- 도시형자기부상열차 차량개발 / 현대로템(주) 김국진 수석연구원
- 도시형자기부상열차 관절형 분기기 개발 / 기계연 이종민 선임연구원
- 도시형자기부상열차 규칙 및 기준 개발 / 산기원 김상헌 수석연구원
- 도시형자기부상열차 성능시험 현황 및 계획 / 기계연 김영중 책임연구원

○ 성 과

- 2013년 인천국제공항 시범노선에서 선보일 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성을 알렸고, 전시 참관자들에게 국내 기술로 개발된 도시형자기부상열차의 상용화에 대한 기대감과 높은 관심을 유발하는 홍보효과를 얻었음.

○ 전시회 및 성과발표회 결과 사진



부스 배치 사진



국토해양부 장관외 전문기관 원장 전시부스 방문



성과발표회장



발표 사진

② 제6회 대한민국국가기반산업대전

○ 목 적

- 국토해양부와 지식경제부에서 주최하는 '제6회 대한민국국가기반산업대전 전시회'는 유관 전문 전시회를 동 기간 동 장소에서 통합 개최하는 대규모의 전시회로, 국내외 전시회 참가자들에게 최첨단 미래교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등을 홍보

○ 전시기간 : 2010.9.30(목) ~ 2010.10.3(일) (4일간)

○ 장 소 : 일산 KINTEX (옥내외)

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

○ 성 과

- ‘대한민국국가기반산업대전’은 전시명칭과 같이 국내 주요 기반사업에 대한 전시회로서 참가자들에게 최첨단 도시교통시스템인 도시형자기부상열차를 적극적으로 홍보하므로서 국내 도시교통시스템에 대한 새로운 패러다임 형성과 기대감을 갖을 수 있는 기회를 제공하였고, 그 결과 전시 참관자들이 순수 국내 기술로 개발된 도시형자기부상열차의 상용화에 대한 격려와 호응 그리고 자신들의 지역에 놓기를 갈망하는 언급이 청취되는 등 긍정적인 홍보효과를 얻음.

○ 전시회 결과 사진



부스 배치 사진



전문기관 사업담당자(교통2실장)
전시부스 방문

나) 주요행사(1건)

① 자기부상철도 시범노선 건설공사 기공식(한국철도시설공단)

○ 목 적

- 국가 R&D 사업으로서 차량, 구조물, 분기기, 제3궤조 등 연구개발 결과를 반영한 도시형 자기부상철도 시범노선 건설공사가 시행됨에 따라, 정부주관 기공행사를 개최, 지역주민 등 국민에게 철도사업을 홍보

○ 일시 및 장소

- 일시 : 2010. 8. 3(화) 11:00
- 장소 : 인천 건설공사 현장사무소

○ 참석자 (약 600명)

- 주요내빈 및 인천시민 등 : 약 270명
- 연구 유관기관, 철도관련 기관 및 기업, 공사관계자 등 : 약 170명
- 지자체, 공공기관, 각종 단체, 공단 : 약 160명

○ 기공식 결과 사진





○ 신문 보도기사 - 2010. 8. 4(수요일 자)

- 서울경제, 중앙, 서울, 파이낸셜, 한겨레, 세계, 한국, 매일경제, 내일



다) 성과 홍보를 위한 사업단방문 시승행사(29건)

① 일반 시승(29건)

○ 2010. 7. 9. 대충청방문의 해 기념 충청권 순례단 방문
○ 2010. 7. 16. 우송대학교 학생 방문
○ 2010. 7. 28. 전라남도 과학꿈나무 과학체험 행사 방문
○ 2010. 8. 6. 한밭종합사회복지관 학생 방문
○ 2010. 8. 27. 개별견학자 자기부상열차 시승 체험
○ 2010. 9. 3. 한국기술교육대학교 이은준 교수 외 50명
○ 2010. 9. 10. 한국철도대학 철도시설토목과 학생 내방
○ 2010. 10. 1. 인제대학교 학생 내방
○ 2010. 10. 1. 노동부 대전센터 임직원 및 엄사중학교 학생 내방
○ 2010. 10. 8. 전북 무주초등학교 학생 내방
○ 2010. 10. 8. 충북여자고등학교 학생 내방

○ 2010. 10. 22. 부산혜광고등학교 학생 내방
○ 2010. 10. 22. 광명북고등학교 학생 내방
○ 2010. 10. 23. 기계제작대회 참가자 방문
○ 2010. 10. 29. 대전신일여자고등학교 학생 내방
○ 2010. 10. 29. 송파공업고등학교 학생 내방
○ 2010. 11. 6. Hello과학마을축제 과학체험 걷기대회 참가자내방
○ 2010. 11. 11. 대전둔산여자고등학교 학생 내방
○ 2010. 11. 12. 대전성룡초등학교 학생 내방
○ 2010. 11. 12. 대전관평중학교 학생 내방
○ 2010. 11. 18. 대전목원대학교 도시공학과 학생 내방
○ 2010. 11. 19. 대산고등학교 학생 내방
○ 2010. 11. 19. 반석초등학교 학생 내방
○ 2010. 11. 26. 한밭대학교 제어계측학과 학생 견학
○ 2011. 1. 14. 대전시립장애인복지관 학생 견학
○ 2011. 1. 25. 원통초등학교 학생 견학
○ 2011. 1. 25. 두리초등학교 학생 견학
○ 2011. 4. 8. 대전 우송대학교 철도시설과 학생 내방
○ 2011. 4. 8. 대구강북초등학교 학생 견학

3) 기술강연(8건)

○ 2010.6.23 부산신공항 접근성 개선관련 전문가 토론회 참석
○ 2010.7.26 수촉법에 의한 시범노선 건설공사 실시계획 관련 심의위원 자료설명(한국해양대학교, 충남대학교, 서항청)
○ 2010.10.6 서항청 방문 업무현황 보고
○ 2010.12.28 국토연구원 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
○ 2011.1.6 검단신도시 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
○ 2011.1.17 천안시 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
○ 2011.1.27 인천경제자유구역청 방문 시범노선 건축물 건축협의 및 사업홍보
○ 2010.2.22 KDI 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보

4) 국제 학술대회 개최 준비(1건)

가) Maglev 2011 개최 준비

○ Maglev 국제학술대회

- 자기부상열차 분야 유일의 국제학술대회로 1977년 미국 보스톤 대회를 시작으로 2~3년마다 개최되며, 제21차는 2011년 10월 우리나라에서 개최키로 결정됨
- 정식명칭은 International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives(약칭 Maglev ○○○○)
- 제20차는 2008.12.15~12.18(4일간) 미국 센디에고에서 개최

○ 학술대회 목적

- 자기부상열차 기술 아이디어와 최신 기술동향·상용화동향 등 정보교류
- 자기부상열차관련 기술토의 및 자기부상열차 상용화 유도
- 자기부상열차관련 기술개발을 위한 국제협력 유도

○ 국내 개최 배경

- 국토해양부의 도시형자기부상열차실용화사업과 연계하여 세계 각국의 자기부상열차 전문가들을 대상으로 우리사업의 홍보를 통한 세계 인지도 향상 및 향후 해외시장 진출 기반 조성

  ※ 2008.12월 제20차 대회에 한국건설교통기술평가원장과 사업단장이 참석하여 국내 개최권 확보

○ 기대효과

- 우리나라 도시형자기부상열차 기술 우수성을 홍보, 해외시장 진출을 위한 교두보 확보 기대
- 국내 경전철 관련 학계·연구계·산업계 및 관련 전문가들의 참여를 유도하여 국내 자기부상열차 관련 기술 발전에 기여

○ Maglev 2011 행사계획

- 개최기간 : 2011.10.10(월)~13(목)(4일간)
- 장 소 : 대전컨벤션센터(DCC)
- 주 최 : 철도학회
- 주 관 : 한국기계연구원 & 한국철도기술연구원
- 후 원 : 국토해양부, 한국건설교통기술평가원
- 참석예상인원 : 국내외 자기부상열차 관련 전문가 약 300명

(자기부상열차 개발자, 철도운영기관, 산·학·연 관련 전문가 등)

※'08년(미국) 약 240명, '06년(독일) 약 300명, '02년(스위스) 약 240명



[그림 139]

Maglev2011 포스터



[그림 140]Maglev 2011 리플렛



[그림 141]Maglev2011 홈페이지

(2) 지자체 대상 시승행사 등 국내외 보급을 위한 마케팅 활동

(가) 개요

- 국내·외 시장개척을 위해 한국형 자기부상열차시스템을 알리기 위한 홍보자료를 지속적으로 개발하여 제작하고, 관련 국제학술대회 및 국내·외 전시회에 참가하여 우수 성과물을 소개함으로써 도시철도시스템 시장에서의 관심을 확대시키기 위한 끊임없는 활동 수행

- 국내 도시철도시스템 도입에 관심이 있는 지자체들에게 국내 연구개발을 통해 개발된 자기부상열차시스템을 적극적으로 알리기 위해 해당지자체 및 유관기관에 직접 방문하여 도시형자기부상열차 시스템의 특징 및 장점을 소개하하는 홍보활동과 기술적 자료 제공 등의 기술지원을 수행하고, 마케팅 효과를 높이기 위해 홍보물을 개발 제작하여 영상을 활용한 세련된 메시지 전달을 가능하게 하였으며, 기계연 시험선에서 운행되는 자기부상열차 시스템을 직접 체험케하는 시승행사를 통해 쾌적하고 안전한 도시철도시스템으로서의 인지도 향상

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
지자체 대상 시승행사 등 국내외 보급을 위한 마케팅 활동													총 69건
- 해외시장 개척을 위한 홍보	- 해외홍보를 위한 홍보자료 제작(2건) - 국제학술대회 및 국제전시회를 통한 홍보(4건) - 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자 초청 시승행사(6건) - 홍보전문가 자문(1건)												13건
- 국내시장 개척을 위한 홍보	- 지자체 및 관계기관 방문 홍보 및 기술지원(17건) - 마케팅활동 강화를 위한 홍보물 제작(4건) - 지자체 및 관계기관 관련 시승행사(35건)												56건
목표 달성율	100%												

(다) 주요 수행실적 및 결과

1) 해외시장 개척을 위한 홍보

가) 해외홍보를 위한 홍보자료 개발

- 도시형자기부상열차 실용화사업을 통해 개발되는 자기부상열차에 대한 홍보를 극대화하기 위해 특징, 장점 등에 대한 홍보 자료를 작성하고 시각적 효과를 극대화 하기위한 영상물을 제작

□ 홍보자료 결과물(2건)

① 사업단 브로슈어(영문)(1건)

○ 내 용

- Urban Maglev Vehicle Specifications
- Characteristics of Urban Maglev Vehicle
- Characteristics of Urban Maglev Guideway Structure
- Features of Urban Maglev System
- Technologies of Urban Maglev
- Worldwide Developments
- Urban Maglev Program
- Improvements Achieved by R&D Activities
- Incheon International Airport Demonstration Line

○ 관련사진



[그림 142]사업단 영문브로슈어

② 사업단 홍보동영상(영문)(1건)

○ 내 용

- Urban Maglev, From Concept to Reality

A. “Reason” for Attention for Urban Maglev

B. Urban Maglev, “From Birth to Revenue Service”

C. Urban Maglev, “Domestic and International Applications”

○ 관련사진



[그림 143]사업단 홍보동영상(영문)

나) 국제학술대회 및 국제전시회를 통한 홍보

- 해외 철도관련 종사자 및 관련자들에게 국내의 도시형자기부상열차의 기술적 우수성을 전파하기 위해 국제학술대회 발표와 국제전시회 참가를 통해 적극적인 홍보활동 전개

① ICEMS 2010 전시회 참가

○ 목 적

- 한국, 중국, 일본을 주축으로 매년 25여 개국이 참가하는 국제학술대회인 ICEMS(International Conference on Electric Machines and System)의 전시회 및 Keynote Speech을 통해 전기 에너지 분야의 학계, 연구계, 업계 등의 많은 전문가들에게 최첨단 미래교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등을 홍보

○ 전시 기간 및 발표 일시

- 전시 기간 : 2011.10.11(월) ~ 2011.10.13(수) (3일간)
- 발표 일시 : 2010.10.13(수) 11:20~11:50

○ 전시 장소 및 발표 장소

- 전시 장소 : 인천 송도컨벤시아 1층
- 발표 장소 : 인천 송도컨벤시아 프리미어볼룸A (2층)

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이

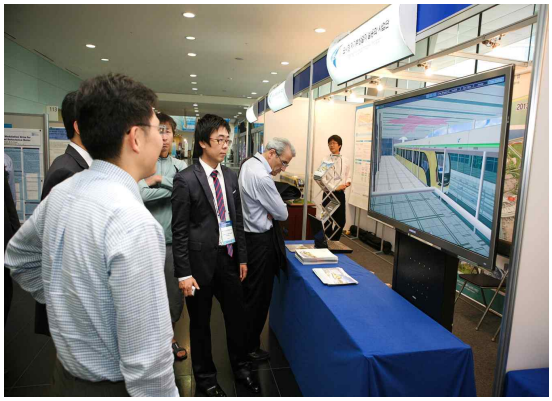
○ 성 과

- 'ICEMS 2010 전시회'를 통해 국제학술대회에 참가한 많은 국내외 전문가에게 2013년 인천국제공항 시범노선에서 선보일 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 및 국내 기술력을 국제적으로 알리는 홍보효과를 얻었으며, 해외 전문가들의 부스 방문 홍보를 통해 향후 해외수출을 위한 구두 전파홍보 효과를 기대하고 있음.

○ 전시회 결과 사진



전시 부스 사진



도시형자기부상열차 소개 및 홍보

② 제17회 부산 ITS 세계대회 전시회

○ 목 적

- 국토해양부에서 주최하는'제17회 부산 ITS 세계대회'전시회에 참가하여 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차의 장점을 적극적으로 홍보하고, 무인운전이 가능한 도시형자기부상열차를 교통시스템의 신호통신관련 참가자들에게 소개하므로 관련자들의 관심을 유발시키는 홍보효과 기대

○ 전시기간 : 2010.10.26(화) ~ 2010.10.29(금) (4일간)

○ 장 소 : 부산 BEXCO(1층)

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

○ 성 과

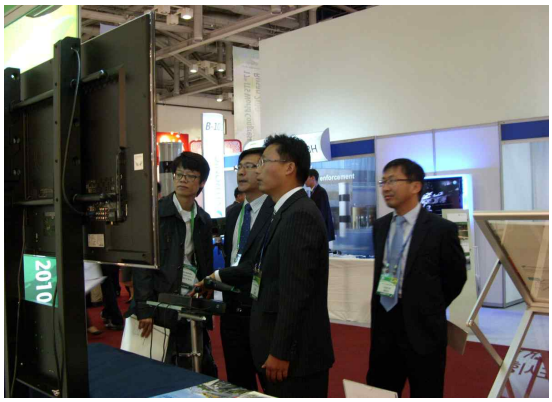
- 국제전시회인 '제17회 부산 ITS 세계대회'를 통해 국내·외 신호통신관련 참가자들에게 최첨단 친환경 도시철도시스템인 도시형자기부상열차시스템을 적극적으로 홍보하였으며, 도시철도시스템 신호통신관련 참가자들의 새로운 시스템에 대한 질문에 대한 장점을 소개함으로서 흥미유발 및 새로운 시스템을 익히는 학습효과를 통해 홍보효과를 얻었음. 또한

국외 참가자들에게도 좋은 호응을 불러 일으켰으며 향후 해외 시장활동에 긍정적인 가능성 타진할 수 있었음

○ 전시회 결과 사진



전시 부스 사진



도시형자기부상열차 소개 및 홍보

③ WCRR 2011 전시회

○ 목 적

- 철도 학술연구 분야의 가장 영향력 있는 국제행사인 '제9차 세계철도학술대회(약칭 : WCRR 2011)' 전시회에 참가하고, 실용화사업을 소개하는 논문을 발표하며 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등 세계시장 진출을 위한 홍보

○ 전시기간 : 2011.5.22(일) ~ 2011.5.26(목) (5일간)

○ 장 소 : Lille Grand Palais, France

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 사업단 영문 브로슈어
- 사업소개 판넬
- Maglev2011 리플릿

○ 논문발표

- Progress of Urban Maglev Program in Korea

○ 전시회 결과 사진(현재 진행중)

④ 제5회 부산국제철도 및 물류산업전 / RailLogKorea2011

○ 목 적

- 부산광역시, 한국철도공사, 한국철도시설공단에서 주최하는 '제5회 부산

국제철도 및 물류산업전' 전시회에 참가하여 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등을 홍보

○ 전시기간 : 2011.6.15(수) ~ 2011.6.18(토) (4일간)

○ 장 소 : 부산 Bexco 전문전시장

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어(국문, 영문)
- 사업소개 판넬
- Maglev2011 리플릿
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

다) 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자 초청 시승행사

- 해외 경전철 시장에 국내 기술로 개발된 도시형자기부상열차의 해외 시장개척을 하기 위해 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자들에게 국내에서 개발된 자기부상열차의 장점과 활용성을 설명하고, 직접 체험할 수 있는 시승행사를 실시하여 해외 시장 개척을 위한 홍보 실시

□ 홍보 및 행사활동(6건)

○ 2010. 8. 17. 싱가폴 A*STAR 일행 내방 방문

○ 2010. 9. 1. 스리랑카 경전철 사업 자기부상열차 소개 및 적용성 협의

○ 2010. 9. 8. 서울메트로 해외철도 기술교육생 견학방문

○ 2010. 9. 10. 모스크바 국립인쇄대학교 부총장 내방

○ 2011. 2. 15. 모스크바 인쇄대 Tsyganenko A.M, 총장 내방

○ 2011. 4. 19. 우즈베키스탄 타쉬켄트국립방직경공업대학 QADAM JUMANIYAZOV 총장 내방

○ 발표자료

라) 홍보전문가 자문

- 효과적인 홍보활동을 위해 국제적인 홍보활동에 대해 전문가를 모시고 홍보현황에 대한 자문을 통해 효과적인 홍보 전략을 도출 추진

□ 일시 및 장소

○ 일 시 : 2011. 1. 21(금) 13:00 ~ 18:00

○ 장　소 : 도시형자기부상열차실용화 사업단 회의실

□ 자문내용

○ 자기부상열차 실용화 사업단에서 제작한 각종 홍보물에 대한 전문가 의견 및 제안사항

○ 자기부상열차의 조기 시장 진입을 위한 홍보 전략 및 접근방향

○ 언론 홍보 유의점 및 기타 협력 방안

□ 자문위원 약력

- 성　　명 : 한 혜 진
- 주요경력 : 前 경향신문 기자
  前 청와대 녹색성장·환경 비서관실 행정관

2) 국내 시장개척을 위한 홍보

가) 지자체 및 관계기관 방문 홍보 및 기술지원(17건)

○ 부산시에서 신공항 유치시 공항접근에 있어 자기부상열차 도입이 가장 합리적이\라고 판단하여 자기부상열차 기술적 적용성에 대한 기술지원(1건)

- 2010.6.23 부산신공항 접근성 개선관련 전문가 토론회 참석

○ 대전시 기술지원

- 대전시 도시철도 2호선 관련 자기부상열차 신뢰성 및 안전성 확보자료 송부

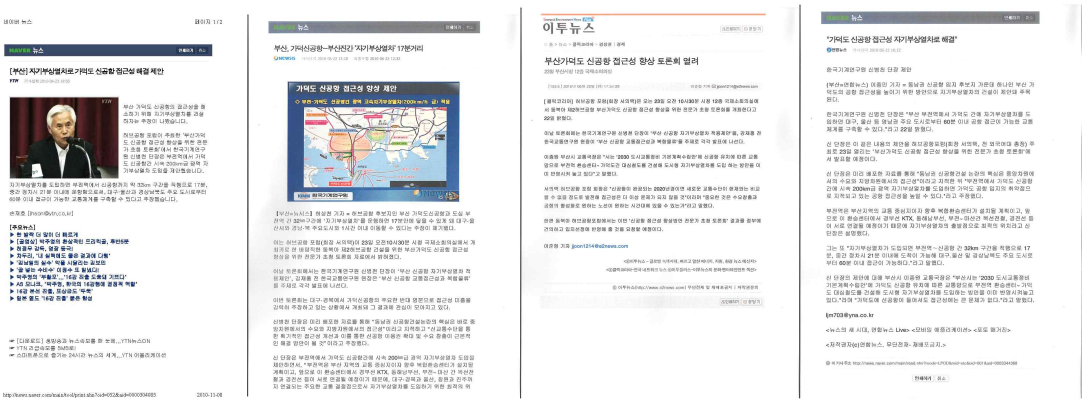
○ 지자체 기술강연(7건)

- 2010.7.26 수촉법에 의한 시범노선 건설공사 실시계획 관련 심의위원 자료설명(한국해양대학교, 충남대학교, 서항청)
- 2010.10.6 서항청 방문 업무현황 보고
- 2010.12.28 국토연구원 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
- 2011.1.6 검단신도시 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
- 2011.1.17 천안시 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
- 2011.1.27 인천경제자유구역청 방문 시범노선 건축물 건축협의 및 사업홍보
- 2010.2.22 KDI 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보

□ 홍보활동으로 인해 도출된 결과

○ 가덕도에 자기부상열차 놓는 방안(신문기사)(2건)

- 2010.6.23 “자기부상열차로 가덕도 신공항 접근성 해결 제안”
(YTN 외 8개사)
- 2010.10.20 “가덕도는 다 통한다” (중앙일보)







○ 대전시 자기부상열차 도입 추진 기사(7건)
- 2011.3.9 “대전 도시철 2호선 전국 첫 자기부상열차 검토” (충청투데이)
- 2011.3.11 “대전 도시철 2호선 지하 경전철 검토”(한국일보 외 27개사)
- 2011.3.15 “자기부상열차 유력”(대전TJB)
- 2011.3.24 “도시철 자기부상 도입 땐 1호선비용 60%에 가능”(금강일보)
- 2011.4.6 “집중취재-자기부상열차”(대전TJB)
- 2011.4.10 “대전시 도시철도 서광이 보인다”(중도일보)
- 2011.4.14 “시사플러스”(대전MBC)















나) 마케팅활동 강화를 위한 홍보 동영상 제작

- 시각적으로 세련된 홍보영상 제작을 위한 단편 3D 영상 개발 하고, 악천후에서도 이상없이 주행하는 영상촬영을 하였으며, 20회 이상에 걸친 홍보영상 검토를 통해 자기부상열차 홍보영상 제작
- 제작된 홍보물 지자체 및 각 언론사 배포를 통해 언론에 노출 빈도수 증

가 효과

□ 홍보물(4건)

① 자기부상철도Q&A자료

○ 내 용

- 차량시스템/ 선로시설물/ 열차운영/관리
- 시험선시험/ 기타사항

○ 결과물



자기부상철도Q&A자료

② 사업단 홍보동영상(국문)

○ 내 용

- 자기부상열차의 탄생
- 자기부상열차 원리/특장점
- 자기부상열차실용화사업 설명
- 자기부상열차 부상/추진기술 시험노선 주행
- 친환경 신교통수단 자기부상열차의 미래

○ 결과물



[그림 144]사업단 홍보동영상(국문)

③ 사업단 브로슈어(국문)

○ 내 용

- 도시형자기부상열차 시스템 주요규격/ 차량 특징/ 구조물 특징
- 도시형자기부상열차의 장점/ 원리
- 국내외 개발동향
- 도시형자기부상열차실용화사업 소개
- R&D를 통한 기술 개선 사항
- 인천국제공항 시범노선

○ 결과물



[그림 145]사업단 국문브로슈어

④ 홍보영상 제작을 위한 3D영상 개발

○ 결과물



다) 지자체 및 관계기관 관련 시승행사

① 대전광역시 건설교통국장 일행 내방

□ 개요

- 대전광역시 건설교통국 공무원들을 초청하여 도시형자기부상열차실용화 사업 현황 소개와 안전하고 친환경적인 자기부상열차 시승을 통해 도시철도 2호선을 검토하는 대전시에 적극적인 홍보

□ 일시 및 장소

- 일시 : 2011. 2. 7(월)
- 장소 : 한국기계연구원(대회의실/ 자기부상열차 시험선/ VR ROOM)

□ 참석자 (총 19명)

□ 행사진행

- 도시형자기부상열차 실용화사업 소개
- 자기부상열차 시제차량 시승
- 인천국제공항 시범노선

□ 내방 결과 사진





② 대전광역시 출입기자단 시승 및 설명회

□ 목 적

- 대전광역시 출입기자단을 대상으로 도시형자기부상열차의 시승 및 실용화 사업 현황 소개를 통하여 자기부상열차의 우수성 및 안정성을 적극적으로 홍보하여 시장진입을 촉진하기 위함.

□ 일시 및 장소

- 일시 : 2011. 3. 30(수) 11:00 ~ 13:00
- 장소 : 한국기계연구원(대전) 국제회의실 및 자기부상열차 시험노선

□ 주관 : 도시형자기부상열차실용화사업단

□ 참석자 (총 42명)

- 대전광역시 출입기자단 : KBS, MBC, YTN, 조선일보 등 25명
- 대전광역시 공보관실 : 전략홍보담당 사무관 등 2명
- 사업단 : 사업단장, 2핵심(현대로템)등 15명

□ 진행사항

- 도시형자기부상열차 실용화사업 소개
- 자기부상열차 시제차량 시승

- 오찬 및 질의/응답

※ 보도자료, 사업현황 설명자료, 자기부상철도 Q&A자료 배포

□ 주요 질의사항

- 고가용으로 개발된 자기부상열차를 지하로 할 수 있는가?
- 자기부상열차의 지하화에 대한 안전성 문제
- 지하로 설치할 경우 건설비는?(대전도시철도 1호선 대비)
- 자기부상열차의 차량가격, 전기사용령 등 비용측면(타 차종 대비)
- 자기부상열차의 수송능력
- 과학관 자기부상열차 사고의 원인인 전차선의 안전성 문제

※ 방송 3사와 인터뷰 실시

□ 행사 진행 사진

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사업소개</td><td>시제차량 시승</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>시제차량 시승</td><td>시제차량 시승</td></tr>
</table>

□ 홍보행사를 통해 얻은 결과

- 시승행사 개최를 통해 대전 지역 언론사들에게 자기부상열차에 대한 호감과 안전성 등을 확인 시켜주는 자리가 되었다.

○ 언론사별 주요 보도내용('11.3.30~31자)

- (대전KBS) 바퀴로 움직이는 일반철도차량에 비해 진동이나 소음이 적고

가속 능력등이 우수함

- (대전MBC) 자기부상열차는 대덕연구단지 성과물이기 때문에 지역에서 상용화될 경우 과학기술도시인 대전의 이미지가 높아질 것으로 예상
- (대전TJB) 건설비는 일반 경전철과 비슷하고 무인운전 방식으로 유지비용을 크게 줄일 수 있어 도시철도에 적합
- (대전일보) 대전도시철도 2호선 자기부상열차 지하화하면 1호선 공사비 88% 수준으로 절감 예측
- (충청투데이) 소음적고 승차감 쾌적. 전력소모 · 운영비. 절감 내후년 인천서 상용화 대전도시철도로 적합
- (금강일보) 공사비와 수송능력, 안전성, 환경친화적 측면에서 지하, 지상, 고가 모두에 적합. 도심 적용 사례 없어 성능 검증 등 숙제
- (조선일보) 실용화 진행중인 단계여서 지하구간 적용시 안전성을 확보할 수 있는지에 대해서는 의문
- (중도일보) 소음 · 진동 거의 없어 승차감 일단합격. 자기부상열차의 지하화는 상용화된 사례가 없고 현재 시범노선도 지상으로 운행될 예정이어서 검증 필요. 중전철 대비 건설비용은 이론에 의한 추정치에 불과해 실제로는 차이가 있을 것이라는 지적






충남일보

대전지하철 2호선 자기부상열차 실험대

실용사례 없어 성능·수송능력 등 의문

심병천 단장 "안전·경제성 등 모두 잇점"


도시철도 2호선 유력 자기부상열차 기자단이 타보니

소음·진동 거의없어… 승차감 일단합격


대전일보

자기부상열차 시연회

- 221 -



② 지자체 및 관계기관 대상 시승행사(35건)

○ 2010. 6. 28. 과학기술출연기관장협의회 방문
○ 2010. 6. 28. 대전고등법원 법원장 일행 내방
○ 2010. 7. 13. (사)대한교통학회 대전충청지회 회원내방
○ 2010. 7. 14. 대통령실 오해석 IT특보 내방
○ 2010. 7. 22. VC10사업단장 회원 내방
○ 2010. 8. 6. 제5차지속경영포럼 차 강창희 전 장관 방문
○ 2010. 8. 6. 국토해양부 재정담당관실 내방
○ 2010. 8. 17. 한국철도학회 임원 내방
○ 2010. 8. 23. 서울메트로 창의전략아카데미 교육생 내방
○ 2010. 8. 25. 한국건설교통기술평가원 교통1실장 내방
○ 2010. 9. 9. 한국철도시설공단 노사합동 신기술 견학방문
○ 2010. 9. 16. 도시형자기부상열차실용화사업 연구성과물 점검회의
○ 2010. 9. 28. 국가정보원 신입직원 방문
○ 2010. 10. 1. 영남대학교 대외협력부총장 방문
○ 2010. 10. 26. 전 원장 및 총장 일행 방문
○ 2010. 11. 11. 대전광역시 일자리특별보좌관 방문
○ 2010. 11. 23. 광주시청 관계자 내방
○ 2010. 11. 25. 도시형자기부상열차 실용화사업 선정기관(공항공사)운영준비 업무지원 담당자 시승
○ 2010. 11. 25. 경기개발연구원 일행 내방
○ 2010. 11. 26. 한국에너지기술연구소 세미나 참석자 내방
○ 2010. 12. 2. 지식경제부 박덕렬 플랜트 팀장 내방
○ 2010. 12. 3. 인천국제공항공사 IAT팀 내방
○ 2011. 1. 11. 지식경제부 연구조직혁신팀 일행 내방

○ 2011. 1. 12. 국회 지식경제위원회 직원 내방
○ 2011. 1. 14. 한국철도시설공단 KR연구원장 내방
○ 2011. 1. 21. 한국호머 이종호 회장 내방
○ 2011. 1. 26. 서울메트로 철도사업단 관계자 내방
○ 2011. 2. 7. 대전광역시 교통건설국장 내방
○ 2011. 2. 24. GS건설 관계자 내방
○ 2011. 3. 8. 대전도시철도공사 관계자 내방
○ 2011. 3. 16. 서울메트로 기술연구소 관계자 내방
○ 2011. 3. 30. 대전광역시 출입기자단 시승 및 설명회
○ 2011. 4. 4. 대전지방검찰청 검사장 및 간부진 내방
○ 2011. 4. 7. 대전도시철도공사 김창환 사장 내방
○ 2011. 4. 8. KISTI(경산교육청 영재교육원) 내방

다. VR기반 시범노선 주행 시뮬레이터 개발

(1) 시범노선지역 건축구조물 DMU 개발

(가) 개요

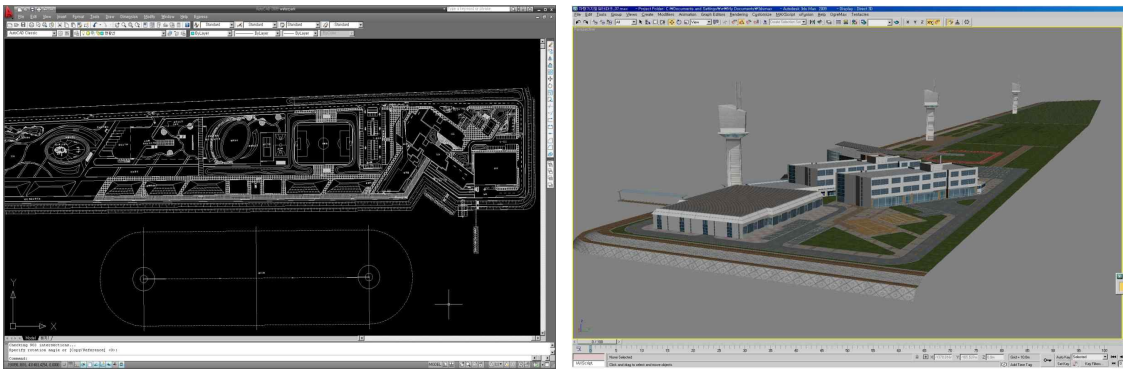
- 1단계에서 구축된 시범지역 지형모델과 관련 건축물 모델을 보완할 수 있도록 추가적인 건축구조물 DMU를 개발하였다. 이를 위해 워터파크, 패션아일랜드, 차량기지, 영종도 외곽도로, 비상대피로 등에 대한 설계도면과 자료를 확보하고 이에 대한 DMU 모델을 개발하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

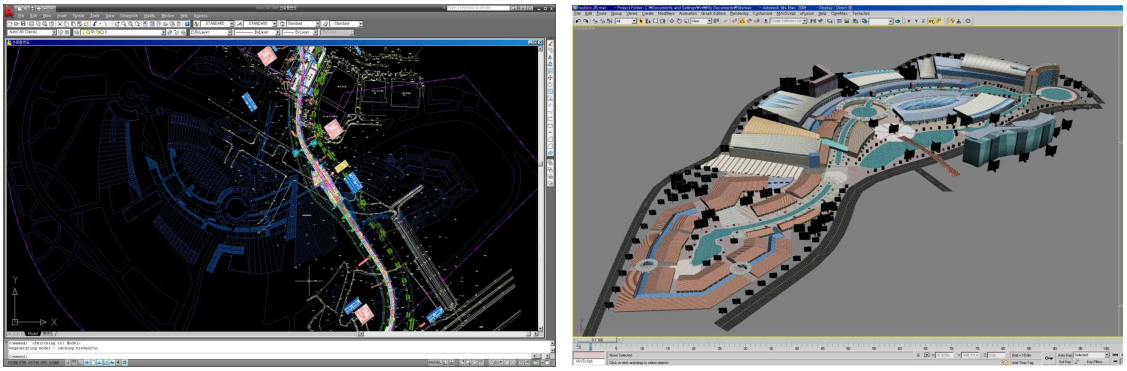
연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 시범노선지역 건축구조물 DMU 개발													
설계도면 및 자료확보	계획												
	수행												
DMU 모델 개발 (워터파크)	계획												
	수행												
DMU 모델 개발 (패션아일랜드)	계획												
	수행												
DMU 모델 개발 (차량기지)	계획												
	수행												
DMU 모델 개발 (영종도 외곽도로)	계획												
	수행												
DMU 모델 개발 (비상대피로)	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

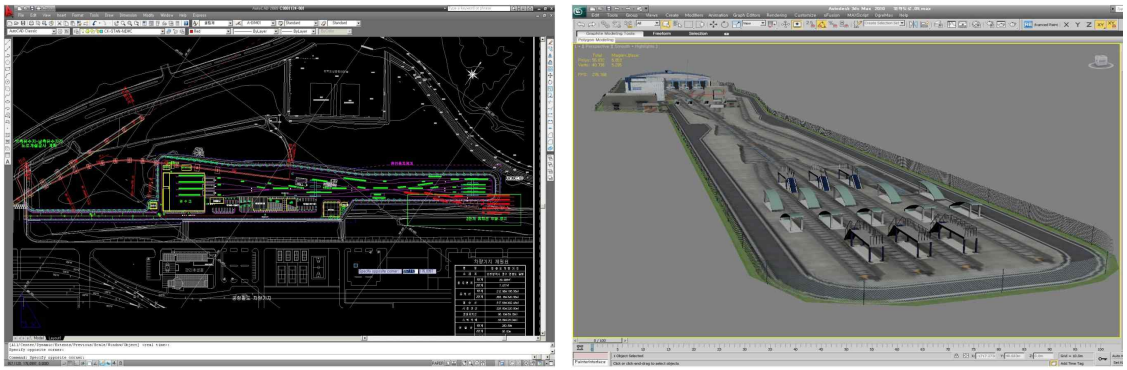
- 먼저, 104역사 주변의 패션아일랜드 및 105역사 주변의 워터파크에 대한 DMU를 개발하였다. 특히, 워터파크 지역의 경우 조정경기장으로의 시야각 범위가 매우 민감한 사항이어서 상세 모델링된 VR 시뮬레이터를 통해 그 시야권 범위를 가상으로 검토할 수 있었다. 또한 자기부상열차 차량기지와 영종도 외곽도로의 도면을 확보하고 모델링을 수행하였으며, 4차년도에서 업데이트된 최종 선로 모델에 대해 비상 대피로 모델을 추가 개발하였다. [그림 146]은 이러한 건축구조물 DMU 개발을 위해 확보하고 분석한 도면과, 이를 통해 최종 모델링된 DMU 결과를 보여준다. 비상 대피로의 경우, 상행노선과 하행노선의 거리에 따라 연속적으로 변하는 너비를 가지도록 모델링하여, 차량과 대피로 사이의 간격이 항상 일정하도록 유지하였다.



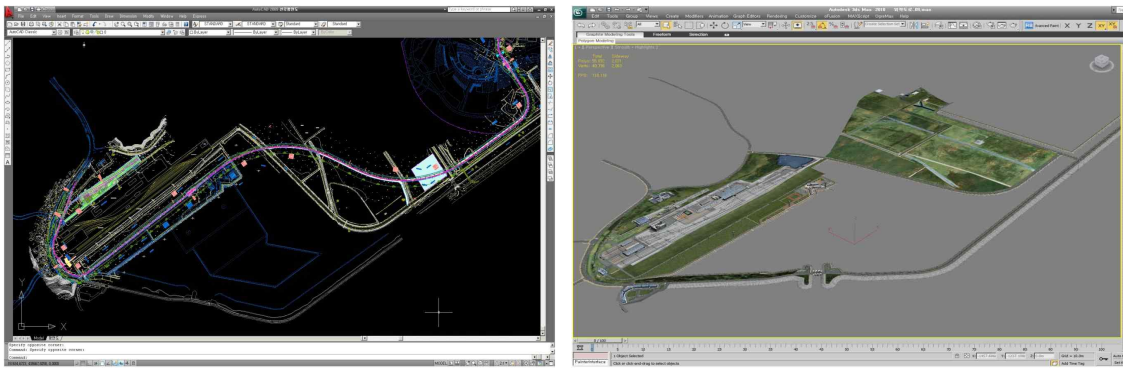
(a) 워터파크 (105역사 주변) 2D 도면 및 DMU 모델



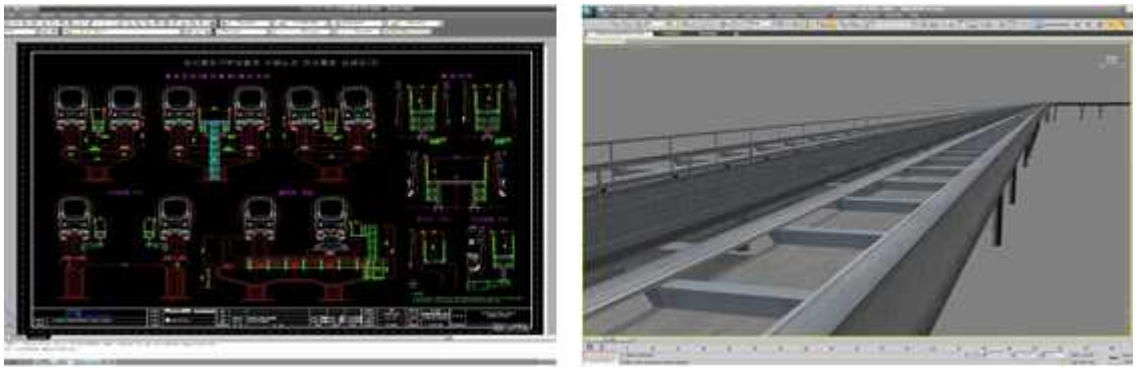
(b) 패션아일랜드 (104역사 주변) 2D 도면 및 DMU 모델



(c) 차량 기지 (106역사 주변) 2D 도면 및 DMU 모델



(d) 영종도 외곽도로 2D 도면 및 DMU 모델



(e) 비상대피로 2D 도면 및 DMU 모델

[그림 146]시범노선지역 건축구조물 DMU 개발 결과

(라) 결과

- 시범노선 지역의 추가적인 건축구조물 DMU 개발을 통해 자기부상열차 주행 시뮬레이션 과정에서 보여지는 다양한 지형지물과 구조물 정보를 개선하였다. 또한 개발된 DMU를 VR용 모델로 변환하여 노선주행 시뮬레이터에 반영하였고, 결과적으로 실제 운행될 노선에 대한 다양한 사전 검증 작업을 지원할 수 있었다.

(2) 노선주행 시뮬레이터 기능개발 (분기기 모듈 연동)

(가) 개요

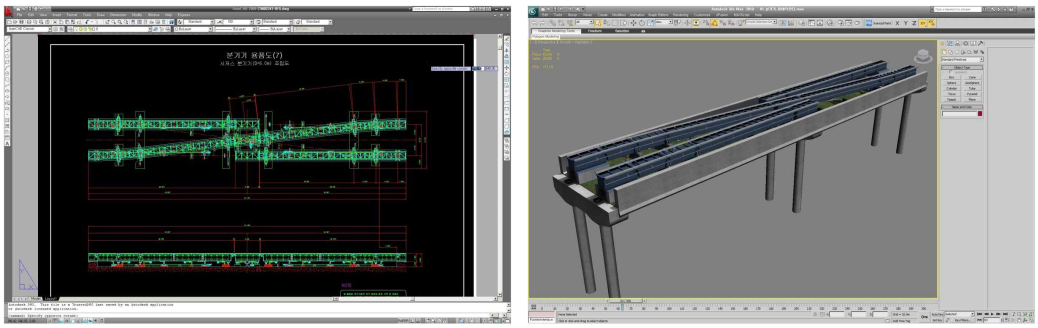
- 자기부상열차 시범선로에는 선로전환을 위한 분기기가 총 3위치에 설치될 예정이다. 일반 바퀴식 철도 차량의 궤도 분기기와 자기부상열차 분기기는 그 구조와 작동이 매우 다르므로, 이를 가상현실 상에서 시뮬레이션 하는 것은 자기부상열차 분기기의 개념과 작동원리를 설명하고 홍보하는데 큰 장점이 될 수 있다. 분기기에 대한 상세 DMU 모델링을 수행하고 그 작동을 VR 시뮬레이터 상에서 시뮬레이션할 수 있도록 분기기 모듈 연동을 구현하였다. 또한, 추가적으로 인천국제공항내의 자기부상열차 홍보관에 VR 시뮬레이터 시스템을 설치하고 운영지원을 수행하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

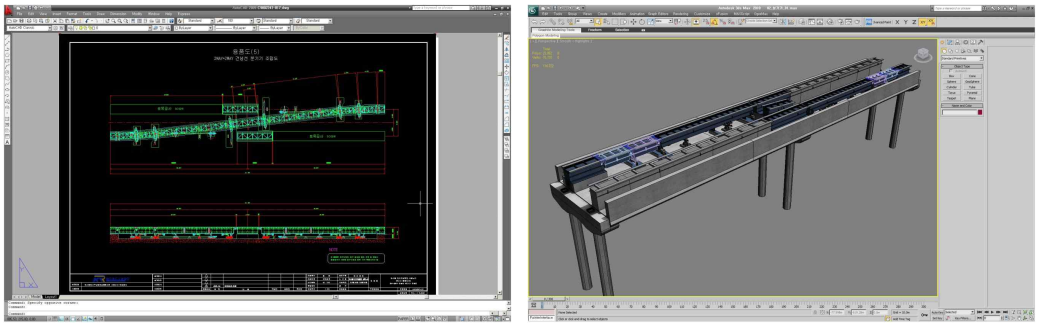
연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2. 노선주행 시뮬레이터 기능개발 (분기기 모듈 연동)													
분기기 도면 확보 및 분석	계획												
	수행												
DMU 모델 개발 및 구동부 애니메이션	계획												
	수행												
키프레임 제어 모듈 개발	계획												
	수행												
시뮬레이터 연동 (선로전환 및 운행)	계획												
	수행												
자기부상열차 홍보관 VR 시뮬레이터 설치	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

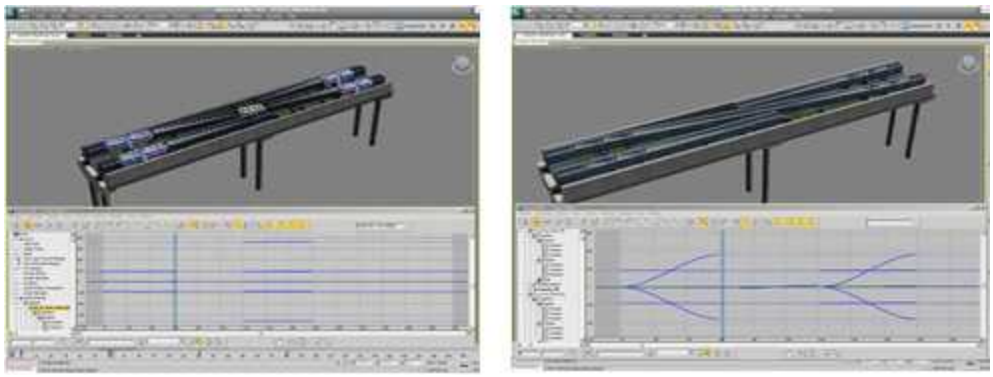
- 101역사와 102역사 사이의 시저스 타입 분기기와 104역사 직후의 2way 분기기에 대해 [그림 147]에서 처럼 상세한 DMU 모델링을 수행하였다. 분기기 구조물의 상부는 일반 콘크리트로 건설되지만, 시각적인 환경조화를 고려하여 잔디밭을 가상으로 생성할 수 있도록 하여, 좀더 효과적인 분기기 외형 검토를 지원할 수 있었다. 또한, 시저스 타입 분기기에 대해, 링크, 롤러, 선로 블록 등의 핵심 구동부에 대한 정밀 애니메이션 작업을 수행하였고, 이를 이용하여 VR 시뮬레이터 분기기 모듈과 연동하였다.
- 시저스 타입의 분기기 모듈은 선로 전환을 위해 구동되는 장치에 대해 실시간 가상현실 프로그램에서 제어가 가능하도록 개발하였다. 즉 미리 생성된 애니메이션을 바탕으로 턴테이블과 선로 블록 등에 대한 키프레임 진행을 제어하여 분기기 작동 메카니즘을 가상공간에서 완벽히 재현하였다. [그림 148]에서와 같이, VR 프로그램에서는 'S','D','B' 키보드 입력으로 분기기의 선로 구성을 실시간으로 변경할 수 있다.
- 또한, [그림 149]과 같이 분기기를 통해 전환된 궤도에 따라 자기부상열차가 움직일 수 있도록 노선주행 시뮬레이터를 분기기 모듈과 연동하였다. 즉, 선로 전환에 따라 열차의 궤도 정보가 업데이트 되도록 하였으며, 열차는 이를 통해 시저스 타입으로 분기되는 궤도 위를 자유자재로 운행할 수 있다. VR 프로그램에서는 [그림 148]에서와 같이 차량이 운행되는 노선에 따라 '1' 또는 '7'을 키보드로 입력하여, 정상 궤도 진입을 할 수 있으며, '3' 또는 '9'를 입력하면, 분기된 궤도 진입을 할 수 있다.



(a) 시저스 타입 분기기

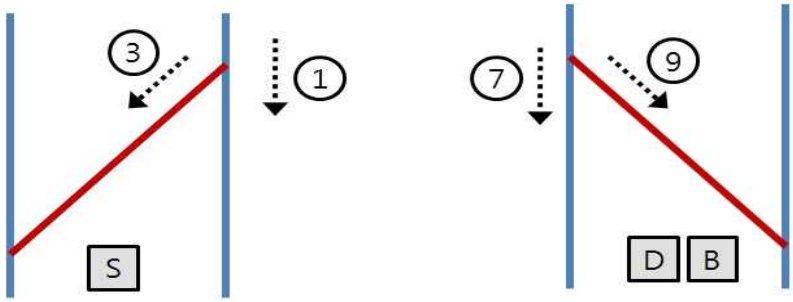


(b) 2way 타입 분기기

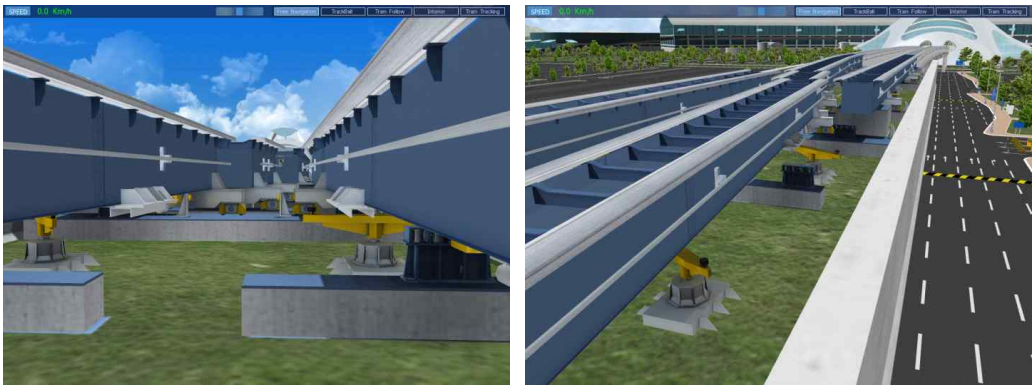


(c) 분기기 구동부 키프레임 애니메이션

[그림 147]분기기 도면 및 DMU 모델링 결과



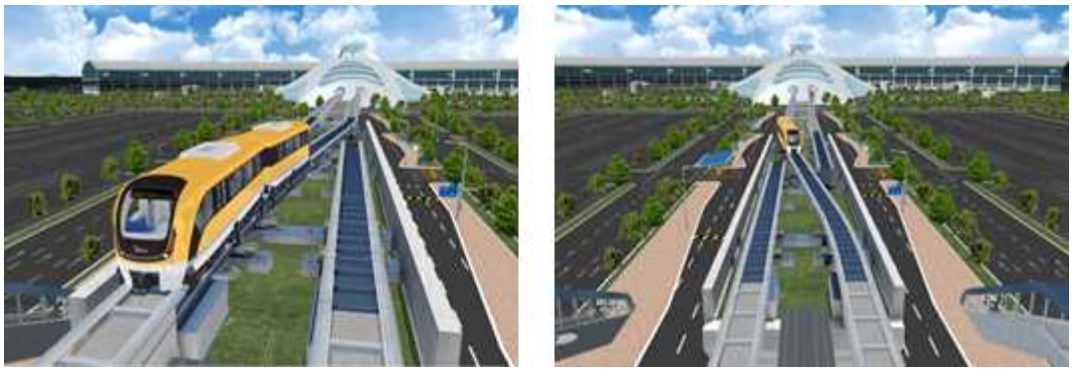
[그림 148]키보드 입력에 의한 분기기 작동 및 궤도 변경



(a) 분기기 구동부 시뮬레이션



(b) 분기기 선로전환 시뮬레이션



(c) 자기부상차량 분기 운행 시뮬레이션

[그림 148]VR 시뮬레이터에서의 분기기 모듈 연동

- 또한, 지금까지 개발된 노선주행 시뮬레이터 프로그램을 이용하여, 인천국제공항 교통센터 1층의 자기부상열차 홍보관에 홍보용 VR 시뮬레이터를 설치하였다. 대형 디스플레이 기반의 1채널 무인운영용 시뮬레이터를 적용하여 일반인들이 쉽게 자기부상열차 탑승을 체험하고, 시범노선에 대한 개략적인 이해가 가능하도록 하였다. 또한, 4채널 DID 디스플레이와 3채널 Mock-up 디스플레이 장치용 와이드 동영상을 제작하고 설치하여, 방문객의 다양한 체험기회를 유도할 수 있도록 지원하였다. [그림 149]는 자기부상열차 홍보관에 설치된 시뮬레이터 및 컨텐츠를 보여준다.




(a) 1채널 자기부상열차 VR 시뮬레이터 (조이스틱 조작)




(b) 4채널 DID 디스플레이 장치 및 3채널 Mock-Up 디스플레이 장치

[그림 149]자기부상열차 홍보관 VR 시뮬레이터 설치 모습

(라) 결과

- 분기기 시뮬레이션을 구현하였으며, 이를 통해 새로운 메커니즘으로 구동되는 분기기의 작동과 선로 전환 과정을 직관적으로 가시화 할 수 있었다. 현재까지는 수동으로 분기기 작동과 차량 운행을 제어하지만, 앞으로는 자동적으로 차량 운행과 연동되는 분기기 모듈 개발이 필요할 것으로 보인다. 또한, 인천국제공항 홍보관에 설치된 VR 시뮬레이터를 통해 일반인들 또는 여행객들이 쉽게 자기부상열차에 접근하고 이해할 수 있도록 지원하였다.

(3) VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발(II)

(가) 개요

- 4차년도에서 설계된 자동운행 모듈을 바탕으로 VR 시뮬레이터에 적용될 자동운행 시스템을 개발하였다. 연속 운동 방정식으로부터 도출된 속도 프로파일을 바탕으로 실시간 가시화 시스템의 갱신주기(60Hz) 마다 현재

차량의 위치를 계산 및 갱신하였으며, 역사에 도착했을 경우 주어진 시나리오로 동작하는 DES 모듈을 개발하였고, 이를 통해 자동운행 모듈을 VR 시뮬레이터와 연동할 수 있었다.

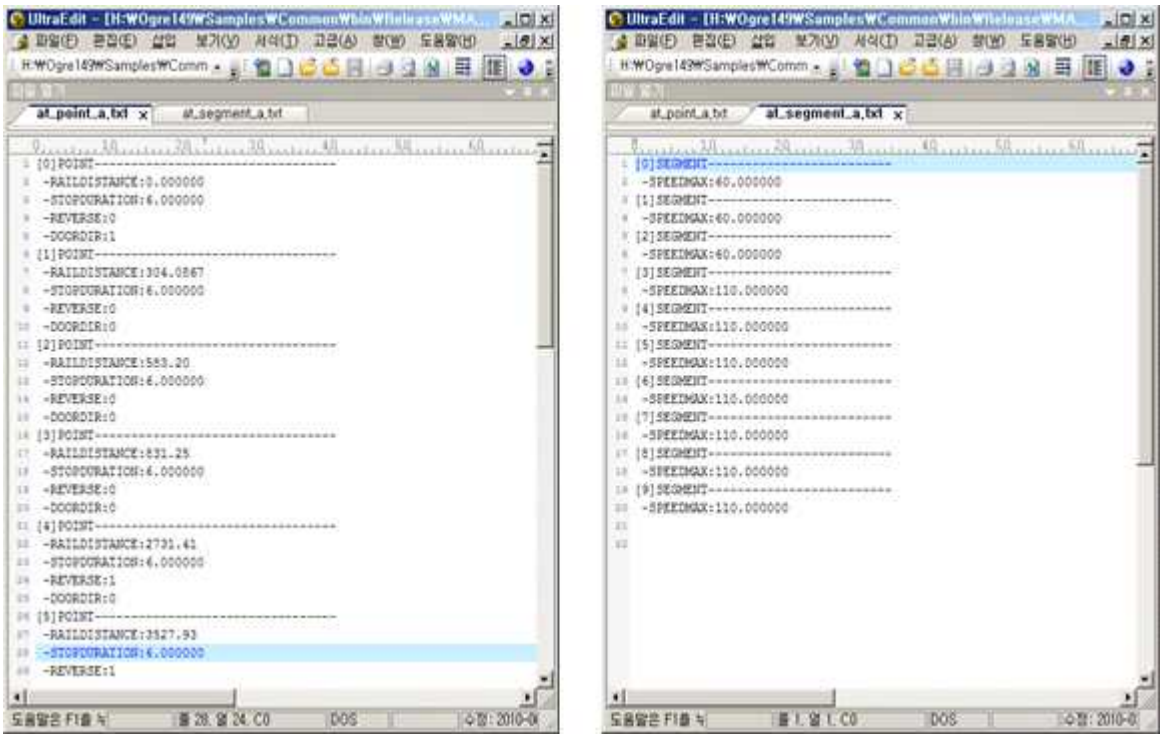
(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3. VR 시뮬레이터 자동운행 모듈 개발 (II)													
역사 승하차 프로세스 모델링	계획												
	수행												
자동운행 파라메터 설정 입출력 모듈 개발	계획												
	수행												
구간별 시점제어 모듈 개발	계획												
	수행												
VR 시뮬레이터 통합	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 먼저, DES 방식에 의해 진행되는 시스템 프로세스를 가상현실 시스템에 적용하기 위해서는 일정한 Time-Step (60Hz) 별로 시간진행을 시키고, 해당 시간 경과를 만족할 경우, 이벤트를 발생시킬 수 있는 모듈을 개발해야 한다. 즉, 역사도착, 대기, 출입문 열림, 승하차, 출입문 닫음, 대기, 역사출발 등의 프로세스를 각각의 이벤트와 그 지속 시간으로 표현할 수 있는 데이터구조를 생성하였으며, 실시간 시스템에서는 매 주기마다 시간진행을 계산하여 이벤트를 생성할 수 있도록 하였다. 이에 따라 미리 정의된 다양한 시간 파라메터에 의해 역사에서의 승객 승하차 과정을 시뮬레이션 할 수 있었다.
- 본 자동운행 모듈의 파라메터 설정을 위해 각 역사간의 거리와 역사에서의 대기 시간, 역사 종류에 따른 출입문 개폐방향 등을 사용자로부터 입력할 수 있도록 설계하였으며, 각 역사 구간마다 최고속도를 설정할 수 있도록 하여, 실제 운행과 흡사한 시뮬레이션이 가능하도록 하였다. [그림 150]에서는 노선별 자동운행 파라메터 설정값을 기록한 파일을 보여주며, 개발된 모듈에서는 이를 프로그램 시작 시 로딩하여, 주어진 시나리오대로 자동운행을 시작할 수 있도록 하였다. 시나리오에 의한 자동운행 모드와 조이스틱 등에 의한 수동운행 모드는 키보드의 'A'키를 통해 서로 전환될 수 있도록 구현하였다.

- 한편, 자동운행 모듈을 통해 무인 운전되는 자기부상열차를 보다 다양한 관점에서 관제할 수 있도록 구간별 시점 제어 모듈도 함께 개발하였다. 즉, 궤도상의 이동거리를 기반으로 다수의 구간을 나누고, 각 구간별로 미리 정의한 시점 (실외뷰, 운전석뷰, 실내뷰, Tracking뷰) 에 따라 자동으로 모드가 변경될 수 있도록 하였다. 또한, 수동 운전하고 있는 차량에 대해 일정 시간동안 사용자 입력(조이스틱, 키보드 등)이 없을 경우, 자동운전 모드로 자동으로 변경해 주는 기능과 다시 사용자 입력이 발생했을 경우, 수동운전 모드로 전환하는 기능을 개발하여, VR 시뮬레이터를 보다 다양한 관점에서 이용할 수 있도록 하였다.



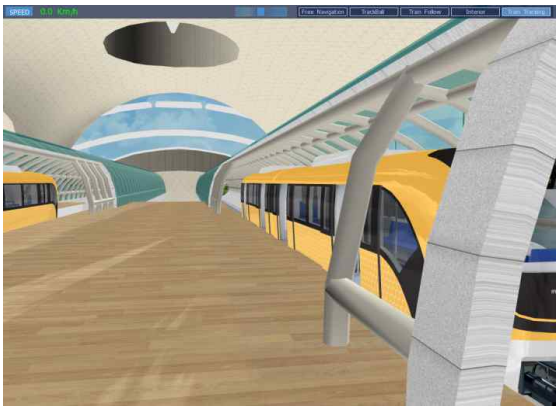
(a)역사간 거리, 대기시간, 출입문 방향등 설정 (b) 각 구간별 최고속도 설정

[그림 150]자동운행 모듈을 위한 파라메터 설정 파일

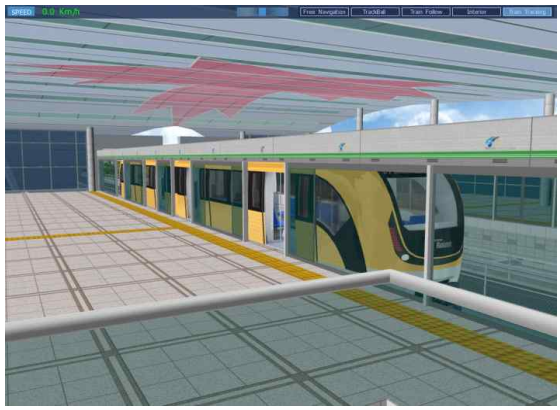
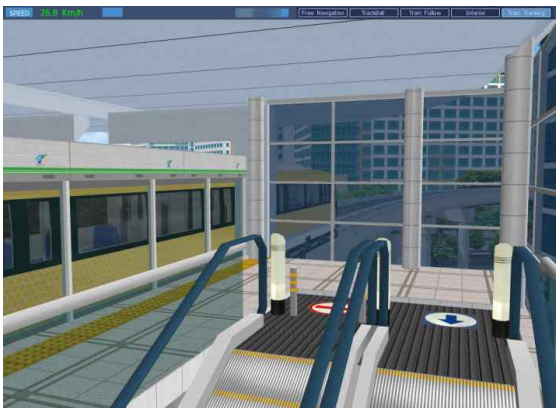
(라) 결과

- 본 자동운행 모듈개발과 VR 시뮬레이터 연동을 통해 자동 운전되는 자기부상열차의 운행과정을 시뮬레이터 상에서 간략하게 체험하고 검토할 수 있었다. 현재까지는 출입문개폐 시간 등을 임의로 설정하여 승객승하차와 관련된 시뮬레이션이 적용되지 않았지만, 앞으로는 승객 수송량, 선행열차와의 신호제어 등을 고려한 상세 운행 시뮬레이션 기술이 필요할 것으로 사료된다. [그림 151]에서는 자동운행 모듈이 적용된 VR 시뮬레

이터의 개발 결과를 보여준다.








[그림 151]자동운행 모듈이 적용된 VR 시뮬레이터

6. 6차년도 세부연구내용

가. 도시형자기부상열차 실용화사업 평가 및 계약 총괄

가-1. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 6차년도 계약총괄

(1) 6차년도 계약총괄(핵심/세부과제 계약 건수)

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 2단계평가 결과에 따라 각 핵심/세부과제별 연구개발 연차실적 보완 부분을 검토하고, 사업제안요구서(RFP)에 부합한 6차년도(3단계) 계획서의 적절성 여부를 검토한 후 1, 2, 3 핵심과제와 협약 체결

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

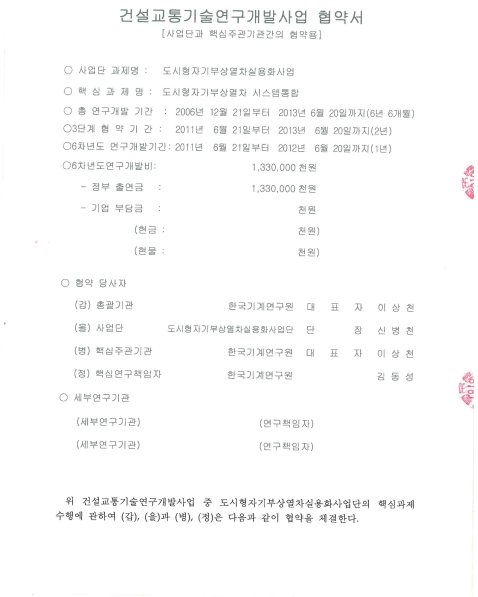
연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
6차년도 계약총괄	----												협약 등 13건
- 2단계 보고서 및 6차년도(3단계) 계획서 검토	·'11. 6. 21~'12. 6. 20 (1건)												각 핵심과제 조견표 1식
- 1핵심 6차년도 협약	·'11. 7. 6 1핵심 협약서(5건)												1핵심 협약서
- 2핵심 6차년도 협약	·'11. 7. 22 2핵심 협약서(4건)												2핵심 협약서
- 3핵심 6차년도 협약	·'11. 7. 5 3핵심 협약서(3건)												3핵심 협약서
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 2단계 단계평가 결과를 반영한 2단계 실적 및 3단계(6차년도)계획서 보완내용들을 체계적으로 관리하기 위해 사업단에서 작성한 세부과제별 평가위원의견 조치결과 조견표를 배포하고 평가위원들의 전문가의견에 따라 수정 조치한 결과를 실적 및 계획서에 반영한 여부 검토 확인

(라) 결과

- 각 핵심/세부과제 3단계 계획서 검토 후 3단계(6차년도) 협약 실시 완료



건설교통기술연구개발사업 협약서

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업

○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 시스템통합

○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2013년 6월 20일까지(6년 6개월)

○3단계 협 약 기 간 : 2011년 6월 21일부터 2013년 6월 20일까지(2년)

○6차년도 연구개발기간: 2011년 6월 21일부터 2012년 6월 20일까지(1년)

○6차년도연구개발비: 1,330,000 천원

- 정부 출연금 : 1,330,000 천원

- 기업 부담금 : 천원

(현금 : 천원)

(현물 : 천원)

○ 협약 당사자

(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천

(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천

(병) 핵심주관기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천

(정) 핵심연구책임자 한국기계연구원 김 동 성

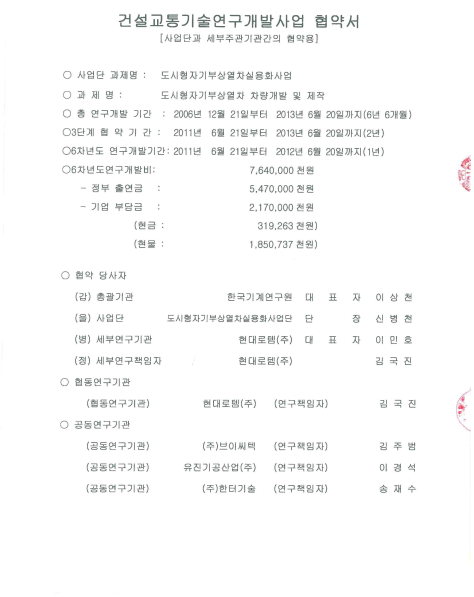
○ 세부연구기관

(세부연구기관) (연구책임자)

(세부연구기관) (연구책임자)

위 건설교통기술연구개발사업 중 도시형자기부상열차실용화사업단의 핵심과제 수행에 관하여 (갑), (을)과 (병), (정)은 다음과 같이 협약을 체결한다.

사업단-1핵심 협약서 표지



건설교통기술연구개발사업 협약서

[사업단과 세부주관기관간의 협약용]

○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업

○ 과 제 명 : 도시형자기부상열차 차량개발 및 제작

○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2013년 6월 20일까지(6년 6개월)

○3단계 협 약 기 간 : 2011년 6월 21일부터 2013년 6월 20일까지(2년)

○6차년도 연구개발기간: 2011년 6월 21일부터 2012년 6월 20일까지(1년)

○6차년도연구개발비: 7,640,000 천원

- 정부 출연금 : 5,470,000 천원

- 기업 부담금 : 2,170,000 천원

(현금 : 319,263 천원)

(현물 : 1,850,737 천원)

○ 협약 당사자

(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천

(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천

(병) 세부연구기관 현대로템(주) 대 표 자 이 민 호

(정) 세부연구책임자 현대로템(주) 김 국 진

○ 협동연구기관

(협동연구기관) 현대로템(주) (연구책임자) 김 국 진

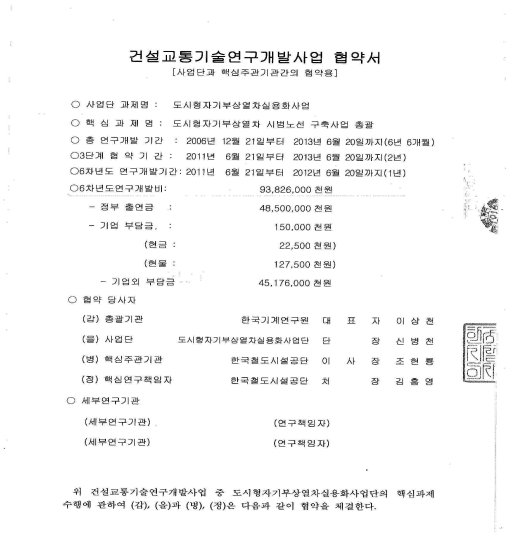
○ 공동연구기관

(공동연구기관) (주)브이씨텍 (연구책임자) 김 주 범

(공동연구기관) 유진기공산업(주) (연구책임자) 이 경 석

(공동연구기관) (주)한터기술 (연구책임자) 송 재 수

사업단-2핵심 협약서 표지



건설교통기술연구개발사업 협약서

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업

○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 시범노선 구축사업 총괄

○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2013년 6월 20일까지(6년 6개월)

○3단계 협 약 기 간 : 2011년 6월 21일부터 2013년 6월 20일까지(2년)

○6차년도 연구개발기간: 2011년 6월 21일부터 2012년 6월 20일까지(1년)

○6차년도연구개발비: 93,826,000 천원

- 정부 출연금 : 48,500,000 천원

- 기업 부담금, : 150,000 천원

(현금 : 22,500 천원)

(현물 : 127,500 천원)

- 기업외 부담금 45,176,000 천원

○ 협약 당사자

(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 이 상 천

(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천

(병) 핵심주관기관 한국철도시설공단 이 사 장 조 현 룡

(정) 핵심연구책임자 한국철도시설공단 처 장 김 홍 영

○ 세부연구기관

(세부연구기관) (연구책임자)

(세부연구기관) (연구책임자)

위 건설교통기술연구개발사업 중 도시형자기부상열차실용화사업단의 핵심과제 수행에 관하여 (갑), (을)과 (병), (정)은 다음과 같이 협약을 체결한다.

사업단-3핵심 협약서 표지

(2) 6차년도 중간연구결과 및 최종 연구결과 점검(연차평가)

(가) 개요

- 6차년도의 성과목표 달성도 및 7차년도 계획의 적정성을 판단하기 위하여 외부전문가를 평가위원으로 위촉하여 사업단 주관의 핵심/세부과제

자체평가 실시

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
6차년도 연구결과 평가 준비 총괄													3건
- 사업단 자체평가	・자체평가 개최 준비(1건) ・'12.5.15 자체평가(1건) ・'자체평가 결과보고(1건)												자체평가 관련 문서 (3건)
목표 달성율	100%												

(다) 자체평가 수행내역 및 결과

- 도시형자기부상열차실용화사업 6차년도 연차평가 실시('12.5.15 <10:20~18:00> , 인천 시범노선 건설현장 사무소)
- 외부평가위원과 내부평가위원을 위촉하여 각 핵심/세부과제별 6차년도의 성과목표달성도의 적정성 및 7차년도 계획에 대한 타당성에 대한 종합적인 평가 수행

(라) 결과물

- 6차년도 실적 및 7차년도 계획 자체평가 계획과 평가위원 위촉 문서
- 6차년도 자체평가에 따른 과제 계획서 및 실적서 관리 검토
- 6차년도 자체평가 보고

나. 도시형 자기부상열차 실용화사업 총괄관리

나-1. 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최

(1) 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회(사업성과보고회 건수)

(가) 개요 :

- 국토교통부 및 전문기관(건교평) 사업담당자들과 사업에 참여하는 연구자들이 객관적인 입장에 세부과제 연구진행 현황을 검토하며 개선 및 보완을 할 수 있는 기회를 마련하기 위한 중간성과보고회 개최
- 6차년도 핵심/세부과제별 연구성과 중간점검
- 효율적인 사업운영을 위해 일정 변경 등에 따른 RFP(안)에 대한 변경 등 운영위원회 안건 작성 제시

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회						----							1건
- 6차년도 중간성과발표회	·'11.12.22 중간성과 발표회 ·중간성과 발표회 결과보고												1건
목표 달성율	100%												

(다) 연구수행내역 및 결과

1) 중간성과 발표회

□ 중간성과 발표회 주요내용

- 2011. 12. 22(목) 한국기계연구원 대회의실에서 중간성과 발표회 개최
- 국토해양과학기술진흥원 미래철도사업실장 및 담당자와 사업단, 핵심/세부과제책임자 등 총 44명이 참석
- 사업목표/실적, 향후 추진일정, 주요현안사항 및 대책 등을 검토하여 6차년도 핵심/세부과제별 연구수행 현황에 대한 중간성과 점검
- 핵심/세부과제간 인터페이스 검토 및 조정과 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 협동심 고취
- 핵심 및 세부 과제당 30분(발표20분, 질의응답 10분)진행하였으며, 핵심과제별 별도 종합질의 및 응답시간을 통해 핵심과제 및 세부과제 6차년

도 연구 중간성과 등 발표.

□ 중간성과 발표회 결과

○ 중간성과 발표회 사진

<table>
<tr><td></td><td>
</td><td></td></tr>
<tr><td>사업단장 인사말</td><td>중간성과 발표자료</td><td>1핵심 책임자 발표</td></tr>
<tr><td></td><td></td><td>
</td></tr>
<tr><td>2핵심 책임자 발표</td><td>3핵심 책임자 발표</td><td>단체 기념 사진</td></tr>
</table>

[그림 152]중간성과 발표회 사진

2) 중간성과 결과보고

- 6차년도 중간성과 발표회를 통하여 각 과제별 계획서에 따른 당해연도 연구내용 수행현황 및 계획에 대한 점검
- 사업일정에 따른 과제별 주요 인터페이스 사안에 대한 조정 및 협의
- 당해년도 연구목표 및 연구내용에 부합한 연구실적 도출 여부 검토
- 분기보고서를 통한 지속적인 연구 진행현황 파악
- 전체 사업일정에 따른 세부일정(시범노선 건설공정, 차량제작 일정, 기계연 시험선시험 일정, 세부과제 일정)등과 연계한 주요 연구성과 도출여부 확인

□ 6차년도 중간성과 발표회 질의 및 토의사항(주요사항)

- 도시형자기부상열차실용화사업이 후반기에 이르렀으므로 성공적인 마무리가 될 수 있도록 협조
- 도시형자기부상열차실용화사업이 이번 사업으로 마무리 되는 것이 아닌 성과확산을 통한 국부창출이란 견해로 이해할 필요가 있으며, 이에 사업단에서는 현재 국내외 시장개척을 위해 노력하고 있음. 또한 도시철도에 관심 있는 국내외 지자체마다 인천국제공항의 시범노선을 주시하고 있는 만큼 서로 협력하여 성공적인 성과가 이루어 질 수 있도록 협력

- 차량기지 차량 반입 및 시운전 관련 각 핵심과제간 인터페이스 체계적인 협의
- 유지보수 매뉴얼 작성 및 제공 관련 사항
- 분기기의 경제성 확보방안 관련

□ 결과물

- 6차년도 중간성과발표회 개최결과 보고자료

나-2. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

(1) 사업진도관리(사업단장-핵심과제책임자 회의 개최)

(가) 개요

- 6차년도 연구사업 진행중 발생하는 핵심 및 세부과제간 주요현안 및 인터페이스 미결 사항에 대하여 사업단이 주관으로 조정회의 진행
- 연구사업 일정을 고려한 진도 미진 과제에 대한 집중관리 및 주요 현안 사안에 대한 처리결과들이 확인 되도록 추적관리 시행
- 과제간 휴먼 인터페이스 의한 상호 협조체계가 구축 되도록 유도

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업단장-핵심과제책임자 회의 등 개최	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	총 5건
	————	————			————	————		————					
- 사업단장-핵심과제책임자 회의	・'11. 7. 8(24차) ・'11. 9. 15(25차) ・'11. 12 8(26차)												회의결과 3건
- 6차년도 인터페이스 조정회의 제16차Workshop	・'11. 7. 26~27(제16차)												회의결과 및 발표자료 2건
목표 달성율	100%												

(다) 회의개최 실적 및 결과

1) 사업단장-핵심과제책임자회의(3건)

가) 제24차 사업단장-핵심과제책임자 회의('11년 7월 8일)

□ 회의일시 : '11.07.08 (14:00~17:20)

□ 장　　소 : 기계연 간부회의실

□ 주요회의내용

- 도시형자기부상열차 러시아 시장진출 추진 건
- 운영기관 인력 종합시운전 참여방안
- Maglev 2011 후원계획

나) 제25차 사업단장-핵심과제책임자 회의('11년 9월 16일)

□ 회의일시 : '11. 9. 16

□ 장　　소 : 서면 회의

□ 주요회의내용

○ 시범노선 본선 궤도구조의 모노블럭으로의 단일화 방안 검토.

- 인천국제공항공사의 궤도구조 단일화(모노블럭 적용)에 대한 핵심과제별 검토의견 수렴 결과 요청안으로 적용하도록 결정
- 모노블럭 적용시 조합을 이루는 거더구조인 PSC 박스의 적용에 따른 설계변경 관련 사항은 3핵심에서 처리

다) 제26차 사업단장-핵심과제책임자 회의('11년 12월 8일)

□ 회의일시 : '11.12.08 (14:00~17:20)

□ 장　　소 : 기계연 세미나실

□ 주요회의내용

- 연속주행시험 결과 중간보고
- 시험선 시험 결과가 반영된 설계변경사항
- 차량-통신분야간 인터페이스 현안 진행사항 보고
- 종합시운전 용역관련 추진현황 보고

2) 6차년도 인터페이스 조정회의 & 제16차 Workshop(2건)

□ 회의일시 : '11. 7. 26 ~ 27 (2일간)

□ 장　　소 : 인천국제공항공사 인재개발원

□ 주요회의내용

○ 6차년도 핵심/세부과제별 연구계획 발표 및 토의

- 사업목표, 추진일정, 주요현안 및 대책 등
- 핵심/세부과제간 인터페이스 사항 발표

(전년도 미해결사항 포함)

○ 시범노선 구축분야 CDR 결과보고 및 검토

○ 자기부상열차 시험선 시험결과 발표
- 시제편성 시험선 시험결과 요약
- 시험선 주행에 따른 시험선 시설물 관련사항 검토
○ 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 조정

(2) 핵심/세부과제 진도관리(분기보고서)

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 6차년도 분기별 각 과제들이 작성한 진도보고서 검토를 통해 진도 관리, 연구개발 현황 파악 및 진도보고서 전문기관에 제출
- 1, 2, 3 각 핵심과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
핵심/세부과제 진도관리													34건
- 진도보고서(분기보고서)	.'11. 10월 1분기 보고서 제출 .'12. 1월 2분기 보고서 제출 .'12. 3월 3분기 보고서 제출												진도보고서 20건
- 핵심과제 공정회의 참석	.'11. 8. 23 1핵심 공정회의 .'11. 11. 2 1핵심 공정회의 .'12. 1. 31 1핵심 공정회의 .'12. 2. 28 1핵심 공정회의 .'12. 3. 22 1핵심 공정회의 .'12. 4. 21 1핵심 공정회의 .'11. 7. 7 3핵심 공정회의 .'11. 8. 11 3핵심 공정회의 .'11. 10. 6 3핵심 공정회의 .'12. 1. 10 3핵심 공정회의 .'11. 11. 10 3핵심 공정회의 .'12. 1. 10 3핵심 공정회의 .'12. 2. 23 3핵심 공정회의 .'12. 3. 15 3핵심 공정회의												14건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 진도보고서(분기보고서)

- 각 핵심/세부과제별 1/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출(‘10년 10월 1/4분기 보고서 제출)
- 각 핵심/세부과제별 2/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출(‘11년 1월 2/4분기 보고서 제출)
- 각 핵심/세부과제별 3/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출(‘11년 3월 3/4분기 보고서 제출)

가) 진도보고서 결과(20건)

- 6차년도 1/4분기 진도보고서
- 6차년도 2/4분기 진도보고서
- 6차년도 3/4분기 분기보고서
- 6차년도 진도보고서 전문기관(국토해양과학기술진흥원) 연구관리시스템 입력



[그림 153]전문기관 연구관리시스템 입력 결과

2) 각 핵심과제 공정회의 참석 및 진도관리

- 핵심/세부과제별 업무 진행현황을 파악하기 위해 각 핵심과제 공정회의에 참석
- 6차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리
- 현안사항 및 타과제 인터페이스 사항 사업단장-핵심책임자 회의 안건상정 조치

가) 각 핵심과제 공정회의 참석 결과(14건)

No	핵심구분	공정회의 일정	장소
1	1핵심	'11. 8. 23	한국기계연구원(대전)
2	1핵심	'11. 11. 2	한국기계연구원(대전)
3	1핵심	'12. 1. 31	한국기계연구원(대전)
4	1핵심	'12. 2. 28	한국기계연구원(대전)
5	1핵심	'12. 3. 22	한국생산기술연구원(안산)
6	1핵심	'12. 4. 21	KTL(안산)
7	3핵심	'11. 7. 7	시범노선 현장(인천공항)
8	3핵심	'11. 8. 11	시범노선 현장(인천공항)
9	3핵심	'11. 10. 6	시범노선 현장(인천공항)
10	3핵심	'12. 1. 10	시범노선 현장(인천공항)
11	3핵심	'11. 11. 10	시범노선 현장(인천공항)
12	3핵심	'12. 1. 10	시범노선 현장(인천공항)
13	3핵심	'12. 2. 23	시범노선 현장(인천공항)
14	3핵심	'12. 3. 15	시범노선 현장(인천공항)

나-3. 도시형자기부상열차실용화사업 기술분야 총괄관리

(1) 기술분야 총괄관리(기술분야 검토)

(가) 개요

- 총괄과제에서 수행하는 기술검토의 내용은 과제별 인터페이스 관리, 핵심/세부과제 이슈사항 분석/조정, 관련기관(국토교통부, 전문기관, 대전시 등 국내외 수요기관 등) 업무수행 지원, 전문기관 연구관리시스템 운영 지원 등이다.
- 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합연구는 각 핵심 및 세부과제 단위에서 수행하는 연구과정에서 발생하는 인터페이스사안 중 사업단 단위에서 검토 및 협의하여야 할 사항에 대하여 자체검토 및 회의주

관을 수행하기 위한 기술검토, 해당 인터페이스 사항에 대한 연구결과 종합을 수행하는 연구로서 진행되었다.

- 시제차량 성능시험 지원은 기계연구원 시험선로에서 시험중인 차량의 원활한 성능시험이 가능하도록 시험선로를 관리하는 기계연구원과의 협의 및 시설물의 문제점에 대한 기술검토를 수행하였다.
- 핵심/세부과제 연구수행 지원은 각 핵심 및 세부과제로부터 제기되는 문제에 대하여 회의주관, 전문기관 및 국토교통부 협의 지원 등을 통하여 연구의 적기성 및 상위기준과의 연계성이 확보되도록 하였다.
- 관련기관 업무지원은 국토교통부 및 국토해양과학기술진흥원(전문기관) 등 상위기관으로부터 제기되는 각종 기술검토사항에 대하여 핵심/세부과제별 업무분장 및 요청, 기술검토 결과취합, 자체 기술검토 등을 통하여 상위기관의 연구수행 관리가 원활하도록 하였다. 또한, 자기부상열차의 성과확산을 위하여 국내외 지자체 및 수요기관의 기술 검토요청에 대한 대응을 효과적으로 시행한 결과이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화사업 기술분야 검토	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	- - -	기술검토서 (36건)
	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	
- (1) 과제별 인터페이스 관리	· 차량-신호분야 인터페이스협의체 수행(4건) · 핵심과제간 인터페이스 관리(1건) · LCC 수행 범위 및 방안 관리(6건) · 차량 내부 무선인터넷 CCTV 설치 관련 회의 등(10건)												21건
- (2) 기술분야검토	· 종합시험운행 용역설계서 검토(1건) · 열차제어시스템 변경제작승인도 검토(1건) · 도시형자기부상열차 및 시설 표준규격(안) 검토(1건) · 시범노선 건설 및 열차제어시스템 제작 현장점검 실시(1건) · 차량제작 현장점검 실시(1건) · 분기기구간 속도센서 시험 실시(1건)												6건
- (3) 핵심/세부과제 연구수행지원	.LCC 분석을 위한 궤도분야 데이터 작성 지원(1건)												1건

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화사업 기술분야 검토													기술검토서 (36건)
- (4) 시운전 준비관리	·종합시험운행을 위한 기관사 및 관제사 투입 시기 검토(1건) ·종합시험운행계획 검토회의(1건)												2건
- (5) 관련기관업무지원	.대전도시철도2호선 우선적용필요성 검토(1건) .도시형자기부상열차 시스템의 안전성, 신뢰성, 경제성 검토(1건) .대전도시철도 2호선 예비타당성 조사 관련 자료 작성 및 제공(1건) .대전도시철도 2호선 관련 국토부 회의자료 작성 및 보고(2건) .미래도시철도 기술분야 질적평가 보고서 작성 제출(1건)												6건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 과제별 인터페이스 관리

가) 차량-신호분야 인터페이스협의체 수행

□ 관리개요 :

- 차량-신호분야간 인터페이스 조정을 위한 인터페이스협의체 시행(4회 실시)

① 1차 회의결과

- 회의일시 : '11.8.22
- 장 소 : 한국철도시설공단 603회의실
- 주요 회의내용

· 신호-차량간 속도신호 검출 및 제공 방식 협의

· 차량하부 신호시스템용 안테나 배치 방안 협의

· (속도검출 해상도 차이에 따른 정량적 영향 제시) 속도검출의 해상도 차이로 인해 예상되는 문제점으로 지목된 인버터 제어의 안정성 및 성능 저하와 관련한 정량적 영향(정위치 정차의 범위 증가, 승객의 승차감 변화 등)에 대해서 시뮬레이션하고 그 결과를 1주일 이내('11.8.29일

까지)사업단으로 제출(현대로템 Action 사항). 단 정위치 정차의 영향에 미치는 검토는 인버터 영향 데이터를 현대로템에서 제공받아 대우엔지니어링에서 실시

- (최저 인식 속도 차이 검토결과 제시) 현대로템이 설명한 최저 인식 속도 14.28kph와 대우엔지니어링에서 제시한 3.6kph와의 차이에 대한 검토 결과를 1주일 이내('11.8.29일까지) 사업단으로 제출(대우엔지니어링 Action 사항)
- (대안 제시) 현대로템과 대우엔지니어링은 속도검출 방안 및 안테나설치 관련 인터페이스를 해소할 수 있는 합리적이고 수용가능한 수준의 대안을 협의/검토/마련하여(장단점 분석 포함) 그 결과를 1주일 이내('11.8.29일까지) 사업단으로 제출(현대로템 및 대우엔지니어링 공동 Action 사항)

② 2차 회의결과

- 회의일시 : '11.9.27
- 장 소 : 국토해양과학기술진흥원 회의실
- 주요 회의내용

- 도시형자기부상열차 속도검출 및 시스템 운영개선 방안 검토
- 차상 안테나 설치 인터페이스 검토
- 차상안테나 설치 인터페이스는 2핵심 및 3핵심(대우엔지니어링 포함)이 협의하여 2011년 9월 30일까지 상호 합의된 방안을 사업단으로 제출
- 속도검출 개선1안 및 개선2안의 비교 결과 개선 1안은 개선 2안에 비하여 소요 기간 및 비용 대비 성능개선 효과가 작으므로 사업일정 영향이 없는 개선 2안을 개선 안으로 검토
- 기 제시된 기존안 대비 개선2안의 개선효과는 사업비 6.5억원의 추가 투입의 당위성 제공에 부족함이 있으므로 잠정적으로는 기존안을 유지하고 일부 제기된 문제 가능성에 대해서는 잔여 연구 기간에 이를 해소할 수 있도록 함. 다만, 차상안테나 설치 인터페이스 해결여부, 곡선부 도플러센서 대항면 미설치 가능성 및 개선효과의 종합정리결과 확인까지 그 결정을 유보함

③ 3차 회의결과

- 회의일시 : '11.10.12
- 장 소 : 한국기계연구원 회의실

- 주요 회의내용

· 도시형자기부상열차 속도검출 및 시스템 운영개선 방안 검토

· 차상 안테나 설치 인터페이스 검토

· 차량시스템과의 인터페이스가 검증된 속도검지장치(도플러센서)를 활용함으로 시운전중 인터페이스 리스크 감소, 시스템 안정화 기간 최소화로 우리 사업 목표달성을 위한 문제발생 요인 사전 제거, 시스템 가용성 개선, 유지보수비 절감, 시스템 안정성 확보 및 정위치 정차 성능(정밀성 및 안정성) 개선, 승차감 개선 등의 개선효과가 있으며, 곡선부에 별도의 대항면 설치가 불필요한 것으로 검토되어 도플러센서를 추가 적용하는 것(개선2안)으로 결정

· 또한, 열차제어시스템 소요비용(74,245,000원)은 3핵심의 열차제어시스템 구매설치 용역비 범위내에서 처리하고, 차량시스템 소요비용(156,800,000원)은 2핵심의 연구비 범위내에서 처리하고 일부 추가 공사비 발생의 경우는 3핵심의 공사비 범위내에서 처리하기로 결정

④ 4차 회의결과

- 회의일시 : '11.10.27

- 장　　소 : 한국기계연구원 회의실

- 주요 회의내용

· 차상 안테나 설치 인터페이스 검토

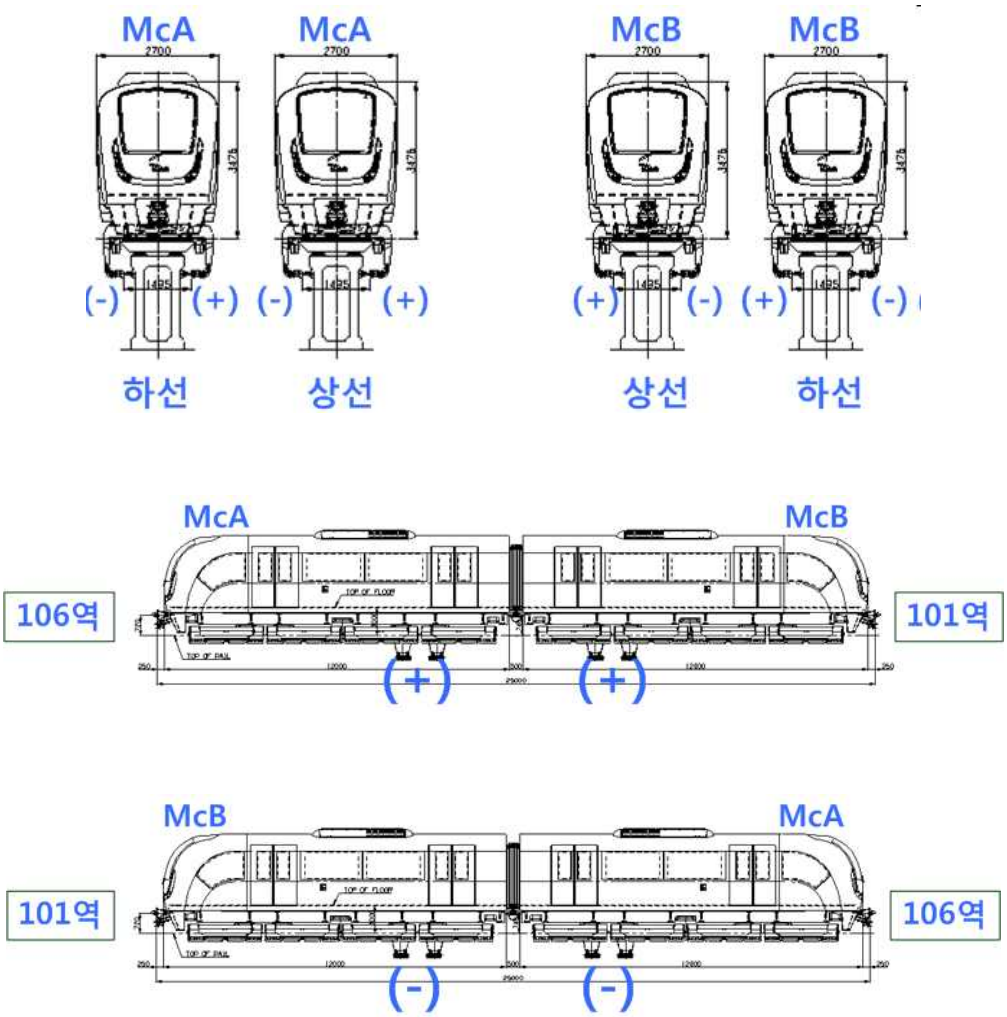
· 차상 안테나 설치 인터페이스는 속도검출안테나 수량 축소안에 대해 3핵심 주관으로 실시한 검토 내용이 지난 회의 시 추가검토요청된 사항인 타노선 적용사례, 고장검지방안, 가용성확보 방안 및 안전성인증 획득방안을 검토 한 결과 문제가 없음이 확인되었으므로 속도검출안테나 2개 설치에서 1개 설치로 변경

· 분기기구간 도플러센서 대항면 설치 대안 발굴을 2핵심에서 시험(기계연 시험선 분기기에 현재 적용된 대항면을 탈거한 후 현재 도플러센서 설치상태로 주행하는 시험과 전차선 방향으로 도플러센서 설치상태로 주행하는 시험의 두가지 시험)을 시행(사업단 협조)하여 효과적인 결과 도출시 이를 시범노선에 적용

· 3핵심은 효과적 대안 발굴 시 적용토록 분기기 대항면 설치 공사를 사업일정에 영향이 없는 한 유보

· 전차선극성 및 차량방향은 2011년 6월 실시한 2핵심과 3핵심간의 분야

별 인터페이스 회의 결과에 의거 아래와 같이 확정



[그림 154]전차선 극성 관련 인터페이스 결과

- 차상 안테나 4개의 설치 위치에 대해서는 2, 3핵심이 별도 협의하여 확정
- 열차제어시스템 관제설비 공장검사는 2011년 11월 말 예정이며, 차상설비 공장검사는 2011년 12월 말(환경검사 별도 실시)예정이므로, 2011년 7월 20일 실시한 현장점검 마무리(계획 대비 실적 공정 확인)를 11월말 공장검사시에 병행 실시

나) 핵심과제간 인터페이스 관리(1건)

□ 관리개요 :

- 2핵심과제와 1핵심과제 및 3핵심과제 간의 지연 인터페이스 사항에 대해 조정 실시

□ 회의결과

- 회의일시 : '12.3.5
- 장　　소 : 사업단 회의실
- 주요회의내용

· 시험선 시험결과가 반영된 설계변경사항 협의 : 2핵심에서 정리하여 1핵심에 제공함

· 공진발생이 예상되는 주파수대 협의 : 2-3과제에서 정리하여 1, 3핵심과제에 제공

· 차막이시설 인터페이스 협의 : 2핵심에서 정리하여 1, 3핵심에 제공

· 부상용센서 및 제동패드 점검/설치용 레일절취 인터페이스 협의 : 2핵심에서 정리하여 1, 3핵심에 제공

· 도플러 센서 시험선 분기기구간 시험 후속 조치 협의 : 1핵심 및 사업단에서 기계연 시험선의 분기기구간에 대한 도플러센서 시험을 별도로 시행하여 별도의 대항면 설치는 불필요한 것으로 결론

다) LCC 수행 범위 및 방안 관리

□ 관리개요 :

- 1-2과제의 LCC 수행과 관련하여, 3핵심과제의 각 서브시스템의 LCC 데이터 제공 범위 및 방안에 대해 조정 실시

□ 1차 회의결과

- 회의일시 : '11.8.4
- 장　　소 : 한국철도기술연구원 회의실
- 주요회의내용

· RAMS 수행 대상서브시스템의 LCC 분석은 KRRI모델 적용

· 3핵심에서 REMAIN 모델 적용이 가능한 서브시스템을 분류하고 작성항목별 장애사항을 확인하여 대안을 모색하기로 함

· KRRI모델 및 REMAIN 모델에 의한 LCC데이터 산출이 불가능한 서브시스템에 대한 대책은 별도 협의(사업단, 1핵심, 3핵심, 1-2세부)

□ 2차 회의결과

- 회의일시 : '11.8.30
- 장　　소 : 한국기계연구원 간부회의실
- 주요회의내용

· LCC 분석은 각 시스템(설비, 장치, 구성품 등 포함)의 시험 데이터, 운영 및 유지보수 데이터 등의 장기간(수십년 이상)의 축적된 기술데이터(노하우)를 기반으로 수행하여야 분석 결과가 실제 LCC비용에 근접한 신뢰성이 보장된 예측이 되겠지만, 국내의 철도분야 인프라는 그러한 축적된 기술데이터 확보에 한계가 있는 현실적인 문제가 있음
· 이러한 신뢰성 있는 데이터 구축을 위해서는(기존에 구축된 기술데이터가 없는 경우는) 해당분야 전문가(엔지니어)의 판단에 따른 추정치를 시작으로 예측하고 향후 운영기관 등에서 운영과정에 운영/유지보수 실적 데이터로 보완하여 점진적으로 신뢰성 있는 LCC 분석 결과에 도달하는 등의 대안을 고려하여,
· 사업단/1핵심에서 궤도분야에 대한 LCC 데이터를 작성(엔지니어의 추정 포함)하여 REMAIN 모델로의 적용성 검토 후 향후계획 별도 협의

□ 3차 회의결과

- 회의일시 : '11.11.16
- 장 소 : 사업단 회의실
- 주요회의내용

· 1-2과제에서 제시한 REMAIN 모델 양식을 사용하여 궤도분야의 LCC 데이터를 작성해본 결과 구성품별 고장율(RAM 데이터) 없이는 제시된 양식에 적합한 데이터 작성이 불가능하며, 그 외 분야도 상당부분 작성에 어려움이 있는 것으로 확인됨
· 추가 검토 진행 전에 1-2과제와 RAMS 대상외 분야에 적용하기에 적합한 모델로의 간략화 가능성 등 향후 연구 방향에 대한 근본적인 협의 필요

□ 4차 회의결과

- 회의일시 : '11.11.16
- 장 소 : 사업단 회의실
- 주요회의내용

· 시스템 명칭에 대해서는 1-2위탁과제에서 1-1과제 성과물인 PBS로서 제시하나 LCC 데이터 작성자가 PBS, WBS 또는 작업 프로세스 중 작성에 용이한 방안을 선택하여 적용
· 궤도분야에 대해 사업단, 1핵심, 1-2세부(위탁) 간에 기존 합의에 따라 1-0과제 및 사업단에서 LCC 데이터를 작성하고, 작성양식 각 필드에

대한 의문사항은 1-2위탁에서 설명하며, 완성된 작성 데이터를 3핵심과제를 대상으로 설명회를 개최 예정

· 궤도분야 작성 데이터는 2011년 11월 30일 오전 11시에 철도연에서 개발된 LCC 소프트웨어 패키지에 입력 하면서 검토 예정 (필요시 LCC 계산모델 수정)

□ 5차 회의결과

- 회의일시 : '11.11.30
- 장　　소 : 한국철도기술연구원 회의실
- 주요회의내용

· LCC 데이터 수집의 편의성을 위해 궤도분야에 대한 LCC 데이터 수집 양식의 항목을 줄이는 것으로 함. 단, 금번 회의 결과로 확정된 LCC 데이터 수집 양식은 분석 대상 시스템의 LCC 데이터 수준에 따라 변경될 가능성이 있으므로 잠정적으로 사용될 것이며, 최종 LCC SW와 연관된 최종 LCC 데이터 수집 양식 및 계산 모델 확정은 2012년 2월28일까지 1-0, 1-2(세부)와 협의를 통해 최종 결정하는 것으로 함.

· 2012년2월28일까지 변경된 LCC 데이터 수집양식을 가지고 1-0에서 3-0과제를 통해 수집된 LCC 데이터는, 기존에 개발된 LCC SW를 사용한 분석을 위해 1-2(위탁)에서 기존 LCC 데이터 수집 양식으로 변경하여 분석하는 것으로 함. 1-2(위탁)에서는 2012년2월28일 이후에 변경된 양식을 반영한 LCC SW 코딩을 시작

· LCC 데이터 수집을 위해 1-2(위탁)은 11월30일 회의결과로 변경된 LCC 데이터 수집 양식에 11월22일에 결정된 사항을 반영(1-1과제에서 작성된 PBS를 반영)하여 공문으로 1-0(핵심)과 1-2(세부)로 보내주는 것으로 함.

· LCC 데이터 수집을 위해 1-0(핵심)에서는 3-0(핵심)과제와 협의를 통해 11월30일 회의와 유사한 1~2종류의 차량외 시스템에 대한 LCC 사례분석 회의를 준비할 것이며, 1-2(세부)와 1-2(위탁)에서는 이에 대해 협조하며, 궁극적으로 전체 시스템에 대한 LCC 데이터 수집 및 분석을 진행해 나가는 것으로 함

□ 6차 회의결과

- 회의일시 : '11.12.8
- 장　　소 : 한국기계연구원 회의실

- 주요회의내용

· 차량, 신호, 분기기, PSD, 제3궤조, 양방향 무선데이터 통신설비 등 RAMS 수행대상 시스템은 RAM 데이터를 활용한 KRRI 모델을 적용하여 LCC 분석

· RAMS 대상외 시스템의 LCC 데이터작성을 위해서는 해당분야별로 별도 용역 시행이 필요하나, 추가 용역 시행에 따른 비용적인 측면, 시기적인 측면(현재 6차년도 중반) 및 궤도(거더 포함) 시스템 이외에는 자기부상열차 특화분야가 아닌 일반분야라는 점을 고려하여 우리사업의 LCC 분석 대상에서 제외

· 1-2과제에서 기 개발한 REMAIN 모델을 실제 LCC 데이터 입력을 통해 검증할 필요가 있으며, 향후 자기부상열차 시스템의 해외 수출 시장 진출을 고려하면, 자기부상열차 시스템 특화분야에 대한 국제적 수준의 LCC 분석은 필요하므로 KRRI 모델 적용 시스템에 유일하게 포함되지 않은 궤도(거더 포함) 시스템에 대해 사업단 차원의 집중적인 LCC 데이터 지원협조를 통해 REMAIN 모델을 적용하여, 자기부상열차 특화분야들은 LCC 분석을 완료하고, REMAIN 모델의 적용성 또한 검증될 수 있게 함

□ 결론

- 차량, 신호, 분기기, PSD, 제3궤조, 양방향 무선데이터 통신설비 등 RAMS 수행 대상 서브시스템은 KRRI모델을 활용하여 분석
- 궤도시스템은 사업단에서 협조하여 REMAIN모델을 활용하여 분석
- 그 외 RAMS 수행 대상 외 서브시스템은 우리사업의 LCC 분석 대상에서 제외

라) 차량 내부 무선인터넷 CCTV 설치 관련 회의

□ 회의일시 : ‘11. 8. 18

□ 장　　소 : 사업단 회의실 및 시제차량

□ 주요회의내용

○ 차량내부에서 Wi-Fi를 설치할 수 있는 위치 결정

- 인천국제공항공사에서 도시형자기부상열차 이용 승객들이 차량내부에서 무선인터넷(Wi-Fi)를 사용할 수 있는 환경 마련 요청에 따라, 차량내에 통신장비를 제공할 수 있는 설치위치 및 배선관련 협의 수행.

- 인천국제공항공사에서는 자기부상열차 개통에 따른 공항 이용객들에게 관광 코스를 소개하고 볼거리와 먹을거리 등의 콘텐츠를 에플리케이션으로 제작하여 고객들에게 제공할 계획을 가지고 있어 차량내부에 무선인터넷 환경이 필수적임을 설명.
- 통신설비는 이동통신사에서 제공하며, 차량에서는 설치장소만 제공하는 형태로 진행되며, 통신설비 돌출로 인한 내부인테리어 손상을 미연에 방지하고자 차량제작시 반영하고자 하였지만 부재 추가 등에 따른 차체 설계변경 등의 어려움이 있어 차량 후면 좌우상단(배전반 및 신호장비 설치 장소 위쪽)에 최소한의 돌출이 될 수 있도록 이동통신사에서 제작하여 제공하기로 함. 설치시기 또한 2013년인 만큼 더 컴팩트한 사이즈로 제작이 가능할 수도 있으므로 현재 시제차량에 설치되어 있는 화재경보기 위치를 변경하여 설치 위치 확보하는 것으로 협의 완료

○ CCTV 설치

- 인천국제공항 시범노선에서 운영되는 자기부상열차는 무인운전으로 운행되므로 사령실에서 차량 전방을 주시할 수 있도록 차량에 전방확인용 CCTV 설치 요청.
- 차량에 설치되어 있는 CCTV는 회전 및 줌인, 줌아웃 기능이 있는 설비로서 돌출되지 않은 부분의 크기 때문에 차량전두부에 설치하기에는 어려움이 있고, 다른 종류의 CCTV는 소프트웨어 호환성 및 검증에 어려움이 있음. 현재는 전두부에 설치할 수 있는 차량내부 CCTV와 호환성 있는 CCTV에 대한 자료를 조사중에 있음.
- 또한, 전두부 CCTV 설치시 유리면의 곡면이 심해 난반사로 인한 실효성도 저하 될 것으로 판단됨.
- 차량의 통신장비를 담당하는 협동연구기관인 한터기술로 부터 전두부 CCTV 설치 가능 여부 검토 확인 예정

마) 대전2호선 자기부상열차 적용에 따른 소음/전자파 측정관련 회의

□ 회의일시 : ‘11. 8. 19

□ 장　　소 : 사업단 회의실

□ 주요회의내용

- 소음측정에서 최대치 측정보다 환경기준검토에 적합하도록 평균치를 측정하도록 하며, 기계연 소음팀의 장비를 제공하여 측정의 정밀도를 높이

는 것으로 함

- 이와는 별도로 환경성 검토업체의 간이 소음측정기를 참고로 측정
- 사전환경성 검토에서 전자파측정은 선로의 설치 및 차량의 통과에 따른 전파장애 등을 측정하는 것으로 자체 측정기를 통하여 영향만 측정할 예정임
- 차량의 주행은 매 5분 간격으로 1시간 연속주행 (대전시 첨두시 열차 시격 적용)

□ 측정결과

○ 소음측정 결과

- 최대 소음 : 64~65 dB(A) 기록

※ 주변 매미 소음도가 67 ~ 72 dB(A)로서 차량의 통과소음이 더 작은 것으로 확인(매미 소리가 없는 상태에서 주행하도록 조치)

○ 전자파 측정결과

- 차량 통과 전후 전자파 영향 없음

바) 도시형자기부상열차 성능시험계획 관련 회의

□ 회의일시 : '11. 10. 17

□ 장　　소 : 사업단 회의실

□ 주요회의내용

○ 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준 부합 검토

- 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준(국토교통부 고시 제2011-413호)에 부합한 작성검토

○ 세부 시험항목별 시험실시 방안에 대한 확인

- 구성품시험, 완성차시험, 본선시운전시험의 세부 시험항목 관련 1-3과제에서 작성된 절차서 부분과의 연관성에 대한 확인.
- 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준 별표 오타 수정.

○ 시험방법 및 절차 관련

- 국내 처음으로 개발된 차량에 대한 성능시험이고, 기계연 성능시험센터에서도 성능시험자로서 처음 업무에 임하는 만큼 충분한 사전조사 및 참고자료 확인 필요.
- 본선시운전 일정의 경우 시범노선 종합시운전과 교차하여 성능시험을 수행하는 만큼 상호 일정 관리 철저 필요.

사) 도시형자기부상열차 편입용지 관련 회의

□ 회의일시 : ‘11. 11. 25

□ 장　　소 : 시범노선 건설현장 상황실

□ 주요회의내용

- 기존 버스정류소를 이전하지 않는 범위내에서 하얏트리젠시 인천호텔측과 재협의 할 수 있는 추가대안을 작성하여 협의를 추진하되, 협의가 이루어지지 않을 경우「공특법」에 의한 토지수용을 위하여 수용절차에 필요한 사전준비(편입용지 토지조서에 이해관계인 기재 및 고시) 등 2가지 방안을 병행 추진
- 철도공단(시공사)에서 ‘11. 12.2(금)까지 추가대안을 마련하여 사업단에 제출(기존 교통영향평가 및 경관심의 변경에 따른 후속조치의 난이성 등 검토 포함)
- 사업단에서는 시범노선 편입용지의 토지조서(도시철도법에 의한 사업계획 변경 고시를 위하여 철도공단에서 작성한 편입용지)에 이해관계인을 기재하여 회신토록 공항공사에 요청
- 공항공사에서는 사업단에서 요청한 시범노선 편입용지의 토지조서에 공항공사와 임대차 등 편입용지와 이해관계가 있는 관계자를 기재하여 사업단에 통보
- 철도공단에서 추가 대안이 제출될 경우 이를 토대로 관계기관 회의 개최

아) 시범노선 시설규모 조정 및 후속과제관련 회의

□ 회의일시 : ‘11. 12. 22

□ 장　　소 : 한국기계연구원 나노사업단 회의실

□ 주요회의내용

- 철도공단은 제기된 시설규모 조정방안에 대하여 상세검토를 운영기관과 협의하여 제시
- 공항공사는 시설분야추가사항이 있는 경우, 우선 철도공단과 협의를 시행하고 결과에 따라 협의회 안건으로 상정되도록 조치

자) 도시형자기부상열차 편입용지 관련 3차 회의

□ 회의일시 : ‘12 1. 12

□ 장　　소 : 시범노선 건설현장 상황실

□ 주요회의내용

- 철도공단(시공사)은 변경1안을 토대로 기둥 규격·위치 및 버스베이 및 차로 폭 조정, 계단 연장 조정(에어조이 사용용지가 편입되지 않도록)등 보완 안을 조속히 작성, 인천국제공항공사에 송부하여 민원인과 협의할 수 있도록 조치
- 공항공사는 철도공단(시공사)에서 작성한 변경1안의 보완안을 가지고 하얏트 호텔측과 협의하되, 협의시 용지경계선에 대하여도 명확히 하여 협의하고 협의될 경우 협의결과를 공문으로 받아 철도공단에 송부하도록 조치
- 사업단은 철도공단(시공사)에서 변경1안 보완안을 제시하면, 국토부 교통영향평가 담당(광역도시교통과)와 신고로서 가능한 사항인지 사전 협의

차) 도시형자기부상열차 차량 댐퍼 설치 조정 회의

□ 회의일시 : ‘12 1. 31

□ 장　　소 : 사업단 회의실

□ 주요회의내용

- 2-3과제(열차주행특성 및 승객 안전성 향상 연구) 보고서『‘도시형자기부상열차 주행특성 및 승객안전성 향상’ 2단계 실적보고서 [2011.9] pp.12~13』에는 차간 댐퍼를 적용하면 “저속의 작은 반경을 가진 조건에 유리하다고 판단할 수 있다.”로 시뮬레이션 결과가 도출되었고, 시험선 시험을 통해서도 승차감 개선 효과가 있는 것으로 되어 있음
- 그러나, 댐퍼의 특성상 운행선로 선형의 형태 및 차량 속도 변화에 따라 최적의 승차감을 위한 댐퍼의 규격(댐핑계수 등)이 변경될 수 있으며 차간 댐퍼를 시험한 기계연 시험선의 선로 및 운행 조건이 인천공항 시범노선의 선로 및 운행 조건과 상이하므로 댐퍼의 규격이 달라질 수 있는 것으로 판단됨.

※『‘도시형자기부상열차 주행특성 및 승객안전성 향상’ 2단계 실적보고서 [2011.9] pp.12~13』에 따르면 “고속인 80km/h에 큰 반경인 800m조건에서는 댐퍼가 설치되지 않는 조건이 좋은 결과를 보이고 있다.”는 시뮬레이션 결과가 도출 되었음.

- 따라서, 시범노선 선로 및 운행 조건에 따른 최적의 차간 댐퍼 규격을 설정해서 양산차량에 설치하기 위하여 기 승인된 'Maglev 실용화사업(국책) (6량) 차간 댐퍼 부품규격서(문서번호:REDE113744, 승인일:2011.5.3)'는 승인 목록에서 제외하고 관련도면은 수정하여 재승인 받아 차량제작시 반영하지 않도록 하되, 차량 본선 시운전시 시범노선의 선로 및 운행조건을 반영한 최적의 차간 댐퍼의 규격을 정하여 설치토록 함.

※'자기부상열차 동특성 해석보고서(문서번호:REDE113578 승인일:2011.11.16) pp.18~19'의 시범노선 차량 운행 시뮬레이션 결과에 기술되었듯이 차간 댐퍼 없이도 차량성능이 설계요구조건(RFP)을 만족하는 결과가 도출되었으나, 승차감을 보다 개선하기 위해 본선 시운전 과정에서 차간 댐퍼를 설치하고자 하는 것임.

카) 도시형자기부상열차 시범노선 선로 검측관련 회의

□ 회의일시 : '12 3. 13

□ 장 소 : 사업단 회의실

□ 주요회의내용

○ 선로검측 방안

- 자기부상열차 선로 검측은 일반 철도에서 적용하는 선로검측 (인력에 의한 현거측정) 방안과 크게 틀리지 않은 것으로 판단됨
- 궤도 공사시방서에 제시된 검측개소 및 검측 간격에 따라 선로 검측을 시행하여 결과를 제시하여 준공성과로 제시 (전구간 측정)
- 향후 시험운행 기간동안 발생가능한 차량과의 인터페이스 문제(수동검측에 따른 신뢰성 확보 등)발생에 대비하여 선로검측기의 적용을 검토하여야 함
- 우선 자기부상열차용 검측기 제작이 가능한 업체를 GS에서 접촉하고 검측결과에 대한 검증이 가능한지 확인
- 확인결과에 업체에서 검증이 불가능할 경우 한국기계연구원에서 보유중인 선로검측기를 개조하여 사용하는 방안를 향후 검토하기로 함

○ 도플러 센서 대항면 방안

- 분기기 구간 측면에 도플러센서 대향면 설치에 따른 기술적인 문제 는 없으나, 공사방법의 확정 및 공사를 위한 기간의 확보가 필요함
- 궤도공사팀이 8월까지는 상주 하므로 공사의 진행은 가능하며, 4월 이전

에 공사방법을 확정하여 필요한 절차 (설계변경이 필요하면 행정절차 이행 기간)가 이루어 지도록 협조 필요함
- 사업단에서 3월 말까지 시공방법을 2핵심과 협의하여 3핵심으로 제시

타) 시험선 자기부상열차 전력사용량 산정을 위한 시험 및 협의 회의

□ 회의일시 : '12 3. 30
□ 장　　소 : 사업단 회의실
□ 주요회의내용
- 차량 추진없이 부상/착지를 통해 전력 소모량 측정
- 차량이 시험선 1회 왕복시 소모되는 전력량 계측
- Master Controler의 Notch 변화, 즉 운행 패턴(속도, 거리)별 계측을 통해 전력량 산출
- 시험 결과의 신뢰성을 위해 동일 조건시험을 각 6회 반복 실시

파) 5차년도 인터페이스 조정회의 & 제13차 Workshop(2건)

□ 회의일시 : '11. 7. 26 ~ 27 (2일간)
□ 장　　소 : 인천국제공항공사 인재개발원
□ 주요회의내용
○ 6차년도 핵심/세부과제별 연구계획 발표 및 토의
- 사업목표, 추진일정, 주요현안 및 대책 등
- 핵심/세부과제간 인터페이스 사항 발표(전년도 미해결사항 포함)
○ 시범노선 건설 추진현황 보고 및 건설현장 방문
○ 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 협력
□ 회의 결과
- 과제별 인터페이스 사항을 도출하고, 도출된 인터페이스 조치계획을 정리하여 1핵심과제에 제공하여 후속 관리 시행

2) 기술분야 검토

가) 종합시험운행 용역설계서 검토

□ 개요 :
- 3핵심에서 추진하는 시범노선 종합시험운행 계획 수립을 위한 용역설계

서의 내용을 검토함

□ 주요 검토 내용

□ 1-1과제의 검증요구사항서 검증항목 포함

○ 과업지시서의 제1장 2.주요과업내용 다. 종합시험운행 검증 계획/절차서 작성의 1)항 아래에 2)항 추가

2) 1-1세부과제에서 개발한 “분야별 검증요구사항서”의 각 항목 중 상기 1)항에 포함되지 않는 항목에 대한 분야별 계획서 및 절차서 작성

□ RAM 시연계획 고려

○ 과업지시서 2. 주요 과업내용 중

가. 종합시험운행 종합계획 수립

…

사. 종합시험운행 검증시험 안전관리계획 작성

1) 종합시험운행 검증시험 종합 안전관리계획 수립

2) 종합시험운행 검증시험 분야별 안전관리계획서 작성

이후에 다음을 추가

아. 시스템 RAM 시연계획과 협력 방안 작성

1) 사업단에서 수행하고 있는 RAM 시연계획을 고려한 협력방안 제시

□ 조치결과

- 1핵심과제에서 수행 중인 규격검증(1-1과제), TPM관리(1-0과제) 및 RAM 시연(1-2과제) 관리항목을 3핵심과제의 종합시험운행계획의 특수 엔지니어링 부분에 포함됨

나) 열차제어시스템 변경제작승인도 검토

□ 개요 :

- 3핵심 수행하는 열차제어시스템의 변경제작승인도 내용을 검토함

□ 주요 검토 내용

□ 구원운전

○ 구원운전 관련 기능정의, 차량 시스템과의 인터페이스 정의 등의 내용 확인 필요

□ 타설비와의 인터페이스

○ 2011.8.19일 현재 협의 진행 중인 속도검지신호 관련 인터페이스를 포함한 타설비와의 인터페이스 사항의 결정사항들은 제작승인도에 반영되어야 함

□ RAMS 분석 결과

○ RAMS 분석 결과에 따라 반영이 요구되는 경우 해당사항은 제작승인도에 반영되어야 함

□ 조치결과

- 열차제어시스템 제작승인도에 반영됨

다) 도시형자기부상열차 및 시설 표준규격(안) 검토

□ 개요 :

- 1-4과제에서 개발한 도시형자기부상열차 및 시설 표준규격(안)을 검토함

□ 주요 검토 내용

□ 도시형자기부상열차 표준규격(안)
○ 실용화 사업에서 사용되는 용어 통일 및 오타 수정
○ 도시형에 적합한 규격으로 검토요청
□ 도시형자기부상철도 전력시설 표준규격(안)
○ 실용화 사업에서 사용되는 용어 통일 및 오타 수정
□ 도시형자기부상철도 신호 및 열차제어설비 표준규격(안)
○ 실용화 사업에서 사용되는 용어 통일 및 오타 수정
○ 진로제어 및 연동기능 검토
□ 도시형자기부상철도 선로시설 표준규격(안)
○ 선로시설 표준규격에 대한 기본방향 검토
○ 철제 차륜 관련 항목 삭제 요청

□ 조치결과

- 1-4과제 개발 법규(안)에 반영됨

라) 시범노선 건설 및 열차제어시스템 제작 현장점검 실시

□ 목적

- 도시형자기부상열차 실용화사업의 사업기간내 목표달성에 차질이 발생하지 않도록 시범노선 건설공사 및 열차제어시스템 제작 현장을 점검하여 예상 문제점을 파악하고 보완대책을 마련하기 위해 실시

□ 일정 및 점검대상

점검일정	대 상	점검장소
2011. 7. 19(화) 10:00 ~ 18:00	시범노선 건설공사	시범노선건설 현장사무실
2011. 7. 20(수) 10:00 ~ 18:00	열차제어시스템	(주)대우엔지니어링 사무실

□ 중점 점검 내용

- 시범노선건설분야

· 시범노선 분야별 통합 공정계획과 1핵심 관리 통합공정표와의 연계성

확인 (주요 공정별 완료일정 확인)

· 예정공정 대비 실적 확인

· 시범노선 주요 건설현장 확인(분기기 설치 구간, 차량기지, 104 정거장 구간 수전관련 시설 등)

· 차량기지 차량반입 일정('12.05)과 연계한 시설물 공정계획 및 실적 확인

- 열차제어시스템분야

· 차상/지상/관제설비 계획 대비 실적 공정 확인

· RAMS 활동 현황 확인

· 제3자 안전성(SIL 4 수준) 인증 활동 현황 확인

□ 점검결과(시범노선건설분야)

- 1핵심 관리 통합공정표와의 연계성 확보 여부(주요 공정별 완료일정 확인)

· 1핵심에서 관리하는 통합공정표와 현장에서 관리하는 통합공정표가 상이한 것으로 나타났으나, 이는 통합공정표의 갱신시기와 현장관리 공정표의 작성시기 차이에 의하여 발생한 것으로 판단됨

· 따라서, 사업단은 이 결과를 1핵심에 통보하여 통합공정표의 갱신작업이 진행되도록 할 예정이며, 이 때 현장에서 관리하는 공정표에 맞추어 수정이 되도록 3핵심 및 현장의 적극적인 협조 필요

- 예정공정 대비 실적 확인(공정별 지연여부 및 지연시 만회대책 수립 여부)

· 1핵심 관리 통합공정표에 따라 6월 말 기준으로 완료 현황을 점검한 결과 사업기간 준수에 영향을 줄 중대한 공정지연은 없는 것으로 판단됨

· 다만, 현장에서 관리하는 공정표에 따르면 계획 대비 실적이 92%로서 공정지연이 발생하고 있으므로 3핵심은 지연공정에 대한 만회대책을 면밀히 수립하여 관리해야함

- 차량기지내 차량반입 일정('12.05)과 연계한 시설물 상세공정 계획 수립 여부

· '12.05월 초 차량반입에 맞추어 차량기지 변전설비가 가동되기 위해서는 104 정거장 수전(22.9 kV) 및 기지 까지 송전이 가능한 설비가 완료되어야 함

· 송전 관로는 선로 중앙의 대피로에 설치되므로 대피로가 선시공이 되도

록 공정관리가 필요함(시설 및 전기분야 합동으로 공정 점검 요망됨)

- 주요 구간별 건설현장 확인

· 101~시서스 분기기 구간에서 대피로의 연속성이 확보되도록 설계 및 시공내용 점검 요망

· 거더 거치 후 이루어질 가로보 연결, 궤도공사 등 앞으로의 공정은 주로 상부에서 이루어 지는 고소작업이므로 안전대책에 유의하도록 요청함



[그림 155]서류 점검



[그림 156]현장 점검

□ 점검결과(열차제어스템)

- 계획 대비 실적 공정 보완 : 차상설비, 관제설비, RAMS 활동 및 ISA(제3자안전성인증) 활동에 대한 계획 대비 실적을 명확히 구분하도록 공정표 보완 실시

- I/F 정리 : 차량분야와 차상신호분야간의 전체 인터페이스 리스트 및 내용을 정리

- 시험기간 확충 : 신호 및 열차제어설비의 중요성을 감안하여, 시험 기간을 충분히 확보

- Integration Test : 차상설비/지상설비/관제설비 각 단위 시험 종료후 현장 설치 전에 제작사 공장에서 이들 설비를 통합한 Integration Test 시험 계획 추가

- 현장설치일정 : 시범노선 건축공사 일정 조정을 고려한 신호 및 열차제어시스템의 현장설치 일정 조정

마) 차량제작 현장점검 실시

□ 목적

- 도시형자기부상열차 실용화사업의 사업기간내 목표달성에 차질이 발생하지 않도록 차량제작 현장을 점검하여 예상 문제점을 파악하고 보완대책을 마련하기 위해 실시

□ 일정 및 점검대상

점검일정	대 상	점검장소
2012. 3. 15(목) 10:00 ~ 18:00	차량제작	차량제작공장

□ 중점 점검 내용

- 차량제작 예정공정 대비 실적 확인
- 차량 제작검사 예정공정 대비 실적확인
- 차량 성능시험 예정공정 대비 실적확인
- 차량기지 차량입고 일정 재점검
- 차량제작 주요 현장 확인

□ 점검결과

- 초도편성 차량기지입고 일정이 당초 '12.5.1일에서 약 1.5개월 지연되나, 종합시운전 개시 시점('12.9.1) 및 시운전 완료시점('13.6.30)은 만족하도록 일정 조정함

바) 분기기구간 속도센서 시험 실시

□ 목적

- 시범노선은 전체적으로 콘크리트 거더로 구성되어 있으나 분기기 구간은 철판으로 구성되어 도플러센서의 반응 정도에 따라 별도의 콘크리트 대항면 설치 필요성이 있어 이를 확인하여 대항면 설치 여부를 결정하기 위함

□ 개요

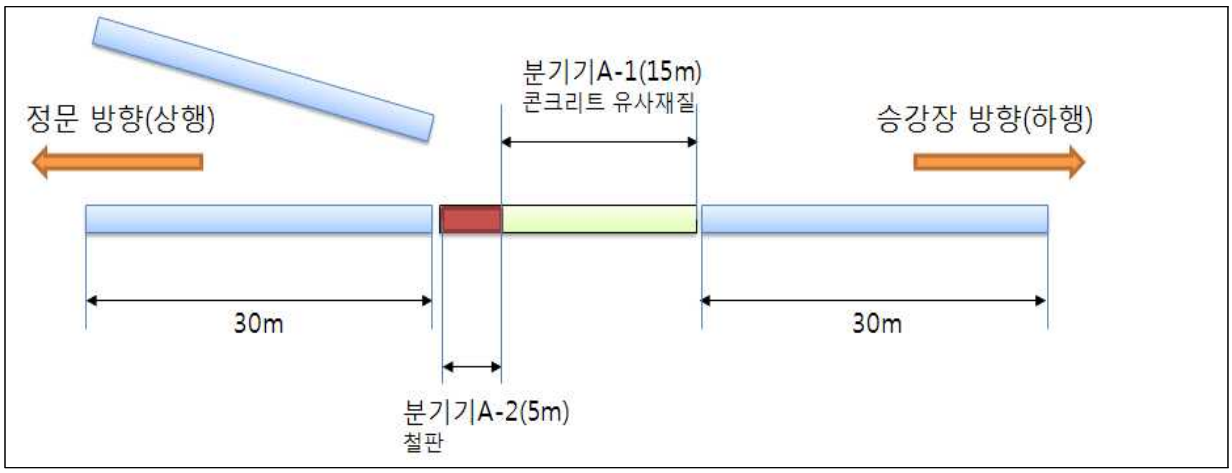
- 시험일 : 2012년 4월 9일
- 시험장소 : 기계연 시험선 분기기 구간

-시험자

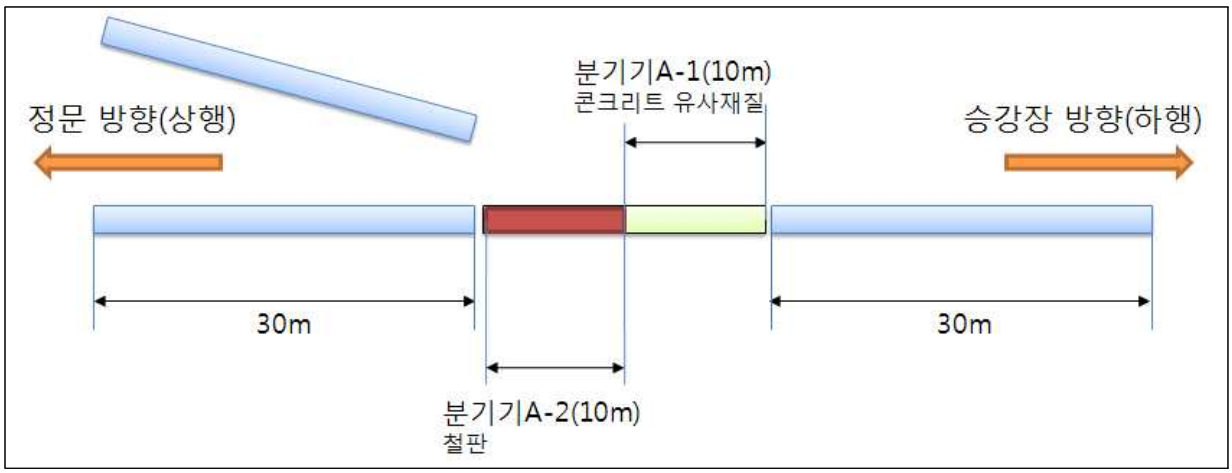
· 사업단 : 백수현, 강홍식

· 1핵심 : 정진철, 이장열, 배재현

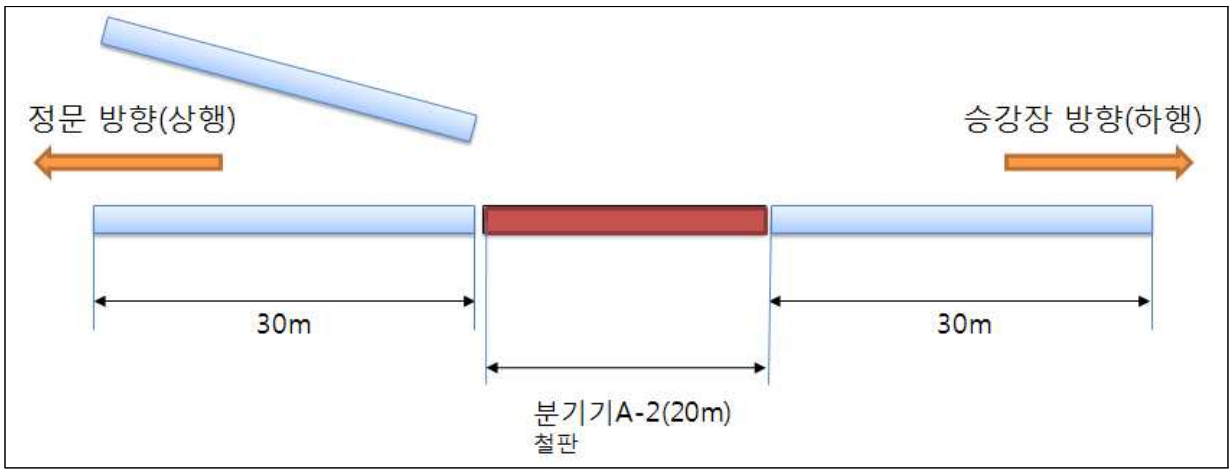
□ 시험절차



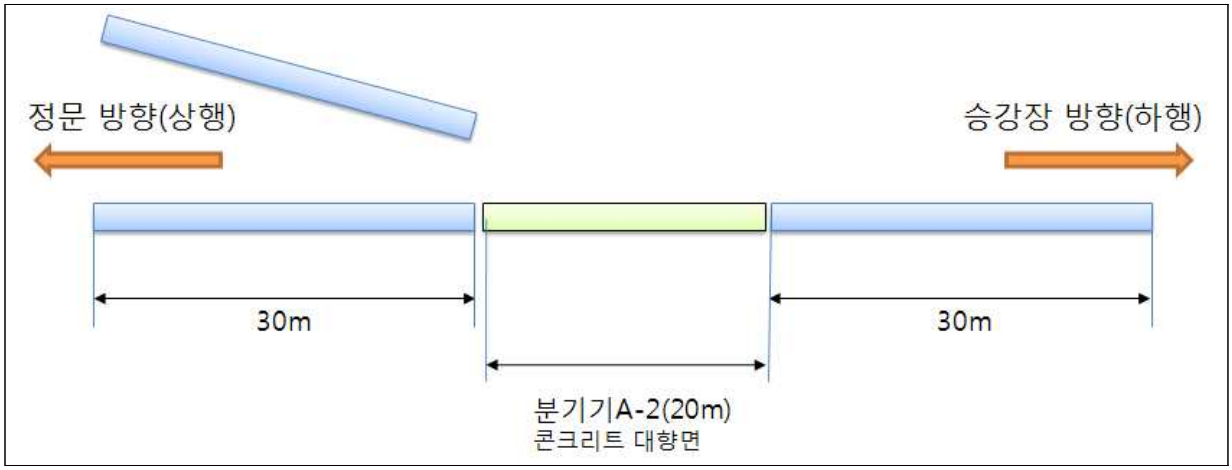
[그림 157]시험1 구성도



[그림 158]시험2 구성도



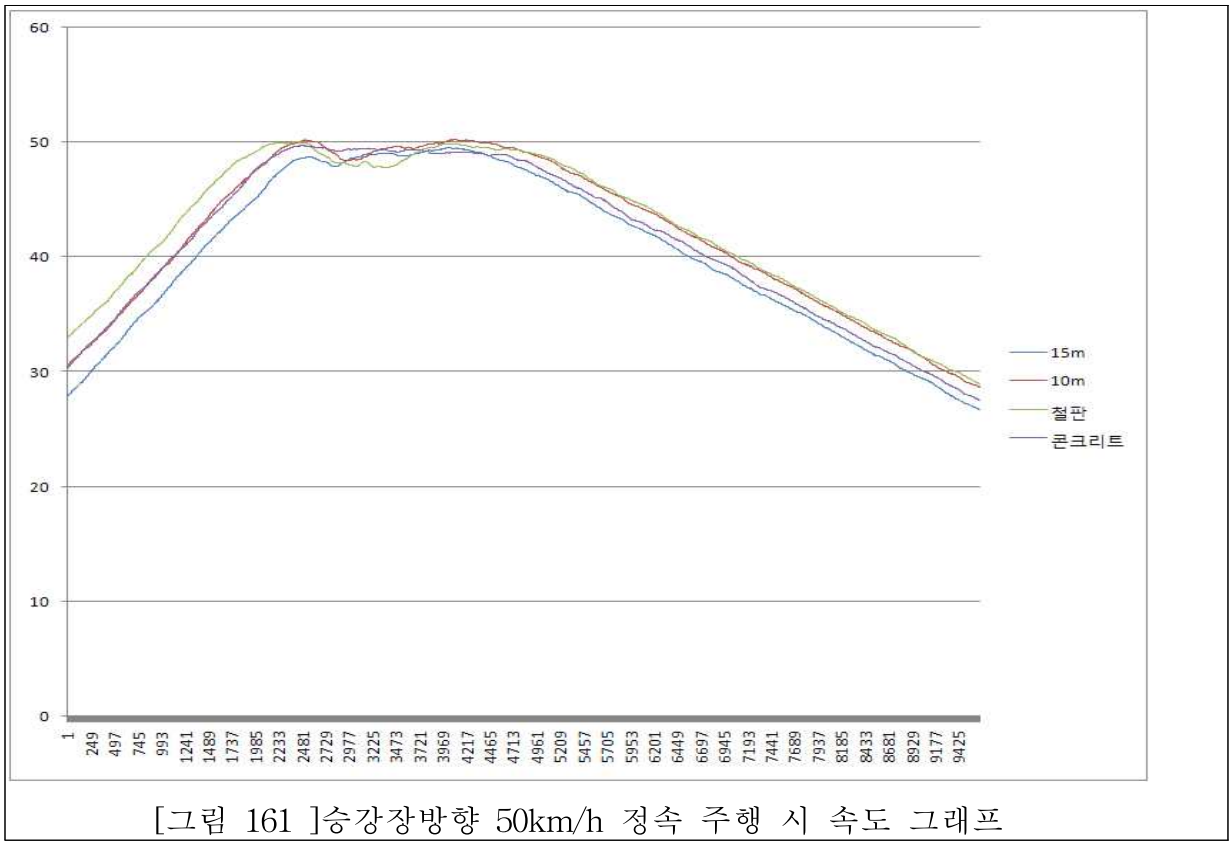
[그림 159]시험3 구성도



[그림 160]시험4 구성도

- 상기 시험구성도1, 2, 3, 4와 같이 순차적으로 시스템을 구축하고 각각에 대해 15km/h, 30km/h, 50km/h 및 가속패턴의 주행을 실시하여 속도센서의 데이터 취득을 확인함

□ 시험결과



[그림 161]승강장방향 50km/h 정속 주행 시 속도 그래프

- 시험중 시험자가 느끼는 승차감

· 시험구성도를 5m 철판, 10m 철판, 20m 철판, 전구간 콘크리트로 변화

하면서 15km/h, 30km/h, 35km/h, 50km/h 및 가속 시험을 실시하는 동안 시험자들은 조금도 불편한 승차감을 느끼지 못함(즉 승차감은 전체 시험동안 양호한 상태였음)

○ 콘크리트 구간과 철판구간의 차이점

· 시험실시중 철판구간에서는 나머지 구간에 비해 약간 낮게 속도를 인지함

· 예를들면, 50km/h 정속·타행 운행시 콘크리트 구간에서는 50km/h를 인지하는 반면 철판구간은 약49km/h~48km/h로 2~4%정도 하향 속도를 인지하였음

· 콘크리트 유사재질 설치 구간은 콘크리트 대항면 대비 약간의 차이는 있는 것 같으나 콘크리트 대항면과 유사한 특성을 나타냄

○ 50km/h 정속 주행시의 속도 그래프 비교

· 20m철판의 속도계곡(정속 주행시 인근 속도에 비해 상대적으로 낮게 인지되는 구간)의 폭이 10m철판의 속도계곡 폭의 약 2배가 되며,

- 10m철판의 속도계곡 폭이 5m철판의 속도계곡 폭의 약 2배가 됨

□ 결론

- 상기 시험결과를 토대로 2핵심과 협의하여 현시점에서 분기기 구간에 대항면설치는 불필요한 것으로 결정됨

3) 핵심/세부과제 연구수행 지원

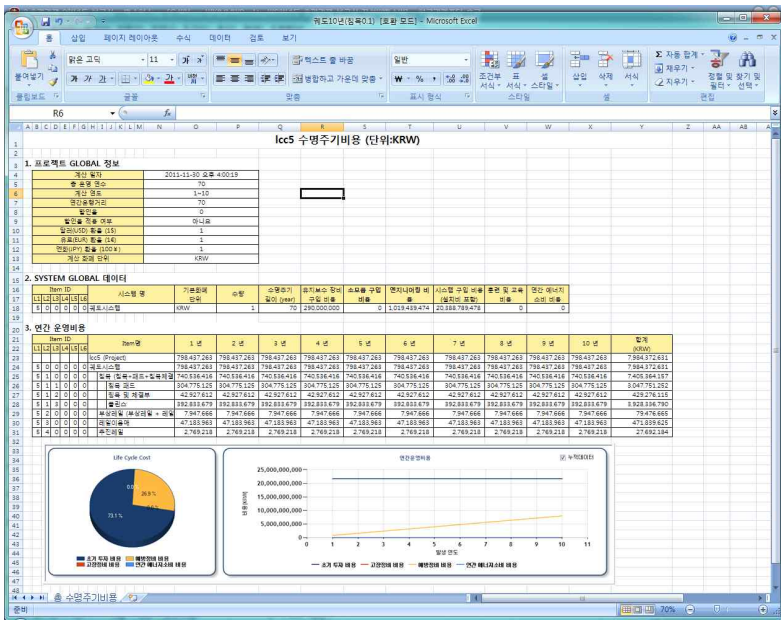
가) LCC 분석을 위한 궤도분야 데이터 작성 지원

□ 지원 과제 : 1-3 세부

□ 지원 내용 : 1-3 세부과제에서 시행하는 LCC 분석에서 시설물 구축분야의 데이터 필요성 제기에 따라 궤도분야의 LCC 분석을 위한 검토자료를 자성하여 제시하고 회의 참석등을 통하여 연구가 진행 되도록 조치하였음

□ 주요 내용

- LCC 분석을 위한 데이터 취합 양식 분석 및 제안사항 제시
- LCC 분석 데이터 입력을 위한 궤도 분야 데이터 작성 방안 검토
- LCC 분석 데이터 제시 및 시험 입력 참관
- 궤도분야 LCC 분석결과 검토



[그림 162]궤도분야 LCC 분석 결과 도출 화면(10년 운영결과)

□ 지원성과

- 궤도분야 LCC 데이터 수집을 위한 양식 변경
- 궤도분야 LCC 산정결과 입력 및 분석

4) 시운전 준비

가) 종합시험운행을 위한 기관사 및 관제사 투입 시기 검토

□ 목적

- 운영기관의 기관사 및 관제사 투입 시기가 종합시험운행 개시 시점과 불일치하므로 시설물검증시험 기간 중에 시험을 위한 기관사 및 관제사의 투입 시기 및 비용처리 방안에 대해 검토(실용화사업 마스터 스케쥴, 편성별 차량 조정 및 완성차 시험 일정 연계 검토)

□ 실용화사업 마스터 스케쥴 검토

- 차량 초도편성 2012년 6월 차량기지 입고하여, 조립 및 튜닝 수행(본선에서의 시험은 2012년 9월 시작)
- 종합시험운행은 2012년 9월 ~ 2013년 6월까지 시설물검증시험을 완료하고, 영업시운전을 2개월(60일) 이상 시행

구 분			2012년								2013년									비고
			5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
차량 시험	차량 입고, 조립 및 조정시험																			
	타시스템간 I/F 확인																			
	전체편성 시험/시운전																			
공종별시험																				
사전점검																				
종합 시험 운행	시설물 검증 시험	차량기지시험																		
		본선차량투입전 시험																		
		본선차량투입후 시험																		
	영업시운전																			최소 60일 이상 시행

□ 편성별 차량 조정 및 완성차 시험 일정 검토

구 분		2012년								2013년									비고
		5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1편성	차량 조립 및 조정시험																		
	완성차시험																		
2편성	차량 조립 및 조정시험																		
	완성차시험																		
3편성	차량 조립 및 조정시험																		
	완성차시험																		
4편성 (추가)	차량 조립 및 조정시험																		
	완성차시험																		

□ 소요인력, 투입시기 및 비용처리방안

- 관제사&기관사의 소요 인력, 투입시기 및 비용처리방안

구분	인원	투입시기		비용처리방안
		시작	종료	
관제사	3	2012.7.1	시설물검증시험 완료 시점	사업비에서 부담
기관사	1	2012.6.1 (1호편성 운전)	상동	사업비에서 부담
기관사	1	2012.7.1 (2호편성 운전)	상동	사업비에서 부담
기관사	1	2012.8.1 (3호편성 운전)	상동	사업비에서 부담
기관사	1	2012.8.1 (추가편성 운전)	해당사항없음	운영기관부담

- 기관사 자격기준 : 제2종 전기차량 운전면허

□ 검토결과

- 상기 검토 내용을 운영기관에 송부하여 조치토록 요청함

나) 종합시험운행계획 검토회의

□ 목적 :

- 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 종합시험운행 계획 수립과 관련하여 주요 내용에 대한 검토 시행

□ 회의결과

- 회의일시 : '12.2.22
- 장 소 : 사업단 회의실
- 주요회의내용

· 종합시험운행계획서는 개요, 시험운행 단계별정의, 시험운행 수행조직 및 역할, 시험운행 시험항목, 시험일정계획, 시험관리계획, 세부시험계획 수립, 영업시운전계획, 특수엔지니어링 관리, 시운전 비용으로 구분하여 작성

○ 개요는 목적, 사업개요, 추진방향, 노선현황, 용어정의, 적용법규, 관련문서 등으로 구성

○ 시험운행 단계별 정의는 단계구분, 단계정의로 구성하며, 공종별시험, 사전점검, 시설물검증시험, 차량시험, 영업시운전으로 구분하여 작성

○ 시험운행 수행조직은 시험운행관리반, 시험운행통제반, 시험반, 지원반(운영기관 중심)으로 구성된 종합시험운행팀을 구성

○ 시험운행 시험항목은 공종별시험 시험항목, 시설물검증시험 시험항목, 차량시험 시험항목, 영업시운전 시험항목으로 구분하여 작성

○ 시험일정계획은 마스터 스케쥴, 공종별시험 상세일정, 사전점검 상세일정, 시설물검증시험 상세일정, 차량시험 상세일정, 영업시운전 상세일정으로 구성

○ 시험관리계획은 수행관리, 일정관리, 시험관리로 구분하여 작성

○ 특수 엔지니어링 관리는 규격검증 관리, 기술성과측정(TPM) 관리 및 RAM 시연 관리를 포함

○ 시운전 비용은 전력비, 가설사무실 유지비, 종합시험운행 시행 용역비, 시설 관리비, 승무원 채용비(운영기관 지원시는 불필요), 연구과제(장기출장)인원 숙소 임대비, 시험장비비, 시험운행 영상물 기록비를 검토

5) 관련기관 업무지원

가) 대전도시철도 2호선 자기부상열차 우선 적용 필요성 검토

○ 도시철도로서 차량성능의 우수성이 뛰어남

- 타 철도 시스템 대비 진동·소음·분진 등이 작아 친환경적
- 철도시스템 측면에서 주행성능 및 도심지 수송수요 대응 능력 우수
- 차량 및 시설물의 주행 및 구조적 안전성 확보
- 슬림화된 구조물 적용으로 민원요소 최소화에 따른 사업추진 용이
- 건설비는 국내외 타 경전철 시스템과 유사하지만, 유지보수 비용은 타 시스템의 60~70%로 예상되어 경제성 확보

○ 국가 R&D 성과물의 적용을 통한 국가 신성장동력 창출에 기여

- 도시형자기부상열차는 장기간의 국가 연구개발사업으로 개발된 기술의 실용화 모델로서 국가 브랜드 향상 및 미래 수출기반에 활용가능

※ 도시형자기부상열차는 실용화사업('06.12~'13.6, 사업비 4,241억원)을 포함, 1989년 개발착수 후 약 5,500억원이 투입된 국가 R&D 사업의 결실임

- 현존하는 경량전철 시스템중 자기부상열차는 한국이 선도국가로서의 위상확보가 가능하여, 해외진출 및 국가 브랜드 가치 향상 가능

※ 경량전철 시장 동향

· 고무차륜 AGT는 기존 선도 개발 국가가 존재하고 있으며, 한국은 추격하는 상태임

· 모노레일은 국내개발이 되어 있지 않으며, 수입 및 라이센스 생산으로

공급

· 반면, 자기부상열차는 국산화 기술로 시범노선 건설에 이어 지자체에 추가 건설시 세계유일의 후속사업을 진행하는 국가로서 위상을 확보할 수 있음

※ 세계 2번째로 영업운전을 인천국제공항지역에 '13년 개시하게 되며 후발국가인 중국의 강력한 추격이 예상됨 (2011년 북경에서 착공 2013년 개통예정)

○ 종합결론

- 대전시가 요구하는 도시교통시설의 확충과 국가가 요구하는 R&D를 통한 국가경쟁력 확보 목표 동시만족 가능
- 대전은 과학기술의 상징도시로서 자기부상열차의 적용에 따라 도심지 교통문제 해결 뿐 만 아니라 도시브랜드 가치를 상승시키는 효과가 있음
- 건설 및 운영 과정에서 대전시민과 친근한 자기부상열차의 첨단 이미지가 민원 해소에 기여할 것으로 예상
- R&D를 통하여 개발된 첨단산업의 특성상 해외시장 진출은 국내 적용을 바탕으로 가능

※ 해외사례

- 일본 : 2005년 세계최초 도시형자기부상열차 상업 운행 이후 후속 사업 부재로 해외진출에 어려움 발생
- 독일 : 초고속 자기부상열차 개발이후 국내 건설 부재로, 중국에서 상용화되어 기술 유출 및 추가 기술 개발 동력상실

나) 도시형자기부상열차 시스템의 안전성, 신뢰성, 경제성 검토

□ 목적

- 대전도시철도 2호선에 자기부상열차의 도입을 위하여 필요한 시스템의 안정성, 신뢰성, 경제성에 대하여 사업단의 자체 검토자료를 작성하여 전문기관, 국토부, 기획재정부에 제공하여 이미지 제고 및 관련기관 검토에 활용되도록 조치

□ 주요내용

-도시형자기부상열차실용화사업 개요 및 성과
- 도시형자기부상열차 안전성 및 신뢰성 확보 내용
- 도시형자기부상열차 경제성 검토

- 시장진입을 위한 건의사항

□ 활용

- 기획재정부 보고 : 대전광역시 도시철도2호선 관련 담당자 설명자료로 전달
- 국토교통부 보고 : 광역도시철도과 설명자료로 전달
- 전문기관 보고 : 자기부상열차 연구개발 관련 결과로 보고

다) 대전도시철도 2호선 예비타당성 조사 관련 자료 작성 및 제공

□ 목적

- 대전도시철도 2호선에 예비타당성 조사에서 자기부상열차의 도입 검토에 필요한 기술자료를 작성하여 제공하였으며, 관련 핵심과제에서 검토 및 보완이 필요한 사항에 대하여 검토요청 및 최종성과가 도출되도록 유도하였음

□ 주요내용

- 대전 도시철도에 자기부상열차의 적용에 따른 시뮬레이션 자료 제공
- 2핵심과제(차량개발)에서 경쟁력 확보차원에서 차량의 성능향상을 위하여 필요한 곡선 통과속도 향상이 되도록 자료요청 및 갱신

□ 활용

- 예비타당성 조사중 기술분야 담당 업체에서 TPS 에 의한 자기부상열차 성능의 우수성 검증에 활용

라) 대전도시철도 2호선 관련 국토부 회의자료 작성 및 보고

□ 보고개요

- '12.03.21 국토교통부 광역도시철도과 차종관련 전문가 회의
  - 참석 : 광역도시철도과장 주재 (대전시 교통국장, 기재부 담당사무관,한국교통연구원, 사업단장 등)
  - 도시철도 2호선 차종의 자기부상열차로 변경방안 협의
  - KDI 예비타당성조사에 자기부상열차로 검토(모노레일을 대안으로 검토)
  - 대전시 민관정 위원회에 상정하여 차종변경 후 국토부·기재부에 변경요청 공문 발송
- '12.04.09 국토교통부 광역도시철도과 차종관련 전문가 2차 회의

· 참석 : 광역도시철도과장 주재 (대전시 도시철도기획단장, 한국교통연구원, 사업단장 등)

□ 보고목적

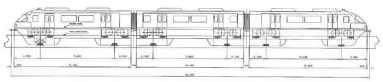
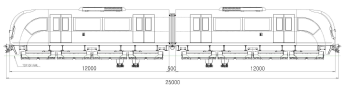
- 대전도시철도 2호선에 예비타당성 조사에 자기부상열차를 적용하기 위하여 국토부 주관으로 전문가 회의를 개최 하였으며, 사업단에서는 자기부상열차의 도입을 위한 기술자료 및 기재부, 국토부, KDI에서 제기되는 사항에 대하여 검토서를 작성하여 보고하였음

□ 주요내용

○ 1차 회의

- 자기부상열차 실용화사업 내용 설명
- 경전철 비교자료

[표 7]모노레일과 자기부상열차 비교자료

<table>
<tr><th colspan="2">구 분</th><th>모노레일
(대구도시철도 3호선 적용)</th><th>도시형자기부상열차
(인천공항시범노선 적용)</th></tr>
<tr><td colspan="2">차량 공급자</td><td>히다찌 (일본산)</td><td>현대로템 (국산)</td></tr>
<tr><td colspan="2">차량 가격
(제작주문수량)</td><td>23억/량 (2009년 환률적용)
(84량)</td><td>25억/량
(8량)</td></tr>
<tr><td rowspan="4">차량
규격</td><td>길이
(연결기
제외)</td><td>
15.10 m (중간차량 13.9 m)</td><td>
12.0 0m</td></tr>
<tr><td>폭</td><td>2.98 m</td><td>2.70 m</td></tr>
<tr><td>공차 중량</td><td>33.1 ton</td><td>19.0 ton</td></tr>
<tr><td>만차 중량</td><td>44.9 ton</td><td>26.0 ton</td></tr>
<tr><td colspan="2">최대축중 및
축간거리</td><td>11.2 ton (L=9.6m)
[2.97 ton/m]</td><td>2.65 ton/m (분포하중)
[2.17 ton/m]</td></tr>
<tr><td colspan="2">차량편성 및
편성연장</td><td>3량 1편성
(L=46.2m)</td><td>2량 1편성
(L=25.0m)</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">승차정원
(차량사 제시기준)</td><td>좌석 : 96명 (좌석배치 : 종방향)
입석 : 169명 (3인/㎡)
합계 265명</td><td>좌석 : 46명 (좌석배치 : 혼합형)
입석 : 84명 (3인/㎡)
합계 130명</td></tr>
<tr><td colspan="2">만차 탑승인원 : 398명</td><td>만차 탑승인원 : 230명</td></tr>
<tr><td rowspan="2">속도</td><td>성능최고
속도</td><td>80 km/h</td><td>110 km/h</td></tr>
<tr><td>최고운행
속도</td><td>70 km/h</td><td>100 km/h</td></tr>
</table>

구 분		모노레일 (대구도시철도 3호선 적용)	도시형자기부상열차 (인천공항시범노선 적용)
가감속 능력	가속도	3.5 km/h/s	4.0 km/h/s
	감속도 (상용)	4.0 km/h/s	4.0 km/h/s
	감속도 (비상)	4.5 km/h/s	4.5 km/h/s
최소곡선반경		50m	50m
최 급 구 배		60 ‰	70 ‰
총 차륜수/량당		주행륜 : 8개/안내륜 : 12개	없음
소 음		- 실내 : 75 dB(A) - 실외 : 70 dB(A)	- 실내: 65dB(A) - 실외: 65dB(A)
승차감 (UIC 기준)		2.3 이하	2.0 이하
특 징		- 거더빔 상면에 접촉하여 주행 - 회전모터에 의하여 구동 - 다수의 고무차륜에 의한 하중 지지 및 구동으로 타이어 교체 비용 및 분진 발생 (10만km 주행마다 타이어 교체, 약10개월 간격) - 적설대책 수립필요	- 거더상면에 설치한 레일에 부상하여 주행 - 선형모터로 구동 - 비접촉 부상으로 마모부품이 없으나 모터 효율이 저하되어 차량에너지 소모가 다소 큼 - 부상방식으로 적설대책 수립 불필요

- 도시형자기부상열차 운영비 예측 결과

· 연구방법 : 대전도시철도 1호선(철제차륜) 운영경험을 바탕으로 자기부상열차의 시스템적인 특징(구동 및 차륜 비접촉)을 대비하여 운영비 비교 시행

· 연구내용 : 차량 구성품 단위별로 정기·비정기 검사를 위한 항목과 정비 소요인공(man-hour) 비교 분석 (동일항목/비교항목별 구분)

· 연구결과 : 차량 정비소요 인공 비교 (1개 편성당)

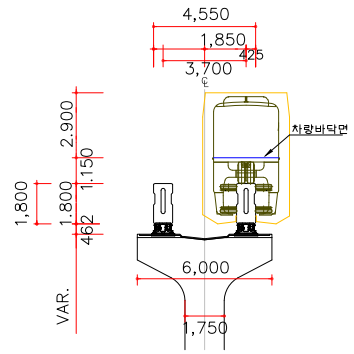
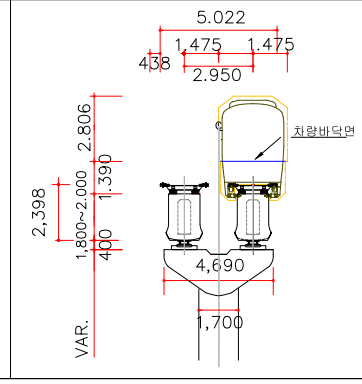
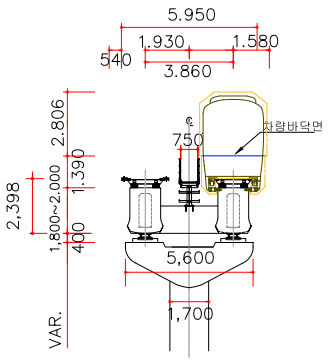
항목	중량전철 (대전1호선)	경량전철 (부산-김해)	자기부상열차	비고
	4량	2량	2량	
중정비 (man-hr)	6,560	3,540	2,075	간접업무포함

※ 자기부상열차는 차륜, 차축, 저널박스, 기어박스, 기어 커플링 등 구동을 위한 장치가 없고, 시스템의 간소화를 통해 중량전철(대전 1호선) 대비 중정비 소요인공이 36.7%로 절감될 것으로 예상됨.

- 경전철 시스템별 km당 공사비 산정

· 각 시스템별 표준단면 작성 후 수량산출

[표 8]각시스템별 구조물 단면

모노레일 (대구 3호선 적용)	자기부상열차 (대전2호선 적용시)	자기부상열차 (인천국제공항 적용)
		

○ 2차 회의

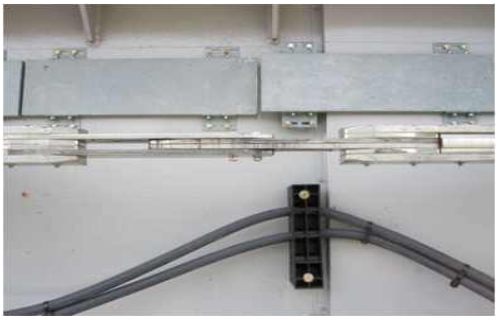
- 대전도시철도 2호선 관련 추가검토사항 결과보고

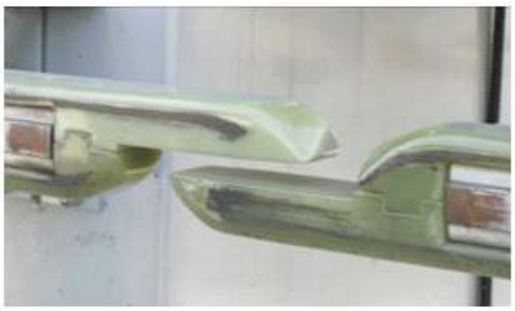
· 자기부상열차 전력소모량 계측 및 분석 진행현황

· 자기부상열차 전차선 개량 및 향후 개발방향

· 자기부상열차에 대한 대전시 여론 조성(시승) 및 결과

개량전	개량후
	
□ 전차선의 신축 및 이완을 위해 필요한 신축이음장치(Expantion joint) 형상을 개량하여 충격 및 소음감소 (5~10 dB감소 효과) □ 신축흡수장치의 설치간격 120m에서 원활한 신축처리 및 충격량 최소화 ※ 10m 급전레일 12개를 충격 및 소음 발생이 없도록 밀착형으로 붙여서 연결(120m 당 1개소 신축구간 형성)	

개량전	개량후
	
□ 분기기 전차선의 신축 및 이완을 위해 필요한 신축이음장치(Expantion joint) 형상을 개량하여 충격 및 소음감소 (10~15 dB감소 효과)	

개량전	개량후
	
□ 분기구간 및 전기절연 구분이 필요한 개소에 설치(약 2~3km)되는 절연 구분장치 형상 개량으로 접촉충격 및 소음감소	

마) 미래도시철도 기술분야 질적평가 보고서 작성 제출

□ 보고일 : 12.2.17

□ 제출기관 : 국토해양과학기술진흥원

□ 주요내용

- 자기부상열차 실용화 사업성과
- 연구개발 내용
- 사회 경제적 파급효과 등

(2) 기술분야 총괄관리(시범노선 건설관리)

(가) 연구개요

- 도시형자기부상열차 시범노선 건설공사는 대안입찰로 하여 GS건설 컨소시움에서 건설공사를 진행중에 있으며, 관련기관(국토교통부, 국토해양과학기술진흥원, 인천시, 인천국제공항공사)과 사업단 과제별 관련의견 수렴 그리고 3핵심과제 시범노선 관리 활동이 진행됨에 있어 발생하는 주

된 이견사항 등의 인터페이스 사안에 대한 기술 검토 및 협의가 이루어지도록 관리하였다.

- 선정기관인 인천국제공항공사에서 자기부상열차의 운영준비를 위하여 실용화사업단에 요청하는 사항, 시범노선 건설공사에 관련한 인터페이스 사항 및 관련 기술검토를 실시하여 원활한 개통준비가 이루어 지도록 사업단 지원 업무를 수행하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시범노선 건설관리													16건
- 시범노선 건설관리													· 도시형자기부상열차 편입용지 관련 회의 주관 (3건) · 시범노선 선로 검측 관련 회의 주관 (1건)	건설관련 검토 및 회의주관 4건
- 시범노선 선정기관 기술지원													· 공항공사 시설보완 관련 검토 및 관련과제 의견 조정 (9건) · 자기부상열차 견인용 모터카 제작, 구매 관련 지원 (3건)	선정기관 기술지원 12건
목표 달성율	100%													

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 시범노선 건설관리

가) 도시형자기부상열차 편입용지 관련 회의 주관(3건)

① 1차 회의 (2011.11.25)

○ 회의안건 :

시범노선 103정거장 외부 #2 출입구 편입용지 관련 민원 해결방안 협의

○ 회의목적

- 시범노선 103정거장 외부 #2 출입구 편입용지의 이해관계인(공항공사 부지 임차인 칼호텔 네트웍 대표 조현아)으로부터 제기된 민원내용 현장확인 및 해결방안 강구

※ 민원내용 : 103정거장 외부출입구 설치계획으로 인한 하얏트리젠시 인천호텔(칼호텔 네트웍) 부지점거로 호텔 레스토랑 조망권 침해 및 조경면적 간섭이 불가피하므로 정거장 외부 출입구를 호텔부지에 인접한 인도에 설치하여 호텔부지를 점유하지 않도록 설계변경 요망

○ 회의결과 :

- 기존 버스정류소를 이전하지 않는 범위내에서 하얏트리젠시 인천호텔측과 재협의 할 수 있는 추가대안을 작성하여 협의를 추진하되, 협의가 이루어지지 않을 경우「공특법」에 의한 토지수용을 위하여 수용절차에 필요한 사전준비(편입용지 토지조서에 이해관계인 기재 및 고시) 등 2가지 방안을 병행 추진

② 2차 회의 (2011.12.9)

○ 회의안건 :

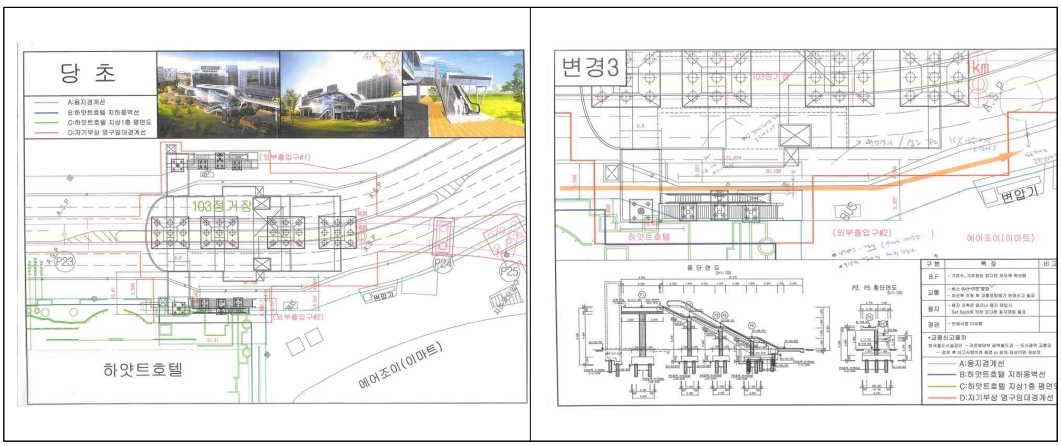
시범노선 103정거장 외부 #2 출입구 편입용지 관련 민원 해결방안 협의

○ 회의목적

- '11.11.25(금) 시행한 시범노선 103정거장 외부 #2 출입구 편입용지 관련 민원 해결방안 협의의 후속회의로서 철도공단(시공사)에서 검토한 추가대안에 대한 검토 및 향후 기관별 대응방안에 대한 협의

○ 회의결과 :

- 철도공단(시공사)에서는 추가대안 중 변경 3안을 토대로 버스베이가 이전 되지 않도록 차로폭을 조정하는 안과 버스베이 폭을 조정하는 안을 관련 규정 검토후 조속히 도면으로 작성하여 공항공사에 전달
- 철도공단(시공사)에서는 추가대안 중 변경 3안을 토대로 버스베이가 이전 되공항공사는 철도공단의 수정안을 가지고 민원인과 협의하고, 협의결과를 인천시 및 사업단에 통보하여 후속조치가 진행 되도록 조치
- 인천광역시는 인천공항공사에서 민원인과 합의가 이루어 지지 않을 경우 사업단과 협조하여 「공익사업을 위한 토지 등의 사용과 보상에 관한 법」에 의한 토지수용 절차를 이행하기 위한 사전 행정조치 이행(편입용지 토지조서에 이해관계인 기재 및 고시, 협의취득을 위한 공문시행, 협의, 토지수용 등)



③ 3차 회의 (2012.1.12)

○ 회의안건 :

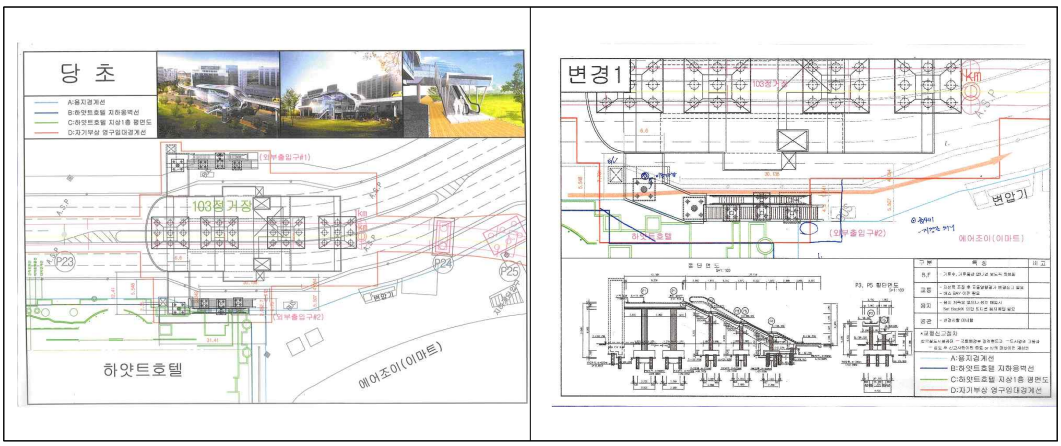
-시범노선 103정거장 외부 #2 출입구 편입용지 관련 진행현황 점검 및 기관별 후속 조치 사항 협의

○ 회의목적

-'11.12.09(금) 시행한 시범노선 103정거장 외부 #2 출입구 편입용지 관련 민원 해결방안 협의의 후속회의로서 인천국제공항공사의 민원인 협의 결과 및 추가 대안 검토

○ 회의결과 :

- 철도공단(시공사)은 변경1안을 토대로 기둥 규격·위치 및 버스베이 및 차로 폭 조정, 계단 연장 조정(에어조이 사용용지가 편입되지 않도록)등 보완 안을 조속히 작성, 인천국제공항공사에 송부하여 민원인과 협의할 수 있도록 조치
- 공항공사는 철도공단(시공사)에서 작성한 변경1안의 보완안을 가지고 하얏트 호텔측과 협의하되, 협의시 용지경계선에 대하여도 명확히 하여 협의하고 협의될 경우 협의결과를 공문으로 받아 철도공단에 송부하도록 조치
- 사업단은 철도공단(시공사)에서 변경1안 보완안을 제시하면, 국토부 교통영향평가 담당(광역도시교통과)와 신고로서 가능한 사항인지 사전 협의



나) 시범노선 선로 검측 관련 회의 주관(1건)

○ 회의일시 : 2012.3.13

○ 회의안건 :

- 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 선로의 검측 결과 확인 방법 및

검측장비 활용방안 협의

- 분기기 도플러 센서 대향면 설치위치 및 대향면 설치공사 진행을 위한 제반 협의

○ 회의결과 :

- 자기부상열차 선로 검측은 일반 철도에서 적용하는 선로검측 (인력에 의한 현거측정) 방안과 크게 틀리지 않은 것으로 판단됨
- 궤도 공사시방서에 제시된 검측개소 및 검측 간격에 따라 선로 검측을 시행하여 결과를 제시하여 준공성과로 제시 (전구간 측정)
- 향후 시험운행 기간동안 발생가능한 차량과의 인터페이스 문제(수동검측에 따른 신뢰성 확보 등)발생에 대비하여 선로검측기의 적용을 검토하여야 함
- 우선 자기부상열차용 검측기 제작이 가능한 업체를 GS에서 접촉하고 검측결과에 대한 검증이 가능한지 확인
- 확인결과에 업체에서 검증이 불가능할 경우 한국기계연구원에서 보유중인 선로검측기를 개조하여 사용하는 방안를 향후 검토하기로 함





2) 시범노선 선정기관 기술지원

가) 공항공사 시설보완 관련 검토 및 관련과제 의견 조정(9건)

□ 지원개요

- 선정기관인 인천국제공항의 시설보완 협조요청 사항에 대하여 검토를 시행하였으며, 효과적인 검토 및 조정을 위하여 각 연구과제별로 의견을 수렴하여 조정결과를 제시하여 시범노선의 효과적인 건설이 가능하도록 조정역할을 수행함

□ 검토경위

- 인천국제공항공사 운송시설처-3366('11.7.15)로 시설보완 협조 요청
- 협조요청사항에 대하여 6차년도 인터페이스 조정회의를 통하여 각 핵심 및 세부과제별로 사전 검토를 요청
- '11.9.22 조정된 의견을 바탕으로 회의를 주제하여 최종 협의결과 도출

□ 주요내용

공항공사 의견	핵심과제별 의견		협의결과
	2핵심	3핵심	
(현황) 비상시 승객대피 등을 위해 비상통로(Walkway)가 계획되어 있으나 인입선 구간은 미반영 **(문제점)** - 비상시 승객대피 및 평상시 유지보수 작업인원의 이동동선 단절 - 최급구배인 인입선 구간에서 열차장애 시 복구곤란 (열차비상롤러 작동곤란)	- 주요 전장품(TCMS, 신호장치, 추진장치 등) 고장시 고장원인 파악 및 구원조치를 위하여 운전자 등의 차량 진입이 필요함	1. 불필요함 - 비상통로는 비상상황시 승객의 피난을 위하여 설치되는 구조물로써, - 인입선구간은 106정거장에서 차량기지 사이구간으로, 승객들이 106정거장에서 전부 하차한 이후이므로 승객들 피난을 위한 비상통로 설치는 불필요 - 비상통로는 유지보수 통로가 아니므로 유지보수 작업인원이 이동하는 통로가 아님.	- 승객대피 : 인입선은 승객이 답승하지 않으므로 대피용으로는 불필요함 - 주요전장품의 고장 등 열차장애 발생시 대비 : 미설치시 차량의 고장원인 파악 및 구원조치를 위한 조치가 불가능 하거나 지체가 예상되어 신속한 대처를 위하여 설치 필요 **※ 결론 : 반영** - 단선으로 계획된 인입선 구간은 차량의 주요 전장품 고장시 고장원인 파악 및 구원조치를 위하여 대피로를 설치하는 것이 적합함 - 비상통로 설치비용(3.5억)은 건설사업비에 포함하여 처리
(현황) 유수지구간 교각에 교량점검시설 설치(P65,66,76,107~112) **(문제점)** - 교량점검시설 통로길이가 불충분하여 외각 전차선 점검곤란		1. 불필요함 - 교량점검시설은 구조물인 교량받침의 이상 유무를 점검하는 시설물로써, - 전차선점검은 별도의 카고크레인을 활용하여 점검함이 타당할 것으로 사료됨.	- 교좌장치의 점검기능에 문제는 없음 - 전차선 점검은 유지관리 차량에 부착하여 해결 필요 **※ 결론 : 미반영**
(현황) 야간 유지보수 인력을 위해 검수고 내에 2실의 숙소(2인/실)가 계획됨		1. 운영기관의 야간유지보수 인력에 운용계획에 따라 결정 2. 검수고 전체면적이 증가되지 않는 범위내에	- 공항공사에서 계획을 반영하여 숙소 추가하도록 배치 변경(면적은 불변) **※ 결론 : 반영** - 검수고 숙소(2실→3실)

공항공사 의견	핵심과제별 의견		협의결과
	2핵심	3핵심	
(문제점) - 야간 유지보수 운영인력 감안시 숙소 1실 부족 예상		서 3실 적용 가능 3. 없음(조속결정필요) 4. 사업비 일부 조정 필요	추가설치 하며 변경비용(14백만원) 건설사업비에 포함
(현황) 선로 주변에 조명시설 없음 (문제점) - 최소 조도가 확보되지 않음에 따라 비상시 승객 피난 및 평상시 유지보수 곤란		1. 차량전조등으로 가능 2. 용인 경전철의 경우 집전장치가 상부에 있음에도 비상 통로에 전원설비를 설치하지 않았으며, 비상시에는 차량 전조등으로 대피, 또는 차량비치용 손전등 사용으로 대처 3. 채택시 작업에는 영향 없으므로 설치 가능함. 4. 채택시 본선 전구간 설치로 공사비 상승요인 발생됨. 5. 채택시 신호AP안테나 경우와 마찬가지로 차량분야과 I/F업무 협의 필요함.	- 안전에 관련한 사항으로 반영하되 주변 조도가 확보되지 않는 구간에 한하여 설치(104~105 구간) - 비상대피로의 조명에 따른 비행안전에 대한 검토는 공항공사에서 철리 ※ 결론 : 반영 - 비상대피로 조명에 따른 설치하며 변경비용( ) 건설사업비에 포함
(현황) 차량내 모니터 추가설치 (운 송 시 설 처 -4530('11.9.21)관련) (문제점) 현재 제작중인 열차는 모니터가 차량 전후방에 설치되어 시인성이 부족하고 승객이 많을 경우 정보서비스에 문제점 예상	- 현재 동일한 채널을 활용하는 경우 모니터의 추가설치를 위한 line은 확보되어 있음 - 송출방송의 종류를 다양화하는 경우 방송중계기를 채널을 추가확보하기 위하여 시스템 변경을 하여야 함 - 운영기관에서 향후 승객의 증가에 따라 모니터의 추가설치가 필요한		- 시범노선 승객의 증가에 따라 추가모니터의 설치가 필요한 경우 추후 설치 ※ 결론 : 미반영

공항공사 의견	핵심과제별 의견		협의결과
	2핵심	3핵심	
	경우 케이블 및 전원의 여유가 있으므로 추후 설치 가능		

나) 자기부상열차 견인용 모터카 제작, 구매 관련 지원(3건)

① 시범노선 견인용 모터카 도입관련 검토

□ 검토개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설사업 협약서 제23조에 따라 선정기관인 인천국제공항공사에서 견인용 모터카의 도입과 관련한 검토를 요청함에 따라 관련 검토를 시행하여 회신
- 회신 결과에 따라 공항공사에서 모터카 도입을 위한 RFP 작성

□ 검토내용

- 자기부상열차 선로위로 주행이 가능한 모터카는 두 가지 종류로 구분

· 견인용 모터카 : 영업운전중인 차량의 고장 또는 전차선 및 기타 장애에 따라 차량의 견인이 필요한 경우 고장차량의 구원운전을 위한 설비(커플러, 통신설비 등) 및 견인력을 구비한 장비

· 유지보수용 모터카 : 선로의 유지관리를 위하여 본선 궤도상을 자체동력원을 이용하여 주행이 가능하도록 한 장비로서, 유지관리요원 승차 및 기계공구의 적재가 가능한 공간으로 구성

- 인천국제공항공사 검토 요청사항

· 공항공사에서 검토한 견인용 모터카에 대한 기술적인 가능성 검토

· 견인 모터카의 용도/기능에 대한 검토(필요성 등)

□ 검토결과

- 장비의 제작을 위한 기술적인 가능성 검토

· 공항공사의 의뢰에 의하여 업체로부터 제작이 가능한 것으로 제안된 내용을 검토한 결과

· 견인용 모터카의 중량 20톤(차량 길이 6.15m)을 적용하는 경우, 도시형 자기부상열차 구조물 설계하중(만차하중 26kN/m)에 비하여 분포하중으로 작용하더라도 약 32kN/m로서 설계하중을 초과하므로 현재 시범노선 구조물에는 적용 불가함

· 차량의 길이를 조정하여 설계하중을 만족시키는 경우(7.7m 이상)에도 견인력 확보를 위하여 고무차륜(솔리드 타이어 : 폭 108mm, 허용하중 950kg, 타이어 외경 405mm)의 적용이 불가피하며, 이때 타이어의 수량은 22개, 축하중 20kN, 축간거리 0.7m로서 타이어 외경과의 간섭이 발생하여 적용이 곤란할 것으로 예상됨

· 또한, 자기부상열차 선로는 슬랙이 없는 구조로서 타이어 수량 증가에 따라 조향이 불가능 할 것으로 판단됨

· 따라서, 현재 제시된 제작안 (중량20톤, 차량길이 6.15m, 고무타이어 적용)에 따른 장비의 제작은 곤란 할 것으로 판단됨

- 견인용 모터카 용도/기능에 따른 필요성 검토

· 자기부상열차 차량은 차량 고장시 선후행 열차에 의한 구원운전이 가능하도록 차량설계에 반영되어 있으며(전두부 커플러 및 견인력 확보), 또한 시범노선 운영시나리오에도 선후행 열차에 의한 구원운전으로 계획하여 차량고장에 대한 대비책을 마련하였음

· 별도의 견인용 모터카에 의한 구원운전이 발생할 상황은 전차선 설비의 고장과 동시에 복수의 운행차량 고장에 따라 선후행 열차에 의한 구원운전이 불가능한 상황이 발생할 경우 필요하나 발생빈도는 매우 낮을 것으로 예상됨

· 따라서, 장비의 도입비용(10억) 및 장비관리비용 대비 사용빈도를 감안하면 도입의 필요성은 낮은 것으로 판단됨

※ 해외사례 : 일본 리니모 및 중국의 자기부상열차에도 본선 차량의 구원운전을 위한 견인 모터카를 운용하지 않는 것으로 조사됨

② 시범노선 견인용 모터카 규격서 검토 및 의견제시

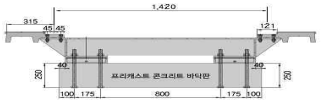
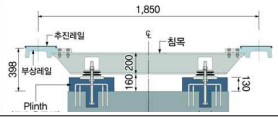
□ 검토개요

- 공항공사에서 준비중인 모터카 제작, 구매에 대하여 규격서에 대한 검토를 시행하여 회신

- 구매 규격은 자기부상열차의 특성을 반영하고, 구조물의 하중 등을 담보할 수 있도록 검토하여 제시

□ 검토내용

규격서 내용	검토의견	검토사유
1) 궤 간 : 1,420mm	1) 궤 간 : 1,420mm (자기부상열차 부상레일 레일 기준면 중심간 거리)	자기부상열차 궤간(1,850mm)과 모터카 궤간을 명확히 하기 위하여 측정기준 명시 필요

(삽입도면)	(삽입도면 교체)	시범노선 모노블럭 일반도로 교체
		
4.8 모터카는 계약자의 부담과 책임으로 철도안전법 제35조에 따라 우리 공사가 지정하는 성능시험기관에서 기술검토를 받고 철도차량운행선로 시운전 검사 등을 받아야 한다.	4.8 모터카는 계약자의 부담과 책임으로 철도안전법 제35조에 따라 우리 공사가 지정하는 성능시험기관에서 기술검토를 받고 철도차량운행선로 시운전 검사 등을 받아야 한다. 단, 인천공항시범노선에서 시운전 검사가 곤란할 경우 우리 공사가 지정하는 선로에서 시운전 시험을 할 수 있다. 이 경우 인도장소 변경에 따른 운반비 등은 설계에 반영하고 정산처리 한다.	시운전 검사를 시범노선에서 시행하기가 곤란할 경우를 대비하여 발주자와 협의하여 동일한 선로조건을 지닌 구간에서 시운전 검사가 가능함을 명기할 필요 있음. 이때 차량 인도장소 차이에 따른 운반비 등을 설계에 미리 반영한 후 정산처리 하도록 명시 (우선, 기계연 시험선로를 활용하여 시운전 시험을 시행하도록 설계에 반영하고, 향후 시범노선에서 시운전이 가능하면 설계변경으로 처리)
1) 총 중량 : 8톤 이하 (작업원 및 자재를 적재한 만차상태)	1) 총 중량 : 8톤 이하 (작업원 및 자재를 적재한 만차상태) ※ 축하중은 2톤이하 (축간거리 1.5m 이상)로 제한	자기부상열차 선로는 분포하중으로 하중이 작용하므로, 집중하중이 작용하는 모터카는 축하중 및 축간거리를 규정할 필요 있음
9) 차량한계 : 자기부상열차 건축한계도 준수	9) 차량한계 : 공차상태 정상주행중(0~30km/h) 자기부상열차 건축한계를 침범하지 않도록 설정	차량한계를 건축한계도에 맞추면 주행중 롤링 등에 의하여 건축한계를 침범 할 가능성이 있으므로 주행 중 건축한계를 침범하지 않는 범위에서 차량한계 설정 (차량한계는 입찰자가 결정하되 주행중 건축한계를 침범하지 않도록 최소기준 제시)

③ 시범노선 견인용 모터카 자문회의 참석 및 의견제시

- 기능검토 :

· 자기부상열차 시범선로의 특성상 기지에서 트레일러를 후방에서 견인(Pull)하여 출동할 경우, 작업 후 기지로 되돌아 올때는 트레일러를 밀어서(Push) 이동하게 되는바 연결기 등의 동작에 문제가 없는지 검토가 필요함

- 하중조건 및 매뉴얼 명시

· 모터카의 공차중량이 8톤이며 이때 최대축중이 1톤임. 선로에서 부담이 가능한 범위는 최대로 작용하는 경우 약2톤/m 로 되어 있는 점을 감안하여 승차 및 적재 중량의 한계를 명시하여 선로부담력을 넘어서지 않

도록 조치 필요함

- 규격 및 기능성

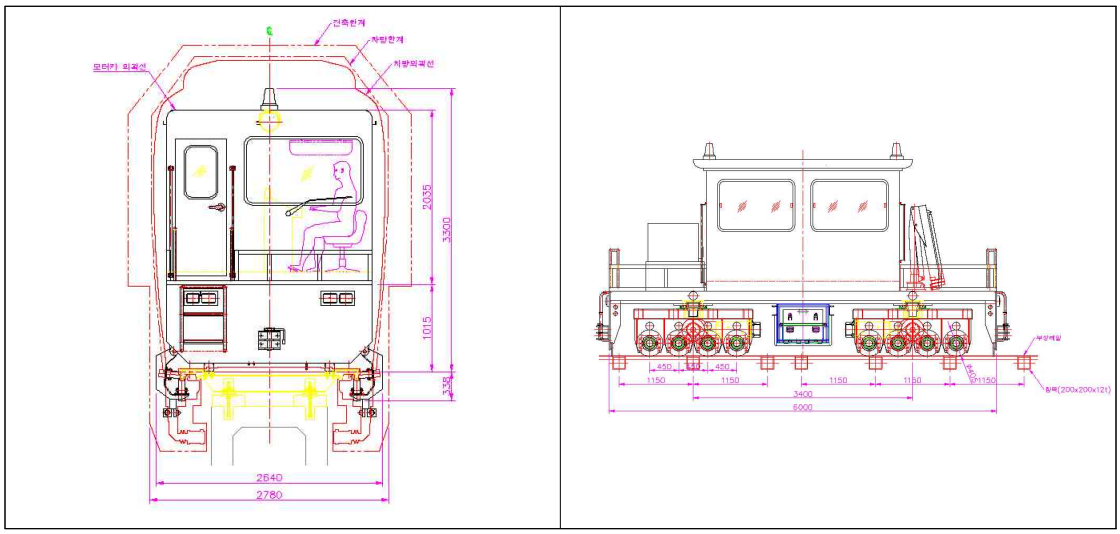
· 모터카 양단에 설치하는 커플러의 높이를 차막이 높이와 동일하게 유지하여 제동이상 등에 따른 충돌에 대비하도록 하여야 함. (차막이 높이는 레일기준면으로부터 720mm 상부에 위치)

- 기능성

· 공업용 공기압축기의 용량 검토에서 impact 렌치 등 공기구의 사용을 감안하여 지장이 없도록 하여야 함

- 기기배치 및 매뉴얼 조치

· 자기부상열차의 열차제어 설비중 지상에 장착된 지상자(유전원 지상자)의 위치가 중심부가 아닌 레일 한쪽으로 편기되어 설치되는 점을 감안하여 차량의 진행방향이 일정하도록 진로 방향을 차량에 표시하여 방향이 바뀌지 않도록 조치 필요(차량 측면 또는 운전대에 정규 진로 방향 표시)



[그림 163]견인용 모터카 건축한계 검토

다. 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보 및 시장개척

다-1. 사업 및 연구결과 홍보

(1) 사업 및 연구결과 홍보(시승행사 등 마케팅/홍보)

(가) 개요

- TV 보도, 신문보도, Radio 인터뷰, 학술대회 발표, 포스팅을 통한 도시형자기부상열차의 대국민 홍보
- 사업단 홈페이지 및 관련기관 등의 웹진을 통한 지속적인 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보
- 시제차량 시험선 시승을 이용한 주요시승행사 개최, 지속적인 시승행사를 통해 자기부상의 장점을 직접적으로 느낌으로서 많은 관심과 국내기술력에 대한 자긍심 고취를 유도
- 친환경성, 경제성, 승차감이 우수한 도시형자기부상열차의 특징 및 기술에 대해 설명하는 대외적인 기술강연 활동으로 자기부상열차의 탁월한 도시교통시스템으로서의 적합성에 대한 홍보
- 자기부상열차관련 국제학술대회인 Maglev 2011의 국내 개최를 통한 우리나라 도시형 자기부상열차 기술의 우수성 홍보 및 해외시장 진출을 위한 교두보 마련
- 국내 도시철도시스템 도입에 관심이 있는 지자체들에게 국내 연구개발을 통해 개발된 자기부상열차시스템을 적극적으로 알리기 위해 해당지자체 및 유관기관에 직접 방문하여 도시형자기부상열차 시스템의 특징 및 장점을 소개하하는 홍보활동과 기술적 자료 제공 등의 기술지원을 수행하고, 기계연 시험선에서 운행되는 자기부상열차 시스템을 직접 체험케하는 시승행사를 통해 쾌적하고 안전한 도시철도시스템으로서의 인지도 향상
- 도시형자기부상열차실용화사업의 성공적인 수행을 위한 양 기관의 기술협력지원을 위해 기관 간 양해각서(MOU)를 체결
- 해외 경전철 시장에 국내 기술로 개발된 도시형자기부상열차의 해외 시장개척을 하기 위해 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자들에게 국내에서 개발된 자기부상열차의 장점과 활용성을 설명하고, 직접 체험할 수 있는 시승행사를 실시하여 해외 시장 개척을 위한 홍보 실시

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업 및 연구결과 홍보 (시승행사 등 마케팅/홍보)													총 127건
- 언론보도/학술대회/저널/기타 등 홍보 활동	- TV보도내용(5건) - 신문보도내용(10건) - 인터뷰(7건) · TV(5건)/ Radio(1건)/ 신문(1건) - 학술대회 발표(1건) - 사업단 홈페이지 관리(1건) - 웹진, 포스팅, 블로그 등(6건)												홍보활동 30건
- 성과 홍보 및 주요행사	- 주요행사(4건) - 성과 홍보를 위한 사업단방문 시승행사(39건)												전시회 참가 및 주요행사 43건
- 기술강연	- 사업홍보를 위한 자기부상열차에 대한 기술강연(5건)												5건
- 국제 학술대회 개최	· '11.10.10~13 Maglev 2011												1건
- 국내 시장개척을 위한 홍보	- 지자체 및 관계기관 방문 홍보 및 기술지원(11건) - 지자체 및 관계기관 관련 시승행사(29건)												40건
- 해외 시장개척을 위한 홍보	- 해외 시장개척을 위한 홍보 및 기술지원(4건) - 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자 초청 시승행사(4건)												8건
목표 달성율	100%												

(다) 홍보 수행실적 및 결과

1) 언론보도/학술대회/저널/기타 등 홍보 활동

가) 언론보도(23건)

① TV보도내용(5건)

· '11.9.26 "차세대 그린교통수단"(KBS1 과학까페)

· '11.10.21 "Korea's Green Transportation"(아리랑TV)

· '11.10.24 "꿈의 물질 초전도체"(YTN 과학노트 33회)

· '11.12.7 "모노레일VS자기부상열차"(대전TJB 집중취재)

· '11.12.18 "울랄라 3D 사이언스"(SKY 3D)

② 신문보도내용(10건)

· '11.6.22 "대전시 자기부상열차는 소음 없어 경관은 개선"(연합뉴스)

· '11.6.30 "자기부상열차 최적 운영방안 찾는다"(뉴시스 외 2개 기사)

· '11.7.20 “도시철도 2호선 자기부상열차가 최고”(조선일보)
· '11.8.18 “자기부상열차가 대전 도심을 다녀야 할 이유”(충청투데이)
· '11.10.4 “자기부상열차 체험행사”(조선일보 외 11개 기사)
· '11.11.8 “가상현실과 기계기술”(중도일보)
· '11.11.14 “현대로템, 자기부상열차 본격 생산착수”(중부일보)
· '11.12.6 “인도 코치시 자기부상열차 관련기사”(Business Standard 외 4개 기사)
· '11.12.20 “자기부상열차, 인천공항도 띄운다”(경인일보)
· '12.4.12~17“대전도시철도 2호선 자기부상열차로”(조선일보 외)

③ 인터뷰(7건)

- TV인터뷰(5건)

· '11.9.26 신병천 사업단장 인터뷰(KBS 과학까페)
· '11.10.21 신병천 사업단장 인터뷰(아리랑TV)
· '11.10.24 신병천 사업단장 인터뷰(YTN 과학노트)
· '11.12.7 신병천 사업단장 인터뷰(대전TJB 집중취재)
· '11.12.18 신병천 사업단장 인터뷰(스카이3D)

- 라디오 인터뷰(1건)

· ‘11.10.21 11:10-11:40(대전KBS1라디오(생방송)충청권네트워크 리포트가 간다)

- 신문 인터뷰(1건)

· '11.7.4 “러시아가 반한 자기부상열차”(대덕넷)

나) 학술대회 논문발표(1건)

① Maglev 2011 Keynote Speech(‘11.10.12 / 대전컨벤션센터)

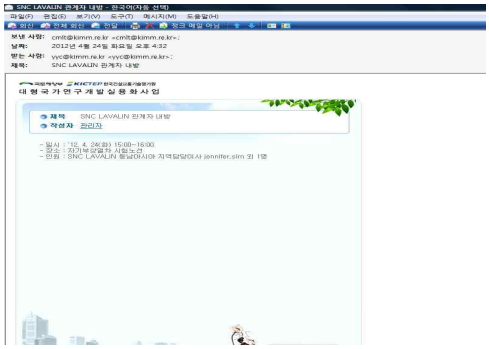
· Recent Progress of Urban Maglev Program

다) 기타 홍보활동(7건)

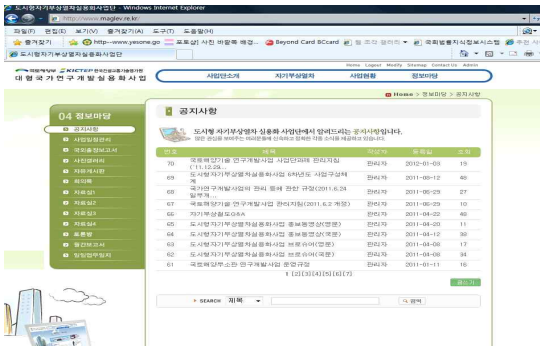
① 사업단 홈페이지 관리(1건)



홈페이지 회의일정을 파악할 수 있는 창



발송된 회의일정 메일



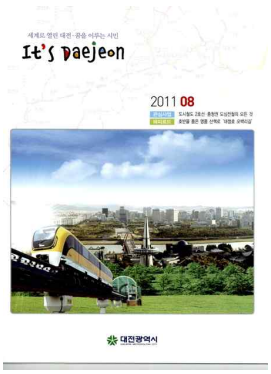
사업단 홈페이지 자료 업로드 목록



사업단 행사관련 자료 모음

② 웹진, 포스팅, 블로그 등(6건)

·‘11.8 “도시철도 2호선 충청권 도심전철”(대전시청 브로셔)

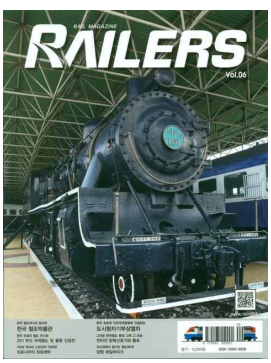


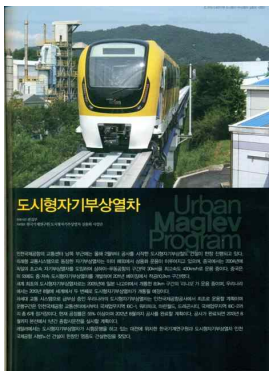






·‘11.8 “한국최초로 인천국제공항에 건설되는 도시형자기부상열차”
(철도전문매거진레일러)









· ‘11.8 “하늘을 나는 열차”,“달려라 꿈의 열차”

(대전시 블로그 기자단 블로그 기사)



· ‘11.8 “인천공항 운행할 자기부상열차 최종 시험현장 가보니”

(동아사이언스 과학동아)



· ‘11.12 “도시형자기부상열차 차량개발”(KICTEP 웹진)



· ‘10.8 “미래형 자기부상열차를 만나다”
(국가과학기술위원회 블로그 기자단 자기부상열차 포스팅)



2) 성과 홍보 및 주요행사

가) 주요행사(4건)

① 대전시 블로그 기자단 시승 및 인터넷 기사화

○ 개요

- 대전시의 생생한 시정소식을 전달하기 위해 대전시에서 모집한 블로그 기자단을 초청하여 도시형자기부상열차실용화 사업 현황 소개와 안전하고 친환경적인 자기부상열차 시승을 통해 대전시민에게 적극적인 홍보

○ 일시 및 장소

- 일시 : 2011. 8. 12(금)
- 장소 : 한국기계연구원(대회의실/ 자기부상열차 시험선/ VR ROOM)

○ 참석자 (총 10명)

○ 행사진행

- 도시형자기부상열차 실용화사업 소개
- 자기부상열차 시제차량 시승

○ 내방 결과 사진



○ 인터넷 기사내용 발췌

- 자기부상열차 시승을 통해 국내기술력에 대한 자긍심 고취, 기존 도시철

도와 비교하여 탁월한 승차감과 환경친화적인 시스템임을 인정하고 상용화를 기대



② 대전시민 대상 도시형자기부상열차 홍보 및 시승행사

□ 목 적

○ 대전광역시에서 도시철도 2호선의 차종으로 검토 중에 있는 도시형자기부상열차가 최종 선정될 수 있도록 우호적인 분위기 조성을 위하여 대전광역시 시민들을 대상으로,

- 차량 시승행사를 통해 도시형자기부상열차 소개 및 우수성·안전성에 대한 직접 체험기회 제공
- 유동인구가 많은 장소에 홍보부스 등을 설치하여 자기부상열차의 우수성 및 친환경성 홍보를 통해 새로운 차세대신교통수단으로서 최적임을 부각

○ 국가연구개발 성과를 일반인에게 알림으로써 과학기술에 대한 이해도 증대 및 연구기관의 국가·사회 기여도 인식 제고

□ 일시 및 장소

- 일시 : 2011. 10. 5~31 (1달간)
- 장소 : 대전역(대합실), 대전지하철역(역사내 광고용 벽면), 한국기계연구원

□ 추진 내용

○ 홍보부스 및 광고판 설치 운영을 통한 홍보

- 대전역(대합실)

· 전시기간 : 2011.10.5~11(1주일)

· 홍보대상 : 대전역 대합실 이용객(철도이용액 및 철도역사 이용객)

· 홍보방법 : 도시형자기부상열차 홍보 리플릿 배포 및 설명, 도시형자기부상열차 홍보동영상 및 VR시연

· 전시물 : 자기부상열차 소개 판넬, 도시형자기부상열차 모형, 홍보동영상

및 VR시연용 디스플레이, 홍보 리플릿

・설치사진



- 대전지하철역(역사내 광고용 벽면)

・ 전시기간 : 2011.10.4~31(약 1달간)

・홍보대상 : 도시철도(대전역) 이용승객 및 지하도 통행인

・ 전시물 : 대전시내 중심가로 자기부상철도가 지나가는 배경(VR로 구현)을 바탕으로 한 광고물

・전시사진



○ 대전 시민 대상 시승행사

- 사전 홍보

・대전 시민대상 시승행사의 취지 및 효과적인 홍보 성과를 얻기 위해 대전지하철 2호선 노선(안) 부근 아파트들을 주홍보대상으로 설정하여 각 아파트 관리사무소 및 부녀회를 대상으로 시승행사 안내 공문 및 홍보 포스터 발송('11.9.26 / 101개 아파트, 404개 포스터 배포)




· 아파트단지 주민에게 직접적으로 시승행사를 효과적으로 알릴 수 있도록 아파트 엘리베이터 라인에 위치한 게시판에 시승행사 안내 부착 등 홍보활동 수행('11.10.17~21 / 10개 아파트, 엘리베이터 138라인)




· 대덕연구개발특구 출입기자를 대상으로 시승행사 관련 보도자료 작성 및 배포

· 언론 보도 현황(14건)

No	매체	보도일자	언론기관명	No	매체	보도일자	언론기관명
1	TV방송	2011.9.30	대전MBC	8	인터넷	2011.10.4	노컷뉴스
2	신문	2011.10.4	조선일보	9	인터넷	2011.10.4	대전일보
3	인터넷	2011.10.4	연합뉴스	10	인터넷	2011.10.4	대덕넷
4	인터넷	2011.10.4	뉴시스	11	신문	2011.10.4	금강일보
5	신문	2011.10.4	디지털타임스	12	인터넷	2011.10.4	건설기술신문
6	인터넷	2011.10.4	아시아경제	13	라디오	2011.10.21	대전KBS1
7	인터넷	2011.10.4	스포츠투데이	14	인터넷	2011.11월중	스카이라이프

- 자기부상열차 시승행사

· 기간 : 2011.10.5~31(1달간)

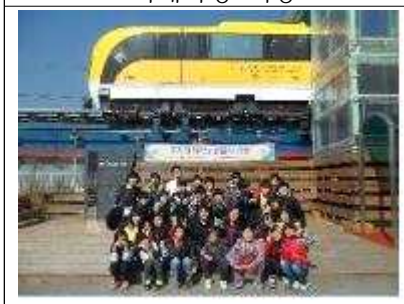
· 요일 및 시간 : 월·수·금 11:00, 14:00, 16:00

· 장소 : 한국기계연구원 대회의실, 시험선로

· 프로그램 : 연구원 홍보동영상, 자기부상열차 홍보동영상 시청, 자기부상열차 시승 체험

· 시승인원 : 총 1,366명 시승

· 시승 관련 진행 사진

	
홍보동영상 시청	홍보동영상 시청
	
시제차량 시승	시제차량 시승
	
단체사진 촬영	단체사진 촬영

③ 대전시 2호선 기종선정 민관정 위원회

○ 목 적

- 대전시 시민, 전문가, 언론, 행정기관, 정치인이 참여하는 “민관정 도시철도 추진위원회” 위원을 대상으로 도시형자기부상열차의 시승 및 실용화 사업 현황 소개를 통하여 자기부상열차의 우수성 및 안정성, 친환경성을 적극적으로 홍보하여 시장진입을 촉진하기 위함.

○ 일시 및 장소

- 일시 : 2011. 12. 22(목) 09:20 ~ 10:10

- 장소 : 한국기계연구원(대전) 국제회의실 및 자기부상열차 시험노선

○ 참석자 (총 26명)

- 민관정 위원회 위원장 외 26명

○ 진행사항

- 도시형자기부상열차 실용화사업 소개
- 자기부상열차 시제차량 시승

※ 보도자료, 사업현황 설명자료, 자기부상철도 Q&A자료 배포

○ 행사 진행 사진

	
사업소개	시제차량 시승
	
시제차량 시승	시제차량 시승

○ 시승의견

- 도시적이고 미래적인 디자인, 기존 도시철도보다 탁월한 승차감과 안전성, 사생활 침해 방지를 위한 미스트윈도우의 성능에 관심, 대전도시철도로 적합, 등

④ 대전시 중구의회 의원 내방

○ 목 적

- 대전시 중구의회로부터 도시철도2호선과 관련 자기부상열차 시승 및 경전철에 대한 지식 습득 등 자기부상열차 시승을 요청해옴에 따라 동 일행을 대상으로 도시형자기부상열차실용화사업 소개와 자기부상열차 시승을 통하여 자기부상열차의 우수성 및 안정성을 적극적으로 홍보

○ 일시 및 장소

- 일시 : 2012. 2. 22(수) 10:30 ~ 11:50
- 장소 : 한국기계연구원(대전) 국제회의실 및 자기부상열차 시험노선

○ 참석자 (총 24명)
- 대전시 중구의회 의장 외 24명

○ 진행사항
- 도시형자기부상열차 실용화사업 소개
- 자기부상열차 시제차량 시승

※ 보도자료, 사업현황 설명자료, 자기부상철도 Q&A자료 배포

○ 행사 진행 사진

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>사업소개</td><td>시제차량 시승</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>시제차량 시승</td><td>시제차량 시승</td></tr>
</table>

○ 시승의견
- 소음과 진동이 작은 환경 친화적인 시스템으로 대전2호선으로 적합, 대전의 대표 연구성과물로 대전시민의 자긍심 고취에 기여, 곡선통과 능력, 주행성능이 우수함

나) 성과 홍보를 위한 사업단방문 시승행사(39건)

① 일반 시승(39건)

○ 2011. 6. 24. 개별견학자 자기부상열차 시승 체험

○ 2011. 8. 5. 한국철도대학 철도운전기전과 학생 내방

○ 2011. 10. 5~31. 대전시민 대상 자기부상열차 시승행사(개별 및 단체 총 25건)

○ 2011. 11. 3. 대전 어은초등학교 학생 내방

○ 2011. 11. 18. 한국철도대학 철도시설토목과 학생 내방

○ 2011. 11. 24. 목원대학교 도시공학과 학생 내방
○ 2012. 3. 16. 조천식녹색교통대학원 학생 일행 내방
○ 2012. 3. 27. 대전 중구 동양유치원생 견학
○ 2012. 4. 4. 대전 버드네초등학교 학생 견학
○ 2012. 4. 12. 대전 새봄유치원생 견학
○ 2012. 4. 13. 대전 위키어린이집 원생 견학
○ 2012. 5. 10. 대전 목원대학교 도시공학과 학생 내방
○ 2012. 5. 11. 대전 중구 제일어린이집 원생 견학
○ 2012. 5. 18. 대전 중구 비타민어린이집 원생 견학

3) 기술강연(5건)

○ 2011.6.19~24 러시아 방문 자기부상열차 소개 및 홍보
○ 2011.8.29 국토연구원 방문 신교통수단 관련 자문회의 참석
○ 2012.1.11 대전지방국토관리청 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
○ 2012.2.6 서울지방항공청 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보
○ 2012.2.9 대전카이스트 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보

4) 국제 학술대회 개최(1건)

가) Maglev 2011 개최

○ Maglev 국제학술대회
- 자기부상열차 분야 유일의 국제학술대회로 1977년 미국 보스톤 대회를 시작으로 2~3년마다 개최되며, 제21차는 2011년 10월 우리나라에서 개최키로 결정됨
- 정식명칭은 International Conference on Magnetically Levitated Systems and Linear Drives(약칭 Maglev ○○○○)
- 제20차는 2008.12.15~12.18(4일간) 미국 센디에고에서 개최

○ 학술대회 목적
- 자기부상열차 기술 아이디어와 최신 기술동향·상용화동향 등 정보교류
- 자기부상열차관련 기술토의 및 자기부상열차 상용화 유도
- 자기부상열차관련 기술개발을 위한 국제협력 유도

○ 국내 개최 배경

- 국토교통부의 도시형자기부상열차실용화사업과 연계하여 세계 각국의 자기부상열차 전문가들을 대상으로 우리사업의 홍보를 통한 세계 인지도 향상 및 향후 해외시장 진출 기반 조성

※ 2008.12월 제20차 대회에 국토해양과학기술진흥원장과 사업단장이 참석하여 국내 개최권 확보

○ 기대효과

- 우리나라 도시형자기부상열차 기술 우수성을 홍보, 해외시장 진출을 위한 교두보 확보 기대
- 국내 경전철 관련 학계·연구계·산업계 및 관련 전문가들의 참여를 유도하여 국내 자기부상열차 관련 기술 발전에 기여

○ Maglev 2011 행사 개요

- 개최기간 : 2011.10.10(월)~13(목)(4일간)
- 장　소 : 대전컨벤션센터(DCC)
- 주　최 : 철도학회
- 주　관 : 한국기계연구원 & 한국철도기술연구원
- 후　원 : 국토교통부, 국토해양과학기술진흥원
- 참석인원 : 국내외 자기부상열차 관련 전문가 204명, 11개국
(자기부상열차 개발자, 철도운영기관, 산·학·연 관련 전문가 등)

○ 주요행사 사진자료

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>조직위원장 행사 개회 알림</td><td>국토해양과학기술진흥원장 축사</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">단체사진 촬영</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>Keynote Speech 발표</td><td>논문 구두 발표</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>논문 발표(포스터)</td><td>Technical tour</td></tr>
</table>

5) 국내 시장개척을 위한 홍보

가) 지자체 및 관계기관 방문 홍보 및 기술지원(11건)

① 대전시 기술지원

○ 대전시 도시철도 2호선 관련 자기부상열차 신뢰성 및 안전성 확보자료 송부 및 대전시 자기부상열차 도입 추진 기사(6건)

- 2011.6.22 “대전시 자기부상열차는 소음 없어 경관은 개선” (연합뉴스)
- 2011.6.30 “자기부상열차 최적 운영방안 찾는다”(뉴시스 외 2개기사)
- 2011.7.20 “대전 도시철도 2호선 자기부상열차 최고”(조선일보)
- 2011.8.18 “자기부상열차가 대전 도심을 다녀야 할 이유”(충청투데이)
- 2011.12.7 “집중취재-모노레일 VS 자기부상열차”(대전TJB)
- 2012.4.12 “대전도시철도 2호선 자기부상열차로”(조선일보 외)


연합뉴스

대전시 '자기부상열차는 소음 없어…경관은 개선'


hankook.com 서울경제


조선일보

기고

도시철도 2호선, 자기부상열차가 최적

충남대 정기갑학과 교수 장석명


충청투데이

특별기고 송달호 우송대 철도대학원장

자기부상열차가 대전 도심을 다녀야 할 이유





朝鮮日報 2012년 04월 17일 T4C면 (지역)

도시철도 2호선 자기부상열차로 환원

정부관계자 인식변화 이유
오락가락 행정 비난 일어

대전시의 도시철도 2호선 차종이 애초대로 자기부상열차로 환원될 것으로 보인다.

유세종 대전시 교통건설국장은 16일 대전시청 대회의실에서 열린 민관정도시철도추진위원회에서 도시철도 2호선 예비타당성 조사 차종을 현재의 모노레일에서 자기부상열차로 변경하는 '2호선 예비타당성조사 차종 변경 동의안'을 제시했다.

유 국장은 "지난해 6월 자기부상열차로 2호선의 예비타당성 조사를 신청했으나 기획재정부 등에서 검증 안 된 자기부상열차로는 예비타당성 조사가 어려울 수 있다는 지적이 있어 모노레일로 변경했다"며 "그러나 그동안 국토부와 기획재정부 등을 방문해 설득작업을 거쳐 경제성 등에서 검토 가능하다는 인식이 확산된 만큼 차종을 당초안인 자기부상열차로 변경할 계획"이라고 밝혔다.

차종 변경에 따라 도시철도 2호선의 연장(38.6km)과 정거장(22개소)은 바뀌지 않으나 사업비는 모노레일보다 1조2770억원보다 462억원 증가한 1조3232억원으로 늘어난다.

그러나 이날 열린 민관정도시철도추진위원회에서는 차종 변경을 두고 시의 오락가락 행정을 질타하는 목소리가 높았다. 금홍섭 대전참여자치시민연대 사무처장은 "모노레일로 차종이 변경될 때와 상황이 별로 바뀐 것이 없는 상태에서 중앙부처의 입장 변화에 대한 명확한 설명이나 전문가 진단, 시민 동의절차 없이 대전시가 또다시 차종변경에 나서는 것에 한심할 수 없다"고 반발했다.

이에 따라 이날 위원회는 차종 변경에 대한 동의 과정을 거치지 않고 "민관정의위원회에서 나온 다양한 의견을 충분히 수렴해 차종변경 시 절차적으로 반영하겠다"는 절충안을 제하하고 종료됐다.

대전시는 지난해 10월 시민에게 제대로 알리지 않고 도시철도 2호선의 열차 기종을 당초 자기부상열차에서 모노레일 방식으로 강자기 변경해 예비타당성 조사를 신청, 밀실 졸속 행정이란 비난을 받았다.

임도혁 기자 dhim@chosun.com

(15.0×10.4)cm

충청투데이 2012년 04월 17일 이슈 (종합)

대전도시철 2호선 예타통과 청신호

국토부, 모노레일서 자기부상열차 변경땐 적극 지원

대전시 도시철도 2호선 차종이 모노레일에서 자기부상열차(사진)로 변경될 것으로 보인다.

시는 16일 민·관·정 도시철도 추진위원회를 열고 도시철도 2호선 예비타당성 조사 차종을 기존 모노레일에서 자기부상열차로 변경하는 방안을 추진한다고 밝혔다.

시는 지난 10일 국토해양부가 관계기관 회의와 검토를 거쳐 예타 당성 조사가 진행되고 있는 2호선 차종과 관련, 모노레일과 자기부상열차 변경검토는 물론 자기부상열차로 차종을 변경할 경우 적극 지원하겠다는 회신을 받았다고 설명했다.

이에 대해 추진위는 위원들 간 찬반논의를 거쳐 차종 변경 여부에 대한 별도의 동의 과정을 거치지 않고 회의 과정에서 제기된 의견을 수렴해 정책적으로 반영키로 의견을 모았다.

시는 예타 대상사업 차종을 자기부상열차로 변경할 경우 경제성과 환경성 등 운영측면에서 유리한 점을 강조하고 있다.

차량이 부상해 주행하는 만큼 바퀴와 기어, 궤도 등 마모가 없어 유지보수비가 저렴하고 국내 기술로 제작 서비스가 용이하며 대부분의 부품이 국내에서 생산돼 조달이 용이하다는 장점을 꼽았다.

또 소음이 적고 분진이 없어 환경친화적이며 국가에서 차세대 신성장동력으로 육성하고 있고 과학기술도시인 대전의 이미지와도 부합된다는 설명이다.

시 관계자는 "사업비가 모노레일은 1조 2770억 원, 자기부상열차는 1조 3232억 원으로 모노레일이 다소 유리하지만 속도를 감안한 수송수요를 고려하면 경제성은 자기부상열차가 더 나은 것으로 분석된다"고 말했다. 김필순 기자 wnfks@cctoday.co.kr

(15.0×13.1)cm

금강일보 2012년 04월 17일 사회 (종합)

도시철 2호선 자기부상열차로 'U턴'

대전시, 저탄소인 사라져 원래대로 환원
민·관·정협의회 위원들은 찬·반 엇갈려

대전시가 도시철도 2호선 기종을 당초 계획된 자기부상열차로 환원키로 했다.

시는 자기부상열차에 대한 부정적인 의견을 제기했던 기획재정부에 이를 최대 넘어 설득에 성공했다고 판단했다고 밝혔다. 또 국토해양부가 민자사업에 대해 적극 지원하겠다는 입장을 확인했다고 설명했다.

시는 지난해 6월 자기부상열차로 2호선 예비타당성 조사를 신청했으나 당시 기획재정부 등에서 경제성과 사회환경, 안전성 등의 측면에서 검증사례가 없다는 점을 들어 예타 대상사업에서 배제될 수 있다는 지적에 따라 모노레일로 변경했었다.

이후 지난해 10월 하반기 예타 대상사업에 선정돼 한국개발연구원(KDI) 주관으로 예타 조사가 진행됐고, 시는 올 3월 국토부와 기재부에 모노레일과 자기부상열차 병행 검토를 요청했었다.

시는 예타 대상사업 차종을 자기부상열차로 변경할 경우 경제성과 환경성 등 운영측면에서 유리한 점을 강조하고 있다.

차량이 부상해 주행하는 만큼 바퀴와 기어, 궤도 등 마모가 없어 유지보수비가 저렴하고 국내 기술로 제작 서비스가 용이하며 대부분의 부품이 국내에서 생산돼 조달이 용이하다는 장점을 꼽았다.

또 소음이 적고 분진이 없어 환경친화적이며 국가에서 차세대 신성장동력으로 육성하고 있고 과학기술도시인 대전의 이미지와도 부합된다는 설명이다.

시 관계자는 "사업비가 모노레일은 1조 2770억 원, 자기부상열차는 1조 3232억 원으로 모노레일이 다소 유리하지만 속도를 감안한 수송수요를 고려하면 경제성은 자기부상열차가 더 나은 것으로 분석된다"고 말했다. 김필순 기자 wnfks@cctoday.co.kr

(20.7×14.1)cm

② 지자체 기술강연(4건)

○ 2011.8.29 신교통수단 관련 자문회의 참석 및 사업홍보(국토연구원)

○ 2012.1.11 대전지방국토관리청 방문 업무현황 보고

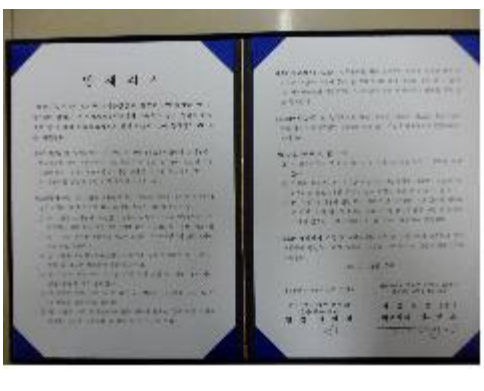
○ 2012.2.6 서울지방항공청 방문 도시형자기부상열차 소개 및 홍보

○ 2012.2.9 대전카이스트 방문 국토해양R&D 소개 및 홍보

③ 기술협력지원을 위한 MOU체결(1건)

○ 2011.11.29 도시형자기부상열차실용화사업단-세종기술(주)

· 목적 : 도시형자기부상열차실용화사업단의 도시형자기부상열차에 관한 전문지식과 세종기술(주)의 철도 전기분야 전반에 대한 시스템계획, 설계, 제조, 감리, 시공 기술을 최대한 활용하여 양 기관의 성공적인 발전과 공동 이익 증진에 목적



나) 지자체 및 관계기관 관련 시승행사(29건)

○ 2011. 6. 22. 한국철도시설공단 감사 일행 내방

○ 2011. 6. 23. 한국철도시설공단 인재개발원 교육생 내방(1/2)
○ 2011. 6. 24. 한국철도공사 관계자 내방
○ 2011. 7. 5. 한국철도시설공단 관계자 내방
○ 2011. 7. 6. 국토교통부 연구개발담당관 내방
○ 2011. 7. 7. 한국철도시설공단 인재개발원 교육생 내방(2/2)
○ 2011. 7. 28. 대전도시철도공사 임직원 내방(1/2)
○ 2011. 7. 29. 대전도시철도공사 임직원 내방(2/2)
○ 2011. 8. 12. 대전시 시민기자단 일행 내방
○ 2011. 10. 27. 서울메트로 직원 일행 내방
○ 2011. 10. 28. 국토교통부 철도국 일행 내방
○ 2011. 11. 8. 태조엔지니어링 관계자 내방
○ 2011. 11. 25. 서울메트 관계자 내방
○ 2011. 11. 29. 세종기술 사장일행 내방
○ 2011. 12. 5. 행정안전부 일행 내방
○ 2011. 12. 22. 대전시 민관정 도시철도 추진위원회 위원 내방
○ 2011. 12. 23. KDI예비타당성 조사팀 내방
○ 2011. 12. 28. 대전도시철도공사 관계자 일행 내방
○ 2012. 2. 3. 서울메트로 관계자 내방
○ 2012. 2. 3. 산업은행 지점장 일행 내방
○ 2012. 2. 9. 국토해양과학기술진흥원 총괄본부장 내방
○ 2012. 2. 15. 건설교통 R&D 연구성과 현장 견학
○ 2012. 2. 22. 대전광역시 중구의회 의장 일행 내방
○ 2012. 2. 28. 대전광역시 중구의회 의원 일행 내방
○ 2012. 3. 14. 기획재정부 재정관리국 일행 내방
○ 2012. 3. 27. 국토교통부 장관 내방
○ 2012. 4. 20. 인천국제공항공사 관계자 내방
○ 2012. 4. 25. 건설교통분야 연구성과 4차 현장견학
○ 2012. 5. 4. 서울메트로 관계자 일행 내방

6) 해외 시장개척을 위한 홍보(8건)

가) 해외 시장개척을 위한 홍보 및 기술지원 (4건)

① 러시아 시장개척 관련 추진배경 및 경과

○ 지난 10여년간 KIMM-중부대-러시아 인쇄대학 인쇄분야 기술협력

- ‘11.2 인쇄대총장(쯔가네코 교수)일행 KIMM 방문시 자기부상열차 시승 후, 교통문제가 심각한 모스크바에 도입필요성 의사표명, 관계기관과 협의하여 KIMM 원장님 일행 방문주선 약속

-귀국 후 러시아 철도공사, 모스크바 시청 방문 및 면담 주선

○ ‘11.6.19~23 KIMM 원장일행 러시아 방문 협의

(방문자 : KIMM원장, 사업단장, 정책실장, 중부대 김병현 교수 등)

- 6.20 : 모스크바 시청방문(교통담당 부시장), 사업설명 및 협의

-6.21 : 러시아철도공사 방문(부사장), 사업설명 및 2018년 월드컵 개최도시 일부 자기부상열차설치 관련

○ ’11 7.12 : 러시아 철도공사 국제교류부 부서장 공식 서한 접수

- 2018 러시아 월드컵에 따른 크로스노다르 철도연결계획 자료 포함

○ ‘11.7.21 : 모스크바 시에서 요청한 건설비 단가기준 송부

○ ‘11.7.22 : 모스크바 교통 대책 관련 언론보도

- 자기부상방식을 포함한 모스크바 교통문제 해결방안 제시 관련기사

○ ‘11.7.28 : 지경부 구주협력과 방문

- 한·러 산업협력의제에 자기부상열차 포함예정

- ‘11.10월 지경부 장관 러시아 방문시 협의

○ 현재 : 모스크바 지하철 및 2018년 월드컵 대비 교통대책 적용성 검토중

② 인도네시아 : 자카르타 모노레일 대안 기종으로 검토중

③ 인도 : 델리 경전철 및 케랄라주 코친시 검토중

④ 카타르 : 도시철도 건설 계획 초기 검토중

나) 해외철도관련분야 및 외교분야 관련종사자 초청 시승행사(4건)

- 해외 경전철 시장에 국내 기술로 개발된 도시형자기부상열차의 해외 시장개척을 하기 위해 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자들에게 국내에서 개발된 자기부상열차의 장점과 활용성을 설명하고, 직접 체험할 수 있는 시승행사를 실시하여 해외 시장 개척을 위한 홍보 실시

① 홍보 및 행사활동(4건)

○ 2011. 8. 2. 카자흐스탄 해외통상부차관보 일행 내방

○ 2011. 11. 8. 인도 델리지하철공사 사장 일행 내방

○ 2012. 2. 14. 콜롬비아 보고타 Tram CEO 내방

○ 2012. 4. 24. SNC LAVALIN 관계자 내방

(2) 사업 및 연구결과 홍보(국내외 전시회 참가)

(가) 개요

- 국내·국제 전시회 등에 참가하여 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차 소개 및 우수성 홍보

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업 및 연구결과 홍보 (국내외 전시회 참가)													총 3건
- 국내외 전시회 참가	- '11.10.10~13 Maglev 2011 - '12.4.4 2012년 녹색기술포럼 - '12.6.7~9 2012 국토해양기술대전												전시회 참가 3건
목표 달성율	100%												

(다) 수행실적 및 결과

① Maglev 2011 국제학술대회

○ 목 적

- 국토교통부지원으로 수행되는 도시형자기부상열차실용화사업과 연계하여 세계 각국의 자기부상열차 전문가들을 대상으로 관련기술·정보교류와 사업 홍보활동을 통한 세계 인지도 향상 및 향후 해외시장 진출 기반 조성

○ 전시기간 : 2011.10.10(월)~13(목)(4일간)

○ 장 소 : 대전컨벤션센터(DCC)

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이

○ 전시사진



② 2012년 녹색기술 포럼

○ 목 적

- 정부의 「저탄소 녹색성장」 비전 선포 이후 「녹색기술 연구개발 종합대책」, 「'09년 녹색기술 연구개발 시행계획」 및 「중점 녹색기술개발과 상용화 전략」 시행의 일환으로 추진된 지난 4년간의 연구성과를 점검하기 위해 마련된 2012년 녹색기술포럼에 참가하여 미래 지향적 친환경 교통수단 도시형자기부상열차를 홍보하기 위해 참가

○ 전시기간 : 2012.4.3(화) ~ 2012.4.5(목) (3일간)

※ 포스터 발표일 : 4.4(수)

○ 장 소 : 서울교육문화회관

○ 전시물

- 포스터 발표 판넬



③ 2012 국토해양기술대전 전시회

○ 목 적

- 국토교통부에서 주최하는 '2012 국토해양기술대전' 전시회에 참가하여 최

첨단 미래교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경성, 우수성 등을 홍보

○ 전시기간 : 2012.6.7(목) ~ 2012.6.9(토) (3일간)

○ 장 소 : 서울 코엑스

○ 전시물

- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬
- 홍보동영상 및 주행동영상 시연용 디스플레이
- 시범노선 가상 주행 시뮬레이션

다-2. 성과확산 및 시장개척기반조성

(1) 성과확산 및 시장개척기반조성(유지보수비 제시)

(가) 개요

- 한국기계연구원에서 국가연구개발과제로 수행중인 도시형자기부상열차 실용화 사업의 일환으로 개발되어 인천공항에 운행예정인 자기부상열차의 운영관리비측면에서의 예측자료 확보를 위하여 도시철도 운영기관의 운영 기법 및 노하우를 통해 실제 예상되는 인건비, 유지보수비, 전력비 등 운영비 산출과 운영 효율화 방안을 도출하여 향후 자기부상열차를 도입하는 기관 등에서 참고자료로 활용할 수 있도록 하고자 함.

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

<table>
<tr><th rowspan="2">연구내용</th><th colspan="12">당해년도</th><th rowspan="2">성과
결과물</th></tr>
<tr><th>1</th><th>2</th><th>3</th><th>4</th><th>5</th><th>6</th><th>7</th><th>8</th><th>9</th><th>10</th><th>11</th><th>12</th></tr>
<tr><td>자기부상열차 운영비 예측 및 운영 효율화 방안 연구</td><td colspan="12"></td><td>최종보고서</td></tr>
<tr><td>자기부상열차 차량측면에서의 유지보수비용 및 운영비 분석</td><td colspan="12">국내 도시철도, 경전철과의 운영비 비교 검토</td><td rowspan="4">최종보고서
(1건)</td></tr>
<tr><td>전력사용량 및 에너지 재활용 방안 연구</td><td colspan="12">에너지
최적화를 위한 전력데이터 분석</td></tr>
<tr><td>차량 운영시 이상상황에 대한 대책 연구</td><td colspan="12">이상상황에 대한 운영 안전대책 검토</td></tr>
<tr><td>자기부상열차 운영 효율화 방안 연구</td><td colspan="12">운영비 비교분석을 통한 운영효율화 분석 및 검토</td></tr>
<tr><td>목표 달성율</td><td colspan="13">100%</td></tr>
</table>

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 기존 상용화 운행되고 있는 해외시스템의 실적 자료는 국내 실용화 개발 단계 측면에서 적용이 어렵고 현재 우리 실정에 맞는 운영비(인건비, 유지보수비, 유지보수 시설 설비비)에 대한 분석 자료가 전무한 실정으로 향후 건설되는 도시형 자기부상열차의 운영에 있어 실질적인 운영비 분석자료를 바탕으로 노선계획 및 건설계획 수립과 운영효율화를 위한 자료로 적극 활용 가능

(2) 성과확산 및 시장개척기반조성(노선주행시뮬레이터기능개발)

(2-1) 국내 지자체 대상 노선주행 시뮬레이터 개발

(가) 개요

- 본 사업 결과의 확산을 위해, 자기부상열차 도입을 검토-하는 지자체의 노선 후보 지역을 대상으로 가상현실 기술을 이용한 노선주행 시뮬레이터를 개발하였다. 디지털 정보를 이용하여 지자체가 검토 중인 후보 노선 지역의 특성을 반영하고 자기부상열차의 특장점을 부각시킬 수 있는 시뮬레이터 개발을 통해 지자체의 긍정적인 반응을 유도하고 주민 홍보에 활용하고자 하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1. 국내 지자체 대상 노선주행 시뮬레이터 개발													
지자체 노선 자료 확보 (노선도/수치지형도/항공사진 등)	계획												
	수행												
도로 및 건물 배치도 추출	계획												
	수행												
현장 실사 촬영	계획												
	수행												
3D MAX 모델링 (도로/지형/건물/선로/역사 등)	계획												
	수행												
지자체 노선주행 VR 시뮬레이터 개발	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 먼저, [그림 164]과 같이 자기부상열차 도입을 검토 중인 지자체(대전)의 후보 노선 지역에 대한 수치지형도(1:10000)와 항공사진을 확보하고, 도로 및 건물 배치도를 추출한 뒤 정보가 부족한 부분에 대해서는 실사촬

영을 수행하였다. 확보된 디지털 자료로부터 형상과 텍스쳐를 추출한 뒤, [그림 165]와 같이 도로/지형/건물/선로/역사 등에 대한 3DS MAX 모델링을 수행하였으며, 선로 및 역사는 본 사업에서 결정된 설계 정보를 활용하였다. 마지막으로, 후보 노선 경로를 기반으로 자기부상열차 주행 시뮬레이션 모듈을 개발한 뒤, 기존의 VR 시뮬레이터와 통합하였다. [그림 166]은 최종적인 시뮬레이터 개발 결과를 보여준다.



(a) 대전 신도심 수치지형도



(b) 대전 신도심 항공사진



(c) 대전 구도심 수치지형도



(d) 대전 구도심 항공사진



(e) 대전 신도심 실사촬영



(f) 대전 구도심 실사촬영

[그림 164]지자체 후보노선 지역 자료수집 및 분석



(a) 대전 신도심 3D 모델링



(b) 대전 구도심 3D 모델링

[그림 165]지자체 후보노선 3DS MAX 모델링



[그림 166]지자체 후보노선 VR 시뮬레이터 개발

(라) 결과

- 개발된 대전시 후보노선 VR 시뮬레이터를 활용하여, 대전 도시철도 2호선의 차량선정 과정과 주민들을 위한 홍보 활동에 활용하였으며, 본 사업 결과물의 활용성을 가시적으로 검토할 수 있었다.

(2-2) 주행 시뮬레이터 기능 개선

(가) 개요

- 본 사업의 개발 결과를 효과적으로 홍보하기 위해, VR 노선주행 시뮬레이터에 대한 기능 개선이 꾸준히 필요하였다. 도로 차량에서 보이는 구조물과 차량, 차량 단독 품평용 네비게이션 모드, 창문흐림 장치의 시뮬레이션, 노선 및 교각의 경관 개선을 위한 시뮬레이션 등이 필요하였고, 이를 반영할 수 있는 시뮬레이터 추가 기능을 개발하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2. 주행 시뮬레이터 기능 개선													
네비게이션 모드 추가 개발 (도로 차량 주행모드)	계획												
	수행												
네비게이션 모드 추가 개발 (차량 품평용 단독모드)	계획												
	수행												
창문 흐림 장치 시뮬레이션 모듈 개발	계획												
	수행												
시범노선 경관개선 품평 모듈 개발	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- [그림 167]은 시범노선 지역의 도로상의 차량에서 바라본 자기부상열차 선로와 역사를 검토하기 위한 차량 주행 모드 개발 결과이다. 또한, 자기부상열차의 차량과 선로 구조물의 품평에 집중 할 수 있도록, [그림 168]와 같이 단독 품평모드를 개발하여 홍보 시연시 활용하였다. [그림 169]은 자기부상열차 차량에 탑재될 예정인 주민 사생활 보호용 창문흐림장치 시뮬레이션 모듈의 개발 결과이다. 키보드 조작을 통해 창문이 흐려지는 과정을 가상현실 기술을 사용해 시뮬레이션 하였다. 마지막으로, 시범노선 지역에 건설 중인 교각과 거더의 경관 개선 품평을 위해, 구조물 상에 페인팅 되거나 설치되는 컬러 재질을 가상현실 상에서 재현하였다. [그림170]에서는 총 4개의 거더와 2개의 교각 경관 중 일부를 발췌한 결과이며, 어떤 패턴과 색상이 적합한지 판단하는 보조자료로 사용할 예정이다.



[그림 167]네비게이션 모드 추가개발 (도로 차량 주행 모드)



[그림 168]네비게이션 모드 추가개발 (차량 품평 단독 모드)



[그림 169]창문 흐림 장치 시뮬레이션 모듈 개발



[그림 170]시범노선 경관개선 품평 모듈 개발(교각 및 거더)

(라) 결과

- VR 기반 노선주행 시뮬레이터의 다양한 추가기능 개발을 통해, 자기부상열차가 도입되기 이전에 여러 방식의 사전 검토 작업을 수행할 수 있었다.

(2-3) 사업 홍보용 컨텐츠 제작

(가) 개요

- 본 사업의 개발 결과를 효과적으로 홍보하기 위해, 주행 시뮬레이터 뿐 아니라, 다양한 그래픽 컨텐츠를 제작하여 활용하였다. 자기부상열차를 검토 중인 지자체의 특정 구역에 대해 실사합성 노선품평 컨텐츠를 개발하였고, 국외(러시아)를 대상으로 철제차륜 지하철을 자기부상화 하는 시뮬레이션 동영상을 제작하였다. 또한, 계획중인 인천공항 홍보관의 디자인을 검토할 수 있는 컨텐츠와, 지자체 대주민 홍보용 대형 이미지 컨텐츠를 제작하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용		당해년도											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
3. 사업 홍보용 컨텐츠 제작													
지자체 실사합성 노선품평 동영상 제작	계획												
	수행												
러시아 지하철 자기부상화 시뮬레이션 동영상 제작	계획												
	수행												
101역사 홍보관 부스시안 렌더링 스틸 제작	계획												
	수행												
지자체 대주민 홍보용 컨텐츠 제작	계획												
	수행												
목표 달성율		100%											

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- [그림 171]은 지자체 후보 노선지역에서 실사 촬영한 결과물에 자기부상열차 선로와 차량을 가상으로 합성하여 이들을 비교 평가할 수 있도록 동영상을 제작한 결과물이다. [그림 172]는 기존 철제차륜 지하철의 자기부상열차 변경을 검토하고 있는 러시아 기관을 위해, 기존 철제차륜 선로를 계속 사용하며 단계적으로 자기부상화 하는 시뮬레이션 동영상을 제작한 결과물이다. 또한, 인천공항내에 구축될 홍보관 디자인의 사전검토를 위한 스틸을 [그림 173]과 같이 제작하였으며, 지자체(대전) 자기부상열차 홍보를 위한 여러 가지 목적의 렌더링 이미지를 제작하여 활용하였다.

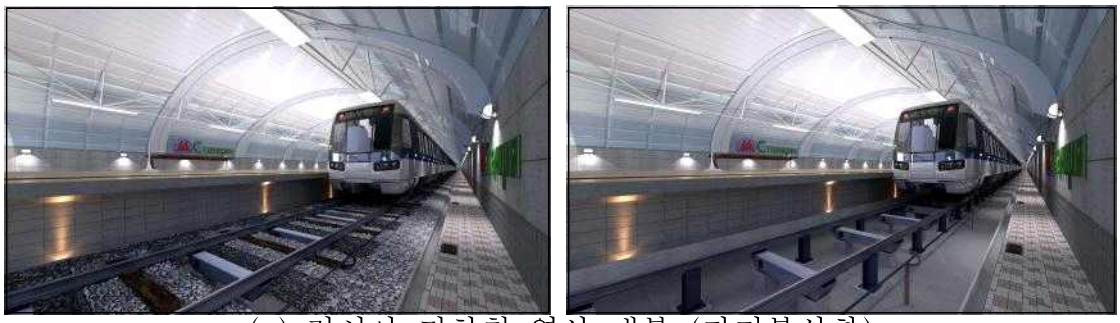


(a) 자기부상 노선 실사 합성 (대전 유천동)

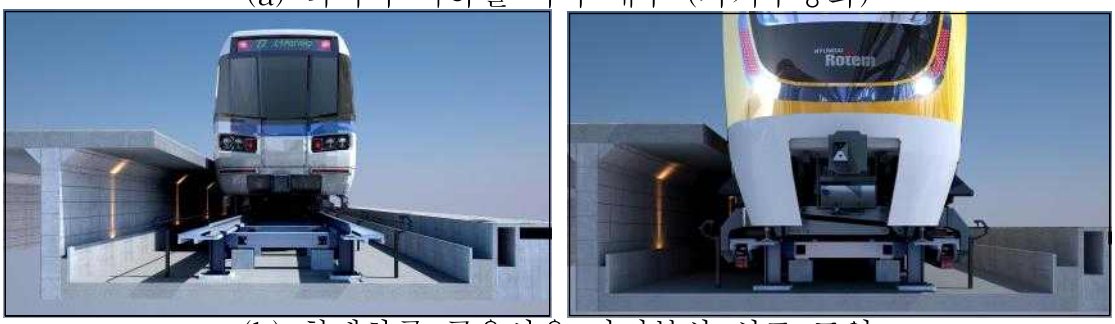


(b) 자기부상 노선 실사 합성 (대전 관저동)

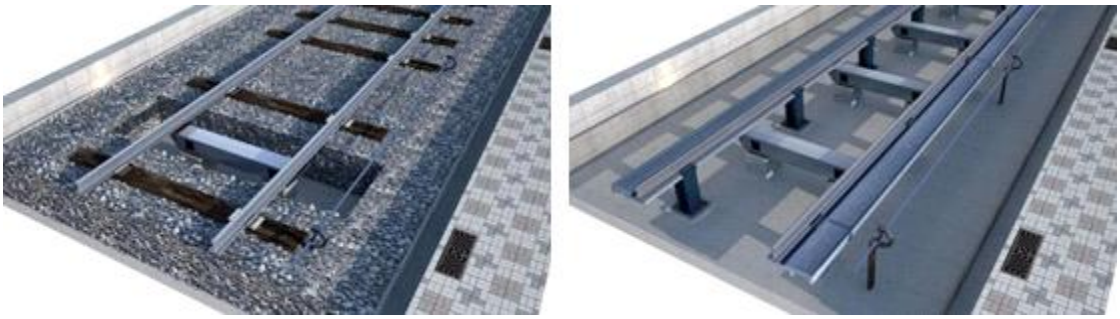
[그림 171]지자체 실사합성 노선품평 동영상 제작



(a) 러시아 지하철 역사 내부 (자기부상화)



(b) 철제차륜 공용사용 자기부상 선로 도입



(c) 자기부상 선로 교체 시뮬레이션

[그림 172]러시아 지하철 자기부상화 시뮬레이션 동영상 제작



[그림 173]101역사 홍보관 부스시안 렌더링 스틸 제작



[그림 174]지자체 대주민 홍보용 렌더링 스틸 제작

(라) 결과

- 다양한 목적의 그래픽 컨텐츠 개발을 통해, 단시간의 사전 검토를 효과적으로 지원할 수 있었으며, 국내외 자기부상열차 도입을 검토 중인 기관 및 주민들을 위한 홍보 활동에 적극적으로 사용할 수 있었다.

7. 7차년도 세부연구내용

가. 도시형자기부상열차 실용화사업 평가 및 계약 총괄

가-1. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 7차년도 계약총괄

(1) 7차년도 계약총괄(핵심/세부과제 계약 건수)

(가) 개요

- 6차년도 연차평가 결과에 따라 각 핵심/세부과제별 차년도 계획에 대한 검토의견이 반영된 연구개발 계획을 검토하고, 사업제안요구서(RFP)에 부합한 7차년도(3단계) 계획서의 적절성 여부를 검토한 후 1, 2, 3 핵심과제와 협약 체결

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

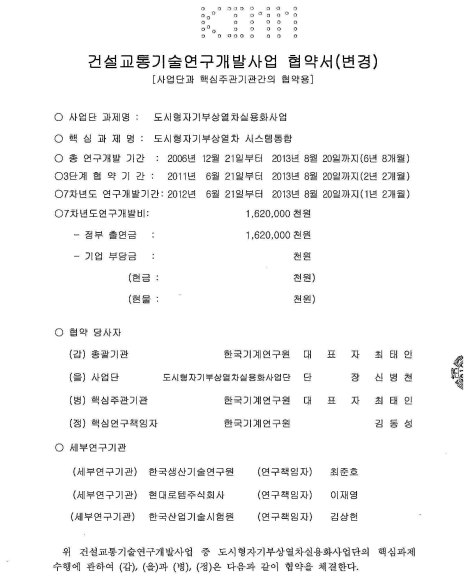
연구내용	당해년도												성과
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	결과물
7차년도 계약총괄	----												협약 등 13건
- 7차년도(3단계) 계획서 검토	·'12. 6. 21~'12. 7. 20 (1건)												각 핵심과제 조견표 1식
- 1핵심 7차년도 협약	·'12. 7. 25 1핵심 협약서(5건)												1핵심 협약서
- 2핵심 7차년도 협약	·'12. 7. 25 2핵심 협약서(4건)												2핵심 협약서
- 3핵심 7차년도 협약	·'12. 7. 5 3핵심 협약서(3건)												3핵심 협약서
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

- 6차년 연차평가 결과를 반영한 실적 및 7차년도계획서 보완사항을 체계적으로 관리하기 위해 사업단에서 작성한 세부과제별 평가위원의견 조치결과 조견표를 배포하고 평가위원들의 전문가의견에 따라 수정 조치한 결과를 실적 및 계획서에 반영한 여부 검토 확인

(라) 결과

- 각 핵심/세부과제 7차년도 협약 실시 완료



건설교통기술연구개발사업 협약서(변경)

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

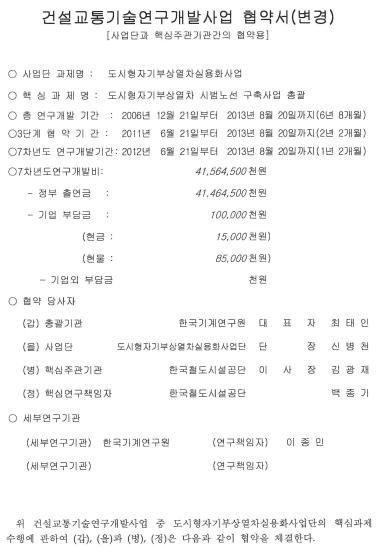
○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업
○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 시스템통합
○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2013년 8월 20일까지(6년 8개월)
○3단계 협 약 기 간 : 2011년 6월 21일부터 2013년 8월 20일까지(2년 2개월)
○7차년도 연구개발기간: 2012년 6월 21일부터 2013년 8월 20일까지(1년 2개월)
○7차년도연구개발비: 1,620,000 천원
- 정부 출연금 : 1,620,000 천원
- 기업 부담금 : 천원
(현금 : 천원)
(현물 : 천원)

○ 협약 당사자
(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 최 태 인
(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천
(병) 핵심주관기관 한국기계연구원 대 표 자 최 태 인
(정) 핵심연구책임자 한국기계연구원 김 동 성

○ 세부연구기관
(세부연구기관) 한국생산기술연구원 (연구책임자) 최준호
(세부연구기관) 현대로템주식회사 (연구책임자) 이재영
(세부연구기관) 한국산업기술시험원 (연구책임자) 강상헌

위 건설교통기술연구개발사업 중 도시형자기부상열차실용화사업단의 핵심과제 수행에 관하여 (갑), (을)과 (병), (정)은 다음과 같이 협약을 체결한다.

사업단-1핵심 협약서 표지



건설교통기술연구개발사업 협약서(변경)

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

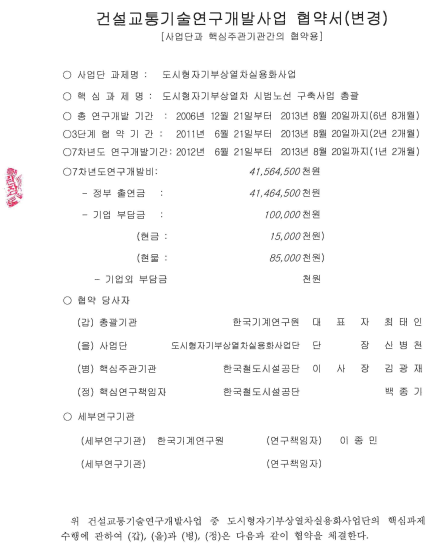
○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업
○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 시범노선 구축사업 총괄
○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2013년 8월 20일까지(6년 8개월)
○3단계 협 약 기 간 : 2011년 6월 21일부터 2013년 8월 20일까지(2년 2개월)
○7차년도 연구개발기간: 2012년 6월 21일부터 2013년 8월 20일까지(1년 2개월)
○7차년도연구개발비: *41,564,500* 천원
- 정부 출연금 : *41,464,500* 천원
- 기업 부담금 : *100,000* 천원
(현금 : *15,000* 천원)
(현물 : *85,000* 천원)
- 기업외 부담금 천원

○ 협약 당사자
(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 최 태 인
(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천
(병) 핵심주관기관 한국철도시설공단 이 사 장 김 광 재
(정) 핵심연구책임자 한국철도시설공단 백 종 기

○ 세부연구기관
(세부연구기관) 한국기계연구원 (연구책임자) 이 종 민
(세부연구기관) (연구책임자)

위 건설교통기술연구개발사업 중 도시형자기부상열차실용화사업단의 핵심과제 수행에 관하여 (갑), (을)과 (병), (정)은 다음과 같이 협약을 체결한다.

사업단-2핵심 협약서 표지



건설교통기술연구개발사업 협약서(변경)

[사업단과 핵심주관기관간의 협약용]

○ 사업단 과제명 : 도시형자기부상열차실용화사업
○ 핵 심 과 제 명 : 도시형자기부상열차 시범노선 구축사업 총괄
○ 총 연구개발 기간 : 2006년 12월 21일부터 2013년 8월 20일까지(6년 8개월)
○3단계 협 약 기 간 : 2011년 6월 21일부터 2013년 8월 20일까지(2년 2개월)
○7차년도 연구개발기간: 2012년 6월 21일부터 2013년 8월 20일까지(1년 2개월)
○7차년도연구개발비: *41,564,500* 천원
- 정부 출연금 : *41,464,500* 천원
- 기업 부담금 : *100,000* 천원
(현금 : *15,000* 천원)
(현물 : *85,000* 천원)
- 기업외 부담금 천원

○ 협약 당사자
(갑) 총괄기관 한국기계연구원 대 표 자 최 태 인
(을) 사업단 도시형자기부상열차실용화사업단 단 장 신 병 천
(병) 핵심주관기관 한국철도시설공단 이 사 장 김 광 재
(정) 핵심연구책임자 한국철도시설공단 백 종 기

○ 세부연구기관
(세부연구기관) 한국기계연구원 (연구책임자) 이 종 민
(세부연구기관) (연구책임자)

위 건설교통기술연구개발사업 중 도시형자기부상열차실용화사업단의 핵심과제 수행에 관하여 (갑), (을)과 (병), (정)은 다음과 같이 협약을 체결한다.

사업단-3핵심 협약서 표지

(2) 7차년도 중간연구결과 및 최종 연구결과 점검

(가) 개요

- 6차년도의 성과목표 달성도 및 7차년도 계획의 적정성을 판단하기 위하여 외부전문가를 평가위원으로 위촉하여 사업단 주관의 핵심/세부과제 자체평가 실시

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
최종 평가 준비 총괄													2건
- 사업단 최종평가 준비	・현장점검 조치결과 보고(1건) ・최종 평가준비(1건)												최종평가 준비 (2건)
목표 달성율	100%												

(다) 자체평가 수행내역 및 결과

- 도시형자기부상열차실용화사업 연구결과를 마무리하는 최종평가에 앞서 전문기관에서 실시한 현장점검 평가 검토의견에 대하여 조치계획을 작성하여 최종평가에 반영 될 수 있도록 조치하여 전문기관에 보고('13.8.14)
- 사업 마무리를 위한 종합시운전 진행과 최종평가준비가 병행되는 사항으로 각 핵심과제에서 최종평가를 준비할 수 있도록 1차('13.4.29)과 2차('13.7.3)에 걸쳐 평가계획과 준비사항을 안내하여 사전 준비할 수 있도록 진행

(라) 결과물

- 현장점검 조치결과 보고
- 최종평가 계획 및 준비사항 안내

나. 도시형 자기부상열차 실용화사업 총괄관리

나-1. 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회 개최

(1) 실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회(사업성과보고회 건수)

(가) 개요 :

- 사업담당자들과 사업에 참여하는 연구자들이 객관적인 입장에 세부과제 연구진행 현황을 검토하며 연구성과가 세부적으로 표출되고 최종성과를 통해 연구의 효용성이 표현될 수 있도록 발표
- 7차년도 핵심/세부과제별 연구성과가 최종보고 준비에 맞게 진행되는지를 중간점검 하며 마무리에 대한 계획 및 진행현황 발표

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	결과물
실용화 사업관련 위원회 및 성과보고회						····							1건
- 7차년도 중간성과발표회	·'13.1.8 중간성과 발표회 ·중간성과 발표회 결과보고												1건
- 유도급전 적용 타당성 연구 중간성과 발표회	·'13.1.8 중간성과 발표회 및 성과점검												1건
목표 달성율	100%												

(다) 연구수행내역 및 결과

1) 중간성과 발표회

□ 중간성과 발표회 주요내용

- 2013. 1. 8(화) 인천공항철도 차량기지 회의실에서 중간성과 발표회 개최
- 사업단, 핵심/세부과제책임자, 인천광역시/인천공항공사/인천교통공사, 시범노선 건설공사 시설분야 및 전기분야 감리 등 총 30명 참석
- 사업목표/실적, 향후 추진일정, 주요현안사항 및 대책 등을 검토하여 7차년도 핵심/세부과제별 연구수행 현황 및 최종 마무리 준비에 대한 중간성과 점검
- 차량성능시험/ 종합시운전 진행현황 발표
- 7차년도 인터페이스 회의시 발표한 1~7차년도 종합성과정리계획 대비 세부진행 현황 중심으로 발표

□ 중간성과 발표회 결과

○ 중간성과 발표회 사진



중간성과 과제별 발표



중간성과 발표자료



2핵심 책임자 발표



단체 기념 사진

[그림 175]중간성과 발표회 사진

○ 중간성과 결과보고

- 7차년도 중간성과 발표회를 통하여 각 과제별 계획서에 따른 최종 연구 성과물 도출현황 및 마무리에 대한 점검
- 사업일정에 따른 과제별 주요 인터페이스 사안에 대한 조정 및 협의
- 3단계 연구목표 및 연구내용에 부합한 연구실적 도출 여부 검토
- 분기보고서를 통한 지속적인 연구 진행현황 파악
- 시범노선의 시설물검증시험을 포함한 종합시운전과 차량 성능시험에 대한세부일정등과 연계한 주요 연구성과 도출여부 확인

□ 7차년도 중간성과 발표회 질의 및 토의사항(주요사항)

- 최종 차년도 사업의 성공적인 마무리가 원할히 이루어 질 수 있도록 철저한 점검 관리 및 관련 기관간 상호 협력 필요. 현시점에서의 종합시운전의 해당 업무에 대한 적극적인 대처 필요

- 비상제동의 감속도관련 '레일 표면 도장 제거 및 면고르기 처리방안' 대책에 방안 모색
- 수요자 맞춤형 차량 시스템 사양 관련 연구에 대해서는 현재 대전 도시철도 2호선으로 자기부상열차가 진행되는 만큼 적극적인 지원이 될 수 있도록 진행
- 온도 강하에 따른 분기기의 동작오류에 대한 원인 규명 및 재발방지 대책과 유지보수 매뉴얼 작성시 관련사항 삽입
- 분기기 차량 통과속도에 따른 측정을 성능 합부 판단 기준이 아닌 R&D 측면에서 개선사항을 도출할 수 있는 관점에서의 고려 필요
- 7차년도 추적성 관리를 위해 이전에 고려한 상용화 프로그램(Cradle)로 DB 구축에 어려움이 있어 별도 program을 제작
- DB의 신뢰성 관리 계획, LCC program과의 연결성은현재 program에 대한 설계 단계이며, Web 기반으로 작동은 불가능 함. 운영 등 관련 자료에 대한 신뢰성 검증이 불가능한 부분에 대해서는 자료 링크 및 등재만 가능.
- 현재 '제3궤조' 서브시스템 RAMS 분석이 미진한 부분에 대해서는 관련 기관 협조를 통해 차질 없이 마무리 될 수 있도록 진행 예정
- 서브시스템 제작사들이 영업운전시 상주하여 RAMS 분석할 수 있도록 협조 요망(운영사는 응급상황에 대한 대처 기술을 습득하는 것이 대부분이므로 제작사 상주 필요)
- 연구된 표준규격은 세부적인 기술사항을 언급한 것이 아닌 향후 확장성을 고려한 포괄적이고 개념적으로 제시하였음

□ 결과물

- 7차년도 중간성과발표회 개최결과 보고자료

2) 유도급전 적용 타당성 연구 중간성과 발표 및 성과점검

□ 중간성과 점검 의견

- 제출된 연구계획서의 연구추진일정과 발표자료의 계획일정이 다른 부분에 대한 확인 및 정정 필요.(연구계획 변경시 별도의 사유와 근거 제시 필요)
- 연구내용 중 '유도급전 시스템 구성 및 사양 설정', 차량 장착성 검토'는

연구 업무를 완료한 일정으로 발표하였는데 연구된 결과가 없음. 현재 완료된 연구에 대한 결과 명시 필요

- Segment 단위 일때와 인버터 단위에 대한 비교설명 추가 필요.(section 전환에 대한 고려가 경제성 검토 개념으로 정리될 필요가 있음)
- 경전철, 트램에서 결정된 내용뿐 이므로 자기부상열차 관련 내용이 삽입 필요
- 시스템 공극 변동에 대한 전력 효율의 변화에 대한 비교 검토 필요(자기부상열차는 공극이 항상 8mm를 유지와 일반 경전철 시스템 및 버스 등의 변동폭에 의한 손실에 대한 비교 분석 필요)
- 기본적인 급전 전원에 대한 용량, 크기에 대해 현재 DC로 구성된 3궤조 시스템의 AC 라인으로 변경되는 것에 대한 설치비 등 경제성 검토 필요
- 유도급전 시스템에 대한 기본적인 차량의 크기, 무게, 가용 전력 등에 대한 검토내용 필요
- ‘7번’에 검토된 내용을 통한 유도급전 시스템에 대한 선정 검토 내용 명시 필요
- ‘7번, 8번’ 검토된 내용을 바탕으로 경제성 검토가 이루어 지는 것이 타당하다고 판단됨
- 유도급전 장치의 EMI/EMC에 대한 내용 명시
- 외기 온도에 따른 유도급전 시스템 작동성 검토내용 검토 필요
- 경제성 분석시 자기부상열차에 특화된 내용으로 검토 필요
- Km당 설치비 검토 필요
- 현재 자기부상열차는 회생제동 시스템이 적용되고 있는 상황이므로 유도급전 시스템으로 변경시에도 대처 능력 검토 필요

나-2. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 진도관리

(1) 사업진도관리(사업단장-핵심과제책임자 회의 개최)

(가) 개요

- 종합시운전 및 차량성능시험 일정을 고려한 공정 집중관리 및 주요 현안 사안에 대한 처리결과들이 확인 되도록 추적관리 시행
- 7차년도 연구사업 진행중 발생하는 핵심 및 세부과제간 주요현안 및 인터페이스 미결 사항에 대하여 사업단 주관으로 조정회의 진행

- 과제간 휴먼 인터페이스 의한 상호 협조체계가 구축 되도록 유도

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업단장-핵심과제책임자 회의 등 개최	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	총 10건
- 사업단장-핵심과제책임자 회의	・'12. 11. 7(27차) ・'12. 12. 7(28차) ・'13. 3. 6(29차) ・'13. 4. 16(30차) ・'13. 4. 29(31차) ・'13. 5. 22(32차) ・'13. 7. 9(33차) ・'13. 7. 25(34차)												회의결과 8건
- 7차년도 인터페이스 조정회의 제18차Workshop	・'12. 9. 4~5(제18차)												회의결과 및 발표자료 1건
- 추가세부과제 착수보고회	・'13. 3 14												추가세부과제 착수보고 발표자료 및 결과보고 1건
목표 달성율	100%												

(다) 회의개최 실적 및 결과

1) 사업단장-핵심과제책임자회의(8건)

가) 제27차 사업단장-핵심과제책임자 회의('12년 11월 7일)

□ 회의일시 : '12.11.07 (13:30~15:30)

□ 장 소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실

□ 주요회의내용

- 종합시험운행 공정
- 속도증속 및 시설물사전점검
- 준공후 시설물 유지관리
- 운영요원 교육
- 레일 모따기
- 동절기 방한복 지급 관련

나) 제28차 사업단장-핵심과제책임자 회의('12년 12월 7일)

□ 회의일시 : '12. 12. 7
□ 장　　소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실
□ 주요회의내용
- 시범노선 종합시운전 실적 및 향후 계획
- 서브시스템별 RAMS 진행현황
- 열차제어시스템 SIL4 인증 진행현황
- 종합시운전 기간중 차량 고장발생 현황/조치사항 및 문제점/대책
- 기타사항

다) 제29차 사업단장-핵심과제책임자 회의('13년 3월 6일)

□ 회의일시 : '13.03.06 (14:00~17:20)
□ 장　　소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실
□ 주요회의내용
- 비상제동 관련 현안(레일 끝단면 모따기, 레일 제동면 조도향상을 위한 페인트 제거, 부상상태 유지, 스키드 제동 방안 등)
- ATO local 장치 유도장애 발생 문제
- 예비주행 진행상의 문제점 분석 및 대책
- 차량 주행시 발생한 이례사항에 대한 검토(강설시 대책 등)
- 기타 종합시운전 관련 협의사항

라) 제30차 사업단장-핵심과제책임자 회의('13년 4월 16일)

□ 회의일시 : '13.04.16 (11:00~16:00)
□ 장　　소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실
□ 주요회의내용
- 시범노선 선로 유지관리 방안
- ATO local 장치 노이즈 대책

마) 제31차 사업단장-핵심과제책임자 회의('13년 4월 29일)

□ 회의일시 : '13.04.29 (11:00~16:00)
□ 장　　소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실

□ 주요회의내용

- ATO local 노이즈 해결 대책 및 추진 방안
  · 노이즈 해결 대책
  · 향후 추진 계획
  · 비용처리 방법
- 기타 종합시운전 관련 협의사항
  · 차량운행관련 모따기, 페인트 제거, 궤도정정 추진 방안
  · 종합시운전 일정 지연에 대한 검토

바) 제32차 사업단장-핵심과제책임자 회의('13년 5월 22일)

□ 회의일시 : '13.05.22 (14:00~16:00)

□ 장　　소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실

□ 주요회의내용

- 시범노선 최고운행속도
- 종합시운전 일정 조정 및 만회대책
- 종합시운전중 손상부품에 대한 처리대책
- 영업시운전 지원방안(사업종료후 시행)
- 사업 마무리 및 최종 보고서 작성 건
- 백서 발간 건
- 기타(전차선 및 궤도 관리방안 등)

사) 제33차 사업단장-핵심과제책임자 회의('13년 7월 9일)

□ 회의일시 : '13.07.09 (13:30~18:00)

□ 장　　소 : 시범노선 종합관리동 1층 회의실

□ 주요회의내용

- 국토부 안전점검 결과 핵심과제별 조치사항 검토
- '13. 7. 5 차량 손상사고에 대한 대책
- 종합시운전 일정 점검
- 최종평가 관련 준비사항

아) 제34차 사업단장-핵심과제책임자 회의('13년 7월 25일)

□ 회의일시 : ‘13.07.25 (13:00~14:00)

□ 장　　소 : 한국철도학회 세미나실

□ 주요회의내용

- 시범노선 차량 최고 운행속도 검토
- 기타 종합시운전 관련 협의사항

2) 7차년도 인터페이스 조정회의 & 제18차 Workshop(1건)

□ 회의일시 : ‘12. 9. 4 ~ 5 (2일간)

□ 장　　소 : 인천국제공항공사 인재개발원 및 시범노선 차량기지

□ 주요회의내용

- 종합시운전관련 전문가 초청 세미나(종합시운전 경험 발표)
- 안전기원제를 통한 안전의식 고취
- 7차년도 핵심/세부과제별 연구계획 발표 및 토의

· 사업목표, 추진일정, 주요현안 및 대책 등

· 핵심/세부과제간 인터페이스 사항 발표(전년도 미해결사항 포함)

· 최종연구성과정리 계획 발표

- 시범노선 건설 추진현황 및 종합시운전계획 발표
- 종합시운전관련 전문가 초청 세미나(종합시운전 경험 발표)
- 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 협력

3) 추가세부과제 착수보고회 개최(1건)

□ 회의일시 : ‘13. 3. 14(목) 10:00~14:50

□ 장　　소 : 인천공항자기부상철도 차량기지 종합관리동 회의실

□ 참 석 자 : 건교평(사업담당자_1명), 인천시(담당 주무관_1명), 공항공사(팀장외 3명), 사업단(사업단장외 35명)

□ 주요회의내용

- 추가세부과제 과제별 연구계획 발표 및 토의

· 연구목표, 추진일정, 주요현안 및 대책 등

· 연구진행방향에 대한 협의

- 시범노선 종합시운전과의 연관성 조율
- 운영과 관련된 세부연구사항에 대한 고찰
- 사업전반에 대한 사업 참여자 상호 이해 증진 및 협력

- 추가세부과제 과업 진행에 있어 영업운전과 관련 시설물을 인수할 유치기관의 역할도 중요하므로 이를 감안하여 유기적인 I/F가 이루어지도록 관리 및 협조 요청
- 추가세부과제 착수보고회 질의/검토 의견 보완제출 요청

(2) 핵심/세부과제 진도관리(분기보고서)

(가) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 7차년도 분기별 각 과제들이 작성한 진도보고서 검토를 통해 진도 관리, 연구개발 현황 파악 및 진도보고서 전문기관에 제출
- 1, 2, 3 각 핵심과제 및 추가세부과제 공정회의에 참석하여 세부과제별 업무 진행 파악

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
핵심/세부과제 진도관리													34건
- 진도보고서(분기보고서)	·'12. 10월 1분기 보고서 제출 ·'13. 1월 2분기 보고서 제출 ·'13. 3월 3분기 보고서 제출												진도보고서 20건
- 핵심과제 공정회의 참석	·'13. 2. 22 1핵심 공정회의 ·'13. 4. 9 추가세부과제 공정회의 ·'13. 4. 20 1핵심 공정회의 ·'13. 5. 14 추가세부과제 공정회의 ·'13. 7. 17 추가세부과제 공정회의												5건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

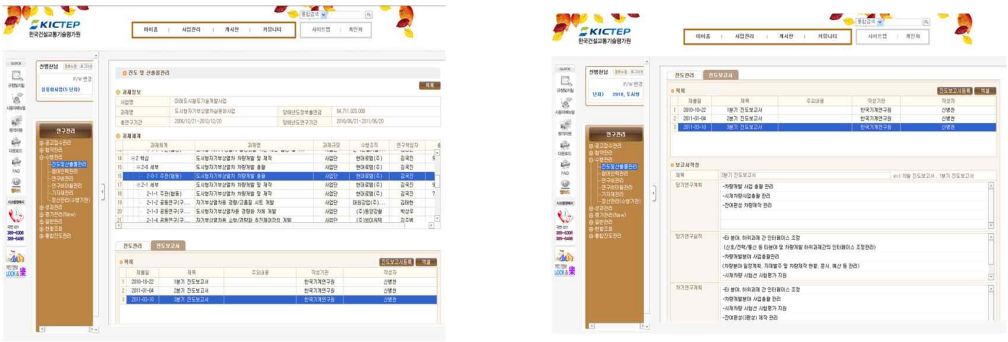
1) 진도보고서(분기보고서)

- 각 핵심/세부과제별 1/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출('12년 10월 1/4분기 보고서 제출)

- 각 핵심/세부과제별 2/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출('13년 1월 2/4분기 보고서 제출)
- 각 핵심/세부과제별 3/4분기 진도보고서를 취합하여 연구개발 현황을 검토한 후 전문기관에 제출('13년 3월 3/4분기 보고서 제출)

가) 진도보고서 결과(20건)

- 7차년도 1/4분기 진도보고서
- 7차년도 2/4분기 진도보고서
- 7차년도 3/4분기 분기보고서
- 7차년도 진도보고서 전문기관(국토교통과학기술진흥원) 연구관리시스템 입력



[그림 176]전문기관 연구관리시스템 입력 창

2) 각 핵심/추가세부과제 공정회의 참석 및 진도관리

- 핵심/세부과제별 업무 진행현황을 파악하기 위해 각 핵심과제 및 추가세부과제 공정회의에 참석
- 7차년도 각 핵심과제별 회의자료 및 자문회의 결과자료 검토를 통한 각 핵심/세부과제 수행관리
- 현안사항 및 타과제 인터페이스 사항 사업단장-핵심책임자 회의 안건상정 조치

가) 각 핵심과제 공정회의 참석 결과(5건)

No	핵심구분	공정회의 일정	장소
1	1핵심	'13. 2. 22	한국기계연구원(대전)
2	추가세부	'13. 4. 9	더비엔아이(서울)
3	1핵심	'13. 4. 20	부산김해경전철(부산)
4	추가세부	'13. 5. 14	프로페로코리아(서울)
5	추가세부	'13. 7. 17	국토교통진흥원(평촌)

나-3. 도시형자기부상열차실용화사업 기술분야 총괄관리

(1) 기술분야 총괄관리(기술분야 검토)

(가) 개요

- 총괄과제에서 수행하는 기술검토의 내용은 과제별 인터페이스 관리, 핵심/세부과제 이슈사항 분석/조정, 관련기관(국토교통부, 전문기관, 대전시 등 국내외 수요기관 등) 업무수행 지원, 종합시운전 기술지원, 전문기관 연구관리시스템 운영지원 등이다.
- 과제별 인터페이스 관리, 과제별 연구결과 종합은 각 핵심 및 세부과제 단위에서 수행하는 연구과정에서 발생하는 인터페이스사안 중 사업단 단위에서 검토 및 협의하여야 할 사항에 대하여 자체검토 및 회의주관을 통한 기술검토, 해당 인터페이스 사항에 대한 연구결과 종합을 수행하는 연구로서 진행되었다.
- 종합시운전 기술지원은 시범노선 종합시운전 수행중 발생한 차량과 시설분야의 인터페이스 및 이슈 사항에 대해 조정하기 위한 기술검토를 수행하였다.
- 핵심/세부과제 연구수행 지원은 각 핵심 및 세부과제로부터 제기되는 문제에 대하여 회의주관, 전문기관 및 국토교통부 협의 지원 등을 통하여 연구의 적기성 및 상위기준과의 연계성이 확보되도록 하였다.
- 관련기관 업무지원은 국토교통부 및 국토해양과학기술진흥원(전문기관) 등 상위기관으로부터 제기되는 각종 기술검토사항에 대하여 핵심/세부과제별 업무분장 및 요청, 기술검토 결과취합, 자체 기술검토 등을 통하여 상위기관의 연구 관리가 원활하도록 하였다. 또한, 자기부상열차의 성과확산을 위하여 국내외 지자체 및 수요기관의 기술 검토요청에 대한 대응을 효과적으로 시행한 결과이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화사업 기술분야 검토	- -												기술검토서 (13건)
	━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━━												
- (1) 과제별 인터페이스 관리	・시운전관련 2,3핵심과제 주요 인터페이스 관리(5건)												5건
- (2) 기술분야검토	・시범노선 B-type 유간장치 인터페												4건

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
실용화사업 기술분야 검토	- - - - - - - - - - - -												기술검토서 (13건)
	이스 개선 방안 검토(1건) · 시범노선 차량 제동성능 향상을 위한 방안검토(1건) · 시범노선 자기부상열차 승강장 통과에 따른 차량변위 측정시험(1건) · 분기기 및 본선 구간 소음측정 및 특성 검토(1건)												
- (3) 핵심/세부과제 연구수행지원	· 도시형자기부상열차 시설 표준규격 제정에 따른 기술 검토(1건)												1건
- (4) 관련기관업무지원	· 대전도시철도2호선 자기부상열차 선정을 위한 지원(3건)												3건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 과제별 인터페이스 관리(시운전 관련 2,3핵심과제 주요인터페이스)

가) 레일 모따기 I/F

□ 인터페이스 내용

- 레일 이음부분(레일끝단면 제동 슈등 접촉부분) 모따기 보완 필요

□ 인터페이스 해소방안

- 정거장구간은 7~8c, 본선구간은 2~3c 모따기를 실시하였으며, 20cm 철재자를 이용해 평탄도를 조사하여 걸림현상이 없도록 조치한 상태(시설분야 의견)
- 105정거장~106정거장 사이에서 실차를 이용한 제동슈와의 간섭 여부(안전성 여부) 확인 후 향후 방향 결정
- 2012년 10월 24일 합동 점검 실시
- 2012년 10월 26일 실차 시험 실시
- 2012년 11월 12일 분석결과 접수(단차에 의한 충격은 단기간에 캘리퍼의 안전성에 영향은 없으나 충격이 지속될 경우 영향을 줄 수 있다고 판단)

■계 측 개 요

No.RTE-12-0429

○ 자기부상열차 진동 계측

(1) 시험 일시: 2012년 10월 26일
(2) 시험 목적: 자기부상열차가 주행하여 레일 간 간극 구역을 지날 때
발생되는 진동 충격이 유압 캘리퍼의 강도에 미치는 영향 검토.
(3) 시험 구간: 하선 105-106 정거장 구간
(4) 시험 속도: 60km/h
(5) 계측기: 가속도 센서(X,Y,Z 3축 측정)
(6) 센서 부착 위치: 1101호(Mc A) 차량의 4번 대차 유압 캘리퍼



사진1. 센서 부착 위치



그림1. 레일 조건 및 센서 측정 방향

- 3 -

■계 측 결 과

No.RTE-12-0429

○ 105역사에서 106역사 방향 제동 시험결과(1)

샘플링 회수 (0.0023초/1회)	가속도(g)		
	X	Y	Z
18738	-6.50	2.44	-6.42
21427	-6.71	3.08	-6.32
24926	-6.80	-1.91	-7.64
26208	0.44	2.71	3.15
26216	-4.75	2.78	-3.87
26217	-2.23	3.10	1.08
26220	-3.30	-6.31	-2.45
26221	-2.37	-6.50	0.33
26224	-2.85	4.70	0.55
26227	-0.33	-3.06	-1.33
26229	-0.05	3.50	1.26
26983	-5.92	0.31	-0.01
27046	3.25	0.05	0.24
44449	-4.21	5.41	-1.19
27048	0.98	-4.31	-1.60

표1. 시험 결과

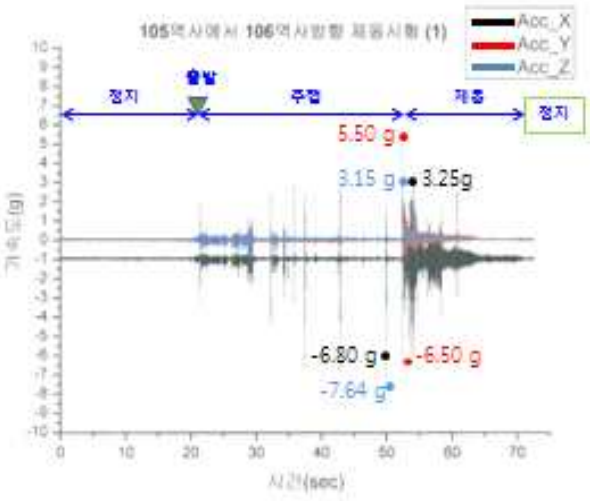


그림1. 시험 결과 그래프

- 4 -

○ 104역사 방향 주행 중 105역사 진입 전 정차 제동 시험결과(2)

샘플링 횟수 (0.002초/1회)	가속도(g)		
	X	Y	Z
43835	4.73	-3.08	4.55
43851	-7.10	5.21	-7.96
43868	-3.10	-8.66	-5.87
44439	-1.60	-4.87	0.13
44440	-5.50	-3.63	0.50
44441	-0.70	5.22	4.57
44442	-5.92	-9.08	1.82
44443	-1.67	-7.26	-4.03
44444	-0.24	4.09	2.51
44445	1.71	6.05	6.43
44446	1.35	-9.89	-0.31
44447	-0.43	5.18	2.48
44448	0.98	-6.93	1.02
44449	-4.21	5.41	-1.19
44450	0.98	-4.81	-1.60

표2. 시험 결과

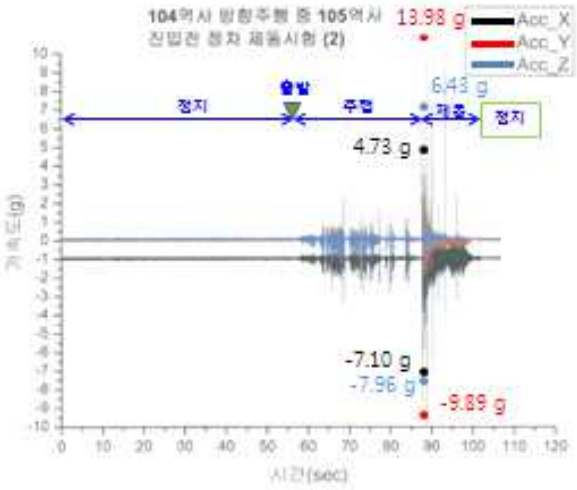


그림2. 시험 결과 그래프

○ 106역사 방향 주행 중 105역사에서 제동 시험결과(3)

샘플링 횟수 (0.002초/1회)	가속도(g)		
	X	Y	Z
10701	-2.93	-1.93	-4.84
10702	-2.00	-4.12	-5.25
10713	-0.84	5.46	2.20
10758	-8.74	6.96	-8.73
20592	-4.20	-8.72	-4.82
22748	-0.28	5.09	4.74
22747	2.22	5.13	1.96
22748	-1.81	9.00	0.08
22749	-1.04	-6.06	-0.59
22750	-2.18	-5.57	1.02
23711	-6.22	4.55	1.07
23713	-8.73	1.95	0.85
23714	5.70	-0.52	-0.21
23716	-6.71	-0.61	-0.83
23717	-5.13	0.00	0.40

표3. 시험 결과

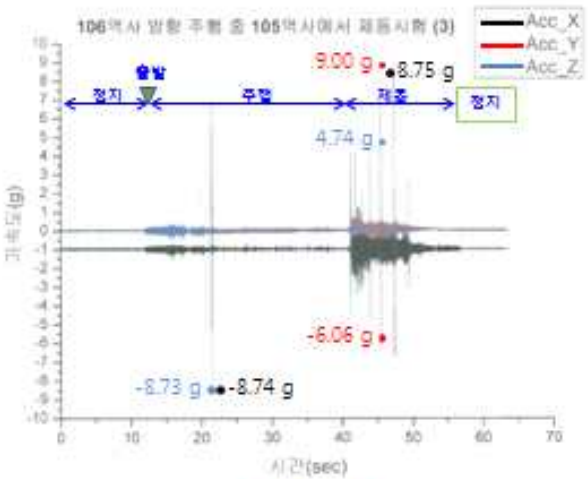


그림3. 시험 결과 그래프

■계 측 결 과

No.RTE-12-0429

○ 105역사에서 106역사 방향 주행 중 제동 시험결과(4)

샘플링 횟수 (0.0025초/1회)	가속도(g)		
	X	Y	Z
12462	-6.41	4.13	-5.24
17742	-7.12	3.10	-8.04
18836	0.40	2.58	2.83
18956	4.23	2.10	0.11
18979	5.37	1.27	0.10
18982	-6.24	0.36	0.44
19082	4.68	-0.31	-0.13
19085	-6.64	-0.33	0.08
19086	-5.31	-0.12	0.03
19483	-5.60	0.13	-0.06
23406	-6.43	-0.58	0.14
23532	-2.34	-7.52	-1.50
23533	-6.95	6.88	1.14
23534	-9.90	-0.90	0.80
23535	-9.15	2.77	-0.24

표4. 시험 결과

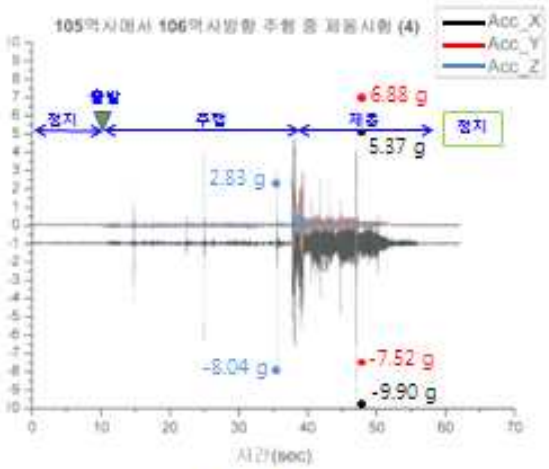


그림4. 시험 결과 그래프

■계 측 결 과

No.RTE-12-0429

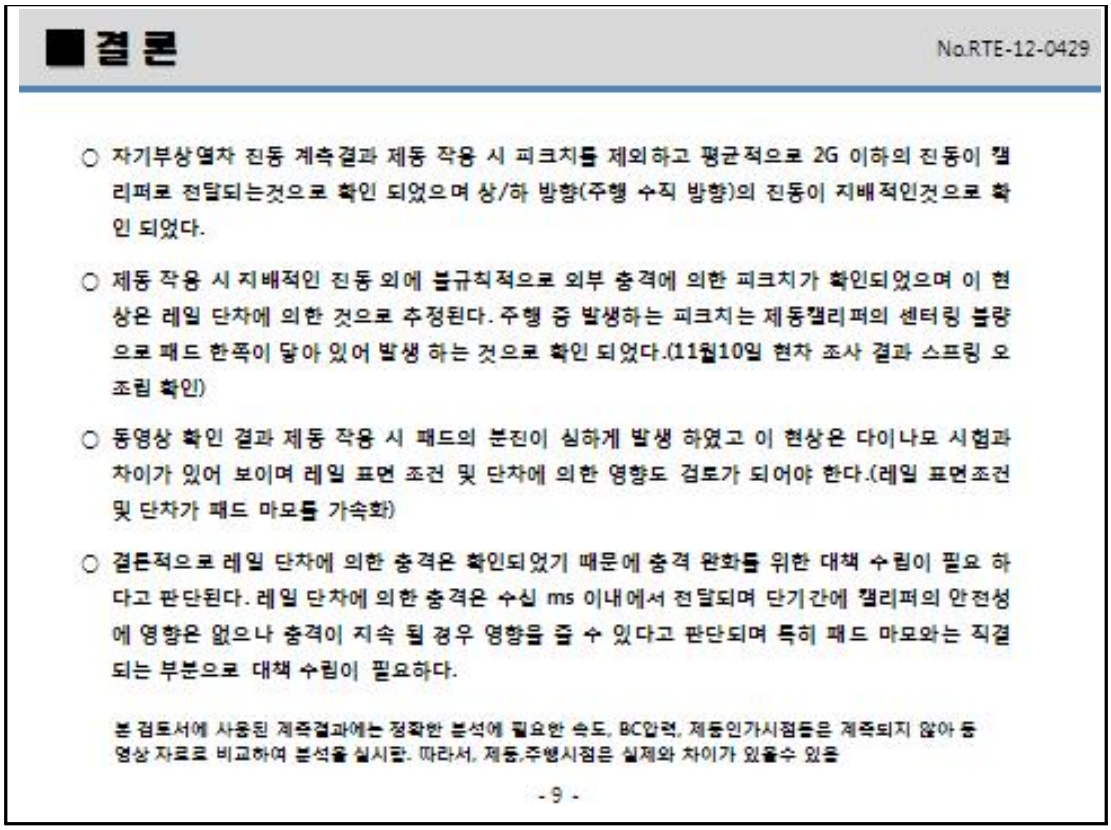
○ 동영상 자료 (입출고선 → 106 역사)



그림5. 제동 작동 직전 영상



그림5. 제동 작동 중 영상
(심한 본진 발생)



■결 론 No.RTE-12-0429

○ 자기부상열차 진동 계측결과 제동 작용 시 피크치를 제외하고 평균적으로 2G 이하의 진동이 캘리퍼로 전달되는것으로 확인 되었으며 상/하 방향(주행 수직 방향)의 진동이 지배적인것으로 확인 되었다.

○ 제동 작용 시 지배적인 진동 외에 불규칙적으로 외부 충격에 의한 피크치가 확인되었으며 이 현상은 레일 단차에 의한 것으로 추정된다. 주행 중 발생하는 피크치는 제동캘리퍼의 센터링 불량으로 패드 한쪽이 닿아 있어 발생 하는 것으로 확인 되었다.(11월10일 현차 조사 결과 스프링 오조립 확인)

○ 동영상 확인 결과 제동 작용 시 패드의 분진이 심하게 발생 하였고 이 현상은 다이나모 시험과 차이가 있어 보이며 레일 표면 조건 및 단차에 의한 영향도 검토가 되어야 한다.(레일 표면조건 및 단차가 패드 마모를 가속화)

○ 결론적으로 레일 단차에 의한 충격은 확인되었기 때문에 충격 완화를 위한 대책 수립이 필요 하다고 판단된다. 레일 단차에 의한 충격은 수십 ms 이내에서 전달되며 단기간에 캘리퍼의 안전성에 영향은 없으나 충격이 지속 될 경우 영향을 줄 수 있다고 판단되며 특히 패드 마모와는 직결되는 부분으로 대책 수립이 필요하다.

본 검토서에 사용된 계측결과에는 정확한 분석에 필요한 속도, BC압력, 제동인가시점등은 계측되지 않아 동영상 자료로 비교하여 분석을 실시함. 따라서, 제동,주행시점은 실제와 차이가 있을수 있음

- 9 -

- '12.11.7 사업단장-핵심과제책임자회의결과[모따기는 전후 1경간을 포함하는 정거장 구간은 빈번한 기계제동이 발생하므로 모따기를 실시(이미 시행된 개소는 확인)하고, 본선구간은 최고속도(110km/h)에서 비상제동 시험구간 약 1km 구간의 진행방향 기준으로 모따기를 실시(돌출 부위는 없도록 조정 포함)]

□ 조치 현황(완료)

- ~2013..1.24 : 상선 105~106정거장 직선구간의 운행 최고속도(비상제동 시험구간)에 대해 모따기 시행 완료

나) 레일 단차 I/F

□ 인터페이스 내용

- A type 및 B type 유간의 일부 개소에 대한 단차 조정 필요

□ 인터페이스 해소방안

- 궤도 설치 규정 이내로 조정하였으나, 차량 운행시 상호 작용 등 동적 요인으로 인해 차량 공극센서가 단차를 크게 인지하는 개소에 대해서는 본선 차량 운행 & 데이터 분석결과로 식별되는 개소에 대해 조정

□ 조치 현황(완료)

- 2012년 11월 13일 하선 105~106정거장 구간 분석 데이터 기준으로 조정 시행
- 2012년 11월 14일 하선 전구간에 대한 식별 데이터 접수하여 조정 시행
- 2012년 11월 23일 상선 106~104구간에 대한 식별 데이터 접수하여 조정 시행
- 2012년 12월 초 상선 전구간에대한 식별데이터를 접수하여 조정 시행
- 2012년 12월 17일 상하선 전구간에 대한 실차를 이용한 계측데이터 취득
- 2013년 1월 8일 데이터 분석 결과 접수하여 2013년 1월 18일까지 단차 조정 시행
- 단, 지속적 관찰&선별적 조치 필요 사항

다) 본선 및 정거장 일부 구간 공진

□ 인터페이스 내용
- 본선 및 정거장 일부 개소(105역사)에 차량 운행시 공진 발생

□ 인터페이스 해소방안
- 해당개소 궤도 슬리퍼 조임 점검 & 조정 시행함
- 해당 개소에 대한 계측기 설치하여 실차 확인 시험시 진동 문제 잔존 원인 규명/조치

□ 조치 현황(완료)
- 2012년 10월 26일 실차 시험으로 조치 완료(공진 미발생) 확인

라) B Type 유간장치와 속도센서간 I/F

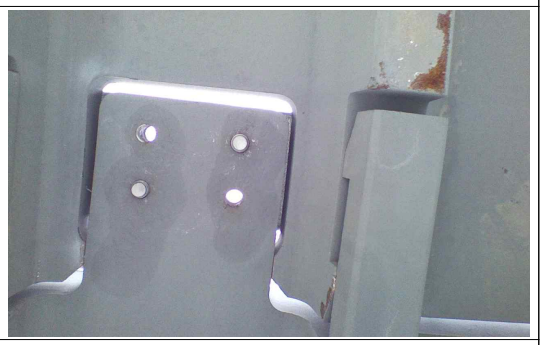
□ 인터페이스 내용
- 차량과 레일의 공극을 측정하는 차량 갭센서 프로브 폭(L=190mm)과 B-type 유간장치 폭(L=200mm)이 거의 같아 갭센서에서 감지하는 궤도와 차량 공극이 비정상적으로 측정되는 현상 발생

□ 현황

○ B-type 유간장치 설치 : 온도변화, 차량재하 처짐 등에 따른 거더 신축시 궤도의 연속성을 유지하기 위하여 연속교 구간에 기계적인 이음장치 설치

※연속교 3@35=105m의 경우 양단에서 84.8mm 신축 발생(1단 42.4mm)

- 적용개소 및 수량 : 105m 간격으로 단선 103조(양선 206개)

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>상면</td><td>측면</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>하면</td><td>하면(상세)</td></tr>
</table>

[그림 177]B-type 유간장치 설치현황

※ (참고) A-type 유간장치(거더신축량 40mm 이하인 장소에 설치)



상면



측면

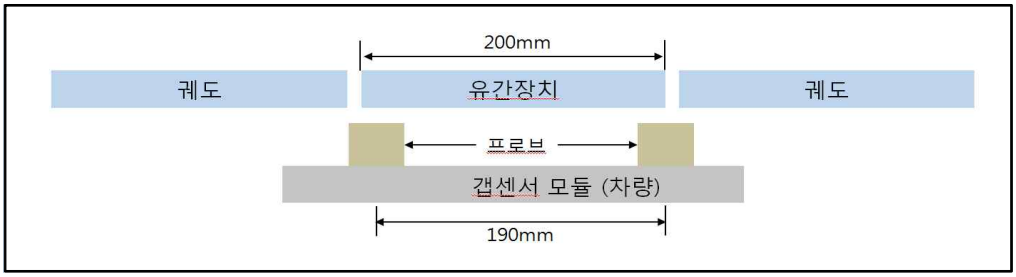
□ 문제점

○ 시범노선 레일의 신축이음 구간에 설치된 B-type 유간장치와 차량과의 인터페이스 문제로 이상 진동 발생

□ 원인

○ 차량과 레일의 간극을 측정하는 차량 갭센서 프로브 폭(L=190mm)과 B-type 유간장치 폭(L=200mm)이 거의 같아 갭센서에서 감지하는 궤도와 차량 간극이 비정상적으로 측정되는 현상 발생

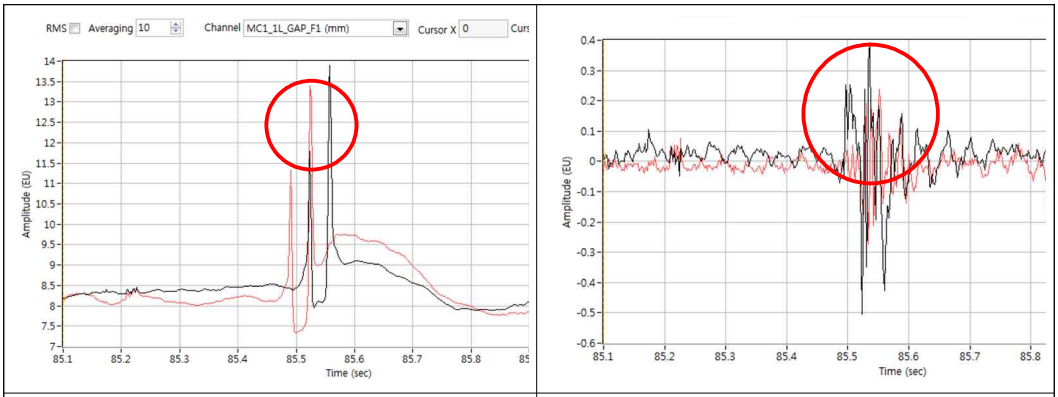
- 레일 유간장치와 차량 갭 센서 설치 단면



[그림 178]레일 유간장치와 차량 갭 센서 설치 단면

※ 갭센서 모듈에 2개의 센서가 전·후로 부착되어 차량(대차)과 레일간 갭(간극)을 각각 측정하여 2개중 1개에 레일 틈새 등으로 일정 범위를 벗어난 비정상 값이 측정되더라도 1개가 정상 값일 경우 정상 값으로 인지

- 갭 센서에서 측정되는 갭파형 및 차량가속도 현황



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

[그림 179]갭 센서에서 측정되는 갭파형 및 차량가속도 현황

□ 인터페이스 해소방안

- 유간장치 폭을 200mm에서 260mm로 확대하여 신규 제작

□ 개선방안 개요

○ 차량 갭센서 2개가 레일과 유간장치 양끝 틈새를 동시에 감지하지 못하도록 B-Type 유간장치에 철판 부착 및 형상변경 등의 개선방안 현장시공 및 주행시험 실시

○ 시범노선 운행차량과 시설물의 특성에 적합한 시험을 위하여 시범노선 현장에서 실시

□ 개선방안 주행시험 주요일정

○ '12.09.26 갭센서 대향면 철판 부착 및 주행시험

○ '12.10.11 유간장치 밀착 및 주행시험

○ '12.10.11 유간장치 형상 변경후 주행시험

□ 개선안별 시험결과

1) 갭센서 대향면 철판 부착 시험

○ 개요

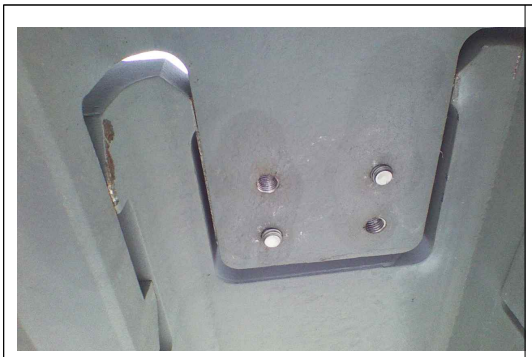
- 갭센서 대향면에 t=0.5~1mm 철판을 부착하여 유간장치 간섭 해소

○ 시험일정 :

- 현장시험 : 2012.9.21(금) 14:00 ~ 15:00 (105~106 정거장 하선)
- 기지내 시험 : 2012.9.26(수) 13:30 ~ 15:00 (차량기지 시험선)

○ 시험방법

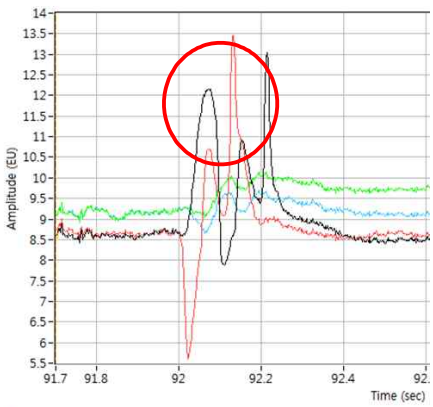
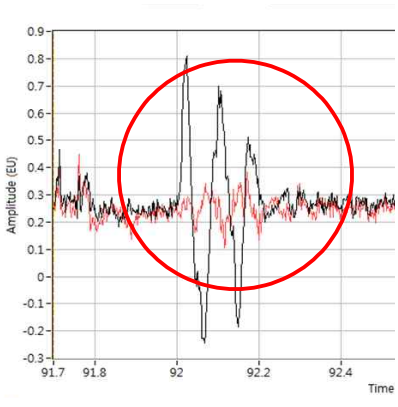
- 갭센서 중첩구간의 해소를 위하여 유간장치 하면에 t=0.5mm~1mm 철판을 부착하여 시험주행
- 갭센서의 특성을 반영하여 정방형, 원형 등 철판을 부착하여 특성 및 효과 확인

	
갭센서 대향면 철판 부착전	갭센서 대향면 철판 부착후

[그림 180]갭센서 대향면 철판 부착 시험 전후 사진

○ 시험방법

- 갭센서 변동량이 더 커지는 현상 발생하며 가속도 증가

	
gap 파형 (136번 교각) : 철판 부착면 불연속에 의하여 gap 변동 추가 발생	가속도 파형 (136번 교각) : 철판 부착면 gap 불연속으로 대차 가속도 급격한 증가 발생

[그림 181]갭 변동에 따른 가속도 변화 그래프

○ 결론

- 갭 변동이 발생이 지속되었으며, 가속도 파형도 불규칙하여 B-type 유간장치 대책으로 부적합

2) B-type 유간장치 밀착시험

○ 개요

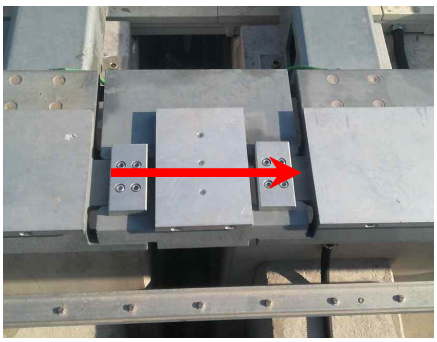
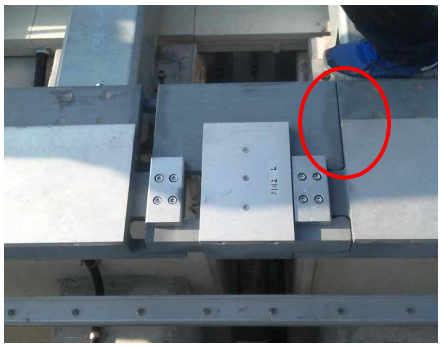
- B-type 유간장치 간섭을 최소화 하기 위하여 일방향으로 유간장치 밀착

○ 시험일정 :

- 현장시공 : 2012.10.4(목) 13:30 ~ 15:00 (105~106 정거장 하선)
- 현장시험 : 2012.10.11(목) 14:00 ~ 17:00 (105~106 정거장 하선)

○ 시험방법

- B-type 유간장치의 1개소 갭을 최소화하기 위하여 1방향으로 밀착
- 밀착된 구간에 시험차량을 주행하면서 갭변동 및 가속도 분석

	
밀착 시공전 (우로 밀착)	밀착 시공후

[그림 182]B-type 유간장치 밀착시험 사진

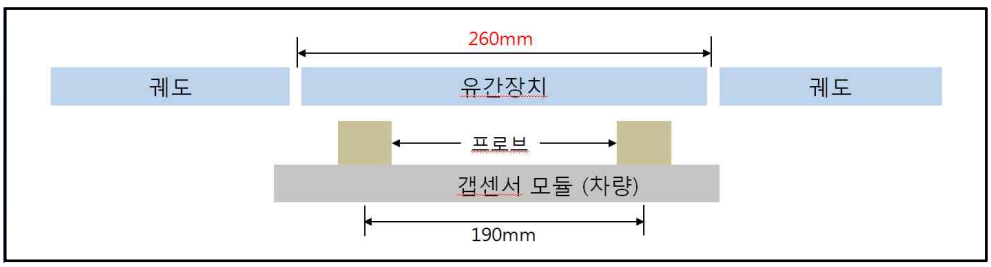
○ 결론

- 유간장치 전후 거더의 신축이 불규칙하며, 갭센서 간섭문제는 여전히 발생하여 근본 대책으로 부적합

3) B-type 유간장치 형상변경 시험

○ 개요

- 차량 갭센서 2개가 레일과 유간장치 양끝 틈새를 동시에 감지하지 못하도록 B-Type 유간장치의 폭을 기존 200mm에서 260mm로 확대



[그림 183]B-type 유간장치 형상변경 개념도

○ 시험일정 :

- 현장시공 : 2012.10.10(수) 10:00 ~ 12:00 (p127 하선 1개소예정)

※ 설치방법 : 하선방향(105→106) 기준으로

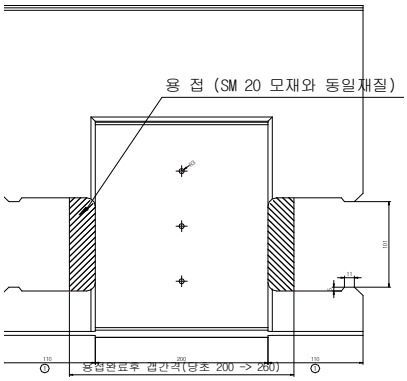
· 좌측레일 : 방안1 유간장치 (용접이음)

· 우측레일 : 방안2 유간장치 (신규가공)

- 현장시험 : 2012.10.11(목) 14:00 ~ 17:00 (p127)

○ 시험방법

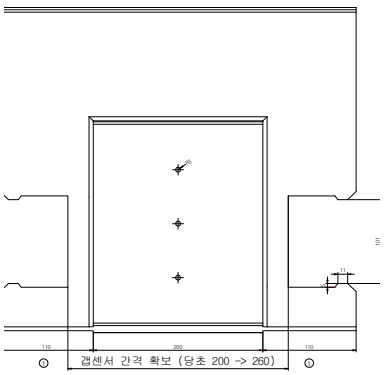
- 방안 1 : 기존 유간장치 중앙부 양쪽을 동일재질(SM20C)로 용접하여 260mm 폭 확보





방안 1 : 기존 B-type 유간장치에 용접하여 간격 확보 (사선부분)

- 방안 2 : 유간장치 중앙부를 260mm로 신규 제작

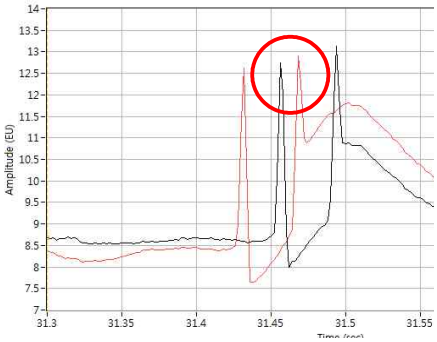




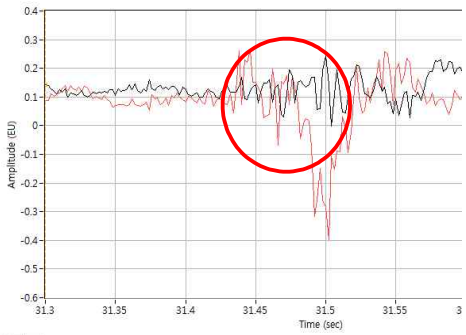
방안 2 : 신규 B-type 유간장치 제작

○ 시험결과

- 방안 1(확폭 용접)



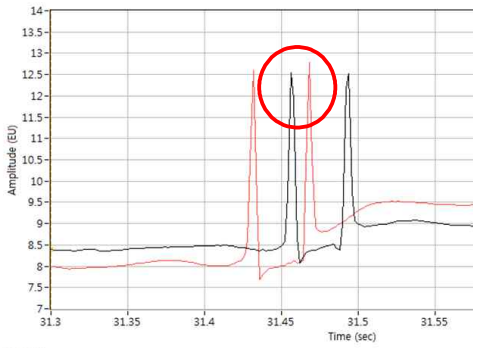
gap 파형 :
gap 센서 프로브 간섭 해소



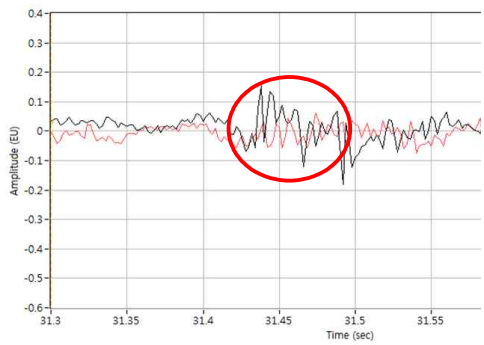
가속도 파형 :
8mm 갭 유지에 따라 대차 가속도 파형 안정성 유지

[그림 184]B-type 유간장치 확폭 용접에 따른 갭/가속도 파형

- 방안 2(신규 제작)



gap 파형 :
gap 센서 프로브 간섭 해소



가속도 파형 :
8mm 갭 유지에 따라 대차 가속도 파형 안정성 유지

[그림 185]B-type 유간장치 신규제작에 따른 갭/가속도 파형

○ 결론

- 개선방안 1 및 2 모두 인터페이스 문제점이 해결되는 것으로 입증되었으나, 시공 품질·시공 용이성·시공기간 및 유지관리 용이성(용접부위 녹발생 우려) 등을 감안할 때 개선방안 2(신규 제작)가 적정한 것으로 결정

□ 조치 현황(완료)

- 하선은 2012년 11월 7일까지 시공하고 상선은 2012년 11월 14일까지 시공 완료

마) 전차선 일부 구간 결빙으로 집전부위 스파크 발생

□ 인터페이스 내용

- '12.12.5일 폭설(약 15cm) 후 기온 변화로 전차선 상부의 눈이 일부 녹아

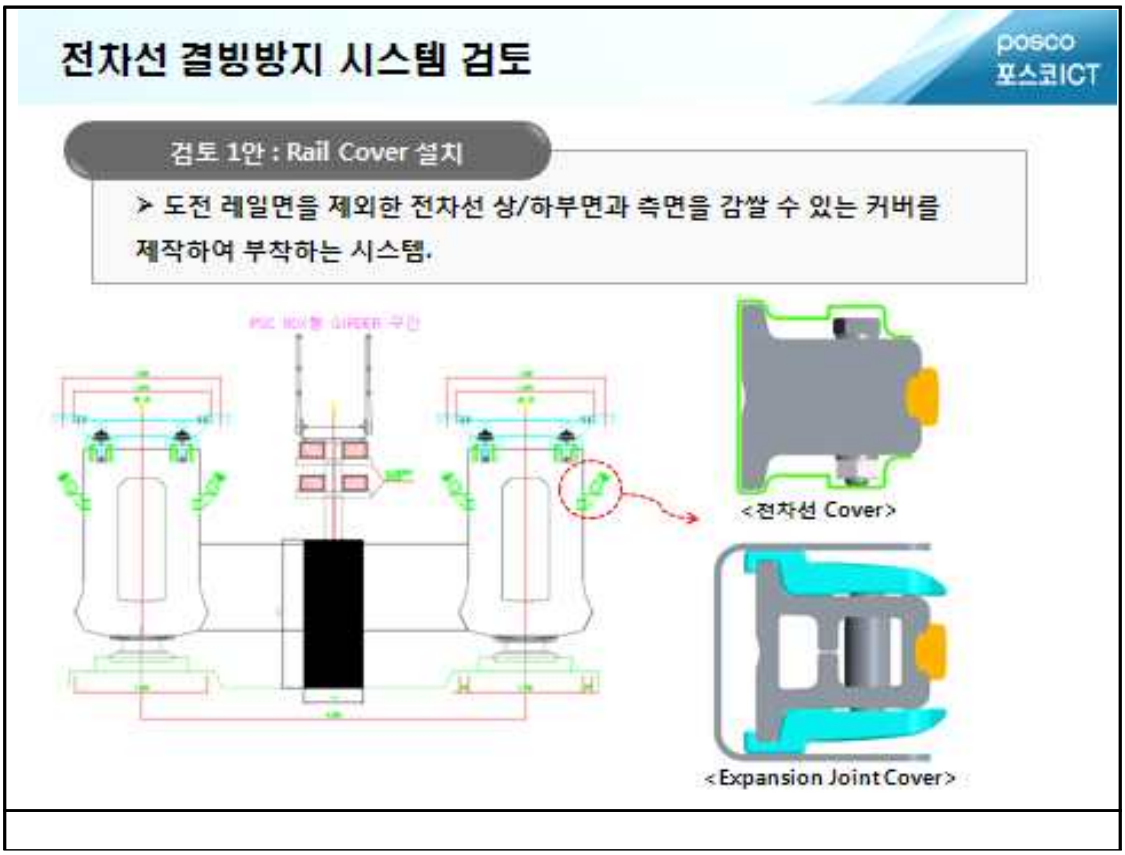
집전 부위에 결빙되어 차량 운행시 집전슈 부위에서 불규칙적인 스파크 발생



[그림 186]전차선 일부구간 집전부위 스파크 발생 사진

□ 인터페이스 해소방안

- 한국기계연구원 시험선로에서 전혀 발생하지 않은 사항으로(설계시 전혀 예상하지 못한 사항)
- 기상 변화에 따라 재발 가능성이 있으므로 근본적인 대책 강구 필요
- 3핵심 : 열선 및 커버 설치검토



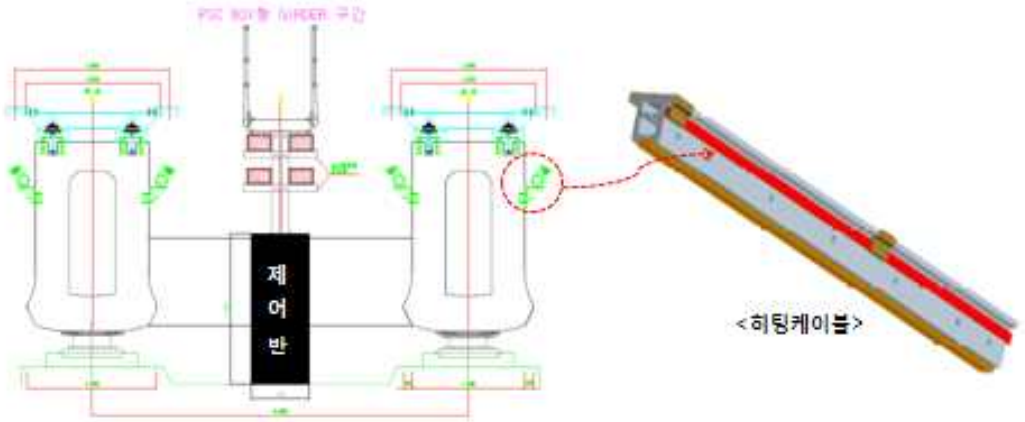
전차선 결빙방지 시스템 검토

posco 포스코ICT

검토 2안 : Rail Heating Cable 설치

➢ Rail Heating Cable 시스템은 전차선 외부단면에 부착된 발열케이블에 전류를 보내 열원을 전도하여 눈과 얼음을 녹여 결빙을 방지하는 시스템.

➢ 전차선의 적설량과 온도 및 결빙상태를 자동으로 감지하여 작동



전차선 결빙방지 시스템 검토

posco 포스코ICT

✓ 시스템 특징 비교

구 분	Rail Cover 시스템	Rail Heating Cable 시스템
시스템 구성	Cover	Heating Cable + 고/저압케이블 + 센서류 + 제어반
사 양	· 재질 : 연성을 가진 합성수지 · 모듈형 Cover	· 발열량 : 120W/m (추후 확정) · 절연내력 : 1800V · 소비전력 : 0.24kW/m
장 점	· 시스템 구성이 간단함.	· 전원부에서 말단부까지 일률적인 발열가능. · 센서를 사용하여 일정한 온도설정이 가능하므로 열효율 증가 및 불필요 에너지 절감.
단 점	· Rail Cover를 압출하여 원하는 형상으로 만들기 위한 압출가공비가 높음. · Cover 말단부를 습동면을 기준으로 초과하여 설치하지 못하므로 해빙시 커버에서 전차선으로 이어지는 경사면을 따라 흐르는 물이 다시 결빙될 수 있으므로 아크 재 발생 가능성이 매우 높음.	· 전원을 인가하여야 하므로 시스템 구성이 다소 복잡함. · 전차선의 적설량과 온도를 자동으로 감지할 센서류 고장시 오작동할 가능성 있음. · 화재 등의 위험이 따를 수 있음.



전차선 결빙방지 시스템 검토

posco 포스코ICT

✓ 사업비 비교

<단위 : 천원>

구분		단위	수량	단가	금 액	Rail Cover 시스템	Rail Heating Cable 시스템
재료비	전원공급장치	대	8	80,000	640,000		●
	제어장치	대	8	35,000	280,000		●
	센서류	식	1	30,000	30,000		●
	고압 Cable	m	500	54	27,000		●
	저압 Cable	m	13,289	15	199,335		●
	Heating Cable	m	53,156	28	1,488,368		●
	COVER (압출가공비 포함)	m	26,578	35	930,230	●	
	부속자재	식	1	50,000	50,000		●
인건비	직/간접 인건비	식	1	500,000	500,000	●	●
계 (VAT 별도)						1,430,230	3,214,703

※비고 : 1) 사업비는 추정치로서 정확한 수량은 현장 조사 후 확정예정.
2) 작업용 Motor Car 등 기계경비 제외.
3) Cable Tray 기존 설비 활용 조건임.

- 2핵심 : 서지보호기 설치, 전후차량 집전슈 연동방안 및 운행중 제설 방안 등 검토

○ 고장 개요

① 일시 : 2012. 12. 05 오후

② 내용 : 2호편성 입출고선(본선) 방향으로 4% 구배 등판 구간(-)에서 Expansion Joint 구간 가선 스파크 발생에 따른 주전장품(추진제어장치,보조전원장치) 가선전압 과전압 검지에 따른 운행 장애 발생

③ 기상 상태는 폭설(강설량 약130mm)에 따른 전차선 및 상부 궤도에 눈이 쌓인 상태였음(별도의 제설 작업 없이 운행).

○ 검토 항목

① 서지보호기 설치 검토

② 전후 차량 집전슈 연동 방안

③ 운행 중 제설 방안

○ 검토 내용

1) 서지보호기 설치 검토

① 서지보호기 관련 설계 내역

- 일반 바퀴식 차량의 경우, 판토그래프 집전회로(가선+라인)와 차체간 피뢰기를 설치(차체는 레일에 접지)하는 것이 일반적이나, 자기부상열차의 경우에는 차체가 주행 시에 플로팅 되는 구조로서 가선(+)라인과 차체 사이에 피뢰기를 설치하는 것은 적절하지 않음.
- 자기부상 시스템의 경우, 차체가 낙뢰를 맞았을 경우에는 차체(대차)와 상부 레일간 가장 가까운 경로(대차부위)로 재방전이 이루어 지는 구조임(차내 탑승인원 및 전장품의 경우 낙뢰로부터 보호됨).

- 전차선이 낙뢰를 맞았을 경우에는 별도로 전차선과 접지간에 피뢰기가 설치되어 전력 시스템 자체적으로 보호기능이 동작하여야 함.

- 리니모(일본 HSST)의 경우, 공개된 자료상으로는 차량 고압회로상 가선(+)라인과 가선(-)라인 간에 피뢰기가 설치되어 있는 것으로 되어 있으나, 일본자기부상 전문가(Mr.Iwaya)에게 문의한 결과, 실제 차량에는 피뢰기가 설치되어 있지 않으며, 피뢰기 설치가 필요없음을 확인함(2010년).

- 실용화 자기부상열차에도 차량 고압회로상 가선(+)라인과 가선(-)라인 간에 피뢰기 설치를 검토하였으나, 독일 자기부상 전문가(Dr.Meins) 자문 의뢰 결과, 전차선 (-)라인상에 일정구간마다 접지가 되어 있지 않으면 오히려 피뢰기의 잔류전압(residual voltage)에 의하여 서지전압 감쇄 효과에 비하여 차량에 역효과를 줄 수도 있다는 의견에 따라 최종적으로 피뢰기를 설치하지 않기로 결정함(2010년).

- [참고] 철도용 견인 시스템의 공급 전압(IEC 60850)

Table 1 – Voltages of traction supply systems

Frequency (r.m.s. values) Hz	Lowest non-permanent voltage U_{min2} V	Lowest permanent voltage U_{min1} V	Nominal voltage U_n V	Highest permanent voltage U_{max1} V	Highest non-permanent voltage U_{max2} V
DC (mean values)		400	600 1)	720	770 2)
		500	750	900	950 3)
		1 000	1 500	1 800	1 950
		2 000	3 000	3 600	3 900
$16^2/_3$	11 000	12 000	15 000	17 250	18 000 4)
50 or 60			20 000 5)		
50 or 60	17 500	19 000	25 000	27 500	29 000
50 or 60	35 000	38 000	50 000	55 000	58 000

1) The nominal voltage of 600 V should not be used for future d.c. traction systems for tramways and local railways.

2) In case of regenerative braking, a voltage U_{max2} of 800 V may be admissible.

3) In case of regenerative braking, a voltage U_{max2} of 1 000 V may be admissible.

4) This value has to be confirmed by measurements and might have to be changed.

5) Those voltages are used in Japan and the USA, generally as extension lines only.

→ 도시형자기부상열차는 공칭전압 DC1500V으로서 상기 기준을 감안하여 과전압 보호기능을 적용하고 있다.

② 운행 장애와의 관련성

- 차량 주행 시, 차량 집전슈와 전차선 간에 발생하는 스파크 또는 아크는 차량과 전차선 간 인터페이스 문제로서 원칙적으로 발생하지 않아야 하는 사항으로 과할 경우에는 차량 운행 장애가 발생하게 된다. 또한, 본선시운전 및 시설물 검증시험 시에도 스파크 또는 아크가 발생하는지에 대한 확인이 이루어질 예정이다.

- 이번 운행 장애 시에 발생한 과전압의 형태가 어떤 특성을 가지고 있는지에 대한 검증이 이루어지지 않은 상태이며, 이번에 발생한 과전압의 특성이 보통 DC1500V 차량에 설치되는 피뢰기에 의하여 차단이 가능한지에 대한 확인이 되지 않은 상태이다. 차량 주전장품은 과전압 보호기능(일시과전압 또는 상시 과전압 시 동작차단)에 의하여 차단된 것이며, 스파크(또는 아크)가 발생하는 구간 외에 타 구간에서는 주전장품이 제 기능을 발휘한 것으로 확인되었다. 또한, 집전 시에 발생하는 모든 스파크 및 아크 발생에 대하여(집전 품질 저하) 적절한 조치를 취하지 않고, 발생하는 과전압을 모두 피뢰기를 통하여 흡수하도록 피뢰기 사양을 결정한다면 피뢰기의 열화가 급속히 진행되어 제 기능을 발휘하지 못하고 상시적으로 교체할 수 있다.

2) 전후 차량 집전슈 연동 방안

① 고압라인 인통선 적용 관련 설계 내역

- 설계 초기 개념 및 인터페이스 진행 과정에서도 고압라인 인통은 고려하지 않았으며, 고압라인 인통 시에는 전차선 Section이 한 쪽이 접지가 되어있거나 차단 상태일 경우에 차량 인통라인을 경유하여 양쪽구간이 접지가 발생하거나 무급전 Section에 전원이 공급될 확률이 커지게 된다(지금도 한 차량에 두 대의 집전장치가 배치되어 있으므로

이와 같이 원하지 않는 상황이 발생할 확률은 존재함).

- 고압라인 인통을 적용하기 위해서는 차량에 별도의 접속상자 및 점퍼케이블을 적용해야하나 절연이격 공간 및 설치 공간 확보가 매우 어려우므로 현실적으로 설치는 불가하다. 또한, 인통라인 적용을 위해서는 1차량에 대한 집전용량 및 케이블용량이 아닌 1편성에 대한 집전용량 및 케이블 용량을 고려해야 하므로 집전장치 및 케이블 용량 재산정이 필요하며, 케이블 용량 증대 및 배선길이 증가에 따른 차량 중량 증가가 예상된다.

- 반면, 3량 1편성의 리니모와 부산김해경전철 등의 경우에는 고압라인 인통적용이 되어 있으나 이는 Switch 구간 등의 집전 연속성을 위하여 적용된 것이며, 전차선의 결빙 등에 의한 장애를 고려한 것은 아니다.

② 운행 장애와의 관련성

- 이번에 발생한 장애는 Expansion Joint 스파크가 한 차량에만 영향을 주지않고 전체 차량(편성)에 영향이 있었으므로 인통라인을 적용하더라도 운행 장애가 발생하였을 것으로 추측된다.

3) 운행 중 제설 방안

① 타 시스템 사례

- 운행 빈도를 높이는 것에 의하여 눈과 얼음의 적층 진도를 막을 수는 있으나, 차량이 기본적으로 유지보수 차량으로 사용되지는 않는다. 별도의 유지보수차량에 의한 제설 및 제빙 작업이 이루어져야 하며, 다만, 영업운행 개시 전 또는 영업운행 개시 후에 유지보수 용도로 차량에 별도의 장치를 설치하여 운행하는 것은 고려해 볼 수 있다.

- 눈과 얼음에 의한 운행 장애를 방지하기 위하여 보통의 경우에는 전차선 해빙시스템을 적용하거나 결빙이 자주 발생하는 특정 부위에는 동결방지제를 도포하는 것이 일반적이다.

② 운행 장애와의 관련성

- 2012.12.05에 발생한 전차선 스파크 발생 부위



[그림 187]전차선 스파크 발생 부위

- 운행 장애 당시 전차선 육안 확인 결과, 전차선 도체면은 육안상으로는 결빙을 확인할 수가 없었으며, Expansion Joint 구간의 가이드 부분과 전차선 도체 간에 스파크(아크) 흔적을 확인할 수 있었으며, 과전압이 발생한 부위는 모두 상기 사진과 같이 가이드 부분과 전차선 도체가 차량 집전슈 면에 의하여 모두 커버가 되는 부위로서 Expansion Joint 구간의 케이블에 의한 전차선 전력 공급이 이루어지지 않고 가이드를 통한 전류 통전이 이루어졌음을 짐작할 수 있다.

○ 결론

상기에서 검토한 바와 같이, 강설 후 발생한 Expansion Joint 구간에서의 스파크 발생으로 인한 운행 장애와 관련하여 차량에서 별도의 조치가 필요한 것이 아니며, Expansion Joint에서 발생한 스파크의 원인 분석 및 재현을 통한 검증이 필요하다.

- 사업단 : 추가과제로 모터카에 해당부위 제설기능 등 검토
- 운영적인 측면에서의 검토(강설시 주기적인 차량운행 등)
- 결정사항 : '12.12.5일 1회 발생 이후, 현재까지 여러 경우의 폭설이 내렸으나 유사한 장애는 발생하지 않았으나, 재발 방지를 위한 덮개 설치, 열선포설, 제설장비 등을 검토하여 궤도, 전차선 및 패턴벨트 상면에 제설 및 결빙방지제 도포 시스템을 "자기부상철도 선로시설물 자동화 점검 시스템 개발" 연구과제(연구기간 : '13.3~13.10)에 포함하여 시행

□ 조치 현황(추가과제로 이관)

- "자기부상철도 선로시설물 자동화 점검 시스템 개발" 연구과제(연구기간 : '13.3~13.10)에 포함하여 보완 예정

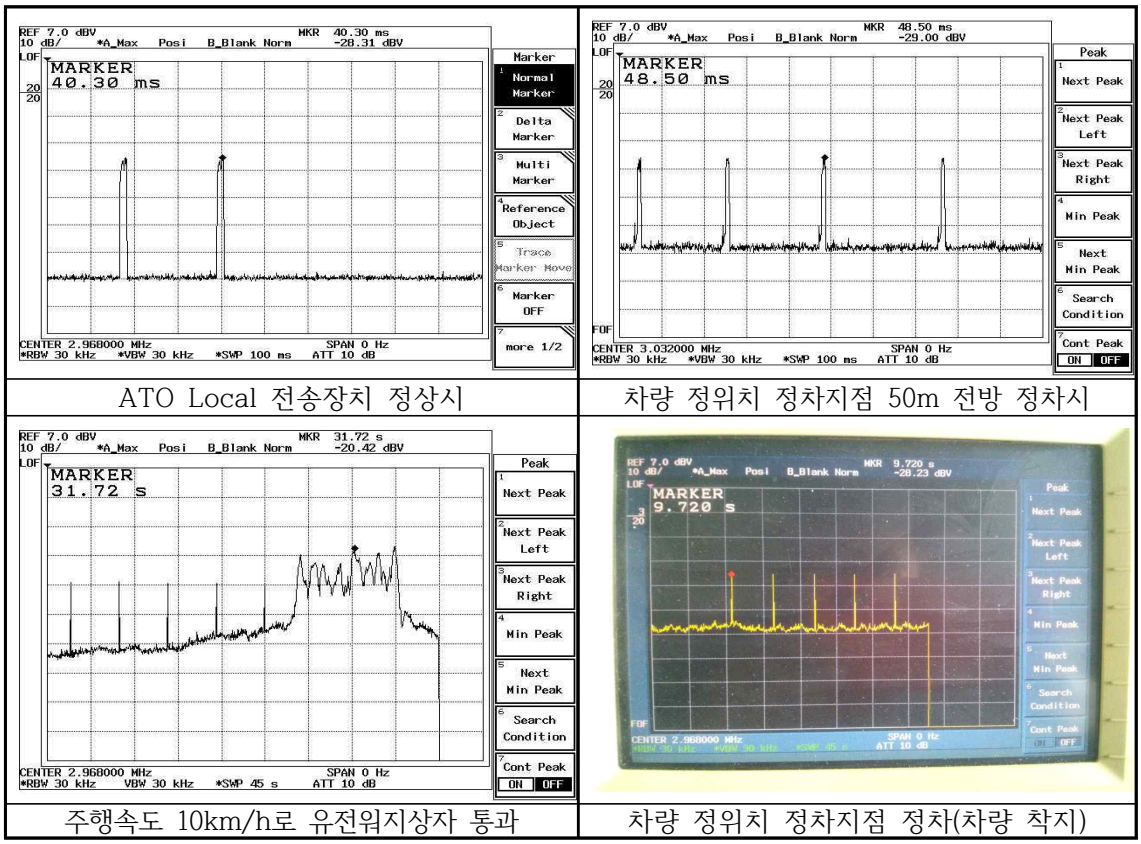
바) ATO Local 전송장치 Noise 발생

□ 인터페이스 내용

- 차량이 유전원 지상자(정위치 정차 위치)로 근접하면 ATO local 전송장치에 Noise가 유입되어 장애 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 2013.02.15 : 차량분야 및 열차제어분야 공동으로 현장측정(시험) 실시



ATO Local 전송장치 정상시 | 차량 정위치 정차지점 50m 전방 정차시

주행속도 10km/h로 유전워지상자 통과 | 차량 정위치 정차지점 정차(차량 착지)

[그림 188] 차량 및 열차제어 분야별 Noise 측정 결과

- 2013.03.11 : Noise 대책 1차 TF 회의 실시

□ 자료 제공

○ 차량분야에서 요청한 “ATO Local Noise 문제 해결 공조를 위한 자료”는 열차제어분야에서 오늘(‘13.03.11)까지 제공

- 상기 자료 중 역사 접지를 포함하는 급전계통도는 사업단에서 회의중 제공함(급전계통도 관련 의문사항 있을 시는 별도 요청 가능하며, 필요시 다음 회의에는 급전계통도 전문가 참석 요청 예정)

□ 차량 방사 Noise 측정

○ 차량분야 자체적으로 차량 및 주변의 방사 Noise 측정 예정이며, 열차제어분야, 전력분야, 사업단 등 참여가 권고됨

- 측정일정 : 3월 12일 오전 10시~
- 측정장소 : 입출고선 및 105역사 주변

○ 차량성능시험기준에 따라 측정예정(10m 거리 측정) 이나, 차량하부 등 근접거리에서의 측정 등에 대해서는 방사측정 시 현장에서 협의 가능

- 2013.03.13 : Noise 대책 2차 TF 회의 실시

□ ATO Local Noise 측정 결과

○ 차량분야에서 ‘13.03.12일 105역사 및 청소선에서 측정한 결과 설명

- 자기부상열차가 부상하는 경우는 3Mhz 영역의 전자파 발생
- 부상시스템의 코일에서 발생된 전자파가 레일을 통해 TWC 안테나에 유도(Coupling)됨

□ 향후 방향

○ (현대로템 의견) 차량의 방사노이즈는 국내 모든 철도차량에 적용되고 있는 국제규격 IEC 62236-2(Railway applications - Electromagnetic Compatibility)의'기준치 77.78dBuA/m' 대비 '측정치 34.93dBuA/m'로 측정치가 기준치의 1/100 이하로 매우 낮은수준에 불과하나, 신호장치와의 간섭문제를 최소화하기 위하여 추가적으로 노이즈를 줄일 수 있는지에 대한 검토는 필요하고, 신호장치 ATO Local (TWC)에 대해서는 정상동작하고 있는 1708±32kHz(지상->차상)의 송신출력이 25mW이나, 오동작하고 있는 3000±32kHz(지상<->차상)의 송신출력이 3mW로 상대적으로 매우 낮으므로, 3mW 송신출력을 25mW~30mW로 변경가능한지에 대한 검토가 필요함.

- (포스코엔지니어링 의견) 신호레벨 증폭은 신호설비 하드웨어 재설계 및 검증 등에 상

당한 시간 및 비용이 소요되며, 상기와 같이 신호레벨을 증폭하더라도 현재 수준의 노이즈가 존재하는 상태에서는 정보 송수신이 무리없이 가능한지는 장담할 수 있는 부분이 아니므로 현시점에서는 안테나 위치 변경, 주변 차폐등 대안 모색 위주로 검토 예정

○ Noise 레벨을 줄이거나, Signal 레벨을 증폭하는 방법 또는 차폐 등의 방법에 대한 검토 필요

○ 차량분야는 차량의 전자석 극성을 교번하여 TWC 안테나에 유입되는 전자파를 상쇄시키는 방안에 대해 검토

- 계획수립 : '13.03.14일(목)까지 완료
- 결선변경 및 시험 : '13.03.15일(금)까지 완료

○ 열차제어분야는 안테나의 위치 및 높이 조정에 따른 Noise 레벨의 변화 및 안테나 주변에 차폐막 설치에 의한 Noise 레벨 저하 검토

- 계획수립 : '13.03.14일(목)까지 완료
- 시험 : '13.03.15일(금)까지 완료

- 2013.03.22 : Noise 대책 3차 TF 회의 실시

□ 2차 회의 후 ATO Local Noise 측정 결과 협의

○ 열차제어분야 주관으로 실시한 시험 데이터(안테나 위치 이동, 차폐 등) 설명

- 안테나의 위치에 따른 Noise 크기는 안테나를 패턴밸트로 가까이 하는 게 Noise 수준 낮은 편이며, 차량의 길이 방향으로는 갱웨이 하부가 가장 낮은 상태이나
- 안전적인 통신이 이루어지기 위한 조건에는 못 미침
- 차폐는 2.5T 스틸을 사용하여 시험 하였으며, 약 2~3dBV 정도의 효과는 확인하였으나 추가적인 저감을 위해서는 차폐 재질(자기장 차폐재 등)의 변경에 대한 검토 필요

○ 차량분야 독자적으로 실시한 시험 데이터(LF Ferrite EMI core 설치) 설명

- LF Ferrite EMI core 설치에 따라 3Mhz 대역의 Noise를 타 주파수 대역으로 이동되는 현상 확인
- 실차 적용을 위해서는 설치 공간, 안정성 등 추가 검토가 필요함

□ 2월 27일 기계연 시험선 시험결과 재검토

○ 열차제어분야 주관으로 실시한 기계연 시험선 데이터 설명

- 모노블록, 트윈블록 모두 부상시 -58dBV 근방으로 측정되어 시범노선 보다 약 25dBV 정도 낮음
- 모노블록의 경우 시범노선과 다른 점은 패턴밸트 위치에 점검요 철판이 부상레일과 평행하게 설치된 점이며,
- 트윈블록의 경우는 좌우측 레일이 서로 단절된 점이 다름 점임
- 주변 환경차이 이외에도 혹 차량 측면에서 다른 점이 있는 지 검토는 필요한 것으로 판단됨

□ ATO Local Noise 레벨 기준

○ 안정적인 통신을 위해서는 -48dBV 이하로 Noise 레벨 저감이 요구되며, ATO Local system 튜닝을 통해 -43~-44dBV 수준으로 조정 가능

□ 향후 방향

○ 차량분야 추진 사항

- 기계연 시험선에서 2월 27일 측정한 데이터에 대한 재검 실시(특히 차량 측면에서 기계연 운행 차량과 시범노선 운행 차량의 차이점이 있는 지 집중 검토)
- Noise 발생 레벨 저감 방안 추가 검토

○ 열차제어분야 추진 사항

- 차폐 전문가(업체)의 컨설팅을 통한 차폐 효과 추가 검토 실시
- TWC(3Mhz) 시스템의 출력 증폭 방안 병행 검토

- 2013.04.02 : Noise 대책 4차 TF 회의 실시

□ 3차 회의 후 진행 사항 협의

○ 열차제어분야 주관으로 실시한 기계연 시험선, 차량기지 입출고선 등에서 측정한 Noise 데이터 및 차폐 관련 시험 결과 설명

- 기계연 시험선 및 입출고선의 주변환경 Noise는 비슷한 레벨이나 차량 정위치 정차 위치 등에서의 부상시스템에 의한 Noise 레벨은 입출고선이 약 10dB 정도 높게 측정됨
- 입출고선에서 차폐 시험 실시결과 약 10dB이상 저감 됨(3편성으로 측정)

○ 차량분야에서 실시한 시험 데이터(기계연 시험선 및 검수고 안에서 차량의 측정부위에 따른 주파수 특성)에 대해 설명

- 차량의 측정부위에 따라 주파수 특성에 차이가 있으나 전반적으로는 기계연 차량과 시범노선 차량의 Noise 특성은 비슷하다고 판단됨

□ ATO Local 시스템 정상통신기능 확인 일정

○ 내주 시험(2013년 4월 9일 필터 삽입 후 시험) 시에는 Noise 문제가 해결된다면 ATO Local 시스템의 정상통신 여부를 확인 가능하도록 준비 예정

□ EMI core 추가 관련

○ LF Ferrite EMI core 설치 관련 사항은 자재 수급 등의 사유로 내주 회의 시까지는 진행 결과 설명 가능 판단

□ 차폐시제품 및 필터제작 비용

○ 필터 제작 비용

- 기술적 가능성 검토를 위한 시제품 제작 비용에 대해서는 기술팀장이 (주)아이스펙과 협의

- 2013.04.09 : Noise 대책 5차 TF 회의 실시

□ Noise 제거 필터 시험

○ Band Pass Filter 및 Low Pass Filter를 각각 ATO Local 안테나 와 TWC rack 사이에 설치하고, 차상 모의 시험기를 이용하여 Signal 레벨을 측정

- BPF는 설치 전에 비해 설치후 Signal 레벨이 약 30dBV 정도 낮아짐(고려 대상에서 제외)
- LPF는 설치 전에 비해 설치후 Signal 레벨이 약 7dBV 정도 낮아짐

○ LPF 설치 상태에서 ATO Local 시스템을 reset하여 자기 조사를 실시한 결과 ATO Local 시스템이 Down됨

○ LPF의 주파수 특성을 조정(LPF′)하여 재시험 실시

- LPF′ 설치 상태에서 ATO Local 시스템을 reset하여 자기 조사를 실시한 결과 ATO Local 시스템 정상 동작
- 차량 정위치 정차 시험 실시 결과 약 4~5dbV정도의 노이즈 레벨 감소 효과 있음

○ 시험 결론 : LPF′에 의해서는 Noise 레벨 및 Signal 레벨 모두 약 4~5dbV정도의 감소 효과 있음

□ 페라이트 코아 추가 시험 결과

○ 부상 코일에 페라이트 코아 추가하여 주파수 특성 시험 결과 최소 10dBuV 개선 효과 확인

- 설치 공간 등 확보를 위해 페라이트 코아를 MD 측으로 이동하는 방안을 고려하고 있으며, 위치 이동 시 Noise 개선 효과 등에 대해서는 추가 검토 필요

□ Noise 차폐방안

○ 현재 차폐물 제작을 위한 내부 품의 중

□ LPF‘ 추가 시험

○ LPF′와 코아(아이스펙 제공)를 이용하여 Signal 및 Noise의 구체적인 개선 효과에 대해서 포스코 엔지니어링에서 추가 시험 예정

□ 향후 계획

○ 열차제어분야 :

- Noise 차폐 시험을 금주 금요일(4월 12일) 오전까지 완료

- LPF′ 추가 시험을 금주 금요일(4월 12일) 오전까지 완료
○ 차량분야
- 페라이트 코아 MD측 추가 시험을 금주 금요일(4월 12일) 오전까지 완료

- 2013.04.12 : Noise 대책 6차 TF 회의 실시

□ Noise 차폐 시험(열차제어분야)

○ 시험 결과

- AL 판재 사이에 차폐재를 추가하여 안테나의 상면을 제외한 전체를 차폐
- 정위치 정차 중 최대 Noise는 약 37~40dBV이며, 정차 안정화 후 Noise 레벨은 50~57dBV로 상당한 차폐 효과(약 20dBV 정도) 있음
- Noise 레벨의 감쇄뿐만 아니라 자기조사신호 등 Signal 레벨도 4~5dBV 정도 낮아짐
- 지상에서 차상으로 송신하는 1.7Mhz의 경우 Signal 산란에 의해 정상 통신 안됨(차폐 바닥 부분을 일부 제거할 경우 통신 문제 해결됨, 이 경우 차폐 효과 저감 됨)

○ 향후 계획

- 차폐 효과 및 신호 산란 문제 해결을 위해 차폐막의 형상변경, 재질변경 등의 추가 시험 실시 예정
- 1차 시험을 내주 목요일 이전에 실시하여 그 결과를 내주 금요일 경 공지 예정
- 시험 결과에 따라 필요하다면 침목 부분 제거 검토/요청 예정

□ 페라이트 코아 MD box내 설치 시험(차량분야)

○ 페라이트 코아를 MD box 내에 설치한 결과 3 Mhz 대역에서 오하려 약 10db Noise 레벨이 증가함

- MD Box를 차량으로부터 분리하여 바닥으로 위치만 이동한 경우는 Noise 레벨이 약 30db 정도 낮아짐

○ 향후 계획

- 추가 방안 검토 예정

- 2013.04.29 : 사업단장-핵심과제 책임자회의에서 해결 방안 결정(지상 TWC 안테나 차폐 및 차량 전자석 리드선 Shielding braid 처리)

○ 노이즈 해결 대책

- 열차제어분야는 지상 안테나 주변 차폐 실시(간이 차폐 설치후 시험결과 약 10dBV 이상 감소 효과 확인)
- 차량분야는 전자석 리드 케이블에 shielding braid 입힘(1개 대차에 임시로 설치하여 측정한 결과 측정위치에 따라 약 3~10dBuV 감소 효과 확인)
- 상기 2가지 방안을 동시에 적용할 경우 안정적인 통신을 위한 노이즈 레벨인 약 -48dBV 충족 가능 예상

○ 향후 추진 계획

- 차량 및 열차제어분야 모두 가능성 확인 차원의 임시 시험으로 노이즈 저감 효과를 확인하였으므로, 실제 현장 적용 제품을 이용한 시험을 하되, 리스크를 줄이기 위해 1단계와 2단계로 구분 추진
- 1단계
· 열차제어분야는 예비주행시험구간(104~106정거장) 편도 3개소 5월 10일까지 시공 및 개별 시험 완료
· 차량분야는 1개 편성의 전자석 리드 케이블에 shielding braid를 5월 10일까지 설치하고 개별시험 완료
- 2단계
· 열차제어분야는 잔여 구간 13개소 5월 31일까지 시공 완료
· 차량분야는 잔여 2개 편성의 전자석 리드 케이블에 5월 31일까지 shielding braid 설치

○ 비용처리 방법

- 본 건은 열차제어분야에서 사용하는 주파수 3MHz 대역의 신호와 차량부상용 전자석의 방사 노이즈가 상호 작용하여 원활한 차-지상 간의 TWC 통신을 방해하는 문제로, 국내에서 처음으로 구현되는 도시형자기부상열차와 패턴벨트 방식의 지상신호 설비와의 인터페이스 경험 부재에 기인한 사항으로 어느 일방의 잘못에 기인한 것이 아니므로, 핵심간 인터페이스를 조정하는 사업단에서 종합시운전비로 처리
- 추정 비용
· 지상 안테나 차폐 비용 : 전구간 제작 & 설치비 약 6,400만원(1단계 1,200만원)
· 전자석 리드선 shielding braid 비용 : 3개 편성 자재비 약 600만원(1단계 160만원)

- 2013.05.13 : Noise 대책 7차 TF 회의 실시(기본시험결과 Noise 문제 해결 확인)

□ 1단계 시험 결과

○ 차량분야 시험결과

- 4편성 전자석 리드 케이블에 shielding braid 설치 후 시험 결과는 측정 지점에 따라 다소 차이가 있으나 약 10dBuV의 감소 효과 확인

○ 열차제어분야 시험결과

- 3편성(shielding braid 미설치 & 공차 열차) 시험결과 차폐체에 의해 약 14dBV 정도의 Noise 저감 효과 확인(정위치 정차전 Noise 최대치 약 -27dBV, 정위치 정차 후 Noise 레벨 약 -47dBV)
- 4편성(shielding braid 설치 & 공차 열차) 시험결과 shielding braid 설치에 의해 정위치 정차시의 Noise 레벨은 비슷하나 최대치에서 약 7dBV 정도의 Noise 저감 효과 확인(정위치 정차전 Noise 최대치 약 -34dBV, 정위치 정차 후 Noise 레벨 약 -47dBV)
- 1편성(shielding braid 미설치 & 만차 열차) 시험결과 공차인 3편성 시험 결과와 유사한 Noise 레벨 확인
- 차량의 위치에 따라 Noise 최대치가 검지되며 추진 장치의 상태는 Noise 레벨에 별다른 영향이 없음을 확인(정거장을 타행으로 통과 시에도 Noise 최대치는 정위치 정차시의 Noise 최대치와 유사함)

○ 1단계 시험 결론

- 정위치 정차후의 Noise 레벨(약 -48dBV)은 안정적인 통신 조건(-38dBV)을 만족함
- 정위치 정차전의 Noise 최대치(약 -34dBV)는 최소수신동작 레벨 인 -38dBV에 4dBV 정도 초과하여 정위치 정차 시간 약 5~7초 동안은 TWC 통신시 Noise 영향을 받을 가능성이 있으나, 정위치 정차점 주변 도착후 안정적인 통신 상태(Noise 레벨 약 -47dBV)를 유지 하므로 TWC 통신에는 문제 없음

□ 향후 추진 계획

○ 1단계 시험 결과 차-지상간의 안정적인 TWC 통신이 확인 되었으므로 2단계(잔여 구간 차폐체 설치 & 잔여편성 shielding braid 설치) 시공 실시

□ 조치 현황(완료)

- 2013.05.10 : 차량 전자석 리드선 Shielding braid 처리 완료
- 2013.05.09 : 차폐체 제작(1차분 : 예비주행구간) 및 설치 완료
- 2013.05.24 : 자체시험(2주일간) 후 차상신호 성능시험실시

2) 기술분야 검토

가) 시범노선 B-type 유간장치 인터페이스 개선 방안 검토

① 현황 및 문제점

□ 문제점

○ 시범노선 레일의 신축이음 구간에 설치된 B-type 유간장치와 차량과의 인터페이스 문제로 차량에 이상 진동과 충격이 발생

○ 이로 인하여 차량의 증속시험이 진행되지 않고 있어 종합시운전 일정에 차질 발생

○ B-type 유간장치

- 온도변화, 차량재하 처짐 등에 따른 거더 신축시 궤도의 연속성을 유지하기 위하여 연속교 구간에 설치되는 기계적인 이음장치

※연속교 3@35=105m의 경우 양단에서 최대 84.8mm 신축 발생

- 적용개소 및 수량 : 105m 간격으로 단선 103조(양선 206개)

	
상면	측면
	
하면	하면(상세)

[그림 189]B-type 유간장치 설치 현황



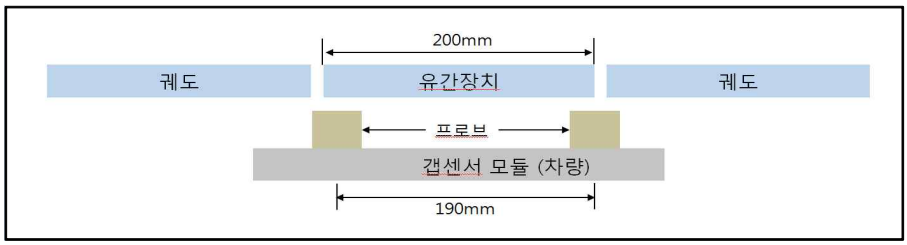
[그림 190]A-type 유간장치 사진

※ (참고) A-type 유간장치 : 거더신축량 40mm 이하인 장소에 설치되며, 대략 궤도 10m당 1개씩 있는 이음매에 설치됨

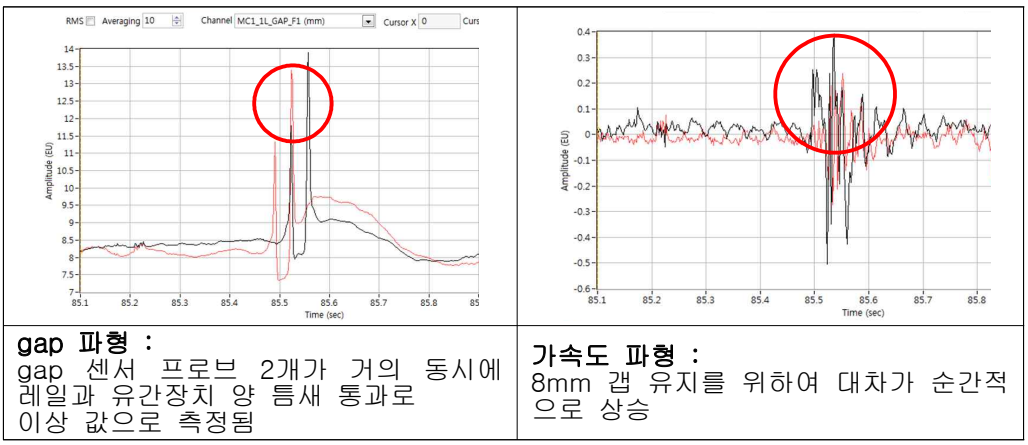
□ 원인

○ 차량과 레일의 부상공극을 측정하는 차량 갭센서의 프로브 폭(L=190mm)과 B-type 유간장치 폭(L=200mm)이 거의 같아 갭센서에서 감지하는 부상공극이 비정상적으로 측정되는 현상 발생

○ 레일 유간장치와 차량 갭 센서 상호 관계



[그림 191]B-type 유간장치와 차량 갭 센서 상호 관계



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 192]차량이 B-type 유간장치 주행시 발생 파형

※ 갭센서 모듈의 2개 센서 측정치중 작은 값으로 부상제어함

② B-type 유간장치 관련 경과사항

□ 연구개발 현황

○ 과제명 : 도시형자기부상열차 선로구축물 성능개선

- 주관기관 : 철도기술연구원 (3-1 과제)
- 연구책임자 : 여인호 박사

※ B-type 유간장치는 부상/추진레일 연구의 일부로 협동기관에서 수행

○ B-type 유간장치 관련연구 내용

- 협동기관 : 한국생산기술연구원
- 연구책임자 : 김경택 박사
- 연구기간 및 관련사항 RFP 기재내용

· 1차년도('06.12 ~ '07.11)

- 부상/추진레일의 설계 및 제작기법 개발

· 2차년도('07.11 ~ '08.09)

- 부상/추진레일 장대화 연구, 시제품 제작 및 성능평가

※ 레일 곡가공 지연으로 보완연구 실시('07.11~'09.03)

- 유간장치 관련사항의 과제 계획서 기재내용(2차년도)

· 레일 이음매의 응력(충격)해석 및 검증실험

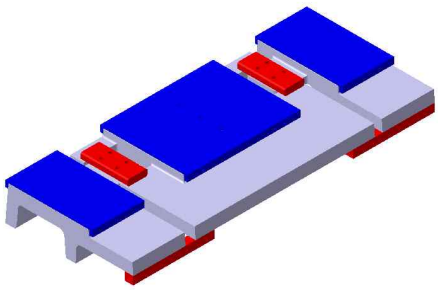
- 2차년도 보완연구 보고서 관련 내용

· (p. 25)과학관 및 기계연에 설치되어 있는 노선의 경우 레일 유간조정장치가 설치되어 있지 않음. 반면 일본의 리니모 상용노선의 경우 온도변화에 의한 형의 신축에 따른 레일 유간의 변화에 대응하기 위해 교량의 단부에 유간조정 장치를 설치함.



[그림 193]일본 리니모에 설치된 유간조정장치

· 본 연구에서 제안한 레일 유간조정장치를 나타낸 것으로 일본 리니모의 형상과 유사함. 전체적으로 끼워맞춤의 형식을 취하고 있으며 내측 폴의 걸림쇠를 통하여 분리를 방지함



[그림 194]레일유간장치 개념도



[그림 195]레일유간장치 시제품

□ 인터페이스 진행 현황

○ '08.01.21 상부궤도 설계 요구조건 제시 [2핵심 → 3핵심]

· (p. 35) 거더간 연결 설계요구조건 : 급격한 수직 곡률 변화 최소화(연속형상유지) 동부구릉선 방법 또는 고안

○ '08.08.21 기본설계 검토 회의 자료

· 참석자 : 사업단, 1, 2, 3 핵심

· 목적 : 기본설계자료에 대한 서면검토 결과 협의

· 레일이음매에 대한 검토의견 :

검토의견	설계사 검토의견
레일이음매 상하 맞볼트를 체결한다면 대차에 적용된 스키드와 랜딩롤러와의 간섭에 때문에 제시된 형상을 적용할 수 없음	- 레일이음매 제작에 관련된 사항은 3-1 연구과제 - 스키드면에 대하여 상면에 볼트도출이 배제되도록 계획하겠음 (생기연과 논의하여 정리)

○ '09.09.11 대안입찰 공고에 연구개발품 임의변경 금지로 지정

· 입찰안내서(p. 19) 임의변경 금지 : 도시형자기부상열차실용화사업 연구개발로 제시된 부상/추진레일 및 분기기

○ '09.09.18 대안입찰에 따라 연구성과 관련 자료 취합 및 발송 [사업단 → 3핵심 → 대안입찰자, 3-1 연구과제보고서 포함]

□ 사업단 검토의견 및 조치사항

○ 3-1과제(생산기술연구원)에서 제안한 유간장치는 세계 최초로 상용노선을 건설한 일본의 자료(사진)를 벤치마킹하여 형상과 규격을 제안한 것으로 판단되며(위 보고서 내용 참조)

○ 유간장치의 형상에 대하여는 과제간 인터페이스를 통하여 스키드 대항면 볼트노출 등의 문제점을 해소 하였으나, 갭센서 프로브 폭과 유간장치 폭간 간섭에 따른 문제는 시운전 중 발견되기 전까지 도출되지 않은 신규 인터페이스 사항임

※ 유간장치의 필요조건(갭센서 대향면 확보·부상전자석 폴의 연속·거더 신축에 따른 유동가능성 등)과 레일의 형상 등을 감안할 때 현재의 형상은 적합한 것으로 판단되나, 단지 유간장치 규격 중 폭(200mm)만 문제됨

※ 기계연 시험선로에 적용된 유간장치는 단경간 교량(L=25m)에는 적용가능하나 시범노선과 같이 연속교(L=105m)에 적용되는 유간장치로는 적합하지 않은 것으로 판단됨

○ 본 건에 관련하여 사업단은 신규 발생한 인터페이스 사항으로 파악하고, 문제의 해결을 위하여 개선방안을 사업단·1·2·3핵심 합동으로 검토한 결과, 유간장치의 외부형상을 그대로 두고, 내부 폭을 조정하는 방안이 최적안으로 검토 되었음

※ 차상에 부착된 프로브 간격을 조정하는 방안도 검토 되었으나, 외산자재

로서 납기(약 12개월) 및 비용(약 7.6억) 측면에서 시설분야에서 조치하는 것이 타당할 것으로 판단함 (공사기간 약 1개월 및 비용 약 2.0억)

③ 유간장치 개선방안 연구진행 내용

□ 개선방안 개요

○ 유간장치 양끝 틈새가 보이지 않도록 덮판 설치, 한쪽 틈새 최소화, 용접에 의한 폭 확대(260mm), 신규제작(폭 260mm) 등 여러 가지 개선방안 도출

○ 시범노선 운행차량과 시설물의 특성에 적합한 시험을 위하여 시범노선 현장에서 실시

□ 개선방안 주행시험 주요일정

○ '12.09.26 갭센서 대향면 덮판(철판) 부착 및 주행시험

○ '12.10.11 유간장치 밀착 및 주행시험

○ '12.10.11 유간장치 형상 변경후 주행시험

□ 개선안별 시험결과(갭센서 대향면 덮판(철판) 부착 시험)

○ 개요

- 갭센서 대향면에 t=0.5~1mm 철판을 부착하여 양 틈새 없앰

○ 시험일정 :

- 현장시험 : 2012.9.21(금) 14:00 ~ 15:00 (105~106 정거장 하선)
- 기지내 시험 : 2012.9.26(수) 13:30 ~ 15:00 (차량기지 시험선)

○ 시험방법

- 갭센서 중첩구간의 해소를 위하여 유간장치 하면에 t=0.5mm ~1mm 철판을 부착하여 시험주행
- 갭센서의 특성을 반영하여 정방형, 원형 등 철판을 부착하여 특성 및 효과 확인



갭센서 대향면 철판 부착전

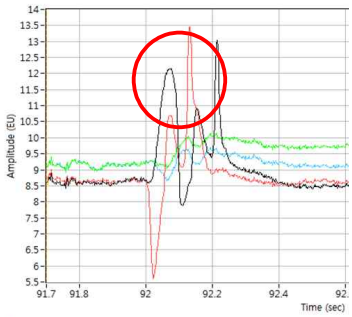
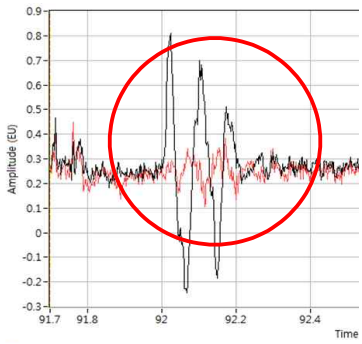


갭센서 대향면 철판 부착후

[그림 196]B-type 유간장치 대향면 철판 시험부착

○ 시험방법

- 갭센서 변동량이 더 커지는 현상 발생하며 가속도 증가

	
gap 파형 (136번 교각) : 철판 부착면 불연속에 의하여 gap 변동 추가 발생	**가속도 파형 (136번 교각)** : 철판 부착면 gap 불연속으로 대차 가속도 급격한 증가 발생

[그림 197]B-type 유간장치 대향면 철판 시험부착 계측 결과

○ 결론

- 갭 변동 발생이 지속되었으며, 가속도 파형도 불규칙하여 B-type 유간장치 대책으로 부적합
- 검토된 사유는 원소재와 덮판 재질의 차이 및 갭센서의 특성
- 문제해결을 위한 추가 연구를 더 한다 하더라도 이 방법은 항구적인 해결책이 아니며 임시방편이므로 채택불가

□ 개선안별 시험결과(B-type 유간장치 밀착시험)

○ 개요

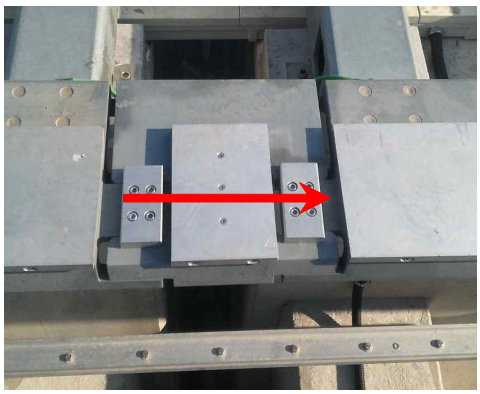
- B-type 유간장치 양쪽 틈새중 하나를 최소화 하기 위하여 일방향으로 유간장치 밀착

○ 시험일정 :

- 현장시공 : 2012.10.4(목) 13:30 ~ 15:00 (105~106 정거장 하선)
- 현장시험 : 2012.10.11(목) 14:00 ~ 17:00 (105~106 정거장 하선)

○ 시험방법

- B-type 유간장치의 1개소 갭을 최소화하기 위하여 1방향으로 밀착
- 밀착된 구간에 시험차량을 주행하면서 갭변동 및 가속도 분석





밀착 시공전 (우로 밀착)	밀착 시공후

[그림 198]B-type 유간장치 밀착시험 사진

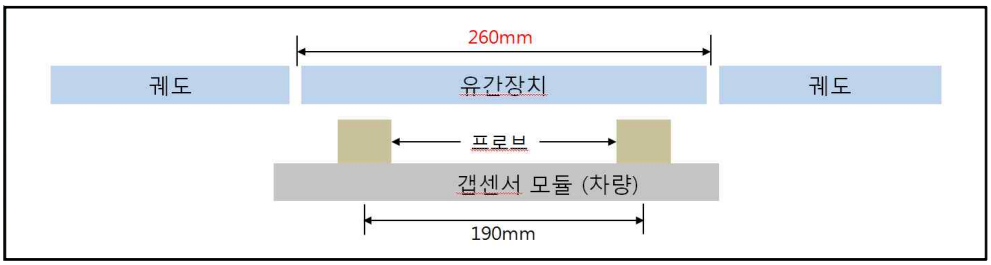
○ 결론

- 유간장치 전후 거더의 신축이 불규칙하며, 갭센서 간섭문제는 여전히 발생하여 근본 대책으로 부적합

□ 개선안별 시험결과(B-type 유간장치 형상변경 시험)

○ 개요

- 차량 갭센서 2개가 레일과 유간장치 양끝 틈새를 동시에 감지하지 못하도록 B-Type 유간장치의 폭을 기존 200mm에서 260mm로 확대



[그림 199]B-type 유간장치 형상변경 개념도

○ 시험일정 :

- 현장시공 : 2012.10.10(수) 10:00 ~ 12:00 (p127 하선 1개소예정)

※ 설치방법 : 하선방향(105→106) 기준으로

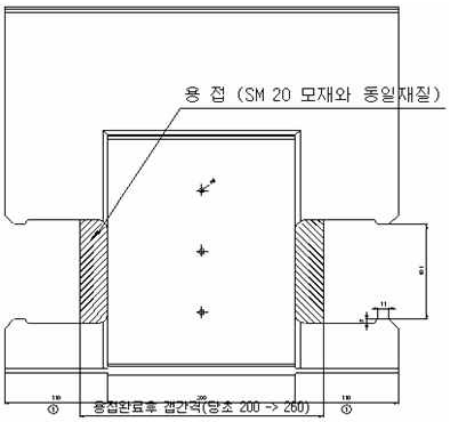
- 좌측레일 : 방안1 유간장치 (용접이음)
- 우측레일 : 방안2 유간장치 (신규가공)

- 현장시험 : 2012.10.11(목) 14:00 ~ 17:00 (p127)

○ 시험방법

- 방안 1 : 기존 유간장치 중앙부 양쪽을 동일재질(SM20C)로 용접하여

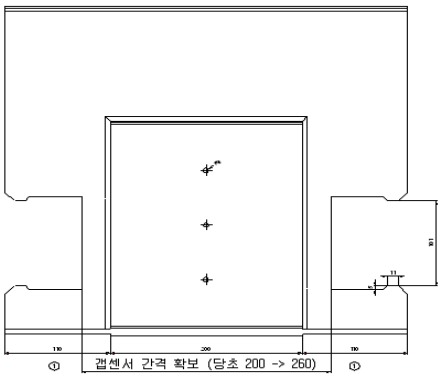
260mm 폭 확보

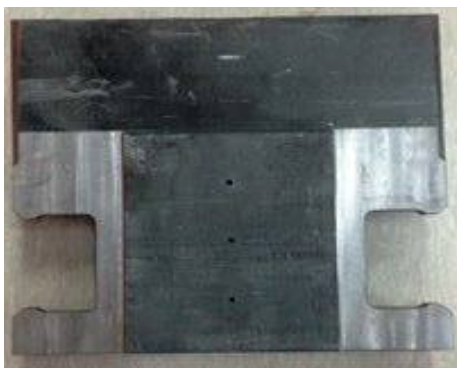




방안 1 : 기존 B-type 유간장치에 용접하여 간격 확보 (사선부분)

- 방안 2 : 유간장치 중앙부를 260mm로 신규 제작

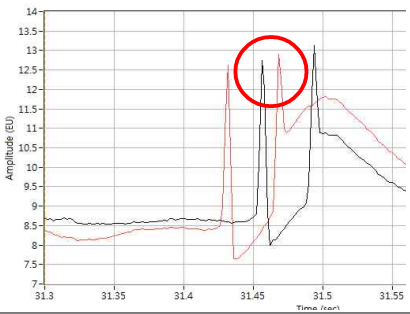




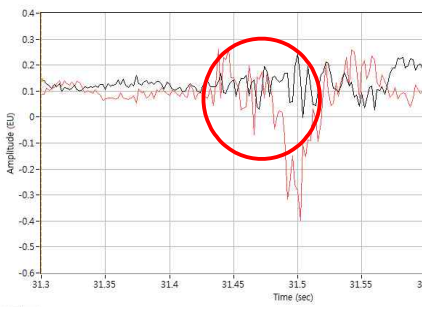
방안 2 : 신규 B-type 유간장치 제작

○ 시험결과

- 방안 1(확폭 용접)



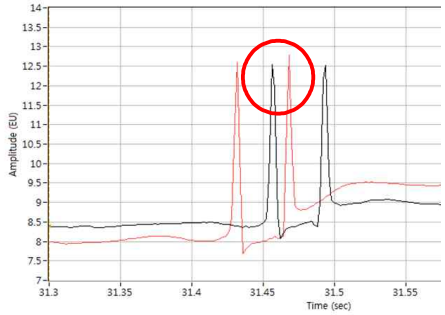
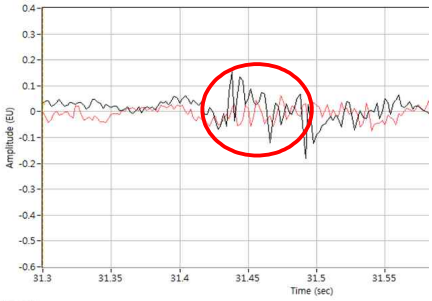
gap 파형 :
gap 센서 프로브 간섭 해소



가속도 파형 :
8mm 갭 유지에 따라 대차 가속도 파형 안정성 유지

[그림 200]B-type 유간장치 확폭 용접에 따른 시험 결과

- 방안 2(신규 제작)

	
gap 파형 : gap 센서 프로브 간섭 해소	**가속도 파형 :** 8mm 갭 유지에 따라 대차 가속도 파형 안정성 유지

[그림 201]B-type 유간장치 신규 제작에 따른 시험 결과

○ 결론

- 개선방안 1 및 2 모두 인터페이스 문제점이 해결되는 것으로 입증되었으나, 시공 품질·시공 용이성·시공기간 및 유지관리 용이성(용접부위 녹 발생 우려) 등을 감안할 때 개선방안 2(신규 제작)가 적정한 것으로 판단됨

나) 시범노선 차량 제동성능 향상을 위한 방안검토 및 작업관리

① 제동성능 향상을 위한 방안 검토

□ 현황 및 문제점

○ 자기부상열차 제동은 차량의 제동패드와 접촉되는 레일 제동면과의 마찰력에 의해 이루어지나 제동면에 전처리 도장(아연계 징크프라이머)이 되어 있어 규정된 제동성능기준 미달

- 성능기준 : 상시 4.0km/hour/sec, 비상시 4.5km/hour/sec
- 시험결과 : 3.5~4.04 km/hour/sec

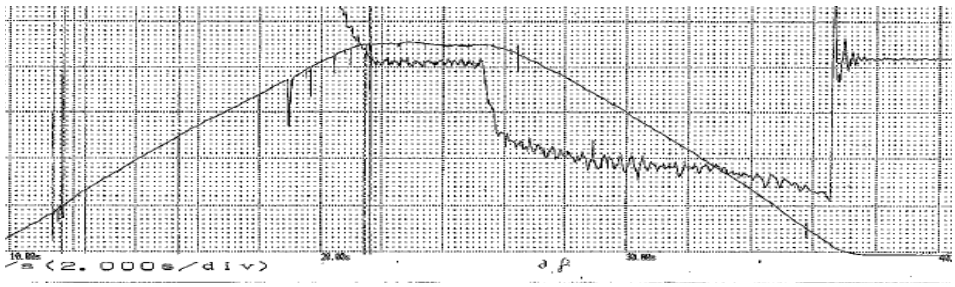
□ 관련 시험 내용

○ 제동성능기준 확보를 위하여 소결패드(제동력과 내마모성 향상 기대)를 시험제작하여 시험을 하였으나 제동성능기준을 만족하지 못하고 부상안정성 저해

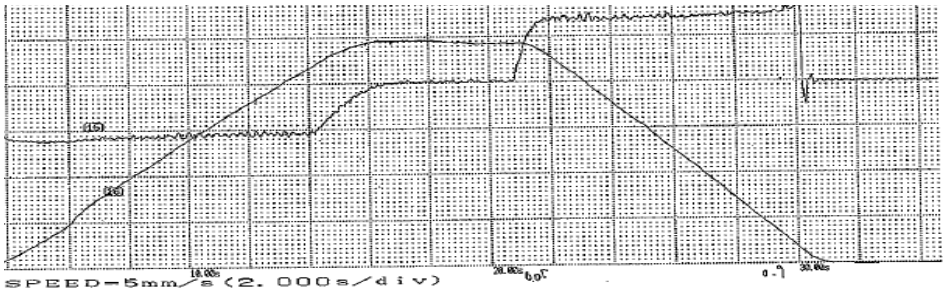
○ 105역사 하선 일부구간에서 차량 제동패드와 접촉하는 레일 제동면 도장을 제거하고 시험한 결과 제동성능기준 달성

- 도장면 제거전 : (V1 - V2)/제동시간=(45-5)/9.900=4.04km/H/S ⇒ 기준 미달

- 도장면 제거후 : (V1 - V2)/제동시간=(45-5)/7.095=5.06km/H/S ⇒ 기준 만족



[그림 202]레일 도장면 제거전(소요시간 :9.9 Sec)



[그림 203]레일 도장면 제거후(소요시간 7.905 Sec)

다) 시범노선 자기부상열차 승강장 통과에 따른 차량변위 측정시험

① 측정목적 :

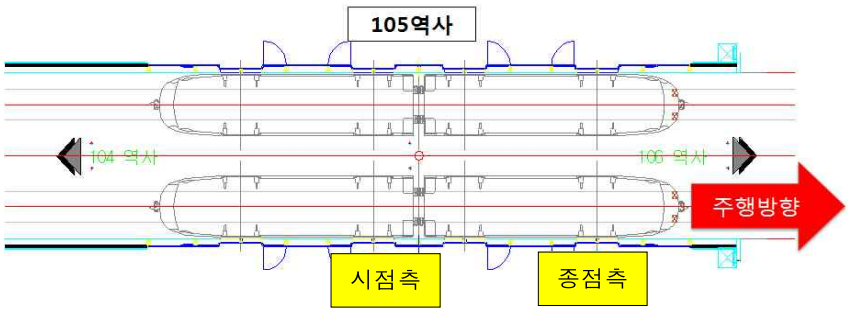
- 차량 정상주행중 정거장에 설치된 PSD 간섭여부를 시험을 통하여 검토하기 위함

② 측정결과 :

○ 1차 측정

- 측정일시 : 2012.11.21(수) 15:30~17:00
- 105 정거장 PSD 개방후 레이저 측정장비 부착 (4개소)
- 차량속도 및 상태
  - 정상·공차주행 상태로 측정(부상, 제동, 에어백 파손 등 이례상황 없음)
  - 차량속도 (정거장 통과속도 : 0, 70, 80km/h 측정)
- 측정위치

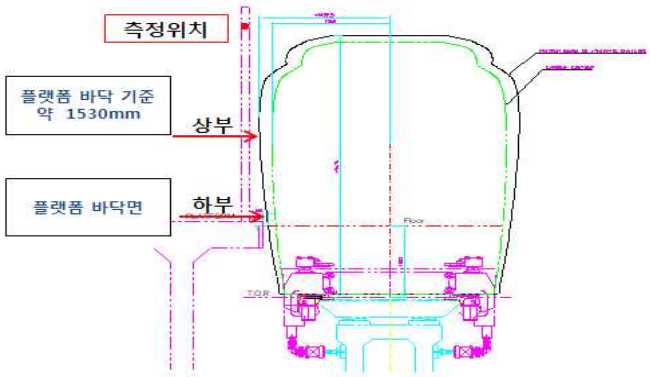
※ Mc1 및 Mc2 통과 변위 동시 측정



[그림 204]105역사 차량변위 1차 측정시험 측정위치 평면그림

- 측정 높이

※ Floor면(하부) 및 KE에 따른 최대 변위 발생지점(상부) 동시 측정



[그림 205]105역사 차량변위 단면 세부측정 위치



[그림 206]105역사 차량변위 측정 사진

- 측정 결과 (발생변위:mm)

[표 9]차량 정상주행중 정거장 PSD 간섭여부 1차 측정결과

주행속도	시점측		종점측		비고
	상부	하부	상부	하부	
정지부상	0	0	0	0	
70Km/h	24.48	16.49	21.94	10.00	
80Km/h	40.06	21.35	34.04	14.64	

○ 2차 측정

- 측정일시 : 2012.11.22(수) 15:00~17:00
- 차량속도 및 상태
  - 정상·만차주행 상태로 측정(부상, 제동, 에어백 파손 등 이례상황 없음)
  - 차량속도 (정거장 통과속도 : 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70km/h 측정)
- 측정 결과 (발생변위:mm)

[표 10]차량 정상주행중 정거장 PSD 간섭여부 2차 측정결과

주행속도	시점측		종점측		비고
	상부	하부	상부	하부	
정지부상	0	0	0	0	
10Km/h	6.76	-1.68	14.28	5.50	
20Km/h	6.37	-2.60	14.00	4.98	
30Km/h	6.98	-1.31	14.52	4.34	

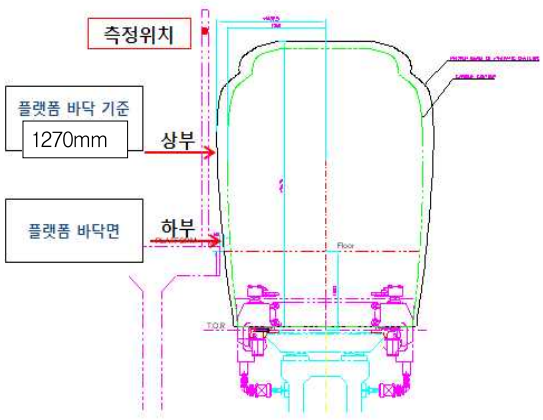
○ 3차 측정

- 측정일시 : 2012.12.4(화) 11:00~16:00
- 차량기지 검수고 청소선 출입문 편측에 레이저 측정장비 부착 (2개소)
- 측정차량 : 1편성, 2편성 차량
- 차량속도 및 상태
  - 정지상태(0km/h) : 부상제거, 에어포켓 공기제거 (부상실패, 에어백 파손 등 이례 상황 가정)
  - 5km/h : 비상롤러 주행상태 측정
- 측정위치
  - 상부 : 로뎀에서 '12.12.3 제시한 승강장 연단 1269.7mm에서 측정
  - 하부 : 승강장 연단 높이



[그림 207]검수고 차량변위 측정 시험

- 측정 높이



[그림 208]검수고 변위측정 단면 세부측정 위치

- 측정 결과 (발생변위:mm)

[표 11]차량 상태변화(에어백변화)에 따른 변위 측정 결과

조건		1편성				2편성
		1호차 2호차 갱웨이 (2개 대차 에어 제거)		1호차 중간 (3개 대차 에어제거)		1호차 갱웨이 (3개 대차 에어 제거)
		1회	2회	1회	2회	
편측 부상 제거	상부	14	-	10	8	10
	하부	4	-	6	5	5
에어포캣 공기제거	상부	46	51	36	37	58
	하부	15	22	17	18	25

※ 에어포캣 공기제거는 편측 부상제거 상태에서 추가하여 발생

조건		2편성
비상롤러 주행 (정상차량이 고장차량 밀기)	상부	25
	하부	20

○ 4차 측정

- 측정일시 : 2012.12.4(화) 17:00~19:30
- 105 정거장 PSD 폐문후 레이저 측정장비 부착 (4개소)
- 측정차량 : 1편성 차량
- 차량속도 및 상태
- 차량속도 및 상태

· 정상·공차주행 상태로 측정(부상, 제동, 에어백 파손 등 이례상황 없음)

· 차량속도 (정거장 통과속도 : 0, ~ 70 km/h 까지 10km/h씩 증가 측정)

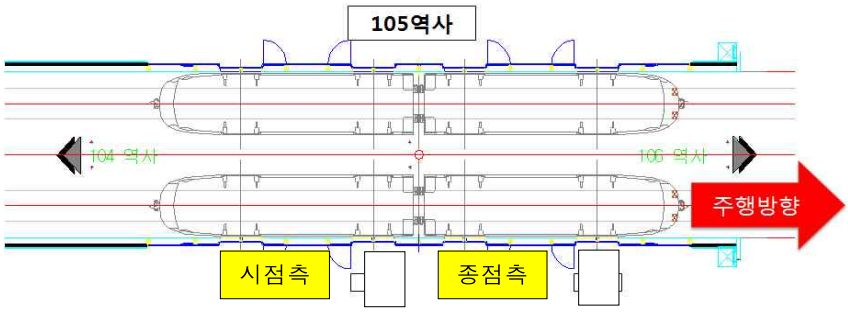
· 차량속도 30, 40, 50km/h 는 3회씩 측정

- 측정위치

· 상부 : 로템에서 '12.12.3 제시한 승강장 연단 1269.7mm에서 측정

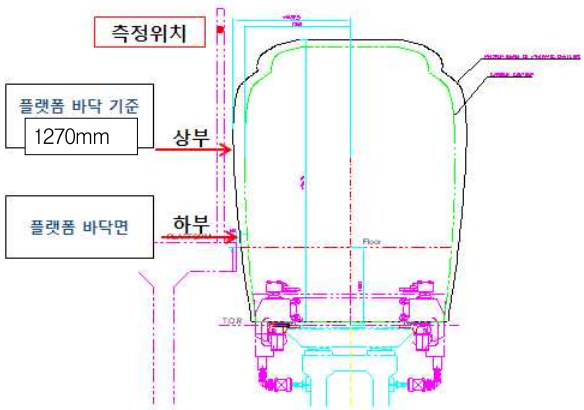
· 하부 : 승강장 연단 높이

- 측정위치



[그림 209]105역사 차량변위 4차 측정시험 측정위치 평면그림

- 측정 높이



[그림 210]105역사 차량변위 단면 세부측정 위치

- 측정 결과 (발생변위:mm)

[표 12]차량 정상주행중 정거장 PSD 간섭여부 4차 측정결과

속도(km/h)			10	20	30	40	50	60	70
시점측	상부	1회	28	33	30	23	26	42	31
		2회	-	-	28	27	26	-	-
		3회	-	-	23	27	34	-	-
	하부	1회	8	8	7	5	6	9	7
		2회	-	-	6	6	6	-	-
		3회	-	-	5	6	7	-	-
종점측	상부	1회	18	22	19	20	15	28	13
		2회	-	-	22	17	20	-	-
		3회	-	-	18	18	26	-	-
	하부	1회	4	5	4	4	3	6	2
		2회	-	-	4	3	3	-	-
		3회	-	-	2	4	4	-	

③ 측정에 따른 후속조치 내용 :

○ 3핵심과제 측정결과 송부하여 정거장별 차량통과에 따른 안전성 검토 시행
- 105정거장(하선)은 '12.12.17까지 시설보완 완료 (통과속도 90km/H)
※ 나머지 정거장(105상선 포함)은 '12.12.31까지 완료
- 유동폭 측정(최소이격거리) 후 구조물 보완작업 즉시 착수

라) 분기기 및 본선 구간 소음측정 및 특성 검토

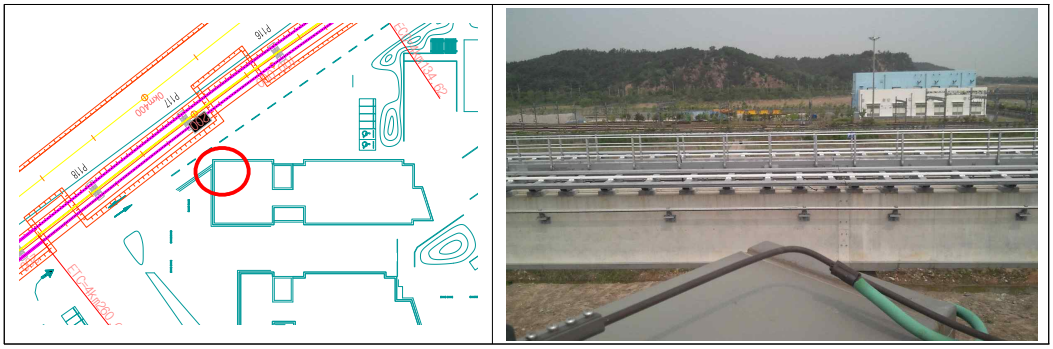
① 측정목적 및 시험위치

○ 시험 목적
- 기계연 시험선과 인천 시범노선의 분기기 동작 및 차량 통과소음 비교
- 대전도시철도 2호선 자기부상열차 적용에 따른 환경영향평가 대비 자기부상열차에 적합한 소음예측 방안 마련을 위한 소음측정

○ 시험일
- 기계연 시험선 : '13.5.9(목) 10:00 ~
- 인천 시범노선 : '13.6.5(수) 10:00 ~

○ 시험 준비
- 사업단 : 시험개소 선정(국민체육진흥공단 시설사용 협의) 및 일정조정
- 기계연구원 소음팀 : 차량 외부 소음 측정
- 종합시운전팀 : 차량운행 통제 및 관제팀 업무조정, 정거장 진출입
- 현대로템 : 차량 실내 소음 측정

○ 시험 위치 및 시험방법
- 분기기 구간 :
· 분기기 단독 동작중 소음측정 (선로중심에서 직선측 기준 7.5m 고정)
· 분기기 차량 통과중 소음측정 (직선측 50km/h, 분기측 25km/h 통과)
※ 기지내 21호 분기기 및 102정거장 시서스 분기기
- 본선 구간 :
· 4km 134(p.115) 부근 외부 : 경정훈련원 옥상 (약 7 ~ 10m 이격)
[통과속도 : 80km/h]



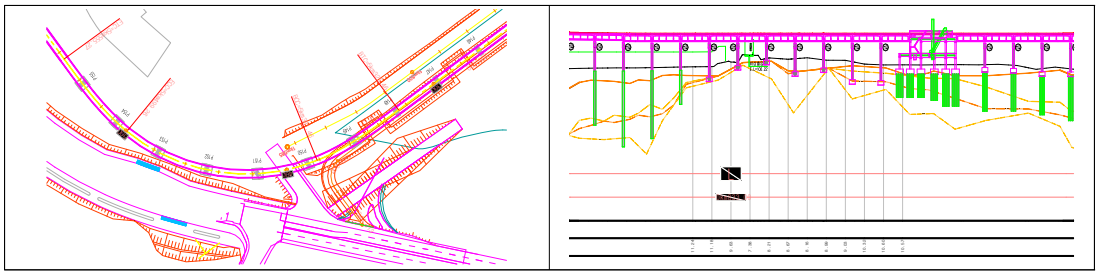
[그림 211]경정훈련원 옥상 소음 측정 위치

· 4km 134(p.115) 부근 : 경정훈련원 숙소내부 (약 10m 이격)
[통과속도 : 80km/h]



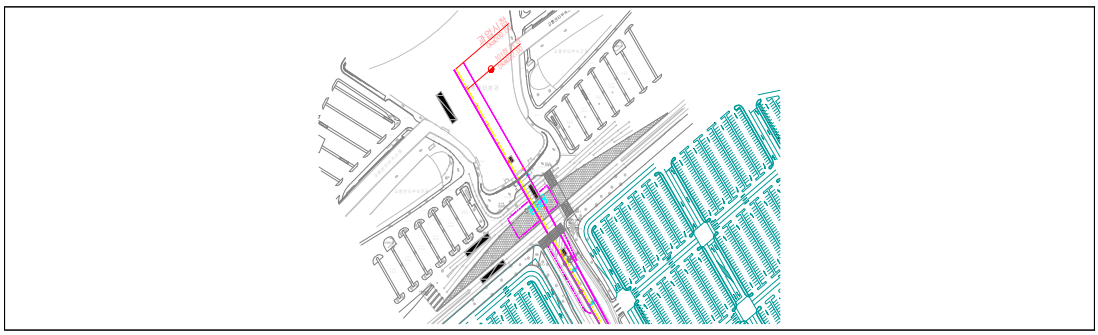
[그림 212]경정훈련원 숙소 소음 측정 위치

· 5km 400(p.151) 부근 : R=110 구간 (선로높이 약 8m)
[통과속도 : 35km/h]



[그림 213]5km 400 부근 소음측정 위치

· 101 정거장 : 정거장 진입소음[진입속도 : 35km/h 이하]



[그림 214]101 정거장 진입소음 측정 위치

- 주행중 실내소음(현대로템 작성) :

· 기계연구원 소음팀 외부소음 측정시 동시 진행

· 본선구간 (직선구간) 최고영업속도 주행시(최소5초 유지) 실내소음 3 point 측정

· HVAC 구동 조건: a) 냉방상태 b) 미 작동 상태 로 구분하여 실시

○ 시험 결과 활용 방안

- 기계연 시험선과 인천 시범노선의 분기기 동작 및 차량 통과소음 비교

· 분기기 동작중 발생 소음원 검출을 통한 시설물 관리 대책 수립

· 시범노선 분기기 및 전차선 설계자료로 활용

- 인천 시범노선 소음 측정

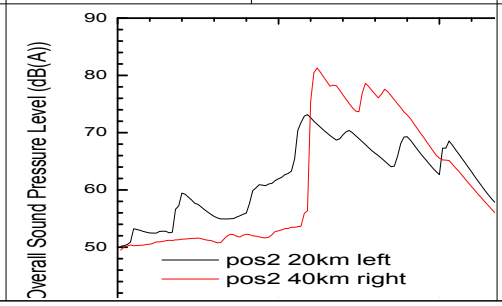
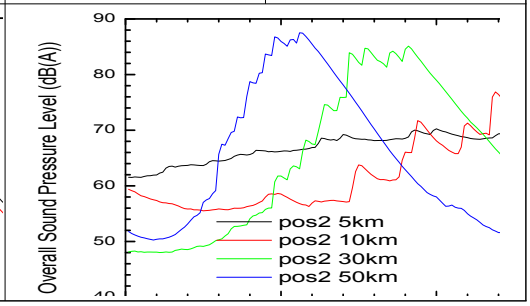
· 대전 2호선 환경영향평가시 실측 소음도 제시

· 시범노선 인근 경정훈련원 실측소음도 제시 : 국민체육진흥공단 요청사항

② 측정결과(소음도 측정)

○ 분기기 구간 측정결과

[표 13]분기기 구간 소음 측정 결과

속도 (km/h)	기계연구원		인천 시범노선 (102 정거장 시서스 분기기)	
	측정 Leq(dB(A))	예측 (직선보간법)	측정 Leq(dB(A))	예측 (직선보간법)
20	67	-	-	-
30		72	88	-
40	77	-	-	88.5
50	-	82	89	-
측정 결과				



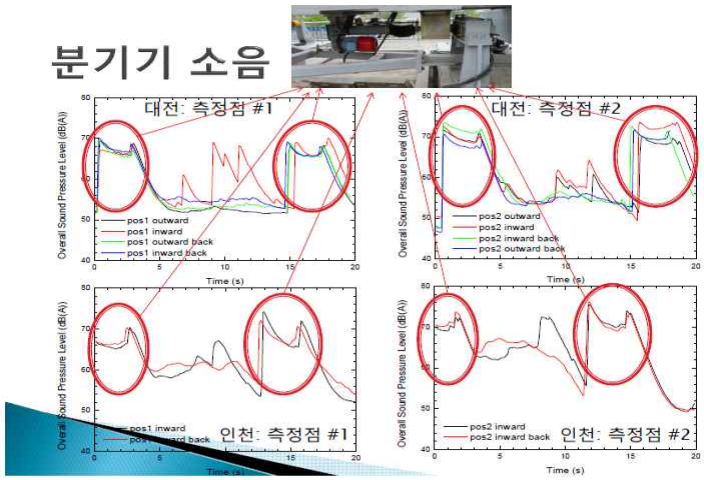
[그림 215]기계연 시험선로 소음 측정 시험



[그림 216]시범노선 소음 측정 시험 사진



[그림 217]시험선과 시범노선 소음측정 위치 비교 사진



[그림 218]시험선과 시범노선 소음측정 결과비교

- 분석

· 분기기 통과속도 증가에 비례하여 소음도 증가

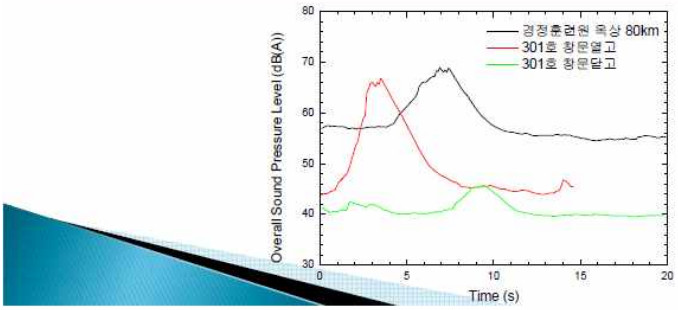
· 시범노선 분기기 통과소음이 기계연에 비하여 높음

○ 본선 구간 측정결과

▸ 인천 자기부상열차 경정훈련장 열차 통과 소음

◦ 10 m 거리

속도 (km/h)	Tp (s)	T (s)	$L_{pAeq,T}$ (dB(A))	SEL (dB(A))	TEL (dB(A))	위치
80	1.1	6.3	65	73	68	옥상
80	1.1	3.3	63	68	66	301호 창문 열고



[그림 219]105역사 경정훈련장 소음 측정 결과

- 분석

· 자기부상열차 본선 구간 소음도 측정결과 65dB(A)로서 시범노선 환경영향평가에서 제시한 소음도 이하로 확인됨

③ 측정결과(소음도 측정)

○ 측정목적 :

- 분기기 통과에 따른 소음원을 찾아내기 위하여 기계연구원 소음팀에서 개발한 음향카메라를 활용하였음

○ 측정개소 :

- 시범노선 102 정거장 SCO 분기기

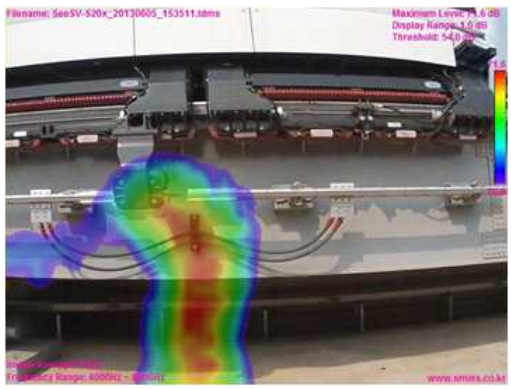


[그림 220]측정장비 및 측정사진

○ 측정결과 :

- 분기기 신축이음부 통과 영상 :

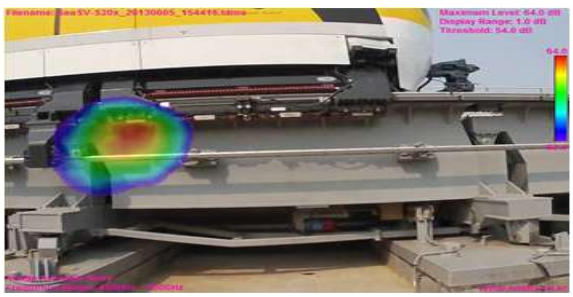
· 전차선 집전슈가 신축이음부 통과중 소음도 최대 발생



[그림 221]전차선 집전슈가 신축이음부 통과중 소음도

- 분기기 단경간 구간 통과 영상 :

· 전차선 집전슈가 통과중 소음도 최대 발생



[그림 222]전차선 집전슈가 분기기 단경간 통과중 소음도

- 본선 구간 통과 영상 :

· 전차선 집전슈가 통과중 소음도 최대 발생

· 에어컨 외부 실외기에서 소음 발생



[그림 223]차량 본선 구간 통과 소음 분석

④ 측정결과 분석

○ 자기부상열차 소음도는 65dB(A) 이하로서 소음환경 기준치 만족

○ 분기기 소음 측정

- 기계연 분기기와 시범노선 설치 분기기의 통과소음도 비교결과 시범노선 분기기의 통과소음도가 높은 것을 측정됨
- 분기기 통과중 주요 소음원은 차량집전슈의 전차선 신축이음부 통과중 발생

○ 본선 소음 측정

- 본선구간 최대 소음 발생원은 집전슈 및 에어컨 실외기 소음임

3) 핵심/세부과제 연구수행지원

가) 자기부상철도 선로시설 표준규격 제정을 위한 기술검토 지원

□ 지원 과제 : 1-4 세부

□ 지원 내용 : 1-4 세부과제에서 시행하는 자기부상철도 선로시설 표준규격 제정과 관련하여, 표준규격 내용검토, 기술적인 데이터 제공 등을 통하여 '13년 중 진행될 철도기술심의 전문위원회 상정을 위한 검토자료 작성이 순조롭게 진행되도록 하였음

□ 주요 내용

- 자기부상철도 선로표준 규격(안) 작성 협의(목차, 구성, 내용)
- 선로표준 규격(안) 검토 및 관련

- 철도기술심의 전문위원 설명 지원

□ 지원성과

- 자기부상철도 선로표준 규격 제정

4) 관련기관 업무지원

가) 대전도시철도 2호선 자기부상열차 적용을 위한 토론자료 제공

□ 지원기관 : 대전광역시

□ 지원사유 :

○ 대전도시철도 2호선 자기부상열차 적용을 위한 기술지원을 통한 자기부상열차 국내시장 진출

○ 자기부상열차 우수성 및 관련 기관 이미지 제고

□ 주요내용 :

○ 자기부상열차 안전성 검토자료

○ 대전시 적용에 따른 교통혼잡도 개선

○ 노면교통 수단의 대전 적합성 및 정시성 관련 자료

○ 자기부상열차와 노면전차의 환승 비교자료

○ 건설비 및 운영비 측면의 특성 비교

○ 경관성 문제 및 해소 방안

□ 추진성과 :

○ 대전시 자기부상열차 당위성 홍보 및 대 언론자료로 활용

나) 대전시 공무원 자기부상열차 기술 전달

□ 지원기관 : 대전광역시

□ 지원사유 :

○ 대전도시철도 2호선 자기부상열차 적용을 위한 대전시 공무원 시승에 따른 기술전달

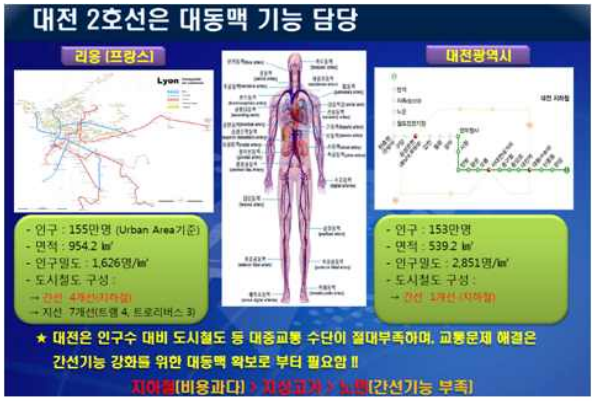
○ 자기부상열차 우수성 및 관련 기관 이미지 제고

□ 주요내용 :

○ 자기부상열차 특징

○ 대전2호선 자기부상열차 적합성

○ 고가방식 건설에 따른 제언



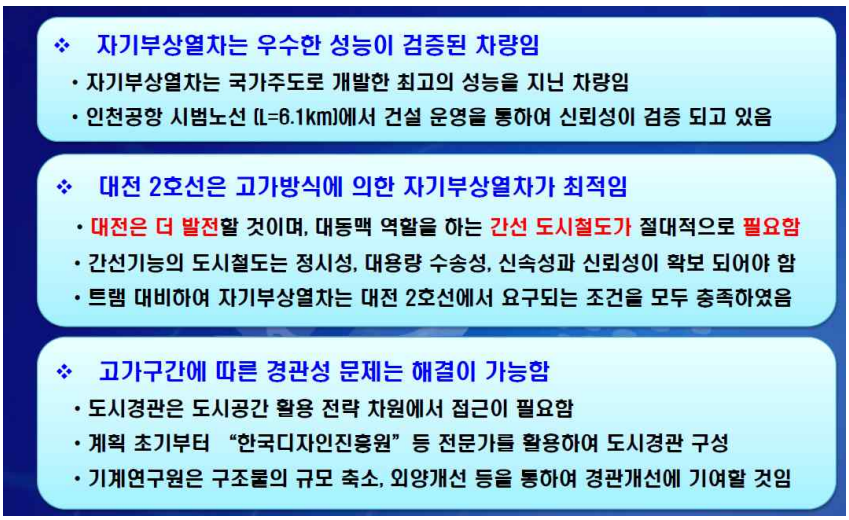


[그림 224]영상제작 기술설명 자료

□추진성과 :

○ 대전시 대전동시철도2호선 민관정 위원회 발표자료로 활용

○ 대전시 본청 및 구청 등 관내 공무원 교육자료로 활용하여 자기부상열차 우수성 홍보



(2) 시범노선 건설 및 종합시운전 관리

(가) 연구개요

- 7차년도에는 시범노선 건설공사가 완료되고 종합시험운행을 통하여 시설물 및 차량의 성능시험을 진행하였다. 종합시험운행에서 사업단은 종합시운전팀의 총괄기능 역할을 수해하는 동시에 종합시험운행중 가장 중요한 차량분야와 시설분야간 원할한 인터페이스 확보를 통한 시험운행 일정 준수가 되도록 각종 기술검토, 시험 진행에 따른 일조정, 시험에 따른 장애요인 제거를 위한 협의 주관 등을 하였음.
- 7차년도는 선정기관인 인천국제공항공사에서 자기부상열차의 운영준비를 위하여 인천교통공사와 용역계약을 체결하여 투입된 시기이다. 따라서 사업종료 후 인수·인계를 위하여 교통공사 유지관리 인력에 대한 교육지원을 하였으며, 시설물 및 차량의 인수인계에 따른 준비를 위한 협의를 주관하였음.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시범노선 건설 및 종합시험운행관리													14건
- 시범노선 건설 관리 (종합시험운행관련 업무 포함)	.시범노선 B-type 유간장치 인터페이스 개선검토에 따른 공사관리 .레일제동면 자동화 관리장비 제작(1건) .시범노선 차량 제동성능 향상을 위한 방안검토에 따른 작업관리(1건) .궤도단차 측정 장비 개발(1건)												4 건
- 종합시험운행 공정관리	.종합시험운행 공정관리 (10건)												10 건
- 종합시험운행 I/F 관리	.종합시험운행 인터페이스 관리(15건)												10 건
- 인수.인계 관련 협의 주관 및 시범노선 선정기관 기술지원	.시범노선 운영계획서 작성관련 열차운행 조건 검토 (1건) .인천교통공사 유지관리 인력 교육(1건) .인수인계관련 협의 주관 (1건)												3 건
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내용 및 결과

1) 시범노선 건설 관리(종합시험운행관련 업무 포함)

가) 시범노선 B-type 유간장치 인터페이스 개선검토에 따른 공사관리

□유간장치의 형상에 대하여는 과제간 인터페이스를 통하여 스키드 대항면 볼트노출 등의 문제점을 해소 하였으나, 갭센서 프로브 폭과 유간장치 폭간 간섭에 따른 문제는 시운전 중 발견되기 전까지 도출되지 않은 신규 인터페이스 사항임

※ 유간장치의 필요조건(갭센서 대향면 확보·부상전자석 폴의 연속·거더 신축에 따른 유동가능성 등)과 레일의 형상 등을 감안할 때 현재의 형상은 적합한 것으로 판단되나, 단지 유간장치 규격 중 폭(200mm)만 문제됨

※ 기계연 시험선로에 적용된 유간장치는 단경간 교량(L=25m)에는 적용가능하나 시범노선과 같이 연속교(L=105m)에 적용되는 유간장치로는 적합하지 않은 것으로 판단됨

□ B-type 유간장치와 관련하여 사업단은 신규 발생한 인터페이스 사항으로 파악하고, 문제의 해결을 위하여 개선방안을 사업단·1·2·3핵심 합동으로 검토한 결과, 유간장치의 외부형상을 그대로 두고, 내부 폭을 조정하는 방안이 최적안으로 검토 되고 시제품을 제작하여 시험한 결과 노선내 B-type 유간장치 재시공

※ 차상에 부착된 프로브 간격을 조정하는 방안도 검토 되었으나, 외산자재로서 납기(약 12개월) 및 비용(약 7.6억) 측면에서 시설분야에서 조치하는 것이 타당할 것으로 판단함 (공사기간 약 1개월 및 비용 약 2.0억)

□ 검토결과에 따른 조치

○ 전문기관 현안사항 보고 : ‘12.10.5

○ 3핵심과제 설계변경 조치 요청 : ‘12.10.12

○ B-type 이음매 제작 및 교체시공 : 12.10.18 ~ ‘11.10

- 10/18 시제품 제작/검수 (기계연/감리원)
- 10/19 제작착수 (제작수량 208, 예비품 2개 포함)
- 10/26 시공착수 (시공순서는 하선 → 상선)
- 11/02 하선 시공완료 (11/03부터 하선 증속시험)
- 11/03 하선 시운전(증속시험) 착수 (11/03~11/11)
- 11/03 상선 시공착수 (11/03~11/10)
- 11/06 제작완료 (208개)

- 11/10 상선 시공완료 (상하선 206개소)
- 11/11 상선 시운전 (11/10~11/19)

구분		10월														11월															비고
		18 목	19 금	20 토	21 일	22 월	23 화	24 수	25 목	26 금	27 토	28 일	29 월	30 화	31 수	1 목	2 금	3 토	4 일	5 월	6 화	7 수	8 목	9 금	10 토	11 일	12 월	13 화	~	19 월	
시제품완료																															
제 작																															(20일소요)
시 공	하선																														
	상선																														
시운전	하선																														11/10완료
	상선																														11/19완료

[표 14]B-type 유간장치 재시공 일정표

나) 레일제동면 자동화 관리장비 제작

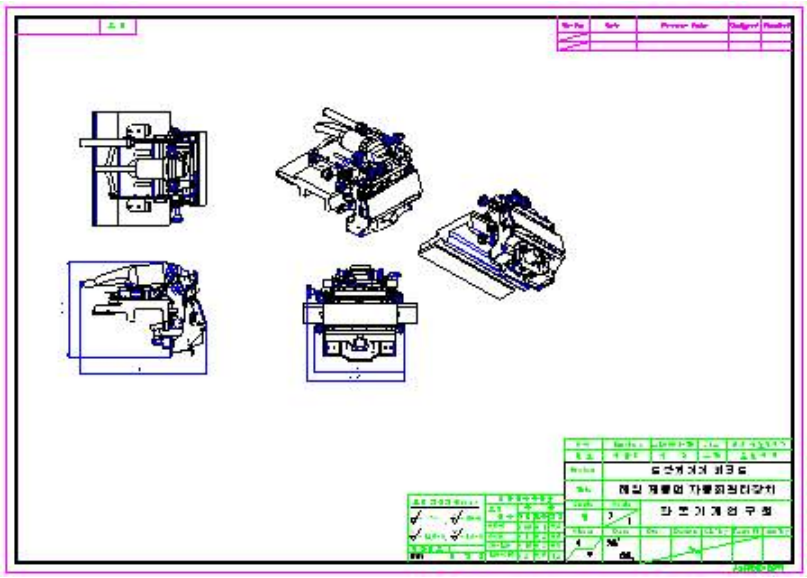
① 제작 목적

○ 레일의 제동면은 차량의 제동슈와 접촉하여 제동력을 확보하게 되므로 지속적인 관리가 필요함

○ 레일 제동면 관리를 수행하는 기구의 제작을 통하여 균질한 제동면 확보, 작업속도 향상 등을 위해 제작 및 시범노선에 활용

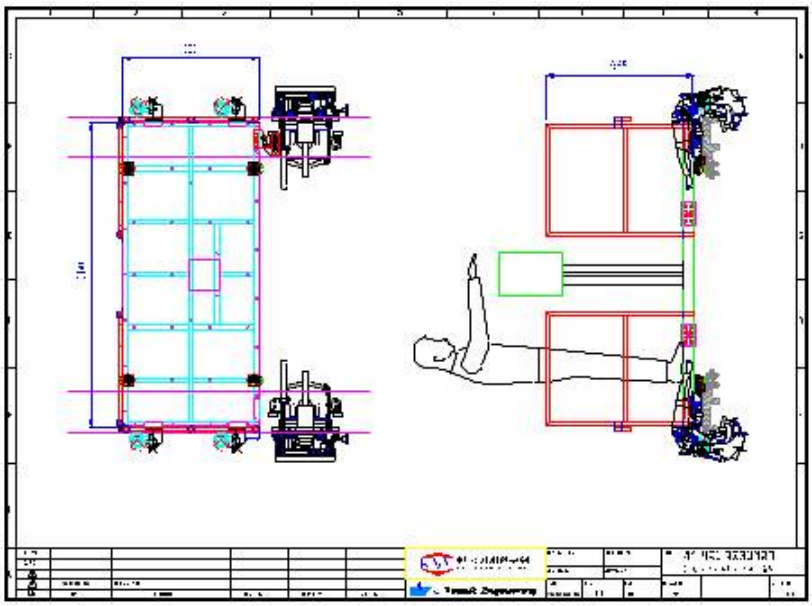
② 장비 제작 도면

○ 본체 제작도면



[그림 225]레일제동면 관리장비 본체 제작도면

○ 장비 조립도

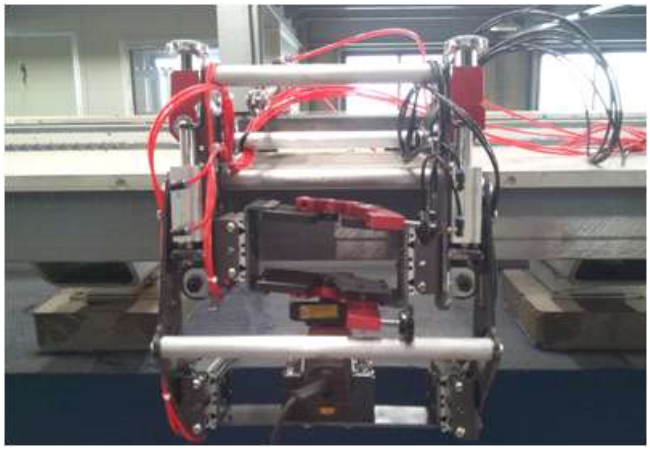


[그림 226]레일제동면 관리장비 본체 조립도

③ 장비구성

[표 15]레일제동면 관리장비 규격

품명	규격	수량
제동면 관리 장비본체		2대
디스크 그라인더 (외부용)	D28491 (7") 2,000w	2대
디스크 그라인더 (내부용)	800w	2대
콘트롤러		1대
발전기	5kwh	2대
콤프레샤		1대
작업용 대차		1대



[그림 227]제동면관리장비 본체



[그림 228]제동면 관리 장비 구성



[그림 229]본선 작업 진행중

다) 시범노선 차량 제동성능 향상을 위한 방안검토에 따른 작업관리

□ 자기부상열차 차량의 제동패드와 접촉되는 레일 제동면과의 마찰력에 의해 이루어지나 제동과 관련하여 레일 제동면 전처리 도장(아연계 징크프라이머)에 의해 차량의 규정된 제동성능기준 미달 발생에 따라 차량 제동성능 향상을 위한 방안 검토 완료

□ 검토결과에 따른 조치 사항

○ 차량제동패드와 접촉되는 레일 제동면(폭 : 40㎜) 도장 제거후에 발생될 녹으로 인한 레일 강도나 기대수명에 미치는 영향에 대한 전문가 자문(1핵심 과제에서 수행)

○ 레일 제동면 도장 제거작업을 효율적으로 수행하고 작업의 안전을 확보할 수 있도록 전용 장비 개발/제작하고, 제거작업은 시행

□ 레일 제동면 관리 작업 발주작업

○ 발주 개요

- 용역명 : 도시형자기부상철도 시범노선 궤도 레일제동면 성능개선 작업
- 설계금액 : ₩68,535,000원(VAT 포함)
- 작업기간 : 2012. 06. 21 ~ 2013. 08. 20
- 계약방법 : 수의계약

○ 계약현황

- 계약금액 : ₩64,110,000원(VAT 포함)
- 작업기간 : 2012. 07. 19 ~ 2013. 08. 20

라) 궤도단차 측정 장비 개발

□ 개발목적 :

- 자기부상철도 궤도 레일의 이음매 단차는 차량의 부상안정성에 영향을 미치는 요소로서 엄격한 관리가 필요함.
- 횡단차 0.5mm, 수직단차 1mm를 관리하기 위하여 지속적인 측정이 필요하나 측정에 따른 개인 오차 및 측정개소(약4,000개소)가 많아 측정에 따른 어려움이 있었음
- 사업단에서 측정오차의 소거 및 측정의 속도를 높일수 있도록 전용장비를 제작하여 선로 관리에 활용 되도록 조치하였음

□ 주요 내용

- 단차 측정장비 적용내용

측정장비	측정 방법
	

[그림 230]궤도단차 측정 장비 및 측정방법

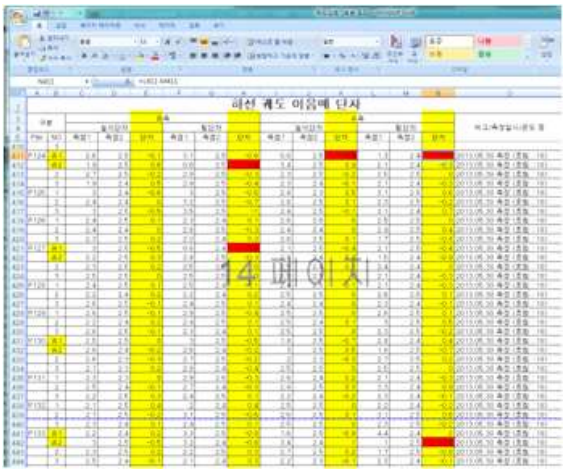
- 전용장비 적용효과 :

· 단차측정 정밀성 향상(사용자 측정오차 소거)

· 측정속도 향상

· 본선 선로상부 측정에 따른 안전성 확보

- 궤도이음매 단차 측정 결과 양식



[그림 231]궤도이음매 단차 측정 결과 양식

□ 성과

- 궤도 단차측정 결과에 대한 차량분야(2핵심)와 시설분야(3핵심)간 공통 기준 마련
- 궤도유지관리에 활용하여 유지보수성 증대

2) 종합시험운행 공정관리

가) 목적

- 종합시험운행은 3핵심 연구기관에서 주관하여 수행하나, 실질적으로 사업단주관하에 2핵심과 3핵심의 협조로 월간 단위로 계획 대비 실적 공정율, 주요 추진 공정, 지연공정&만회대책 및 필요시 계획공정 변경 검토 등의 공정관리 업무 수행

나) 2012년 10월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분			가중치	계 획			실 적			진도율(%)	비 고
				전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계		
시설물	선로구조물		10	0	0	0	0	0	0	-	
	전력/전차선		10	0	0.05	0.05	0	0.05	0.05	100	
	열차제어	지상	10	0	0.18	0.18	0	0	0	0	
		차상	10	0.30	1.55	1.85	0.30	0.82	1.12	60.5	
	통신		10	0	2.50	2.50	0	1.80	1.80	72.0	

	검수/기계	10	0.65	2.05	2.70	0.65	1.35	2.00	73.9	
차량과 연계성		15	0	0.21	0.21	0	0.21	0.21	100	
차량		25	3.00	4.00	7.00	2.00	3.30	5.30	75.7	
합계		100	3.95	10.54	14.49	2.95	7.53	10.48	72.3	

※ 상세사항은 Rev.A 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종 (계획/실적)	비 고
시설물	선로구조물		-	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험 - 속도코드확인시험	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝 - 속도검출장치 튜닝 - 신호보안장치시험	
	통신		- 교환설비 기능시험 - 광전송장치 기능시험 - 정보통신망설비 기능시험	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량 하부 기취장치, 스팅거장치) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험))	
차량과 연계성			- 속도증속에 따른 시설물 검증(30km/h이하)	
차량			- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험 - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험 - 1편성 추진제어, 부상제어, 역행, 신호보안, 제동, 집전 시험 - 1편성 완성차 잔여시험	

□ 주요 지연 공종(만회대책)

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 자동열차제어장치 기능시험(본선) - 자동열차제어장치 기능시험(차량기지) - 속도코드확인시험(차량기지)		- 2편성 신호장치 및 추진장치 소손(10월 18일 발생)으로 차량운행 및 시험 지연

- 10% - 15% - 10%	- 0% - 0% - 0%	- 2편성 신호장치 및 추진상치 소손 원인 조사 및 조치완료 후 시험진행 예정 - 2편성 조치상태에 따라 관련 일정 재조정 필요

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 ATP/TD 튜닝 - 1편성 속도검출장치 튜닝 - 2편성 ATP/TD 튜닝 - 2편성 속도검출장치 튜닝		- 2편성 신호장치 및 추진장치 소손(10월 18일 발생)으로 차량운행 및 시험 지연 - 2편성 튜닝 후 1편성에 이식 계획이므로 1편성 튜닝 지연도 2편성에 연계됨
- 40% - 15% - 100% - 100%	- 30% - 0% - 40% - 0%	- 2편성 신호장치 및 추진상치 소손 원인 조사 및 조치완료 후 시험진행 예정 - 2편성 조치상태에 따라 관련 일정 재조정 필요

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 광전송설비 기능시험		- 이중화부 절체시험 미비
- 100%	- 80%	- 제작사(알카텔-루슨트)에서 시험 진행 중
- 교환설비 기능시험		- 시험준비사항이 많아 엔지니어 수배 지연
- 50%	- 0%	- 11월 12일~14일 중 완료 예정

○ 검수/기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 대차모듈 착탈장치		- 시험은 완료하였으며, 서류보완 작업 중
- 82%	- 61%	- 당초 예정공정(11월 10일) 이내 완료 예정
- 차체자동세척기 및 차량하부기취장치		- 차량하부기취장치 : 시험은 완료하였으며, 서류보완 작업 중 - 차체자동세척기 : 시운전 점검중
- 76%	- 56%	- 당초 예정공정(11월 10일) 이내 완료 예정
- 스팅거장치		- 예정된 일정(11월 25일) 이내 완료 가능
- 63%	- 58%	- 당초 예정공정(11월 25일) 이내 완료 예정
<PSD 시험> - 수동비상개폐시험 - 도어끼임시험 - 이상감지시험		- 예정된 일정(11월 10일) 이내 완료 가능

- 개별제어반시험		
- 81% - 81% - 81% - 76%	- 56% - 56% - 56% - 56%	- 당초 예정공정(11월 10일) 이내 완료 예정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 추진제어, 부상제어, 역행, 신호보안, 제동,집전 - 1편성 완성차 잔여시험		- 1호편성 완성차 시험 지연 - 궤도 점검 인터페이스 시험 및 측정 진행
- 100% - 100%	- 70% - 20%	- 급전계획을 오후 18시에서 21시까지 연장하여 지연 공정 만회 예정(10월 16일부터 시행중)

다) 2012년 11월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분			가중치	계 획			실 적			진도율 (%)	비 고
				전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계		
시설물	선로구조물		10	0	2.00	2.00	0	1.40	1.40	70.0	
	전력/전차선		10	0.05	0.86	0.91	0.05	0.86	0.91	100	
	열차제어	지상	10	0.18	1.15	1.33	0	0.20	0.20	15.1	
		차상	10	1.85	4.28	6.13	1.12	0.66	1.78	29.1	
	통신		10	2.50	1.74	4.24	1.80	2.44	4.24	100	
	검수/기계		10	2.70	0.80	3.50	2.00	1.50	3.50	100	
차량과 연계성			15	0.21	2.19	2.40	0.21	1.79	2.00	83.3	
차량			25	7.00	2.83	9.83	5.30	1.05	6.35	64.6	
합계			100	14.49	15.84	30.33	10.48	9.90	20.38	67.2	

※ 상세사항은 Rev.A 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분		주 요 공 종 (계획/실적)	비 고
시	선로구조물	- 건축한계측정	
	전력/전차선	- 원제 DS 투개방시험	

설물			- SCADA 실증시험	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험 - 연동장치 기능시험 - 속도코드확인시험	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝 - 속도검출장치 튜닝 - ATO Local 장치 튜닝 - 신호보안장치시험 - 지상설비 연계동작시험	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험 - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료)	
차량과 연계성			- 속도증속 및 시설물 사전점검	
차량			- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 역행, 신호보안, 제동, 집전 시험 - 1편성 완성차 잔여시험 - 1편성 예비주행시험 - 2편성 완성차시험 - 3편성 완성차시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 선로구조물 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 건축한계측정시험		- 승강장구조물과 차량유동한계의 간섭 발생으로 일부 공정 지연
- 100%	- 70%	- 상기 간섭 사항 조치 후 10일 이내 완료

		예정

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 자동열차제어장치 기능시험(본선) - 연동장치 기능시험(본선) - 속도코드확인시험(본선) - 자동열차제어장치 기능시험(차량기지) - 속도코드확인시험(차량기지)		- 2편성 신호장치 및 추진장치 소손(10월 18일 발생)으로 차량운행 및 시험 지연되었으며, 11월 2일 복구되어 시험 재개함 - 2편성 지락사고로 휴즈 단선(11월 19일)으로 차량운행 및 시험 지연되었으며, 11월 20일 복구되어 운행은 재개하였으나 차량 만차 시험으로 열차제어시험 재개 못함(11월 29일 성과발표 행사 준비로 12월 초 시험 투입 예정)
- 70% - 80% - 40% - 45% - 30%	- 30% - 0% - 0% - 10% - 0%	- 차량 2개편성을 동시에 투입하여 지상설비 및 차상설비 시험을 동시에 진행 - 현재 실질적으로 09:00 ~ 18:00에 수행되고 있는 시험시간을 09:00 ~ 21:00까지 연장하여 시험 진행. 필요시 21:00 이후 시험 진행(관련기관 별도 통보) - 필요시 주말 작업(관련기관 별도 통보)을 병행하여 시험 진행

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 ATP/TD 튜닝 - 1편성 속도검출장치 튜닝 - 1편성 ATO Local 장치튜닝 - 1편성 신호보안장치시험 - 1편성 지상설비연계동작시험		- 2편성 신호장치 및 추진장치 소손(10월 18일 발생)으로 차량운행 및 시험 지연되었으며, 11월 2일 복구되어 시험 재개함 - 2편성 지락사고로 휴즈 단선(11월

<table>
<tr><td colspan="2">- 2편성 ATP/TD 튜닝
- 2편성 속도검출장치 튜닝
- 2편성 ATO Local 장치튜닝
- 2편성 신호보안장치시험
- 2편성 지상설비연계동작시험
- 3편성 ATP/TD 튜닝
- 3편성 속도검출장치 튜닝
- 3편성 ATO Local 장치튜닝</td><td>19일)으로 차량운행 및 시험 지연되었으며, 11월 20일 복구되어 운행은 재개하였으나 차량 만차 시험으로 열차제어시험 재개 못함(11월 29일 성과발표 행사 준비로 12월 초 시험 투입 예정)
- 2편성 튜닝 후 1편성 및 3편성에 이식 계획이므로 1편성 및 3편성 시험 지연도 2편성에 연계됨</td></tr>
<tr><td>- 100%
- 100%
- 100%
- 100%
- 80%
- 100%
- 100%
- 50%
- 50%
- 50%
- 45%
- 45%
- 45%</td><td>- 50%
- 0%
- 0%
- 98%
- 0%
- 80%
- 20%
- 0%
- 0%
- 0%
- 0%
- 0%
- 0%</td><td>- 차량 2개편성을 동시에 투입하여 지상설비 및 차상설비 시험을 동시에 진행
- 현재 실질적으로 09:00 ~ 18:00에 수행되고 있는 시험시간을 09:00 ~ 21:00까지 연장하여 시험 진행. 필요시 21:00 이후 시험 진행(관련기관 별도 통보)
- 필요시 주말 작업(관련기관 별도 통보)을 병행하여 시험 진행</td></tr>
</table>

※ 관련 분야 협조 필요 사항

- 차량분야 : 차량 2개편성 동시 투입 지원
- 운전 및 관제분야 : 야간 및 주말(필요시) 시험을 수행할 수 있도록 운전 및 관제 인원 지원
- 전력분야 : 야간 및 주말(필요시) 시험 수행할 수 있도록 시험일정에 따라서 전차선 가압

※ 만회공정계획 : Rev.B 공정표 참조

○ 차량과 연계성 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획

- 속도증속 및 시설물 사전점검		- 105~106정거장 하선에서 93km/h까지 증속하였으나, - 100km/h이상의 속도 시험을 위해서는 105 정거장을 90km/h 이상으로 통과하여야 하므로 승강장 구조물과 차량유동한계의 간섭에 대한 검토/분석 및 필요시 조치 후 시행 필요
- 80%	- 67%	- 승강장 구조물과 차량유동한계의 간섭 조치 후 속개 예정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 추진제어, 부상제어, 역행, 신호보안, 제동,집전 - 1편성 완성차 잔여시험		- 궤도 점검 인터페이스 시험 및 측정 진행 - 차량 증속을 위한 궤도 점검/보수 작업 - 성과보고 및 시승행사를 위한 차량 점검(2개 편성)
- 100% - 100%	- 80% - 90%	- 급전시간 연장(평일 급전연장, 주말 급전실시)으로 성능시험 시간 추가 확보
- 1편성 예비주행시험		- 완성차시험 지연에 따른 순연
- 66%	- 0%	- 완성차시험 완료 후 시행 예정
- 2편성 완성차 시험		- 1편성 형식시험 이후 전수시험 시행(순연)
- 100%	- 0%	- 급전시간 연장(평일 급전연장, 주말 급전실시)으로 성능시험 시간 추가 확보
- 3편성 완성차 시험		- 1편성 형식시험 이후 전수시험 시행(순연)
- 51%	- 5%	- 급전시간 연장(평일 급전연장, 주말 급전실시)으로 성능시험 시간 추가 확보 - 3편성 완성차 전수시험 우선 진행 검토

※ 관련 분야 협조 필요 사항

- 관제사/기관사/성능시험자 : 시험시간 연장에 따른 관련 기관 협조 필요

※ 만회공정계획 : Rev.B 공정표 참조

라) 2012년 12월 공정관리

구 분			가중치	계 획			실 적			계획대비 실적 (%)	비 고
				전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계		
시설물	선로구조물		10	1.40	0.60	2.00	1.40	0.18	1.58	79.0	
	전력/전차선		10	0.91	0.90	1.81	0.91	0.90	1.81	100	
	열차제어	지상	10	0.20	0.66	0.86	0.20	1.13	1.33	154.1	
		차상	10	1.78	1.62	3.40	1.78	1.00	2.78	81.6	
	통신		10	4.24	1.74	5.98	4.24	1.74	5.98	100	
	검수/기계		10	3.50	0	3.50	3.50	0	3.50	100	
차량과 연계성			15	2.40	0	2.40	2.00	0	2.00	83.3	
차량			25	6.35	1.30	7.65	6.35	0.98	7.33	95.8	
합계			100	20.78	6.82	27.60	20.38	5.92	26.30	95.3	

□ 공정 계획/실적

※ 상세사항은 Rev.B 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물		- 건축한계측정	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험 - SCADA 실증시험(완료)	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험 - 연동장치 기능시험(차량기지 완료)	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝 - 속도검출장치 튜닝 -- 신호보안장치시험(1편성 완료)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험 - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	

	검수/기계	- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료)	
차량과 연계성		- 속도증속 및 시설물 사전점검	
차량		- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험 - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험 - 소결패드개발 - 3편성 완성차시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 선로구조물 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 건축한계측정시험		- 승강장구조물과 차량유동한계의 간섭 발생으로 일부 공정 지연
- 100%	- 79%	- 상기 간섭 사항 조치 후 10일 이내 완료 예정

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 ATP/TD장치 튜닝 - 1편성 속도검출장치 튜닝 - 2편성 ATP/TD장치 튜닝 - 2편성 속도 검출장치 튜닝 - 3편성 ATP/TD장치 튜닝 - 4편성 ATP/TD장치 튜닝		- 열차제어(차상)분야의 일부 공정지연(계획대비실적 81.6%)이 있으나 - 열차제어(지상)의 공정율 154.1%를 감안한 전체 열차제어시스템의 공정율은 계획4.26(0.86+3.40) 대비 실적4.10(1.33+2.78)로 96.2%임
- 100% - 50% - 100%	- 80% - 30% - 95%	- 초과 공정(지상)과 지연공정(차상)의 균형을 이룰 수 있는 계획 관리를 통해 차상분야의 공정율 조기 만회 예정

- 100% - 100% - 100%	- 70% - 60% - 60%	

○ 차량과 연계성 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 속도증속 및 시설물 사전점검		- 105~106정거장 하선에서 93km/h까지 증속하였으나, - 100km/h이상의 속도 시험을 위해서는 105 정거장을 90km/h 이상으로 통과하여야 하므로 승강장 구조물과 차량유동한계의 간섭에 대한 검토/분석 및 필요시 조치 후 시행 필요
- 80%	- 67%	- 승강장 구조물과 차량유동한계의 간섭 조치 후 속개 예정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 역행, 제동 및 잔여시험 - 3편성 완성차시험		- 일부 지연
- 96% - 62%	- 92% - 31%	- 차량분야 전체 공정율 95.8%(계획 7.65 대비 실적 7.33)로 일부 공정 지연이 있으며, - 성능시험 준비를 더욱 철저히 하여 만회 예정

마) 2013년 1월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분		가중치	계 획			실 적			계획대비 실적 (%)	비 고
			전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계		
시설	선로구조물	10	2.00	8	10.00	1.58	2.42	4.00	40.0	

물	전력/전차선		10	1.81	5.89	7.70	1.81	0.64	2.45	31.8	
	열차제어	지상	10	0.86	1.69	2.55	1.33	2.48	3.81	149.7	(전체) 96.7%
		차상	10	3.40	3.70	7.10	2.78	2.73	5.51	77.6	
	통신		10	5.98	1.02	7.00	5.98	0.52	6.50	92.9	
	검수/기계		10	3.50	1.28	4.78	3.50	0.02	3.53	73.8	
차량과 연계성			15	2.40	2.50	4.90	2.00	1.00	3.00	61.2	
차량			25	7.65	2.55	10.20	7.33	1.54	8.87	87.0	
합계			100	27.60	26.62	54.22	26.30	11.36	37.66	69.5	

※ 상세사항은 Rev.B 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물		- 궤도검측 시험(시설물검증시험 용역) - 교량검측 시험(시설물검증시험 용역) - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험(차량기지 완료) - 제3궤조/집전판 습동 모니터링 시험(시설물검증시험 용역) - 아아크 측정시험(시설물검증시험 용역) - 동적특성 점검시험(시설물검증시험 용역) - SCADA 실증시험(완료) - 전력품질시험(시설물검증시험 용역) - 연장급전시험(시설물검증시험 용역) - 타설비 인터페이스 시험	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험(차량기지 완료) - 연동장치 기능시험(완료) - 속도코드확인시험(완료) - 자동진로시험 - ATO Local 장치시험 - ATO 데이터 장치시험	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(1, 2편성 완료) - 속도검출장치 튜닝 - ATO local 장치튜닝	

			-- 신호보안장치시험(1편성 완료) - 지상설비 연계동작시험	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험 - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료) - 안전진단장치시험 - 검수정보시스템 - 시험기(갭센서 시험기, 충방전 시험기, 제동 시험기, ATP/ATO 시험기, VVVF 인버터 시험기, SIV 시험기, TCMS 시험기, TCMS 지상기기)	
	차량과 연계성		- 차량과 가이드웨이간의 공진 확인 시험(시설물검증시험 용역) - 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험(시설물검증시험 용역) - 가이드웨이 처짐한계 검증시험(시설물검증시험 용역) - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
	차량		- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험 - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험 - 소결패드개발 - 2편성 완성차시험 - 3편성 완성차시험	

□주요 지연공종 및 만회대책

※ 시설물검증시험 용역 항목은 계약체결지연으로('13.1.21일 계약체결) 전체적인 시험이 지연되고 있으며 각 항목별 기재치 않음('13.2.1일부터 계획공정 Rev.C로 조정 예정)

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 속도검출장치 튜닝 - 1편성 ATO Local 장치시험 - 1편성 지상설비 연계동작시험 - 2편성 속도 검출장치 튜닝 - 2편성 ATO Local 장치 튜닝 - 3편성 ATP/TD장치 튜닝 - 3편성 속도검출장치 시험 - 3편성 ATO Local 장치 튜닝 - 3편성 신호보안장치 시험 - 4편성 ATP/TD장치 튜닝 - 4편성 속도검출장치 시험 - 4편성 신호보안장치 시험		- 열차제어(차상)분야의 전체 공정율(계획대비실적) 77.6%임
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 92% - 65% - 20% - 99% - 75% - 95% - 85% - 70% - 80% - 95% - 85% - 30%	- 초과 공정(지상)과 지연공정(차상)의 균형을 이룰 수 있는 계획 관리를 통해 차상분야의 공정율 조기 만회 예정 - 1월 26일부터 토요일 시험 시행으로 공정 만회 중

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 양방향 무선데이터설비 기능시험		- 지상무선송수신기 부품 교체로 지연
- 50%	- 25%	- 2월 초순 시험 실시로 만회 가능

○ 검수/기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 안전진단장치 - 검수정보시스템 - 갭센서시험기 및 충방전시험기 - 제동시험기 - ATP/ATO시험기 - VVVF인버터시험기 - SIV시험기 - TCMS시험기 - TCMS지상기기		- 일부 항목이 완성차 시험과 연계된 사항임
- 24% - 24% - 33% - 29% - 29% - 29% - 29% - 29% - 29%	- 0% - 0% - 5% - 0% - 0% - 0% - 0% - 0% - 0%	- 효율적인 시험 진행을 위해 1편성 완성차 시험 완료 후 시행 예정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 추진/부상/집전/신호보안/지상연계 - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험 - 2편성 완성차시험 - 3편성 완성차시험		- 일부 지연

- 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험		
- 100% - 100% - 64% - 100% - 33% - 43%	- 90% - 98% - 18% - 68% - 10% - 43%	- 차량분야 전체 공정율 87.0%로 일부 공정 지연이 있으며, - 성능시험 준비를 더욱 철저히 하여 만회 예정 - 1월 22일부터 주3회 야간시험 및 토요일 시험 진행으로 공정 만회 예정

바) 2013년 2월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분		가중치	계 획			실 적			계획대비실적(%)	분야별진도율(%)	비 고
			전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계			
시설물	선로구조물	10	4.00	3.30	7.30	4.00	2.70	6.70	91.8	67.0	
	전력/전차선	10	2.45	0.86	3.31	2.45	3.35	5.80	175.2	58.0	
	열차제어 지상	10	3.81	0.86	4.67	3.81	0.76	4.57	97.9	45.7	
	열차제어 차상	10	5.51	1.42	6.93	5.51	0.74	6.25	90.2	62.5	
	통신	10	7.00	0.50	7.50	6.50	1.00	7.50	100.0	75.0	
	검수/기계	10	3.50	0.00	3.50	3.50	0.00	3.50	100.0	35.0	
차량과 연계성		15	3.00	3.00	6.00	3.00	3.00	6.00	100.0	40.0	
차량		25	8.77	1.61	10.38	8.77	1.57	10.34	99.6	41.4	
합계		100	38.04	11.54	49.58	37.54	13.11	50.65	102.2	50.7	

※ 상세사항은 Rev.C 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물		- 궤도검측시험 - 교량검측 시험 - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험(차량기지 완료) - SCADA 실증시험(완료) - 전력품질시험 - 타설비 인터페이스 시험	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험(완료) - 연동장치 기능시험(완료) - 속도코드확인시험(완료)	

			- ATO Local 장치시험 - ATO 데이터 장치시험 - 자동진로시험	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(1, 2, 3편성 완료) - 속도검출장치 튜닝 - ATO local 장치튜닝 -- 신호보안장치시험(1편성 완료) - 지상설비 연계동작시험(완성차)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험 - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 여객안내설비 기능시험 - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료)	
차량과 연계성			- 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험 - 곡선구간 제한속도 시험 - 가이드웨이 처짐한계시험 - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
차량			- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험(차량시험 완료) - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험(역행/제동 완료, 잔여시험은 본선시험시 완료가능) - 1편성 예비주행시험 - 2편성 완성차시험 - 3편성 완성차시험	

	- 4 성 완성차시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 선로구조물 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 궤도검측시험		- 일부 지연
- 50%	- 20%	- 3월 이내에 만회 예정

○ 전력/전차선 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 전력품질시험(본선) - 전력품질시험(차량기지)		- 일부 지연
- 32% - 32%	- 16% - 19%	- 전력분야 전체 계획대비실적 공정 175.2%

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- ATO Local 장치시험		- 일부 지연
- 100%	- 90%	- 지상설비 전체 계획대비실적 공정 97.9%

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 속도검출장치 튜닝 - 1편성 ATO Local 장치시험 - 1편성 지상설비 연계동작시험 - 2편성 속도검출장치 튜닝 - 2편성 ATO Local 장치 튜닝 - 3편성 속도검출장치 튜닝 - 3편성 ATO Local 장치 튜닝 - 3편성 신호보안장치시험 - 4편성 ATP/TD 장치 튜닝 - 4편성 속도검출장치 튜닝		- ATO local 장치 Noise 문제로 인해 전반적인 지연 발생

- 4편성 ATO Local 장치 튜닝		
- 100%	- 98%	
- 100%	- 65%	
- 80%	- 75%	
- 100%	- 99%	
- 88%	- 75%	- 차상설비 전체 계획대비실적 공정
- 100%	- 94%	90.2%임
- 88%	- 70%	- ATO local Noise 문제 해결에 집중
- 100%	- 98%	
- 100%	- 97%	
- 97%	- 95%	
- 74%	- 0%	

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 예비주행 시험 - 3편성 완성차시험		- 예비주행시험 일부 진연 - 차량분야 완성차시험 완료 - 신호보안장치 및 지상설비연계동작시험 지연
-20%	- 1%	- 차량분야 전체 계획대비실적 공정율
- 100%	- 89%	99.6%

사) 2013년 3월 공정관리

□공정 계획/실적

구 분		가중치	계 획			실 적			계획대비실적 (%)	분야별 진도율 (%)	비 고
			전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계			
시설물	선로구조물	10	7.30	2.70	10.00	6.70	0.75	7.45	74.5	74.5	
	전력/전차선	10	3.31	4.14	7.45	5.80	1.32	7.12	95.6	71.2	
	열차제어 지상	10	4.67	1.52	6.19	4.57	1.11	5.68	91.8	56.8	
	열차제어 차상	10	6.93	1.23	8.16	6.25	0.85	7.10	87.0	71.0	
	통신	10	7.50	0.98	8.48	7.50	0.48	7.98	94.1	79.8	
	검수/기계	10	3.50	1.62	5.12	3.50	1.09	4.59	89.6	45.9	
차량과 연계성		15	6.00	2.50	8.50	6.00	2.90	8.90	104.7	59.3	
차량		25	10.38	2.24	12.62	10.34	0.37	10.71	84.9	42.8	
합계		100	49.58	16.93	66.51	50.65	8.87	59.52	89.5	59.5	

※ 상세사항은 Rev.C 공정표 참조

□주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물		- 궤도검측시험 - 교량검측 시험 - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험(완료) - 제3궤조/집전판 습동 모니터링시험완료) - 아아크(ARC)측정 시험완료) - 동적특성검증시험 - SCADA 실증시험(완료) - 전력품질시험 - 타설비 인터페이스 시험	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험(완료) - 연동장치 기능시험(완료) - 관절형분기기 종합성능시험(완료) - ATS 인터페이스 시험 - 속도코드확인시험(완료) - ATO Local 장치시험 - ATO 데이터 장치시험 - 자동진로시험 - 역운행 시험 - 열차제어시험 - 타설비 I/F 시험	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(1, 2, 3편성 완료) - 속도검출장치 튜닝 - ATO local 장치튜닝 -- 신호보안장치시험(1편성 완료) - 지상설비 연계동작시험(완성차) - 지상설비 연계동작시험(본선)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험 - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 여객안내설비 기능시험	

		- 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계	- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) - 검수설비 시험(안전진단장치, 검수정보시스템) - 시험기 시험(갭센서시험기, 제동시험기, SIV시험기, TCMS시험기, TCMS지상기기) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료) - PSD 시험(차량연동시험, 신호ATO연동시험)	
	차량과 연계성	- 차량과 가이드웨이간의 공진확인 시험(완료) - 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험(완료) - 비상 낙하시 가이드웨이 안전성 검증 시험 - 곡선구간 제한속도 시험 - 열차교행시 안전성 검증시험(완료) - 가이드웨이 처짐한계시험 - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
	차량	- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험(차량시험 완료) - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험(역행/제동 완료, 잔여시험은 본선시험시 완료가능) - 1편성 예비주행시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 선로구조물 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 궤도검측시험 - 교량검측시험		- 일부 지연(시험 차량 배정 후순위로 일부 공정 지연)
- 100% - 100%	- 40% - 75%	- 시험 차량을 4월 1일~3일 집중 배정하여 만회 예정

○ 전력/전차선 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 동적특성점검 시험 - 전력품질시험(본선) - 전력품질시험(차량기지)		- 일부 지연(전력분야 전체 계획대비실적 95.6%)
- 100% - 64% - 64%	- 90% - 24% - 23%	- 시험 차량 배정하여 4월내 만회 예정

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- ATO Local 장치시험 - 역운행시험 - 열차제어시험 - ATO data 장치시험(기지)		- 일부 지연(지상설비 전체 계획대비실적 공정 91.8%)
- 100% - 24% - 24% - 100%	- 90% - 0% - 0% - 90%	- ATO local Noise 문제 해결에 집중하여 지연 공정 만회 예정

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 속도검출장치 튜닝		- ATO local 장치 Noise 문제로 인해

<table>
<tr><td colspan="2">- 1편성 ATO Local 장치시험
- 1편성 지상설비
연계동작시험(완성차)
- 1편성 지상설비
연계동작시험(본선)
- 2편성 속도검출장치 튜닝
- 2편성 ATO Local 장치 튜닝
- 2편성 신호보안장치시험
- 2편성 지상설비
연계동작시험(완성차)
- 3편성 속도검출장치 튜닝
- 3편성 ATO Local 장치 튜닝
- 3편성 신호보안장치시험
- 3편성 지상설비
연계동작시험(완성차)
- 4편성 ATP/TD 장치 튜닝
- 4편성 속도검출장치 튜닝
- 4편성 ATO Local 장치 튜닝
- 4편성 신호보안장치시험
- 4편성 지상설비
연계동작시험(완성차)</td><td>전반적인 지연 발생
- 차상설비 전체 계획대비실적 공정 87.0%임</td></tr>
<tr><td>- 100%
- 100%
- 100%
- 8%
- 100%
- 100%
- 100%
- 60%
- 100%
- 100%
- 100%</td><td>- 98%
- 65%
- 90%
- 0%
- 99%
- 80%
- 95%
- 30%
- 97%
- 80%
- 99%</td><td>- 3편성 위주로 튜닝 작업을 4월 6일까지 완료하고
- 2, 3, 4편성 완성차 시험을 4월 19일까지 완료 예정</td></tr>
</table>

- 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 55% - 98% - 95% - 30% - 95% - 65%	

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 양방향무선데이터설비 기능시험		- 일부지연(본선 궤도에서 무선 감도 음영지역 최적화 지연)
- 75%	- 50%	- 4월 10일내 만회 예정

○ 검수기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 안전진단장치 - 검수정보시스템 - 갭센서 시험기 - 제동시험기 - VVVF 인버터시험기 - SIV 시험기 - TCMS 시험기 - TCMS 지상기기 - PSD 차량연동시험 - 신호ATO연동시험		- 차량 연계시험 전반적으로 지연(검수기계분야 전체 계획대비실적 공정율 89.6%)
- 30% - 30% - 36% - 48% - 36%	- 20% - 25% - 30% - 16% - 24%	- 차량과 연계된 사항으로 차량분야와 긴밀히 협조하여 지연공정 만회 예정

- 36% - 36% - 15%	- 12% - 24% - 10%	

○ 차량과 연계성 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 비상낙하시 가이드웨이 안전성검증 시험 - 곡선구간 제한속도 적합성 시험		- 일부 항목 지연(차량과 연계성분야 전체 계획대비실적 104.7%)
-50% - 100%	- 0% - 90%	- 비상낙하시험은 차량의 본선시운전 시험과 같이 실시할 수 있도록 일정 조정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 예비주행 시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험		- 예비주행시험 지연 - 완성차 시험 지연 . 차량분야 완성차시험은 완료 . 신호보안장치 및 지상설비연계동작시험이 지연 - 본선시운전 지연(예비주행시험 지연에 따라 순연)
-60% - 8% - 100% - 100% - 30% - 100%	- 15% - 0% - 89% - 89% - 0% - 89%	- 차량분야 전체 계획대비실적 공정율 84.9% - ATO Local Noise 문제 해결과 연계하여 예비주행시험 실시하며, 본선시운전 자체시험을 병행 실시

아) 2013년 4월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분			가중치	계 획			실 적			계획대비실적(%)	분야별진도율(%)	비 고
				전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계			
시설물	선로구조물		10	10.00	0.00	10.00	7.45	1.80	9.25	92.5	92.5	
	전력/전차선		10	7.45	2.01	9.46	7.12	0.51	7.63	80.7	76.3	
	열차제어	지상	10	6.19	0.90	7.10	5.68	0.60	6.28	88.4	62.8	
		차상	10	8.16	0.60	8.76	7.10	0.77	7.87	89.8	78.7	
	통신		10	8.48	1.52	10.00	7.98	1.02	9.00	90.0	90.0	
	검수/기계		10	5.12	2.65	7.77	4.59	1.97	6.56	84.4	65.6	
차량과 연계성			15	8.50	6.50	15.00	8.90	0.00	8.90	59.3	59.3	
차량			25	12.62	3.92	16.54	10.71	0.10	10.81	65.4	43.2	
합계			100	66.51	18.12	84.63	59.52	6.77	66.29	78.3	66.3	

※ 상세사항은 Rev.C 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물		- 궤도검측시험 - 교량검측 시험(완료) - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험(완료) - 제3궤조/집전판 습동 모니터링시험완료) - 아아크(ARC)측정 시험완료) - 동적특성검증시험 - SCADA 실증시험(완료) - 전력품질시험 - 연장급전시험 - 타설비 인터페이스 시험	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험(완료) - 연동장치 기능시험(완료) - 관절형분기기 종합성능시험(완료) - ATS 인터페이스 시험 - 속도코드확인시험(완료) - ATO Local 장치시험 - ATO 데이터 장치시험(차량기지 완료)	

			- 자동진로시험 - 역운행 시험 - 열차제어시험 - 타설비 I/F 시험(완료)	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(완료) - 속도검출장치 튜닝(완료) - ATO local 장치튜닝 -- 신호보안장치시험(1, 3편성 완료) - 지상설비 연계동작시험(완성차) - 지상설비 연계동작시험(본선)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험(완료) - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 여객안내설비 기능시험(완료) - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) - 검수설비 시험(안전진단장치, 검수정보시스템) - 시험기 시험(갭센서시험기, 제동시험기, ATP/ATO 시험기, SIV시험기, TCMS시험기, TCMS지상기기) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료) - PSD 시험(차량연동시험, 신호ATO연동시험)	
차량과 연계성			- 차량과 가이드웨이간의 공진확인 시험(완료) - 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험(완료) - 비상 낙하시 가이드웨이 안전성 검증 시험 - 곡선구간 제한속도 시험 - 열차교행시 안전성 검증시험(완료) - 가이드웨이 처짐한계시험	

	- 비행검사 및 전기장 세기 측정시험 - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
차량	- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험(차량시험 완료) - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험(역행/제동 완료, 잔여시험은 본선시험시 완료가능) - 1편성 예비주행시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 선로구조물 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 궤도검측시험		- 일부 지연(선로구조물분야 전체 계획대비실적 92.5%)
- 100%	- 75%	- 5월 내 완료 예정

○ 전력/전차선 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 동적특성점검 시험 - 전력품질시험(본선) - 전력품질시험(차량기지) - 연장급전시험(본선)		- 일부 지연(전력분야 전체 계획대비실적 80.7%)

- 연장급전시험(차량기지)		
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 90% - 24% - 31% - 10% - 0%	- 시험 조건 만족 등 시설물 검증시험 항목에 대한 전반적인 일정 조정 필요(전체시험 일정에 지장을 초래하지는 않는 범위내 조정)

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- ATO Local 장치시험 - 역운행시험 - 열차제어시험		- 일부 지연(지상설비 전체 계획대비실적 공정 88.4%)
- 100% - 48% - 48%	- 90% - 0% - 0%	- ATO local Noise 문제 해결에 집중하여 지연 공정 만회 예정

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 ATO Local 장치시험 - 1편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 1편성 지상설비 연계동작시험(본선) - 2편성 ATO Local 장치 튜닝 - 2편성 신호보안장치시험 - 2편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 3편성 ATO Local 장치 튜닝 - 3편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 4편성 ATO Local 장치 튜닝 - 4편성 신호보안장치시험		- ATO local 장치 Noise 문제로 인해 전반적인 지연 발생 - 차상설비 전체 계획대비실적 공정 89.8%임

- 4편성 지상설비 연계동작시험(완성차)		
- 100% - 100% - 56% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 95% - 90% - 0% - 95% - 98% - 70% - 95% - 85% - 95% - 99% - 85%	- 1, 2, 3, 4편성 완성차 시험을 5월 30일까지 완료 예정

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 양방향무선데이터설비 기능시험		- 일부지연(본선 궤도에서 무선 감도 음영지역 최적화 지연)
- 100%	- 50%	- 신호AP(5.4GHz) 와 양방향AP(18GHz) 1구간 간섭 발생 - 5월 15일내 만회 예정

○ 검수기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 안전진단장치 - 검수정보시스템 - 갭센서 시험기 - 제동시험기 - ATP/ATO 시험기 - VVVF 인버터시험기 - SIV 시험기 - TCMS 시험기		- 차량 연계시험 전반적으로 지연(검수기계분야 전체 계획대비실적 공정율 84.4%)

- TCMS 지상기기		
- 64% - 64% - 72% - 100% - 48% - 78% - 78% - 78% - 48%	- 48% - 43% - 60% - 59% - 40% - 59% - 12% - 52% - 32%	- 차량과 연계된 사항으로 차량분야와 긴밀히 협조하여 지연공정 만회 예정

○ 차량과 연계성 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 비상낙하시 가이드웨이 안전성검증 시험 - 곡선구간 제한속도 적합성 시험 - 가이드웨이 처짐한계 검증시험 - 비행검사 및 전기장세기 측정시험		- 일부 항목 지연(차량과 연계성분야 전체 계획대비실적 59.3%)
-100% - 100% - 100% - 100%	- 0% - 90% - 50% - 0%	- 비상낙하시험은 차량의 본선시운전 시험과 같이 실시할 수 있도록 일정 조정 - 그 외 시설물 검증시험 항목은 시험 조건 만족 등 전반적인 일정 조정 필요(전체시험 일정에 지장을 초래하지는 않는 범위내 조정)

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 예비주행 시험 - 1편성 본선시운전		- 예비주행시험 지연 - 완성차 시험 지연

- 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험		. 차량분야 완성차시험은 완료 . 신호보안장치 및 지상설비연계동작시험이 지연 - 본선시운전 지연(예비주행시험 지연에 따라 순연)
-60% - 56% - 100% - 30% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 15% - 0% - 89% - 0% - 99% - 0% - 89% - 0%	- 차량분야 전체 계획대비실적 공정율 65.4% - ATO Local Noise 문제 해결과 연계하여 예비주행시험 실시하며, 본선시운전 자체시험을 병행 실시

자) 2013년 5월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분			가중치	계 획			실 적			계획대비실적(%)	분야별진도율(%)	비 고
				전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계			
시설물	선로구조물		10	10.00	0.00	10.00	9.25	0.00	9.25	92.5	92.5	
	전력/전차선		10	9.46	0.54	10.00	7.63	0.54	8.17	81.7	81.7	
	열차제어	지상	10	7.10	0.66	7.76	6.28	0.58	6.86	88.4	68.6	
		차상	10	8.76	0.58	9.34	7.87	0.14	8.01	85.8	80.1	
	통신		10	10.00	0.00	10.00	9.00	0.00	9.00	90.0	90.0	
	검수/기계		10	7.77	2.23	10.00	6.56	0.32	6.88	68.8	68.8	
차량과 연계성			15	15.00	0.00	15.00	8.90	2.00	10.90	72.7	72.7	
차량			25	16.54	3.86	20.40	10.81	0.05	10.86	53.2	43.4	
합계			100	84.63	7.87	92.50	66.29	3.64	69.93	75.6	69.9	

※ 상세사항은 Rev.C 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분			주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물		- 궤도검측시험 - 교량검측 시험(완료) - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선		- 원제 DS 투개방시험(완료) - 제3궤조/집전판 습동 모니터링시험(완료) - 아아크(ARC)측정 시험(완료) - 동적특성검증시험 - SCADA 실증시험(완료) - 전력품질시험 - 연장급전시험 - 타설비 인터페이스 시험(완료)	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험(완료) - 연동장치 기능시험(완료) - 관절형분기기 종합성능시험(완료) - ATS 인터페이스 시험	

			- 속도코드확인시험(완료) - ATO Local 장치시험 - ATO 데이터 장치시험(차량기지 완료) - 자동진로시험 - 역운행 시험 - 열차제어시험 - 타설비 I/F 시험(완료)	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(완료) - 속도검출장치 튜닝(완료) - ATO local 장치튜닝(완료) -- 신호보안장치시험(1, 3편성 완료) - 지상설비 연계동작시험(완성차) - 지상설비 연계동작시험(본선)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험(완료) - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 여객안내설비 기능시험(완료) - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) - 검수설비 시험(안전진단장치, 검수정보시스템) - 시험기 시험(갭센서시험기, 제동시험기, ATP/ATO 시험기, SIV시험기, TCMS시험기, TCMS지상기기) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료) - PSD 시험(차량연동시험, 신호ATO연동시험)	
차량과 연계성			- 차량과 가이드웨이간의 공진확인 시험(완료)	

	- 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험(완료) - 비상 낙하시 가이드웨이 안전성 검증 시험(완료) - 곡선구간 제한속도 시험 - 열차교행시 안전성 검증시험(완료) - 가이드웨이 처짐한계시험 - 비행검사 및 전기장 세기 측정시험 - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
차량	- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험(차량시험 완료) - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험(역행/제동 완료, 잔여시험은 본선시험시 완료가능) - 1편성 예비주행시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 3편성 본선시운전 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험 - 4편성 본선시운전	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 선로구조물 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 궤도검측시험		- 일부 지연(선로구조물분야 전체 계획대비실적 92.5%)

- 100%	- 75%	- 시험 조건 만족 등 시설물 검증시험 항목에 대한 전반적인 일정 조정 필요(전체시험 일정에 지장을 초래하지는 않는 범위내 조정)

○ 전력/전차선 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 동적특성점검 시험 - 전력품질시험(본선) - 전력품질시험(차량기지) - 연장급전시험(본선) - 연장급전시험(차량기지)		- 일부 지연(전력분야 전체 계획대비실적 81.7%)
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 90% - 24% - 31% - 10% - 0%	- 시험 조건 만족 등 시설물 검증시험 항목에 대한 전반적인 일정 조정 필요(전체시험 일정에 지장을 초래하지는 않는 범위내 조정)

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- ATO Local 장치시험 - 자동진로시험 - 역운행시험 - 열차제어시험		- 일부 지연(지상설비 전체 계획대비실적 공정 88.4%)
- 100% - 82% - 72% - 72%	- 96% - 74% - 20% - 16%	- ATO local Noise 문제가 해결됨에 따라 지연 공정 만회 예정

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획

- 1편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 1편성 지상설비 연계동작시험(본선) - 2편성 신호보안장치시험 - 2편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 3편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 3편성 지상설비 연계동작시험(본선) - 4편성 신호보안장치시험 - 4편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 4편성 지상설비 연계동작시험(본선)		- ATO local 장치 Noise 문제로 인해 전반적인 지연 발생 - 차상설비 전체 계획대비실적 공정 85.8%임
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 51% - 100% - 100% - 20%	- 95% - 0% - 98% - 70% - 88% - 0% - 99% - 85% - 0%	- ATO local Noise 문제가 해결됨에 따라 지연 공정 만회 예정 - 1, 2, 3, 4편성 완성차 시험을 6월 10일까지 완료 예정

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 양방향무선데이터설비 기능시험		- 일부지연(본선 궤도에서 무선 감도 음영지역 최적화 지연)
- 100%	- 50%	- 신호AP(5.4GHz) 와 양방향AP(18GHz) 1구간 간섭 발생 - 6월 10일내 만회 예정

○ 검수기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 안전진단장치 - 검수정보시스템 - 갭센서 시험기 - 제동시험기 - ATP/ATO 시험기 - VVVF 인버터시험기 - SIV 시험기 - TCMS 시험기 - TCMS 지상기기 - PSD차량 연동시험 - 신호 ATO연동시험		- 차량 연계시험 전반적으로 지연(검수기계분야 전체 계획대비실적 공정율 68.8%)
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 53% - 58% - 65% - 64% - 45% - 64% - 17% - 57% - 37% - 54% - 54%	- 차량과 연계된 사항으로 차량분야와 긴밀히 협조하여 지연공정 만회 예정

○ 차량과 연계성 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 곡선구간 제한속도 적합성 시험 - 가이드웨이 처짐한계 검증시험 - 비행검사 및 전기장세기 측정시험		- 일부 항목 지연(차량과 연계성분야 전체 계획대비실적 72.7%)
- 100% - 100% - 100%	- 90% - 50% - 0%	- 시험 조건 만족 등 전반적인 일정 조정 필요(전체시험 일정에 지장을 초래하지는 않는 범위내 조정)

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 예비주행 시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 3편성 본선시운전 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험 - 4편성 본선시운전		- 예비주행시험 지연 - 완성차 시험 지연 . 차량분야 완성차시험은 완료 . 신호보안장치 및 지상설비연계동작시험이 지연 - 본선시운전 지연(예비주행시험 지연에 따라 순연)
-100% -100% -100% -100% -100% -100% -50% -100% -100% -20%	-56% -0% -89% -0% -99% -0% -0% -89% -0% -0%	-차량분야 전체 계획대비실적 공정율 53.2% -예비주행시험과, 본선시운전 자체시험을 병행 실시

□ 만회계획

○ 시험시간 증대

- 근무시간을 늘려 차량과 신호분야에서 공정 만회토록 기관간 협의를 거쳐 다음과 같이 근무시간을 조정키로 함

구분	종 전	조정후
근무일	평일 및 토요일	매일
근무시간	09 ~ 22시	08 ~ 22시 (일요일 : 18시까지)

○ 시승행사 자제

- 많은 준비와 시간을 소요하는 시승은 당분간 가급적 자제
- 부득이 시행할 경우도 시험 &시운전 중인 차량을 이용하여 시행

○ 향후 공정관리
- '13.6.1일부터 관리 가능한 공정으로 수정한 시운전 상세공정표(Rev. D)에 따라 공정관리

차) 2013년 6월 공정관리

□ 공정 계획/실적

구 분		가중치	계 획			실 적			계획대비실적(%)	분야별진도율(%)	비 고
			전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계			
시설물	선로구조물	10	9.25	0.00	9.25	9.25	0.00	9.25	100	92.5	
	전력/전차선	10	8.17	0.00	8.17	8.17	0.00	8.17	100	81.7	
	열차제어 지상	10	6.90	1.51	8.41	6.86	0.92	7.78	92.4	77.8	
	열차제어 차상	10	8.06	0.47	8.53	8.01	0.18	8.19	96.0	81.9	
	통신	10	9.00	1.00	10.00	9.00	0.40	9.40	94.0	94.0	
	검수/기계	10	6.88	2.20	9.08	6.88	0.00	6.88	75.8	68.8	
차량과 연계성		15	10.90	0.00	10.90	10.90	0.00	10.90	100	72.7	
차량		25	10.89	5.43	16.32	10.86	0.41	11.27	69.1	45.1	
합계		100	70.05	10.61	80.66	69.93	1.91	71.84	89.1	71.8	

※ 상세사항은 Rev.D 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분		주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물	- 궤도검측시험 - 교량검측 시험(완료) - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선	- 원제 DS 투개방시험(완료) - 제3궤조/집전판 습동 모니터링시험(완료) - 아아크(ARC)측정 시험(완료) - 동적특성검증시험 - SCADA 실증시험(완료) - 전력품질시험	

			- 연장급전시험 - 타설비 인터페이스 시험(완료)	
	열차제어	지상	- 자동열차제어장치 기능시험(완료) - 연동장치 기능시험(완료) - 관절형분기기 종합성능시험(완료) - ATS 인터페이스 시험 - 속도코드확인시험(완료) - ATO Local 장치시험(완료) - ATO 데이터 장치시험(차량기지 완료) - 자동진로시험 - 역운행 시험 - 열차제어시험 - 타설비 I/F 시험(완료)	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(완료) - 속도검출장치 튜닝(완료) - ATO local 장치튜닝(완료) -- 신호보안장치시험(1, 3편성 완료) - 지상설비 연계동작시험(완성차)1, 3편성 완료 - 지상설비 연계동작시험(본선)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험(완료) - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 여객안내설비 기능시험(완료) - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) - 검수설비 시험(안전진단장치, 검수정보시스템) - 시험기 시험(갭센서시험기, 제동시험기, ATP/ATO 시험기, SIV시험기, TCMS시험기, TCMS지상기기)	

		-- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료) - PSD 시험(차량연동시험, 신호ATO연동시험)	
차량과 연계성		- 차량과 가이드웨이간의 공진확인 시험(완료) - 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험(완료) - 비상 낙하시 가이드웨이 안전성 검증 시험(완료) - 곡선구간 제한속도 시험 - 열차교행시 안전성 검증시험(완료) - 가이드웨이 처짐한계시험 - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
차량		- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험(완료) - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험(역행/제동 완료, 잔여시험은 본선시험시 완료가능) - 1편성 예비주행시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- ATO data 장치시험 - 자동진로시험 - 역운행시험 - 열차제어시험		- 일부 지연(지상설비 전체 계획대비실적 공정 92.4%)

- 100% - 100% - 100% - 100%	- 97% - 80% - 68% - 64%	- 예비주행 차량과 별도의 시험차량 할당하여 만회 예정

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 지상설비 연계동작시험(본선) - 2편성 신호보안장치시험 - 2편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 4편성 신호보안장치시험 - 4편성 지상설비 연계동작시험(완성차)		- 일부지연(차상설비 전체 계획대비실적 공정 96.0%)
- 33% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 0% - 99% - 98% - 99% - 99%	- 예비주행 차량과 별도의 시험차량 할당하여 만회 예정

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 양방향무선데이터설비 기능시험		- 일부지연(본선 궤도에서 무선 감도 음영지역 최적화 지연)
- 100%	- 70%	- 신호AP(5.4GHz) 와 양방향AP(18GHz) 1구간 간섭 발생 - 7월 15일내 만회 예정

○ 검수기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 안전진단장치		- 차량 연계시험 전반적으로

- 검수정보시스템 - 갭센서 시험기 - 제동시험기 - ATP/ATO 시험기 - VVVF 인버터시험기 - SIV 시험기 - TCMS 시험기 - TCMS 지상기기		지연(검수기계분야 전체 계획대비실적 공정율 75.8%)
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 53% - 58% - 65% - 64% - 45% - 64% - 17% - 57% - 37%	- 차량과 연계된 사항으로 차량분야와 긴밀히 협조하여 지연공정 만회 예정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 예비주행 시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행 시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험		- 예비주행시험 지연 - 완성차 시험 지연 - 본선시운전 지연
- 100% - 33% - 100% - 100%	- 75% - 0% - 89% - 0%	- 차량분야 전체 계획대비실적 공정율 69.1% - 예비주행시험과 본선시운전 자체시험을 병행 실시

- 100% - 100% - 100% - 100%	- 99% - 0% - 89% - 0%	

카) 2013년 7월 공정관리

□ (7월 20일까지 공정) 공정 계획/실적

구 분		가중치	계 획			실 적			계획대비실적(%)	분야별진도율(%)	비 고
			전월까지	당월	누계	전월까지	당월	누계			
시설물	선로구조물	10	9.25	0.00	9.25	9.25	0.00	9.25	100	92.5	
	전력/전차선	10	8.17	0.25	8.42	8.17	0.25	8.42	100	84.2	
	열차제어 지상	10	8.41	0.58	8.99	7.78	0.25	8.03	89.3	80.3	
	열차제어 차상	10	8.53	0.49	9.02	8.19	0.00	8.19	90.8	81.9	
	통신	10	10.00	0.00	10.00	9.40	0.50	9.90	99.0	99.0	
	검수/기계	10	9.08	0.00	9.08	6.88	0.00	6.88	75.8	68.8	
차량과 연계성		15	10.90	1.60	12.50	10.90	1.60	12.50	100	83.3	
차량		25	16.32	2.26	18.58	11.27	0.00	11.27	60.7	45.1	
합계		100	80.66	5.18	85.84	71.84	2.60	74.44	86.7	74.4	

※ 상세사항은 Rev.D 공정표 참조

□ 주요 공종 내용

구 분		주 요 공 종	비 고
시설물	선로구조물	- 궤도검측시험 - 교량검측 시험(완료) - 건축한계측정(완료) - 관절형 분기기 시험(완료)	
	전력/전차선	- 원제 DS 투개방시험(완료) - 제3궤조/집전판 습동 모니터링시험(완료) - 아아크(ARC)측정 시험(완료) - 동적특성검증시험 - SCADA 실증시험((완료) - 전력품질시험 - 연장급전시험(차량기지 완료) - 타설비 인터페이스 시험(완료)	
	열차제어 지상	- 자동열차제어장치 기능시험(완료)	

			- 연동장치 기능시험(완료) - 관절형분기기 종합성능시험(완료) - ATS 인터페이스 시험 - 통합시스템 성능시험 - ATP/ATO 종합기능시험 - 무인운전 검증시험 - 속도코드확인시험(완료) - ATO Local 장치시험(완료) - ATO 데이터 장치시험(차량기지 완료) - 자동진로시험 - 역운행 시험 - 열차제어시험 - 타설비 I/F 시험(완료)	
		차상	- ATP/TD 장치 튜닝(완료) - 속도검출장치 튜닝(완료) - ATO local 장치튜닝(완료) -- 신호보안장치시험(1, 3편성 완료) - 지상설비 연계동작시험(완성차)1, 3편성 완료 - 지상설비 연계동작시험(본선)	
	통신		- 열차무선 시스템 기능시험(완료) - 양방향무선데이터설비 기능시험 - 여객안내설비 기능시험(완료) - 교환설비 기능시험(완료) - 광전송장치 기능시험(완료) - 정보통신망설비 기능시험(완료) - 종합영상감시설비 기능시험(완료) - 공항시스템 연계시험(완료)	
	검수/기계		- 검수설비 시험(대차모듈 착탈장치, 차체자동세척기, 차량하부 기취장치, 스팅거장치)(완료) - 검수설비 시험(안전진단장치, 검수정보시스템) - 시험기 시험(갭센서시험기, 제동시험기, ATP/ATO 시험기, SIV시험기, TCMS시험기,	

		TCMS지상기기) -- PSD 시험(수동비상개폐시험, 도어끼임시험, 이상감지시험, 개별제어반시험)(완료) - PSD 시험(차량연동시험, 신호ATO연동시험)	
차량과 연계성		- 차량과 가이드웨이간의 공진확인 시험(완료) - 곡선에서 정차시 측면접촉 확인시험(완료) - 비상 낙하시 가이드웨이 안전성 검증 시험(완료) - 곡선구간 제한속도 시험(완료) - 열차교행시 안전성 검증시험(완료) - 가이드웨이 처짐한계시험 - 비행검사 및 전기장 세기 측정시험(완료) - 속도증속 및 시설물 사전점검(완료)	
차량		- 1편성 출입문, 냉난방 공기건조기, 곡선통과 시험(완료) - 1편성 시동정지, 보조전원, 제어회로 시험(완료) - 1편성 추진제어, 부상제어, 집전, 신호보안, 지상설비연계 시험(완료) - 1편성 역행, 제동 및 잔여시험(역행/제동 완료, 잔여시험은 본선시험시 완료가능) - 1편성 예비주행시험 - 1편성 본선시운전 - 2편성 완성차시험 - 2편성 예비주행시험 - 3편성 완성차시험 - 3편성 예비주행시험 - 3편성 본선시운전 - 4편성 완성차시험 - 4편성 예비주행시험	

□ 주요 지연공종 및 만회대책

○ 열차제어(지상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 통합시스템 성능시험		- 일부 지연(지상설비 전체 계획대비실적

- ATP/ATO 종합기능시험 - 무인운전 검증시험 - ATO data 장치시험 - 자동진로시험 - 역운행시험 - 열차제어시험		공정 89.3%)
- 36% - 36% - 36% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 0% - 0% - 0% - 99% - 85% - 86% - 73%	- 예비주행 차량과 별도의 시험차량 할당하여 만회 예정

○ 열차제어(차상) 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 지상설비 연계동작시험(본선) - 2편성 신호보안장치시험 - 2편성 지상설비 연계동작시험(완성차) - 3편성 지상설비 연계동작시험(본선) - 4편성 신호보안장치시험 - 4편성 지상설비 연계동작시험(완성차)		- 일부지연(차상설비 전체 계획대비실적 공정 90.8%)
- 77% - 100% - 100% - 25% - 100% - 100%	- 0% - 99% - 99% - 0% - 99% - 99%	- 예비주행 차량과 별도의 시험차량 할당하여 만회 예정

○ 통신 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 양방향무선데이터설비 기능시험		- 일부지연(본선 궤도에서 무선 감도 음영지역 최적화 지연)
- 100%	- 95%	- 신호AP(5.4GHz) 와 양방향AP(18GHz) 1구간 간섭 발생 - 7월 30일내 만회 예정

○ 검수기계 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 안전진단장치 - 검수정보시스템 - 갭센서 시험기 - 제동시험기 - ATP/ATO 시험기 - VVVF 인버터시험기 - SIV 시험기 - TCMS 시험기 - TCMS 지상기기		- 차량 연계시험 전반적으로 지연(검수기계분야 전체 계획대비실적 공정율 75.8%)
- 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100% - 100%	- 53% - 58% - 65% - 64% - 45% - 64% - 17% - 57% - 37%	- 차량과 연계된 사항으로 차량분야와 긴밀히 협조하여 지연공정 만회 예정

○ 차량 분야

지연 공종		지연사유
계획	실적	만회계획
- 1편성 예비주행 시험		- 예비주행시험 지연

<table>
<tr><td colspan="2">- 1편성 본선시운전
- 2편성 완성차시험
- 2편성 예비주행 시험
- 3편성 완성차시험
- 3편성 예비주행시험
- 3편성 본선시운전
- 4편성 완성차시험
- 4편성 예비주행시험</td><td>- 완성차 시험 지연
- 본선시운전 지연</td></tr>
<tr><td>- 100%
- 77%
- 100%
- 100%
- 100%
- 100%
- 25%
- 100%
- 100%</td><td>- 75%
- 0%
- 89%
- 0%
- 99%
- 0%
- 0%
- 89%
- 0%</td><td>- 차량분야 전체 계획대비실적 공정율 60.7%
- 예비주행시험과 본선시운전 자체시험을 병행 실시</td></tr>
</table>

3) 종합시험운행 인터페이스 관리

가) 목적

- 종합시험운행은 3핵심 연구기관에서 주관하여 수행하나, 실질적으로 사업단주관하에 2핵심과 3핵심의 인터페이스 관리업무수행

나) 휴먼 에러에 따른 지락 방지 방안

□ 인터페이스 내용

- 2012.10.11일 발생
- 작업자의 안전을 위해 접지된 검수선으로 차량이 운행하여 지락 사고 발생하고, 이차적으로 운행선에 있는 차량들의 휴즈 단선 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 전력분야에서 검수고 전력 섹션 앞에 기관사 시인성이 용이한 높이에 급전/단전 표시등 설치



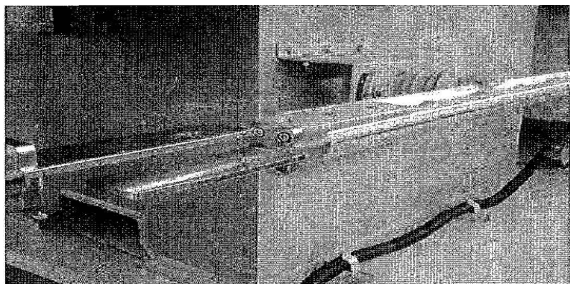
[그림 232]검수고 전력 섹션 단전 표시등 설치

□ 조치 현황(완료)

- 2012.12.28 : 표시등 설치
- 2013.01.09 : 기능시험 완료

다) 분기기의 전차선과 본선의 전차선간 간섭

□ 인터페이스 내용



[그림 233]분기기 전차선 간섭

- 2012.10.05일 발생
- 차량기지 23번 분기기의 전차선과 입출고선의 전차선간 신축 작용에 따른 간섭 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 입출고선 하구배에 따른 하중의 편중현상 등을 고려하여 mid-point 강도 조정 시행
- 구배설치구간 mid-point 강도 검토

○ 개요

- 자기부상 시험노선 실용화 사업에 설치된 제3궤조 전차선로 설치시 구배 구간에 발생된 전차선에 대하여 중앙 고정 금구의 이동 검토함.

○ 현상

- 시험노선 구배 구간중 하방향 구배에 설치된 전차선에 대하여 신축 이음장치 중앙에 설치된 중앙고정금구에 힘이 발생하여 고정금구가 전차선의 이동을 방지하지 못하여 하구배 방향으로 전차선이 약 50mm 정도 이동 함.
- 이때 하구배와 직선구간에 설치된 신축이음 장치가 전차선의 이동을 흡수하여 못하여 직선구간의 전차선이 전체적으로 50mm 정도 이동 발생함.

○ 원인

- 하구배 방향으로 열팽창에 의한 팽창력과 전차선의 자중이 동시에 작용함.
- 신축이음장치의 동작이 원활하지 않음
- 중앙 고정금구가 전차선 팽창 하중을 견디지 못함.

○ 원인 분석

구배 방향에 강체 전차선을 설치할 경우 전차선 자중의 일부의 힘이 하구배 방향으로 작용한다. 이때 열팽창력은 중앙 고정금구를 중심으로 양측으로 분산 되어 신축이 발생 되니 구배 구간에서는 하뱡향으로 자중의 힘이 작용하여 열팽창에 의한 일부 하중과 복합적으로 작용한다고 볼수가 있다.

- 열팽창에 의한 하중 분담 : 약 1.6ton
- 10m 전차선 1본의 중량 : 100 kg
- 신축이음 장치간 설치 거리 : 120 m
- 신축이음장치 동작에 필요한 하중 : 8 Kg / cm^2

중앙 고정금구지지 하중 :

1) 열팽창 + 60m 전차선 하중 발생
   신축이음 장치에 작용하는 하중 : 1600 + 600 = 2.2 Ton
2) 중앙 고정금구에 작용 하는 하중
   120m 전체 하중 작용 : 2.2 Ton
3) 열팽창 + 120m 전체 하중 작용시
   2.8 Ton의 각각의 경우의 수에 작용한다.

○ 결론

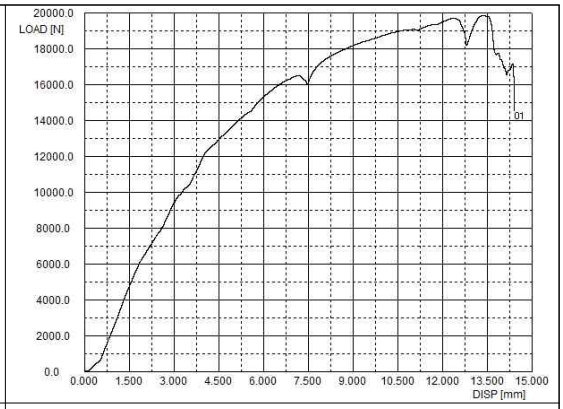
상기 4의 경우에 나타난 바와 같이 정상적인 제품의 신축이음 장치동작에 필요한 하중은 약 8kg/cm^2 이며 또한 좌,우 1set 의 중앙 고정금구의 고정력은 첨부 시험 자료와 같이 2,024kg/f 으로 신축이음 장치는 상기 4 항의 최소 값인 1.2 Ton 의 값내에 존재 하므로 신축이음 장치의 구동은 문제가 없다.

다만 중앙 고정금구의 경우 1set 의 고정력이 최악의 팽창략 2.8ton을 만족 하지 못하므로 추가로 인접 구간에 설치가 필요함.

* 중앙 고정금구 인장시험

[표 16]중앙 고정금구 사진 및 인장시험 결과

인장 시험	시험 그래프

<table>
<tr><td colspan="2"></td><td colspan="2">
</td></tr>
<tr><td colspan="2">시험 결과</td><td colspan="2">비고</td></tr>
<tr><td>시료</td><td>19,850N</td><td colspan="2"></td></tr>
</table>

□ 조치 현황(완료)

- 2012.10.15 : mid-point 강도 조정 시행
- 재발 여부 지속적 모니터링 시행(현재까지 편중현상 없음)

라) 승강장구조물과 차량유동한계의 간섭

□ 인터페이스 내용

- 승강장의 일부 구조물 한계측정결과가 차량의 유동한계(Kinematic Envelope) (궤도중심선과의 거리 1492.3mm)와 간섭 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 차량유동한계 재분석('12.12.7일 2핵심 재분석 결과 3핵심에 제공)
- 재분석 결과에 따라 해당 구조물 위치 조정 필요

□ 조치 현황(완료)

- 2013년 5월 7일 간섭사항 조치완료

마) 23번분기기의 전차선애자 파손 및 차량 집전용 애자 파손

□ 인터페이스 내용

- 2012년 12월 3일 23번분기기의 전차선 애자 1개소 파손
- 해당개소 통과한 차량 집전용 애자 3개 파손



[그림 234]전차선 애자 파손 사진

□ 인터페이스 해소방안

- 사고 당일 파손 부위에 대한 복구 완료
- 차량시운전 전 현장 점검 강화 및 모터카 탑승 모니터링 철저 [Expansion Joint 수축,팽창 확인 및 Mid point Anchor 고정 확인]
- 분기기 개소 흐름방지장치(Mid Point Anchor) 추가 설치로 안전율 강화
- 전차선 애자 파손 원인검토

○ 개요

- 2012.12월03일 검사고에서 유치선 방향 분기기 차량 진입시 애자 파단 발생으로 차량 집전장치 2번, 4번 집전슈 파손 발생.

○ 사고 원인 분석

- Case 1 : 사고 구간에 설치된 신축이음 장치의 동작이 원활 하지 않아 사고 구간으로 전차선 열팽창에 의한 하중 집중으로 애자의 굽힘 내력을 넘어서는 하중이 인가되어 파단이 발생
- Case 2 : 분기기 처짐 및 분기기 동작에 의한 진동으로 전차선 처짐 발생으로 분기기 동작시 고정부 전차선과 이동부 전차선 cutout 간섭이 발생으로 애자의 파단 발생
- Case 3 : 차량 집전슈 활입에 의한 애자 파단

애자 파단의 주요 원인은 상기 3가지로 요약 될수 있으며 Case 2. 3은 직접적인 원인 분석이 불가함으로 case 1에 대한 원인을 분석 함

○ 전차선로 검토

1). 전차선 열팽창 검토

애자 파단 구간에 설치된 전차선의 연장은 60m 이며 사고중간 신축이음 장치 기준으로 사고 지점에 설치된 길이는 34.5m 이다

연구 결과 보고서의 온도별 신축이음 장치 setting table



순 번	온도 [℃]	gap [mm]	설치치수 [mm]	비 고
1	-25	232	3,096	
2	-20	220	3,084	
3	-15	208	3,072	
		~		
6	0	172	3,036	
7	5	160	3,024	
8	10	148	3,012	
9	15	136	3,000	설치치수 기준
		~		
14	40	76	2,940	
15	45	64	2,928	
16	48	57	2,921	
17	55	40	2,904	gap 기준

$L_{온도}$= α x L_0xΔt=열팽창계수xPowerRail길이x온도변화분(K)

α:열팽창계수($20x10^{-6}$/K) L_0:도전레일길이(120m) Δt : 온도변화분(273 + ℃) K

- 사고시 온도 기준(0℃ ~ -25℃) 일 경우 온도 변화에 의한 전차선 팽창량은 17.25mm
- 열팽창에 의한 하중 분담 : 약 1.6ton
- 신축이음장치 동작에 필요한 하중 : 8 Kg / cm^2
- 중앙 고정 금구의 고정력 : 2,024kgf
- 애자 굽힘 파괴 하중 : 2,800 kg(평균)
- 애자 굽힘 내하중 : 3,3000 kg(평균)

2) 애자 파괴 시험

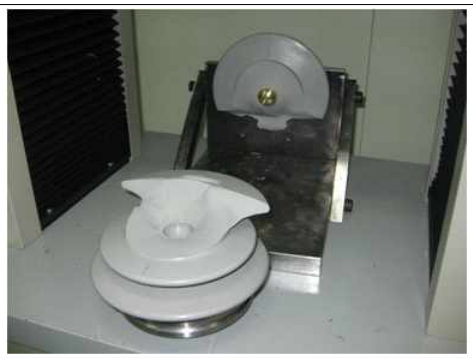
- 시험 장소 : 천안 선도전기
- 시험기 : 만 재료시험기 (검교정:2012.11.21)





[그림 235]애자파괴 시험기

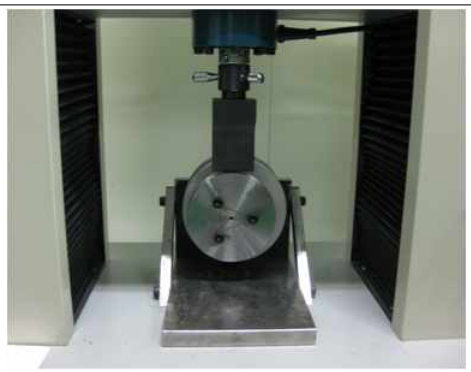
- 순간 하중 인가 시험(순간적인 이상 하중이 가했을 경우 산정)

시험 방법	시험 사진
- 시험: 굽힘내하중 파괴시험 - 방법: 분당/100mm의 속도로 파괴 시까지 하중을 가한다. - 가압속도: 1분당/100mm	
결과	파괴하중:27,885N(2,845KG)

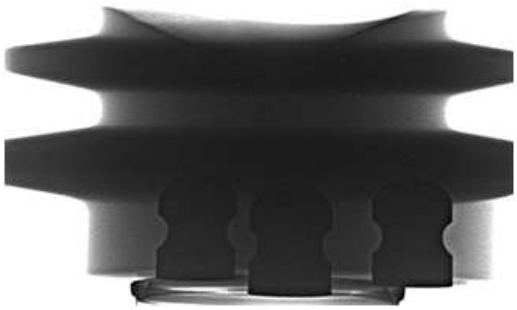
- 피로 하중 인가 시험(애자에 지속적인 피로하중이 인가되었을 경우)

시험 방법	시험 사진
-시험: 굽힘내하중 스트레스 파괴시험 -방법: 15,000N 10초 유지 후 하중인가 18,000N 10초 유지 후 하중인가 20,000N 10초 유지 후 하중인가 25,000N 10초 유지 후 하중인가 35,000N 1분간 유지 후 시험종료 -분당내하중: 1분당/7,500N	
결과	15,000N~25,000N 10초 유지 까지 이상 없이 인가 후 약33,000N(3,367KG)에서 파괴됨.

- 하중 유지 시험 (일정 하중이 지속적으로 유지되었을 경우)

시험 방법	시험 사진
- 시험: 굽힘내하중 유지시험 - 방법: 14,700N까지 하중을 가한후 1 분간 유지한뒤 30,000N에서 1분간 유지후 시험 종료. - 분당내하중: 1분당/7,500N	
결과	14,700N(1,500KG)에서 1분간유지 및 30,000N(약3,061KG)에서 1분 유지 후 크랙 및 파괴 없음.

○사고 애자 분석

사진 1	사진 2
	
애자 파단 날개부 심하게 부디친 흔적 있음	x-ray 검토 결과 피로 하중등에 의한 크랙등이 발생되지 않음.
	
사고 애자의 파괴 방향은 하살표 방향으로 파단이 발생됨	

[그림 236]파손된 애자 분석

○ 결론

- 전차선 열팽창에 의하여 발생되는 하중은 약 1.6ton 이며 중앙 고정금구의 지지력은 약 2ton 으로 상기 시험 결과보고서와 같이 애자의 굽힘 파괴 하중은 평균 2,800kgf 로 신축이음장치

미동작으로 열팽창 하중이 사고 지점 애자 쪽으로 하중이 인가 되어도 애자의 파괴하중을 넘어 서지 않는다. 또한 애자 파괴 모의 시험 결과 유사 파괴 단면을 형성 하는 것은 피로 하중이 아닌 순간 집중 하중이 인가 되었을 때 유사 파괴 단면을 형성하며 애자의 굽힘 내하중이 높은 관계로 2,800kgf 이상의 순간적인 힘이 작용하여 파괴된 것으로 판단

- 해당 개소는 차량통과시 소음 유발 개소로 레일단차 확인 결과 3mm 존재하여 조정함
- 조정후 소음 없어짐
- 전차선 칼날부 편위 조정 실시('12.12.3일 1차 조정, '13.1.4일 2차 조정 실시)
- 결론 : 23번 분기기는 차량이 빈번히 이동하는 구간으로 지지력의 분배를 위해 애자를 1개소 추가 설치하고, 빈번한 차량 이동 및 분기기 전환에 따른 전차선 편위 조정을 주기적으로 실시(적정 조정 주기는 유지보수 매뉴얼에 포함)

□ 조치 현황(완료)

- 2013년 2월 24일 애자 1개소 추가 설치

바) 분기기 모터 동결

□ 인터페이스 내용

- 12월 18일 인천지역 일기예보 -7℃일 때 차량기지 52호 분기기, 104정거장 분기기 및 106정거장 분기기 동작 불능

□ 인터페이스 해소방안

- 브레이크 패드와 모터와의 접촉면이 붙어 모터가 동작하지 않았으며, 설치시 장시간 동작하지 않은 상태에서 브레이크 접촉부분에 녹이 발생되어 있는 상태였으며, 눈이 내린 후 녹으면서 수분도 패드부분에서 얼어 붙어 동작하지 않은 것으로 판단됨

- 재발 방지 대책

· 모든 분기기의 모터를 확인하여 녹이 있는 경우 녹을 제거하고 코팅 처리후 모터 커버로 보호조치



보완작업 전	보완작업 후

[그림 237]분기기 모터 동결에 대한 보완

· 모든 분기기는 일정 주기로 시운전 시행(시운전 주기는 매일 아침 1회 실시)

· 동절기 기간 동안 관찰하여 재발 여부 확인

- 녹 방지 관련 근본적인 대책에 대해서는 분기기 분야에서 검토('13.1.1일 모터업체 및 패드업체에서 현장 방문하여 검토한 결과 라이닝 패드에 수분 유입으로 인한 사항으로, 전체 분기기의 라이닝 패드를 교체하고 제작 중인 커버를 설치할 경우 재발되지 않을 것으로 확신함)

□ 조치 현황(완료)

- 2012.12.18 : 브레이크 오버홀 실시
- 2012.12.25 : 모든 분기기 녹을 제거하고 코팅 처리 완료
- 2013.04.07 : 모터 커버로 보호조치 완료

사) 스팅거 AC noise 전압

□ 인터페이스 내용

- 스팅거 접지단을 유지하고 스팅거를 차량에 접속하면 AC 170V 정도의 Noise가 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 스팅거 접지단을 제거하고 스팅거 출력단과 접지간을 측정하면 Noise가 발생하지 않으나
- 스팅거 접지단을 유지하고 스팅거 출력단과 접지간을 측정하면 AC 170V 정도의 Noise가 발생
- 검수고 내의 레일을 본선과 동일하게 접지 처리 필요
- 스팅거 입력단에 절연변압기 설치하면 Noise 제거됨

□ 조치 현황(진행중)

- 2013.2월 : 차량기지 레일 접지 처리 와료
- 2013.7월 현재 절연변압기 설치 중

아) 유치선 및 시험선 승강대 위치

□ 인터페이스 내용

- 유치선 및 시험선의 승강대 위치에 대한 승무원 승하차 적합성 검토



[그림 238]유치선 승강대

□ 인터페이스 해소방안

- 2013년 1월 9일 13시 시험반 주관(열차제어분야 및 GS건설 참여) 정위

치 정차 위치 확인

・유치선 종단 승강대(2개소) 끝단과 출입문 개방 끝단까지 거리 3.4m로 정위치 편차 고려시 약 5m 정도 이동 필요

・시험선 승강대 끝단과 출입문 개방 끝단까지 거리 7.8m로 수동운전 구간이므로 약 8m 이동 필요

- 시험선은 목적상 기관사가 차내에 탑승하므로 승강대를 이동하지 않으며,
- 유치선 승강대 2개소는 위치 조정

□ 조치 현황(완료)

- 2013.06.07 : 유치선 승강대 2개소 위치 조정 완료

자) 정거장내 전차선 설치 오차

□ 인터페이스 내용

- 차량 집전장치 요구 전차선 설치공차(±5mm)와 시설분야 시공공차(±25mm)의 차이

□ 인터페이스 해소방안

- 사업단에서 검토하여 허용치를 ±20mm로 결정

□ 배경 및 목적

○ 전차선 설치공차는 거더면 기준 301±5mm이나 거더 및 레일 설치시 오차로 인하여 설치오차는 최대 +28, -12정도로 측정되고 있으며, 상당부분 설치공차를 초과하고 있음

○ 차량에 부착된 집전장치의 변동가능범위는 ±44mm(설계치)로 어느 정도 여유가 있음

○ 따라서, 차량의 횡방향 최대 이동폭과 집전장치의 변동범위를 감안하여 실제 허용가능 설치오차를 정하고자 함

□ 검토 및 조정결과

○ 집전장치 횡방향 운동범위에 영향을 미치는 인자

- 차체 중심에서 lateral skid 까지 거리 : 15mm
- 대차 최대 횡변위량 : 8.7mm
- 대차 조립공차 : 5mm
- 집전장치 제작공차 : 3mm

- 집전슈/전차선 마모량 : 5mm
* 총 계(최대) 36.7mm

○ 검토결과

- 대차 최대 변위량(8.7mm)은 lateral skid까지의 거리이내로 중복 고려할 필요가 없으므로 제외
- 현재 문제가 되는 것은 대부분 튀어나온 것(+)이므로 슈/전차선 마모량(5mm)은 (-)이므로 제외
- 따라서, 허용치는 ±20(44-(15+5+3)=21)로 함

□ 조치 현황(완료)

- 2013.2.28 : 조정 완료

차) 전차선 애자 파손에 의한 1편성 집전슈 소손

□ 인터페이스 내용

- '13.04.24 1편성 106역 상선에서 상인상선으로 진행 중 53B 분기기 통과하면서 전차선 애자 파손 위치의 전차선 단면에 MCb car 3위 4위 집전슈가 부딪쳐 집전슈 소손



[그림 239]애자파손에 따른 차량 집전슈 소손

□ 인터페이스 해소방안

- CUT OUT END~EXPANSION부위 재조정작업 필요

□ 조치 현황(완료)

- '13.04.24 : 2개소의 브라켓 지지용 애자파손 교체 완료
- '13.04.27 : CUT OUT END~EXPANSION부위 재조정작업 완료

카) 전차선 편위에 의한 1편성 집전슈 소손

□ 인터페이스 내용



[그림 240]전차선 편위에 의한 1편성 집전슈 소손

- '13.05.16 1편성 상선 2km900m 지점에서 B카 MD1R낙하하여 열차를 입고하여 확인 결과 A카 기준 L측 집전슈 4개손상

□ 인터페이스 해소방안

- 현장확인 결과 상선 3km100m지점의 전차선 지지애자 브라켓 하나가 미설치되어 있으며
- 온도상승에 따른 팽창으로 인해 전차선 편위 기준을 벗어나 집전슈가 타고 넘으면서 전차선 체결 볼트 등과 충돌하면서 집전슈가 파손된 것으로 판단
- 해당 개소 브라켓 설치 및 전차선 편위 조정 필요

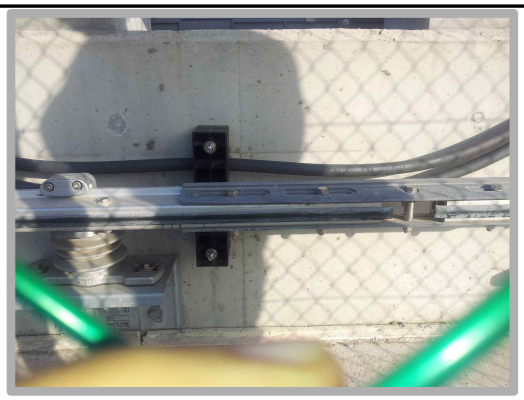
파) 시운전선 분기기 끝단 제3궤조 애자 파손

□ 인터페이스 내용

- '13.05.21 시운전선 분기기 끝단 Mid Point Ancher 추가 설치 후 온도 상승에 의한 횡력으로 인해 애자 1개 파손



53분기기 애자 파손



Expansion Joint 작동 상태

[그림 241]시운전선 분기기 끝단 애자 파손

□ 인터페이스 해소방안

- 해당구간(Expansion Joint 포함)에 대한 조정 작업 필요

□ 조치 현황

- '13.05.26 : 해당구간(Expansion Joint 포함)에 대한 조정 작업 완료

카) 패턴밸트 주파수(27KHz)와 차량스파크간의 간섭

□ 인터페이스 내용

- 차량 추진, 주행, 제동 시 브레이크/접지브러쉬 등과 레일/접지판 사이에 불가피하게 발생하는 스파크에 의한 Noise 간섭 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 스파크 발생 빈도를 저감하고,

· 접지 브러쉬의 여분 약 15mm 중 10mm를 절단

· 승강장의 접지판 길이(기존 약 25m)를 정위치 정차점 기준으로 +/-1.5m로 단축

<접지판 길이 조정에 따른 충전전압 안전성 검토>

□ 시험 목적

- 차체 충전 전압의 인체 안정성 여부 검토

□ 시험 방법

- 시험 일시 : '13년 7월 15일(월) 13:20 ~ 17:10

	1편성	3편성
차량 조건	만차	공차
시험 장소	106정거장 상선	106정거장 상선
날씨 조건	맑음(구름 조금)	흐림(구름 많음)

- 차량을 정위치 정차 위치에서 수동으로 출발하여 정거장을 빠져나갈 동안 차체 전압 변동을 측정하고
- 차량을 정거장 밖 약 70m 지점부터 기동하여 정거장에 정상적으로 정위치 정차하는 동안 차체 전압 변동을 측정
- 측정위치 106정거장 상선 1-1 출입문_left(밖에서 볼 때)지점

□ 1편성(만차) 측정 결과

[표 17]1편성(만차) 측정 결과

시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면	시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면
0	0	차량 출발	0		
1	0		1		
2	0		2	0	차량 진입직전
3	0		3	-305	
4	-76		4	-886	
5	-70	84cm(6*14cm)	5	-692	
6	-95		6	-631	
7	-97		7	-130	
8	-101		8	0	
9	1	갱웨이 통과	9	0	
10	491		10	-232	
11	6		11	-16	갱웨이 통과
12	-80		12	0	
13	-177		13	-231	B-R-2ndDoor(2)
14	-35	차량 통과완료	14	-268	B-R-2ndDoor(1)
15			15	-298	
16			16	-263	
17			17	-201	
18			18	-200	
19			19	-12	
20			20	0	
21			21	0	

22			22	0	차량 정지

□ 3편성(공차) 측정 결과

[표 18]3편성(공차) 측정 결과

시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면	시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면
0			0		
1	0	차량 출발	1		
2	0		2	25	차량 진입직전
3	0		3	17	
4	0		4	78	
5	0	84cm(6*14cm)	5	66	
6	92		6	112	
7	201		7	115	
8	247		8	153	
9	213		9	43	
10	240		10	0	
11	207		11	0	
12	297		12	0	
13	345	B-R-2ndDoor(1)	13	121	
14	307	B-R-2ndDoor(2)	14	22	갱웨이(초입)
15	307		15	-2	
16	208	갱웨이	16	3	
17	6		17	0	B-R-2ndDoor(2)
18	190		18	0	B-R-2ndDoor(1)
19	-2		19	0	
20	0		20	0	
21	-52		21	0	
22	-332		22	0	
23	-413		23	0	
24	0	차량 통과완료	24	0	
25			25	0	
26			26	0	
27			27	0	
28			28	0	
29			29	0	차량 정지

□ 결과 분석

- 차량이 기동, 회생제동 및 역상제동 시는 차체의 전압이 상승하고
- 차량이 기계제동 상태에서는 차체의 전위가 0V 근방으로 떨어지며
- 접지판 위에서도 차체의 전위가 0V 근방으로 떨어짐

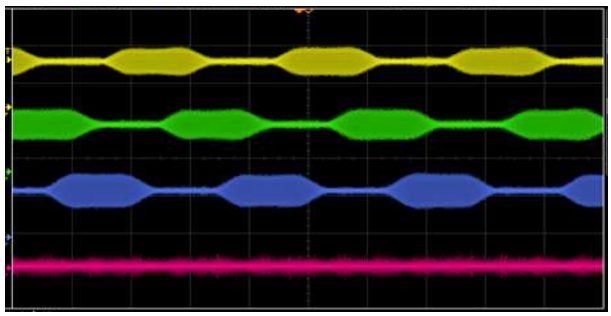
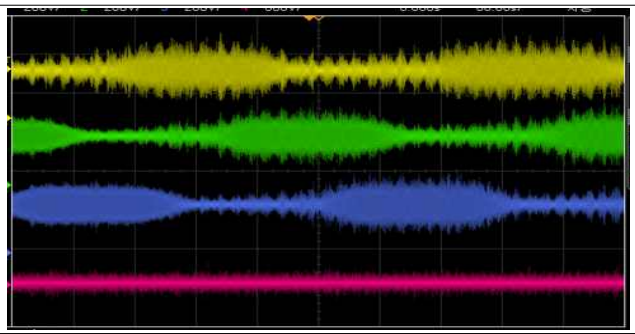
- 차량 출발 후 차량이 접지 상태 유지 구간(현 시험구간에서는 정위치 정차 지점 기준 약 +/-1m)에서는 차량의 이동시도 전위가 0V 근방을 유지하고 있음
- 차량 정거장에 진입하여 정위치 정차중 차량이 접지 상태 유지 구간(현 시험구간에서는 정위치 정차 지점 기준 약 +/-1m)에서는 차량의 이동시도 전위가 0V 근방을 유지하고 있음
- 일반적으로 차량의 이동은 PSD가 닫힌 상태로 이동하므로 안전에 대한 문제가 없고
- PSD 고장인 경우 해당 문을 개문상태로 운행할 경우는 안전요원의 현장배치가 필수적일 것이나, 이경우도 접지판 유효 길이를 정위치 정차지점 기준 +/-1.5m로 할 경우는 승객 감전(쇼크 포함)의 위험은 없는 것으로 판단

- 기술적 필터링 기법을 적용하여 패턴밸트 인식 신뢰성을 향상
- 5VG 연결 시 Noise 현저히 저감(아래 검토서 참조)

□ 시험결과(5V Ground 연결 상태)

▶ 측정일 : '13.6.27(목)

▶ 측정 파형

	정상 시와 유사한 파형
차량 추진/제동 시	
	유도장애 발생으로 속도 연산 오차발생
역사 접지판 통과 시	

[그림 242]주행 Noise 관련 시험 결과

▶ 105-106역간 주행시험 결과

[표 19]주행시험 결과 데이터

회차	총 Pulse Count	P2 - P3간	P2 - P1 간	비 고
1	11,467	1,809	187	
2	11,470	1,806	187	
3	11,463	1,808	185	
4	11,464	1,804	189	
5	11,465	1,806	191	
6	11,479	1,808	190	
7	11,468	1,804	188	
8	11,468	1,803	186	
9	11,473	1,805	187	
10	11,465	1,808	188	
평균	11,468	1,806	188	반올림적용

□ 검토의견

○ 5V Ground 연결상태에서의 상기의 시험결과 P3(240m 마커)-P2(20m 마커) 간 및 P2(20m 마커)-P1(2m 마커)간에서 평균값을 기준으로 최대값 및 최소값이 ±3 Pulse의 편차를 나타낸 걸로 확인 되었으며, 비교적 양호한 것으로 판단

○ 그러나, P2-P1 간에서 스파크에 의한 영향으로 속도 및 거리 연산에 오차가 발생하고 있으므로 정위치 정차 정밀도 확보에 영향을 미칠 수 있을 것으로 판단됨(본선시운전 기간에 정위치 정차 정밀 튜닝 과정에 재검토 예정)

□ 조치 현황(진행 중)

- '13.06.27 : 5VG 연결 완료 및 접지 브러쉬 길이 조정 완료
- '13.07.05 : 예비주행구간의 접지판 길이 임시 조정 완료
- '13.07.24일 현재 지속 관찰 중

하) 승강장 안전발판과 차량 도어간의 간섭

□ 인터페이스 내용

- 승강장의 안전발판(차량출입문과 승강장 연단과의 거리가 5cm 이상으로 BF 만족을 위해 안전발판 설치)과 차량 출입문 개방시 미세한 간섭 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 해결 방안 검토 중

□ 조치 현황(진행 중)

- ‘13.07.24일 현재 해결 방안 검토 중

거) TWC 차폐용 절단 레일 부근 차량 정차시 공진 문제

□ 인터페이스 내용

- ‘13.6.7일 1호편성 만차로 105정거장 하선 정위치 정차시 공진 발생

□ 인터페이스 해소방안

- ‘13.6.8일 1차로 정거장 부근 레일 조임 작업 시행
- ‘13.6.10 1호편성 만차 공진 유지, 4호 편성 공차 공진 없음
- ‘13.6.11 1호편성 예비주행시험 개시를 위해 웨이트 하차후 공진 시험(공진 유지)
- ‘13.6.11 105 하선 정거장 궤도에 대한 2차 조임 작업 실시하고 TWC 차폐용 절단 레일 보강 지지대 조임 강화

· 4호편성 공차 공진 없음

· 1호편성 공차 제동 완해 후 장시간 정차시 공진 발생(일상적인 정위치 정차 절차로는 공진 발생치 않음)

- 해당개소의 TWC 차폐용 절단 레일 보강 지지대 형식이 공진 발산의 촉매제가 되는 것으로 판단되므로 절단 레일의 보강 방법을 동일 침목 추가 시공으로 교체 필요

□ 조치 현황(진행 중)

- ‘13.6.11 105 하선 정거장 궤도에 대한 2차 조임 작업 실시 완료
- 절단 레일 보강(침목 추가) 시공 예정

너) 화재탐지설비와 차량이동과의 간섭

□ 인터페이스 내용

- 차량이동과 연계되어 화재탐지설비에 오정보 유입

□ 인터페이스 해소방안

- 오정보 유입 경로 등에 대한 검토 진행중

□ 조치 현황

- 진행중

더) 에어콘 실외기 인터페이스

□ 인터페이스 내용

- 정거장의 기능실에 설치된 에어컨의 실외기가 실내에 집합적으로 설치되어 기능실의 온도가 기준치 이상으로 기능실 기기의 고장 요인이 될 수 있음

□ 인터페이스 해소방안

- 기계 분야에서 104, 105, 106정거장은 실외기를 실외로 이동 설치하고, 102 및 103정거장은 배기 덕터를 설치하여 보완 필요

□ 조치 현황(진행중)

- '13.07.24일 현재 보완 작업 중

저) 휴먼 에러에 따른 차량과 비상대피 사다리의 충돌 사고





[그림 243]비상대피 사다리 충돌 사진

□ 인터페이스 내용

- '13.7.5 102정거장(상선) 작업자에 의해 내려진 비상대피 사다리가 원위치 되지 않은 상태에서 4편성이 102 정거장으로 진입하면서 충돌 사고 발생

□ 인터페이스 해소방안

- 재발 방지를 위한 대책 수립 필요(영구 철거, 시건장치 부착, 시인성이

좋은 도색, 경고 문구 설치 등 검토 필요)

□ 조치 현황

- '13.07.24일 현재 재발 방지 방안 검토 중

3) 시범노선 선정기관 기술지원

가) 시범노선 운영계획서 작성관련 열차운행 조건 검토

□ 지원개요

- 선정기관인 인천국제공항에서 시범노선 운영을 위한 운영계획서 작성을 위한 운영기준 자료 요청
- 자기부상열차 환경 조건(강풍, 강우, 강설, 결빙, 지진 등)에 따른 운행제약 조건을 검토하여 회신하였음

□ 검토경위

- 인천국제공항공사 운송시설처-3110('13.6.11)로 운영기준에 대한 자료 검토 요청
- 실용화 사업의 기상조건 관련 문서 및 타 철도시스템 운행조건 등을 수집 검토하여 자기부상철도 시범노선에 적합한 운행제한 조건 제시

□ 주요내용

○ 관련문서 검토 결과

[표 20]자기부상열차 환경 조건에 따른 검토

	차량시스템 규격서	차량시스템 규격서	시범노선 운영시나리오	종합시운전 계획서
	1-1과제	2-1과제	1-0과제	3-0과제
강풍			-20m/s이상 25m/s 미만 : 40km/h 이하 운행	- 20m/s 이상 25m/s미만 : 40
	26m/s까지 운행 가능	26m/s까지 운행 가능	25m/s 이상 30m/s 미만 : 운전 중 열차는 정지 역 정차 중 열차는 일시중지	25m/s 이상 30m/s 미만 : 일시정지
			30m/s 이상일 때 : 운전을 중지	30m/s 이상 :운행중지
강우	1일 500mm의 강우 조건에서도	1일 500mm까지 운행이 가능하여	-	일간 연속강우량이 150mm 이상이고, 시간당 강우량이

	운행이 가능하여야 한다	야 한다		60mm이상일때 : 운행중지 24시간 강우량이 140mm 이상이고, 시간당 강우량이 30mm 이상일 때 : 40
강설 / 결빙	먼지, 황사, 노면 결빙, 우천 시 및 염분(해안 도서 고려) 등에 대한 대비책이 강구되어야 한다	먼지, 눈, 염분, 낙뢰에 대한 대비책이 충분히 고려되어야 한다	-	눈이 쌓여 궤도가 보이지 않는 경우 : 운행중지 열차에 얼음이 부딪치는 소음발생을 통보받은 경우 25km/h 이하의 속도로 운행하고, 감속운행 소음이 재발생시 15km/h 이하로 운행

○ 자기부상열차 운영 제한 조건 검토 결과

기상조건	운행 제한 조건	결정사유
강풍	-풍속 30m/s 이상 : 운행 중지 -풍속25m/s ~ 30m/s 미만 : 일시정지 -풍속20m/s~ /25m/s 미만 : 40 km/h 속도 제한	- 차량 설계조건 .곡선부 최대캔트(8°)에서 착지부상 풍속한계 : 26m/s .차체 및 대차 구조설계 적용풍속 : 46m/s - 토목구조물 설계조건 .50년 재현주기로 설계 : 40m/s - 타 경전철운영 사례 검토 : 동일수준
강우	- 없음	- 열차운영 .무인운전 : 시계확보 조건 충족 불필요 .유인운전 : 운영기관 결정사항 (시계확보 조건에 따라 주의운전) - 차량성능 조건 . 차량규격서 : 1일 500mm까지 가능하여야 함 . 성능시험(차체누수시험) : 150mm/hr 이상 - 노반조건 . 모든 구간이 고가이기 때문에 침수의 가능성이 없어 운행제한 불필요 - 타 경전철운영 사례 검토 : 레일면 침수여부에 따른 제한으로 전구간이 고가구간인 자기부상철도 특성상 불필요
강설/결빙	- 없음	- 열차 운영: 위 항 강우조건과 동일 - 차량성능 조건 . 부상 상태로 운행되고 열차 전두부에 배장기가 설치되어 있어 운영시 속도 제한을 둘 필요는 없음 - 타 경전철운영 사례 검토 : KTX 종합시험열차운전취

		급지침을 제외하고 결빙에 따른 제한 규정이 없어 자기부상열차만 특별히 속도제한을 둘 필요는 없음

나) 선정기관 유지관리 업무(인천교통공사) 유지관리 인력 교육

□ 교육개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업 시범노선의 특성상 궤도유지관리 인력을 대상으로 자기부상열차의 유지관리 특성 등을 사전에 교육하기 위하여 조기 투입한 3명에 대하여 교육실시

□ 교육기간

- '13.4 ~ 5월(2개월간)

□ 교육내용

- 시공자인 GS 건설 궤도분야 담당자에 의한 교육 실시
- 자기부상열차 선로 특성에 따른 점검 방법
- 선로점검 후 선로시설 처리 방법 교육

· 선로점검개소 및 점검 주기(유지관리 지침서 근거)

· 선로점검후 침목볼트 풀림에 대한 대처방안

· 분기기 구동특성 및 고장 수리에 대한 대처방안

- 유지관리를 위한 각종 공구 설명 및 구매지원

다) 인수인계관련 협의 주관

□ 목적

○ 도시형자기부상열차실용화사업으로 개발한 차량 및 시범노선(인천공항 자기부상철도)의 체계적인 인계인수를 위함

□ 구성

○ 인계자(사업단) 측

- 도시형자기부상열차실용화사업단
- 한국철도시설공단(3핵심과제)
- 현대로템(2핵심과제)

○ 인수자(유치기관) 측

- 인천광역시 : 업무담당자
- 인천국제공항공사 : (인천공항공사에서 작성)
- 인천교통공사(운영 협력사) : (인천공항공사에서 작성)

※ T/F팀 운영과정에서 필요시 전문기관(국토교통과학기술진흥원) 담당자 참여

□ 인계인수 대상

○ 차량, 철도시설, 검수장비, 예비품, 매뉴얼, 각종 도면 및 인허가 서류 등

□ 주요 업무

○ 차량 및 시설 각 분야 매뉴얼 또는 유지관리 지침 등에 의한 운영자 교육계획 수립 및 시행

○ 인계인수 목록 작성

○ 유치기관의 종합시운전 참여 단계에 따른 현물 인계인수 점검 및 현물 인계인수

○ 기타 인계인수에 필요한 사항 등

※ T/F 팀 구성하여 철도시설공단의 교육계획에 따른 유치기관 준비사항 및 향후 업무 추진 방향 등에 대한 지속적인 협의 진행

다. 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보 및 시장개척 기반조성

다-1. 사업 및 연구결과 홍보

(1)사업 및 연구결과 홍보(시승행사 등 마케팅/홍보건수)

(가) 개요

- TV 보도, 신문보도, Radio 인터뷰, 학술대회 발표, 포스팅을 통한 도시형자기부상열차의 대국민 홍보
- 관련기관 등의 웹진을 통한 지속적인 도시형자기부상열차 실용화사업 홍보
- 인천공항자기부상철도 시범노선 시승을 이용한 주요시승행사 개최, 지속적인 시승행사를 통해 자기부상의 장점을 직접적으로 느낌으로서 많은 관심과 국내기술력에 대한 자긍심 고취를 유도
- 친환경성, 경제성, 승차감이 우수한 도시형자기부상열차의 특징 및 기술에 대해 설명하는 대외적인 기술강연 활동으로 자기부상열차의 탁월한 도시교통시스템으로서의 적합성에 대한 홍보
- 도시형자기부상열차실용화사업의 전반적인 설명 및 자기부상열차의 우수성을 알리기 위한 홍보물을 제작하여 국내외 관계자에게 배포, 시장개척을 위해 활용

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업 및 연구결과 홍보 (시승행사 등 마케팅/홍보)													총 93건
- 언론보도/기타 등 홍보 활동	- TV보도내용(3건) - 신문보도내용(14건) - 인터뷰(6건) ・TV(2건)/신문(4건) - 웹진, 포스팅, 블로그 등(7건)												홍보활동 30건
- 성과 홍보 및 주요행사	- 주요행사(3건) - 성과 홍보를 위한 사업단방문 시승행사(38건)												전시회 참가 및 주요행사 41건
- 기술강연	- 사업홍보를 위한 자기부상열차에 대한 기술강연(18건)												18건
- 홍보물 제작	- 사업홍보를 위한 홍보물 제작(4건)												4건
목표 달성율	100%												

(다) 홍보 수행실적 및 결과

1) 언론보도/기타 등 홍보 활동

가) 언론보도(23건)

① TV보도내용(3건)

- '12.11.29 "도시형 자기부상열차실용화사업 성과보고 및 시승행사"(MBC 외 9개사)
- '13.1.4 "미래를 달린다, 자기부상열차"(YTN사이언스)
- '13.4.29 "한국형자기부상열차 뜬다"(대전TJB)











② 신문보도내용(14건)

- '12.9.17 "인천자기부상열차사업 우수 참여기업"(국토일보)
- '12.9.26 "인천에 자기부상열차 뜬다"(더 사이언스)
- '12.10.10 "출연연 찾은 의원들 기대 이상 흥미롭다"(대덕넷)
- '12.11.29 "도시형자기부상열차실용화사업 성과보고 및 시승행사"(YTN 외 69건)
- '12.12.3 "공항자기부상열차 시운전 의미"(인천일보)
- '13.1.10 "자기부상열차 결빙에 강하고 자체 제설 가능"(금강일보)
- '13.1.14 "차량부터 운영까지 최고를 보여드립니다"(국토매일)
- '13.1.14 "도시형자기부상열차실용화사업, 36억 규모 용역 발주"(국토매일)

· '13.2.21 “전자력의 힘 바퀴중심 역사 뒤집는다”(대전일보)
· '13.2.28 “공공건축물에도 디자인을 입힌다”(동아일보)
· '13.5.16 “우리기술로 개발 상용화 친환경녹색교통 소리없이 달린다”(경기일보)
· '13.5.30 “철도신기술 자기부상열차”(전기신문)
· '13.7.10 “국토부, 국토교통기술대상 7선 선정(대명엔지니어링)”(환경일보 외 2개사)
· '13.7.21 “도시형자기부상열차 세계 두 번째 실용화”(파이낸셜뉴스)












③ 인터뷰(6건)

- TV인터뷰(2건)
· '12.11.29 신병천 사업단장 인터뷰(MBC뉴스데스크 외 9개)
· '13.1.4 신병천 사업단장 인터뷰(YTN 사이언스)
- 신문 인터뷰(4건)
· '12.8.27 “꿈의 열차, 도시형자기부상열차 나온다”(국토해양신문)
· '12.9.17 “신병천 도시형자기부상열차사업단장”(국토일보)
· '13.2.21 “실패도 이해해주는 문화 과학기술 발전 앞당길것”(대전일보)
· '13.7.8 “도시형자기부상열차상용화, 25년 연구결실”(대덕넷)







나) 기타 홍보활동(7건)

① 웹진, 포스팅, 블로그 등(7건)

· '12.8 "연구현장 탐방-인천에서 세계로 달리는 꿈의 열차"(KICTEP 웹진 8월호)






· '12.12 "철도학회 발간 철도저널 12월호 표지"(철도저널)



· '12.12 "자기부상열차 인천공항 시범노선 타보니"(KIMM 웹진 12월호)



· ‘12.12 “도시철도 2호선 본격 착수”(대전시 이츠대전 12월호)



· ‘13.2 “숫자로 알아보는 도시형자기부상열차”(교통안전공단 TS FOR YOU 2월호)



· ‘13.2.2 “인천공항 자기부상열차 견학”(한우진의 교통평론)



· ‘13.4 “미리보는 인천공항 자기부상철도”(철도전문매거진 레일러 14호)



2) 성과 홍보 및 주요행사

가) 주요행사(4건)

① 인천국제공항 Sky Festival을 활용한 도시형자기부상열차 시범노선 홍보

□ 목적

○ 인천국제공항에서 개최되는 SKY FESTIVAL(‘12.8.29~31)에 참석하는 국내외 관람객들에게 도시형자기부상열차를 홍보하고, 장기적으로 인천국제공항 이용객들에게 본 사업을 적극적으로 홍보하고자 인천국제공항 내 시범노선 구조물 및 차량에 홍보간판을 제작·설치하고자 함

□ Sky Festival 행사 개요

○ 명 칭 : 2012 인천공사 SKY FESTIVAL

○ 일 시 : 2012년 8월 29일(수) ~ 8월 31일(금) / 3일간

- 8월 29일(수) 20:00~22:00 KBS 뮤직뱅크
- 8월 30일 (목)19:00~21:00 페밀리콘서트
- 8월 31일(금)19:00~21:00 금난새와 함께하는 클래식 콘서트

○ 장 소 : 인천국제공항공사 특설무대(축구장)

○ 대 상 : 해외관광객, 환승객, 지역주민 및 일반관광객

○ 주 최 : 인천국제공항공사, 인천광역시

○ 관람객 이동 동선 :



□ 홍보물 제작/ 설치 추진 내용

○ 전시물명 :

a. 103정거장 홍보간판(대형 간판)

b. 103정거장 엘리베이터 홍보간판(세로형 판넬)

c. 공항 메인도로 옆 기둥형 홍보간판(세로형 판넬)

○ 전시물크기(가로×높이) :

a. 26m × 4.8m (1면)

b. 2.5m × 7m (3면)

c. 2.5m × 7m (2면)

○ 설치장소 :

a. 103정거장 옆면

b. 103정거장 엘리베이터(공항공사 방면)

c. 102정거장 앞 공항 메인도로 양옆

○ 설치방법 :

a. 103정거장 옆면에 대형 간판을 부착

b. 103정거장 엘리베이터에 홍보간판 부착

c. 공항 메인도로 옆 기둥형 홍보간판 제작 설치

□ 홍보물 설치/ 홍보 결과

a. 103 정거장 옆면 대형 현수막 설치로 행사 참석하는 사람들에게 홍보



b. 103 정거장 옆면 엘리베이터 벽면을 활용한 자기부상열차 홍보 현수막 개시



c. 인천공항 관문 차량 진입로 홍보탑 설치를 통한 홍보



○ 인천광역시장, 인천국제공항공사사장 등 300여명의 행사객이 103정거장에 방문하여 도시형자기부상열차 역사와 차량을 관람하는 등 인천국제공항 시범노선에 건설되는 자기부상열차시스템에 대한 많은 호응을 얻었음. 또한 역사 방문행사 이외에도 지나가는 행사객들에게 대형현수막 및 홍보탑을 활용하여 도시형자기부상열차의 시설물과 차량에 대한 대국민 홍보 수행

② 도시형자기부상열차 특징 및 상용화 세미나(러시아 모스크바)

○ 일　　시 : 2012. 11. 11(일)~14(수) (3박4일)

○ 장　　소 : 러시아 모스크바 “The Central House of the journalist”

○ 목　　적 : 도시형자기부상열차시스템의 해외진출을 위하여 러시아 모스코바시 등 교통관련 기관, 관련 엔지니어 연합회 관계자 등을 대상으로 개최하는 “도시형자기부상열차 특징 및 상용화” 세미나 참석 및 발표 (본 세미나는 한국기계연구원이 자체사업으로 추진중인 “자기부상열차 러시아 시장개척”의 일환으로 개최)

○ 참석대상 : 모스크바시・2018년 월드컵 개최도시 교통정책담당자, 관련 엔지니아 연합회 관계자 등

○ 발표내용 / 발표자 :

- 한국의 자기부상열차 개발현황 및 실용화 현황 소개, 도시형자기부상열차 노선건설 (도시형자기부상열차실용화사업단 신병천 단장)
- 도시형자기부상열차 특징 (현대로템(주) 김국진 이사)

③ 도시형자기부상열차 실용화사업 성과보고 및 시승행사

○ 일　　시 : 2012. 11. 29(목)

○ 장　　소 : 인천공항 자기부상철도 인천국제공항역(인천국제공항 교통센터 2층)

○ 행사주빈 : 국토교통부장관

○ 참석인원 : 258명

- VIP : 국토부 장관 외 20명

※ 주요참석인사 : 국토부 장관, 국회의원(인천광역시 중구), 국토부 항공정책실장, 국토부 교통정책실장, 서울지방항공청장, 인천시 교통과장, 국토해양미래기술위원회 위원장, 국토해양과학기술진흥원장, 한국기계연구원장, 한국철도시설공단 이사장, 인천공항공사 부사장, 인천교통공사 사장, GS 건설 부사장, KRTC 사장, 한국철도학회 회장, 포스코 엔지니어링 부사장, 건교평 철도사업운영위원회 위원 등

- 기자단 : 87명

※ 국토부 기자단 62명, 인천공항 상주 기자단 및 지방지 기자 등 25명

- VIP제외 인원 : 150명

・ 실용화사업 연구참여자, 감리단, 시공사 : 90명

・ 철도관련 기관 및 업체 직원, 기타 : 60명

○ 주요 행사 사진




등록 및 안내




국민의례




주요외빈소개




환영사(한국기계연구원장) | 경과보고(사업단장)



행사 기념 촬영



시승 행사

도시형자기부상열차 실용화사업 성과보고 및 시승행사 사진

○ 주요 효과

- 이번 행사를 계기로 TV, 신문 및 인터넷 등을 통하여 우리 사업에서 개발한 한국형 도시형자기부상열차의 우수성을 국민들에게 알리는 효과를 얻음

※ TV 방송 10건, 신문 72건(지면 26, 인터넷 46), 인터넷 포탈사이트 메인 뉴스 등

나) 성과 홍보를 위한 사업단방문 시승행사(38건)

○ '12. 6. 22. 국토교통부 정책기획관 내방

○ '12. 9. 12. 국토해양과학기술진흥원장 내방

○ '12. 9. 13. 국토부 공항정책과장 일행 내방

○ '12. 9. 19. 한국녹색기술센터 소정 일행 내방

○ '12. 10. 10. 2012년 국정감사 관련 감사위원장 일행 내방

○ '12. 10. 18. 인천국제공항공사 공항건설단 일행 내방

○ '12. 10. 19. 2012년도 10차 건설교통 R&D 현장방문

○ '12. 10. 31. 국립중앙과학관 자기부상열차 운영직원 내방
○ '12. 11. 20. 한국기계연구원 원장 일행 내방
○ '12. 11. 29. 도시형자기부상열차실용화사업 성과보고 및 시승행사
○ '12. 11. 30. 국토부 철도연 철도산업 발굴 워크샵 관련 내방
○ '12. 12. 14. 서울대 이승모 교수 일행 내방
○ '12. 12. 18. 제11차 건설교통 R&D 연구성과 현장점검
○ '12. 12. 20. YTN사이언스 취재
○ '12. 12. 21. 연구관리 역량강화를 위한 철도분야 7차 세미나
○ '12. 12. 27. 레일플러스 철도동호회 일행 내방
○ '12. 12. 27. 철도전문매거진 레일러 취재
○ '13. 1. 24. 바이엘 머티리얼사이언스(주)인원 견학
○ '13. 2. 6. 한국철도공사 인재개발원 관리자SE과정 현장견학(1차)
○ '13. 2. 15. 국토교통부 철도안전기획단장 일행 내방
○ '13. 2. 20. 한국철도공사 인재개발원 관리자SE과정 현장견학(2차)
○ '13. 2. 21. 한국철도시설공단 청년중역 현장견학
○ '13. 3. 11. 인천시 대중교통과장일행 내방
○ '13. 3. 14. 유신 회장일행 내방
○ '13. 3. 26. 건교평 연구비과제도우미 일행 현장견학
○ '13. 3. 27. 코레일 인재개발원 교육생 내방
○ '13. 4. 11. 시설공단 인재개발원 지자체 철도담당공무원 현장견학
○ '13. 4. 22. 우송대학교 송달호 교수 일행 내방
○ '13. 4. 22. 국토부 철도투자개발과장 일행 내방
○ '13. 4. 25. 인천교통공사 부사장 일행 내방
○ '13. 4. 26. 한국철도학회 차량기계분과위원회 위원장 일행 현장견학
○ '13. 5. 2. 한국산업기술경영자협회 CEO 일행 내방
○ '13. 5. 8. 제4차 국제항공협력컨퍼런스 테크니컬 투어
○ '13. 5. 15. 인천국제공항공사 관계자 내방
○ '13. 5. 27. 대전도시철도공사 승무팀장 일행 현장견학
○ '13. 5. 30. 인천국제공항공사 한림원 관계자 현장견학
○ '13. 6. 13. 대구도시철도공사 일행 내방
○ '13. 7. 1. 국토교통부 시범노선 안전점검 관계자 내방

3) 기술강연(18건)

○ ‘12. 8. 21 사업설명(서울시정개발연구원)
○ ‘12. 8. 24~5 2012년 철도학회 임원 워크샵 및 이사회(서울역)
○ ‘12. 10. 16 대전2호선 관련 업무협의(대전시)
○ ‘12. 10. 18 2012한국철도학회 추계학술대회(경주)
○ ‘12. 11. 11~18 도시형자기부상열차 특징 및 상용화 세미나(러시아 모스크바)
○ ‘12. 12. 21 로봇학회 학술대회(대전)
○ ‘13. 2. 18 대전2호선 전문가 토론회(대전시)
○ ‘13. 3. 8 자기부상관련kbs 토론 참석(대전kbs)
○ ‘13. 3. 25 대전2호선관련 취재(대전mbc)
○ ‘13. 4. 9 대전도시철도 2호선 관련 관계기관 협의(대전시)
○ ‘13. 4. 18 대전도시철도 2호선 관련 협의(대전시)
○ ‘13. 4. 25 대전도시철도 관련 취재(대전tjb)
○ ‘13. 5. 6 대전도시철도 2호선 공청회(대전시)
○ ‘13. 5. 8 사업설명(대전시 유성구)
○ ‘13. 5. 29 대전도시철도 2호선 관련 협의(대전시)
○ ‘13. 6. 7 대전도시철도 2호선 토론회(대전교통방송)
○ ‘13. 6. 28 평창올림픽 자기부상열차 적용건 협의(교통연)
○ ‘13. 7. 4 언론인터뷰(대전시)

4) 홍보물 제작(4건)

가) 성과홍보동영상 제작

・도시형자기부상열차실용화사업의 종합적인 성과를 함축한 동영상을 제작(영어, 한국어, 러시아어, 아랍어더빙) “도시형자기부상열차 실용화사업 성과보고 및 시승행사(‘12.11.29)”에 활용하였으며, 시장개척 활동을 본격적으로 수행하기 위해 국내외 관계자 내방시 활용 및 배포함





나) 연구성과보고서 제작

· 도시형자기부상열차실용화사업의 종합적인 성과를 함축한 연구성과보고서를 제작 “도시형자기부상열차 실용화사업 성과보고 및 시승행사(‘12.11.29)”에 활용하였으며, 시장개척 활동을 본격적으로 수행하기 위해 국내외 관계자 내방시 활용 및 배포함





다) 홍보리플릿 제작

· 도시형자기부상열차실용화사업의 사업개요 및 부상/추진원리 등 간략한 설명이 기재된 홍보리플렛을 제작(한국어, 러시아어)하여 국내외 시장개척을 위해 활용



라) 대전시 관계자 대상 배포자료 제작

· 대전도시철도 2호선으로 자기부상열차가 최종 선정될 수 있도록 대전시 관계자 내방시 자기부상열차의 친환경 특성 및 경쟁기종인 노면전차와의 비교표가 기록된 배포자료를 제작하여 배포







(2) 사업 및 연구결과 홍보(시장개척 활동 건수)

(가) 개요

- 국내 도시철도시스템 도입에 관심이 있는 지자체들에게 국내 연구개발을 통해 개발된 자기부상열차시스템을 적극적으로 알리기 위해 인천공항 시범노선에서 운행되는 자기부상열차 시스템을 직접 체험케하는 시승행사를 통해 쾌적하고 안전한 도시철도시스템으로서의 인지도 향상
- 해외 경전철 시장에 국내 기술로 개발된 도시형자기부상열차의 해외 시장개척을 하기 위해 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자들에게 국내에서 개발된 자기부상열차의 장점과 활용성을 설명하고, 직접 체험할 수 있는 시승행사를 실시하여 해외 시장 개척을 위한 홍보 실시
- 국내·국제 전시회 등에 참가하여 첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차 소개 및 우수성 홍보

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업 및 연구결과 홍보 (시장개척 활동 건수)													총 41건
- 국내 시장개척을 위한 홍보	- 언론보도(11건) - 지자체 및 관계기관 관련 시승행사(15건)												26건
- 해외 시장개척을 위한 홍보	- 도시형자기부상열차 특징 및 상용화 세미나(1건) - 카자흐스탄 Astana EXPO 2017에 자기부상열차 전시												14건

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
사업 및 연구결과 홍보 (시장개척 활동 건수)													총 41건
	건 협의(1건) - 해외철도관련분야 및 외교분야 관련 종사자 초청 시승행사(12건)												
- 국내외 전시회 참가	- '13.4.12(금) "국토교통과학기술 비전선포식"참가												전시회 참가 1건
목표 달성율	100%												

(다) 수행실적 및 결과

1) 국내 시장개척을 위한 홍보

가) 언론보도(TV, 신문, TV인터뷰)(11건)

- TV(3건)

· '12.12.7 "뜨거운 감자, 도시철도 2호선"(KBS대전)

· '13.1.16 "도시철도 2호선 논의 본격화"(대전KBS, 대전MBC)

· '13.5.3 "열린토론 지상고가VS노면전철"(대전TJB)






- 신문(4건)

· '12.6.25 "대전 대중교통의 중심, 도시철도"(금강일보)

· '12.11.21 "대전2호선 예비타당성 조사 통과"(조선일보 외 29개사)

· '13.1.16~21"대전도시철도 민관정위원회 현장견학"(중도일보 외 16개사)

· '13.1.31 "대전시의회 자기부상철도 현장견학"(중도일보 외 4개사)









- TV인터뷰(4건)

・'12.12.7　신병천 사업단장 인터뷰(대전KBS)

・'13.1.16　신병천 사업단장 인터뷰(대전KBS)

・'13.4.29　신병천 사업단장 인터뷰(대전TJB)

・'13.5.5　신병천 사업단장 인터뷰(대전TJB)

나) 지자체 및 관계기관 관련 시승행사(15건)

○ '12. 9. 11.　경기도 도시철도 담당 공무원 현장견학

○ '12. 10. 11. 김포지하철건설사업단 일행 내방

○ '12. 11. 21. 서울시 도시철도설비부 신호과장 일행 내방

○ '13. 1. 16.　대전시 민관정 도시철도추진위원회 현장견학

○ '13. 1. 24.　서울시 도시철도국장 일행 내방

○ '13. 1. 31.　대전광역시의원일행 내방

○ '13. 4. 15.　경기도 철도항만국장 일행 내방

○ '13. 5. 15.　대전광역시 유성구청 관계자 일행 현장견학

○ '13. 6. 24.　대전광역시 자치구 공무원 일행내방(1/2)

○ '13. 6. 25.　대전광역시 자치구 공무원 일행내방(2/2)

○ '13. 7. 17.　대전시 공무원 일행 내방(1/5)

○ '13. 7. 24.　대전시 공무원 일행 내방(2/5)

○ '13. 8. 7.　대전시 공무원 일행 내방(3/5)

○ '13. 8. 14.　대전시 공무원 일행 내방(4/5)

○ '13. 8. 21.　대전시 공무원 일행 내방(5/5)

2) 해외 시장개척을 위한 홍보(13건)

가) 도시형자기부상열차 특징 및 상용화 세미나(러시아 모스크바)(1건)

○ 일　　시 : 2012. 11. 11(일)~14(수) (3박4일)
○ 장　　소 : 러시아 모스크바 “The Central House of the journalist”
○ 목　　적 : 도시형자기부상열차시스템의 해외진출을 위하여 러시아 모스코바시 등 교통관련 기관, 관련 엔지니어 연합회 관계자 등을 대상으로 개최하는 “도시형자기부상열차 특징 및 상용화” 세미나 참석 및 발표 (본 세미나는 한국기계연구원이 자체사업으로 추진중인 “자기부상열차 러시아 시장개척”의 일환으로 개최)
○ 참석대상 : 모스크바시・2018년 월드컵 개최도시 교통정책담당자, 관련 엔지니아 연합회 관계자 등
○ 발표내용 / 발표자 :
- 한국의 자기부상열차 개발현황 및 실용화 현황 소개, 도시형자기부상열차 노선건설 (도시형자기부상열차실용화사업단 신병천 단장)
- 도시형자기부상열차 특징 (현대로템(주) 김국진 이사)

나) 카자흐스탄 Astana EXPO 2017에 자기부상열차 전시건 협의(1건)

○ 일　　시 : 2013. 8. 1(목)~5(월) (4박5일)
○ 장　　소 : 카자흐스탄 아스타나시청
○ 목　　적
- 카자흐스탄 아스타나 시에서 중앙 아시아 최초로 개최되는 세계박람회 행사(2017.6.1~9.1, 3개월 간)에 한국관과 카자흐스탄 전시관 사이 (약 500미터 예상) 자기부상열차선로 설치 협의
- 세계박람회 이후 아스타나공항-아스타나시중심부-엑스포연결노선(총연장 12.4km)추진협의
- 엑스포-아스타나공항-시내중심부 순환선(총연장 34.8km)추진협의
○ 참석대상 : 카자흐스탄 아스타나시 정부관계자, KISTEP 관계자 등

다) 해외철도관련분야 및 외교분야 관련종사자 초청 시승행사(12건)

○ '12. 7. 13.　중국북경투자그룹유한공사 일행 방문
○ '12. 8. 3.　주한 필리핀 대사관 내방
○ '12. 9. 21.　필리핀 산자부장관 일행 내방
○ '12. 10. 16. 인도네시아 교통성 철도국 일행 내방
○ '12. 11. 2.　중국 상해시정공정설계연구총원 일행 내방
○ '12. 12. 10. 카자흐스탄 재정국장 일행 내방

○ '13. 2. 8. 주한프랑스대사관 프랑스투자진흥청한국사무소 관계자 일행 내방
○ '13. 2. 19. 러시아 모스크바 인쇄예술대학 총장 일행 내방
○ '13. 6. 11. 네팔 공공사업교통부 차관 현장방문
○ '13. 6. 14. 터키 이스탄불 부사장 일행 내방
○ '13. 6. 14. 미국 덴버시장 일행 내방
○ '13. 6. 19. 터키 건설사 사장 일행 내방

3) 국내외 전시회 참가 (1건)

① 국토교통 과학기술 비전 선포식

○ 목 적
- 국토교통과학기술진흥원 창립 10주년을 맞아 개최되는 “국토교통 과학기술 비전 선포식”에 참가하여 주요귀빈과 일반참가자를 대상으로 최첨단 도시철도 교통수단인 도시형자기부상열차의 친환경, 우수성 등을 홍보
○ 전시기간 : 2013.4.12(금)
○ 장 소 : 서울 건설공제회관 2층 대회의실
○ 전시물
- 도시형자기부상열차 축소모형(1/20 Scale)
- 인천국제공항 시범노선 3D 조감도(1/3500 Scale)
- 사업단 브로슈어
- 사업소개 판넬

○ 전시사진






다-2. 성과확산 및 시장개척기반조성

(1) 시범노선 도심지 구간 경관개선

(가) 개요

- 우리나라의 관문인 인천국제공항지역에 건설된 자기부상철도 구조물의 경관을 개선하여 인천공항과 함께 세계적인 명소화를 이루고,
- 도심 교통수단으로서 소음·진동이 적고, 구조물이 슬림한 자기부상철도의 기술적인 강점과 도심지 경관 디자인 개선을 통한 환경 친화적인 강점을 부각시켜 주민들의 경관훼손 우려를 불식시킴과 동시에 자기부상열차의 우수성을 국내·외에 홍보 하고자 한 목적으로 시범노선 도심지 구간에 대하여 경관개선을 수행함
- 사업단에서는 경관개선을 위한 필요성 검토와 관련기관의 의견 및 전문가 자문을 통하여 경관개선을 수행하기로 하였으며, 한국디자인진흥원의 경관디자인 개발 및 실시설계 결과를 인천광역시 경관위원회 자문위원회에 상정하여 통과를 하였다. 자문결과를 보완하여 경관개선공사 발주작업을 진행하고 시공자를 선정하여 공사진행 중에 있음.

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시범노선 도심지 구간 경관개선 방안 도출													경관개선 결과
시범노선 도심지 구간 경관개선	. 경관개선 방안 도출 및 시험시공에 대한 관련기관, 전문가 자문 (1건) . 인천광역시 경관위원회 자문 상정 및 협의완료 (1건) . 경관디자인 개발 및 실시설계 발주 (1건) . 경관디자인 개발 및 실시설계 관리 (1건) . 경관개선 공사 발주 및 시공관리(1건)												경관개선 결과
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

시범노선 도심지 구간 경관개선 주요추진 경위는 다음과 같다.

- 12.02.23 인천국제공항공사에서 시범노선주변 경관개선 협조요청 [운송시설처-895('12.2.23)]
- 12.05.08 시범노선 경관개선 자문회의 개최 (사업단 주관)
  · 인천광역시 도시디자인추진단 팀장 등 전문가 자문실시

· 시범노선 경관개선안 도출시 사전에 인천시 경관위원회 심의 또는 자문을 통하여 전문가 의견수렴 필요

- '12.05.23 철도분야 연구개발사업 운영위원회

· 실용화사업 7차년도에 경관개선관련 예산 반영 (5.5억)

- '12.07.19 한국디자인진흥원 예비개선안 발표 및 협의

- '12.11.07 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선디자인 개발 및 실시설계 계약

· 계약상대자 : 한국디자인 진흥원

· 용역기간 : '12.11.07~'13.04.10

· 용역금액 : 161,500 천원

- '13.02.26 인천광역시 경관위원회 자문

· 여객터미널 상부구조물 제거

· 교각하부 녹지도입 : 담쟁이 넝쿨 식재

- '13.04.09 경관개선디자인 개발 및 설계 결과 최종발표회

- '13.05.09 최종발표회 지적사항 보완자료 제출

· 외장재 설치면적 축소 : 11 ㎡/m → 4 ㎡/m

· 거더 하부루버 계획 삭제

- '13.06.24 공사발주 요청(사업단 → 기계연구원)

· 공사명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 공사

-> 예정공사금액 : 일금 일십억칠천이백이십만원 (₩1,072,200,000원)

-> 예정공사기간 : '13.7.22 ~ 9.20 (60일간)

· 공사명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 공사(조명설비)

-> 예정공사금액 : 일금 일억삼천사백칠십만원 (₩134,700,000원)

-> 예정공사기간 : '13.7.22 ~ 9.20 (60일간)

- '13.07.02 입찰공고

- '13.07.23 낙찰자 결정

- '13.07.29 착공예정

1) 경관개선 필요성 검토 및 자문

□ 목 적

- 도시형자기부상열차 시범노선의 도심지에 해당하는 일부구간의 교각 및 거더 구조물의 경관을 개선하기 위하여 사업단에서 계획중인 개선안에

대한 검토 및 추진에 따른 관련 규정·행정적인 문제점을 사전에 파악하여 효과적인 추진을 하고자 함

□ 일 시 : 2012. 5. 8(화) 14:00~17:00

□ 장 소 : 도시형자기부상열차 실용화사업 시범노선 현장사무소

□ 주요 자문 의견

○ 사업단에서 검토중인 경관개선안 (VR 활용) 검토 및 의견 제안

- 현재 시범노선에 적용된 경관개념을 보완(콘크리트 마감 및 구조자체를 디자인으로 인정하고 보완)
- 그래픽은 지양하고 가급적 최소의 색, 선으로 보완
- Box Girder의 수평성 강조하는 방안이 바람직
- 페인팅에 의한 개선안은 임시적인 대안으로 유지관리에 문제가 있으므로 보다 영구적인 시설로 해결하려는 아이디어가 필요
- 식물식재는 동절기 미관저해요소가 될 소지가 있음

○ 관련규정 및 행정 절차 이행에 따른 문제점 및 처리 방안

- 인천시 경관위원회에 상정하여 심의 또는 자문을 통해 경관의 각 부분별 전문가의 의견수렴 필요

○ 경관개선 공모를 위한 RFP에 포함할 주요 내용 제안

- 현 구조물, 역사 등을 존치하면서 경관개선을 위한 아이디어제시와 적용방법, 향후 관리 방안 등에 대한 공모(안)에 제시될 수 있게 되어야 함
- 기존 경과자문(심의)내용과 연속성이 유지
- 구조물 표면 오염방지를 위한 방안이 강구
- 구조물의 균열상태, 열화도 등 안전진단(조사)이 가능한 디자인

○ 자기부상열차 경관성 개선을 위한 제안

- 주간색, 야간광으로 최첨단 시설물, 인천국제공항과 연계할 수 있도록 IT 적용
- 건축의 조명제안도 교각조명 위주가 아니라 열차의 선행(수평성)을 더 부각되도록 하는 것이 바람직함



자문의견 발표



경관개선 시험시공 구간 현장 점검

2) 인천광역시 경관위원회 자문

□ 목 적

- 도시형자기부상열차 시범노선의 도심지에 해당하는 일부구간의 교각 및 거더 구조물의 경관을 개선하기 위하여 사업단에서 계획중인 개선안에 대한 검토 및 추진에 따른 관련 규정·행정적인 문제점을 사전에 파악하여 효과적인 추진을 하고자 함

□ 일 시 : 2013. 2. 26(화) 14:30 ~ 17:30

□ 장 소 : 인천광역시청 영상회의실

□ 자문상정 내용









□ 주요 자문의견 조치결과

안 건 명	도시형 자기부상열차 시범노선 경관개선 사업 (제4호 안건)		
사업개요	○ 위 치 : 자기부상철도 인천국제공항(101)~국제업무단지(104) 구간 ○ 총사업비 : 15억 ○ 사업내용 : 기존 건설 완료된 자기부상철도 거더 및 교각의 디자인 개선		
심의결과	자문		
심의 주요 내용	심의내용	조치결과	비고
	○ 여객터미널 - 상부구조물 제거 또는 조정(축소) - 하부 교각부분 디자인개선 필요	○ 상부구조물을 제거하며, 기존의 터미널 구조물과 연계하여 하부 교각부 디자인진행	
	○ 거더 外 교각부분에 대해서도 경관개선 검토 필요	○ 주요 조망점에 따른 교각부 디자인개선	
	○ 교각하부 녹지도입 시 관수 고려한 수종을 선정	○ 담쟁이 넝쿨 식재 방안 고려	
	○ 경관조명의 균제도 적합여부를 검토할 것	○ 교량 하부 도로균제도에 영향을 미치지 않도록 조명사양 설정 및 조사방향 적용	
	○ 안전, 사후 유지관리에 문제가 없는지 검토할 것	○ 안전진단기관 및 유지관리기관과 협의하여 검토 ○ 실시설계 시 구조검토를 통한 점검	
	○ 향후 자기부상열차 노선 증설시 계획단계에서 경관을 고려하여 추진할 것	○ 경관법, 인천광역시 경관관련 규정 등에 따라 조치 예정	

3) 경관디자인 개발 및 실시설계

□ 디자인 개발에 따른 계약방법 결정

○ 한국디지안진흥원과 수의계약으로 디자인 개발 및 실시설계 시행

○ 수의계약 사유

- 시범노선 경관개선 디자인 및 실시설계용역을 지식경제부 산하 한국디자인 진흥원에서 수행 하므로,
- 다양한 분야별 전문가와 공동작업 가능
- 품질 보증 등 지속적 사후관리
- 부가세 면제로 예산 절감

- 용역비 집행 투명성 확보
- 현황 분석, 디자인 개발, 전략 수립 등 브랜드 체계의 통일성 유지
- 지자체, 공공기관 등 풍부한 관련용역 수행 경험
- 학계, 산업계 등 전문가 컨설팅을 통한 의견 수렴 가능
- 다양한 업체의 제안 검토 가능하다고 판단되어,
- 수의계약을 통하여 계약을 체결

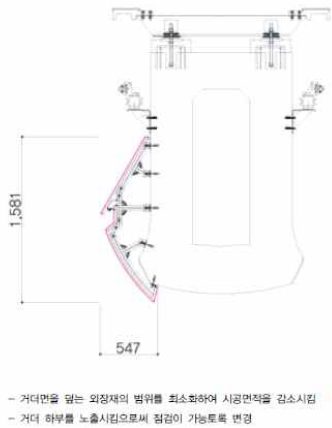
□ 계약개요

- 사업명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 디자인개발 및 실시설계
- 개발기간 : '12.11.7 ~ '13.3.6
- 계약금액 : 161,500,000원
- 계약상대자 : 한국디자인진흥원

□ 경관디자인 개발 및 실시설계 성과

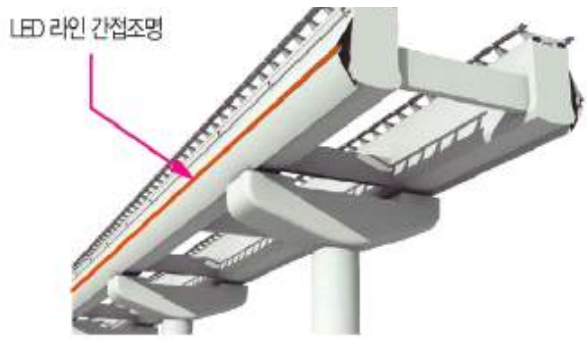
○ 경관개선 디자인

- 본선 Basic 디자인





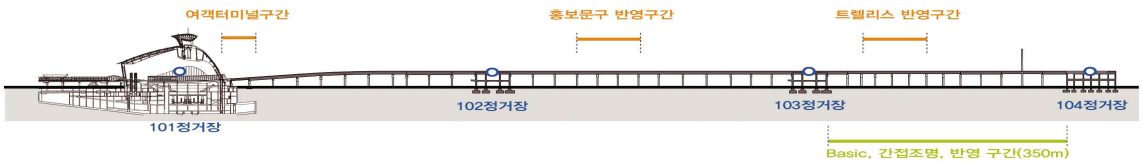
- 야간 경관 조명



-교각하부 식재 및 홍보문구 디자인




- 금회 공사진행구간





여객터미널구간 홍보문구 (공항로 교차지점) 트렐리스

○ 설계결과

- 경관개선공사와 전기공사 분리발주로 시행 (전기공사업법에 따라 분리발주)
- 경관개선 공사 예정금액 : ₩1,088,300,000 (부가세 포함)
- 경관개선 공사(조명설비) 예정금액 : ₩136,200,000 (부가세 포함)
- 공사소요기간 : 60일 (주・야간공사)

구분	7월	8월			9월		
	30	10	20	30	10	20	
자재 제작							
거더구간 부착물 설치(비계적용)							일반구간 350m
거더구간 부착물 설치(장비적용)							도로횡단구간 35m
전기설비							
교각구간 부착물 설치 및 식재							
시험 및 시운전							

4) 경과개선 공사 발주

□ 공사발주 요청 (‘13.6.24)

○ 공사명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 공사

- 예정공사금액 : 일금 일십억칠천이백이십만원 (₩1,072,200,000원)
- 예정공사기간 : ‘13.7.22 ~ 9.20 (60일간)
- 입찰참가자격 제한 :

· 건설산업기본법 제9조에 따른 금속구조물 · 창호공사업 등록자

· 입찰공고일 기준 최근 3년 이내 교량구조물 경관개선 및 산업디자인 또는 공공예술 프로젝트 등 유사 사업 3억원 이상 단일실적이 있는 업체

○ 공사명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 공사(조명설비)

- 예정공사금액 : 일금 일억삼천사백칠십만원 (₩134,700,000원)
- 예정공사기간 : ‘13.7.22 ~ 9.20 (60일간)
- 입찰참가자격 제한 :

· 인천광역시에 주된 영업소를 둔 업체

· 전기공사업법령에 의한 전기공사업

□ 공사 입찰공고 (‘13.7.2)

□ 입찰결과

○ 공사명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 공사

- 낙찰자 : 주식회사 디자인그룹 오감
- 낙찰금액 : ₩942,409,300 (낙찰률 : 86.748%)

○ 공사명 : 도시형자기부상철도 시범노선 경관개선 공사(조명설비)

- 낙찰자 : ㈜ 오성씨스템
- 낙찰금액 : ₩119,299,670 (낙찰률 : 87.745%)

(2) 홍보전시실 운영

(가) 개요

- 시범노선의 출발역인 인천국제공항역(101역)의 내·외부 공간을 홍보공간으로 활용하기 위해 홍보관을 설치하여 도시형자기부상열차에 대한 홍보효과 창출
- 창조경제 실천을 위한 첨단 기술의 교통시스템 도시형 자기부상열차브랜

드 가치를 높일 수 있는 “창조기술로 뜬다”는 컨셉(과업내역서 참고)의 홍보를 통해 기대감 및 참여 극대화

- 자기부상열차의 실용화에 성공하고 이를 바탕으로 국내 보급 특히 해외 수출을 통한 국가 창조경제 실천에 기여하고 궁극적으로 국민행복을 열어가기 위한 최적화된 홍보
- 국내외 유동인력이 많은 인천공항의 특수성을 감안하여 영업시운전 마무리 시점과 개통에 맞추어 홍보관 운영 지원
- 추가세부과제 연구를 통한 차량이름 선정 작업과 전국 공모를 통해 홍보 효과를 병행한 이름 아이디어를 수집하여 적용하고자 이름 공모 수행

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
홍보전시설 운영										-----	-----	-----	
홍보관 설치 및 홍보관 운영 실적	. 인천국제공항역(101역) 홍보관 설치 . 인천국제공항역(101역) 홍보관 개통시 운영 지원 . 차량기지 홍보관 설치 지원												
	. 차량이름 공모를 통한 홍보												
목표 달성율	30%												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

1) 인천국제공항역(101역) 홍보관 개념설계

가) 홍보관 홍보 컨셉 및 스토리텔링 기법

- 홍보 컨셉 : 창조기술이 뜬다

창조경제성, 친환경성, 안정성을 모두 구현하는 “창조기술” 그리고
첨단 자기부상열차의 개통을 의미하는 “뜬다“
이제 국민행복을 가져오는 창조경제 실천의 ‘창조 브랜딩’의 출발.

동선을 활용하는 ‘Story-walking’ 기법
S.T.E.P

S : Stimulation (호기심 자극)

: 정거장 접근의 계단, 엘리베이터, 공항연결 통로를 최초 접점으로 활용

T : Tangibility (구체적 정보제공, 궁금증 해소)

: 정거장 출입문, 내부 시설물 활용

E : Experience (능동적 Search & Experience & Share)

: 정거장 내 '체험부스' 설치

P : Pride (브랜드 소속감, 자부심 고취)

: 열차 객실 내의 홍보물

단계별 컨셉 :

S(창조기술이 뜬다),

T(착한기술이 뜬다, 기술이 뜬다),

E(기분이 뜬다),

P(세계가 들뜬다)

나) 홍보시설물 설치 가능 위치











정면 티켓창구(좌측)에 '미디어 월' 설치

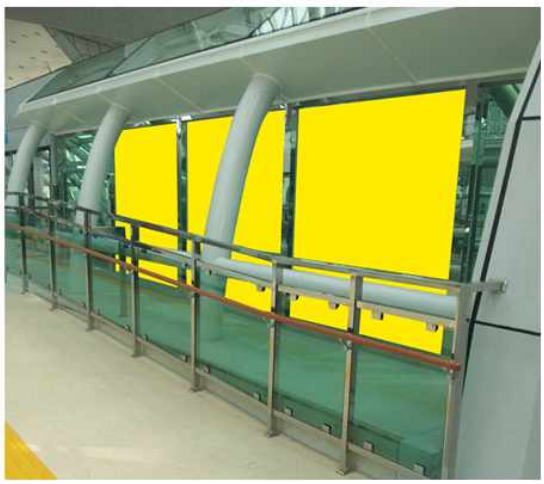


정면 티켓창구(우측) 게시판



정거장 내부 좌우측 유리창





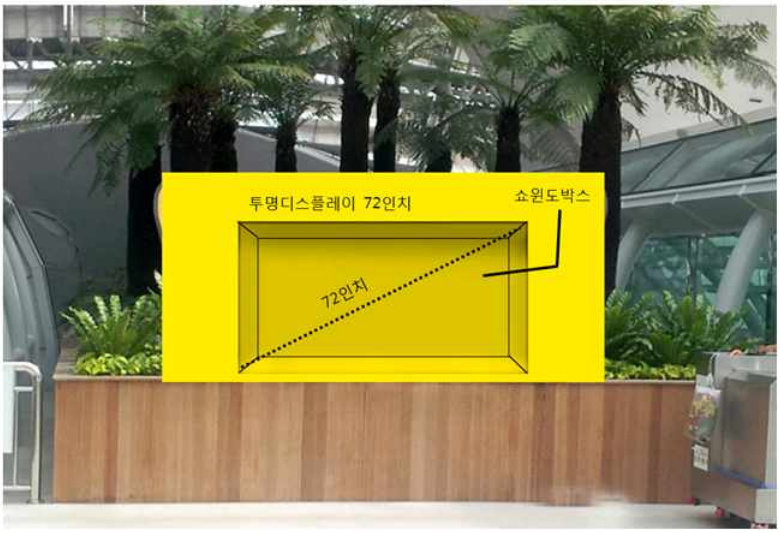
정거장 내부 좌측 티켓창구



정거장 내부 환기통



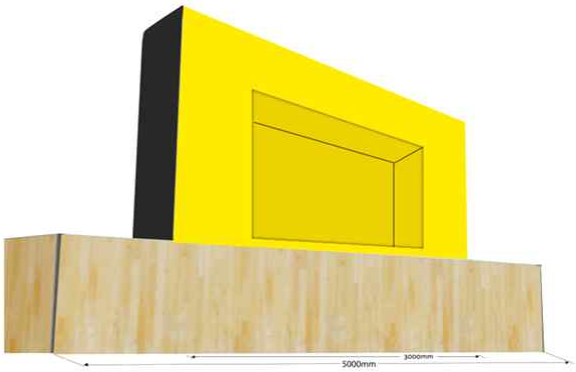
투명디스플레이 체험부스 정면



투명디스플레이 체험부스 옆면



투명디스플레이 체험부스 입체도



자기부상열차 내부 좌우측 상단



2) 도시형자기부상열차 이름 공모

가) 공 모

□ 공모 개요

○ 세계 2번째로 상용화 되는 도시형 자기부상열차에 대하여 국민들이 부르기 쉽고, 해외 진출 시 트레이드 마크 역할을 할 수 있는 차 이름을 일반공모로 정하므로서 국민들의 관심과 홍보 효과를 얻고, 인천공항에서의 운행 뿐만아니라 향후 성과 확산시에도 불릴 수 있는 차량의 이름을 짓기 위해 공모를 진행하였음.

※일본 자기부상열차 리니모(LINIMO), 한국형 고속전철 KTX·산천 등

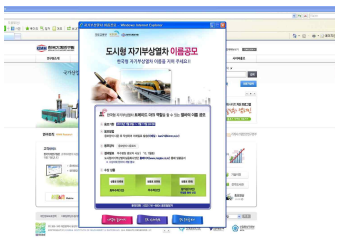
○ 공모방법으로는

- 공모기간 : '13. 7. 8 ~ '13. 7. 17 (10일간)동안 하였으며
- 응모 방법은 국토교통과학기술진흥원 홈페이지 및 한국기계연구원 홈페이지 링크를 통한 이메일 접수 하였으며

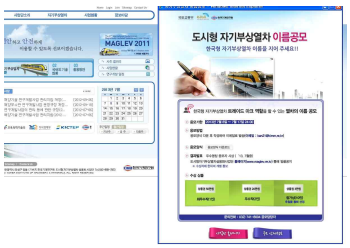
※ 각 기관에서 홈페이지에「자기부상열차 이름 공모」팝업창 설치→공모안내 팝업창 표출→공모(이메일 응모 및 접수)



<진흥원 홈페이지>



<기계연 홈페이지>



<사업단 홈페이지>

- 포탈싸이트(네이버)를 이용한 카워드 광고를 통해 공모 안내하였으며

※ 키워드 검색창에 "공모" 입력→"자기부상열차 이름 공모"가 표출→자기부상사업단 홈페이지로 접속→공모안내 팝업창 표출→공모(이메일 응모 및 접수)



<네이버 키워드 광고>



<네이버 블로그 홍보>

- 2013 Technologe Fair('13.7.11~12)를 활용한 공모 안내

※ 국토교통과학기술진흥원에서 개최하는 2013 Technologe Fair 참가자에게 공모 안내문 배포(7.11 참가자 등록 현장)

○ 공모에 따른 포상 방법으로는 다음표와 같이 상품권을 지급하는 것으로 안내함

구 분	인 원	포 상 내 용
최우수作	1명	50만원 상당 상품권
우 수 作	2명	20만원 상당 상품권
참가자 경품	10명	추첨을 통해 3만원 상당 상품권 지급

□ 공모 결과

○ '13. 7. 8 ~ '13. 7. 17 (10일간)동안 공모를 통해 전국에서 총 477명이 공모하여 560개의 차 이름 응모 접수 완료됨

나) 선 정

□ 선정 심사

○ 도시형자기부상열차 차량이름에 대한 심사는'13. 7. 25(목)(14:00~18:00) 한국철도학회 회의실에서 총 10명의 전문 심사위원을 모시고 심사를 수행함

- 전문기관 : 1명(교통사업본부장)
- 관련분야 외부전문가 : 6명(철도연 1, 교통연 1, 철도학회 1, 도시철도학회 1, 기계학회 1, 전기학회 1)
- 사업단 : 3명(사업단장, 핵심연구책임자 2명)

□ 선정 심사 결과

[표 21]차량이름 공모 선정 심사 결과

순위	차이름	설 명
최우수	에코비 (ECOBEE)	**Eco**-Friendly + **BEE** 창조적 최첨단 기술인 자기부상열차와 친환경의 연계성을 부각시키고, 차량의 외관에서 느껴지는 친근한 벌(Bee) 형상을 강조하여 세계 누구나 쉽게 친근하게 기억할 수 있는 네이밍
우수	매그라인 (Magline)	매그라인(Magline)은 Magnetic+line의 합성로서 자기부상철도의 의미를 표현함.
우수	KMT	Korea Maglev Train - 한국형 자기부상열차

※ 2단계 심사 토론중 주요 검토사항

- 기 사용되고 있는 이름(CTX, UTM, 등)은 가급적 배제
- 도시형 중저속이므로 고속의 이미지가 있는 MTX, UTX, ECOLEX 등은 오해의 소지가 있음
- 한글명이 같지만 뜻(영문)이 다를 경우 다른 명칭으로 간주

다) 포 상

□ 차이름 포상대상

○ 포상대상자 선정 원칙에 따라 경품 지급

- 심사위원 심사('13.7.25) 결과 우선순위에 따라 대상자 선정
- 유사명칭(동일명칭 포함)인 경우 공모안내 내용에 따라 접수 우선순위로 대상자 선정
- 한글명이 같지만 뜻(영문)이 다를 경우 다른 명칭으로 간주
- 사업단의 네이밍 관련 과제 연구참여자인 경우 포상 제외

○ 참가상 추첨을 통한 포상

- 심사에 참여한 심사위원 10명 각 1개씩 추첨(총 10개 추첨)하여 경품 지급

○ 공모결과 알림



기계연구원 홈페이지 결과 알림



사업단 홈페이지 결과 알림

(3) 유도급전 자기부상열차 적용 타당성조사 연구

(가) 개요

- 유도급전 전력공급장치에 대한 국내 연구개발 및 적용이 절실하게 요구

되고 있는 상황에서 다양한 철도 차량에 대한 유도급전 적용 방안 및 타당성 분석을 통해 연구개발 방향 설정

- 전기철도 및 도시형 자기부상 열차에 적용 가능한 유도급전 시스템의 구성 방안 도출
- 전기철도 및 도시형 자기부상 열차의 성능사양 분석을 통한 유도급전 시스템의 기술적 구현 가능성 및 안전성 검토
- 전기철도 및 도시형 자기부상열차에 유도급전 적용 시 경제성 및 에너지 효율성 분석

(나) 계획일정/수행일정/ 목표달성도

연구내용	당해년도												성과 결과물
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
유도급전 자기부상열차 적용 타당성조사 연구													
유도급전 자기부상열차 적용 타당성 조사 연구 (위탁과제)	유도급전 자기부상열차 적용 타당성 조사 연구 보고서(1건)												보고서 (1건)
목표 달성율	100%												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

1) 연구개발의 목적 및 필요성

- 기존의 전기철도는 상부가선을 통해서 접촉식 방법으로 급전을 받는 구조로 도시미관을 해치고, 문화재 보호구역 등에는 상부가선을 설치하기 어려운 문제가 있으며, 일반차량과 도로를 같이 사용하는 최근의 추세에 맞추기가 어려운 문제가 있다. 그래서, 최근 개발 및 보급이 활발히 진행되고 있는 전기철도는 도로 환경상 상부가선을 통해서 급전을 받기 보다는 주로 지상의 급전선으로부터 접촉식으로 전원을 공급받는다. 이 경우에 고압의 급전선이 노면에 노출이 되어 감전, 등의 사고위험을 가지고 있어서 대안 기술이 필요하다. 최근 해외에서 유도급전 전력공급장치에 대한 연구개발이 활발히 진행되고 있어서 국내에서도 개발 및 적용이 절실하게 요구되고 있는 상황에서 다양한 철도 차량에 대한 유도급전 적용 방안 및 타당성 분석을 통한 향후 과제개발 및 방향 설정이 필요한 시점임

2) 연구개발의 내용 및 범위

< 최종 목표 >

- 전기철도 및 도시형 자기부상 열차에 적용 가능한 유도급전 시스템의 구성 방안 도출
- 전기철도 및 도시형 자기부상 열차의 성능사양 분석을 통한 유도급전 시스템의 기술적 구현 가능성 및 안전성 검토
- 전기철도 및 도시형 자기부상열차에 유도급전 적용 시 경제성 및 에너지 효율성 분석

3) 연구개발결과

- 유도급전 설치비, 차량비용 증가분 분석 결과

[표 22]경전철(K-AGT) 건설비 비교표 (18.18km건설)

항 목	기존	CASE 1	CASE 2	CASE 3
공사비	7164	7,481	9,304	8,341
공사비 증가액	-	318	2,141	1,177
공사비 증가비율	-	4.4%	29.9%	16.4%
km당 공사비	394	412	512	459
Km당 공사비 증가액		18	118	65

* CASE 1 : 가속구간 250m 유도급전 설치 (Segment 10m)
* CASE 2 : 전구간 유도급전 설치(Segment 10m)
* CASE 3 : 전구간 유도급전 설치 (가속구간 Segment 10m, 비가속구간 Segment 30m)

[표 23]경전철(K-AGT) 차량구입비 비교표 (16편성, 2량 1편성)

항 목	기존	CASE 1	CASE 2	CASE 3
차량구입비	932	958	955	955
증가비용	-	25.9	22.6	22.6
증가율	-	2.8%	2.4%	2.4%
량당 차량비용	29.1	29.9	29.8	29.8
량당 증가비용	-	0.81	0.71	0.71

[표 24]트램 건설비 비교표 (5km건설)

항 목	기존	CASE 1	CASE 2	CASE 3
공사비	1365	1537	2163	1823
공사비 증가액	-	172	798	458
공사비 증가비율	-	12.6%	58.4%	33.5%
km당 공사비	273	307	433	365
Km당 공사비 증가액	-	34	160	92

* CASE 1 : 가속구간 250m 유도급전 설치 (Segment 10m)
* CASE 2 : 전구간 유도급전 설치(Segment 10m)
* CASE 3 : 전구간 유도급전 설치 (가속구간 Segment 10m, 비가속구간 Segment 30m)

[표 25]트램 차량구입비 비교표 (16편성, 5량 1편성)

항 목	기존	CASE 1	CASE 2	CASE 3
차량구입비	704	724.5	718.6	718.6
증가비용		20.5	14.6	14.6
증가율		2.9%	2.1%	2.1%
량당 차량비용	22.0	22.6	22.5	22.5
량당 증가비용		0.6	0.5	0.5

[표 26]자기부상열차 건설비 비교표 (6.11km건설)

항 목	제3궤조	CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5	CASE6
공사비	2,587.00	2,754.40	3,549.21	3,072.39	2,770.23	3,612.54	3,135.72
공사비 증가액		167.40	962.21	485.39	183.23	1,025.54	548.72
공사비 증가비율		6.5%	37.2%	18.8%	7.1%	39.6%	21.2%
km당 공사비	423.20	450.58	580.60	502.60	453.17	590.96	512.96
Km당 공사비 증가액		27.38	157.40	79.40	29.97	167.76	89.76

* CASE 1 : E형 픽업, 가속구간 250m 유도급전 설치 (Segment 10m)
* CASE 2 : E형 픽업, 전구간 유도급전 설치(Segment 10m)
* CASE 3 : E형 픽업, 전구간 유도급전 설치 (가속구간 Segment 10m, 비가속구간 Segment 30m)
* CASE 4 : Flat형 픽업, 가속구간 250m 유도급전 설치 (Segment 10m)
* CASE 5 : Flat형 픽업, 전구간 유도급전 설치(Segment 10m)
* CASE 6 : Flat형 픽업, 전구간 유도급전 설치 (가속구간 Segment 10m, 비가속구간 Segment 30m)

[표 27]자기부상열차 차량구입비 비교표 (16편성, 2량 1편성)

항 목	제3궤조	CASE 1	CASE 2	CASE 3	CASE 4	CASE 5	CASE 6
차량구입비	913.28	947.46	945.79	945.79	964.29	961.92	961.92
증가액		34.18	32.51	32.51	51.01	48.64	48.64
증가비율		3.7%	3.6%	3.6%	5.6%	5.3%	5.3%
량당 차량비용	28.54	29.61	29.56	29.56	30.13	30.06	30.06
량당 차량비용 증가액		1.07	1.02	1.02	1.59	1.52	1.52

○ 경제성 분석

- B/C 0.9 이상으로 경제성 있는 것으로 분석된 경우는 경전철(K-AGT) Case 1, 무가선 트램 Case 1, 자기부상열차 Case1, Case4
- 가속구간만 유도급전을 설치하는 방안이 경제성 있는 것으로 분석됨

[표 28]경전철 유도급전 적용 시나리오별 경제성 분석 결과

항목	기존경전철	유도급전		
		CASE1	CASE2	CASE3
비용	12,329.17	12,803.24	14,970.79	13,814.54
편익	12,329.17	12,329.25	12,329.25	12,329.25
B/C	1.00	0.96	0.82	0.89
NPV	0.00	-473.99	-2,641.54	-1,485.29

[표 29]무가선 트램 유도급전 적용 시나리오별 경제성 분석 결과

항목	기존 시스템	유도급전		
		CASE1	CASE2	CASE3
비용	3,389.16	3,683.35	4,330.04	3,956.04
편익	3,389.16	3,389.23	3,389.23	3,389.23
B/C	1.00	0.92	0.78	0.86
NPV	0.00	-294.12	-940.81	-566.81

[표 30]자기부상열차 유도급전 적용 시나리오별 경제성 분석 결과

항목	기존 시스템	유도급전					
		CASE1	CASE2	CASE3	CASE4	CASE5	CASE6
비용	5,093.05	5,391.25	6,338.00	5,765.82	5,434.60	6,433.93	5,861.75
편익	5,093.05	5,093.07	5,093.07	5,093.07	5,093.07	5,093.07	5,093.07
B/C	1.00	0.94	0.80	0.88	0.94	0.79	0.87
NPV	0.00	-298.17	-1,244.93	-672.75	-341.53	-1,340.85	-768.67

4) 연구개발결과의 활용계획

- 전기철도용 유도급전 시스템은 세계적으로 유일하게 Bombardier 사만이 보유하고 있고 기술이전이 전혀 안 되고 있다. 본 과제에서 분석하였듯이 일부 방식에서는 경제성이 충분한 것으로 분석이 되었다. 지금까지

국내에서 개발된 핵심기술을 활용하여 상용화를 위한 장기적 기술 개발 투자를 진행하면 국내 전기철도의 대외 경쟁력을 한 단계 상승하는 계기가 될 것으로 판단됨

(4) 성과확산 연구수행을 위한 추가세부과제 기획·공모·선정평가·협약 및 관리

(가) 개요

- 실용화사업 목표를 달성하고, 사업 이후 시범노선의 효율적인 운영, 후속 사업이 예상되는 지자체(대전 등)의 요구사항 해결 및 국내외 시장진출을 위한 연구성과 확산 활동의 체계적인 추진 등을 위해 사업비 범위 내에서 사업기간을 변경하고 추가 연구개발이 필요한 사항을 반영하여 본 실용화 사업을 효율적으로 추진하기 위해 연구개발 신규 과제를 추가함

(나) 세부공정별 수행내역 및 결과

1) 연구개발의 목적 및 필요성

- 실용화사업 이후 본 시범노선 및 향후 자기부상철도를 도입할 지자체에서 자기부상철도를 효율적으로 운영할 수 있도록 수요기관의 요청사항을 반영하며 자기부상철도의 건설비 경제성 향상을 위해 필수적인 연구내용으로 반드시 종합시운전 기간 중에 추진되어 연구되어야 하며
- 자기부상열차의 경쟁력 제고 및 적용성 확대를 위하여 차량 성능을 개선하고 효율을 향상할 수 있는 연구 반영하여 자기부상열차 국내외 시장진출을 위한 성과 확산 및 홍보 활동을 체계적으로 추진하기 위한 연구하고
- 철도안전법 개정에 따른 도시철도법 폐지에 대비하여 경전철 관련 제반 내용을 규정할 법령 개발 추진 하기 위해 신규세부과제를 추가하기 위한 기획·공모·선정평가·협약 및 관리 업무 수행

2) 연구개발의 내용 및 범위

□ 기획

- 실용화사업 이후의 사업의 완성도를 높이고 개선하고자 별도의 과제를 신규로 추가하여 진행하고자 '12.2.23일 기획연구에 대한 자문회의(도시형자기부상열차실용화사업단-222('12.2.15)) 개최 하였으며, 자문회의 의

견 및 연구 결과를 반영하여 “도시형자기부상열차 운영안전화 및 최적화” 기획연구 최종보고서(안)(도시형자기부상열차실용화사업단-515(’12.4.16))을 전문기관에 제출하였음

- 제출안에 대한 기획타당성 검토위원회가 개최되었고 검토의견을 반영하여 기획연구보고서를 전문기관에 제출하였음(도시형자기부상열차실용화사업단-641(’12.5.14))
- 실용화사업 목표를 달성하고, 사업 이후 시범노선의 효율적인 운영, 후속사업이 예상되는 지자체(대전 등)의 요구사항 해결 및 국내외 시장진출을 위한 연구성과 확산 활동의 체계적인 추진 등을 위해 사업비 범위 내에서 사업기간을 변경하고 기획연구보고서에서 제시된 일부 추가 연구개발이 시기상으로 중요하게 필요한 사항을 반영을 고려하여, 본 실용화사업을 효율적으로 추진하기 위해 5개 신규과제를 추가하는 안이 심의안건으로 상정되어 ‘12.1227~28일 개최된 운영위원회 심의 결과에 따라 5개 신규과제가 추진 됨.

□ 공모 및 선정평가

- 도시형자기부상열차실용화사업 추가 연구과제 RFP(안)에 대한 자문회의 개최(‘13.1.7)를 통하여 신규과제 제안요구사항에 대한 연구목표・내용, 기대성과, 연구비, 연구기간 등에 대한 검토가 전문기관 주관으로 진행되었으며, 자문의견을 반영한 RFP로 신규 과제에 대한 공고 계획(도시형자기부상열차실용화사업단-23(’13.1.3)) 수립
- ‘13.1.25~2.7일까지 전문기관 홈페이지 및 한국기계연구원 홈페이지에 지원내용이 공고(도시형자기부상열차실용화사업단-43(’13.1.8),51(’13.1.9))되었고, 접수된 과제를 대상으로 과제제안 요구서(RFP)의 연구목표, 연구개발내용 및 추진방법 등에 부합되는 연구수행기관 선정을 위해 3개의 평가위원회를 구성하여 사업단 주관으로 진행된 선정평가(‘13.2.18)가 이루어 짐.
- 추가세부과제 선정평가 결과에 대하여 선정된 과제에게 통보와 함께 제출협약서류 제출에 대한 안내(도시형자기부상열차실용화사업단-245(’13.2.20))를 통해 원할한 협약이 이루어 질 수 있도록 함

□ 협약 및 관리

- 선정된 신규과제에 대한 협약안내에 따라 ‘13.2.28 협약체결이 완료(도시형자기부상열차실용화사업단-295~298(’13.2.28))되었으며 당해연도(’13.3.1~10.31) 연구과제가 착수될 수 있도록 준비가 완료됨
- 협약된 신규과제에 대해 추가 세부과제와 인천광역시, 인천국제공항공사, 사업단 연구책임자들이 참석한 착수보고회(‘13.3.14)를 개최(도시형자기부상열차실용화사업단-328(’13.3.8))하여 도시형자기부상열차실용화사업 추가 세부과제의 연구내용, 연구방향 등의 적정성 여부를 확인하고 효율적인 연구가 수행될 수 있도록 검토하였으며, 검토의견이 과제에 반영될 수 조치하고 전문기관에 결과 보고함(도시형자기부상열차실용화사업단-417(’13.3.27))
- 연구수행을 위해 각 추가세부과제별 개최되는 공정회의에 참석하여 과제 진행상황을 점검하였으며, 과제의 연구성과 점검을 위해 중간성과보고서를 제출 받아 연구진행에 사항을 점검(도시형자기부상열차실용화사업단-1167(’13.8.13)) 수행

8. 7차년도(추가세부과제) 세부연구내용

가. 자기부상철도 선로시설물 자동화 점검시스템 개발에 관한 연구

(1) 자기부상열차 운행특성 분석

(가) 자기부상열차 개요

- 자기부상열차는 전자석의 힘으로 차량을 지지하고 가이드웨이 상에서 자기장에 의해서 일정한 갭을 유지하면서 선형전동기로 추진하는 새로운 형태의 교통수단이다. 궤도와의 비접촉 주행으로 소음, 진동이 작고 분진이 발생하지 않는 친환경적인 교통 시스템으로 초기 건설비용이 타 경전철에 비하여 고가이나 운영비용이 상대적으로 저렴한 특성을 가지고 있다.

(나) 자기부상열차의 종류

1) 부상방식에 따른 분류

- 자기부상열차는 자석의 인력과 척력을 이용하며 부상방식은 자석간의 인력을 이용하여 부상레일과 전자석간의 인력으로 부상시키는 흡인식과 같은 극의 자석간에 작용하는 반발력을 이용하는 반발식으로 나눌 수 있다.

[표 31]부상방식에 따른 분류

방 식	원 리	비 고
흡인식	부상레일 하부에 위치한 차량의 전자석이 철도 된 레일을 끌어 당기는 힘으로 부상	정지시와 저속에서도 부상가능
반발식	차량에 설치된 초전도 자석과 설치된 코일 사이의 반발력으로 부상	일반적으로 흡인식보다는 제어가용이

- 흡인식 부상방식은 차량에 부착된 전자기와 가이드웨이의 강자성 레일 사이에서 작용하는 흡인력을 이용하여 열차를 부상시키는 방식이다. 이 방식에서 열차와 가이드웨이 사이의 자기장의 형성 및 간격을 유지시키기 위해서는 전기적인 제어장치에서 높은 기술력을 필요로 한다.

가) 반발식 자기부상방식

- 자석에는 N극과 S극이 있어 같은 그성의 자석을 가까이 하면 서로 반발하게 된다. 따라서 지상측(Guideway측), 차상측 모두 같은 극성의 영구자석을 배치하면 차량은 반발력에 의해 부상한다. 자석의 반발력은 거리의 2승에 반비례하므로 차량이 부상하여 균형을 이루고 있는 상태에서 얼마간의 외력이 작용하여 그 상태에서 내려가려고 하면, 자석에 의한 반발력이 증가하여 차량이 위로 들어 올려지게 된다. 거꾸로 차량이 균형을 이루고 있는 상태에서 올라가려고 하면 자석에 의한 반발력이 감소해져 차량이 그 중량으로 인해 내려가게 된다. 이것은 영구자석을 사용한 경우의 현상이지만 실용화 단계에서는 영구자석의 성능, 부상 한계는 물론이고 지상측 가이드웨이에 영구자석을 일렬로 늘어놓아 배치하는 것이 필요하다.

나) 유도식 자기부상방식(EDS : EletroDynamic Suspension)

- 구리 등의 도체를 여러번 감아서 만든 코일을 통과하는 자력선이 변화할 때와 도체봉이 자력선을 가로지를 때 여기에서 기전력이 발생하고, 이 기전력에 의해 전류가 흐르는 것을 전자유도현상이라 한다. 차량은 전자유도현상을 이용하여 부상하는 것이 가능하며, 대향부상방식과 측벽부상방식으로 분류할 수 있다.

□ 대향부상방식

- 지상측의 가이드웨이에 도체를 감아서 만든 코일을 나열하여 설치한다. 또한 코일 위를 통과하는 차량에 강력한 자석을 탑재하고, 차량이 고속으로 통과하면 차상의 자석에 의한 자력선이 지상의 코일을 가로지르게 되어 그 코일은 자석이 되어 차량과 코일과의 사이에 반발력이 생기게 된다. 이 방식은 코일과 자석이 서로 마주보고 있으므로 대향부상방식이라고 말한다.

□ 측벽부상방식

- 이 방식은 가이드웨이의 측벽에 「8자 모양」의 코일을 설치하여 차상의 초전도 자석과의 반발력과 흡인력에 의해 부상시킨다. 대향부상방식보다도 적은 유도전류로 부상하는 것이 가능하다.

다) 흡인식 자기부상방식(EMS : ElectroMagnetic Suspension)

- 지상측 가이드웨이에 철등의 자석체를 배치하고, 그 자성체의 하부에 차량의 전자석을 위치시킨다. 즉 지상측의 자성체에 전자석이 흡인하는 성질을 이용하고, 지상측의 자성체와 차량의 전자석과의 간격을 일정하게 유지되도록 자동제어장치를 설치하여 차량을 안정되게 부상시킬 수 있다.

[표 32]부상방식별 장단점 비교

부상 방식	장 점	단 점
상전도 흡인식	· 반발식에 비해서 기술적으로 용이하며 정지시와 저속에서도 자력에 의한 부상이 가능 · 부상과 안내 상호간의 간섭을 최소화하여 제어할 수 있으므로 고속추진에 유리 · 하나의 전자석으로 부상과 안내를 동시에 얻을 수 있으므로 분리형 대비 구조가 간단하며 단수의 전자석 채용에 의한 재료비 절감효과가 있음	· 레일의 높은 정밀도가 요구되고 속도가 높을수록 제어가 어려워짐 · 복수의 전자석 채용에 따른 제어기 수량 증가 · 주변설비가 복잡 · 하나의 전자석이 부상과 안내를 동시에 수행하여야 하므로 분리형 대비 전자석 전원 공급장치의 용량이 커져야 하며, 속도가 증가할수록 부상력과 안내력의 간섭현상으로 각개의 정밀한 분리제어를 수행할 수 없어 고속용으로 적용하기에는 안전상의 문제점을 가지고 있음
초전도 반발식	· 자기학적으로 안정한 시스템으로서 공급의 제어가 필요없고 상전도 흡인식에 비해 큰 공극(100mm 정도)을 유지할 수 있기 때문에 가이드웨이 설치가 보다 용이 · 부하의 변화에 대해 강인한 시스템이기 때문에 화물수송에 적합한 시스템이며 초고속에 적합한 시스템	· 초전도자석 및 극저온상태 유지를 위한 컴팩트한 형태의 헬륨 냉동기는 기술적으로 어렵고 개발에 많은 시간을 요하고 있어 일본 이외의 국가들은 개발 초기단기에 포기한 실정
영구자	· 구성이 간단하고 전원이 필	· 기계적인 안내를 필요로 하

석 반발식	요 없음	는 등 기술적 결함과 대형시스템에 필요한 고성능 영구자석의 부재

2) 추진방식에 따른 분류

- 열차의 추진방식에 대하여는 선형유도전동기(LIM : Linear Induction Motor)를 이용한 방식과 선형동기전동기(LSM : Linear Synchronous Motor)를 이용한 방식이 있다. 일반적으로 짧은 고정자를 사용하는 경우 가이드웨이의 비용은 절감하는 반면에 선형유도전동기가 무거우며 따라서 차량에서 중량을 줄여야 하는 단점이 있다. 또한 전기적 추진력 이외에도 가스 터빈이나 터보프로펠러 등을 이용하여 추진장치를 구성하는 경우도 있으나 차량의 중량, 주행속도, 운행효율 등을 고려하여 선정하여야 한다.

가) 선형유도전동기(LIM)

- 유도전동기에 대응하는 리니어 모터카 선형유도전동기이다. 이 모터는 회전형의 유도전동기를 반경방향으로 잘라 펼친 것이고, 고정자에 해당하는 차상측에 이동자계를 발생시켜, 회전자에 해당하는 지상측에 알루미늄 등의 비자성체 도체판(reaction plate)에 전류가 유기되어 이동자계와 작용하여 차량이 추진되는 것이다.

가) 선형동기전동기(LSM)

- 동기전동기에 대응하는 리니어 모터카 선형동기전동기이다. 이 모터는 회전형의 동기전동기를 반경방향으로 잘라 펼친 것이고, 고정자에 해당하는 지상측 코일에 이동 자계를 발생시켜 회전자에 해당하는 차상측 자석과의 흡인 및 반발에 의해 차량이 추진하는 것이다. 선형동기전동기는 동기를 얻기 위해 선형유도전동기에 비하여 구조 및 제어 장치가 복잡(제어가 까다로움)하지만 에너지 효율을 높일 수 있어 대 전력이 요구되는 고속철도에 적용하고 있다.

[표 33]추진방식별 장단점 비교

추진 방식	장 점	단 점
선형유도 전동기	· 평판구조가 가능 · 일정공극의 유지가 쉽다. · 피구동체의 일부를 2차측으로 하여 응용가능 · 구조물, 레일 등을 2차도체로 하여 응용가능 · 편측식에 비해 추력이 크다. · 2차측이 알루미늄만으로도 가능하여 간단하며 관성을 작게할 수 있다. · 교류기와 같은 제어가 가능하다. · 대 출력, 대기동력 발생 · 유지보수 용이 · 고속운전 가능	· 편측식은 양측식에 비해 추력이 작다. · 2차측이 자성체로 구성되면 추력의 10배 이상 흡인력 발생 · 양측식은 편측식에 비해 구조가 복잡하다. · 공극을 일정크기로 유지해야 한다. · 위치결정정도가 낮다 · 위치결정시 발열이 난다 · 위치에 궤환이 필요하다.
선형동기 전동기	· 정속으로의 주행이 가능 · LIM에 비해 효율이 좋음 · 고속 주행	· 속도변화를 위해서는 주파수변환기 필요

2) 속도에 따른 분류

- 장거리 지역간 교통수단으로 활용할 수 있는 초고속형과 도시내부 교통수단으로 활용할 수 있는 중·저속형으로 구분할 수 있다. 초고속형의 부상방식은 각기 다르나 추진은 선형동기전동기(LSM)를 사용한다. 중· 저속형은 상전도 흡인식의 부상방식과 선형유도전동기(LIM)를 사용한 추진방식이 주류를 이룬다. 미국 GA의 자기부상차량은 부상 및 추진방식은 초고속형에 적합하나 현재 중·저속의 도시형으로 기술개발 중이다. 인천 자기부상열차의 경우 중·저속형 모델로서 상전도 흡인식의 부상방식에 선형유도전동기(LIM)를 이용하여 추진을 하는 UTM-01, UTM-02 등 기존의 연구개발 모델과 같은 형태의 부상 및 추진방식을 채택하고 있다.

[표 34]속도에 따른 분류

구 분	부상방식	추진방식	적용사례
초고속형	상전도 흡인식	LSM	Transrapid(중국, 상하이)
	초전도 반발식	LSM	MLX-01(일본), M2000(플로리다)
중·저속형	상전도 흡인식	LIM	UTM-01,UTM-02(한국) HSST(일본, 나고야), ODU(미국, 노퍽)
	영구자석 반발식	LSM	GA(미국, 샌디에이고)

(다) 철제차륜과 자기부상열차 차량 특성

- 기존의 철제차륜에서는 차량지지(Support)와 차량의 안내(Guide)를 모두 차량의 바퀴와 레일의 물리적인 접촉에 의해 이루어졌다면 인천 자기부상열차는 자석의 자기력에 의해 차량의 지지와 차량안내가 이루어진다. 또한, 기존 철제차량은 회전형 전동기, 기어 그리고 바퀴에 의해서 회전운동을 직선운동으로 바꾸어 차량의 구동(Traction)을 담당하고, 자기부상열차는 선형유도전동기에 의해 발생되는 직선운동을 통해 차량의 추진력을 얻고 있다.

[표 35]철제차륜열차와 자기부상열차의 차량비교

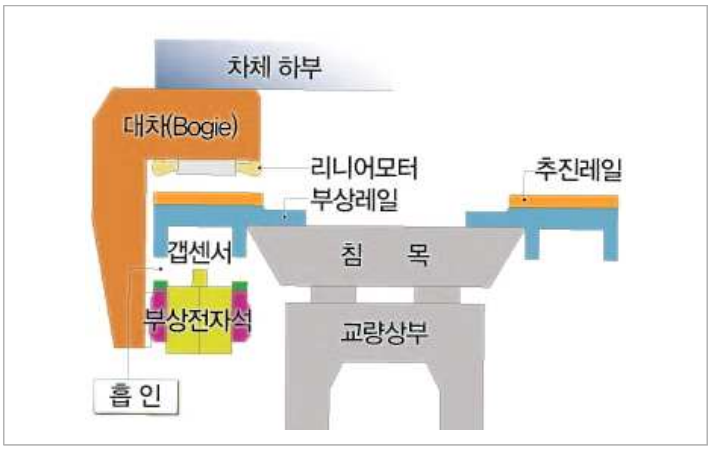
구 분	철제차륜열차	자기부상열차	비 고
차량지지(Support)	바퀴와 레일의 물리적 접촉	자석의 자기력	
차량안내(Guide)			
차량구동(Traction)	회전형전동기/Driving Gear/바퀴 [회전운동→직선운동]	선형전동기 [직선운동]	

[표 36]인천공항 자기부상열차 차량 제원

항 목	자기부상열차 차량 특성
열차편성	• 2량 1편성 (MC1 + MC2)
선로조건	• 궤간 : 1,850mm • 등판능력 : 70% • 최소 곡선반경 : 50mR • 가선전압 : 1500VDC • 급전방식 : 3궤조방식
성능조건	• 최고설계속도 : 110km • 가속 성능 : 4.0km/h/s • 감속 성능 : 4.0km/h/s, 비상 : 4.5km/h/s • 실내소음 : 65dB(A) 이하 • 부상공극 : 8mm
차량치수	• 12(L) × 2.7(W) × 3.45(H)m • 편성길이 : 24.5m
탑승인원 (만차)	• MC : 115명/량 • 편성 : 230명/량
중량	• 공차 : 18.9톤/량 • 만차 : 26.5톤/량
차량제어방식	• 속도제어방식 : 가변전압가변주파수(VVVF) 인버터 • 제동방식 : 회생제동병용, 전기지령식 유/공압제동

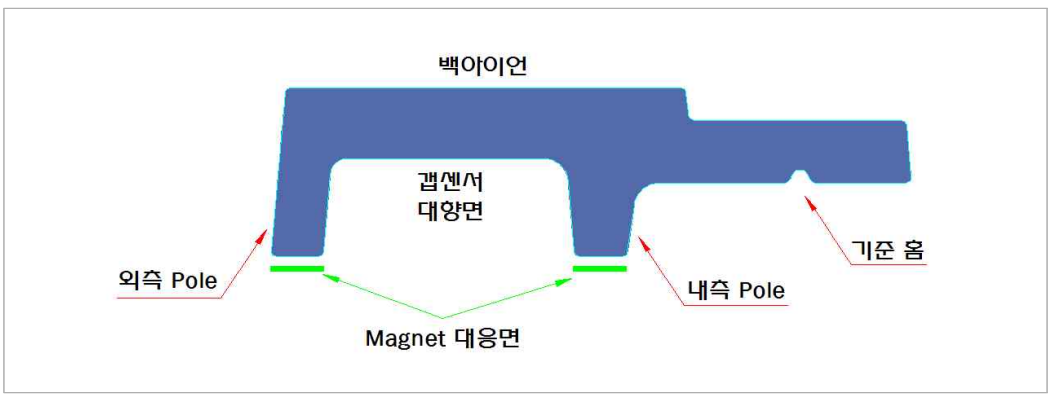
(라) 자기부상열차 운행과 선로시설물 인터페이스

- 자기부상열차는 대차 하부에 달린 전자석과 부상레일간의 흡인력에 의해서 차량이 부상하게 되며 부상전자석 상부에 있는 갭센서에 의해 부상공극(Gap)의 크기를 조정한다. 자기부상열차 대차 1대에는 4set의 부상모듈이 부착되며 모듈당 갭센서 2개와 가속도센서 1개가 부착되고, 편성당 부상공극센서는 64ch, 가속도센서는 32ch로 구성되어 자기부상열차의 공극을 제어하고 있다.



[그림 244]자기부상열차의 대차와 선로구조물

- 자기부상열차의 부상공극을 안정적으로 유지되기 위해서는 부상레일 내·외측폴 하부의 Magnet 대응면이 열차의 전자석과 평면을 이루어야 하며 내측폴과 외측폴 사이의 Gap Sensor 대향면의 평면 유지가 중요한 요소이다.
- 따라서 철제차륜과 자기부상열차의 궤도 및 선형 관리는 방안을 다르게 적용할 필요성이 있다. 차륜과 레일의 접촉점이 열차의 하중전달 경로이며 차륜의 궤적(상하 및 좌우)인 철제차륜에 비하여 자기부상열차는 Gap Sensor에 의한 상하 방향의 간격 측정 결과에 따라 부상전자석의 전자기력을 조정하여 하중을 전달되는 구조이다. 이에 따라 철제차륜 차량의 궤도관리에서 주요한 요소는 접촉점이 형성되는 레일의 원활한 궤적의 관리에 있다면, 자기부상열차는 부상전자석의 전자기력을 일정하게 유지하기 위한 gap의 편차를 최소화하는 궤도선형의 확보에 있다. 자기부상열차의 궤도선형관리의 주안점은 레일 Pole간 간격, 궤간, 레일 이음구간의 간격 및 단차의 관리가 중요한 요소이다.



[그림 245]부상레일 단면도

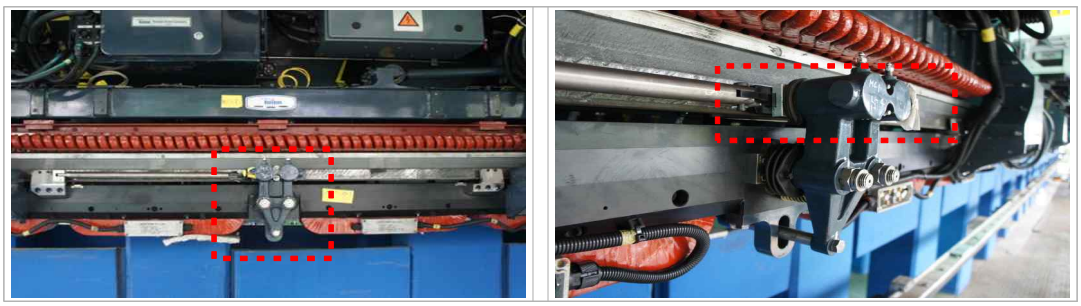
(마) 인천공항 자기부상열차 제동 특성

1) 자기부상열차 제동의 종류와 기능

- 제동은 상용제동, 비상제동 및 정차제동 등으로 구분된다.
- 상용제동은 승무원에 의한 주간제어기 핸들조작과 ATP/ATO장치로부터 지령을 받아 전기제동(회생제동・역상제동)과 기계제동으로 작동하며, 회생제동이 최대가 되도록 연속적으로 병용되어 이루어진다.
- 비상제동은 승무원에 의한 주간제어기의 비상위치 조작, 비상제동 스위치 조작, ATP/ATO 비상제동지령, 주 공기압 부족, 열차분리 및 비상제동제어회로 이상 시 전차량에 자동으로 작용하며, Fail-Safe 구조로 한다. 비상제동 스위치 조작, 주공기 압력부족 등으로 인한비상제동은 운전실에 있는 제동완해 스위치에 의해 완해될 수 있다.
- 정차제동은 제동장치 및 ATO에 의하여 자동으로 체결되고 역행시 자동으로 완해되며, 열차 정차 시 이동방지 기능을 갖는다.

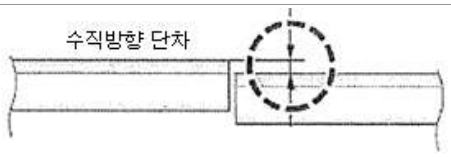
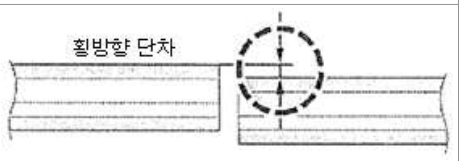
2) 자기부상열차 제동 특성

- 자기부상열차는 제동 시 철제 및 기타 전동차량이 수행하는 전기(회생)제동과 공기제동을 사용하는 블랜딩 제동방식과는 달리 비접촉 운행특성에 따른 전기(회생)제동과 역상제동을 사용하고, 열차의 저속영역(약 4~ 5Km/h)에서 전기제동이 완전 소멸하면 제동 부족분에 대하여 공기제동을 수행하여 회생제동 고장 또는 실패의 경우도 승무원의 추가조작이 없이 자동적으로 기계제동으로 전환되어 소요 제동력을 만족시킨다. 기계제동은 대차 하부에 달린 브레이크 슈를 통해 이루어지며 브레이크 슈는 부상레일의 외측폴(Pole)을 내외부에서 감싸고 있는 형태로 제동시에는 외측폴에 밀착하여 열차의 제동을 하므로 외측폴의 단차로 인해 브레이크 슈가 주행 중에 레일이음매에서 레일 끝단에 걸리는 경우 열차의 부상실패(낙하) 현상으로 이어질 수 있으므로 외측폴의 단차(특히, 횡방향단차) 관리가 매우 중요하다.



[그림 246]자기부상열차 기계제동 장치(브레이크 슈)

[표 37]자기부상열차 이음매단차 관리기준

구 분	수직방향 단차	횡방향 단차
개념도		
설치기준	±1mm	±0.5mm
유지관리기준	±1mm	±1mm

- 인천자기부상열차 시범노선의 이음매 단차에 관한 유지관리는 설치시와 운영중일 때를 구분하여 위 표와 같은 설치기준을 정하여 관리하고 있으며 이 허용기준은 자기부상열차 실용화사업 과제 중 차량분야에서 제시한 『상부궤도 설계요구조건(2008.9.29 수정본)』을 따르고 있다.

(2) 자기부상열차 선로시설물 특성 분석

(가) 자기부상열차 선로시설물 현황개요

- 자기부상열차 실용화사업 시범노선으로 인천광역시 영종도 일원에 건설된 인천자기부상열차는 본선 연장 6.113km, 정거장 6개역(섬식1개소, 상대식5개소), 차량기지 1개소로 구성되며 분기기는 본선과 차량기지를 합쳐서 총 10기의 분기기가 부설되어 있다.

[표 38]인천자기부상열차 시범노선 개요

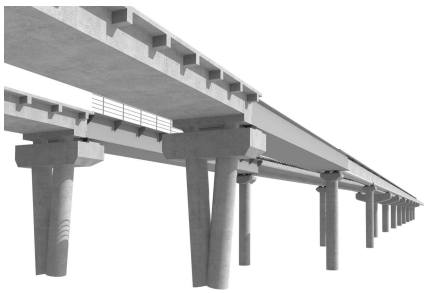
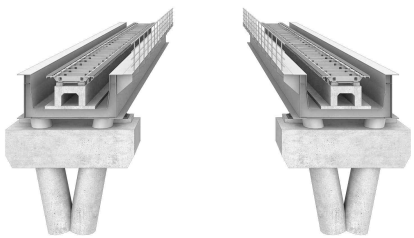
사업구간	인천국제공항 교통센터(PMS) - 국제업무지역 - 워터파크 - 공항철도 용유역사
총 연 장	본선 6Km 113.00 / 입출고선 0Km 705.00
규 모	정거장 6개소, 차량기지 1개소
차량시스템	자기부상시스템열차 (상전도 흡입식, LIM 추진)
운전방식	완전자동운전 (Driverless) 방식
최소운전시격	90초 (회차포함 최소 운전시격 150초)
급전방식	DC 1500V 급전방식으로 제 3궤조 전차선에 급전
선로특성	궤도 (자기부상철도 가이드웨이), 궤간 (1850mm)
조감도	

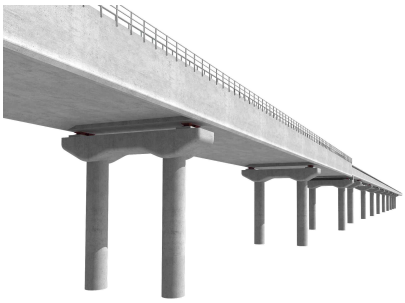
- 인천공항 자기부상열차 시범노선은 6.113km의 본선 연장 중 5.362km의 구간 중 대부분이 지상으로부터 약 7.6 ~ 14.7m(레일면 기준)의 높이에 위치한 복선형태의 교량으로 슬라브가 없는 거더 형식 구조물을 적용하였다. 또한, 전차선의 경우 거더 측면에 직접 부착하여 별도의 구조물을 설치하지 않아 구조물의 경량화 및 슬림화를 가능하게 하였다.

(나) 토목(교량)시설물 특성

- 자기부상열차의 궤도는 하부의 교량구조물에 의해 지지되고 있으며 교량구조물은 기초, 교각, 거더 등으로 구성되어 있으며 주요 교량 형식별 모습을 살펴보면 기존구조물 접속구간, 단선병렬구간, 분기기구간, 복선구간으로 구분할 수 있다.

[표 39]교량구조물 형식별 특성

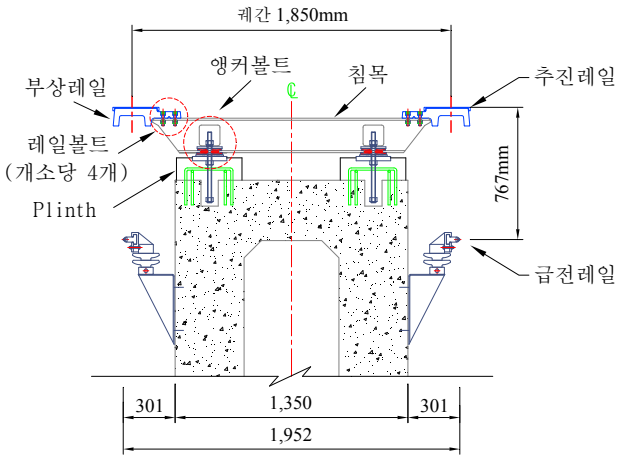
구 분	기존구조물 접속구간	단선병렬구간
구성도	 	 
특 징	• 거더높이가 낮아 형하공간 확보에 유리 • 장경간 교량에 적용가능 • 고정하중이 작아 기존구조물의 안전에 미치는 영향이 적음 • 크레인가설공법 적용 → 단순교 형식 적용	• 경간장 35m의 연속교로 계획 • 처짐관리 유리 및 연속화에 의한 상·하부 구조물의 슬림화 가능 • 복선구간과 동일한 거더 형상으로 경관 및 공정관리 효율적

구 분	분기기구간	복선구간
구성도		
		
특 징	• 프리캐스트 부재의 일괄 가설을 통한 시공성 및 공정관리 우수 • 전력선등이 외부로 노출되지 않아 도심지 적용시 경관성 우수 • 낮은 형고의 교량가설 가능	• 경간장 35m의 연속교로 계획 • 거더 하부플랜지를 확대하여 강성 증가 • 연속화로 인해 처짐관리가 유리하고 슬림화 가능

- 인천공항 자기부상열차 교량구조물은 슬림화로 인해 경관의 우수성을 확보하였으나 대조적으로 정거장과 분기기구간 같이 대단면 구간을 제외하면 비상대피로 외에는 인력점검을 위한 점검로는 전혀 확보되어 있지 않아 기존 점검방법과는 다른 본선 선로시설물의 점검을 위한 대책 마련이 필요할 것으로 판단된다.

(다) 궤도시설물 특성

- 자기부상열차의 궤도는 고가궤도의 형태로 건설되어지며 궤도와 비접촉 방식으로 주행하고, 대차가 궤도를 감싸고 주행하는 구조적 특성상 일반 철제차륜 방식의 궤도와는 다른 형태를 지니고 있다. 자기부상열차 궤도는 차량을 지지하고 주행을 유도하는 부상레일과 추진레일, 레일을 거더에 고정시켜주고 하중을 지지하는 침목 및 침목체결구, 부상레일과 부상레일을 이어주는 레일이음매, 열차의 진로를 바꿔주는 분기기로 구분해 볼 수 있다.



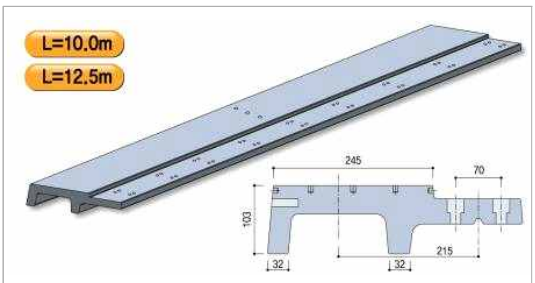
[그림 247]선로시설물 표준단면도

1) 부상레일

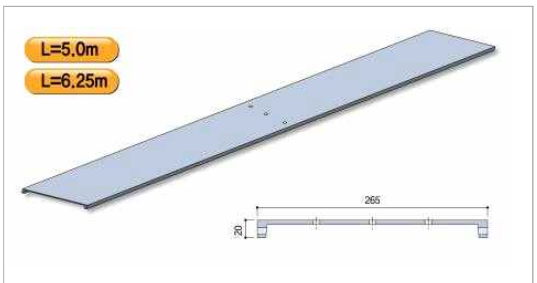
- 부상레일은 차량의 대차에 취부되어 있는 전자석으로부터 자력을 유도받아 차량의 부상 및 안내역할과 제동 등 다양한 형태의 인터페이스 역할을 하며 부상레일에 사용된 강재는 일반구조용 압연강재로서 일반구조용 또는 용접구조용 강재로 활용되는 SS400 또는 KS D3503을 사용하여 제작되었다. 또한 징크프라이머로 도장하여 내염해성 및 내부식성을 확보하였다. 부상레일의 표준길이는 10m, 12.5m로 구성된다.

2) 추진레일

- 추진레일은 선형유도전동기에서 발생하는 와류에 대한 반발력을 발생시켜 추진을 가능하게 하며 부상레일의 백아이언부에 취부되는 ㄷ자 형태로 알루미늄 합금인 Al 6061으로 제작되었다. 상부 및 측부에서 접시머리볼트 체결을 통해 부상레일에 고정된다. 추진레일의 표준길이는 5m, 6.25m로 구성된다.



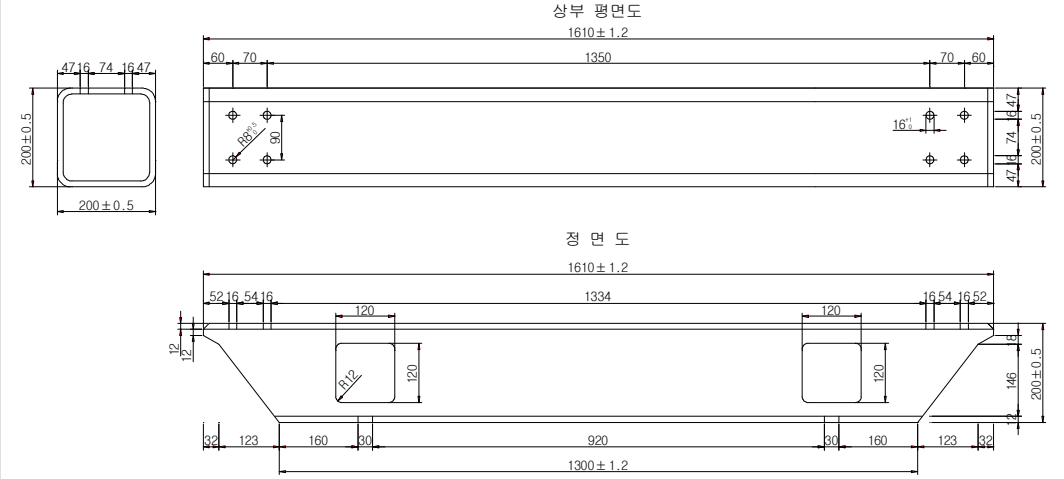
[그림 248]부상레일



[그림 249]추진레일

3) 침목(Mono-Block)

- 침목은 레일을 양쪽 끝단에 고정시키고 지지하며 레일을 통해 전달되는 열차하중을 넓게 도상에 분포시키는 역할을 한다. 자기부상열차에 사용된 침목의 재질은 일반구조용 압연강판 SS400을 사용하여 각관형태로 형상 및 제원은 아래 그림에서 확인할 수 있다.



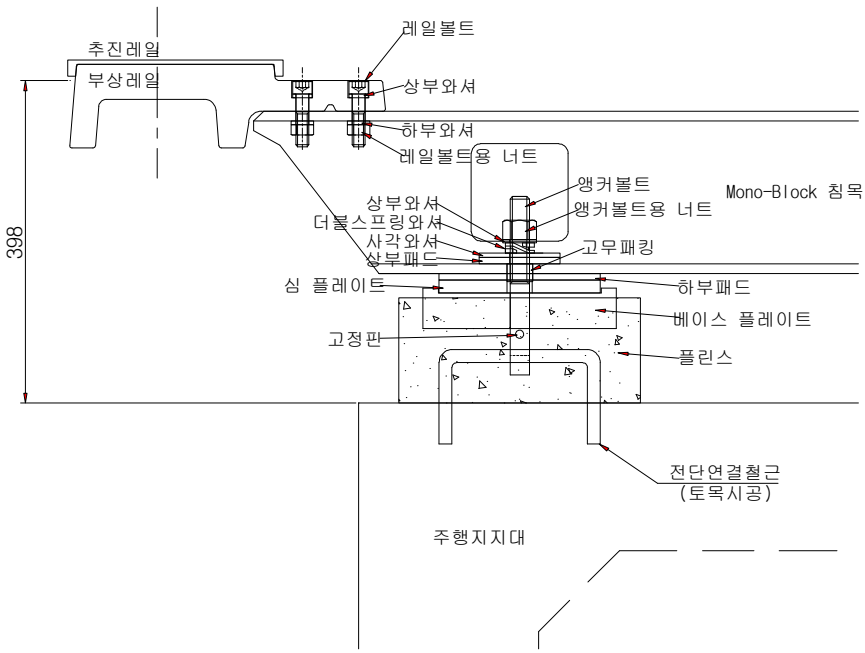
[그림 250]침목의 형상 및 제원



[그림 251]자기부상열차 침목

4) 체결구

- 침목체결구는 침목에 전달되는 정적하중, 동적하중 및 충격력 등을 억제하여 플린스를 통해 지지구조물에 전달하는 역할을 하며 소음 및 진동의 감소에도 기여한다. 레일볼트 및 앵커볼트의 체결여부는 열차의 안정적인 운행에 있어 중요한 요소이며, 따라서 주기적인 점검과 보수를 통해 체결구의 체결상태를 확인하는 것은 주요한 유지보수 항목 중 하나이다.



[그림 252]침목 체결장치 구성도



[그림 253]침목체결장치 정면부



[그림 254]침목체결장치 측면부

5) 레일이음매

- 일반철도의 레일길이는 일정한 한도가 있으며 레일과 레일사이를 연결해주기 위해 일반적으로 레일이음매를 사용하고 있다. 자기부상열차 궤도에서도 부상레일의 길이가 한정적이므로 부상레일간에 레일이음매를 설치하여 온도변화에 따른 레일 및 거더의 신축을 유간을 통해 조절하고 있다. 레일이음매는 A-Type과 B-Type으로 나뉘어지며 [표 10]에서와 유간처리능력에 따라 사용개소가 달라진다. 레일이음매는 「제1절 자기부상열차 운행특성」에서 전술한 바와 같이 레일이음매에 맞닿은 양쪽레일의 횡방향 및 종방향 단차에 따라 열차의 운행에 중대한 영향

을 미치는 개소이므로 유간뿐만 아니라 단차의 관리에 주기적이고 지속적인 노력이 필요하다.

[표 40]레일이음매 종류 및 제원

구 분		이음매형태	유간처리능력	비 고
구조물 중간부		A-Type	40mm	
구조물 단 부	단경간	A-Type	40mm	
	연속교	B-Type	100mm	



[그림 255]A-TYPE 이음매



[그림 256]B-TYPE 이음매

6) 관절형 분기기

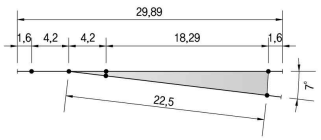
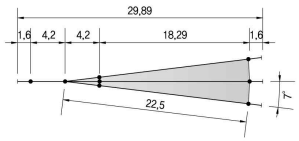
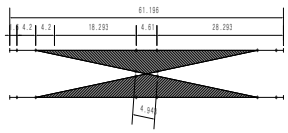
가) 자기부상 분기기 설치현황 및 특성

[표 41]인천 자기부상열차 분기기 설치 현황

구 분	분기기 형식	수량	비 고
본 선	scissors	1조	
	2-2way	2조	
	2-3way	1조	
차량기지	2way	2조	
	3way	4조	

- 분기기는 차량 또는 열차의 운행 선로를 변경시키기 위한 장치로서 자기부상열차의 분기기는 텅레일의 움직임에 의해서 밀착되는 일반철도와는 다르게 레일을 포함한 궤도 및 거더 전체가 움직이는 독특한 구조를 가지고 있다. 자기부상열차의 대차가 궤도를 감싸고 주행하는 특성상 분기장치의 규모가 크고 시스템이 복잡하다는 단점이 있다. 도시형 자기부상열차 실용화사업을 통해 모든 동작을 25초 이내에 완성할 수 있는 고속 동작형 3방향 관절형 분기기가 개발되었으며, 인천공항 자기부상열차 시범노선에 적용된 분기기는 2way, 3way, scissors의 3종의 분기기가 조합을 통해 본선과 차량기지에 부설되어 있다.

[표 42]인천 자기부상열차 분기기 형식별 특징

구 분	2방향	3방향	SCO
스켈톤			
특 성	• 2방향으로 분기기 사용 • 일반적인 분기시 사용 • 건넘선의 경우 사용	• 3방향으로 분기시 사용 • 차량기지에 주로 사용 • 2방향에서 1방향 추가시 사용 • 종점부 회차 검넘선에서 차량기지로 인입시 사용	• 시종점역의 전후방에 회차 및 반복을 위하여 사용 • 2방향 분기 2개소와 단경간 이동거더로 구성

나) 분기기 종류별 제원

[표 43]2way / 3way 분기기 제원

구 분	내 용
구 조	전장 : 약 30M / 높이 : 1.4M / 폭 : 1.6M
관절형태	3관절 궤도 거더형
구성형태	각 시작단 고정거더 1개, 회전거더 3개, 끝단연결장치 1개, 끝단고정거더 2 & 3개 (끝단고정거더 수량은 2W : 2개, 3W : 3개)
분기속도	17초
분기거리	끝단고정거더에서 2.7M 이송분기
클 램 프	4개소
구동방식	구동모터, 구동 캠, 감속기, 위치조절링크 각 1개소
구동전원	380V 3ph
제어전원	220V
제어방식	PLC 자동, 수동, 원격제어
센 서	근접스위치





[표 44]2-2way / 2-3way 분기기 제원

구 분	내 용
구 조	전장 : 약 61M / 높이 : 1.4M / 폭 : 1.6M
관절형태	3관절 궤도 거더형
구성형태	2 - 2W : 2W 2조, 직선부 고정거더 2개, 중앙부 고정거더 1개 2 - 3W : 2W 1조, 3W 1조, 직선부 고정거더 2개, 중앙부 고정거더 1개, 끝단 고정거더 1개
선로간격	선로중심 6m
분기속도	17초
분기거리	끝단고정거더에서 2.7M 이송분기
클 램 프	각 4개소
구동방식	구동모터, 구동 캠, 감속기, 위치조절링크 각 2개소
구동전원	380V 3ph
제어전원	220V
제어방식	PLC 자동, 수동, 원격제어
센 서	근접스위치





[표 45]SCISSORS 분기기 제원

구 분	내 용
구 조	전장 : 약 65M / 높이 : 1.4M / 폭 : 1.6M
관절형태	3관절 궤도 거더형
구성형태	2W 4조, 중앙 연결단 고정거더 2개, 턴 테이블 1개
선로간격	선로중심 6m
분기속도	17초
분기거리	끝단고정거더에서 2.7M 이송분기
클 램 프	각 4개소, 턴 테이블 2개
구동방식	구동모터, 구동 캠, 감속기, 위치조절링크 각 4개소
구동전원	380V 3ph
제어전원	220V
제어방식	PLC 자동, 수동, 원격제어
센 서	근접스위치





다) 분기기 종류별 구성품

[표 46]관절식분기기 구성품

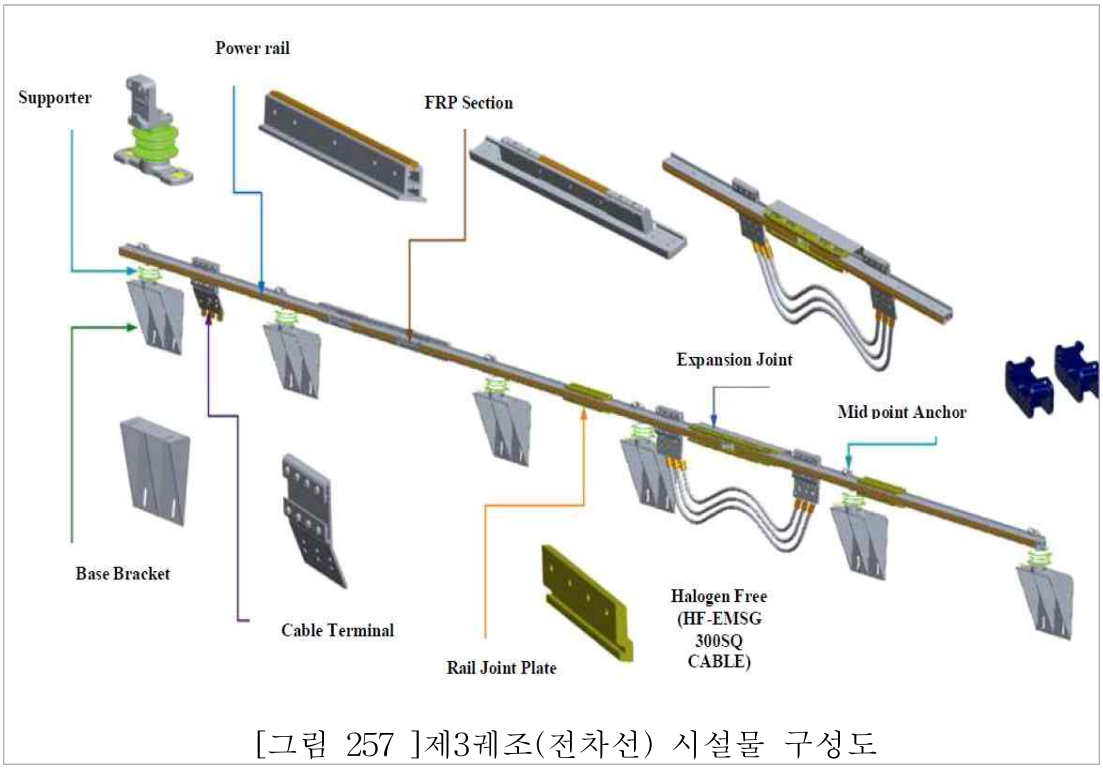
구 분	2way 분기기	3way 분기기
거 더	• 고정거더(시작단, 끝단) 3개 • 이동거더(단경간) 2개 • 이동거더(장경간) 1개	• 거더고정거더(시작단, 끝단) 4개 • 이동거더(단경간) 2개 • 이동거더(장경간) 1개
구동부	• 구동감속모터(20 HP, 감속비 1/5) 1대 • Worm reducer(감속비 1/60) 3개 • 감속기 연결용 축과 관련부품 3조 • 거더 이송용 대차 3조 • 주행레일과 히팅장치(해빙) 3조 • 캠과 캠가이드 3조	• 구동감속모터(20 HP, 감속비 1/5) 1대 • Worm reducer(감속비 1/60) 3개 • 감속기 연결용 축과 관련부품 3조 • 거더 이송용 대차 3조 • 주행레일과 히팅장치(해빙) 3조 • 캠과 캠가이드 3조
장치부	• 각도완화장치 3조 • 끝단정렬장치와 잠금장치 1조 • 거더 잠금장치 4조	• 각도완화장치 3조 • 끝단정렬장치와 잠금장치 1조 • 거더 잠금장치 4조
부상추진레일	• 고정거더(시작단, 끝단)4조(좌우1조) • 단경간 거더 2조 • 장경간 거더 1조 • 끝단연결장치와 잠금장치 1조 • 각도완화조절장치 3조	• 고정거더(시작단, 끝단)4조(좌우1조) • 단경간 거더 2조 • 장경간 거더 1조 • 끝단연결장치와 잠금장치 1조 • 각도완화조절장치 3조
집전선 설치를 위한 애자 취부 브라켓 1식		
제어반 및 센서류, 배선용전선, 배선용 케이블 트레이 등		

[표 47]SCO 및 건넘선분기기 구성품

구 분	SCO(D=6.0m)	SCO (D=12.0m)	2way-2way	2way-3way
거 더	• 고정거더(시작단) 4개 • 고정거더(중앙) 2개 • 이동거더(단경간) 8개 • 이동거더(장경간) 4개 • 턴테이블용 거더 1개	4개 2개 8개 4개 1개	2개 3개 4개 2개 -	2개 3개 4개 2개 -
구동부	• 구동감속모터(20 HP, 감속비 1/5) 5개 • 감속기(감속비 1/60) 13개 • 거더 이송용 대차 14조 • 캠과 캠가이드 13조	6개 14개 16조 16조	2개 6개 6조 6조	2개 6개 6조 6조
장치부	• 각도 완화조절장치 12조 • 끝단 정렬장치와 잠금장치 4조 • 거더 잠금장치 18조	12조 4조 18조	6조 2조 8조	6조 2조 8조
부상추진 레일	• 고정거더(시작단) 4조 • 고정거더(중앙부) 2조 • 단경간 거더 8조 • 장경간 거더 4조 • 턴테이블 거더 1조 • 끝단연결장치부 4조 • 각도완화조절장치 12조	4조 2조 8조 4조 1조 4조 12조	2조 2조 4조 2조 - 2조 6조	3조 3조 4조 2조 - 2조 6조
집전선 설치를 위한 애자 취부 브라켓 1식				
제어반 및 센서류, 배선용전선, 배선용 케이블 트레이 등				

(라) 전기시설물 특성

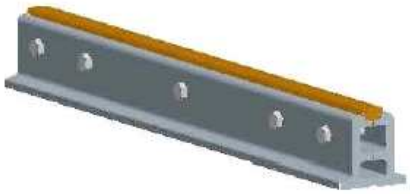
- 자기부상열차에 적용된 제3궤조 전차선 시스템은 열차의 집전장치와 기계적인 접촉을 통해 전력을 공급받는 중요한 장치로 자기부상열차 안전운행과 관련하여 중요 요소 중에 하나이다. 제3궤조 방식의 전차선은 [그림 257]에서와 같이 추진레일면에서 767mm 하부의 거더에 고정된 지지금구에 의해 양쪽에 위치하고 있어 전차선 및 지지금구의 인력에 의한 일상점검은 안전상의 문제를 야기하고 효율적인 점검을 위해서는 자기부상열차 선로구조에 특화된 점검장비가 필요할 것으로 판단된다.



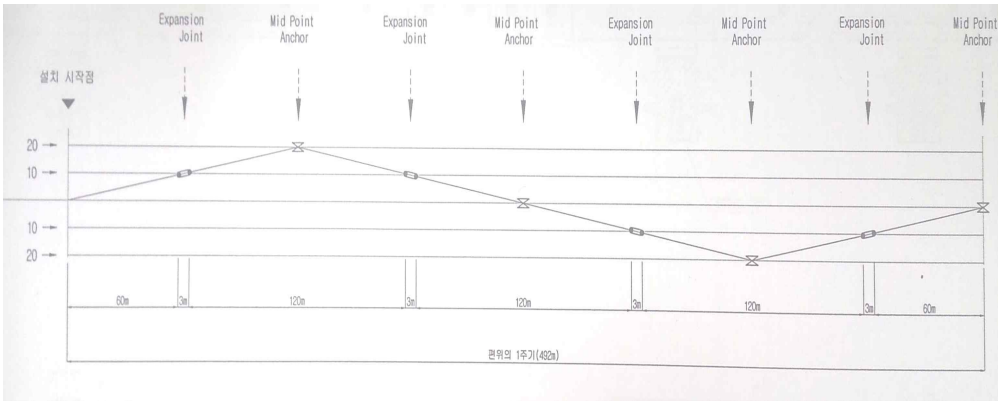
[그림 257]제3궤조(전차선) 시설물 구성도

1) 강체 전차선로(파워레일)

제3궤조 강체 전차선로는 거더 및 분기기 양 측면에 설치한다. 알루미늄합금 몸체에 구리선을 삽입하여 자기부상열차 집전장치에 DC 1,500V의 전력을 공급한다. 파위레일 1본의 표준 길이는 10m이며, 파워레일 접속장치를 연결하여 사용한다. 전차선 접속 장치의 중심은 지지금구 중심으로부터 최소 450mm이상 되어야 하며 전차선 편위는 설치 표준 높이(767mm)를 기준으로 ±20mm의 지그재그 편위를 둔다. 그리고 전차선 각 지지점과 지지점에서의 구배는 1/1000 이하가 되도록 한다.



[그림 258]전차선(파워레일)



[그림 259]전차선 편위 설정

2) 지지애자(지지금구)

- 지지애자는 에폭시 소재로 전차선과 구조물을 전기적으로 절연하고, 강체 전차선로를 거더에 고정시켜서 정적, 동적 하중과 진동을 흡수하는 역할을 한다. 지지금구의 표준 설치 간격은 직선구간 3.6m(최대 4m), 곡선구간에서는 2.5m(최대 3m)로 설치하며 역사 및 분기기구간은 2.1m 마다 설치한다. 지지금구의 제원상의 규격을 살펴보면 높이 조절은 ± 20mm, 각도 조절은 ± 15°, 최대높이는 215mm, 최소높이는 195mm이다.



[그림 260]지지애자(지지금구)

3) 엔드 어프로치(End Approach)

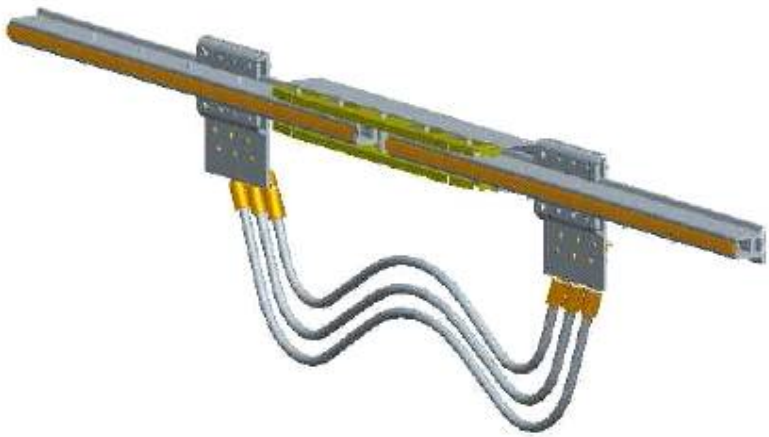
- 열차의 집전장치(집전슈)가 원활히 통과하기 위하여 파워레일의 전두부를 아래쪽으로 구부려 만든 레일로써 전차선로의 종점부에 설치하며 엔드 어프로치의 길이 및 각도는 1/20로 한다.



[그림 261]엔드 어프로치

4) 신축흡수장치(Expansion Joint)

- 파워레일은 외부온도 및 전류에 따른 발열로 신축이 발생하는데 신축량을 처리하기 위해 일정간격으로 설치하는 조정 장치로서 신축흡수장치의 설치 간격은 파워레일 12본(120m)마다 설치한다.



[그림 262]신축흡수장치(Expansion Joint)

5) 흐름방지장치(Mid Point Anchor)

- 파워레일의 온도에 따른 신축 및 장력변화에 따라 파워레일이 흐르는 것을 방지하기 위하여 설치하며 설치 위치는 엔드어프로치와 신축흡수장치 구간의 가운데, 신축흡수장치와 신축흡수장치 구간의 가운데, 엔드어프로치와 엔드어프로치 구간의 가운데 그리고 분기기 끝단이다.



[그림 263]미드포인트 앵커

6) 레일 조인트 플레이트

- 인천자기부상열차에 설치된 파워레일은 통상 10m 길이로 제작되며 이 파워레일과 파워레일을 연결하기 위한 이음매 장치로 레일 조인트 플레이트를 사용한다.



[그림 264]레일조인트 플레이트

7) FRP Section

- 물리적으로 연결되어 있지만 전기적으로 분리되어 있는 구간 급전 구분을 위한 장치이다.



[그림 265]FRP Section

8) 케이블 터미널 플레이트

- 익스펜션조인트나 FRP구간에서 케이블을 연결할 때 사용하는 금구로써

완전도전체이며 주조 형태이다.



[그림 266]케이블 터미널 플레이트

9) 전기시설물 관련 사진자료



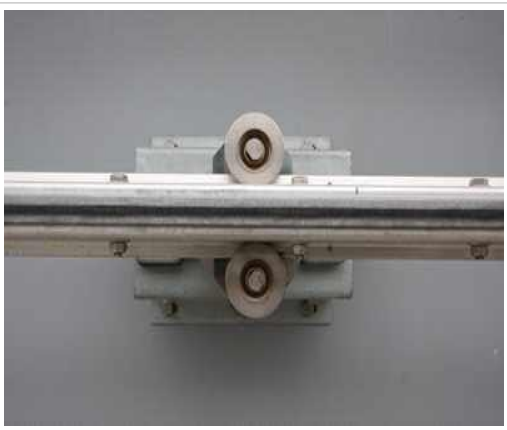
[전차선]



[지지애자(역사구간)]



[지지애자(본선구간)]



[지지애자(분기기구간)]



[엔드 어프로치]



[신축흡수장치]



[미드포인트 앵커]



[레일조인트 플레이트]



[FRP Section]



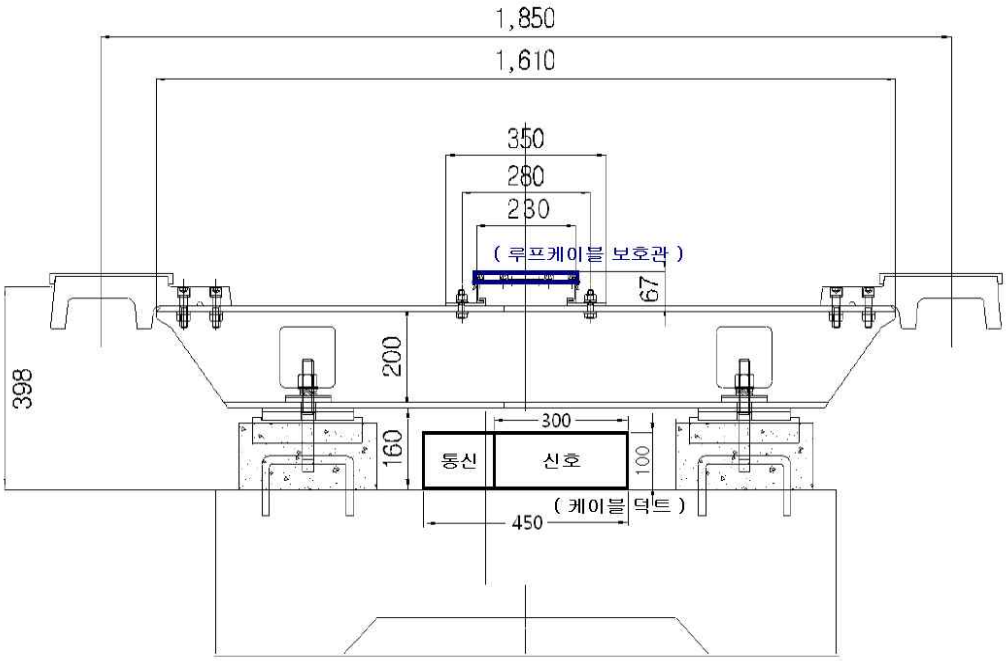
[케이블 터미널 플레이트]

(마) 신호시설물(선로변)

1) ATP/TD, VEL 설비

- 궤도와 비접촉 방식으로 운행되는 자기부상열차의 특성에 따라 선로변에는 속도코드 전송 및 열차검지를 위한 ATP/TD 루프와, 속도신호검출을

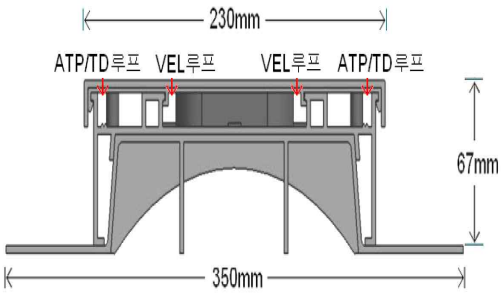
위한 VEL 루프가 포설되어 차상·지상간의 신호전송이 이 두 루프를 사용해서 이루어진다. 이는 아래 그림에서 볼 수 있듯이 궤도 중앙에 루프 보호관인 패턴벨트가 설치되어 있다. 패턴벨트는 ATP/TD와 VEL용 Loop Cable을 수용하기 위한 몸체와 커버를 가진 구조로 보호관 몸체, 보호관 덮개, 간격재, 고정용 베이스대, 전선보호용 캡으로 구성된다. 그리고 ATP/TD 루프 단말부 근방에는 단자받침(M6 접선자), 변성기, 피뢰기(Arrester)로 구성된 MT-BOX가 설치되어 루프설비와 기기실간의 신호 송수신 역할을 수행한다.



[그림 267]신호설비 설치도



[그림 268]ATP/TD, VEL Loop 패턴벨트



[그림 269]Loop 케이블 보호관



[그림 270]VEL MT-BOX



[그림 271]ATP/TD MT-BOX

2) 지상자 설비(유전원/무전원)

- 역의 시종점부에는 열차의 정위치 정차와 PSD 연동을 위한 유전원지상자와 무전원지상자가 설치되어 있다. 지상자는 공통적으로 궤도 중심부에서 300mm 떨어진 지점에 설치하며 횡방향 ±5mm이내, 상하방향 +0mm, -5mm이내에 위치해야 한다. 지상자의 하면 150mm이내에 금속물체가 없어야 하며 열차가 운행하는 방향으로 30mm 이내에 금속물체가 없어야 한다. 또한 지상자 옆으로 50mm 이내에 금속물체가 없어야 하며 지상자 주변 100mm 이내에는 단락 Loop를 구성하는 어떠한 금속물체도 있어서는 안 된다.



[그림 272]유전원지상자

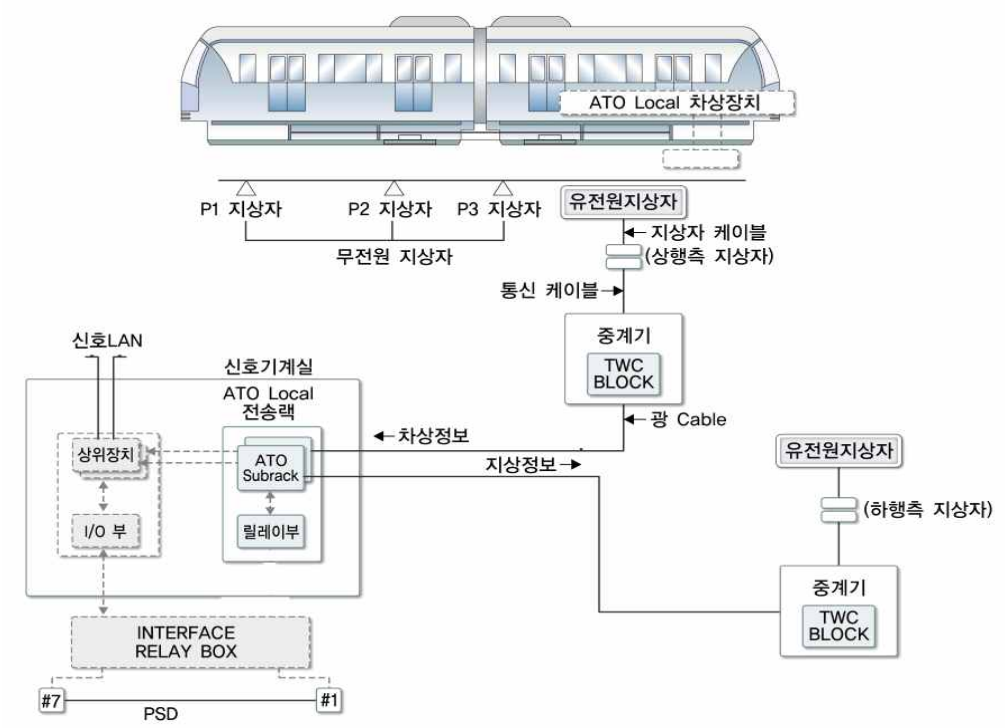


[그림 273]무전원지상자

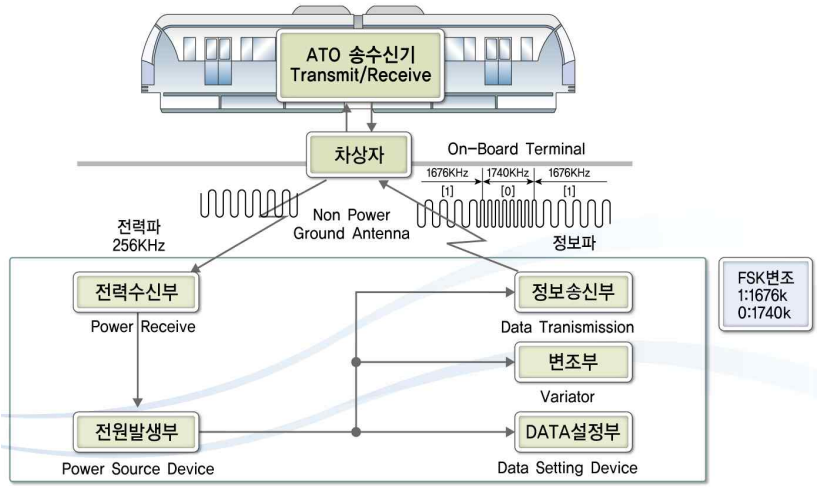
-무전원지상자는 내부 설정 Data에 의해 P1, P2, P3, P4, Pin, Pout의 6종류로 분류되며, 각각의 지상자는 차량의 정지목표 위치로부터 정해진 거리에 설치되며 유전원지상자는 각 역사의 정위치정차점, 열차회차구간, 기지와 본선 구분 구간에 설치되어 있으며, 무전원지상자의 설치현황은 아래의 표와 같다.

[표 48]무전원지상자 설치현황

구 분	설치위치 (or 정지점까지의 거리)	송수신	수신정보
ATO Mark(P4)	역사 정지점 전방 1,000m (104역에서 105역 구간에만 설치)	Data 수신	Mark 위치정보
ATO Mark(P3)	역사 정지점 전방 240m	Data 수신	Mark 위치정보
ATO Mark(P2)	역사 정지점 전방 20m	Data 수신	Mark 위치정보
ATO Mark(P1)	역사 정지점 전방 2m	Data 수신	Mark 위치정보
ATO Mark(Pin)	자동창문흐림구간 진입지점	Data 수신	자동창문흐림구간 진입
ATO Mark(Pout)	자동창문흐림구간 진출지점	Data 수신	자동창문흐림구간 진출
TWC Mark	역사 정지점	Data 송수신	차지상 정보교환



[그림 274]유전원지상자 동작구성도



[그림 275]무전원지상자 동작구성도

- ATO Local 전송장치는 Transponder를 이용한 장치로써 역간에는 무전원지상자에 의해 자동운전을 위해 필요한 ATO 지점정보의 전송을 하고, 차량이 정위치 정지위치에 정차하였을 때에는 도어개폐 및 운전방향 절체에 관한 정보를 유전원지상자에 의해 지상 - 차상간의 전송을 한다.

3) ATO DATA AP

- ATO DATA 장치는 선로변에 설치된 무선 AP를 통해서 ATS설비와 차상신호설비와의 통신 기능을 수행하며 주로 주행중에 차량의 운행상태 정보를 실시간으로 전송하고 차량 제어를 위한 설비이다. AP는 지향성 안테나를 통하여 통신하며 위치는 역사 승강장 끝 부분과 본선 및 인입선의 차량과 무선통신이 원활한 개소에 설치한다. AP 무선통신 성능은 나란히 설치된 3개의 AP가 있으면 가운데 것이 장애로 인하여 통신 불능인 경우에도 양쪽의 AP를 통해 원활한 무선 통신을 할 수 있다.



[그림 276]ATO DATA AP



[그림 277]신호기장치

4) 신호기장치

- 자기부상열차 시범노선은 본선 전구간이 무인자동운전으로 운행되며 비상시 구원운전도 안전요원이 탑승하여 자동으로 고장차량을 구원한다. 따라서 본선내에는 신호기가 설치되어 있지 않고 차량기지내에 검수고와 모터카 유치선의 운전구간에서 자동운전구간으로 진입 시 진로확인을 위해 필요하여 현재 자기부상열차 차량기지 일부구간에만 설치되어 있다.

5) 관절형 분기기

- 분기기는 일반 철제차륜의 경우 분기기의 선형 및 재료상태 등은 궤도파트에서 텅레일의 밀착과 전환에 관련된 부분은 신호에서 유지보수를 각각 담담한다. 자기부상열차 분기기의 경우도 분기기의 전환상태 및 기능상태에 대한 별도의 점검기준 마련과 이에 따른 주기적 점검이 필요하다.

(3) 운영기관의 유지관리 현황 및 요구사항 분석

(가) 운영기관 유지관리 현황

1) 토목분야 유지관리 현황

가) 안전점검 및 유지관리 일반

- 철도의 선로는 열차하중을 직접적으로 받는 궤도와 그 아래에서 궤도가 받는 하중을 지지하는 토목구조물로 구성되며 토목분야의 유지관리 및 점검은 「시설물 안전관리에 관한 특별법」 및 동법시행령, 「안전점검 및 정밀안전진단 지침」 및 그 세부지침에 의거하여 관리주체별로 안전점검 및 유지관리계획을 수립하여 시행하고 있다.

나) 안전점검의 종류

[표 49]토목분야 안전점검 종류

점검종류	적용대상	점검주기	비 고
정기점검	철도교 및 철도시설물 (1종, 2종)	- 6개월 1회	
정밀점검	철도교 및	- 건축물: 3년에 1회이상	안전등

(초기점검)	철도시설물 (1종, 2종)	- 그외 시설물: 2년 1회이상	급 B,C기준
긴급점검	철도교 및 철도시설물 (1종, 2종)	- 관리주체가 필요 시 - 관계 행정기관 요청 시	
정밀안전 진단	철도교 및 철도시설물 (1종)	- 안전점검 결과 필요 시 - 1종 시설물은 완공 후 준공일 또는 사용승인일 후 10년이 지난 때부터 1년이내, 이후 5년에 1회 이상	

□ 정기점검

- 정기점검은 경험과 기술을 갖춘 사람에 의한 세심한 외관조사 수준의 점검으로서 시설물의 기능적 상태를 판단하고 시설물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위한 관찰로 이루어진다. 점검자는 시설물의 전반적인 외관형태를 관찰하여 중대한 결함을 발견할 수 있도록 세심한 주의를 기울여야 한다.
- 점검자 및 관리주체는 정기점검 실시결과 중대한 결함이 있는 경우에는 법 제11조에 따라 즉시 관계행정기관의 장에게 통보하여야 한다. 관리주체는 정기점검 실시결과 필요할 경우 결함의 정도에 따라 긴급점검 또는 정밀안전진단을 실시하는 등 필요한 조치를 취하여야 한다.

□ 정밀점검

- 정밀점검은 시설물의 현 상태를 정확히 판단하고 최초 또는 이전에 기록된 상태로부터의 변화를 확인하며 구조물이 현재의 사용요건을 계속 만족시키고 있는지 확인하기 위하여 면밀한 외관조사와 간단한 측정·시험장비로 필요한 측정 및 시험을 실시한다. 외관조사 및 측정·시험 결과와 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과에서 발견된 결함의 진전 및 신규발생을 파악하여 시설물의 주요 부재별 상태를 평가하고 이전의 안전점검 및 정밀안전진단 실시결과의 상태평가 결과와 비교·검토하여 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하여야 하며, 결함부위 등 주요 부위에 대한 외관조사망도 작성 등 조사결과를 도면으로 기록하여야 한다. 또한 내진설계 여부를 확인하고, 시설물에 영 제12조의 중대한 결함이 발생하는 등 필요한 경우에는 해당 부위에 대하여 안전성평가를 실

시할 수 있다. 정밀점검 실시결과 결함이 광범위하게 발생하는 등 정밀안전진단이 필요하다고 판단될 경우에는 점검자는 관리주체에게 즉시 보고하여야 하며, 관리주체는 법 제7조제1항에 따라 정밀안전진단을 실시하여야 한다.

□ 긴급점검

- 긴급점검은 관리주체가 필요하다고 판단한 때 또는 관계행정기관의 장이 필요하다고 판단하여 관리주체에게 요청한 때에 실시하는 정밀점검 수준의 안전점검이며 실시목적에 따라 손상점검과 특별점검으로 구분한다.

○ 손상점검

- 손상점검은 재해나 사고에 의해 비롯된 구조적 손상 등에 대하여 긴급히 시행하는 점검으로 시설물의 손상 정도를 파악하여 긴급한 사용제한 또는 사용금지의 필요 여부, 보수·보강의 긴급성, 보수·보강작업의 규모 및 작업량 등을 결정하는 것이며 필요한 경우 안전성평가를 실시하여야 한다.
- 점검자는 사용제한 및 사용금지가 필요할 경우에는 즉시 관리주체에 보고하여야 하며 관리주체는 필요한 조치를 취하여야 한다.

○ 특별점검

- 특별점검은 기초침하 또는 세굴과 같은 결함이 의심되는 경우나, 사용제한 중인 시설물의 사용여부 등을 판단하기 위해 실시하는 점검으로서 점검 시기는 결함의 심각성을 고려하여 결정한다.

□ 정밀안전진단

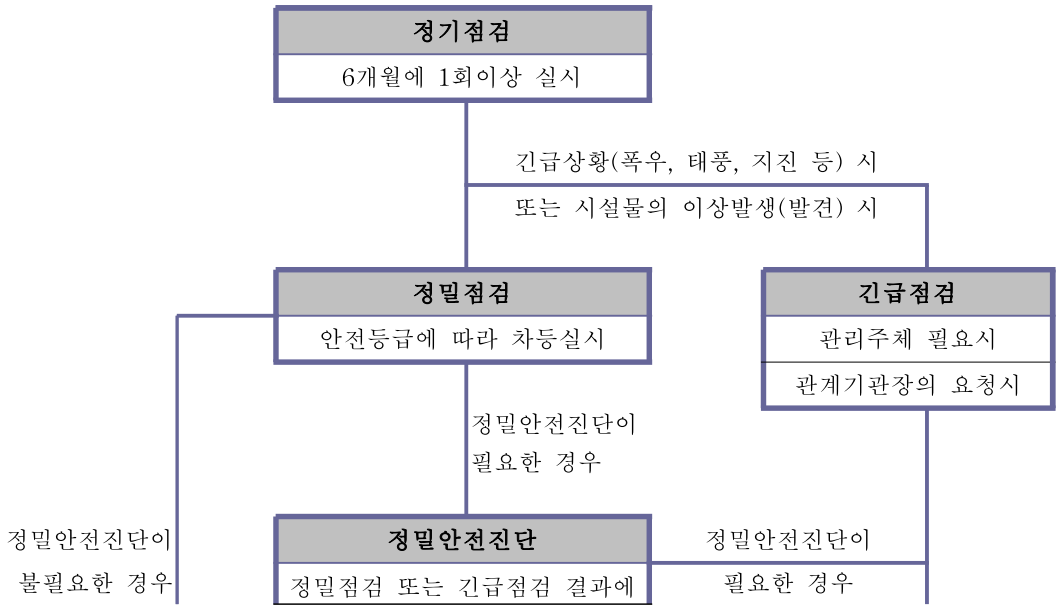
- 정밀안전진단은 법 제7조제1항에 따라 관리주체가 안전점검을 실시한 결과 시설물의 재해 및 재난 예방과 안전성 확보 등을 위하여 필요하다고 인정하는 경우에 실시하며, 또한 영 제9조제1항에 해당하는 시설물은 영 제9조제2항에 따라 정기적으로 실시한다.
- 정밀안전진단은 안전점검으로 쉽게 발견할 수 없는 결함부위를 발견하기 위하여 정밀한 외관조사와 각종 측정·시험장비에 의한 측정·시험을 실시하여 시설물의 상태평가 및 안전성평가에 필요한 데이터를 확보한다.
- 현장조사시 필요한 경우 교통통제 및 안전조치를 취하여야 하며 시설물 근접조사를 위한 접근장비와 필요시 수중카메라 등 특수장비와 잠수부

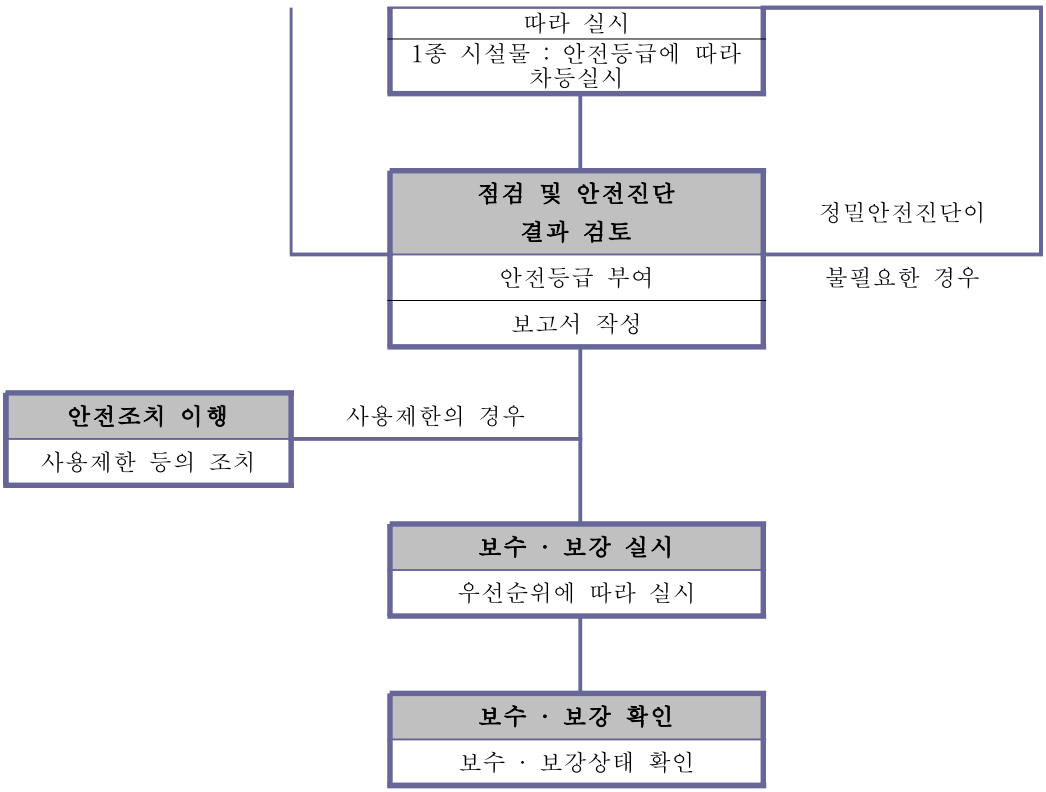
등 특수기술자도 투입하여야 한다.

- 결함의 유무 및 범위에 대한 확인이 필요한 때에는 현장 재료시험과 기타 필요한 재료시험을 병행하여야 한다. 전체구조물의 표면에 대한 외관조사 결과는 도면으로 기록하여야 하며, 구조물 전체 부재별 상태를 평가하고 시설물 전체에 대한 상태평가 결과를 결정하여야 한다.
- 정밀안전진단에서는 시설물의 결함 정도에 따라 필요한 조사·측정·시험, 구조계산, 수치해석 등을 실시하고 분석·검토하여 안전성평가 결과를 결정하여야 한다. 또한 필요한 경우에는 구조물의 사용성, 내진성능 등도 평가하여야 한다.
- 정밀안전진단 결과 보수·보강이 필요한 경우에는 보수·보강방법을 제시하여야 한다. 이 경우 보수·보강 시 예상되는 임시 고정하중(공사용 장비 및 자재 등)이 현저하게 작용하는 상황에 대한 구조 안전성평가를 포함하여야 한다.

다) 안전점검 및 유지관리 현황분석

- 대부분의 철도, 도시철도 구조물은 1종 및 2종 시설물로 규정되어 터널 또는 교량 등 구조물 형태의 차이만 있을 뿐 점검기준 및 점검방법은 크게 다르지 않은 것으로 파악됐다. 또한, 토목분야의 경우 안전점검 외에 별도로 일상점검을 통해 구조물의 균열, 누수, 변형 및 배수상태 등에 대해 이상 유무를 파악하여 예방적 보수를 함께 시행하고 있다.





[그림 278]토목분야 시설물 유지관리 흐름도

2) 궤도분야 유지관리 현황

- 궤도는 운행중인 열차의 직하부에 위치하여 하중을 직접 지지하는 중요 구조물로서 지속적으로 유지보수를 필요로 하는 구조물이다. 운영기관의 궤도분야 유지관리지침은 선로정비지침(국토해양부 철도산업과, 2007.12), 선로점검지침(국토해양부 철도산업과, 2004.12)에 근거하여 주로 작성되며 자기부상열차와 유사성이 높은 지하철, 경전철의 유지관리지침 등을 참고하여 유지관리 현황에 대해 조사하였다.

[표 50]궤도 점검방법 및 주기

구 분	내 용		비 고
점검분류	점검방법	· 인력에 의한 도보 육안점검 · 검측차량에 의한 순회점검	
	점검내용	· 궤도보수점검 · 궤도재료점검	
점검주기	· 인력점검 : 상시, 주기점검 · 검측차량 : 주기점검		

- 위의 표에서 볼 수 있듯이 궤도의 유지관리는 점검내용에 따라 궤도보수점검과 궤도재료점검으로 나뉘며 궤도보수점검은 궤도전반에 대한 보수상태를 점검하고, 궤도재료점검은 궤도구성재료의 노후, 마모, 손상 및 보수상태를 점검한다. 또한 점검방법에 따라 인력에 의한 육안점검과 검측차량에 의한 순회점검으로 크게 분류해 볼 수 있으며 궤도의 전체 점검항목 및 시행주기를 지하철과 경전철의 경우를 들어 비교해 보면 아래의 표와 같다.

[표 51]궤도 점검항목 및 시행주기 비교

점검항목 및 종류				시행주기		비고
				대전도시철도	부산-김해 경전철	
궤도보수점검	궤도틀림검사 (선형검측)	궤도검측기 검사	본선	3개월	6개월	
		인력점검	측선	1년	-	
			본선분기기	3개월	3개월	
			측선분기기	1년	1년	
	열차순회점검		본선	1일	필요시	
	유간검사		본선 및 본선분기기	6개월	6개월	
	기타 선로일반검사		본선,측선	1일	1일	
궤도재료점검	레일점검	일반검사	본선	1일	1일	
		마모검사	본선	3개월	3개월	
		레일이음매 해체	본선	필요시	-	
			측선	-	1년	
	분기기점검	일반검사	본선	1일	1일	
		정밀점검		3개월	3개월	
		이음매해체		필요시	1년	
	레일탐상검사		본선 및 본선분기기	6개월	3개월	
	침목검사		본선	1년	1년	
	도상검사		본선	6개월	6개월	

	신축이음매 검사	본선	-	1개월	
	기타 궤도재료점검		1일	1일	
궤도순회점검		본선	1일	1일	

- 검측차등 전용차량에 의해 이루어지는 궤도틀림, 레일마모검사, 레일탐상검사 등을 제외하면 궤도분야는 대부분이 인력에 의한 육안점검으로 시행되며, 유지관리시 가장 빈번히 시행되는 궤도순회점검은 전구간을 1일 1회 순회하는 것을 원칙으로 하나 점검인원의 부족 또는 점검량이 과다한 경우에는 순회구간을 조정하여 시행하고 있다.

[표 52]선로순회시 주요 점검내용

구 분	점검내용	비고
선로상태	- 궤도틀림 - 신축이음매 - 레일상태 및 유간 - 이음매판 등 각종 체결구	
분기기상태	- 궤도틀림 - 텅레일 밀착 및 복진 - 가드레일, 크로싱 - 체결구 및 기타 구성품	
기타	- 도상, 침목, 배수상태	
구조물	- 균열, 누수, 변형, 배수상태	

- 궤도순회점검은 선로상태 및 분기기상태의 일반적인 상태와 이상유무를 점검하는 것으로 점검을 위해 과거에는 도보에 주로 의존하였으나 최근에는 궤도순회차 등 장비를 이용하거나 도보에 의한 순회점검을 병행하고 있으며 궤도순회차는 단순한 이동수단으로서 별도의 점검기능은 구비하고 있지 않다.
- 자기부상열차에서 궤도순회차를 도입할 경우 별도의 점검로를 확보하고 있지 않아 순회점검차의 좌우로 타고 내릴 수 있는 현행 형태가 아닌 앞뒤로 사용자가 타고 내릴 수 있는 형태로 제작되어야할 것이며 그렇지

않을 경우 점검자의 승하차시 안전사고를 유발할 가능성이 있으며 역간의 이동외에는 그 이용이 지극히 제한적일 수 밖에 없을 것으로 판단된다.



[그림 279]일본 궤도순회차



[그림 280]캐나다 궤도순회차



[그림 281]대전도시철도 궤도순회차



[그림 282]부산-김해경전철 궤도순회차

3) 전기분야 유지관리 현황

- 도시철도 전기시설물의 유지보수는 국내, 외 철도운영기관마다 점검주기 조사 및 효율화에 대한 경제적 측면을 고려하여 관리 운영체계를 수립하고 적용하고 있다. 전기시설물은 변전설비, 전기실설비, 수·송배전선로, 전차선로 등으로 구분할 수 있으나 본선에 설치되는 전차선로를 제외한 설비 및 시설들은 접근성이 좋고 인력에 의한 주기점검을 시행하고 있으므로 유지관리 비교대상에서 제외하고 본선에 설치되어 접근성이 떨어지고 인력 점검이 어려운 전차선로 부분에 대한 비교 및 분석을 시행하였다. 또한 대전도시철도의 경우 차량기지에 설치된 카테너리 방식은 제외하고 본선에 설치된 강체 전차선을 대상으로 하였다.

- 전기분야의 유지관리현황을 살펴보면 부산-김해 경전철은 고가방식으로 건설되어 지장수목의 장애여부를 점검하고 있는 점을 제외하면 전차선로 시설물의 점검항목과 점검주기는 대전도시철도와 부산-김해 경전철이 서로 유사한 것으로 파악되며 본선의 전차선로 점검 시 육안검사를 기본으로 한 외관상태에 대한 검사가 일상검사 및 단기검사의 주요 내용이다. 그리고 전차선 마모측정 및 건널선, 신축장치, 절연지지대 등의 손상, 파손, 이완 여부를 3개월, 6개월, 1년 등의 단위로 점검주기를 설정하여 이를 시행하고 있는 것으로 파악되었다. 대전도시철도를 비롯한 대부분의 도시철도에서 전차선로의 위치는 터널 내 상부 천장에 부착되어 점검 시 모터카의 작업대를 이용하여 점검을 시행하고 있으며 부산-김해 경전철의 전차선로는 제3궤조 방식으로 차량하부 측면에 위치하고 있어 도보에 의한 점검을 시행하고 있다.

[표 53]전차선로 점검항목 및 시행주기 비교

점검항목 및 종류			시행주기		비고
			대전도시철도	부산-김해 경전철	
전차선	마모측정	중점개소 (제1종 구간)	3개월	6개월	
		전구간 (제2종 구간)	1년	1년	
	Arc로 인한 습동면 손상여부		1일	1년	
	지장수목의 침목 및 퇴적		-	1일	
	타시설물에 의한 접지장애 유무		1일	-	
	주행레일면과 전차선과의 높이, 편위 측정		1년	1년	
	전차선 설치 및 외관상태		1일	1일	
건널선 (RAMP)	Arc로 인한 습동면 손상여부		6개월	6개월	
	높이, 편위, 전차선 상호간격				
	연결 및 접속상태				
신축장치 (Expansion joint)	전차선 접촉면 고저차 측정		6개월	6개월	
	Arc로 인한 습동면 손상여부				

	볼트 및 너트의 이완 및 탈락유무			
절연지지대 (지지금구)	볼트 및 너트 이완여부	1년	1년	
	지지물의 비틀림			
	애자의 균열 손상여부			
	전차선 탈락방지 금구 이완 및 손상 유무			
흐름방지장치 (Mid-point Anchor)	볼트, 너트 체결상태 이상유무	3개월	6개월	
	고정금구 손상, 파손여부			
	애자 균열 및 파손여부			

4) 신호분야 유지관리 현황

- 신호시스템은 열차운행에 있어 중추적인 역할을 하는 시스템으로 열차검지, 열차방호, 열차제어, 회차 등 다수의 기능을 하는 설비가 모여서 신호시스템을 구성하고 있다. 신호설비 역시 일상점검, 정기점검, 특별점검 등으로 구분하여 검사를 시행하고 있으며 신호기계실과 관제실 그리고 본선에 나뉘어져 장비들이 설치되어 있다. 신호분야의 유지관리 현황 역시 본선에 설치된 설비를 중심으로 유지관리 현황을 분석하였다.
- 궤도나 전기설비와 다르게 선로변 신호설비는 대전도시철도와 부산-김해경전철의 신호시스템이 서로 달라 공통적인 점검항목의 선정 및 비교가 어려워 두 시스템간에 비슷한 역할을 하는 선로변 설비들의 점검항목 및 점검주기를 비교하여 나열하였다. 두 시스템간에 가장 공통적인 항목은 신호기와 선로전환기였으며 이는 비슷한 점검 양상을 보였다. 그리고 운행중인 열차의 검지 및 제어 역할을 하는 설비의 경우 양쪽 기관의 신호시스템이 서로 다르며 이에 따라 신호설비 역시 상이한 장치가 설치되어 있으나 이에 반해 점검주기나 점검항목 등은 유사한 것으로 조사되었다.

[표 54]선로변 신호설비 점검항목 및 시행주기 비교

시행주기	점검항목 및 종류	시행여부		비고
		대전도시철도	부산-김해경전철	

1일 점검	신호기	신호현시상태, 문자표시상태	○	○	
	선로전환기	밀착 및 쇄정상태, 볼트,너트 이완유무	○	○	
	분기부 궤도회로	볼트, 너트류 및 본드, 잠바선의 단선유무 등	○	해당없음	
7일 점검	신호기	신호현시상태, 문자표시상태	-	○	
	선로전환기	밀착 및 쇄정상태, 볼트,너트 이완유무	-	○	
	AF궤도회로	Power Supply LED 및 저항자, 배선상태	○	해당없음	
	TAG	동작상태 및 취부상태	해당없음	○	
	정위치정차판	동작상태 및 취부상태	해당없음	○	
1개월 점검	신호기	신호현시상태, 문자표시상태	-	○	
	선로전환기	밀착 및 쇄정상태, 볼트,너트 이완유무	-	○	
3개월 점검	신호기	신호기함내 부품 접속상태, 입력전압, 출력전압 등	○	○	
	선로전환기	회로제어기, 내부배선 및 단자상태 등	○	○	
	ATC장치	ATO Loop 손상유무, 내부 배선 및 접속상태	○	해당없음	
	TWC장치	TWC Loop 손상유무, 내부 배선 및 접속상태	○	해당없음	
	AF궤도회로	S-본드, 각종 본드 취부상태, PCB 입출력전압 등	○	해당없음	
	TAG	동작상태 및 취부상태	해당없음	○	
	정위치정차판	동작상태 및 취부상태	해당없음	○	

시행 주기	점검항목 및 종류	시행여부		비고
		대전도시	부산-김해	

			철도	경전철	
6개월 점검	신호기	신호기함내 부품 접속상태, 입력전압, 출력전압 등	○	○	
	선로전환기	회로제어기, 내부배선 및 단자상태 등	○	○	
	AF궤도회로	C/B 기초 및 내부 단자상태, 주파수 파형측정	○	-	
	TWC장치	수신주파수, 수신전압, 출력전압 측정	○	-	
	AP함	전원인가, 서지 보호장치, 회로 차단기 작동상태 등	-	○	
1년 점검	신호기	신호현시상태, 문자표시상태	○	-	
	선로전환기	회로제어기, 제어계전기, 콘덴서상태, 절연저항	○	○	
	AF궤도회로	현장 송수신전압 측정, 단락감도 양부, 절연저항	○	-	
	TWC장치	동축케이블 절연저항 측정	○	-	
	ATC장치	ATO Loop 절연저항 측정	○	-	

(나) 운영기관의 요구사항 분석

- 요구사항의 수집 활동은 초기 시스템의 임무와 역할로부터 관련된 이해관계자들을 식별하고 그들로부터 요구사항을 획득하는 활동을 의미한다. 여기에는 전체 사업을 둘러싸고 있는 정부나 전담기관의 요구, 사회/문화적인 정황을 모두 포함한다. 요구사항의 수집 활동에서 가장 큰 걸림돌은 각 이해관계자들이 자신의 모든 요구사항을 적절한 방법으로 표현하기 어려워 한다는 사실이다. 따라서 요구사항을 수집하는 방법 역시 다양하게 연구되어 왔으며, 각 이해관계자의 특성에 따라 적합한 방법을 선택하여야 한다.

- 요구사항의 분석 활동은 수집된 요구사항을 각 개발자들이 정확히 인식하고 설계활동에 반영할 수 있도록 정련(refine)하는 과정이다. 의미가 모호하거나 앞뒤가 상충되는 경우가 많으며, 개발자들이 설계에 직접 활용하기에는 의미가 추상적이거나 시스템 상위 수준에 대한 언급이 있을 수 있다. 또한 설계를 제약하는 요구사항이 존재할 수도 있다. 이와 같은 초기 요구사항은 제안자의 확인 속에서 명확하고 기술적으로 표현된 형태로 바뀌어야 한다. 의미가 모호하거나 시스템 상위 수준에 대한 언급을 하는 요구사항은 운영/지원개념 분석 또는 기능 분석을 통해 개발자에게 직접 할당될 수 있는 요구사항으로 도출되어야 한다. 이러한 과정 속에서 불가능하거나 불필요한 요구사항은 제거되고 요구사항 간의 우선순위나 리스크 등이 평가되어져야 한다. 다시 말해 요구사항 분석은 시스템에 대한 무수히 많은 요구사항을 개발자들이 활용할 수 있는 수준으로 변화하는 역할을 수행하는 것으로 요약할 수 있다.
- 본 과제에서는 자기부상열차의 선로시설물의 점검에 활용할 수 있는 점검시스템 개발에 관하여 요구사항을 정리하였다.

[표 55]점검시스템 요구사항 분석

번호	제 목	내 용	이해관계	비 고
1	전원공급 형태변경	• 점검시스템 공급전원의 변경	사용자, 운영자, 개발자	
2	점검트레일러 탑승형태	• 트레일러 무인화로 변경요청	운영자, 개발자	
3	자동화점검	• 영상 점검의 자동화 필요	운영자, 정책당국	
4	위치정보 정확도 향상	• 사용자를 위한 위치정보 구축의 정확도 향상	운영자, 개발자	
5	이음매단차 측정	• 취약개소의 안정성 확보	사용자, 정책당국	

1) 전원공급 형태변경

- 점검시스템의 전원공급은 당초 RFP에서 명시된 대로 모터카의 축전지에서 전력을 공급받아 점검시스템을 가동시킬 계획이었지만 동절기 축전지의 효율 저하로 인한 운행여건을 고려하여 점검시스템을 위한 별도의 발전기를 설치하는 형태로 변경하였다. 또한 점검시스템 가동 중 LED 조

명의 경우 발전기에서 공급되는 전원의 품질에 따라 플리커현상이 발생할 수 있고 이는 점검 영상의 품질에 직결되는 요소이므로 파형 변형률이 2.5%이하의 인버터발전기를 채택할 수 있도록 유도하였다.

2) 점검트레일러 탑승형태

- 점검트레일러의 경우 내부에는 전원공급용 발전기, 점검 영상의 모니터링 및 저장을 위한 서버, 위치정보 처리용 보드 등의 장치가 설치된다. 점검트레일러는 독립된 자주식 차량이 아니므로 모터카에 연결하여 견인되는 형태로 운행되는 차량이므로 운행 시 트레일러의 크기에 따라 모터카 운전자 및 탑승자의 시야를 방해할 가능성이 크다. 또한 최근 운영기관의 유지보수 인력은 점검기술의 발달과 경영효율화 등의 이유로 점차 감소 추세이며, 모터카와 점검트레일러 차량에 각각 별도의 인력이 탑승하여 운행하는 것은 운용 효율면에서 바람직하지 않다. 이에 본 과제에서는 RFP에서 2인 탑승형태로 규정되어 있던 트레일러의 형태를 무인형태로 변경하고, 트레일러의 높이 및 크기를 감소시켜 모터카 운전자의 시야를 확보하고 운용효율성을 개선시키고자 탑승형태를 무인으로 적용하였다.

3) 자동화점검

- 자기부상열차 선로에는 궤도, 전기, 신호 등 다양한 분야의 시설물이 본선 전구간에 막대한 수량이 설치되어 있으며 이를 영상으로 확보하여 인력을 통해 모니터링 하기 위해서는 지대한 노력이 요구된다. 따라서 동일한 패턴으로 반복되는 시설물의 경우 자동화점검을 통해 인력의 점검 노력을 경감시키고자 자동화 점검이 가능한 항목을 선정하여 영상획득 후 자동분석을 통해 이상개소의 검출이 가능하게 적용하였다.

4) 위치정보 정확도 향상

- 인천 자기부상열차 시설물은 고가의 교량형식으로 구조물의 슬림화로 인해 본선 선로에서는 사용자에게 위치정보를 제공해주는 이정표가 부족한 현실이다. 따라서 사용자에게 제공되는 위치정보의 정확도가 매우 중요하며 이에 위치정보 획득을 위한 다양한 방법을 검토하여 GPS, 침목센

서, 축엔코더를 적절하게 조합하여 사용함으로써 정확도를 향상시키고자 노력하였고, 또한 선로상에 있는 교각 및 정거장의 Data Base를 구축하여 이상정보와 함께 제공함으로써 사용자가 좀 더 편리하고 효율적인 운용이 가능하도록 적용하였다.

5) 이음매단차 측정

- 부상레일은 10m, 12.5m 표준길이의 레일을 레일이음매를 사용하여 연결되며 앞서 “제1절 자기부상열차 운행특성”에서 전술한 바와 같이 맞닿은 레일의 단차에 따라 열차운행에 지장을 초래한다. 따라서 레일 단차를 측정하여 사용자에게 단차정보를 제공하기 위한 시도로써 레이져 센서를 점검시스템에 장착하여 적용하기 위한 시험을 진행하였다. 시험은 인천 자기부상열차 차량기지내에서 모터카를 이용하여 진행하였으며 시험결과 모터카 자체의 구동 충격으로 인해 정확한 단차측정에 한계가 있었으며 시험에 사용한 레이저 스캐너는 100Hz의 주파수로 대상체를 스캔하는 장비로 시속 10km/h이내에서 운용시 적용이 가능할 것으로 판단되었다. 그러나 점검트레일러에 부착하는 것은 구동충격 및 운행속도(30km/h 이내)를 고려할 때 적합하지 않은 것으로 판단되며 고사양의 레이저스캐너(1kHz급 이상)를 활용하면 속도조건은 가능하나 운행중인 자기부상열차에 직접 부착하는 것이 운용상 효율적일 것으로 판단된다.



[그림 283]레이저스캐너 적용가능성 테스트

(4) 점검시스템의 기본개념 설계 및 사양제시

(가) 점검시스템 점검항목의 도출

- 자기부상열차는 기존의 철제차륜이나 고무바퀴와 다른 형태의 궤도에서 운영되는 시스템으로 기존 선로시설물에 대한 점검항목이나 기준을 적용할 수 없으며, 특히 선로구조 특성상 인력에 의한 일상점검이 가장 큰 어려움에 직면하므로 빈번히 시행되는 일상점검을 대체하기 위한 자동화 점검방안의 제시와 점검항목 선정이 필요하다. 따라서 본 과제에서는 자기부상열차 선로시설물 점검항목을 궤도분야, 전기분야, 신호분야로 구분하고, 각 분야별 선로시설물의 상세 점검내용과 자동화 점검항목을 도출하였다.

1) 궤도분야 점검항목 도출

[표 56]궤도분야 점검항목 도출

주요시설물	시설물 점검항목 검토		자동화 점검 가능 항목 선정	점검시스템 적용
	점검항목	기존점검 방법		
레일	궤도틀림 점검 (궤간,수평,줄,면,평면성)	궤도검측 장비 점검	해당없음	-
	레일 재료상태 점검 (파손, 변형)	육안점검	자동화 점검 불가	사용자점검
	부상레일 체결구 점검	육안점검	체결구 이완 확인 가능	영상획득/ 템플릿 매칭
침목	침목 재료상태 점검 (파손 및 균열)	육안점검	자동화 점검 불가	사용자점검
	침목체결구 점검	육안점검	체결구 이완 확인 가능	영상획득/ 템플릿 매칭
레일이음매	레일이음매 유간 점검	유간측정기 점검	자동화 점검 불가	사용자점검
	레일이음매 체결구 상태점검	육안점검	자동화 점검 불가	사용자점검
	레일이음매 단차(수직, 수평)	단차측정기 점검	해당없음	-
관절형분기기	분기기 틀림 검사, 체결구상태 등	검측장비 및 육안점검	해당없음	-

- 자기부상열차 궤도분야의 주요시설을 보면 레일, 침목, 이음매, 관절형분기기로 구분해 볼 수 있으며 그 수량이 방대하고 전구간에 고르게 걸쳐 분포하여 점검을 위한 인력 및 시간이 많이 소요된다. 따라서 위치적으

로 인력점검이 어렵고 인력에 의한 접근이 어려운 시설물을 중심으로 자동화점검 가능여부를 검토하여 적용하였다.

- 레일 부설에 따른 궤도의 틀림(궤간, 수평, 줄, 면, 평면성)은 궤도검측차 또는 궤도틀림 점검용 장비를 이용하여 주로 검측하며 자기부상열차 궤도의 경우 국내 최초로 적용되어 기존 궤도틀림 검사 방법의 적용에 대해 학술적인 검토와 연구를 통해 정립되어야 할 부분이 많다. 따라서 본 과제의 점검항목 적용에서는 그 내용을 배제하고 진행하였다.
- 레일의 재료상태 점검은 옥외에 노출된 시설물의 특성상 강우, 먼지, 이물질 등에 의해 재질의 상태가 왜곡되어 보일 가능성이 크므로 자동화 점검 대상에서는 제외하고 선로의 전체적인 모습을 획득하여 사용자에 의해 분석이 가능하도록 적용하였다. 그리고 침목의 양쪽 끝에 4개의 레일볼트에 의해 체결된 체결구는 레일하부에 있어 인력에 의한 점검이 매우 위험하고 그 수량이 많아 이완 또는 탈락 시 사용자에게 알림이 가능하도록 템플릿 매칭 방법을 사용하여 자동화 분석이 가능하도록 적용하였다.
- 침목의 재료상태 역시 레일의 재료상태 점검과 동일한 이유로 자동화 점검을 배제하였고, 침목 내부에 위치한 침목 체결구는 양쪽에 두 개씩 위치하고 점검구가 한쪽 방향에만 설계되어 있어 인력 점검이 쉽지 않아 레일체결구와 함께 템플릿 매칭을 통해 이완 또는 탈락 시 자동으로 검출되도록 제시하였다.
- 레일이음매에서 유간의 경우 정밀 측정을 위해서는 유간측정기를 사용하여 점검하여야 하며, 자기부상열차의 경우 철제차륜과는 달리 열차의 바퀴가 직접 레일에 접촉하지 않아 과대유간이나 맹유간의 유무가 열차 운행에 큰 영향을 미치지 않는다. 따라서 유간의 경우 위치정보를 주어 사용자가 해당구간의 영상을 확인할 수 있도록 적용하고, 체결구 역시 유간과 마찬가지로 위치정보를 통해 해당구간의 영상을 사용자가 분석하도록 적용하였다. 그리고 레일이음매 구간에서 레일간의 단차(수직, 수평)는 단차측정기를 통해 측정하며 앞서 “제3절 운영기관의 유지관리 현황 및 요구사항 분석”에서 살펴본 바와 같이 레이저스캐너의 특성 및 점검시스템운행 여건에 적용하기에는 타당하지 않아 점검시스템 적용에서 제외하였다.

2) 전기분야 점검항목 도출

[표 57]전기분야 점검항목 도출

주요시설물	시설물 점검항목 검토		자동화 점검 가능 항목 선정	점검시스템 적용
	점검항목	기존점검 방법		
전차선 지지철물	파손 및 체결상태 점검	육안점검	자동화 점검 불가	사용자점검
절연애자 (폴리머)	균열 및 손상여부 점검	육안점검	자동화 점검 불가 (재질특성상 점검 불가)	사용자점검
Power rail (전차선)	전차선 마모량 점검	마모측정기 점검	해당없음	-
	전차선 편위량 점검	편위측정기 점검	편위량 확인 가능	영상획득/ 템플릿 매칭
신축흡수장치 (Expansion Joint)	유간상태 및 체결상태	육안점검	자동화 점검 불가	사용자점검

- 자기부상열차 선로변 전기시설물은 열차에 전력을 공급하기 위한 전차선로와 그에 따른 부속 시설들로 구성되며 전차선로는 본선의 거더구조물 측벽에 위치하여 별도의 장비 없이 인력점검은 불가능하다. 전차선로를 중심으로 자동화 점검에 관하여 검토를 수행한 결과, 전차선 지지철물은 지지금구의 위치 및 점검대상의 크기로 인하여 자동화점검이 불가하여 사용자점검을 통해 점검이 가능하도록 구성하였고, 지지금구의 절연애자는 폴리머 소재로 재질의 특성 및 그 형태로 인하여 자동화 점검 시 오류의 발생 확률이 높아 지지금구와 함께 사용자점검이 가능하도록 적용하였다.
- 전차선의 마모는 마모측정기를 통해 측정이 가능하며 본 과제에서는 점검대상에서 제외하였고, 전차선 편위량의 경우 템플릿매칭을 통해 편위량 확인이 가능하여 자동화 점검 대상에 포함시켰다. 그리고 신축흡수장치는 파워레일간의 신축량을 조절하는 곳으로 설치된 형태의 특성상 자

동화 점검이 어려워 영상을 통해 사용자가 분석하도록 설계하였다.

3) 신호분야 점검항목 도출

[표 58]신호분야 점검항목 도출

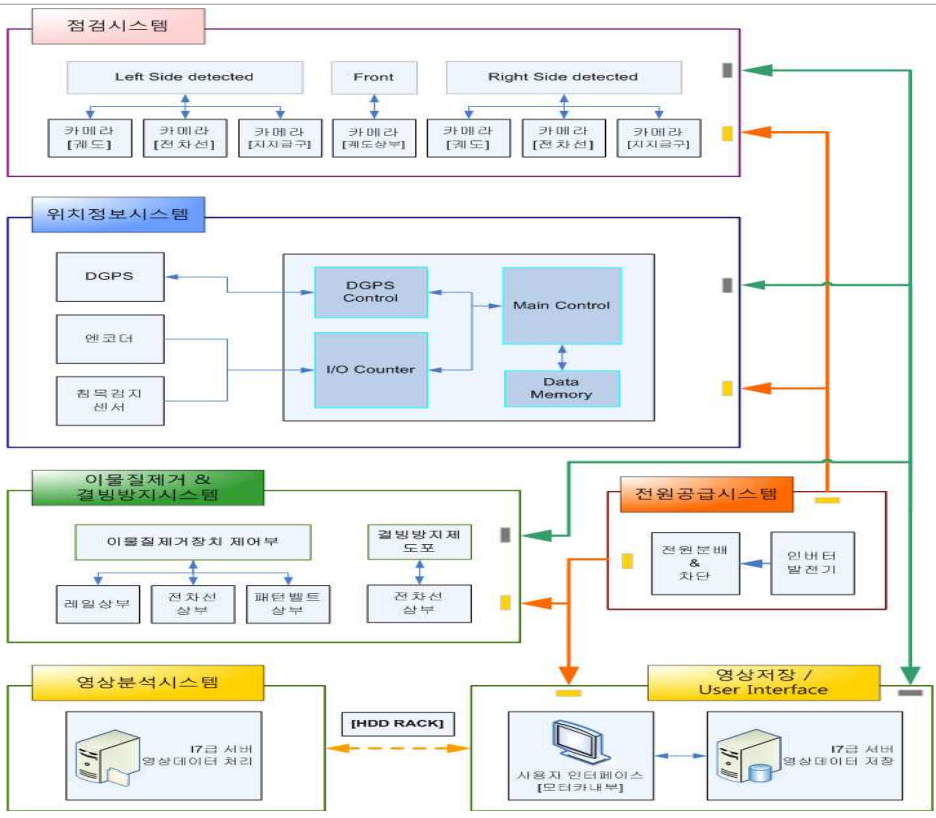
주요시설물	시설물 점검항목 검토		자동화 점검 가능 항목 선정	점검시스템 적용
	점검항목	기존점검방법		
패턴벨트 (ATP/TD, VEL Loop)	파손 및 이탈상태 점검	육안점검	보호관 파손 및 이탈	사용자점검
	Loop 동작상태 점검	신호기계실 점검	해당없음	-
	Loop 연결상태 점검 (단선여부 점검 포함)	육안 및 신호기계실 점검	자동화 점검 불가 (보호관 하부설비)	-
지상자 (유전원, 무전원)	동작상태 점검	신호기계실 점검	해당없음	-
	파손 및 장착상태 점검	육안점검	파손 및 이탈	사용자점검
신호기 (차량기지)	동작상태 점검	신호기 동작시험	해당없음	-
관절형분기기	동작상태 점검	선로전환기 동작시험	해당없음	-
ATO Data AP	동작상태, 장착상태 및 취부상태	제어함동작시험,육안점검	해당없음	-

- 자기부상열차 선로변 신호시설물은 열차 운행시 속도 및 위치 검지를 위한 ATP/TD와 VEL Loop가 설치되어 있는 패턴벨트의 파손 및 이탈상태를 사용자점검 항목으로 선정하였다. ATP/TD, VEL Loop의 동작상태는 신호기계실 점검을 통해 점검이 가능하고, Loop의 설치상태 및 연결상태의 경우 패턴벨트 하부에 위치하여 보호관을 제거한 후에 점검이 가능하므로 자동화 점검 대상에서 제외하였다. 이와 함께 열차의 정위치 정차와 PSD 연동동작을 위해 사용되는 무전원 및 유전원 지상자의 동작상태는 신호기계실에서 점검이 가능하고, 파손 및 장착상태의 점검은 지상자설비가 설치된 해당구간의 영상을 획득하여 사용자에 의해 점검이

가능하도록 적용하였다. 신호기는 선로의 진로상태 확인을 위한 설비로 인천 자기부상열차 시스템에서는 차량기지 내에 검수고와 모터카 유치선의 운전구간에서 자동운전구간으로 진입되는 곳에만 일부 설치되어 있고, 본선구간 내에는 신호기가 설치되어 있지 않아 점검시스템의 점검대상에서 제외하였다. 관절형 분기기는 동작상태 점검을 위해서 열차 등 기타 차량의 운행이 없을 때 현장에서 확인이 필요하므로 자동화 점검대상에서 제외하였다. ATO DATA AP 장치는 궤도의 중앙에 있는 비상대피로에 설치되어 있으며 장착상태 및 취부상태 역시 각 장비 간에 설치형태가 다르고, 동작시험을 위해서는 제어함을 열고 확인이 필요하므로 본 과제의 점검대상에서는 제외하여 적용하였다.

(나) 점검시스템의 구성 및 기본개념 설계

- 자기부상열차 선로시설물 자동화 점검시스템은 인천공항 자기부상열차 시범노선의 유지보수차량과 연계하여 구동이 가능하도록 별도의 트레일러 형태로 구성한 후, 차량하부에 선로시설물 감시를 위한 영상기반의 시설물 감시부와 이물질 제거부를 설계하고, 영상 데이터 처리와 사용자 인터페이스 및 자동화 점검을 위한 기타 관련설비들을 포함한다.



[그림 284]선로점검시스템 기본개념 설계도

1) 선로시설물 감시와 영상데이터 처리

- 자기부상열차에서 점검해야 할 선로시설물로는 침목볼트 및 레일볼트 등의 궤도시설물과 차량에 전원을 공급하는 전차선에 대한 지지금구 및 편위량 변동 등이 있다. 이러한 시설물을 카메라로 획득하고 디지털로 최종 변환된 영상으로부터 이상여부를 판단하게 되는데, 이때 비전 및 이미지 처리 기법이 사용된다. 대표적인 이미지 처리 방법으로 템플릿 매칭(template matching) 방법이 있다.
- 카메라로부터 영상정보가 주어지고 찾고자 하는 물체의 정보, 즉 점검해야 하는 시설물을 미리 알고 있는 경우, 물체를 찾기 위한 기법으로 간단하면서도 많이 사용되는 기법이 템플릿(template)을 이용하는 방법이다. 템플릿 매칭은 임의의 영상이 주어졌을 때 주어진 영상 안에서 원하는 객체, 즉 표적을 찾는 경우에 사용된다. 그리고 임의의 영상에서 찾고자 하는 표적의 형태, 크기, 색상 등의 정보를 미리 알고 있다고 가정한 후, 미리 알고 있는 표적에 대한 정보를 이용하여 템플릿 영상을 만들고, 그것을 이용하여 탐색할 영상 내부에 있는 가장 유사한 영상 패턴을 찾아내는 방법이다.
- 예를 들어 침목볼트나 레일볼트 등의 선로시설물 등은 템플릿 매칭 방법으로 볼트 등의 이상여부를 탐지하는 것이 가능하다. 정상적인 볼트(혹은 너트) 모양과 위치를 템플릿으로 DB에 저장한 후 카메라에 의해 획득한 영상으로부터 템플릿을 매칭 시켜 정상의 볼트를 탐색한다. 탐색이 실패하거나 다른 위치에서 너트가 발견될 경우 이상으로 간주한다. 혹은 이상이 발생한 볼트의 이미지를 템플릿으로 추가적으로 등록하여 매칭하면 이상여부를 더욱 정확히 판단할 수 있다.
- 시설물 이상이 발생하면 발생시간 및 프레임 위치, 볼트의 위치 및 이미지 등을 DB에 저장하여 추후 분석에 활용 가능하다. 예로 이상이 발생하는 주기나 상습 발생 위치를 기반으로 하여 취약구간을 선정하여 별도의 관리 또는 분석을 할 수 있으며 나아가 운행정보나 기상정보 등을 연동하여 이상발생 위치와의 상관관계 등을 분석할 수 있을 것이라 기대된다.
- 선로시설물 자동화 점검을 위해 점검시스템에는 침목 및 궤도체결구, 전차선, 전차선 지지금구에 좌·우 각 1대씩 그리고 전면 1대로 구성되어 총 7대의 카메라가 영상을 획득하고, 템플릿 매칭(Template matching)방

법을 활용하여 시설물의 이상여부를 감지하도록 설계하였다.

- 카메라로부터 획득된 영상은 네트워크 스위치를 통해 영상데이터 저장서버에 저장되며 동시에 사용자 인터페이스를 통해 사용자에게 실시간 모니터링이 가능하도록 한다. 또한 사용자가 원할 경우 이상개소를 직접 선택(영상캡쳐)하여 저장이 가능하도록 하였다. 저장서버에는 HDD Rack을 설치하여 저장된 데이터를 이미지 분석서버로 옮길 수 있도록 하였다. 당초에는 야간에 점검영상 획득 후 장비선에 유치하면 영상데이타를 NAS Storage를 통해 이미지 분석서버에 자동으로 전송될 수 있도록 시스템을 구성하려고 했으나 영상데이타의 방대한 양으로 인하여 NAS Storage를 사용할 경우 분석서버로 옮기는데 너무 많은 시간이 걸리는 단점이 있어 HDD Rack을 설치하여 운용하는 것이 보다 효율적일 것으로 판단되어 적용하였다.

2) 위치정보 검측

- 선로시설물 영상데이터에 따른 위치정보를 확보하기 위한 시스템으로서, 앞서 트레일러 윤축 엔코더와 침목검지 센서를 설치하여 기준점 기준 이동속도와 거리를 산출하고, DGPS 정보를 이용하여 기준위치 도출과 위치보정 기능을 수행할 수 있도록 한다. 또한 선로정보(정거장, 교각 등) DB를 구축하고 검측된 위치정보를 연계하여 사용자에게 선로시설물 이상개소의 위치정보를 효과적으로 전달할 수 있도록 한다.

3) 이물질 제거 및 결빙방지

- 자기부상열차 구조물은 고가로 건설되어 선로나 전차선의 이물질에 의한 낙하피해가 발생할 수 있으므로 이물질에 의한 피해를 사전에 방지하기 위해서는 점검시스템의 구성과 함께 지장물 제거를 위한 시스템 또한 고려되어야 한다. 또한 그 형태는 진공 흡입식이나 브러쉬 회전식 등의 방법을 검토하였고 진공 흡입방식의 경우 이물질 처리시 낙하피해를 예방할 수 있는 가장 안전한 방법이나 궤도구조 특성상 흡입구의 위치선정이 어렵고, 흡입에 따른 소음 발생 및 차량 축중의 과다로 검토대상에서 제외하였고, 브러쉬 회전식의 경우 이물질 낙하를 예방하기 위해 궤도 사용하여 시설물의 위치와 형태에 따라 구성한다.

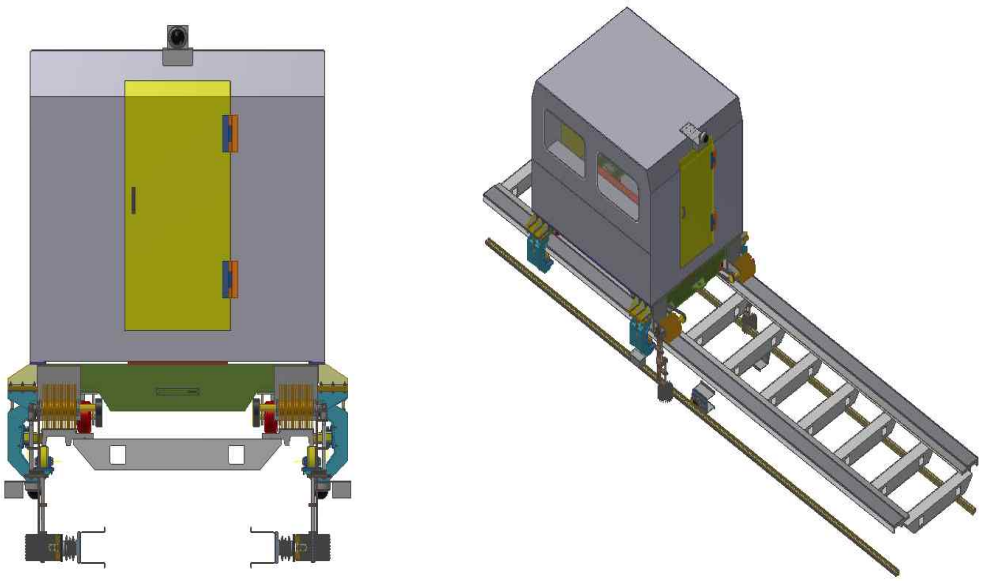
4) 전원공급

- 자기부상열차 점검시스템의 전원공급은 “제4절 점검시스템의 기본개념 설계 및 사양제시“에서 언급했듯이 당초에는 모터카의 축전지로부터 점검시스템에 전원을 공급하는 형태였으나 기온에 따른 축전지의 효율저하 가능성이 높아 점검시스템에는 별도의 독립된 전원공급이 가능하도록 설계하였다. 전원 공급을 위해 자가 발전기의 적용을 검토하였으며 영상장비와 조명장비의 경우 공급되는 전원의 파형 변형에 따라 깜빡이는 것처럼 보이는 플리커(Flicker, Flickering) 현상이 발생할 수 있으므로 이에 대한 고려가 필요하다. 여기서 플리커 현상이랑 텔레비전의 화면이나 형광등의 어른거림과 같은 광도의 주기적 변화가 시각으로 느껴지는 것을 말한다. 플리커 현상을 방지하기 위해 상용전원과 비슷한 고품질의 전원(파형변형률 2.5%이하) 공급이 가능한 발전기를 선정토록 하였으며 야간에 운행되는 점검시스템의 특성상 주거지역을 지나는 경우도 고려하여 저소음의 모델을 제시하였다.

(5) 선로시설물 자동화 점검시스템 설계 및 제작

(가) 트레일러 차량, 선로시설물 점검시스템 설계 및 제작

1) 트레일러 차량 설계 (1차)



[그림 285]트레일러 차량 설계도(1차)

○ 작업자 탑승구조 의 기본설계
○ 모터카에서 전원공급 받는 구조의 기본설계
○ 구동바퀴 진동감쇄를 위한 수량 최소화 개념적용 (1개)
○ 결빙방지제 전차선/패턴밸트/추진레일 상부 도포 방식
○ 초점 자동조절형 카메라 설치
○ LED 조명 부착
○ 카메라 전면 유리형태의 공통커버 설치

2) 트레일러 차량 시제품 제작 (1차)

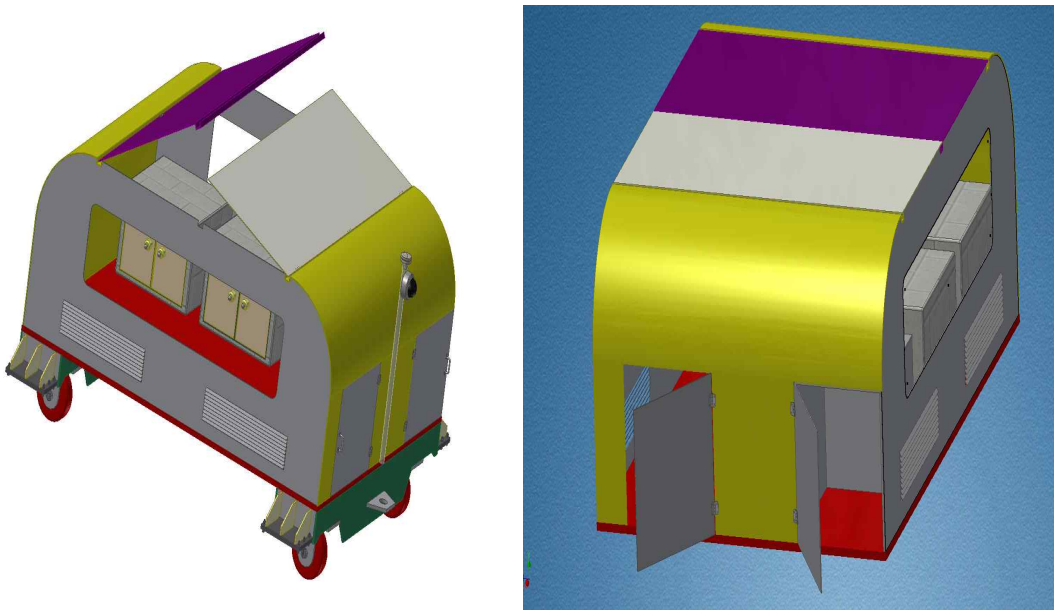


[그림 286]트레일러 상부 CAB Ass'y 제작



[그림 287]트레일러 하부 본체구조 제작

3) 트레일러 차량 설계 (2차)

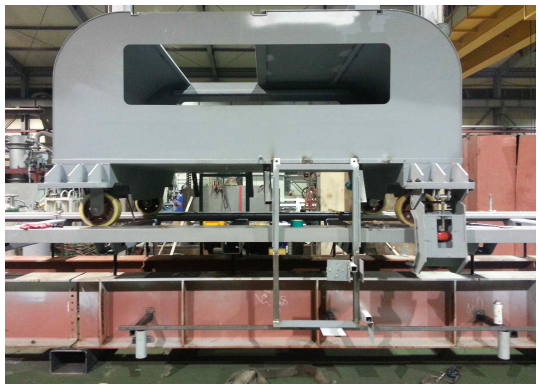


[그림 288]트레일러 차량 설계도(2차)

○ 작업자 미 탑승구조 의 기본설계
○ 모터카에서 전원공급 받는 구조의 기본설계
○ 구동바퀴 진동감쇄를 위한 수량 최소화 개념적용 (1개)
○ 결빙방지제 전차선/패턴밸트/추진레일 상부 도포 방식
○ 초점 자동조절형 카메라 설치
○ LED 조명 부착
○ 카메라 전면 유리형태의 공통커버 설치
○ 상부면 커버설치
○ 외관의 모서리부위 곡선형태의 구조로 변경
○ 전면 및 후면 커버신설

4) 트레일러 차량, 점검시스템 시제품제작 (2차)

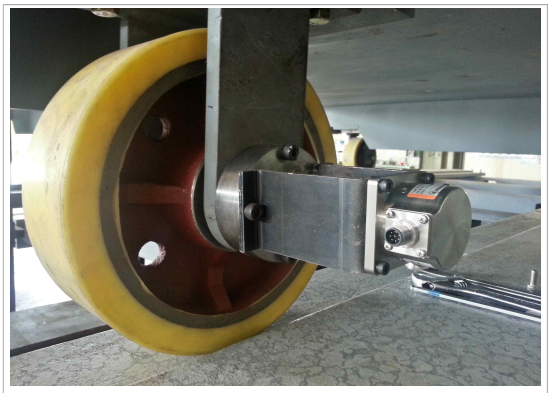




[그림 289]트레일러 차량 시제품(2차)



[그림 290]카메라 부착



[그림 291]엔코더 부착

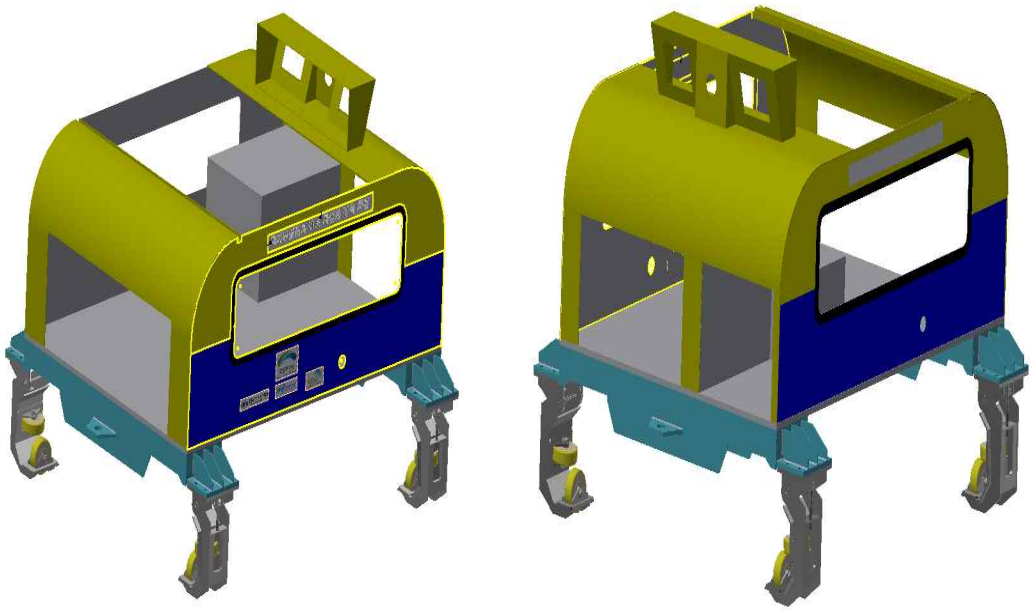


[그림 292]상부 카메라 부착



[그림 293]상부 조명 부착

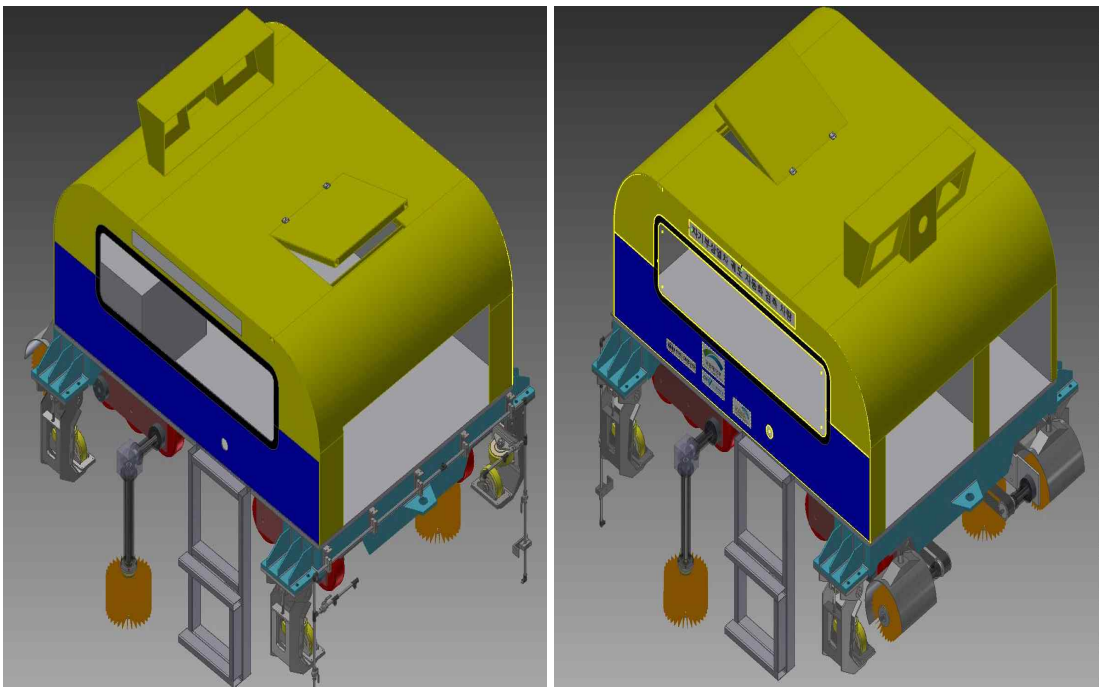
5) 트레일러 차량, 점검시스템 설계 (3차)



[그림 294]트레일러 차량 설계도(3차)

○ 작업자 미 탑승구조 의 기본설계
○ 자체 발전기 내장형 전원공급 받는 구조의 기본설계
○ 구동바퀴 진동감쇄를 위한 수량 최소화 개념적용 (1개)
○ 결빙방지제 전차선 상부 도포 방식
○ 초점 자동조절형 카메라 설치
○ 상부에 카메라 설치구조
○ 발전기 설치 박스 신설
○ LED 조명 부착
○ 카메라 전면 유리형태의 공통커버 설치
○ 상부면 커버설치
○ 외관의 모서리부위 곡선형태의 구조로 변경
○ 전면 및 후면 커버신설

6) 트레일러 차량, 점검시스템 설계 (4차)



[그림 295]트레일러 차량 설계도(4차)

○ 작업자 미 탑승구조의 기본설계
○ 자체 발전기 내장형 전원공급 받는 구조의 기본설계
○ 구동바퀴 진동감쇄를 위해 1개소당 3개의 바퀴 적용
○ 결빙방지제 전원공급선 부위 도포제 뿌리기 방식
○ 초점 수동 조절형 카메라 설치
○ 상부에 카메라 설치구조
○ 발전기 설치 박스 신설 및 도어 개조
○ LED 조명 변경 부착
○ 카메라 전면 유리형태의 개별 커버 설치
○ 상부면 커버 축소 (진동감쇄)
○ 외관의 모서리부위 곡선형태의 구조로 변경
○ 전면 및 후면 커버축소 (진동감쇄)

7) 트레일러 차량, 점검시스템 제작 (4차) - 최종



[그림 296]본체구조 개선



[그림 297]진동방지 천정 개선





[그림 298]진동방지 구동휠 개선

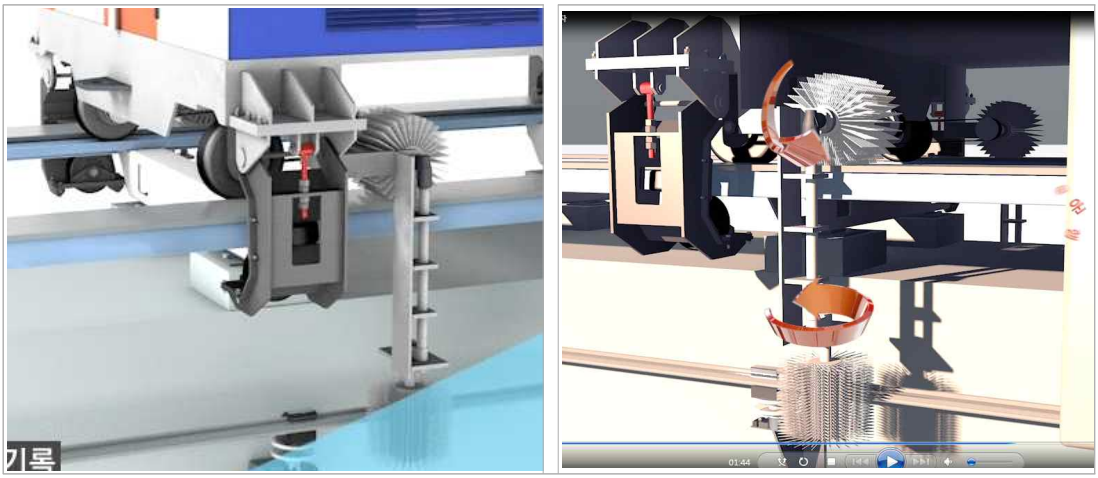




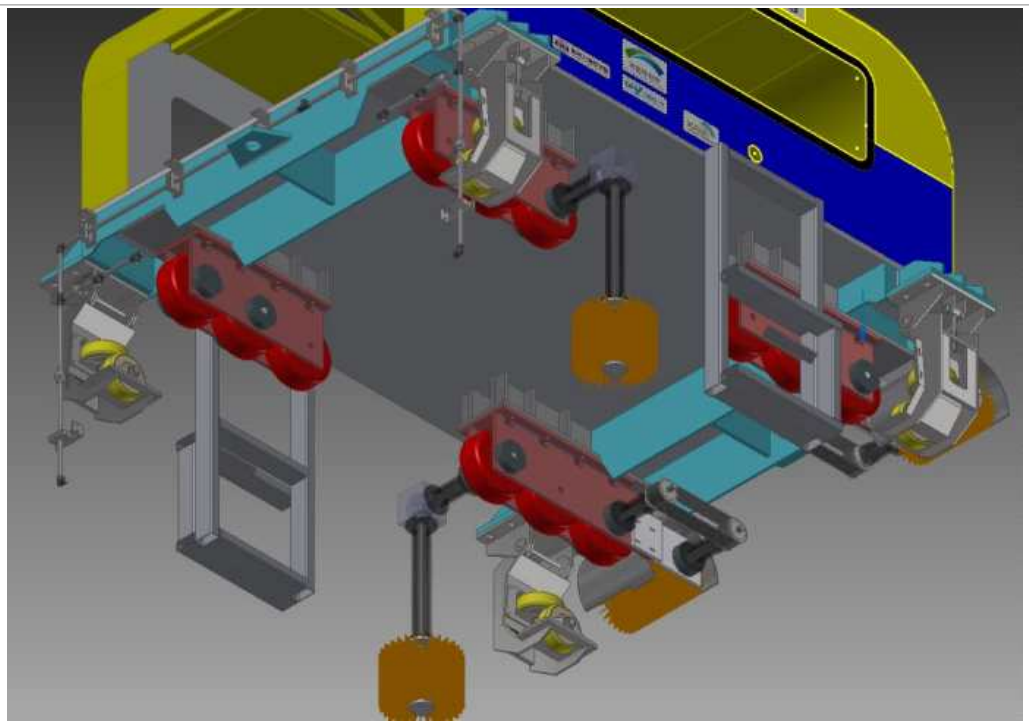
[그림 299]카메라 변경 및 취부방법개선

(6) 궤도 및 전차선 관리시스템 설계 및 제작

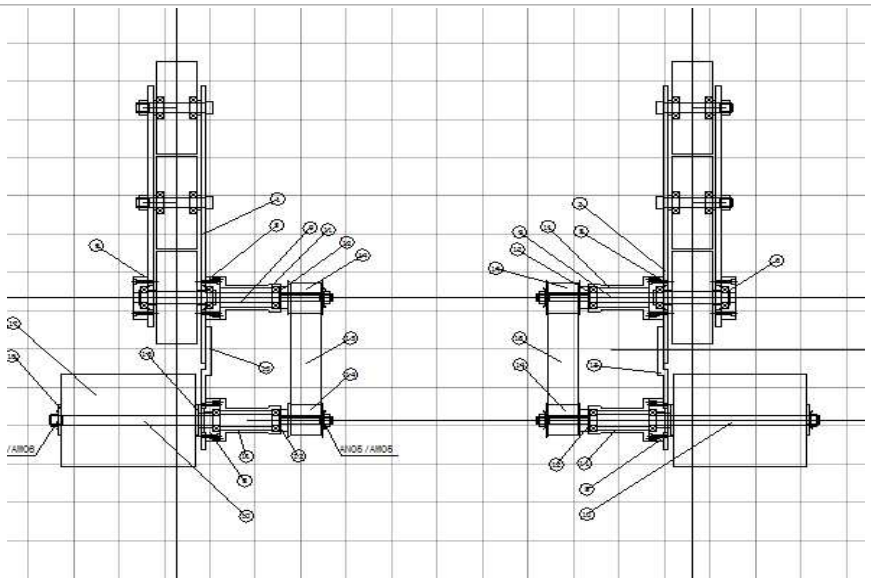
(가) 이물질 제거시스템 설계 및 제작



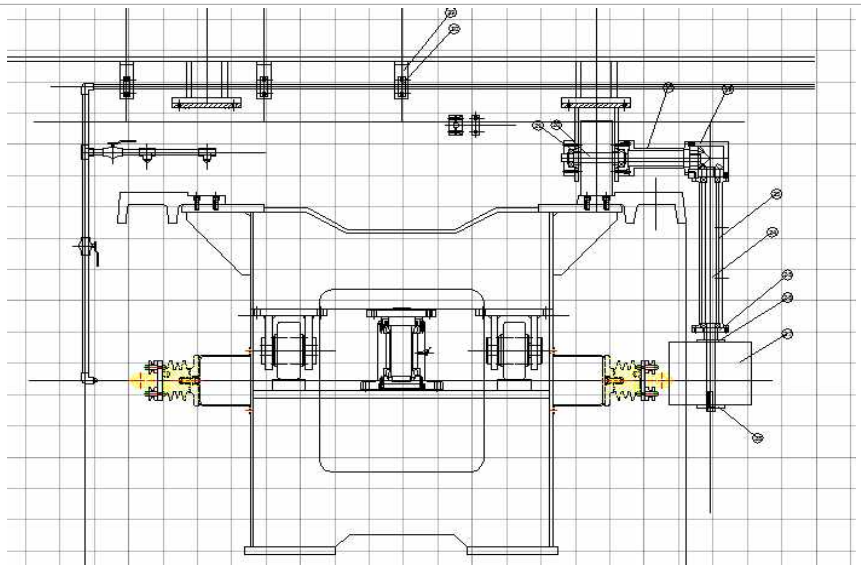
[그림 300]이물질 제거장치 개념설계



[그림 301]이물질 제거장치 모델링



[그림 302]추진레일 상부 이물질 제거방안 상세설계도



[그림 303]전차선 상부 이물질 제거방안 상세설계도

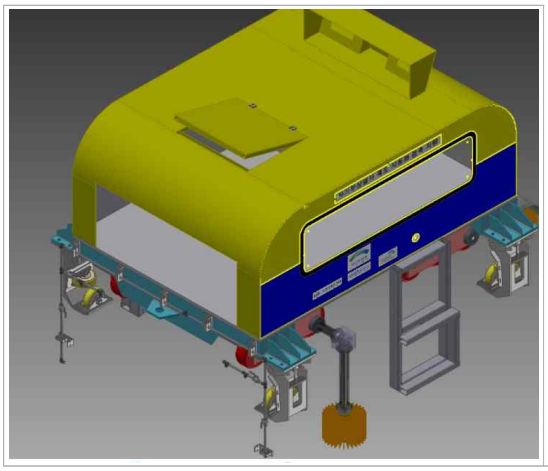


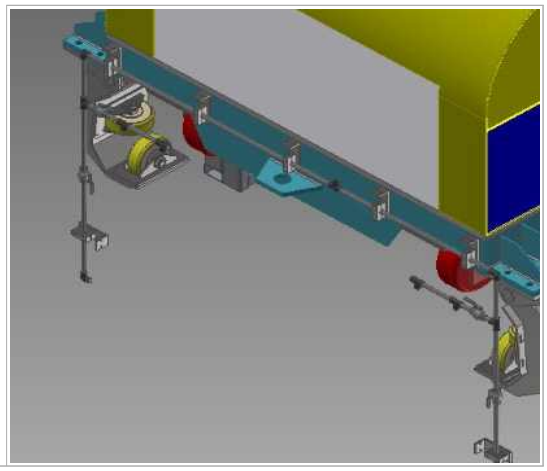
[그림 304]레일상부 이물질 제거장치 설치]



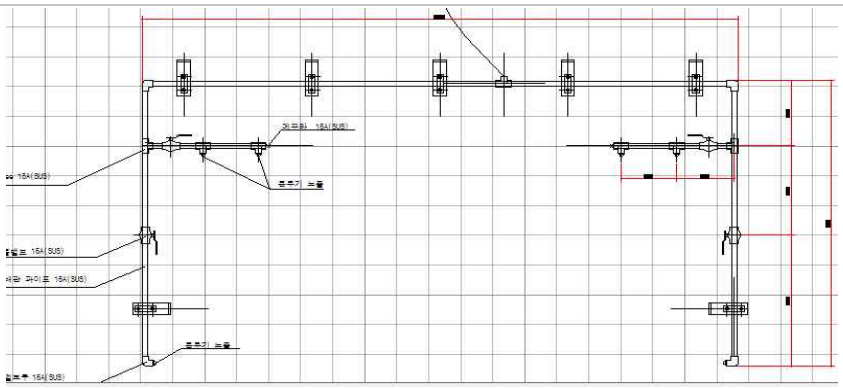
[그림 305]전차선 상부 이물질 제거장치 설치]

(나) 결빙방지제 도포장치 설계 및 제작

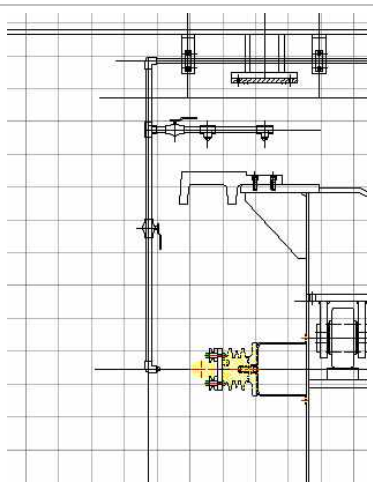




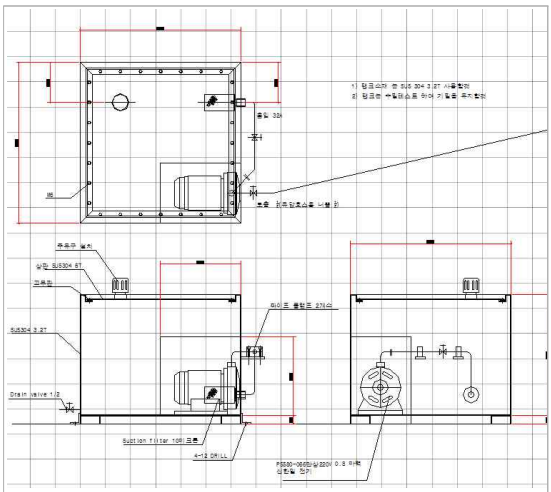
[그림 306]결빙방지제 도포장치 설계도



[그림 307]결빙방지제 도포장치 상세설계도



[그림 308]노즐부위 상세도



[그림 309]결빙방지제 공급장치 상세도



[그림 310]결빙방지제 공급장치 시제품



[그림 311]분사노즐 시제품

(7) 위치정보 검측방안 연구

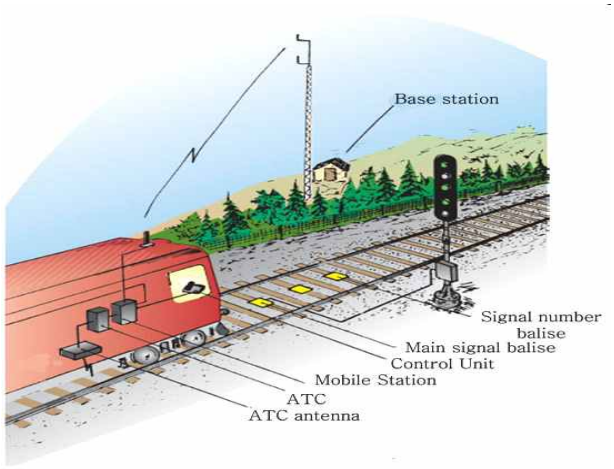
(가) 무선 열차 위치정보 기술

- 무선통신기반 열차제어(CBTC)시스템에서 일반적으로 사용되는 열차위치 검지 기술은 지상에 설치된 Balise를 이용하는 방법, 차상센서와 결합하여 사용되는 유도루프(IL, Induction Loop)방법, 위성위치확인 시스템(GPS, Global Position System)을 이용하는 방법 그리고 스펙트럼 확산 변조(spread spectrum modulation)무선에 기반을 둔 무선 레인징(ranging)을 이용하는 방법 등이 있다.

1) Balise를 이용하는 방법

- 위성 중계기의 태그 또는 비컨으로도 알려진 Balise는 짧은 거리에 걸쳐 데이터를 전송하기 위해 제작된 소형 무선 주파수 장치이다. 이 Balise장치들은 레일 자동차 및 인터모달(intermodal)컨테이너를 추적하는 것에서부터, 빌딩에 대한 액세스, 자동 요금 징수 시설에서 요금 징수에 이르기까지 CBTC 시스템 이상의 많은 응용 장치에서 사용되고 있다. 열차제어용 응용장치로 적용된 Balise는 노반의 선로 사이나 선로의 측면에 설치된다. 열차하부에 부착되어 있는 Balise용 안테나는 열차가 Balise를 통과할 때, 데이터를 수신하여 차상에 송신한다. 각 Balise는 경로상의 고유 위치와 관련되기 때문에, 내장 시스템이 어느 Balise를 통과하고 있는지를 알게 되면, 열차가 통과할 때 그 열차가 어디에 위치하고 있는지도 알게 된다. Balise의 장점은 위치 확인을 위해 사용되는 데이터뿐만

아니라 열차와 현장 사이의 다른 데이터도 전송할 수 있다는 점이다. 이것은 ETCS 레벨 1시스템에서 사용되는 기법이다.Balise의 주요한 단점은 궤도상에 위치되기 때문에, 정상적인 마모 및 파손, 파괴, 또는 궤도 유지보수 과정 중의 파손이나 위치 이동과 같은 다른 궤도 요소들과 동일한 위험에 취약하다는 것이다.



[그림 312]Balise 안테나

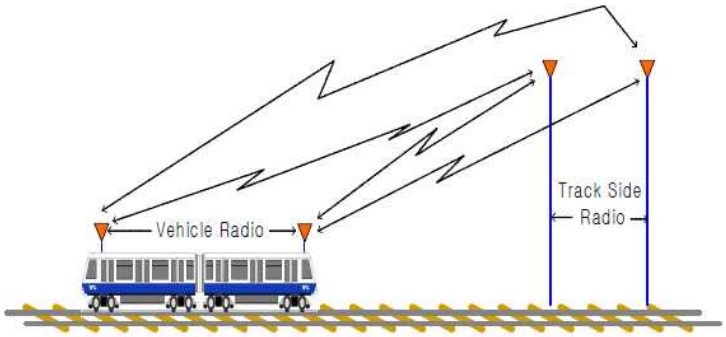
2) 유도 루프와 차상 센서를 이용하는 방법

- 유도 루프(IL,Inductionloop)방식은 1970년대 초 독일의 SIEMENS & SEL에서 처음 개발하여 LZB 이동폐색방식에 적용되었다.유도루프방식은 궤도회로방식에 비해서 많은 장점을 갖고 있어 많은 시스템에 적용되었다. 그러나 유도 루프는 궤도 회로나 노반에 설치된 다른 장비와 동일한 종류의 파손위험에 노출되어 있다.

3) 무선 레인징을 이용하는 방법

- 미국 샌프란시스코 BART(Bay Area Rapid Transit)의 AATCS(Advance Automatic Train Control System)에 적용된 열차위치 검지시스템이다.AATCS의 위치 확인 구성요소는 확장 위치보고 시스템(EPLRS, Enhanced Position Location Reporting System)이라고 불리며, 그 기술은 원래 미국 국방성에서 전투시 응용하기 위해 개발되었다. AATCS를 위해 선로변의 1/4~1마일마다 무선기지국을 설치 원래 확산 스펙트럼 무선망에 근거하여,EPLRS는 내장 시스템과 여러 개의 현장 라디오 사이에 전달되는 데이터 전송 시간에 걸리는 시간을 측정하고 비교하여 위치를 결정한다.이 시스템은 0.5초마다 각 열차의 위치, 속도 및

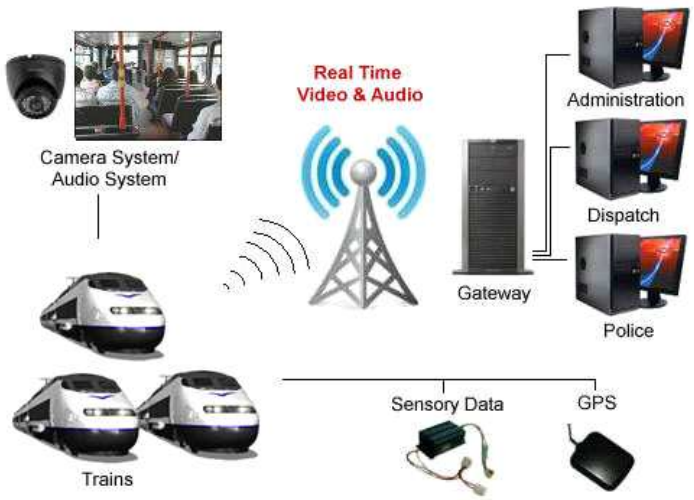
방향을 측정한다.



[그림 313]무선 레인징 방식

4) GPS를 이용하는 방법

- 위성 위치확인 시스템(GPS, Global Position System)은 미국 국방성이 소유하고 있는 24개의 위성 집단에 의존한다.위치를 계산하기 위해,위성 위치확인 시스템 수신기는 적어도 세 개의 위성으로부터 신호를 받아야 한다.각 위성으로부터 수신기에 도달하는 시간을 비교하여, 삼각 방법에 의한 대상 물체의 위치를 계산할 수 있다. 열차 제어에서 위성 네비게이션을 사용하는 것에 대한 한 가지 주요 장점은 이 장비가 궤도 위가 아닌 열차에 설치되어 장비가 파손되는 것을 감소시키며 하드웨어 유지보수 및 교체하는 것을 더 쉽게 해준다는 점이다. 그러나 GPS는 위치를 확인하기 위해 적어 3개의 위성을 수신해야 하기 때문에,이 기술은 높은 빌딩들이 하늘의 시야를 가리는 장소에서는 간헐적으로 오작동 할 수 있으며, 터널이나 지하철에서는 전혀 작동하지 않는다는 단점을 가지고 있다.



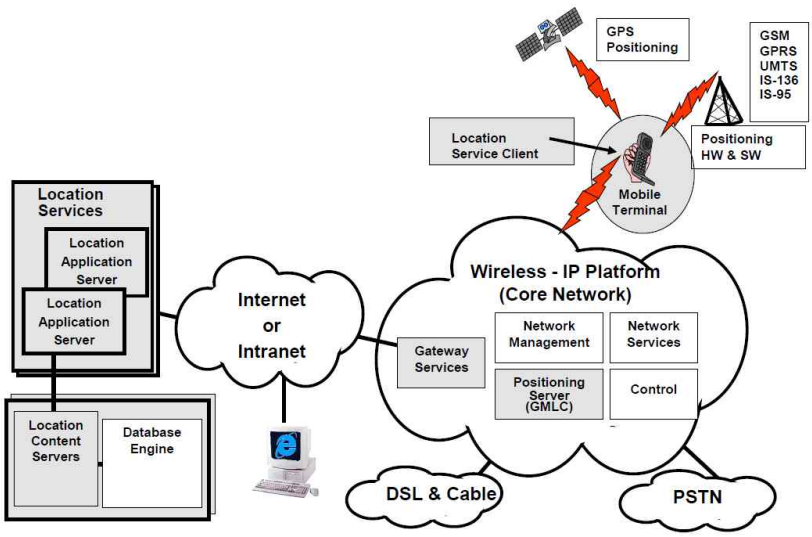
[그림 314]GPS TRAIN 모니터링 시스템

- 이 기술은 직접시퀀스확산대역 (DSSS, Direct Sequence Spread Spectrum)과 신호도착시간 측정기술을 기반으로 이루어진다. 이 방식은 선로변의 안테나를 이용하여 무선신호의 도착시간을 측정함으로써, 열차의 위치를 측정하는 방식으로, GPS시스템과 매우 유사하며 삼각측량에 의한 절대위치 측정이 가능한 시스템으로 위치정확도가 ±5m 이내로 열차위치 측정이 가능한 방식이다. 또한, 선로변의 RF-ID등의 보조설비들이 필요 없는 장점을 갖고 있다.

(나) GPS 위치정보 기술

1) 위치기반서비스(LBS)의 개념

- 위치기반서비스 (LBS, Location-Based Services)는 이동통신망이나 위성신호 등을 이용하여 모바일 단말의 위치를 측정하고 측정한 위치와 관련된 다양한 정보서비스를 제공하기 위한 기술로서 이동통신망기술, 위치추적기술, 단말기기술 및 정보기술과의 통합기술로 이들이 유기적으로 결합된 시스템구성이 필요하다.



[그림 315]위치기반서비스

- 무선측위기술 (PDT, Position Determination Technology)은 모바일 단말의 위치를 측정하기 위한 기술로서 통신망의 기지국 수신신호를 이용하는 망 기반 (Network Based) 방식 단말기에 장착된 GPS수신기 등을 이용하는 단말기기반 (Handset Based) 방식 그리고 이들을 혼합하여 사용하는 혼합 (Hybrid) 방식으로 분류 할 수 있다. 망 기반 방식은 단말상

의 특별한 장치를 추가로 사용하지 않으나 위치 정확도가 통신망의 기지국 셀크기와 측정방식에 따라 차이가 많으며 일반적으로 500 meter에서 수 kilometer의 측정오차를 가진다. 단말기기반 방식은 단말기에 GPS 수신기 등신호 수신장치를 추가로 장착해야 하며 망기반 방식에 비해 위치 정확도가 높으나 높은 빌딩이 많은 도심지역 나무가 많은 산림지역이나 실내에서 신호의 수신이 간섭을 받아 위치를 결정하지 못하는 문제가 있다. 이러한 두 방식이 가지는 문제를 해결하기위하여 두방식을 혼합하여 사용하는 혼합 방식 즉 Assisted-GPS 기술이 연구 개발 되고 있다.

2) 위치정보 측위 기술

- 위치정보를 측위하는 기술은 측위에 사용하는 인프라의 유형에 따라 네트워크 기반, 위성신호 기반, Wi-Fi신호 기반, 혼합측위 기반의 4가지로 분류할 수 있다.



[그림 316]위치정보 측위기술 분류

- 네트워크 기반의 위치측위는 이동통신사의 기지국 위치를 활용하여 서비스 요청단말기(휴대전화 등)의 위치를 측정하는 기술로서 기지국과 단말기 간의 신호의 방향이나 도달시간 등을 이용하여 단말기의 위치를 추정하는 방식이다. 네트워크 기반의 위치정보 측위오차는 기지국이 비교적 많이 설치되어 있는 도심지에서는 300m 이상, 교외지역에서는 수 Km에 달할 정도로 오차범위가 크다.
- 위성 신호 기반 위치정보 측위는 지구를 도는 인공위성으로부터 단말기(휴대전화 등) 까지 전파 도달시간을 측정하여 위성과 수신기간 거리를 파악하는 기술로서 미국에서 쏘아올린 GPS, 유럽 Galileo, 러시아 GLONASS 그리고 중국의 COMPASS 등이 위치측위에 이용 중에 있다. 위성 신호 기반의 위치측위 기술은 GPS 위성을 기준으로 Standalone

GPS, MS-Based GPS, MS-Assisted GPS 및 Hybrid 방식으로 구분할 수 있으며 측위오차는 약 50m ~ 150m로 네트워크 기반의 측위 오차보다 정밀하지만 실내에서는 위성신호가 닿지 않아 사용할 수가 없는 단점을 가지고 있다.

- Wi-Fi 신호 기반 위치정보 측위는 단말기(휴대전화 등) 주변의 Wi-Fi 정보(AP MAC 주소, 전파세기 등)를 Wi-Fi AP의 위치정보 DB(AP MAC 주소, 위치값 등)를 활용하여 위치를 측위 하는 방식으로 Wi-Fi AP의 설치가 많은 도심지, 실내 등에서 비교적 정확한 위치를 측위할 수 있는 장점이 있는 대신, 사전에 Wi-Fi AP의 위치정보 DB 구축을 위해 많은 시간과 비용이 소요되고 위치측위시 AP의 신호세기 변화에 민감하게 반응하는 단점이 있다. 혼합 위치정보 측위는 네트워크 기반 · 위성신호 기반 · i-Fi 신호 기반 등의 위치측위 값을 조합하여 단말기(휴대전화 등)의 위치를 측위 하는 방식이다.

3) 위치정보 측위 기술 응용 분야

가) 휴대전화(iOS, Android)의 위치측위 지원

- iPhone에 탑재된 iOS는 Hybrid Positioning System방식으로 위치측위를 지원하며 OS 단에서 API를 통하여 위치정보를 쉽게 사용가능하다. 측위 순서는 GPS 측위 → Wi-Fi 측위(WPS, Wi-Fi Positioning System) → 기지국 측위(Cell-ID) 순으로 측정한다. 안드로이드 OS의 경우 GPS 측위, Wi-Fi 측위, 기지국 측위 모두 지원하나 개발자가 직접 선택하여 적용하는 Optional API를 제공하고 있다. 다만 Wi-Fi 측위는 LAP 단에서 개발자가 새로운 방식으로 직접 구현이 가능하다.

나) 실내 위치측위 서비스 동향

- Google은 지난 2011년 11월부터 자체 지도 서비스인 Google Maps를 통해 미국과 일본 지역 등에 한해 건물의 실내 구조와 위치를 찾을 수 있는 실내 지도 서비스 기능을 제공하기 시작했다. Google의 실내 지도 서비스는 3G 네트워크와 Wi-Fi 접속 포인트를 통한 삼각 측량 기술을 활용함으로써 위치 정보를 제공한다. 쇼핑몰, 대형 유통점, 공항 등 대형 건물 및 시설 내부가 묘사된 평면도 위에 사용자의 위치가 표시되기 때문에 사용자는 한눈에 자신의 위치와 이동 방향을 파악할 수 있다. 다층

건물에 대해서는 화면 오른쪽에 층수가 표시되어 원하는 층의 지도를 확인할 수 있을 뿐만 아니라, 이용자가 다른층으로 이동 시에는 평면도가 자동으로 업데이트된다. Google은 실내 지도의 정확성을 보완하기 위해, 'Google Maps Floor Plan Maker'라는 앱을 출시했으며, 이 앱은 건물주나 상점 주인 등이 직접 수정한 평면도를 Google Maps에 업로드함으로써 Google 측에 피드백을 보내는 일종의 크라우드 소싱(Crowd Sourcing) 방식을 활용하고 있다. Google은 7월부터 영국과 스위스의 박물관, 기차역, 공항 등 유럽 일부 지역에 대한 서비스를 런칭하고, 런던의 유명 백화점과 제휴를 체결하는 등 점차 서비스 제공 지역을 확대해 나가고 있다.

- 애플은 초기 구글 맵스 애플리케이션을 채택하여 위치정보를 손쉽게 확보할 수 있도록 하였고, 특히 기존 GPS 의 취약지역에서도 위치정보 서비스를 제공할 수 있도록 하기 위해 위치정보 뿐만 아니라 스카이훅 와이어리스에서 제공하는 와이파이 핫스팟 정보, 기지국의 위치정보를 제공함으로써 높은 정확도를 보장하였다. 이후, 애플은 자체 지도서비스를 위해 C3테크놀러지(3C Technology), 폴리나인(Poly9) 등과 같은 LBS 전문 사업자들을 연이어 인수하였다.
- 실내 지도 서비스는 정보 전달은 물론 전자상거래, 광고, 마케팅 등과의 접목을 통해 다양한 비즈니스 모델 양산이 가능할 것으로 예상되면서 차세대 모바일 서비스 시장의 킬러 서비스로 주목받고 있는 트랜드 변화에 대응하여 지난 2012년 8월, 삼성전자, 노키아 등 22개의 글로벌 IT 사업자들이 실내 위치 정보 서비스 개발을 위한 연합체 'In-Locations Alliance'가 공식 발족했다. 인로케이션 연합체는 와이파이와 블루투스4.0 기술을 활용해 위치정보의 정확성, 낮은 소비전력, 높은 이용편의성까지 충족시키는 실내지도 서비스 개발을 목표로 하고 있다.

다) 위치정보 플랫폼 구축기술

- 실내·외에서 비교적 정확한 위치측위를 할 수 있는 방법으로 통신사와 개인들이 설치하여 운영중인 Wi-Fi AP의 위치정보를 활용하는 방법이 있다. Wi-Fi AP는 공공장소, 사무실, 가정집 등 도심 등을 중심으로 전국적으로 폭넓게 분포되어 있다. 이러한 Wi-Fi AP의 위치정보를 활용하기 위해서는 선행되어야 할 기술적 요구사항들이 있는데 첫째로 전국적

으로 흩어져 있는 Wi-Fi AP의 위치정보를 수집하는 기술이고, 둘째로 수집한 Wi-Fi AP 정보를 DB에 규격화하여 저장하는 기술이며, 마지막으로는 단말기에서 위치를 추정하여 활용할 수 있도록 하는 기술이다. Wi-Fi AP의 위치정보를 수집하기 위해서는 수집하고자 하는 Wi-Fi AP의 위치를 계산할 수 있는 메커니즘이 필요하다. 실외의 경우 Wi-Fi AP를 수집할 수 있는 장치를 차량을 탑재하여 도로위를 주행하는 동안 하나의 Wi-Fi AP에 대해 다수의 측위위치에서 신호를 탐지하고 신호가 탐지된 각각의 위치에서 GPS 위치와 Wi-Fi AP 수신신호의 세기를 이용하여 역 삼각측량 기법(Reverse Triangulation) 이나 Weighed Centroiding 기법으로 Wi-Fi AP의 위치를 계산하는 방법이 가장 보편적이라 할 수 있다. 실내의 경우 현재의 주소를 가리키는 위치데이터 포맷을 건물 내 지역적으로 주요한 공공주소, 기준점 또는 지역들을 가리키는 형태로 확장한 AP 위치를 사용하는 방법도 활용 할 수 있다.



[그림 317]실측차량을 이용한 Wi-Fi AP 수집

- 둘째로 필요한 기술은 Wi-Fi AP 정보를 규격화하여 DB에 저장하는 것이다. 실외에서 차량을 이용하여 수집한 Wi-Fi AP 들의 정보를 공동 활용할 수 있는 형태로 DB를 설계하고 데이터를 저장, 갱신할 수 있도록 구축해야 한다. 특정 사용자가 탐지한 Wi-Fi AP 가 DB에 없거나 등록된 위치로부터 임계거리 이상이라면 해당 사용자의 고유 ID, MAC Address, 신호세기, AP 추론위치를 해당 사용자의 지역 AP 위치 DB에 첨가하거나 해당 AP 위치를 갱신하는 메커니즘도 활용된다. 실내의 경우는 현재의 공공 위치데이터 포맷을 지역적으로 주요한 공공 주소들을 포함하는 형태로 확장한 건물 내 Wi-Fi AP 위치를 AP 내부에 설정하거나 AP MAC Address 와 건물 내 위치를 목록화한 별도의 Wi-Fi AP

위치 DB를 서버에 구축하는 방법도 있다.

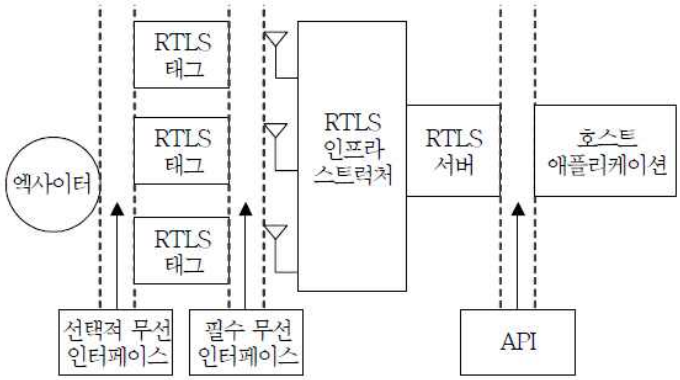
- 마지막으로 단말기의 위치를 추정하기 위한한 가장 보편적 기술은 Wi-Fi AP 정보를 수집하고자 하는 단말기로부터 가장 가까운 AP의 지리적인 위치를 선택하는 방법이다. 이를 좀더 정교화 하여 단말기에 수신되는 AP의 신호세기로 AP 위치에 대한 가중치를 부여하는 Centroiding 방법과 다수의 Wi-Fi AP로부터 단말기의 거리를 측정하는 삼각측량(Triangulation) 방법으로 단말기의 위치를 추정하는 방법도 사용될 수 있다. 실내 위치추정의 경우, 지리적인 위치 대신 실내주소로 표시된 AP의 공공 위치나 실내의 주요 지역들을 표시하는 확장된 공공주소를 사용하여 모바일 기기의 위치를 추정할 수도 있다.

(다) RFID 위치정보 기술

1) RFID 위치정보 기술 개념

- 위치정보 제공 서비스는 이동통신 기술의 급속한 발전과 함께 무선통신 기술을 활용한 다양한 측위 기술들을 통해 그 서비스가 이루어져 왔다. 이들 중에서 특히 능동형 RFID에 기반한 실시간 위치추적 시스템(RTLS)은 자산이나 사람들의 위치를 실시간으로 추적할 수 있는 자동화된 시스템이란 것이 입증되면서, 최근 들어 괄목할 만한 주목 을 받고 있을 뿐만 아니라 의료, 군수, 항만, 물류 및 제조 등과 같은 다양한 분야로 그 도입이 활성화되고 있는 추세이다. RFID 기술은 빠른 인식 속도, 긴 인식거리, 금속을 제외한 대부분의 장애물 투과 기능, 사용시간 및 데이터 저장 능력의 탁월성 등을 제공할 수 있어 물류, 교통, 보안, 안전 등 다양한 응용 분야에 활용되고 있다. 현재 RFID 기술은 135kHz의 저주파에서부터 2.45GHz의 마이크로파에 이르기까지 여러 주파수대를 활용하여 다양한 응용 시스템들이 상용화되고 있고, 관련 표준화는 국제 표준화 기구인 ISO/IEC 산하의 JTC1/SC31에서 표준 개발, 운용 및 관리를 맡아 진행하고 있다.
- 실시간 위치추적 시스템은 능동형 RFID에 기반 을 두고 제한된 영역의 실내 또는 실외에 있는 특정 사람 또는 사물의 위치 및 상태 정보를 실시간으로 제공하는 자동화된 무선통신 시스템을 이른다. RTLS 시스템은 RTLS 태그와 리더기가 300m 정도 떨어져 있는 LOS 환경에서 3m 또는

그 이내의 위치 정확도를 제공할 수 있다. 보편적으로 RTLS 시스템에서 위치 추정은 삼각측량법에 의해 이루어지는데 TDoA 기술을 바탕으로 이루어진다.



[그림 318]실시간 위치추적 시스템 구성도

- RTLS 태그: ISO/IEC 24730-2 표준에 정의된 프로토콜을 따르고 배터리에 의해 전원이 공급 되며 자체적으로 DSSS 신호를 생성할 수 있는 무선장치를 이른다.
- RTLS 인프라스트럭처: 무선 인터페이스 프로토콜을 수신하는 리더와 RTLS 서버 API간에 존재하는 시스템 구성요소를 이른다.
- 엑사이터: RTLS 태그의 행동 양식을 변경할 수 있도록 관련 신호를 전송하는 장치를 이른다.
- RTLS 서버: RTLS 리더기로부터 데이터를 수집 하여 태그의 위치정보를 계산하는 장치를 이른다.
- 호스트 애플리케이션: 사용자 관리 정보 시스템을 이른다.

- RTLS는 2.4~2.4835GHz 범위에서 60MHz 채널 대역폭을 활용한다. RTLS 태그는 고유 ID를 가지고 있는 능동형 RFID로서, 자체적으로 DSSS 신호를 생성할 수 있고 내장된 배터리에 의해 전원을 공급받는다. 이러한 태그는 위치를 확인하고자 하는 대상물에 부착되어 일정한 시간 간격으로 블링크(blink) 신호에 자신의 정보를 실어 RTLS 리더기에 전송한다. 리더기는 태그로부터 정보 신호를 받아 서버에 전달하게 되고 서버는 리더기로부터 정보를 수집하며, 호스트 애플리케이션은 사용자 요구사항에 맞는 정보를 서버에 요청하고 이를 응용환경에 맞게 사용한다.

2) Real-Time Locating Systems(RTLS) 위치정보 기술 동향

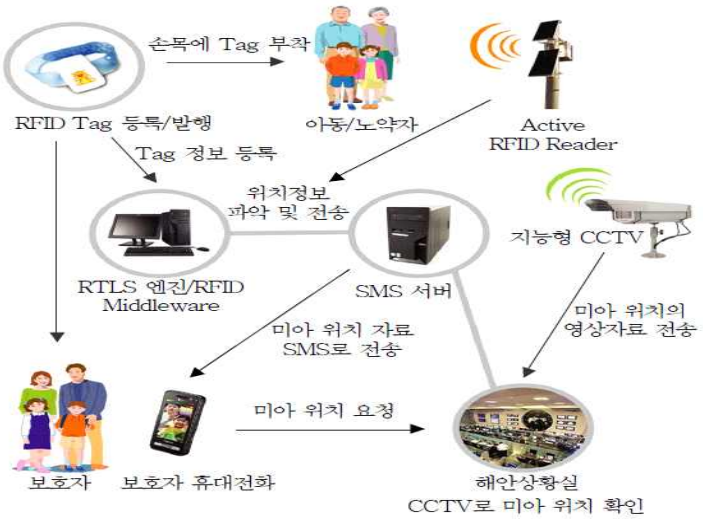
가) 국내 기술 동향

- 현재 국내는 RTLS 보다는 GPS를 기반으로 하는 위치확인 시스템 개발 및 서비스가 활발히 진행 되고 있다. GPS를 이용하는 시스템은 GPS 자체만 을 이용하여 자신의 위치를 계산하는 단순 위치확인 시스템과 이동통신망을 연계한 위치 추적 시스템 등이 개발되고 있으며, 일반 차량 위치 추적 및 항만, 운송업 등의 다양한 분야에 활용되고 있다. 이에 반해 RTLS 관련 국내 기술 개발 현황은 그 기술 수준이 낮은 상황이었으나, 2008년부터 ETRI가 ISO/IEC 24730-2에 준하는 RTLS 시스템을 자체 개발하고 보다 완성도가 높은 ISO/IEC 24730-2 revision 국제 표준 및 관련 기술 개발을 함께 주도하고 있는 상황이어서 원천기술 및 기술선도가 유리한 상황에 있다.



[그림 319]ETRI의 RTLS 태그 및 기준태그, 리더, 서버

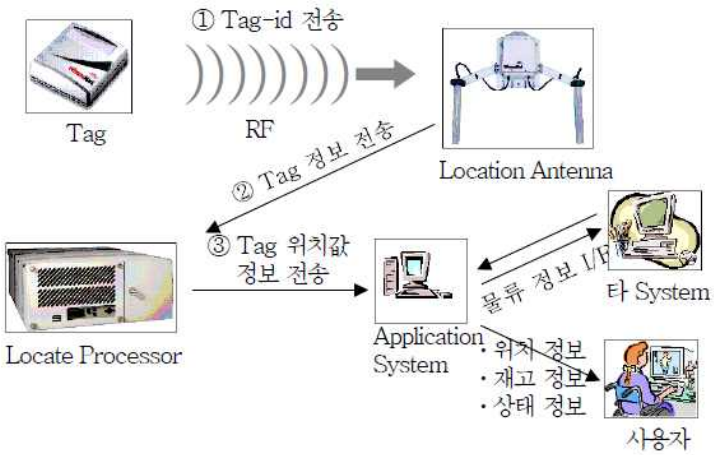
- 코리아컴퓨터가 해운대 미아 찾기에 RTLS 시스템을 적용한 서비스 구성도를 나타낸다. 미아 찾기 RTLS 시스템은 메시(mesh) 네트워크와 RTLS 기술을 연계해 잃어버린 아이의 현 위치는 물론이고, 이동중에도 동선을 추적해 그 장소를 정확히 찾아낼 수 있어 미아 발생 상황에 신속히 대처 할 수 있다.



[그림 320]코리아컴퓨터 RTLS 서비스 구성도

나) 국외 기술 동향

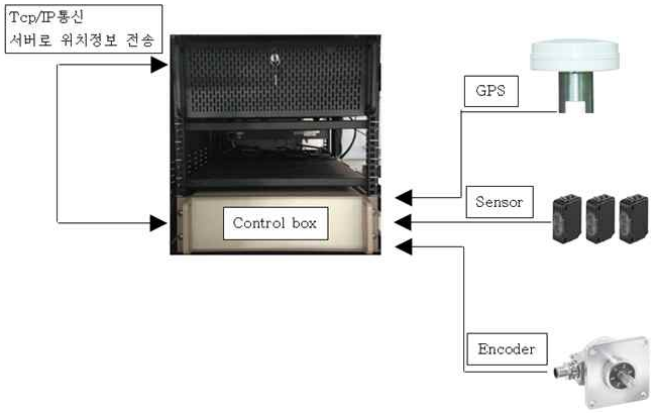
- 미국은 2.45GHz 대역 RTLS를 API와 함께 2003년에 이미 국내 표준(ANSI/INCITS 371 시리즈)으로 결정하였고, 현재는 자동차 업계 및 IT 기술개발 업체 등이 주축이 되어 표준화 및 기술 개발을 주도하고 있다. 일본의 경우는 RTLS API 관련 분야에 깊은 관심을 가지고 있고, 센서 노드와 Ad-hoc 통신을 이용한 차량 안전용 프로토타입을 개발 중에 있다. Zebra는 2.45GHz 대역 RTLS는 WhereNet이 DSSS 방식을 기반으로 특정지역 내의 실시간 위치확인 시스템 개발을 완료하여 주도함으로써 항만, 공항 등에서 컨테이너, 차량 위치 확인 및 추적, 공장의 부품 및 자동화 관리 등 시장을 확대 및 진출하고 있다.



[그림 321]Zebra의 RTLS 서비스 접속도

(8) 위치정보 및 전원공급시스템 구축

(가) 위치정보 검측 시스템 구성도



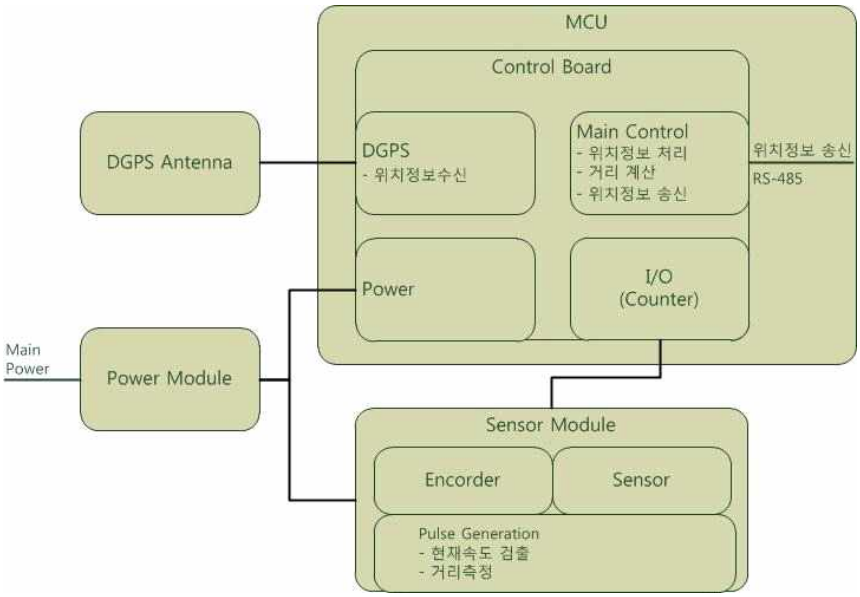
[그림 322]위치정보 검측 시스템 구성도

○ 하드웨어

- 영상정보 처리시스템 전원 포함 파워 모듈 설치
- 컨트롤 보드 제작 및 펌웨어 제작
- 제어용 Box 제작 설치
- 모터카 트레일러 윤축 엔코더 장착 및 박스 설치
- 궤도 거더 검측센서 설치용 Box 제작
- DGPS 안테나 설치
- 시스템 배결선 및 현장 시운전

○ 소프트웨어

- 모터카 위치 정보 처리
- 모터카 현재 속도 검출
- 모터카 이동거리 계산
- 위치 정보를 영상처리 시스템에 송신



[그림 323]위치정보 검측 시스템 세부구성도

(나) 하드웨어 주요사양

1) Control Board : 1 EA

- DGPS 수신 회로
  - DGPS 주파수 : L1, 1575.42MHz
  - DGPS 위치 정확도: 2.5M 이내
  - DGPS 업데이트 속도 : 1~10Hz
- 센서 I/O 회로
- Control CPU 회로
- Power 회로

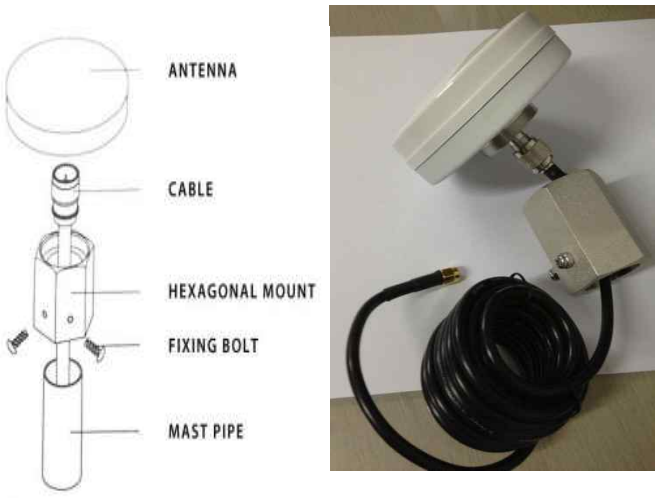


[그림 324]Control Board

2) 제어용 Power Supply : 1EA

- 입력 : AC220V
- 출력 : DC24V
- 용량 : 3A

3) DGPS 안테나



[그림 325]DGPS 안테나

4) DGPS 모듈

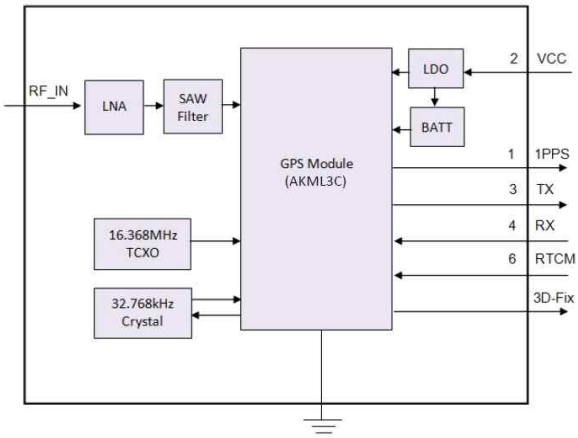


[그림 326]DGPS 모듈
(AsecenKorea 사)

○ DGPS 모듈 특성

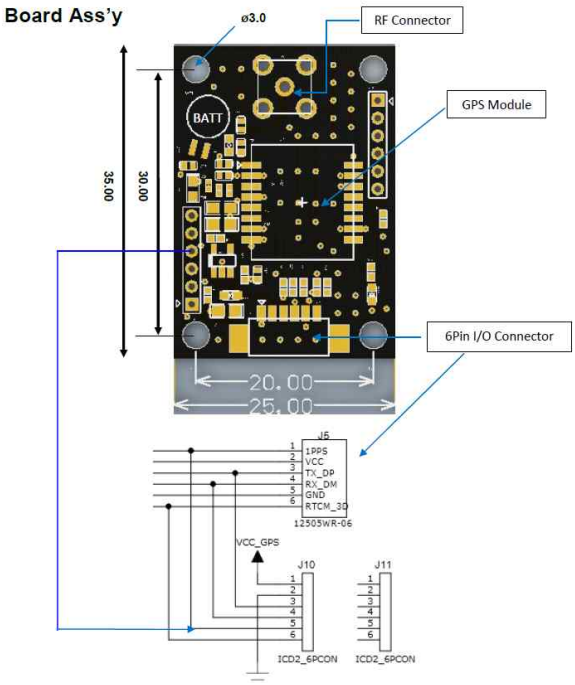
5) Encoder : 1EA

- 공급 전압 : DC 5~30V



[그림 327]System Block Diagram

(AsecenKorea 사)



[그림 328]Mechanical Dimension

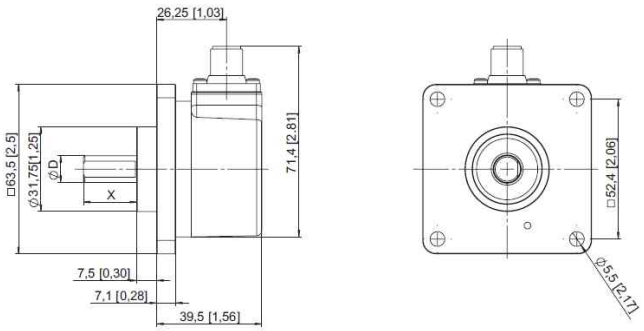
(AsecenKorea 사)

- 동작 온도 : -20℃~60℃
- 펄스 주파수 : 100kHz이상
- 출력 : TTL 호환

[표 59]Encoder 특성

Electrical characteristics				
Output circuit		**RS422** (TTL-compatible))	**Push-Pull**	**Push-Pull** (7272)
Supply voltage		5 V ±5%	10 ... 30 V DC	5 ... 30 V DC
Current consumption with inverted signal (no load)		typ. 40 mA / max. 90 mA	typ. 50 mA / max.100 mA	typ. 50 mA / max.100 mA
Permissible load/channel		max. ±20 mA	max. ±20 mA	max. ±20 mA
Pulse frequency		max. 300 kHz	max. 300 kHz	max. 300 kHz
Signal level	high low	min. 2.5 V max. 0.5 V	min U_B - 1 V max. 0.5 V	min. U_B - 2.0 V max. 0.5 V
Rise time t_r		max. 200 ns	max. 1 µs	max. 1 µs
Fall time t_f		max. 200 ns	max. 1 µs	max. 1 µs
Short circuit proof outputs [1]		yes [2]	yes	yes
Reverse connection of the supply voltage		no	yes	no
UL-certified		File 224618		
CE compliant acc. to		EN 61000-6-2, EN 61000-6-4 and EN 61000-6-3		
RoHS compliant acc. to		EU guideline 2002/95/EG		





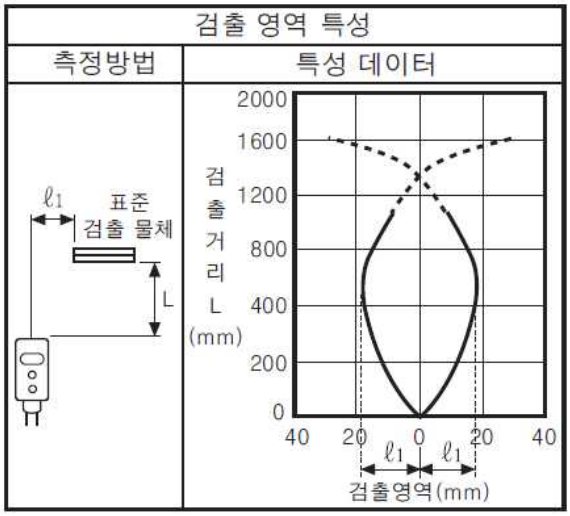
[그림 329]Encoder

6) Sensor : 3EA

- 검측 거리 : 50mm이상
- 공급 전압 : DC 10~30V
- 동작 온도 : -20℃~60℃
- 스위칭 주파수 : 2kHz이상
- 출력 : TTL 호환

- 검출방식 : 확산반사형
- 검출물체 : 불투명체, 반투명체
- 사용광원 : 적색 LED
- 내전압 : 1000VAC 50/60Hz에서 1분간

○ Sensor 검출영역 특성

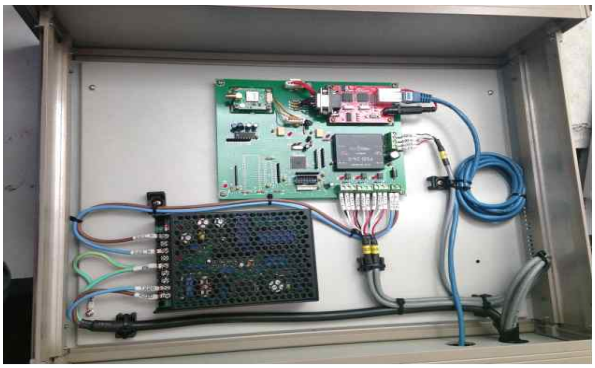


7) 제어용 Box : 1EA

- SIZE : 500x700x250



[그림 330]제어용 Box 외함



[그림 331]제어용 Box 내부

8) Sensor Box : 1EA

- SIZE : 300x200x100



[그림 332]Sensor Box

9) Encoder Box : 1EA

- SIZE : 200x150x150



[그림 333]Encoder Box

10) 전원공급장치

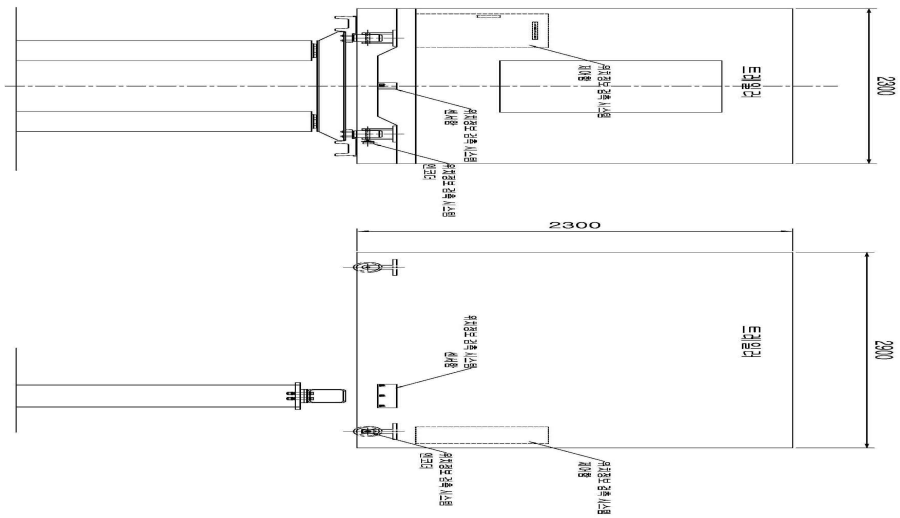
AC출력	정격 전압	220V
	정격 주파수	60 Hz
	정격 전류	25.0 A
	정격 출력	5,500 VA
	최대 출력	6,500 VA



[그림 334]Power Supply

전원공급용 발전기의 경우 당초 모터카의 축전지의 전력을 이용할 계획이었으나 모터카 축전지의 경우 동절기에 기온강하에 따른 효율저하로 점검시스템에서 전원을 공급받을 경우 모터카의 운행 신뢰성이 떨어져 별도의 발전기 설치로 변경되었다. 또한 LED조명에 전원을 공급할 때 공급전원의 주파수에 따라 깜빡거림(플리커현상)이 발생하여 외률이 낮은 인버터 발전기를 채택하였다.

(다) 설치위치 및 내부구성

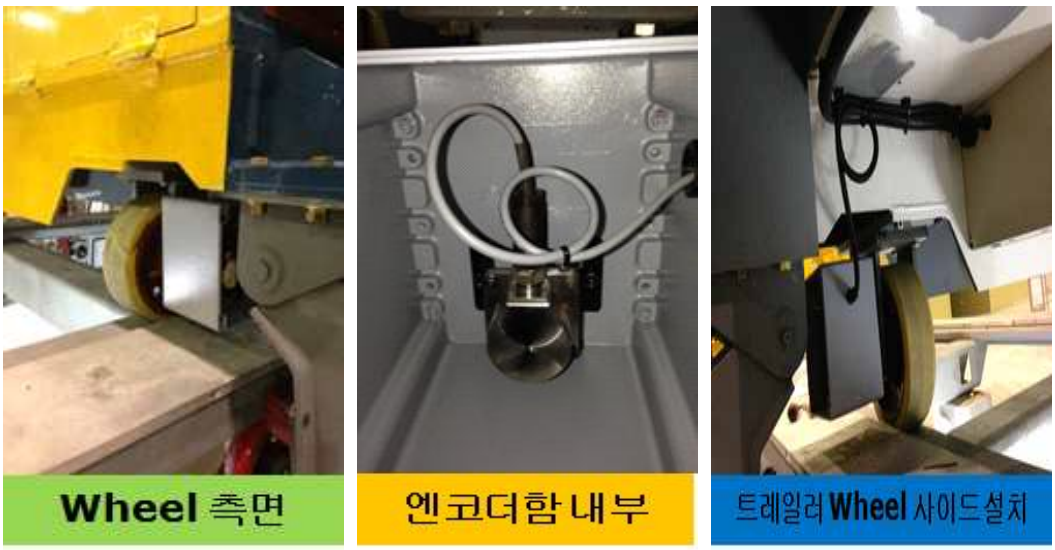


[그림 335]위치정보 검측 시스템 설치 도면

1) Encoder

- 엔코더(encoder)는 차량의 전진방향 왼쪽 앞바퀴에 장착되어 차량의 이

동속도를 검측하기 위해 사용되어 진다. 바퀴와 엔코더 사이에는 커플링을 부착하여 바퀴로부터 전달되는 충격으로부터 엔코더를 보호하게끔 설계되어져 있다.



2) 센서함

- 센서함에는 모두 3개의 포토센서가 장착되어있다. 이는 원점을 인식하는 용도와 거더를 검측하기위한 용도로 사용되어 진다. 2개의 센서가 거더를 검측하고 나머지 1개의 센서를 이용하여 원점을 검측하도록 설계되어져 있다.



[그림 336]Sensors



[그림 337]Sensor box 설치

3) 제어용 Box

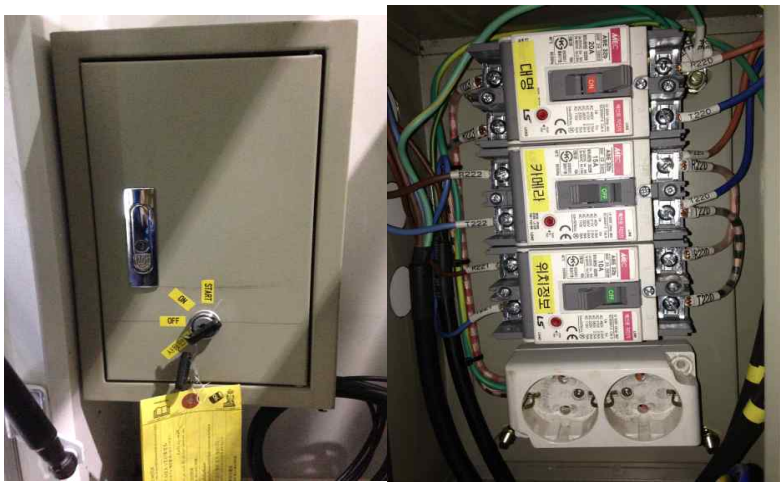
- 제어용 Box에는 엔코더, 센서, GPS로부터 입력되는 신호들을 분석하고, 서버로 위치정보를 전송하는 역할의 콘트롤러가 내장되어 있다. 더불어 콘트롤러에 전원을 공급해주는 별도의 SMPS가 장착되어져 있다.



[그림 338]제어용 Box 설치

4) 메인 분전함

- 메인 분전함은 발전기의 시동 및 각 시스템으로의 전원을 공급하는 역할을 한다. 시동은 스위치를 돌려 작동시킬 수 있으며, 분전함 내부의 NFB를 이용하여 각 시스템의 전원 공급 여부를 결정할 수 있다. 또한 여분의 콘센트를 설치하여 다른 작업이 용이하도록 설계되어져 있다. 콘센트의 전원은 대명 NFB에 연결되어져 있다.



[그림 339]메인 분전함

(라) 통신 프로토콜

- 아래는 위치정보 검측시스템과 서버사이에 통신하는 통신 프로토콜을 기술한 것이다.

Header	Length	Source	Destination	Command	User Data	CRC
2 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte		1 byte

명칭	길이	설 명	데이터
Header	2 byte	프레임의 Header	0x05 0x64
Length	1 byte	Header를 제외한 CRC가 포함된 프레임 길이	
Source	1 byte	데이터를 보내는 곳	0x02 (Board)
Destination	1 byte	데이터를 받는 곳	0x40 (PC)
Command	1 byte	0x03 (데이터 요청 : PC->Board) 0xA1 (데이터 요청에 대한 응답 : Board->PC)	
User Data		사용자 데이터	
CRC	1 byte	CRC 8	CRC-8 x8 + x2 + x + 1
Line	1	상선, 하선, 인입선 구분	'1' - 상선, '2' - 하선 (진행방향 - A,B) '3' - 인입선 (진행방향 - C, D)

명칭	길이	설 명	데이터
direction	1	진행방향 (차량기지 방향, 인천국제공항 방향) (인입선 출고, 인입선 입고)	'A' - 인천국제공항 방향 'B' - 과업종점 방향 'C' - 출고 'D' - 입고
speed	4	속도	'12.3' - 12.3km/h
railroad tie NO	4	침목번호	'0987' - 987번째 침목
distance	7	기준점부터의 거리	거리의 단위는 mm '0234567' - 0 km 234 m 567 mm
latitude	9	GPS좌표 - 위도	'3735.0079' - 37도 35.0079
longitude	10	GPS좌표 - 경도	'12701.6446' - 127도 1.6446
joint	1	이음매, 지상자 여부	'0' - 이음매 없음 '1' - 이음매 있음 '5' - 지상자 있음 '9' - 이음매, 지상자 있음
pier NO	4	교각번호	'P098' - P98번 교각 'S101' - 101역 교각은 P001 ~ P173, Pi01~Pi09 역사는 101 ~ 106
pier distance	7	교각에서의 거리	거리는 기준점부터의 거리와 동일함
ground unit	2	지상자번호	사용하지 않음
ground unit distance	7	지상자부터의 거리	사용하지 않음

(9) 유지보수 전용 S/W 및 DB 시스템 구축

(가) 주요 연구개발 내용

□ 사용자 환경 분석서 및 유저 인터페이스 설계서 개발

- 사용자 환경 분석서 개발
- 유저 인터페이스 설계서 개발

□ 유지보수 전용 S/W 개발

- 영상 디코딩 모듈 개발
- 프레임 분석 및 정규화 모듈 개발
- 선분검출, 객체추출 등의 이미지처리를 통한 시설물 획득
- 체결구 및 전차선 볼트 풀림 감지/점검 기능 개발
- 사용자 환경을 고려한 유저 인터페이스 개발

□ DB 저장 및 분류 시스템 구축

- 시설물 영상 정보 저장 및 분류 기능 개발
- 시설물 영상 정보 검색 기능 개발
- 점검 결과 정보 저장 기능 개발

□ S/W 사용자 매뉴얼 및 DB 시스템 유지관리 매뉴얼 개발

- S/W 사용자 매뉴얼 개발
- DB 시스템 유지관리 매뉴얼 개발

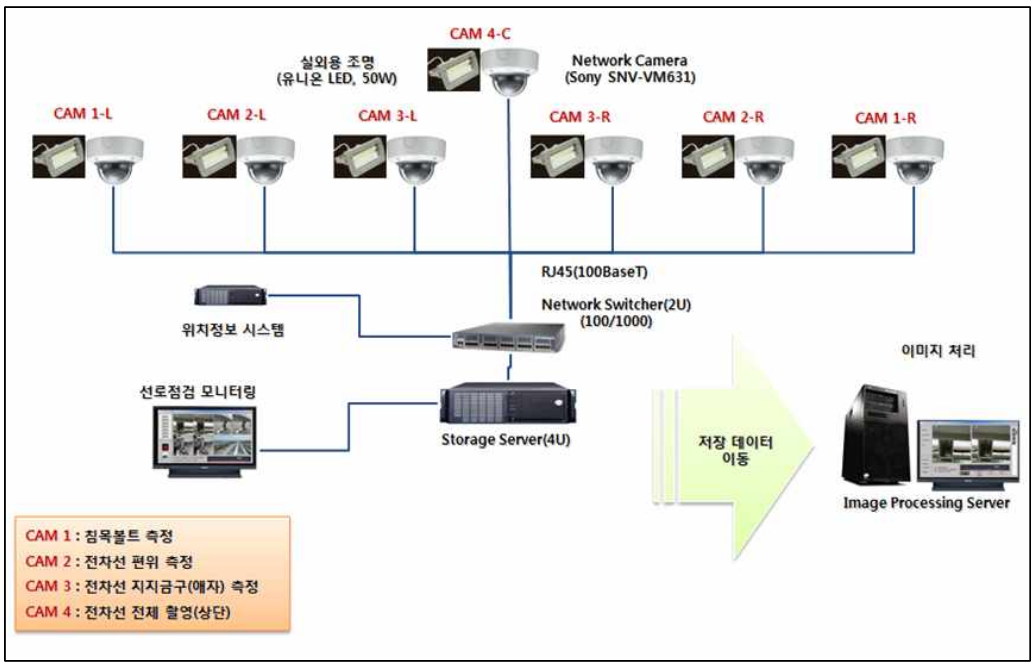
(나) 연구결과 평가의 착안사항

일련번호	연구내용	연구개발 결과 평가의 착안점
1	사용자환경 분석 및 유저인터페이스 설계	사용자 요구사항을 반영한 프로세스기반의 유저인터페이스를 설계하고 이를 공정회의를 통하여 확정
2	유지보수 전용 S/W 개발	사용자 환경에 맞는 전용 분석 S/W를 개발하고 있으며, 이를 공정회의 등을 통하여 제시
3	DB 저장 및 분류 시스템 구축	다수의 영상정보를 선별하여 분류하고 저장할 수 있는 DB시스템을 설계하고 있으며, 이를 트레일러 차량에 구축
4	S/W 사용자매뉴얼 및 DB시스템 유지관리매뉴얼 개발	각 시스템 구성요소를 고려하여 매뉴얼 개발을 수행하고 있으며, 세부적인 매뉴얼 완료는 개발 S/W 완료 일정에 맞추어 추진할 계획임

(다) 시스템 구성

1) 선로점검 시스템 구성

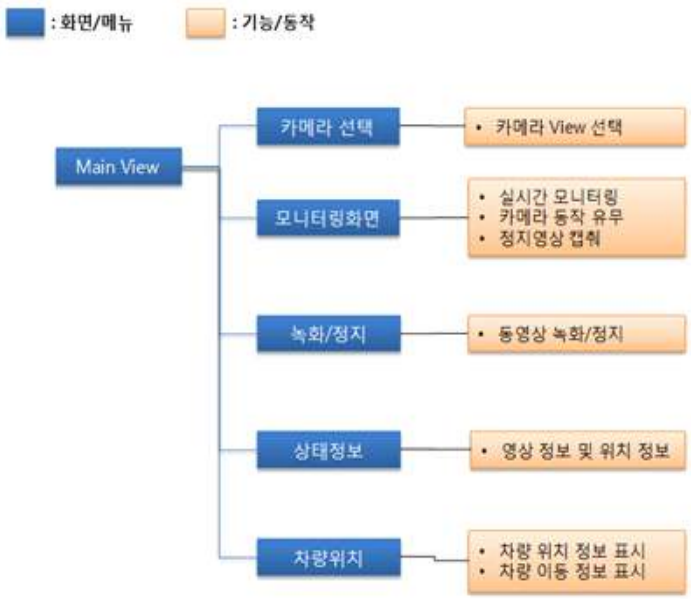
- 본 과제에서 개발한 선로점검 시스템은 [그림 1]과 같이 자기부상열차 선로시설물을 총 7개의 점검카메라로 모니터링하며 촬영하고, 획득한 영상에 대하여 이미지 처리를 위해 선로 분석/점검 서버에 이동하여 분석하도록 구성되어있으며, 이 시스템의 구성품은 점검카메라, 유지보수 전용 S/W(선로점검모니터링 서버), DB저장 및 분류시스템(선로 분석/점검 서버)으로 구성된다.



[그림 340]선로 점검시스템 구성도

2) 유지보수 전용 S/W 구성

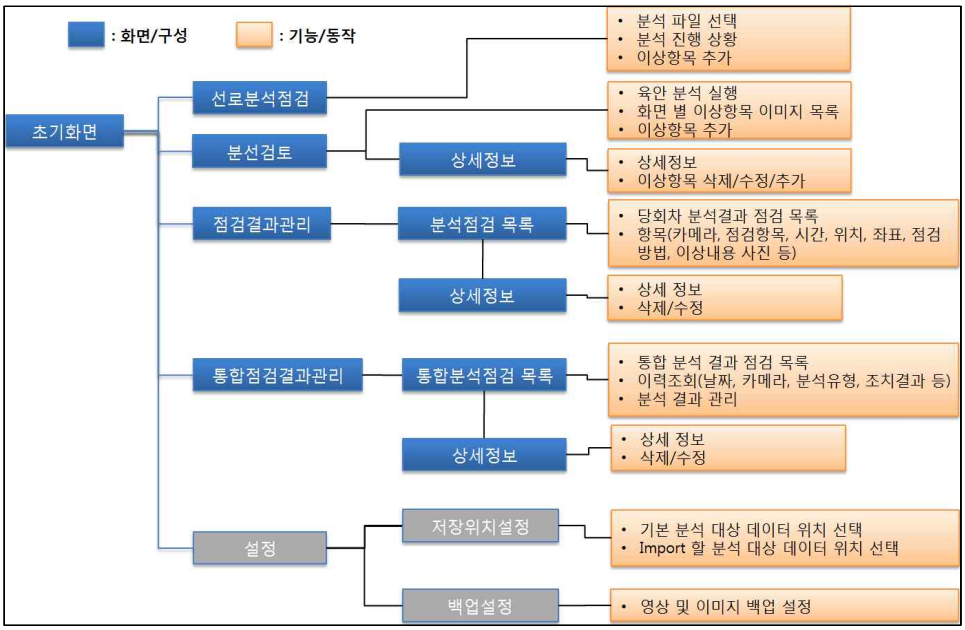
- 선로시설물 영상 획득 및 모니터링을 하기 위한 프로그램으로 위치정보 데이터와 연동하여 저장하는 선로 점검 모니터링 프로그램 구성도이다. 이 프로그램의 구성으로는 Main View로부터 각 메뉴를 선택할 수 있으며, 카메라 선택, 모니터링화면, 녹화/정지, 상태정보, 차량위치 등으로 구분된다



[그림 341]선로점검 모니터링 프로그램 구성도

3) DB저장 및 분류시스템 구성

- 유지보수 전용 S/W를 통하여 획득한 영상을 분석하고 분석 결과를 관리하는 선로 분석/점검 프로그램 구성도이다. 이 프로그램 구성으로는 초기화면에서 선택할 수 있으며, 선로분석점검, 분석검토, 점검결과관리, 통합점검결과관리, 설정 등으로 구분된다.



[그림 342]선로 분석/점검 프로그램 구성도

(라) 시스템 기능

1) 유지보수 전용 S/W 기능

○ 영상 녹화/정지 기능
- 점검 항목 별 카메라 영상의 녹화 및 중지
- 영상 데이터 저장

○ 영상 정보 및 위치 정보 표시 기능
- 차량의 위치 정보 및 영상 정보 표시
- 열차의 속도, 열차의 위치 현황, 영상 녹화 시간 등

○ 카메라 별 영상 출력 기능
- 선택한 카메라의 영상 출력
- 1/2/3/4/5/6/7 분할 지원

○ 실시간 모니터링 기능
- 점검 항목 별 카메라의 영상을 실시간으로 화면에 출력

○ 카메라 설정 기능
- 카메라 목록을 관리하여 카메라 별 설정 지원
- 카메라 이름, IP, PORT, 사용자 ID, 암호, 저장 위치 등

○ 위치정보 시스템 연동 기능
- 위치정보 시스템과 연동하여 위치정보 데이터 저장
- 위치정보 시스템 접속 정보 설정 지원

○ 데이터 초기화 기능
- 영상 및 위치정보 데이터 삭제

2) DB 저장 및 분류 시스템 기능

○ 분석 데이터 관리 기능
- 분석된 데이터를 DB화하여 관리

○ 점검 항목 자동 분석 기능
- 영상 및 위치정보 데이터를 자동 분석하여 이상항목 감지

○ 점검 항목 이상 감지 기능
- 자동 분석을 통한 이상 감지 지원
- 영상 재생을 통한 이상 감지 지원

○ 점검 항목 이상 내용 관리 기능
- 이상항목 추가 및 삭제, 수정 지원

○ 점검 항목 영상 컨트롤 (재생/중지/정지 등) 기능
- 영상의 재생/정지/중지/10초 전후 이동/재생 위치 조정 지원
- 화면확대/밝기조정/속도조정 지원

○ 점검 항목별 영상 출력 기능
- 점검 항목 별 화면에 영상 출력 지원

○ 영상 정보 및 위치정보 표시 기능
- 영상 정보 및 위치 정보 출력
- Frame Count, 재생 시간, 속도, 상하선, 위치현황 등

○ 정지영상 캡쳐 기능
- 이상항목 발견 시 정지영상 캡쳐 지원

○ 위치정보 데이터 연동 기능
- 위치정보 데이터를 연동하여 분석 및 위치정보 표시 지원

○ 분석 결과 관리 기능
- 영상 및 위치정보를 분석한 결과 관리 지원
- 분석된 결과의 수정 및 삭제, 세부 내용 확인 지원

○ 분석 결과 이력 조회 (날짜/점검항목/조치결과 등) 기능

- 촬영날짜의 년/월/일 기간별 검색 지원
- 점검항목 별 검색 지원
- 조치결과 별 검색 지원

○ 분석 결과 Export 기능

- 분석 결과를 엑셀파일로 저장

○ 영상 및 이미지 백업 설정 및 관리 기능

- 영상 및 이미지의 백업 및 데이터 관리 지원

(마) 개발 방법

1) 개발 환경

구 분	유지보수 전용 S/W	DB 저장 및 분류 시스템
Language	C++/MFC (Macro Fiber Composite)	C++/MFC (Macro Fiber Composite)
OS	Windows7	Windows7
DB	SQLite	SQLite

2) 개발 방법론

구 분	개 발 방 법
유지보수 전용 S/W	① 영상획득을 위한 입출력 처리 기법
DB 저장 및 분류 시스템	② 지능형 영상분석 및 처리 기법 ③ 관계형 데이터베이스 기법을 이용한 DB 구축 및 활용

3) 세부 개발방법

가) 영상획득을 위한 입출력 처리 기법

○ Sony-SDK와 VFW(video for window)를 연동 및 활용하여 카메라 영상

을 수신/출력/저장

- 수신 된 영상을 출력하기 위해 영상의 이미지를 변환하여 화면에 출력
- 수신 된 영상을 저장하기 위해 원본파일을 압축하고 인코딩/디코딩 기법을 통하여 영상을 저장
- 멀티 쓰레드 처리 기법을 통하여 7개의 영상을 개별 메모리 할당하여 쓰레드를 관리하고 안정적인 영상을 저장하도록 구현

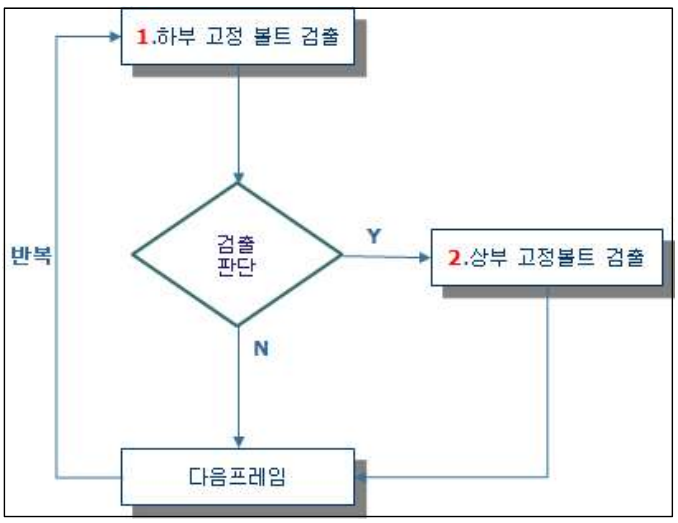
나) 지능형 영상분석 및 처리 기법

○ Template Matching 기법을 이용한 선로시설물 영상 분석 필터링 알고리즘 설계 및 개발

- 패턴인식에서 가장 오래되고 가장 쉬운 접근법으로 비교 대상 패턴에 대한 템플릿(형틀)을 미리 마련해 두고, 인식하고자 하는 패턴을 템플릿 구성하며, 조건에 맞추는 정규화 과정을 거쳐서 상호상관 혹은 거리와 같은 유사도를 척도로 패턴을 인식하는 방법임.

○ Template Matching 적용 전략

- 계층적 검출법(Hierarchical Matching) 사용
  - 1개의 하부 고정 볼트와 4개의 상부 고정 볼트는 공통적으로 출현
  - 하부 고정 볼트는 너트의 풀림 현상 외에는 없다고 가정
  - 하부 고정 볼트를 먼저 검출한 후 검출이 성공하면 상부 고정 볼트 검출



[그림 343]계층적 검출법 설명

- 선택적 ROI(Selective Region of Interest) 사용

· Template matching의 검색 범위가 이미지 전체가 아닌 타겟이 검출된 만한 부분만을 선택하여 검색함으로써 검색 시간 최적화

· 검출된 하부볼트의 위치에 연동하여 상부볼트의 ROI 결정



[그림 344]선택적 ROI 설명

- 검출 결과에 따른 이상 여부 판정

· 하부볼트 검출 후 상부볼트 검출 진행

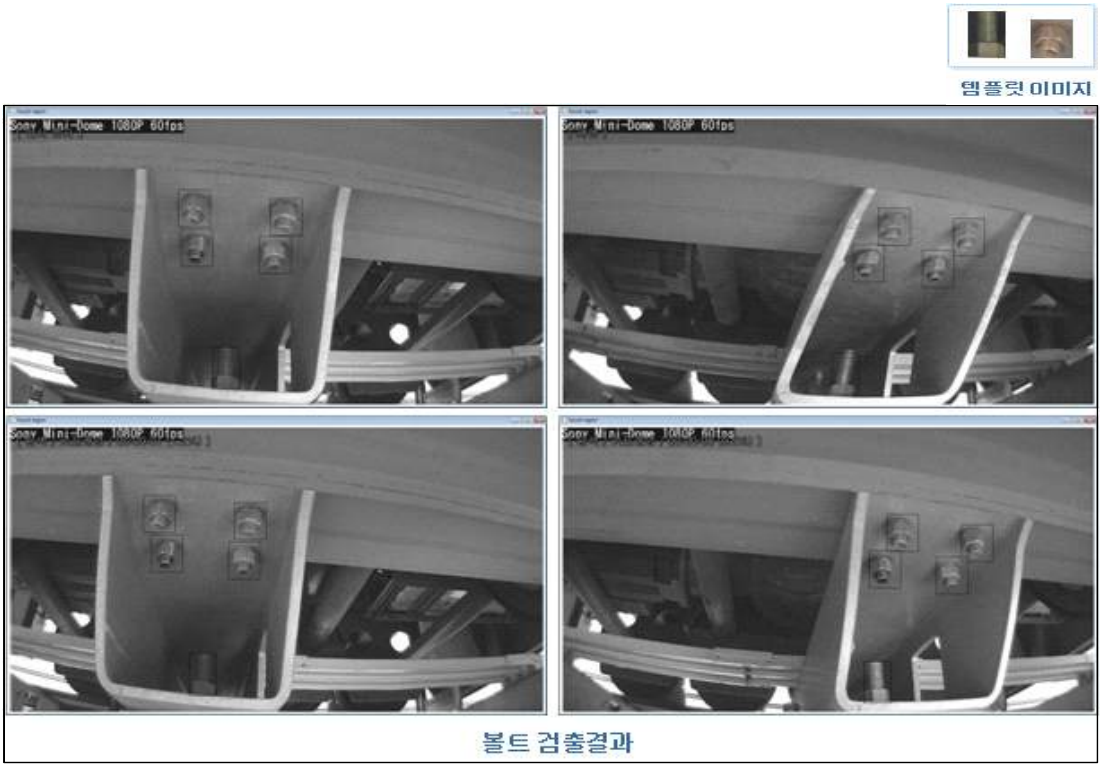
· 상부볼트가 4개 미만으로 검출될 경우 이상으로 판정

다) 관계형 데이터베이스 기법을 이용한 DB 구축 및 활용

- 관계형 데이터베이스를 통해 합리적인 테이블 모델링화를 하여 이상(ANOMALY) 현상을 제거하고 데이터 중복을 피할 수 있으며, 동시성 관리 등을 지원함. 또한 메타 데이터를 총괄 관리하여 데이터의 성격, 속성 또는 표현 방법 등을 체계화하고, 데이터 표준화를 통한 데이터 품질 확보 및 데이터의 무결성/신뢰성을 확보함.

○ 다중 영상 저장 및 활용을 위하여 영상의 파일명, 크기 등 스키마에 맞도록 커스터마이징 관계형 데이터베이스 구축

○ 영상정보와 위치정보의 효과적인 저장 및 활용을 위하여 영상 정보와 위치정보의 싱크를 맞춘 커스터마이징 관계형 데이터베이스 구축



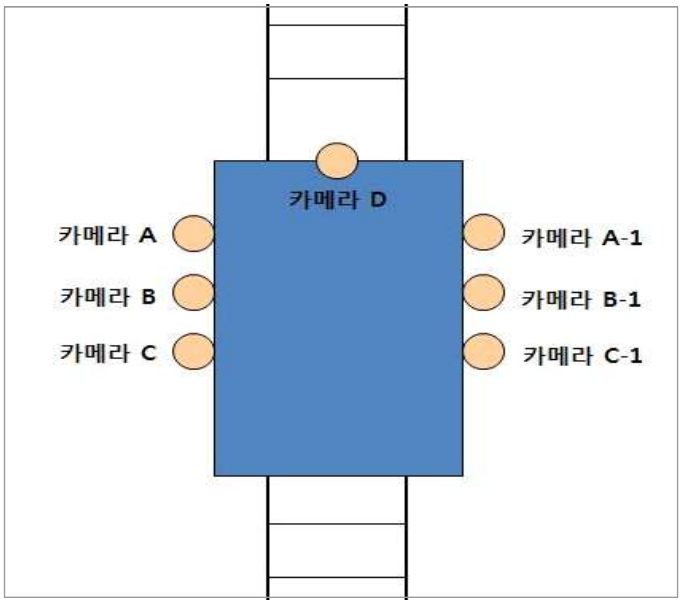
[그림 345]볼트 검출 결과 설명

(바) 세부 연구 실적

1) 선로시설물 점검 시스템 분석 및 유저인터페이스 설계

개발항목	세부내용	비 고
선로시설물 점검시스템 분석	- 점검 항목 요구 사항 분석 - 점검 항목 특성 및 대상 분석 - 점검 대상 항목 및 점검 방안 마련 - 점검 대상 : 침목볼트 풀림여부, 레일볼트 풀림여부, 에일 유간 검지, 전차선 지지금구 볼트풀림 여부, 전차선 편위량, 패턴벨트 커버상태, 위치 검지 지상자 고정상태 - 점검 대상항목에 대한 점검 방안은 “[표 1] ***선로시설물 점검 대상 및 처리방법***” 참고	100%완료

○ 선로시설물 점검 카메라 정보



[그림 346]점검 카메라 배치도

○ 선로시설물 점검 대상 및 처리 방법

[표 60]점검항목 및 처리방법

점검항목		수행 방법	
		카메라 위치	처리 방법
궤도 시설물	침목볼트 풀림 여부	카메라 A 카메라 A-1	• 영상정보를 획득/저장한 후, 일괄분석을 통한 선로상태 이상 여부를 점검 → 선로상태 이상 가능성이 높은 정보들만 필터링 하여 별도로 저장 • 선로상태 이상 가능성이 높은 정보들만을 대상으로 문제점 재확인 후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공
	레일볼트 풀림 여부	카메라 A 카메라 A-1	• 영상정보를 획득/저장한 후, 일괄분석을 통한 선로상태 이상 여부를 점검 → 선로상태 이상 가능성이 높은 정보들만 필터링 하여 별도로 저장 • 선로상태 이상 가능성이 높은 정보들만을 대상으로 문제점 재확인

			후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공
	레일 유간 검지	카메라 D	• 영상정보를 획득/저장한 후, 저장된 영상정보의 가속, 감속 기능을 이용한 이상 선로상태정보 선별 저장 • 이상 선로상태 정보를 이용한 문제점 재확인 후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공
전차선 시설물	**전차선 지지금구 볼트 풀림 여부**	카메라 C 카메라 C-1	• 영상정보를 획득/저장한 후, 저장된 영상정보의 가속, 감속 기능을 이용한 이상 선로상태정보 선별 저장 • 이상 선로상태 정보를 이용한 문제점 재확인 후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공
	전차선 편위량	카메라 C 카메라 C-1	• 영상정보를 획득/저장한 후, 일괄분석을 통한 선로상태 이상 여부를 점검 → 선로상태 이상 가능성이 높은 정보들만 필터링 하여 별도로 저장 • 선로상태 이상 가능성이 높은 정보들만을 대상으로 문제점 재확인 후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공
신호·통신 시설물	**패턴벨트 커버 상태**	카메라 D	• 영상정보를 획득/저장한 후, 저장된 영상정보의 가속, 감속 기능을 이용한 이상 선로상태정보 선별 저장 • 이상 선로상태 정보를 이용한 문제점 재확인 후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공
	위치 검지 지상자 고정 상태	카메라 D	• 영상정보를 획득/저장한 후, 저장된 영상정보의 가속, 감속 기능을 이용한 이상 선로상태정보 선별 저장 • 이상 선로상태 정보를 이용한 문제점 재확인 후, 이상 발견 시 현장 확인을 하기 위한 정보(위치정보 등) 제공

2) 선로시설물 점검 환경 구축

개발항목	세부내용	비고
선로시설물 점검시스템 환경 구축	- 점검 대상 현장 답사 및 샘플 데이터 획득(인천, 산청) - 점검 차량 카메라 위치 설정 및 장착 - 점검 차량 조명 위치 설정 및 장착 - 모니터링 및 영상 획득 시스템 장착 및 환경 설정 - 점검 차량 시스템 배선 및 위치 정보 시스템 연동 설정 - 시설물 분석 시스템 서버 설정 및 환경 설정	100% 완료

3) 유지보수 전용 S/W 개발

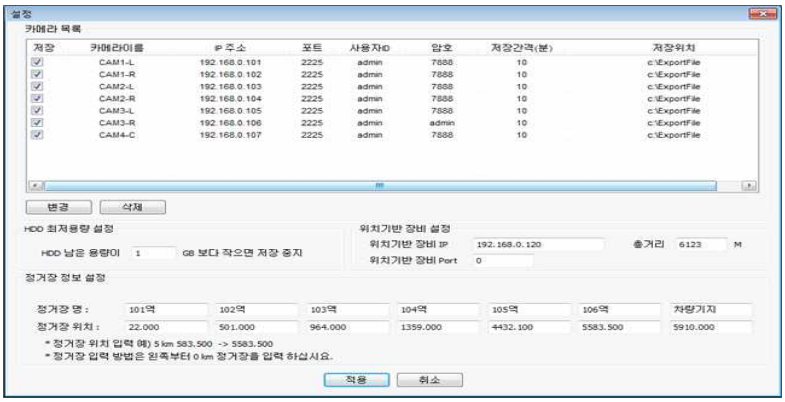
개발항목	세부내용	비고
선로시설물 점검 모니터링 S/W 개발	- 선로시설물 영상 획득 및 모니터링 프로그램 UI 분석/설계/개발 - 점검 대상 항목에 따른 7개 카메라 영상 획득 - 선로 점검을 위한 위치 정보 연동 및 정보 획득	100% 완료



[그림 347]선로 점검 모니터링 프로그램 화면



[그림 348]선로 점검 모니터링 프로그램 1분할 화면

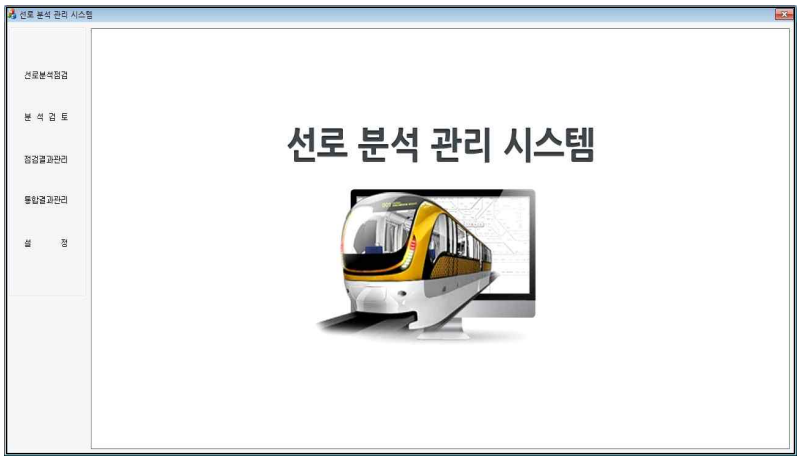


[그림 349]선로 점검 모니터링 프로그램 설정 화면

4) DB저장 및 분류시스템 구축

개발항목	세부내용	비고
선로시설물 분석 시스템 S/W 개발	- 선로시설물 분석 프로그램 UI 분석/설계/개발 - 선로분석점검,분석검토,점검결과관리, 통합결과관리,설정 기능 개발 - 선로시설물 영상 분석 및 필터링 알고리즘 설계 및 개발 - 샘플 영상 분석 및 테스트 작업 실행 - 위치정보 연동 선로 분석 개발	100% 완료

○ 선로분석점검, 분석검토, 점검결과관리, 통합결과관리, 설정 기능 개발

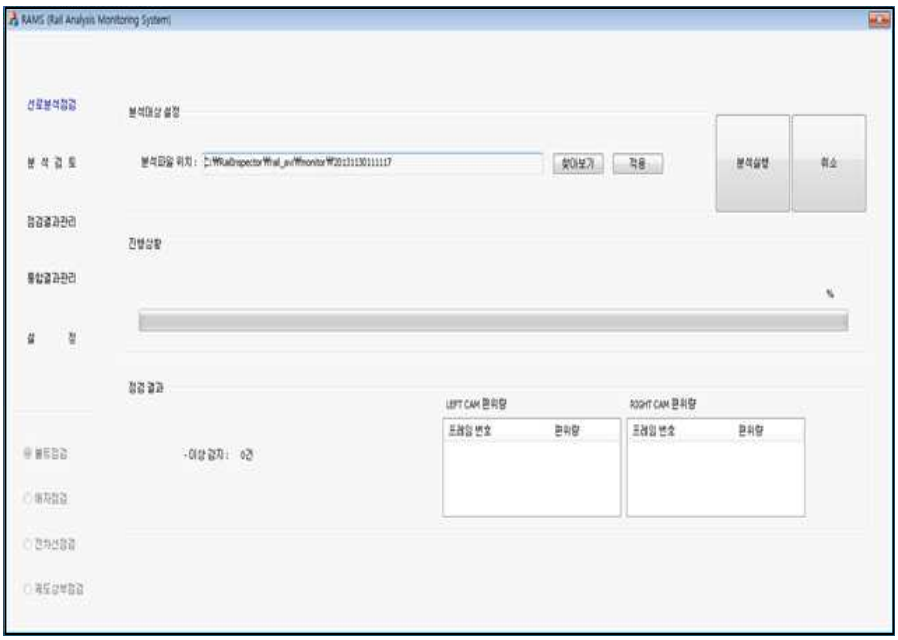


[그림 350]선로 분석/점검 프로그램 “시작”화면

○ 선로분석점검 화면

· 영상 및 위치정보를 분석하여 침목/레일 볼트 및 전차선 편위량 체크 수행

· 템플릿 이미지 선별 및 선정, 분석 대상 데이터의 경로 설정 수행



[그림 351]선로 분석/점검 프로그램 “선로분석점검”화면

○ 분석검토화면

· 점검 항목 별(볼트/애자/전차선/레일) 육안 분석 및 자동 분석결과 확인, 위치 정보 확인 수행

· 점검 항목 별 영상 컨트롤 및 이상 감지 시 분석 결과 확인 및 추가 수행



[그림 352]선로 분석/점검 프로그램 “분석검토” 화면

○ 점검결과관리 화면

· 당일 분석한 영상 및 위치정보의 결과 관리 수행

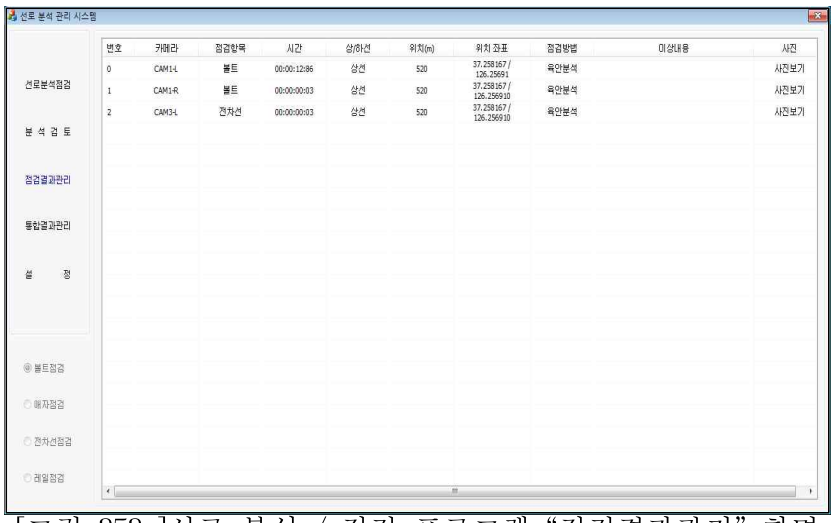
· 분석된 결과의 일부 수정 및 삭제, 세부내용 확인 수행

○ 통합결과관리 화면

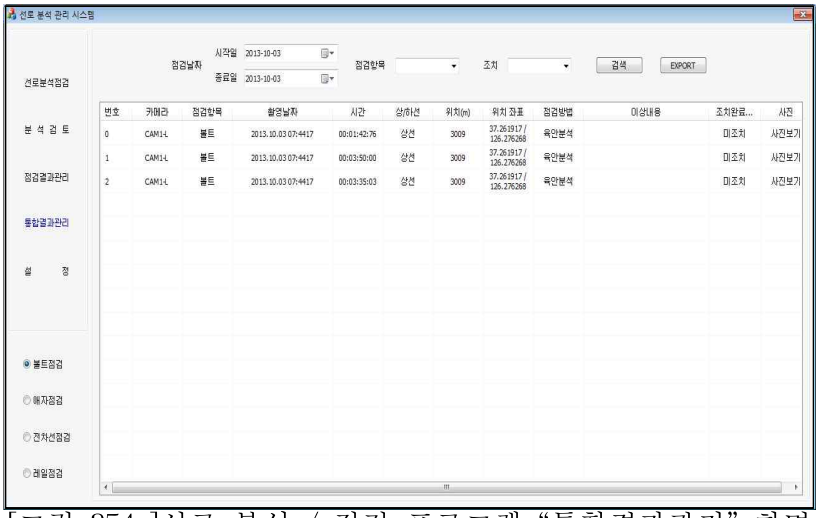
· 분석된 영상 및 위치정보의 결과 관리 수행

· 분석된 결과의 일부 수정 및 삭제, 세부내용 확인 수행

· 점검날짜 별 검색, 점검항목 별 검색, 조치 별 검색, 분석 결과를 엑셀 파일로 저장 수행



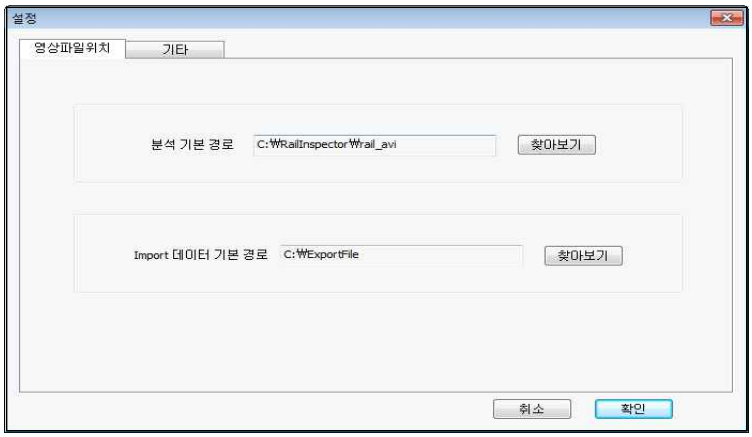
[그림 353]선로 분석 / 점검 프로그램 “점검결과관리” 화면

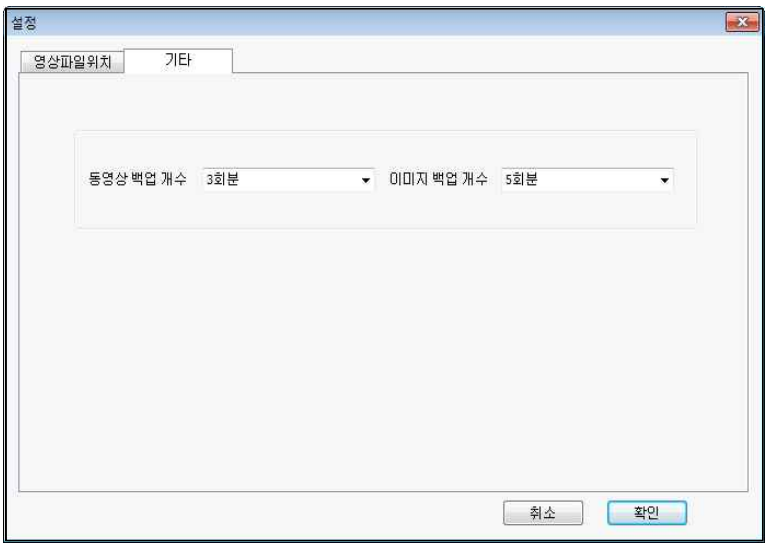


[그림 354]선로 분석 / 점검 프로그램 “통합결과관리” 화면

○ 설정화면

· 분석 기본 경로, Import 데이터 기본 경로, 영상 백업 개수, 이미지 백업 개수 설정 수행





[그림 355]선로 분석/점검 프로그램 “설정” 화면

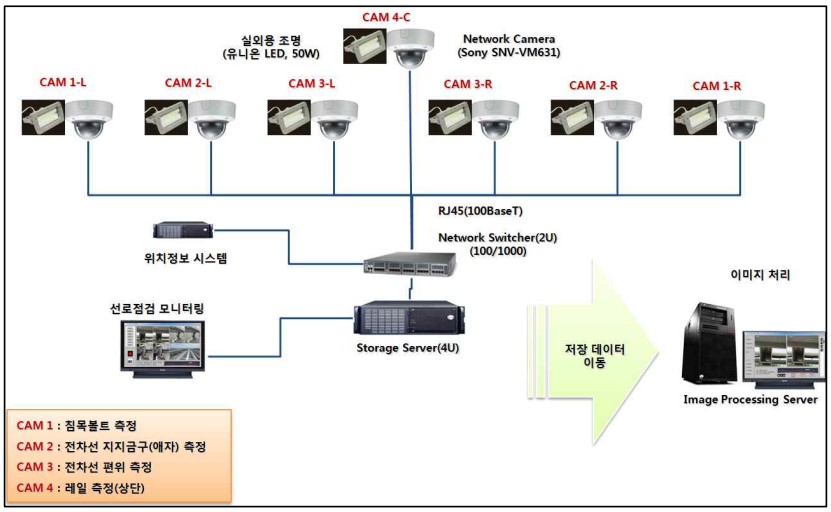
(10) 점검시스템 활용기반 유지관리 지침서 개발

(가) 선로점검 시스템

- 선로시설물 감시와 영상데이터 처리를 하는 선로 점검 시스템의 구조와 기능에 대하여 선로 점검 시스템 구성도, Directory 구조, 선로 점검시스템 기능으로 설명한다.

1) 선로 점검 시스템 구성도

- 자기부상열차 선로시설물을 점검카메라로 촬영하고, 획득한 영상을 분석하여 선로시설물의 이상 여부를 감지하는 선로 점검시스템이다.

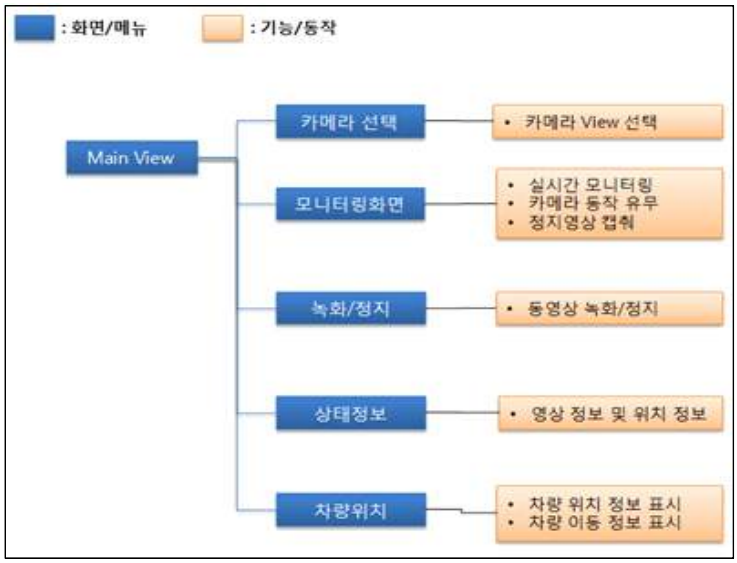


[그림 356]선로 점검 시스템 구성도

- 점검카메라를 이용하여 자기부상열차 선로시설물을 선로 점검모니터링서버에서 영상을 촬영하고 위치정보와 연도하여 저장한다.
- 저장된 영상과 위치정보를 이용하여 선로 분석/점검서버에서 영상을 분석하여 선로시설물의 이상 여부를 감지하고 위치정보를 확인할 수 있다.

가) 선로 점검 모니터링 프로그램 화면 구성도

- 점검 카메라로 선로시설물 영상을 촬영하고 위치 정보 데이터와 연동하여 저장하는 선로 점검 모니터링 프로그램 구성도이다.

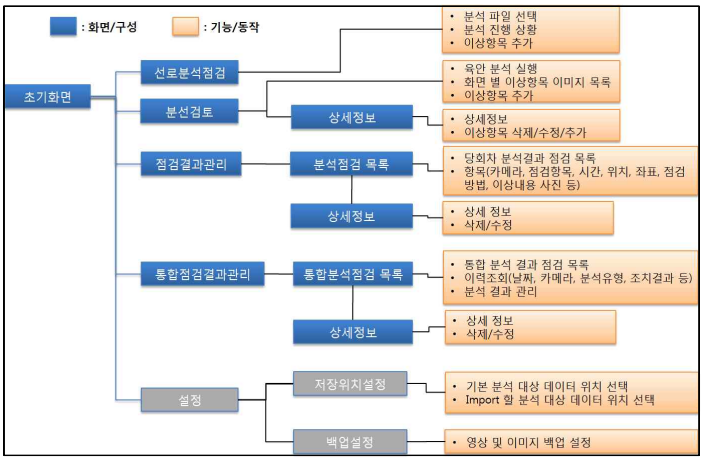


[그림 357]선로점검 모니터링 프로그램 구성도

- 기능 및 동작으로는 동영상 녹화 및 정지를 할 수 있으며, 각 카메라별 View를 선택할 수 있고 실시간 모니터링, 정지영상 캡쳐를 할 수 있다. 영상정보 및 위치 정보를 보여줄 수 있으며, 차량위치를 표시한다.

나) 선로 분석 / 점검 프로그램 화면 구성도

- 점검카메라로 획득한 영상 및 위치 정보 데이터를 이용하여 영상을 분석하고 분석 결과를 관리하는 선로 분석/점검 프로그램 구성도이다.



[그림 358]선로 분석/점검 프로그램 구성도

- 점검결과관리 화면에서는 당회차 분석결과 점검 결과를 확인할 수 있으며, 이상항목의 상세정보도 볼 수 있고 삭제 및 일부 수정도 가능하다.

통합점검결과관리 화면에서는 통합 분석 점검 결과를 확인할 수 있으며, 이상항목의 상세정보도 볼 수 있고 삭제 및 일부 수정도 가능하다.

다) 선로 점검 모니터링 프로그램 Directory 구조

```
/RailChecker        | - bin
                    | - ExportData
```

[그림 359]선로 점검 모니터링 프로그램 디렉토리 구조

[표 61]선로 점검 모니터링 프로그램 디렉토리 구조 설명

항 목	설 명
bin	선로 점검 모니터링 프로그램에서 사용되는 실행 파일 및 라이브러리 파일들이 위치
ExportData	녹화 된 영상 및 위치 정보, 이미지가 위치. - 영상 녹화 시 영상 파일 및 위치기반 정보, 캡쳐 된 이미지들이 자동으로 저장됨.

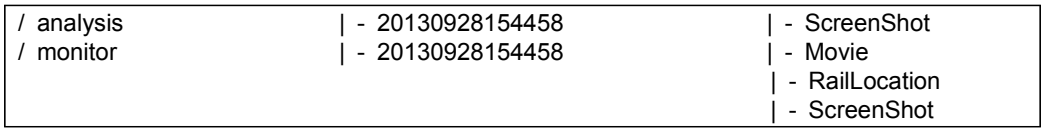
라) 선로 분석 / 점검 프로그램 Directory 구조

```
/RailInspector      | - bin
                    | - db
                    | - lib
                    | - rail_avi
                                  | - analysis
                                  | - monitor
                    | - template
```

[그림 360]선로 분석 / 점검 프로그램 디렉토리 구조

[표 62]선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조 설명

항목		설명
bin		선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 실행 파일 위치
db		선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 db 파일 위치
lib		선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 라이브러리 파일들이 위치
rail_avi	analysis	선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 분석 결과 파일들이 위치
	monitor	선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 분석 대상 데이터들이 위치
template		선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 템플릿 이미지 파일들이 위치



[그림 361]선로 분석 / 점검 프로그램 디렉토리 구조 예제

[표 63]선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조 설명 II

항 목			설 명
analysis	20131029154458 (녹화날짜로 구성된 년/월/일/시/분/초 형식의 폴더, 모니터링 프로그램에서 획득한 데이터들이 날짜별로 관리됨)	ScreenShot	선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 이상항목 이미지 파일들이 위치
monitor	20131029154458 (녹화날짜로 구성된 년/월/일/시/분/초 형식의 폴더, 모니터링 프로그램에서 획득한 데이터들이 날짜별로 관리됨)	Movie	선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 분석 영상 데이터들이 위치
		RailLocation	선로 분석/점검 프로그램에서 사용되는 위치정보 데이터들이 위치
		ScreenShot	선로 점검 모니터링 프로그램에서 사용되었던 이상항목 이미지 파일들이 위치

2) 선로 점검 시스템 기능

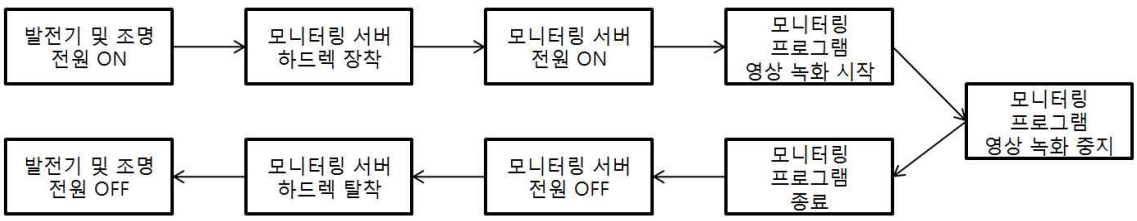
가) 선로 점검 모니터링 프로그램 기능

- 영상 녹화/정지
- 영상 정보 및 위치 정보 표시
- 카메라 별 영상 출력
- 실시간 모니터링
- 정지영상 캡쳐
- 카메라 설정
- 위치정보 시스템 연동
- 데이터 초기화

나) 선로 분석/점검 프로그램 기능

- 분석 데이터 관리
- 점검 항목 자동 분석
- 점검 항목 이상 감지
- 점검 항목 이상 내용 관리
- 점검 항목 영상 컨트롤 (재생/중지/정지 등)
- 점검 항목/카메라 별 영상 출력
- 영상 정보 및 위치정보 표시
- 정지영상 캡쳐
- 위치정보 데이터 연동
- 분석 결과 관리
- 분석 결과 이력 조회 (날짜/점검항목/조치결과 등)
- 분석 결과 Export
- 영상 및 이미지 백업 설정 및 관리

3) 선로 점검 모니터링 프로그램 이용절차



[그림 362]선로 점검 모니터링 프로그램 이용절차

가) 모니터링 서버 하드렉 장착

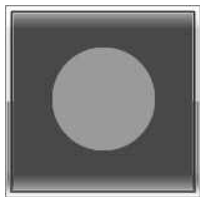
- 모니터링 서버에 하드렉이 탈착되어 있다면 하드렉을 장착한다. 장착한 하드에 영상 및 위치정보 데이터들이 저장되며, 저장이 완료되면 다시 탈착하여 선로 분석/점검 서버에 장착하여 분석을 수행한다. 하드에 기존 데이터가 남아있다면 충분한 저장 공간을 확보하기 위하여 다른 곳에 백업하여 두거나 삭제하여야 한다.

나) 모니터링 서버 전원 ON

- 모니터링 서버의 전원을 ON하면 선로 점검 모니터링 프로그램은 자동으로 실행되며, 수동으로 프로그램을 시작할 수도 있다. 선로 점검 모니터링 프로그램을 시작하면 카메라를 인식하여 점검 항목별 카메라 영상을 출력 해주며, 인식이 되면 프로그램을 사용할 수 있다. 이때 카메라가 인식될 때까지 다소 시간이 걸릴 수 있다. 자세한 내용은 "Ⅲ장 - 1. 프로그램 시작" 을 참고한다. 카메라가 인식되지 않는다면 "선로점검 시스템 유지관리 매뉴얼" 을 참고한다.

다) 모니터링 프로그램 영상 녹화 시작

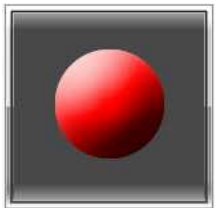
- 카메라가 전부 인식된 것을 확인하고 해당버튼을 눌러 영상녹화를 시작한다. 자세한 내용은 "Ⅲ장 - 2. 카메라별 영상출력 및 녹화화면" 을 참고한다.



[영상 녹화 시작 버튼]

라) 모니터링 프로그램 영상 녹화 중지

- 선로점검 운행을 완료하면 해당 버튼을 눌러 영상 녹화를 중지한다.

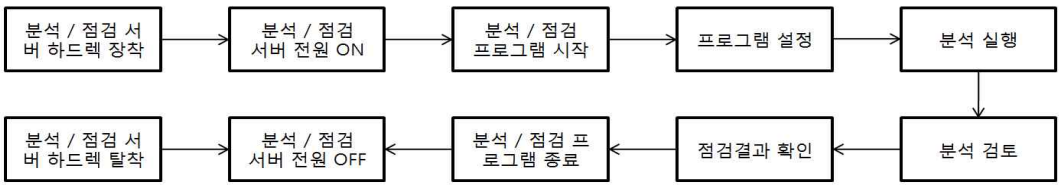


[영상 녹화 중지 버튼]

마) 모니터링 프로그램 종료

- 선로 분석/점검 프로그램을 종료하기 위해서는 프로그램의 시스템 버튼 “☒”를 클릭하여 종료한다. 시스템 환경 및 분석 데이터의 크기 및 상황에 따라 종료 시간이 다소 소요될 수도 있다.

4) 선로 분석/점검 프로그램 이용절차



[그림 363]선로 분석/점검 프로그램 이용절차

가) 분석/점검 서버 하드렉 장착

- 모니터링 서버에서 탈착한 하드렉을 분석/점검 서버에 장착한다.
- 장착한 하드에 저장된 영상 및 위치정보 데이터들을 선로 분석/점검 프로그램이 자동으로 분석/점검 서버로 복사하여 저장한다.

나) 분석/점검 프로그램 시작

- 선로 분석/점검 프로그램을 실행하기 위해서는 RailInspector.exe를 시작하여 실행한다. 선로 분석/점검 프로그램을 시작하면 영상 및 분석에 필요한 데이터들이 로딩되며, 프로그램이 구동되는 시간은 분석 서비스를 하는 영상의 건수 및 분석 파일 양 등에 따라 다소 시간이 걸릴 수 있다. 모니터링 프로그램에서 데이터를 가져온 경우(하드랙 장착 경우) 해당 영상 및 분석 관련 데이터들을 선로 분석/점검 프로그램으로 가져와서 작업을 수행한다. 점검대상 영상 데이터들의 크기 및 상황에 따라서 시작 시 다소 시간이 소요될 수 있다. 자세한 내용은 "Ⅳ장 - 1. 프로그램 시작" 을 참고한다.

다) 프로그램 설정

- 선로 분석/점검 프로그램을 처음 시작하면 프로그램 설정을 해주어야 한다. 초기설정은 기본으로 되어있으며, 변경/추가 시 사용하면 된다. 선로

분석/점검 프로그램에서 [설정] 메뉴를 클릭하면 분석 기본 경로, Import 데이터 기본 경로, 영상 백업 개수, 이미지 백업 개수 등을 설정할 수 있다. 자세한 내용은 "Ⅳ장 - 3. 설정 화면" 을 참고한다.

라) 분석 실행

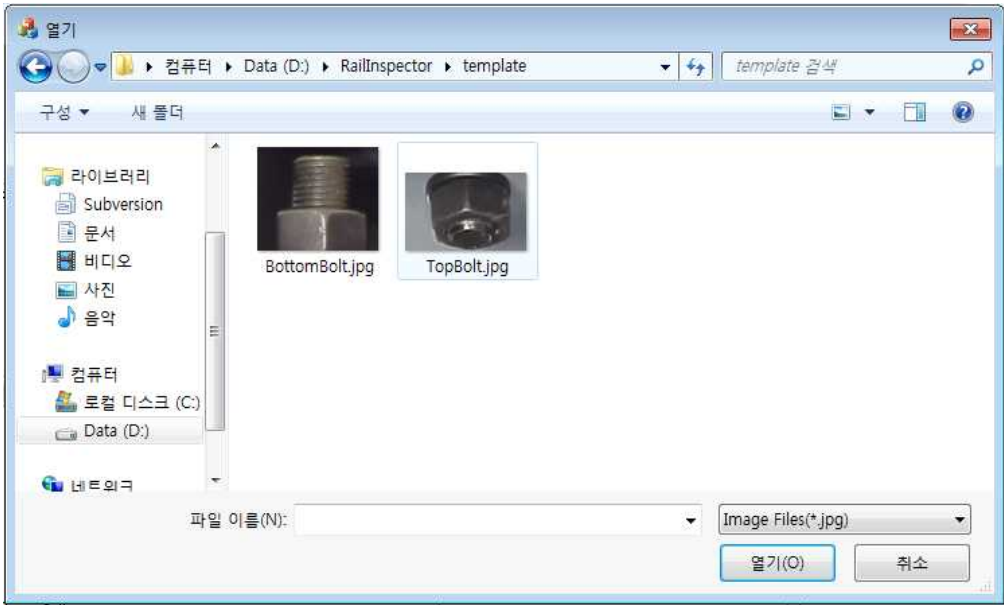
- 선로 분석/점검 프로그램에서 [선로분석점검] 메뉴를 클릭하면 보이는 선로분석점검 화면이며, 영상 및 위치정보를 분석하여 침목/레일 볼트 및 전차선 편위량을 체크할 수 있다. 프로그램이 자동으로 최신 분석 데이터로 설정을 해주며 영상 분석을 위한 Bottom, Top 템플릿 이미지 설정만 해준 후 [분석 실행] 버튼을 누르면 분석을 수행할 수 있다. 자세한 내용은 "선로분석점검 화면" 을 참고한다.



[그림 364]선로분석점검 분석실행 절차 화면

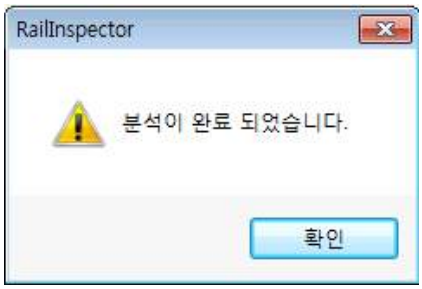
마) 템플릿 이미지 설정 화면

- 캡쳐한 Bottom/Top 볼트의 템플릿 이미지를 설정 하는 화면이다. [Bottom/Top 볼트 템플릿 이미지] 버튼을 눌러서 해당 템플릿 이미지를 설정할 수 있다. 템플릿 이미지를 설정하지 않고 분석을 실행하면 분석이 수행되지 않는다.



[템플릿 이미지 설정 화면]

바) 분석 실행 후 완료 화면



[분석 완료 화면]

5) 분석 검토

- 선로 분석/점검 프로그램에서 [분석검토] 메뉴를 클릭하면 보이는 분석검토 화면이며, 점검 항목별 육안 분석 및 분석결과 확인, 위치 정보 확인 등을 할 수 있다. 선로분석점검에서 분석이 완료된 볼트/전차선의 결과를 확인 해 볼 수도 있으며, 볼트/애자/전차선/레일 등 점검항목별 육안 분석 및 분석 검토를 수행하여 이상감지 시 분석 결과를 확인 및 추가, 삭제할 수 있다. 자세한 내용은 "분석검토 화면" 을 참고한다.



[분석검토 화면]

- 점검항목을 선택 하여 점검항목 선택 시 해당 점검항목에 대한 영상 및 위치 정보, 이상항목 등을 확인할 수 있다.

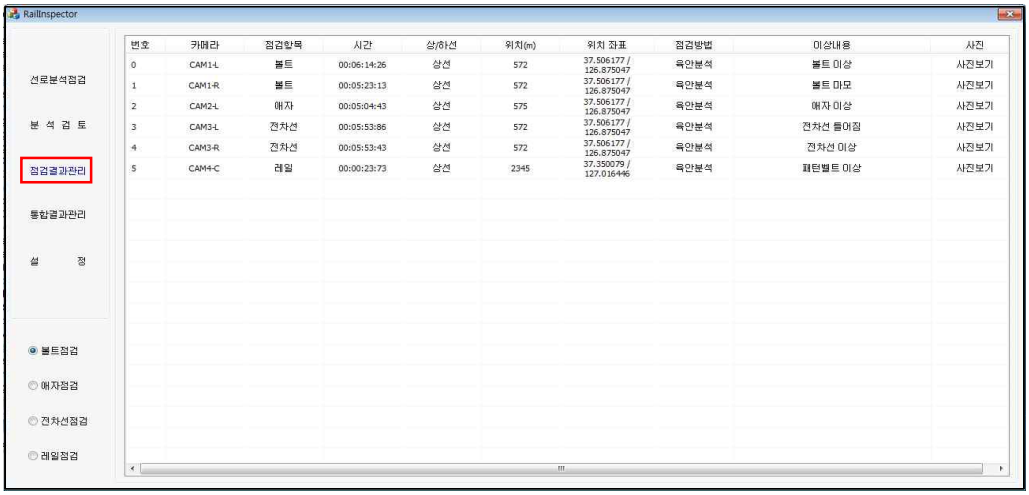


[점검항목 선택 화면]

6) 점검결과 확인

가) 당일 분석 결과 확인

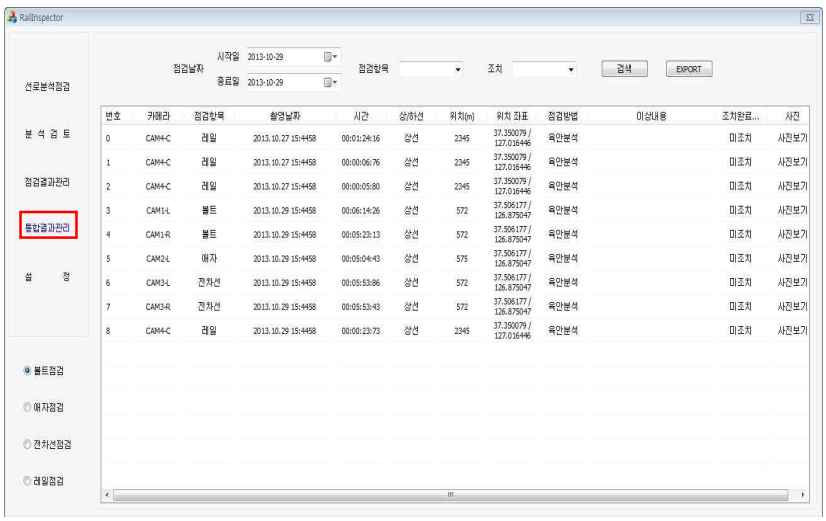
- 선로 분석/점검 프로그램에서 [점검결과관리] 메뉴를 클릭하면 보이는 점검결과관리 화면이며, 당일 분석한 영상 및 위치정보를 분석한 결과를 관리할 수 있다. 분석된 결과의 일부 수정 및 삭제가 가능하며, 세부 내용을 확인할 수 있다. 필드를 누르면 해당 필드로 리스트가 정렬되며 내림차순 및 오름차순 모두 지원한다. 해당 항목을 더블클릭 하면 해당 항목의 이미지 및 세부 내용을 팝업 창으로 확인할 수 있다. 결과의 내용 수정은 이상내용만 가능하다. 자세한 내용은 "Ⅳ장 - 6. 점검결과관리 화면" 을 참고한다.



[점검결과관리 화면]

나) 통합 분석 결과 확인

- 선로 분석/점검 프로그램에서 [통합결과관리] 메뉴를 클릭하면 보이는 통합결과관리 화면이며, 영상 및 위치정보를 분석한 결과를 관리할 수 있다. 점검날짜별 검색, 점검항목별 검색, 조치별 검색이 가능하며, 해당 분석 결과를 엑셀 파일로 저장이 가능하다. 분석된 결과의 일부 수정 및 삭제가 가능하며, 세부 내용을 확인할 수 있다. 필드를 누르면 해당 필드로 리스트가 정렬되며 내림차순 및 오름차순 모두 지원한다. 디폴트로 모든 촬영날짜의 분석 결과를 리스트로 출력한다. 해당 항목을 더블클릭하면 이미지 및 세부 내용을 팝업창으로 확인할 수 있다. 결과의 내용 수정은 조치결과, 이상내용만 가능하다. 자세한 내용은 "Ⅳ장 - 7. 통합결과관리 화면" 을 참고한다.



[통합결과관리 화면]

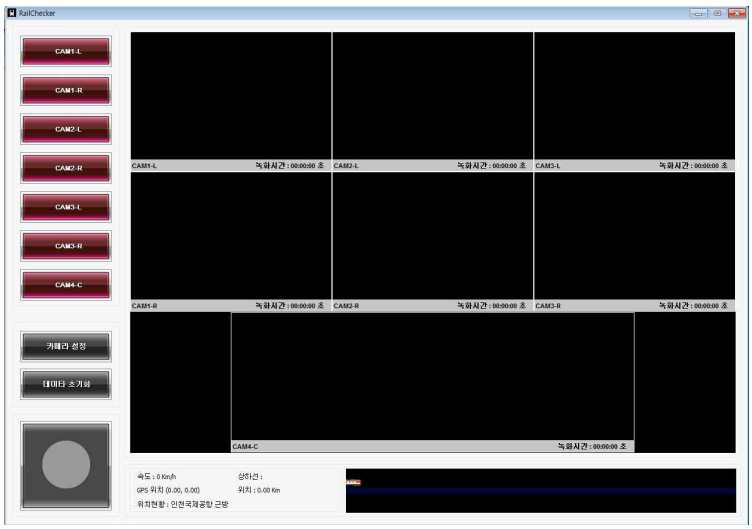
다) 점검결과 분석/점검 프로그램 종료

- 선로 분석/점검 프로그램을 종료하기 위해서는 프로그램의 시스템 버튼 “☒”를 클릭하여 종료한다. 시스템 환경 및 분석 데이터의 크기 및 상황에 따라 종료 시간이 다소 소요될 수도 있다.

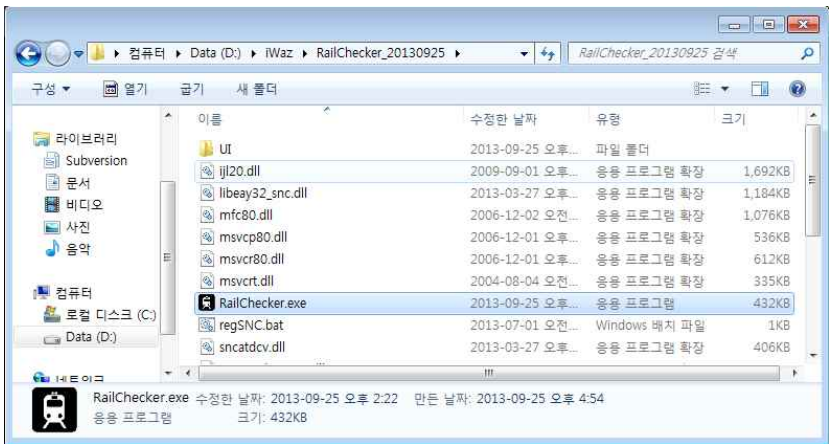
7) 선로 점검 모니터링 프로그램 사용

가) 프로그램 시작

- 선로 점검 모니터링 프로그램은 모니터링 서버를 실행하면 자동으로 실행되며, 수동으로 프로그램을 시작할 수 도 있다. 선로 점검 모니터링 프로그램을 시작하면 카메라를 인식하여 점검 항목별 카메라 영상을 출력해주며 인식이 되면 프로그램을 사용할 수 있다. 이때 카메라가 인식될 때까지 다소 시간이 걸릴 수 있다.



[선로 점검 모니터링 프로그램 시작]



[그림 141] 선로 점검 모니터링 프로그램 수동 시작

나) 프로그램 종료

- 선로 분석/점검 프로그램을 종료하기 위해서는 프로그램의 시스템 버튼 “☒”를 클릭하여 종료한다. 시스템 환경 및 분석 데이터의 크기 및 상황에 따라 종료 시간이 다소 소요될 수도 있다.

다) 프로그램 설명

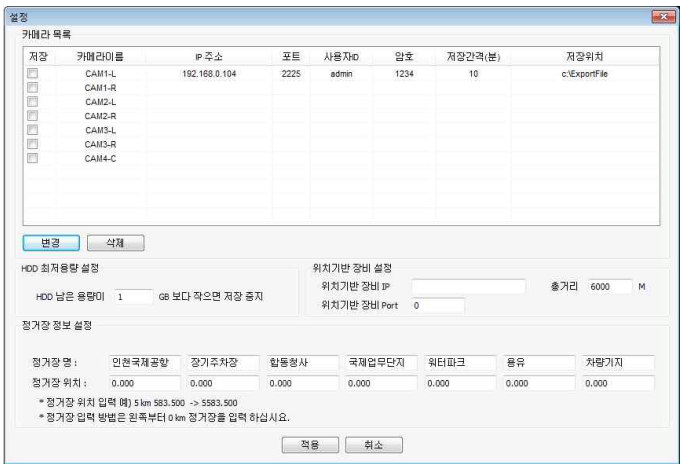
① 카메라 설정 화면

· 영상 녹화를 하기 위해 카메라 설정을 할 수 있는 화면이다. [카메라 설정] 버튼을 클릭 하여 카메라 설정 팝업창을 띄운다.



[카메라 설정 버튼]

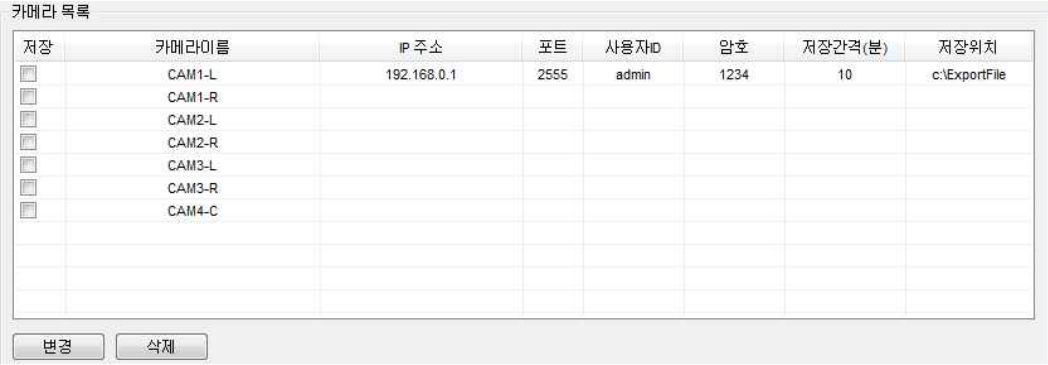
· 카메라 설정 팝업창에서는 카메라 목록 설정 및 관리, 하드 최저 용량 설정, 위치기반 장비 설정, 정거장 정보 등을 설정할 수 있다.



[카메라 설정 팝업 창 화면]

② 카메라 목록 및 관리 화면

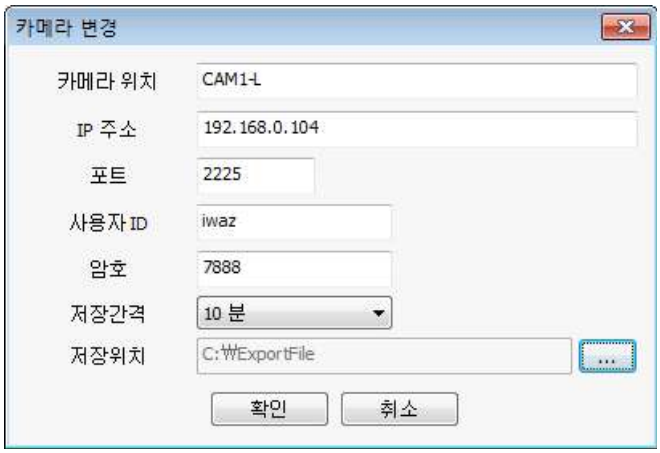
· 점검카메라 변경 및 관리를 할 수 있는 화면이다. 카메라 이름을 선택한 후 변경 버튼을 누르면 카메라 변경 팝업창을 띄우며 카메라 설정을 변경할 수 있다.



[카메라 목록 및 관리 화면]

③ 카메라 설정 변경 화면

· 점검카메라 설정을 변경할 수 있는 팝업창 화면이다. 카메라의 위치, IP 주소, 포트, 사용자 ID, 암호, 저장간격, 저장위치를 변경할 수 있다.



[카메라 설정 변경 팝업창 화면]

[카메라 설정 화면 설명]

항 목	설 명
카메라 이름	카메라 이름 - 영상 녹화 시 해당 카메라 이름으로 저장
IP 주소	카메라 IP 주소 - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 IP 주소
포트	카메라 포트 - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 포트
사용자 ID	카메라 사용자 ID - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 사용자 ID
암호	카메라 사용자 암호 - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 사용자 암호

저장간격	카메라 영상 녹화 파일의 저장 간격 - 5/10/15/20/25/30/60 분 간격으로 영상을 새로운 파일로 저장
저장위치	카메라 영상 파일의 저장 위치 - 영상 녹화 시 저장 위치

[카메라 설정 화면 버튼 설명]

항 목	설 명
확 인	변경 내용 저장
취 소	변경 내용 취소

④ 카메라 영상 데이터 저장 체크 화면

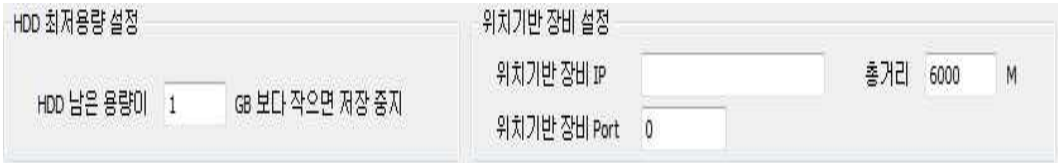
· 카메라 영상 데이터를 저장할 수 있는 화면이다. 카메라별로 체크박스에 선택하여 체크 후 영상을 저장할 수 있다. 기본 분석 원칙은 모두 체크되어 있어야 한다.



[카메라 영상 데이터 저장 체크 화면]

라) 영상저장장치(HDD) 최저용량 설정 및 위치기반 장비 설정 화면

- 영상저장장치(HDD) 최저용량 설정을 할 수 있는 화면이다. 영상저장장치에 남은 용량을 설정하여 프로그램 로딩 시 하드용량 부족 상태를 알려준다.위치기반 장비 설정을 할 수 있는 화면이다. 위치기반 장비 IP, PORT 설정이 가능하며, 위치정보를 연동하여 저장할 수 있다. 선로점검 열차가 이동하는 선로의 총 거리를 설정하면 위치정보와 연동하여 열차를 UI 상에 표시 한다.



[HDD 최저 용량 설정 및 위치기반 장비 설정 화면]

[위치기반 장비 설정 화면 설명]

항 목	설 명
위치기반 장비 IP	위치정보시스템IP - 위치정보 연동을 하기위한 위치정보시스템의 IP
위치기반 장비 Port	위치정보시스템 Port - 위치정보 연동을 하기위한 위치정보시스템의 Port
총거리	선로의 총 거리 - 선로 및 열차의 이동을 위치정보시스템과 연동하여 UI 상에 표시하기 위한 선로의 총거리 - 입력 단위는 미터 단위

마) 정거장 정보 설정 화면

- 정거장 정보를 설정할 수 있는 화면이다. 정거장 정보를 설정하고 위치 정보와 연동하면 열차가 어느 정거장 부근에 있는지 알 수 있다. 각 정거장 명, 정거장 위치를 입력할 수 있다.



[정거장 정보 설정 화면]

[정거강 정보 설정 화면 설명]

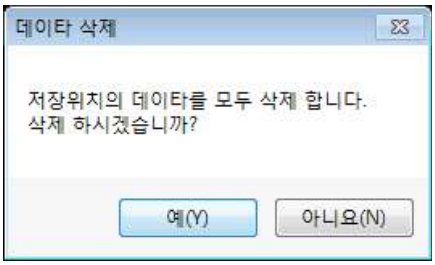
항 목	설 명
정거장 명	정거장 명 - 정거장 명칭을 입력
정거장 위치	정거장 위치 - 정거장의 위치를 미터(M) 단위로 입력

바) 데이터 초기화 화면

- 영상 및 위치정보 데이터를 초기화 할 수 있는 화면이다. 하드에 용량이 부족하거나 영상 녹화가 잘못된 경우 데이터를 초기화하여 영상을 재촬영을 할 수 있다. [데이터 초기화] 버튼을 누르면 데이터 삭제 팝업창을 띄운다.



[데이터 초기화 버튼]



[데이터 삭제 팝업 창]

사) 카메라 별 영상 출력 및 녹화 화면

- 카메라별 영상을 출력하는 화면이다. [카메라 명] 버튼을 클릭하면 선택된 카메라의 영상을 출력 해준다.

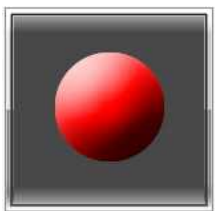


[모든 카메라를 선택한 경우 화면]



[특정 카메라만 선택한 경우 화면]

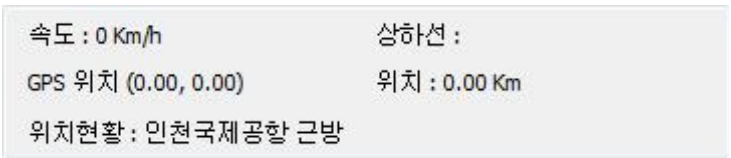
- 영상 녹화는 해당 버튼을 누르면 영상 녹화가 시작된다.



[영상 녹화 버튼]

아) 위치 정보 및 열차 정보

- 열차의 위치정보를 확인 할 수 있는 화면이다. 위치정보를 연동하여 열차의 속도, 상하선 구분, 열차의 GPS 위치, 위치, 위치현황을 알 수 있다



[위치 정보 및 열차 정보 화면]

[위치 정보 및 열차 정보 화면 설명]

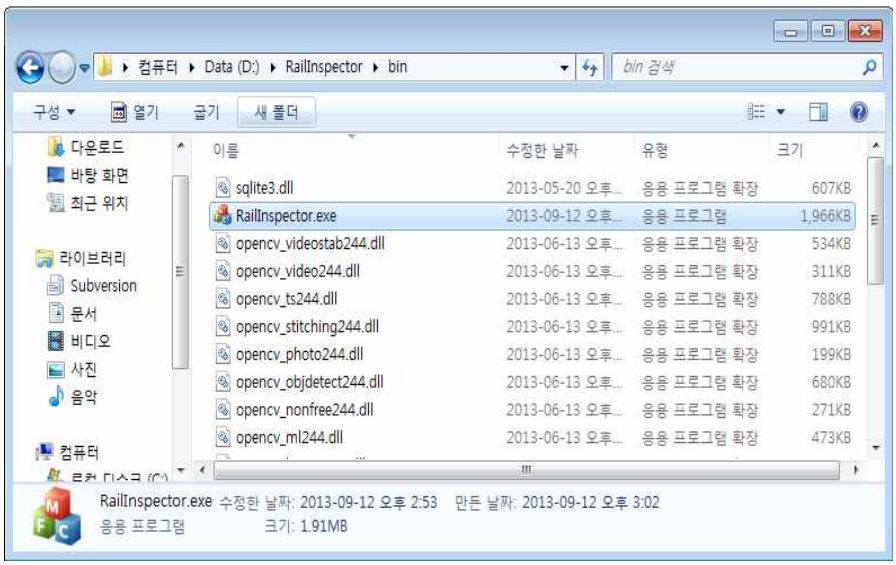
항 목	설 명
속 도	열차의 이동 속도
상하선	열차의 상/하선 위치 - 상선/하선/출고/입고

GPS 위치	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도/경도 로 표시됨
위 치	열차의 현재 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 101역에 있는 경우 -> 0.22 km 열차가 106역에 있는 경우 -> 5.583 Km
위치현황	열차의 현재 위치현황 - 열차가 특정 역 근처 100m 주위에 있다면 표시됨 - 예: 열차가 101역 근처 100m 주위에 있다면 '101역 근방' 으로 표시

8) 선로 분석/점검 프로그램 사용

가) 프로그램 시작

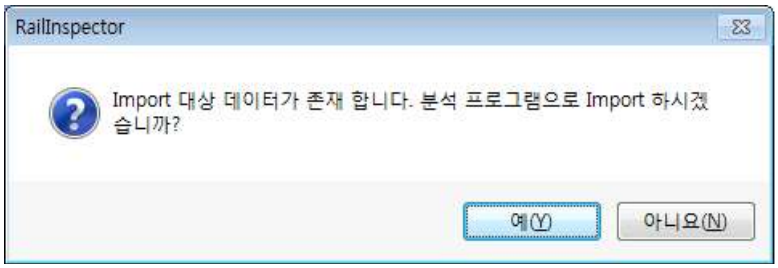
- 선로 분석/점검 프로그램을 실행하기 위해서는 RailInspector.exe를 시작하여 실행한다. 선로 분석/점검 프로그램을 시작하면 영상 및 분석 관련 데이터들을 로딩하며, 이때 프로그램이 구동되는 시간은 분석 서비스를 하는 영상의 건수 및 분석 파일 양 등에 따라 다소 시간이 걸릴 수 있다.
- 모니터링 프로그램에서 데이터를 가져온 경우(하드랙 장착 경우) 해당 영상 및 분석 관련 데이터들을 선로 분석/점검 프로그램으로 가져와서 작업을 수행한다. 영상 및 분석 관련 데이터들의 크기 및 상황에 따라서 시작 시 다소 시간이 소요될 수 있다.



[선로 분석/점검 프로그램 시작]

나) 모니터링 대상 데이터가 존재하는 경우

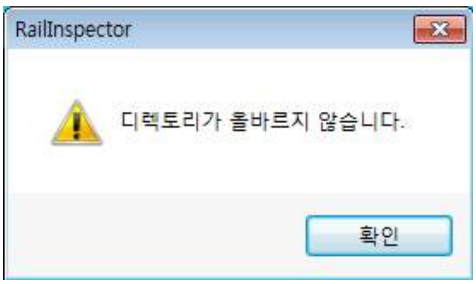
- [예(Y)] 버튼을 누르면 모니터링 대상 데이터를 Import 하여, 선로 분석/점검 프로그램에서 분석 및 점검 작업을 수행할 수 있다. [아니오(N)] 버튼을 누르면 모니터링 대상 데이터를 Import 하지 않다.

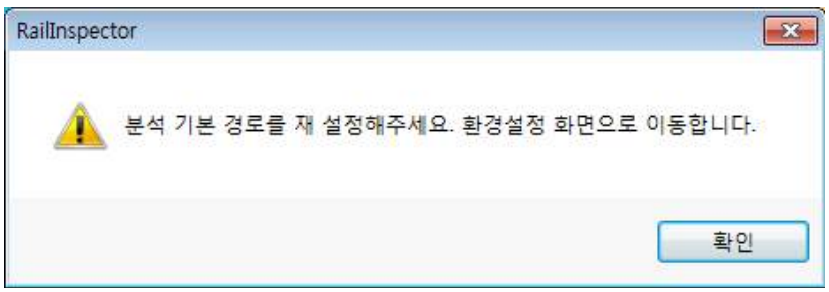


[모니터링 대상 데이터 존재 하는 경우]

다) 분석 데이터의 기본 경로 설정이 올바르지 않은 경우

- 분석데이터의 기본 경로 설정이 올바르지 않거나 백업 주기가 설정이 되어있지 않은 경우에는 자동으로 설정화면으로 이동한다.





[분석 데이터의 기본 경로 설정이 올바르지 않은 경우]

라) 프로그램 종료

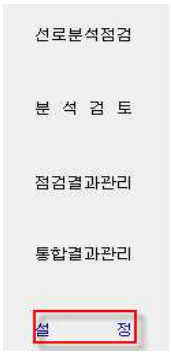
- 선로 분석/점검 프로그램을 종료하기 위해서는 프로그램의 시스템 버튼 “☒”를 클릭하여 종료한다. 시스템 환경 및 분석 데이터의 크기 및 상황에 따라 종료 시간이 다소 소요될 수도 있다.



[선로 분석/점검 프로그램 종료]

마) 설정 화면

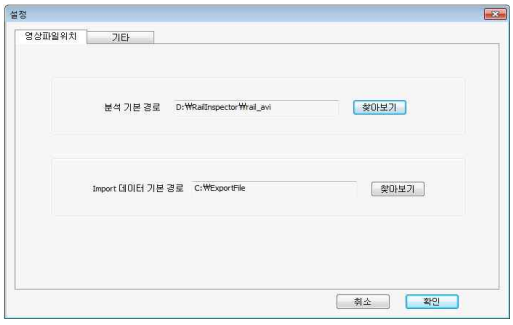
- 선로 분석/점검 프로그램에서 [설정] 메뉴를 클릭하면 분석 기본 경로, Import 데이터 기본 경로, 영상 백업 개수, 이미지 백업 개수 등을 설정할 수 있다.



[설정 선택 화면]

① 영상파일위치 설정 화면

· 영상파일위치 설정 화면이며 분석 기본 경로, Import 데이터 기본 경로 설정을 할 수 있다. 분석 기본 경로 또는 Import 데이터 기본 경로가 올바르지 않을 경우 아래 그림과 같이 알림 창이 뜬다.

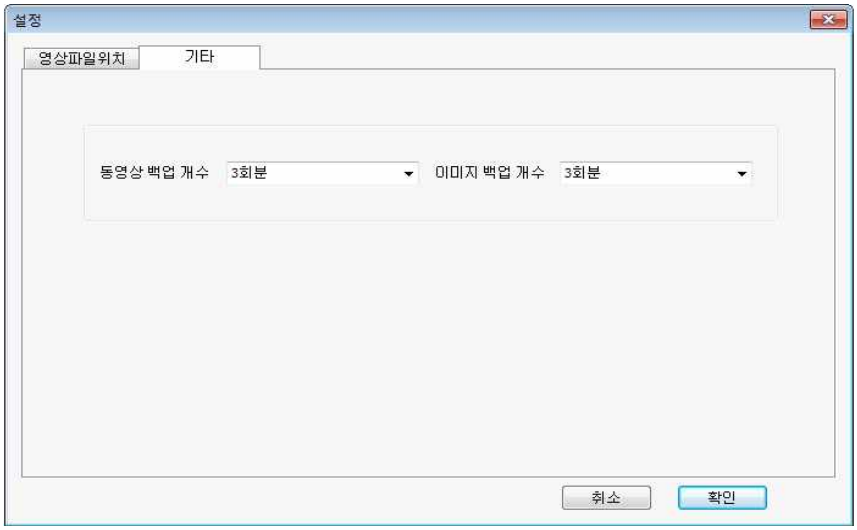


[영상파일위치 설정 화면]

[영상파일위치 설정 화면 설명]

항 목	설 명
분석 기본 경로	분석 데이터 기본 경로
Import 데이터 기본 경로	모니터링 프로그램의Import 대상 데이터 기본 경로 (하드랙 장착 시 수행)

② 기타 설정 화면



[기타 설정 화면]

[기타 설정 화면 설명]

항 목	설 명
영상 백업 개수	영상 백업 유지 개수 - 3/4/5 회분 설정 가능
이미지 백업 개수	이미지 백업 유지 개수 - 3/5/10 회분 설정 가능

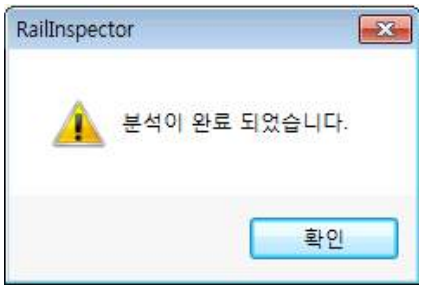
③ 선로분석점검 화면

· 선로 분석/점검 프로그램에서 [선로분석점검] 메뉴를 클릭하면 보이는 선로분석점검 화면이며, 영상 및 위치정보를 분석하여 침목/레일 볼트

및 전차선 편위량을 체크할 수 있다. 영상 분석을 위한 템플릿 이미지 선별 및 설정, 분석 대상 데이터의 경로 설정을 할 수 있다. 분석 중 진행상황 및 점검결과, 편위량 등을 확인할 수 있으며, 분석이 완료 되거나 [취소] 버튼을 누르기 전까지 다른 화면으로 이동할 수 없다.



[선로분석점검 화면]



[분석 완료 화면]

④ 템플릿 이미지 설정 화면

· 분석 대상의 템플릿 이미지를 설정하는 화면이다. 템플릿 이미지 캡쳐, 침목 Bottom/Top 볼트의 템플릿 이미지 설정을 할 수 있다. 분석 실행 시 침목 Bottom/Top 볼트의 템플릿 이미지 설정을 하지 않으면 분석이 수행 되지 않는다.



[템플릿 이미지 설정 화면]

⑤ 템플릿 캡쳐 화면

· 영상에서 침목 Bottom/Top 볼트의 템플릿 이미지의 캡쳐를 하는 화면이다. 마우스 드래그로 볼트를 선택한 후 확인 버튼을 누르면 템플릿 이미지를 획득 할 수 있다. 템플릿 이미지는 하나씩 획득이 가능하다.



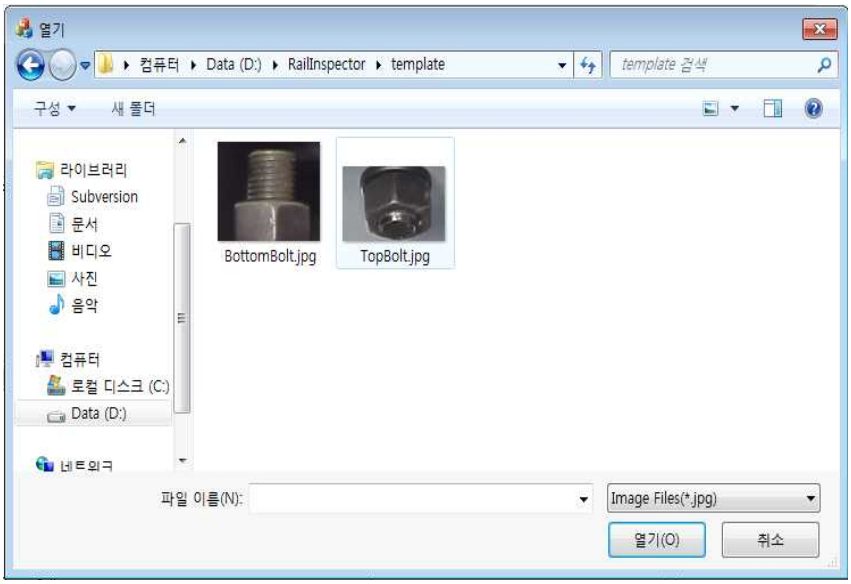
[템플릿 이미지 캡쳐 화면]

[템플릿 캡쳐 화면 버튼 설명]

항 목	설 명
다음화면	템플릿 이미지 대상의 선정을 위하여 다음 화면으로 이동 - 현재 화면에 대상이 명확하지 않은 경우 사용
취소	템플릿 이미지 캡쳐 취소
확인	'템플릿 이미지 캡쳐 수행

⑥ 템플릿 이미지 설정 화면

· 캡쳐한 Bottom/Top 볼트의 템플릿 이미지를 설정하는 화면이다. [Bottom/Top 볼트 템플릿 이미지] 버튼을 선택하여 해당 템플릿 이미지를 설정할 수 있다. 템플릿 이미지를 설정하지 않고 분석을 실행하면 분석이 수행되지 않는다.



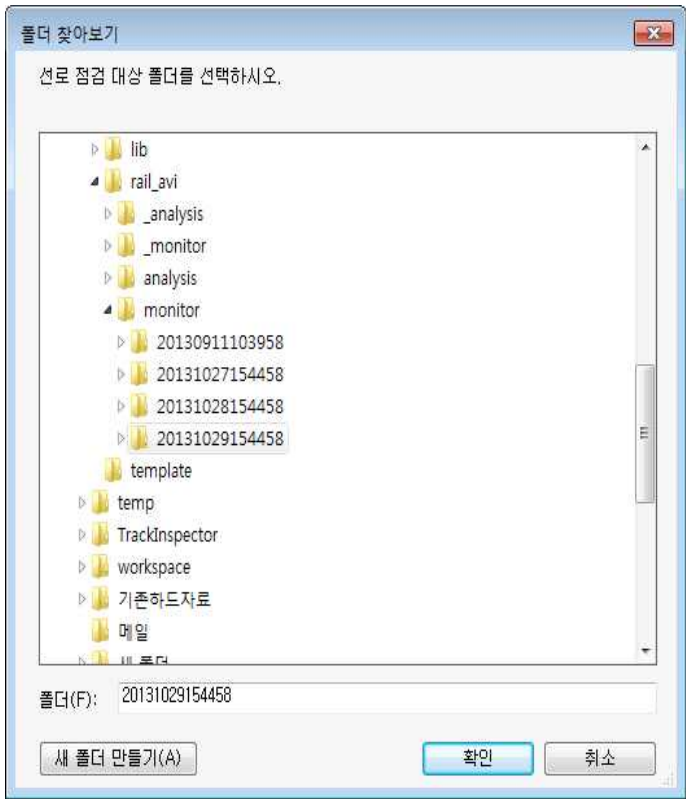
[템플릿 이미지 설정 화면]

⑦ 분석대상 설정 화면

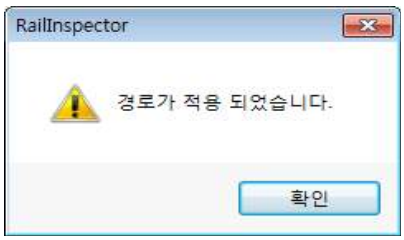
· 분석 대상 데이터의 경로를 설정하는 화면이다. 분석대상 데이터의 경로를 찾아 적용할 수 있다. 자동으로 분석한 데이터 중 가장 최신의 데이터로 설정되며, 수동으로 경로를 설정할 수도 있다. 잘못된 경로로 설정한 경우 분석이 수행되지 않는다. [찾아보기] 버튼을 눌러서 경로를 선택한 후 [적용] 버튼을 눌러서 해당 경로로 설정한다.



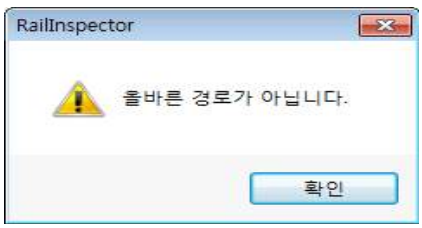
[분석대상 설정 화면]



[분석파일 위치 찾아보기 화면]



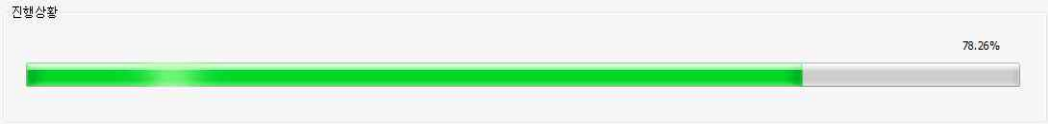
[분석파일 위치 정상 적용 화면]



[분석파일 위치 비정상 적용 화면]

⑧ 진행상황 화면

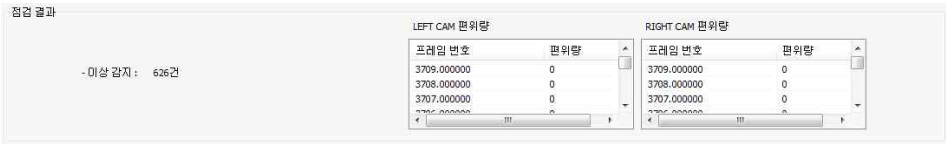
· 분석 진행 상황을 확인할 수 있는 화면이다. 분석을 실행하면 현재 진행 상황을 Progress Bar와 수치로 확인할 수 있다.



[진행상황 화면]

⑨ 점검결과 화면

- 분석 점검 결과를 확인할 수 있는 화면이다. 분석이 완료 되면 이상감지 건수 및 좌측/우측 카메라별 편위량을 확인할 수 있다. 편위량은 각 프레임마다 출력된다. 자세한 분석 결과 내용은 분석검토 및 점검결과관리 화면에서 확인할 수 있다.



[점검결과 화면]

⑩ 분석검토 화면

- 선로 분석/점검 프로그램에서 [분석검토] 메뉴를 클릭하면 보이는 분석검토 화면이며, 점검 항목별 육안 분석 및 분석결과 확인, 위치 정보 확인 등을 할 수 있다. 볼트/애자/전차선/레일 등 점검항목별 육안 분석을 할 수 있으며, 자동 분석된 결과를 확인할 수 있다. 점검 항목별 영상 컨트롤을 할 수 있으며, 이상감지 시 분석 결과를 확인 및 추가할 수 있다.



[분석검토 화면]

⑪ 점검항목 선택 화면

· 점검항목을 선택할 수 있는 화면이다. 점검항목 선택 시 해당 점검항목에 대한 영상 및 위치 정보, 이상항목 등을 확인할 수 있다.



[점검항목 선택 화면]

[점검항목 선택 화면 라디오 버튼 설명]

항 목	설 명
볼트점검	침목볼트에 대한 영상 및 위치 정보, 이상항목 분석 및 리뷰 수행가능
애자점검	애자에 대한 영상 및 위치 정보, 이상항목 분석 및 리뷰 수행가능
전차선점검	전차선에 대한 영상 및 위치 정보, 이상항목 분석 및 리뷰 수행가능
레일점검	레일에 대한 영상 및 위치 정보, 이상항목 분석 및 리뷰 수행가능

⑫ 영상 컨트롤 화면

· 영상의 재생/정지/중지/10초 앞으로 이동/10초 전으로 이동/화면확대/밝기조정/재생속도조정 등을 컨트롤 할 수 있는 화면이다.



[점검항목 영상 컨트롤 화면]

[표 43] 영상 컨트롤 화면

항 목	설 명
▶	영상 재생 - 모든 영상을 재생하며 재생 중에는 버튼의 캡션이 ‖ 로 바뀜
‖	영상 정지

	- 모든 영상을 정지하며 정지 시에는 버튼의 캡션이 ▶ 로 바뀜
■	영상 중지 - 모든 영상이 중지
>>	선택한 영상 10초 앞으로 이동 - 모든 영상이 아닌 선택한 영상만 10초 앞으로 이동
<<	선택한 영상 10초 전으로 이동 - 모든 영상이 아닌 선택한 영상만 10초 전으로 이동
화면확대	선택한 영상 화면 확대 - 새로운 팝업창을 띄워서 선택한 영상만 재생 - 팝업창의 사이즈는 조절 가능
밝기조정	영상 밝기 조정 - 모든 영상의 밝기 조정 - 슬라이드 바가 + 로 가까워 질수록 밝아지며 - 로 가까워 질수록 어두워짐
재생속도	영상 재생속도 조정 - 모든 영상의 재생속도 조정 - 슬라이드 바가 + 로 가까워 질수록 빨라지며 -로 가까워 질수록 느려짐

- 화면확대

· 새로운 팝업창을 띄워서 선택한 영상만 재생이 가능하며 팝업 창을 드래그하여 창 사이즈를 조절할 수 있다.



[화면확대]

- 밝기조정



[화면 밝기 조정 설정시 화면]

⑬ 영상 출력 화면

· 점검항목별 영상을 출력하는 화면이다. 볼트/애자/전차선의 경우에는 좌측, 우측 영상을 출력하며 레일의 경우 정면 영상 하나만 출력한다. 영상 화면을 클릭하여 좌측/우측/정면 영상을 선택할 수 있으며, 선택 후 영상에서 마우스 오른쪽 클릭 하여 상세정보 팝업창을 띄워서 상세정보를 확인하거나 저장할 수 있다.



[볼트/애자/전차선 영상 출력 화면]



[레일 영상 출력 화면]

- 좌측 영상 선택 한 경우

· 좌측 영상을 클릭하여 선택하면 LEFT CAM 체크 박스가 표시된다.



[좌측 영상 선택 화면]

- 우측 영상 선택 한 경우

· 우측 영상을 클릭하여 선택하면 RIGHT CAM 체크 박스가 표시된다.



[우측 영상 선택화면]

- 영상 선택 후 마우스 오른쪽 클릭 한 경우

· 영상 선택 후 영상화면에서 마우스 오른쪽 클릭을 하면 화면의 상세정보 팝업창이 뜬다. 해당 상세정보 팝업창에서는 상세정보 저장 및 취소가 가능하다. 저장 시 내용작성은 이상내용만 가능하다.



[상세정보 저장 화면]

[상세정보 저장 화면 설명]

항 목	설 명
카메라	카메라 명 - CAM1 / CAM2 / CAM3 / CAM4 : 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일 - L / R / C : 좌측 / 우측 / 정면
점검항목	점검항목 명 - 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일
점검날짜	점검 한 날짜
시간	분석된 점검결과가 영상에서 재생된 시간
위치	열차의 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 인천국제공항정거장인 경우 -> 0km 22m 열차가 용유정거장인 경우 -> 5km 583m
위치좌표	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
점검방법	점검된 항목의 분석 방식 - 자동분석 / 육안분석
조치결과	점검된 항목의 조치결과 - 통합결과관리 화면에서만 변경 가능 - 기타 / 미조치 / 조치완료
이상내용	점검된 항목의 이상내용 - 점검된 항목의 이상내용 작성 가능

[상세정보 화면 버튼 설명]

항 목	설 명
취 소	상세정보 팝업 창 종료
확 인	상세정보 저장

⑭ 이상항목 이미지 리스트 화면

· 점검항목별 저장된 이상항목 이미지를 출력하는 화면이다. 좌측/우측/정면 영상을 선택하면 해당 영상의 이상항목 리스트들이 출력된다. 이미지를 더블클릭 하면 해당 이미지의 이상항목 상세정보 팝업창을 띄워서 상세정보 보기/수정/삭제가 가능하다. 상세 정보를 삭제하면 이미지 리스트에서도 해당 이상항목 이미지는 삭제된다. 상세정보를 확인한 후 팝업창을 닫으면 영상은 해당 이상항목의 발견시점부터 재생되며, 영상에서 이상 내용을 확인하기 위하여 재생속도는 느리게 재생된다.



[이상항목 이미지 리스트 화면]

㉮ 이미지를 더블클릭 한 경우

· 이미지를 더블클릭하면 화면의 상세정보 팝업창이 뜬다. 해당 상세정보 팝업창에서는 상세정보 보기/수정/삭제가 가능하다. 수정 시 내용작성은 이상내용만 가능하다.



[이상항목 상세정보 보기/수정/삭제 화면]

[상세정보 보기/수정/삭제 화면 버튼 설명]

항목	설명
취소	상세정보 팝업 창 종료
삭제	해당 상세정보 삭제
확인	해당 상세정보 이상내용 수정 후 저장

[이상항목 상세정보 보기/수정/삭제 화면 설명]

항 목	설 명
카 메 라	카메라 명 - CAM1 / CAM2 / CAM3 / CAM4 : 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일 - L / R / C : 좌측 / 우측 / 정면
점검항목	점검항목 명 - 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일
점검날짜	점검 한 날짜

시 간	분석된 점검결과가 영상에서 재생된 시간
위 치	열차의 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 인천국제공항정거장인 경우 -> 0km 22m 열차가 용유정거장인 경우 -> 5km 583m
위치좌표	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
점검방법	점검된 항목의 분석 방식 - 자동분석 / 육안분석
조치결과	점검된 항목의 조치결과 - 통합결과관리 화면에서만 변경 가능 - 기타 / 미조치 / 조치완료
이상내용	점검된 항목의 이상내용 - 점검된 항목의 이상내용 작성 가능

⑮ 영상 및 위치 정보 출력 화면

㉮ 볼트/애자/전차선 점검 시 출력 화면

· 선택된 영상의 영상정보 및 위치정보를 출력한다. Frame Count, 재생시간, 속도, 거리, 위치 등 정보를 출력한다. 좌측/우측/정면 영상을 선택 시 해당 영상의 정보를 출력한다.



[볼트/애자/전차선 점검 시 영상 및 위치 정보 출력 화면]

[볼트/애자/전차선 점검 시 영상 및 위치 정보 출력 화면 설명]

항 목	설 명
FRAME COUNT	영상의 Frame Number를 Count하여 표시 - 좌측이 현재 영상의 프레임 Number, 우측이 전체 영상의 프레임 Number를 의미
재생시간	영상의 재생시간 표시 - 좌측이 현재 영상의 재생시간, 우측이 전체 영상의 재생시간 의미

속 도	열차의 이동 속도
상하선	열차의 상/하선 위치 - 상선 / 하선 / 출고 / 입고
위 치	열차의 현재 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 101역에 있는 경우 -> 0.22 km 열차가 106역에 있는 경우 -> 5.583 Km
GPS 위치	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
위치현황	열차의 현재 위치현황 - 열차가 특정 역 근처 100m 주위에 있다면 표시됨 - 예: 열차가 101역 근처 100m 주위에 있다면 '101역 근방' 으로 표시

㈏ 레일 점검 시 출력 화면

· 선택된 영상의 영상 정보 및 위치 정보를 출력한다. Frame Count, 재생 시간, 속도, 거리, 위치 등 정보를 출력한다. 좌측/우측/정면 영상 선택 시 해당 영상의 정보를 출력한다. 레일 점검 시에는 볼트/애자/전차선 등의 항목과는 다르게 [전체보기]와 [위치지상자] 라디오 버튼이 존재한다. [전체보기] 버튼을 선택하게 되면 전체 레일 영상을 출력하게 되며, [위치지상자] 버튼을 선택하면 전체 레일 영상 중 위치지상자가 존재하는 부분만 출력하여 준다.



[레일 점검 시 영상 및 위치 정보 출력 화면]

[레일 점검 시 영상 및 위치 정보 출력 화면 설명]

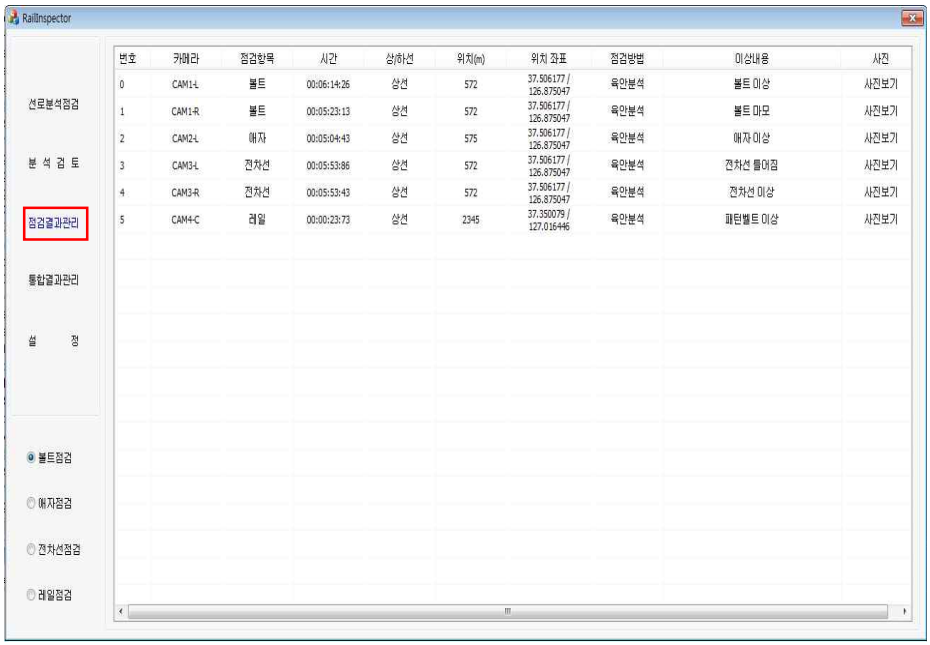
항 목	설 명
FRAME COUNT	영상의 Frame Number를 Count하여 표시 - 좌측이 현재 영상의 프레임 Number, 우측이 전체 영상의 프레임 Number를 의미
재생시간	영상의 재생시간 표시 - 좌측이 현재 영상의 재생시간, 우측이 전체 영상의 재생시간 의미
속 도	열차의 이동 속도
상하선	열차의 상/하선 위치 - 상선 / 하선 / 출고 / 입고
위 치	열차의 현재 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 101역에 있는 경우 -> 0.22 km 열차가 106역에 있는 경우 -> 5.583 Km
GPS 위치	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
위치현황	열차의 현재 위치현황 - 열차가 특정 역 근처 100m 주위에 있다면 표시됨 - 예: 열차가 101역 근처 100m 주위에 있다면 '101역 근방' 으로 표시

[레일 점검 시 전체보기/위치지상자 라디오 버튼 설명]

항 목	설 명
전체보기	전체 레일 영상 출력 - 전체 레일 영상이 출력 - 영상의 처음부터 출력
위치지상자	위치지상자 출력 - 전체 레일 영상 중 위치지상자가 존재하는 부분만 출력 - 영상의 처음부터 출력 - 위치지상자가 존재하는 재생시간에서 2초 앞 뒤로 출력 (전체 레일 영상 중 위치지상자가 존재하는 프레임의 재생시간이 5초면 3 ~ 7초 까지 재생)

⑯ 점검결과관리

· 선로 분석/점검 프로그램에서 [점검결과관리] 메뉴를 클릭하면 보이는 점검결과관리 화면이며, 당일 분석한 영상 및 위치정보를 분석한 결과를 관리할 수 있다. 분석된 결과의 일부 수정 및 삭제가 가능하며, 세부 내용을 확인할 수 있다. 필드를 누르면 해당 필드로 리스트가 정렬되며 내림차순/오름차순 모두 지원한다. 해당 항목을 더블클릭 하면 해당 항목의 이미지 및 세부 내용을 팝업 창으로 확인 할 수 있다. 결과의 내용 수정은 이상내용만 가능하다.



[점검결과관리 화면]

[점검결과관리 화면 설명]

항 목	설 명
카메라	카메라 명 - CAM1 / CAM2 / CAM3 / CAM4 : 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일 - L / R / C : 좌측 / 우측 / 정면
점검항목	점검항목 명 - 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일
시간	분석된 점검결과가 영상에서 재생된 시간
상/하선	열차의 상/하선 위치 - 상선 / 하선 / 출고 / 입고

위치	열차의 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 인천국제공항정거장인 경우 -> 0km 22m 열차가 용유정거장인 경우 -> 5km 583m
위치좌표	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
점검방법	점검된 항목의 분석 방식 - 자동분석 / 육안분석
이상내용	점검된 항목의 이상내용 - 점검된 항목의 이상내용 작성 가능
사진	상세정보 보기 - 항목의 더블클릭 뿐만이 아니라 해당 항목을 클릭하면 상세정보 보기가능



[상세정보 보기 화면]

[상세정보 보기 화면 설명]

항 목	설 명
카메라	카메라 명 - CAM1 / CAM2 / CAM3 / CAM4 : 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일 - L / R / C : 좌측 / 우측 / 정면
점검항목	점검항목 명 - 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일
점검날짜	점검 한 날짜
시 간	분석된 점검결과가 영상에서 재생된 시간

위 치	열차의 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 인천국제공항정거장인 경우 -> 0km 22m 열차가 용유정거장인 경우 -> 5km 583m
위치좌표	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
점검방법	점검된 항목의 분석 방식 - 자동분석 / 육안분석
조치결과	점검된 항목의 조치결과 - 통합결과관리 화면에서만 변경 가능 - 기타 / 미조치 / 조치완료
이상내용	점검된 항목의 이상내용 - 점검된 항목의 이상내용 작성 가능

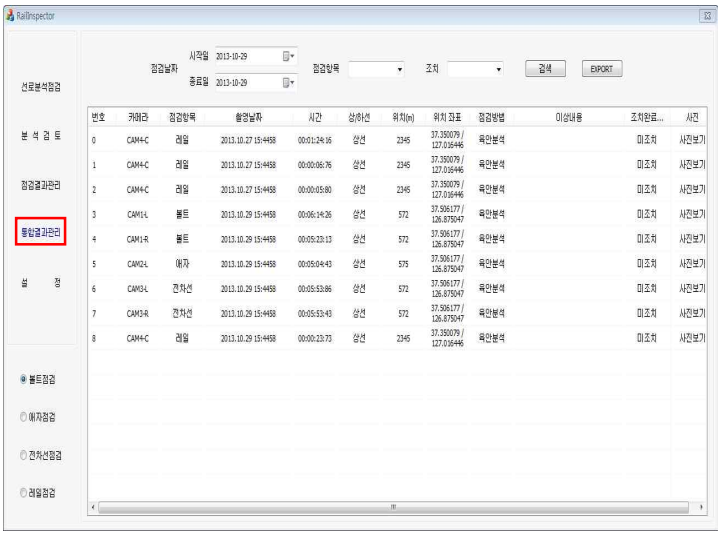
[상세정보 화면 버튼 설명]

항 목	설 명
취소	상세정보 팝업창 종료
삭제	해당 상세정보 삭제
확인	해당 상세정보 이상내용 수정 후 저장

⑰ 통합결과관리

㉮ 통합결과관리 화면

· 선로 분석/점검 프로그램에서 [통합결과관리] 메뉴를 클릭하면 보이는 통합결과관리 화면이며, 영상 및 위치정보를 분석한 결과를 관리할 수 있다. 점검날짜 별 검색, 점검항목 별 검색, 조치 별 검색이 가능하며, 해당 분석 결과를 엑셀 파일로 저장이 가능하다. 분석된 결과의 일부 수정 및 삭제 가능하며 세부 내용을 확인할 수 있다. 필드를 누르면 해당 필드로 리스트가 정렬되며 내림차순/오름차순 모두 지원한다. 디폴트로 모든 촬영날짜의 분석 결과를 리스트로 출력한다. 해당 항목을 더블클릭 하면 이미지 및 세부 내용을 팝업창으로 확인할 수 있다. 결과의 내용 수정은 조치결과, 이상내용만 가능하다.



[통합결과관리 화면]

[통합결과관리 화면 설명]

항 목	설 명
카메라	카메라 명 - CAM1 / CAM2 / CAM3 / CAM4 : 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일 - L / R / C : 좌측 / 우측 / 정면
점검항목	점검항목 명 - 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일
촬영날짜	영상을 촬영한 날짜
시간	분석된 점검결과가 영상에서 재생된 시간
상/하선	열차의 상/하선 위치 - 상선 / 하선 / 출고 / 입고
위치	열차의 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 인천국제공항정거장인 경우 -> 0km 22m 열차가 용유정거장인 경우 -> 5km 583m
위치좌표	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
점검방법	점검된 항목의 분석 방식 - 자동분석 / 육안분석
이상내용	점검된 항목의 이상내용 - 점검된 항목의 이상내용 작성 가능
조치결과	조치한 결과 - 미조치 / 조치완료 / 기타
사진	상세정보 보기 - 항목의 더블클릭 뿐만이 아니라 해당 항목을 클릭하면 상세정보 보기 가능



[상세정보 보기 화면]

[상세정보 보기 화면 설명]

항 목	설 명
카메라	카메라 명 - CAM1 / CAM2 / CAM3 / CAM4 : 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일 - L / R / C : 좌측 / 우측 / 정면
점검항목	점검항목 명 - 볼트 / 애자 / 전차선 / 레일
촬영날짜	영상을 촬영한 날짜
시간	분석된 점검결과가 영상에서 재생된 시간
상/하선	열차의 상/하선 위치 - 상선 / 하선 / 출고 / 입고
위치	열차의 위치 - 절대 값으로 표시 됨 - 예: 열차가 인천국제공항정거장인 경우 -> 0km 22m 열차가 용유정거장인 경우 -> 5km 583m
위치좌표	열차가 위치한 GPS 좌표 - 위도 / 경도 로 표시됨
점검방법	점검된 항목의 분석 방식 - 자동분석 / 육안분석
이상내용	점검된 항목의 이상내용 - 점검된 항목의 이상내용 작성 가능
조치결과	조치한 결과 - 미조치 / 조치완료 / 기타 - 조치결과 선택 가능
사진	상세정보 보기 - 항목의 더블클릭 뿐만이 아니라 해당 항목을 클릭하면 상세정보 보기 가능

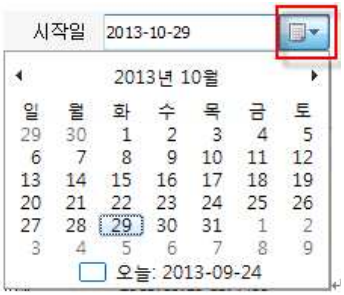
㈏ 점검날짜 설정 화면

· 분석한 점검날짜의 결과를 검색하여 리스트에 가져올 수 있다. 점검날짜의 설정은 시작일과 종료일을 설정하여 년/월/일 등 기간별 검색이 가능하다. 점검날짜 화면에서 달력 아이콘을 클릭하면 달력이 뜨며, 해

당 달력에서 년/월/일 선택이 가능하다.



[점검날짜 설정 화면]



[점검날짜 달력 클릭 시 화면]

㉰ 점검항목 설정 화면

· 분석한 점검항목별 결과를 검색하여 리스트에 가져올 수 있다. 점검항목의 설정은 볼트/애자/전차선/레일을 선택할 수 있으며 전체 항목은 빈 값을 선택하면 점검항목별 검색이 가능하다. 점검항목 화면에서 콤보 박스로 점검항목 선택이 가능하다.



[점검항목 설정 화면]

㉱ 조치 설정 화면

· 분석한 항목별 조치결과를 검색하여 리스트에 가져올 수 있다. 조치결과의 설정은 기타/미조치/조치완료를 선택할 수 있으며, 전체 항목은 빈 값을 선택하면 조치결과별 검색이 가능하다. 조치 설정 항목 화면에서 콤보 박스로 점검항목 선택이 가능하다.



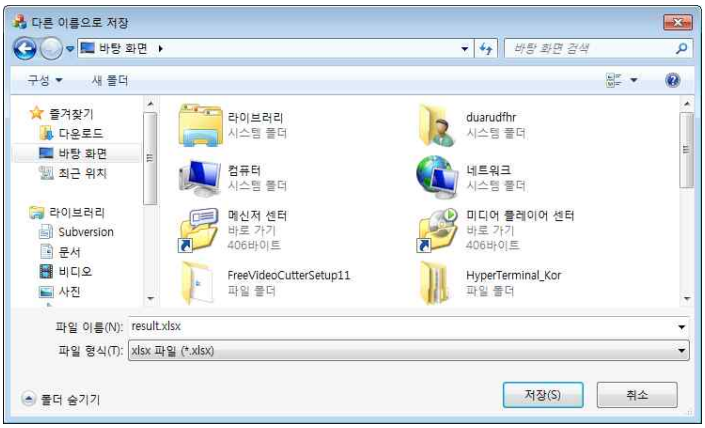
[조치결과 설정 화면]

㈐ 검색 및 Export 화면

· 점검날짜별, 점검항목별, 조지결과별 검색 및 결과를 Export 할 수 있는 화면이다. 점검날짜, 점검항목, 조치결과를 설정한 후 [검색] 버튼을 누르게 되면 설정된 값에 맞는 검색 결과를 리스트에 가져 올 수 있다. [EXPORT] 버튼을 누르면 현재 리스트에 담겨 있는 결과를 엑셀 파일로 저장할 수 있다.



[검색 및 Export 화면]



[Export 파일 내리기]

	카메라	점검항목	촬영날짜	시간	상하선	위치(m)	위치좌표	점검방법	이상내용	조치완료결과
2	CAM4-C	레일	2013.10.27 15:4458	00:01:24:16	상선	2345	37.350079	육안분석	지상자 이상	미조치
3	CAM4-C	레일	2013.10.27 15:4458	00:00:06:76	상선	2345	37.350079	육안분석	패턴벨트 이상	미조치
4	CAM4-C	레일	2013.10.27 15:4458	00:00:05:80	상선	2345	37.350079	육안분석	레일 이상	미조치
5	CAM1-L	볼트	2013.10.29 15:4458	00:06:14:26	상선	572	37.506177	육안분석	볼트이상	미조치
6	CAM1-R	볼트	2013.10.29 15:4458	00:05:23:13	상선	572	37.506177	육안분석	볼트 마모	미조치
7	CAM2-L	애자	2013.10.29 15:4458	00:05:04:43	상선	575	37.506177	육안분석	애자 이상	미조치
8	CAM3-L	전차선	2013.10.29 15:4458	00:05:53:86	상선	572	37.506177	육안분석	전차선 이상	미조치
9	CAM3-R	전차선	2013.10.29 15:4458	00:05:53:43	상선	572	37.506177	육안분석	전차선 이상	미조치
10	CAM4-C	레일	2013.10.29 15:4458	00:00:23:73	상선	2345	37.350079	육안분석	레일 이상	미조치

[Export 한 결과 엑셀 파일]

9) 선로 점검 시스템 설치 및 관리

가) 설치 환경 및 시스템 사양

[설치 환경 및 시스템 사양]

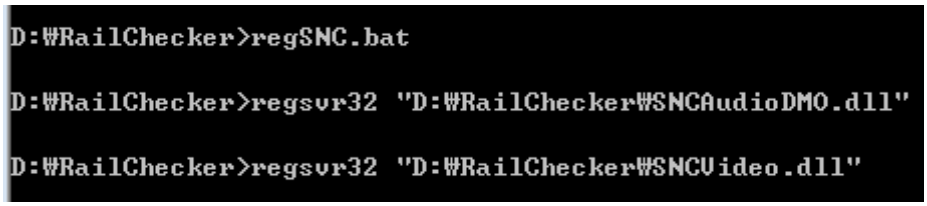
항 목	설 명
운영체제	Windows 제품 군
CPU	Intel I7 3세대 이상 제품 군
그래픽 카드	Nvidia GeForce 9600 이상 급
메모리	4 GB 이상
HDD	2 TB 이상

나) 시스템 설치

- 선로 점검 모니터링 프로그램 압축풀기 선로 점검 모니터링 프로그램이 실행될 위치를 결정하고 RailChecker 폴더를 생성 후 압축유틸리티를 사용하여 RailChecker 폴더 안에 RailChecker.tar 의 압축을 풀어준다.

다) Registry 등록

- Command 콘솔로 RailChecker 폴더로 이동한 후 regSNC.bat 파일을 실행한다.



[Registry 등록]

라) 프로그램 실행

- bin 폴더 안에 RailChecker.exe 파일이 존재하고 Registry 등록까지 완료하였다면 설치가 성공적으로 된 것이다.

```
/RailChecker        | - bin
                    | - ExportData
```

[선로 점검 모니터링 프로그램 디렉토리 구조]

[선로 점검 모니터링 프로그램 디렉토리 구조 설명]

항목	설명
bin	선로 점검 모니터링 프로그램에서 사용되는 실행 파일 및 라이브러리 파일들이 위치
ExportData	녹화 된 영상 및 위치 정보, 이미지 들이 위치. - 영상 녹화 시 영상 파일 및 위치기반 정보, 캡쳐 된 이미지들이 자동으로 저장됨

10) 선로 분석/점검 프로그램

가) 압축풀기

- 선로 분석/점검 프로그램이 실행될 위치를 결정하고 RailInspector 폴더를 생성 후 압축유틸리티를 사용하여 RailInspector 폴더 안에 RailInspector.tar 의 압축을 풀어준다.

나) 디렉토리 목록 확인

- 탐색기 또는 Command 콘솔로 RailInspector 폴더로 이동한 후 디렉토리 목록을 확인했을 때 다음과 같이 나오면 복사와 압축파일이 잘 풀린 것이며, 설치가 성공적으로 된 것이다.

```
/RailInspector          | - bin
                        | - db
                        | - lib
                        | - rail_avi
                                    | - analysis
                                    | - monitor
                        | - template
```

[선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조]

[선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조 설명]

항 목		설 명
bin		선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 실행 파일 위치
db		선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 db 파일 위치
lib		선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 라이브러리 파일들이 위치
rail_avi	analysis	선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 분석 결과 파일들이 위치
	monitor	선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 분석 대상 데이터들이 위치
template		선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 템플릿 이미지 파일들이 위치

11) 분석 데이터 백업

가) 선로 분석/점검 프로그램

-분석 데이터 백업은 선로 분석/점검 프로그램이 설치된 디렉토리를 복사하여 간편하게 백업 및 복구를 수행할 수 있다.

□ 전체 데이터 백업

- ~/RailInspector/db 폴더와 ~/RailInspector/rail_avi 폴더를 복사하여 다른 폴더로 복사한다. 복사가 완료되면 백업이 완료된 상태이다.

□ 특정 녹화분만 백업

- ~/RailInspector/rail_avi/monitor와 ~/RailInspector/rail_avi/analysis 폴더 안의 해당 녹화 데이터만 복사하여 다른 폴더로 복사한다. 복사가 완료되면 백업이 완료된 상태이다.

/ analysis	| - 20130928154458	| - ScreenShot
/ monitor	| - 20130928154458	| - Movie
		| - RailLocation
		| - ScreenShot

[선로 분석/점검 프로그램 디렉토리 구조 예]

12) 분석 데이터 복구

가) 선로 분석/점검 프로그램

- 선로 분석/점검 프로그램이 정상적으로 동작하지 않거나 자동 백업 주기에 따라 삭제된 이전 버전으로 분석검토하고 싶을 때에는 다음과 같이 진행하여야 한다.

○ 백업 파일 복구

· 분석 데이터를 백업한 이전 버전으로 돌아가길 원할 때에는 다음과 같은 절차를 수행하면 된다.

○ 백업파일 복구 절차

· 선로 분석/점검 프로그램 중지

· 백업한 분석 디렉토리를 rail_avi 경로 아래에 있는 monitor와 analysis 폴더 안에 복사

- 선로 분석/점검 프로그램 구동

```
/BackupData          | - db
                     | - rail_avi
                                  | - analysis        | - 20130928154458
                                  | - monitor         | - 20130928154458
```

```
/RailInspector       | - bin
                     | - db
                     | - lib
                     | - rail_avi
                                  | - analysis
                                  | - monitor
                     | - template
```

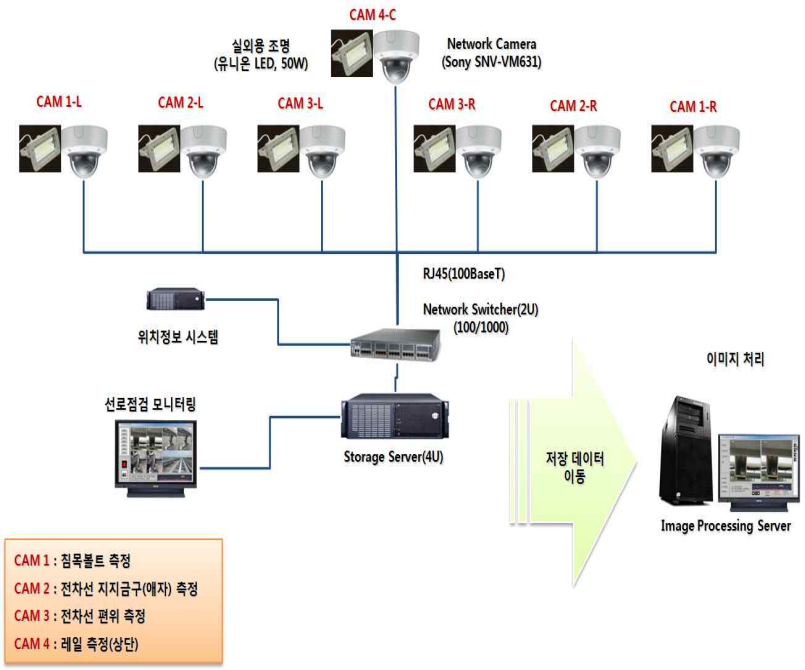
[백업한 분석 데이터를 분석/점검 프로그램에 복사 예]

※ db 폴더까지 백업 하였다면 db 폴더도 복사해줌, 단 현재 db 데이터가 삭제되기 때문에 복사하기 전에 현재 사용 중이던 db폴더를 백업해둠

(나) 선로점검 시스템 유지관리 지침

1) 선로 점검 시스템 구성도

- 자기부상열차 선로시설물을 점검카메라로 촬영하고, 획득한 영상을 분석하여 선로시설물의 이상 여부를 감지하는 선로 점검 시스템이다.



[그림 365]선로 점검 시스템 구성도

- 점검카메라를 이용하여 자기부상열차 선로시설물을 선로점검 모니터 링 서버에서 영상을 촬영하고 위치정보와 연동하여 저장한다. 저장된 영상과 위치 정보를 이용하여 선로 분석/점검 서버에서 영상을 분석하여 선로시설물의 이상 여부를 감지하고 위치정보를 확인할 수 있다.

가) 선로 점검 모니터링 프로그램 구성

- 점검카메라로 선로시설물 영상을 촬영하고 위치 정보 데이터와 연동하여 저장하는 선로 점검 모니터링 프로그램 구성도이다.

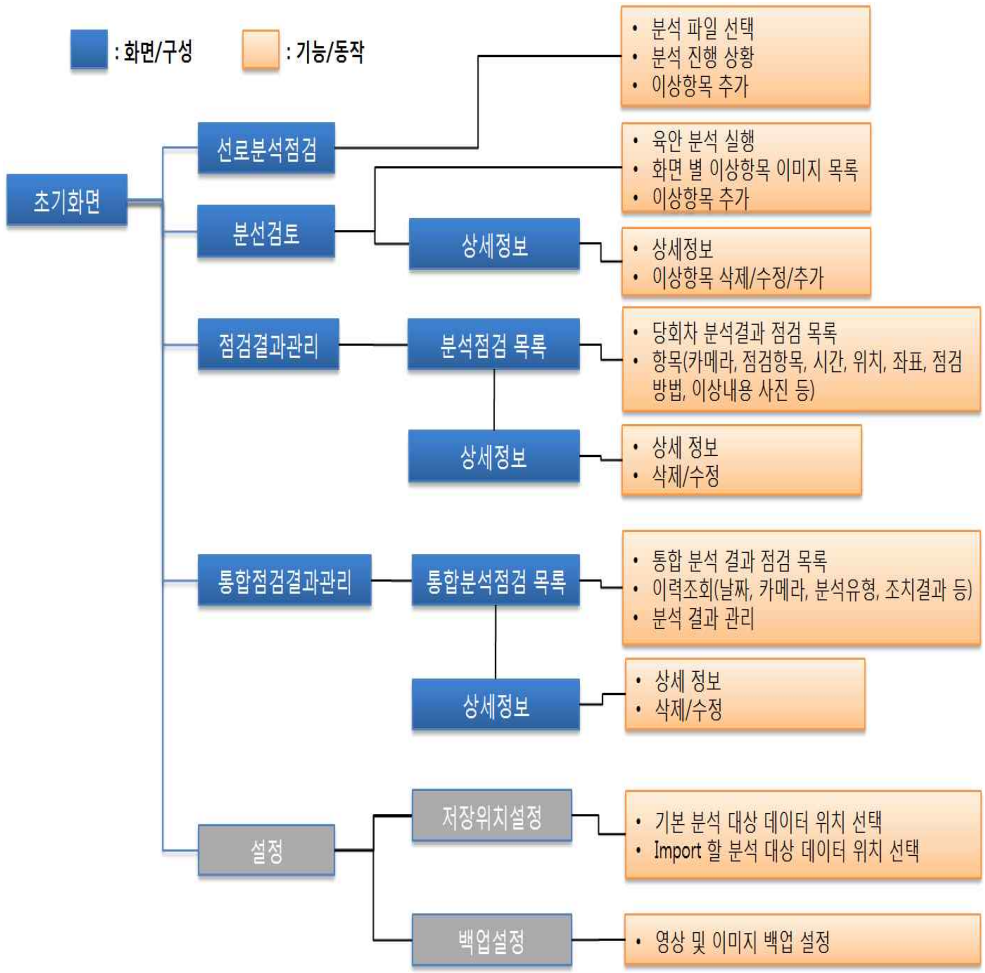


[그림 366]선로점검 모니터링 프로그램 구성도

- 기능 및 동작으로는 동영상 녹화 및 정지를 할 수 있으며, 각 카메라별 View를 선택할 수 있고 실시간 모니터링, 정지영상 캡춰 를 할 수 있다. 영상 정보 및 위치 정보를 보여줄 수 있으며, 차량위치를 표시한다.

나) 선로 분석/점검 프로그램 구성

- 점검카메라로 획득한 영상 및 위치 정보 데이터를 이용하여 영상을 분석하고 분석 결과를 관리하는 선로 분석/점검 프로그램 구성도이다.



[그림 367]선로 분석 / 점검 프로그램 구성도

- 기능 및 동작으로는 선로분석점검 화면에서 분석파일을 선택하여 자동분석을 진행할 수 있다. 이때 이상항목은 자동으로 추가되며, 해당 이상항목을 확인해 볼 수 있다. 분석검토 화면에서 육안 분석 실행을 할 수 있으며, 화면별 이상 항목을 볼 수 있고 분석 중 이상항목이 발견되면 추가 할 수 있다. 점검 결과관리 화면에서는 당회차 분석결과 점검 결과를 확인할 수 있으며, 이상 항목의 상세정보도 볼 수 있고 삭제 및 일부 수정도 가능하다. 통합 점검 결과관리 화면에서는 통합 분석 점검 결과를 확인할 수 있으며, 이상항목의 상세정보도 볼 수 있고 삭제 및 일부 수정도 가능하다.

2) 선로 점검 시스템 장비 설명

- 선로 점검 시스템에서 사용하고 있는 장비는 다음과 같다.

가) H/W 장비

[H/W 장비 설명]

항 목	설 명
카메라	모델명 : SNC-VM601B 수량 : 7 EA 목적 : 점검항목의 영상을 촬영하기 위하여 사용
메인 조명	모델명 : IOLUX-50 수량 : 6 EA 목적 : 야간이나 어두운 곳에서 점검항목을 밝게 하기 위하여 사용
보조 조명	수량 : 2 EA 목적 : 야간이나 어두운 곳에서 점검항목을 밝게 하기 위하여 사용
모니터링 서버	수량 : 1 EA 목적 : 점검항목의 영상 녹화 및 위치정보 데이터와 연동하여 저장하고 점검 하기 위하여 사용
분석/점검 서버	수량 : 1 EA 목적 : 점검항목의 영상과 위치정보 데이터를 연동하여 점검 및 분석하기 위하여 사용

나) S/W 장비

[S/W 장비 설명]

항 목	설 명
모니터링 프로그램	목적 : 선로 시설물 감시를 위한 영상 및 위치정보 데이터를 획득
분석/점검 프로그램	목적 : 취득한 영상의 템플릿 매칭 방법 및 위치정보 데이터를 활용한 선로 시설물의 이상여부 감지 및 결과 관리

3) 선로 점검 시스템 장비 점검

- 선로 점검 시스템의 장비 점검 항목에 대하여 설명한다. 장비점검 주기는 일간, 주간, 월간 장비 점검으로 구분한다.

가) 일간 장비 점검 항목

- 선로 점검 시스템의 지속 가능한 운영상태 유지 및 시스템의 정기점검을 통하여 장비점검을 실행한다. 일간 장비 점검은 시스템을 사용하기 전 기본적으로 점검되어야 한다.

[일간 장비 점검 항목]

점검 항목		점검 내용
카메라	CAM1-L	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
	CAM1-R	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
	CAM2-L	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
	CAM2-R	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
	CAM3-L	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
	CAM3-R	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
	CAM4-C	선로 점검 모니터링 서버에서 카메라가 인식되는지 확인
메인 조명	CAM1-L 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	CAM1-R 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	CAM2/3-L 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	CAM2/3-R 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	CAM4-C 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
보조 조명	CAM1-L 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	CAM1-R 조명	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
모니터링 서버	서버	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	하드렉	하드렉 장착 시 정상적으로 인식하는지 확인
	마우스	마우스가 정상적으로 인식하는지 확인
	키보드	키보드가 정상적으로 인식하는지 확인
	모니터	모니터가 정상적으로 인식하는지 확인

분석/점검 서버	서버	전원이 정상적으로 들어오는지 확인
	하드렉	하드렉 장착 시 정상적으로 인식하는지 확인
	마우스	마우스가 정상적으로 인식하는지 확인
	키보드	키보드가 정상적으로 인식하는지 확인
	모니터	모니터가 정상적으로 인식하는지 확인

① 카메라

- 카메라가 인식이 되지 않는 경우 "Trouble Shooting 가이드, 선로 점검 모니터링 프로그램"을 참고한다.

② 메인 조명 / 보조 조명

- 조명의 전원이 정상적으로 들어오지 않는 경우 전원선이 정상적으로 서버에 연결되어 있는지 확인한다.

③ 모니터링 서버

- 하드렉 : 하드렉 장착 시 정상적으로 드라이브를 인식하는지 확인한다. 정상적으로 인식하지 않는다면 다른 하드를 장착하여 테스트한다.

나) 주간 장비 점검 항목

- 선로 점검 시스템의 지속 가능한 운영상태 유지 및 시스템의 정기점검을 통하여 장비점검을 실행한다. 주간 장비 점검은 시스템에 이상이 생기기 전 미리 예방 점검의 목적을 가지고 있다.

[주간 장비 점검 항목]

점검 항목		점검 내용
카메라	CAM1-L	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어 있는지 확인
	CAM1-R	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어 있는지 확인
	CAM2-L	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어 있는지 확인
	CAM2-R	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어 있는지 확인
	CAM3-L	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어

		있는지 확인
	CAM3-R	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어 있는지 확인
	CAM4-C	카메라 케이스의 이물질 제거 및 청소
		카메라 케이스의 볼트가 정상적으로 장착되어 있는지 확인
메인 조명	CAM1-L 조명	이물질 제거 및 청소
	CAM1-R 조명	이물질 제거 및 청소
	CAM2/3-L 조명	이물질 제거 및 청소
	CAM2/3-R 조명	이물질 제거 및 청소
	CAM4-C 조명	이물질 제거 및 청소
보조 조명	CAM1-L 조명	이물질 제거 및 청소
	CAM1-R 조명	이물질 제거 및 청소
모니터링 서버	서버	이물질 제거 및 청소
		하드 및 하드렉에 용량이 충분히 확보되어 있는지 확인
	모니터	모니터가 정상적으로 인식하는지 확인
분석 / 점검 서버	서버	이물질 제거 및 청소
		하드 및 하드렉에 용량이 충분히 확보되어 있는지 확인
	모니터	모니터가 정상적으로 인식하는지 확인

다) 월간 장비 점검 항목

- 선로 점검 시스템의 지속 가능한 운영상태 유지 및 시스템의 정기점검을 통하여 장비점검을 실행한다. 월간 장비 점검은 시스템에 이상이 생기기 전 미리 예방 점검의 목적을 가지고 있다.

[월간 장비 점검 항목]

점검 항목		점검 내용
카메라	CAM1-L	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인
	CAM1-R	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인
	CAM2-L	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인

	CAM2-R	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인
	CAM3-L	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인
	CAM3-R	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인
	CAM4-C	카메라 또는 카메라 케이스 파손 여부 확인
메인 조명	CAM1-L 조명	조명 파손 여부 확인
	CAM1-R 조명	조명 파손 여부 확인
	CAM2/3-L 조명	조명 파손 여부 확인
	CAM2/3-R 조명	조명 파손 여부 확인
	CAM4-C 조명	조명 파손 여부 확인
보조 조명	CAM1-L 조명	조명 파손 여부 확인
	CAM1-R 조명	조명 파손 여부 확인
모니터링 서버	서버	서버 파손 여부 확인
	하드렉	하드렉 파손 여부 확인
	마우스	마우스 파손 여부 확인
	키보드	키보드 파손 여부 확인
	모니터	모니터 파손 여부 확인
분석 / 점검 서버	서버	서버 파손 여부 확인
	하드렉	하드렉 파손 여부 확인
	마우스	마우스 파손 여부 확인
	키보드	키보드 파손 여부 확인
	모니터	모니터 파손 여부 확인

4) Trouble Shooting 가이드

- 선로 점검 시스템의 Trouble Shooting 가이드에 대해 설명한다.

가) 선로 점검 모니터링 프로그램

① 카메라 인식이 되지 않는 경우

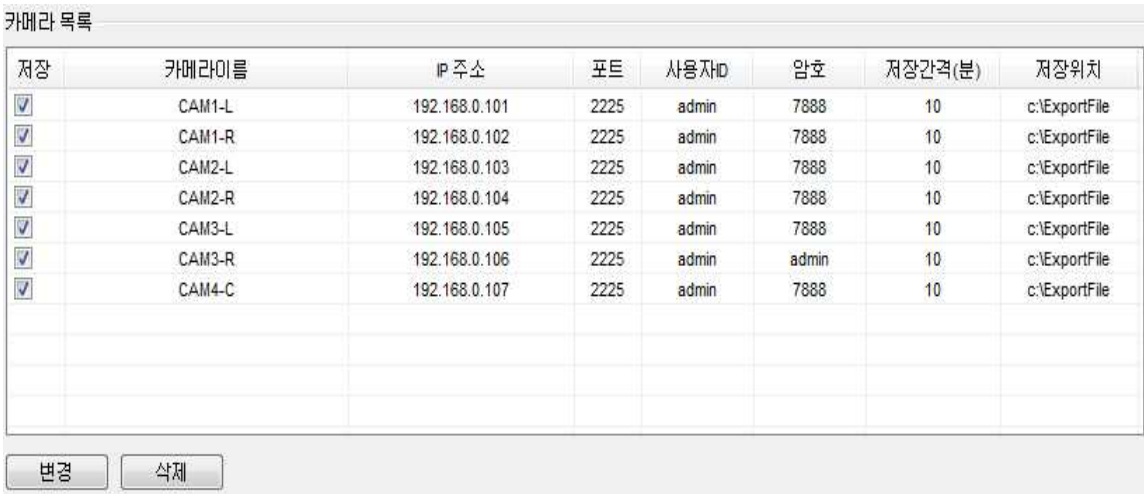
· 방법 1

카메라는 인식되는데 환경에 따라서 다소 시간이 걸릴 수 있기 때문 에

약 1 ~ 5분 정도 기다린다.

· 방법 2

카메라 화면이 출력 되지 않는다면 선로 점검 모니터링 프로그램의 [카메라 설정] 버튼을 눌러서 카메라의 IP 주소와 포트, 사용자 ID, 암호가 정상적으로 입력되어있는지 확인한다.



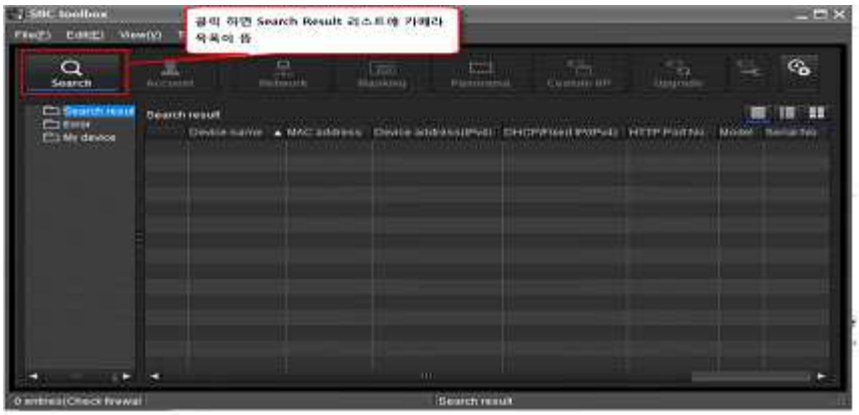
[카메라 설정 화면]

[카메라 설정 화면 설명]

항목	설명
카메라 이름	카메라 이름 - 영상 녹화 시 해당 카메라 이름으로 저장
IP 주소	카메라 IP 주소 - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 IP 주소
포트	카메라 포트 - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 포트
사용자 ID	카메라 사용자 ID - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 사용자 ID
암호	카메라 사용자 암호 - 모니터링 서버에 연결된 카메라의 사용자 암호
저장간격	카메라 영상 녹화 파일의 저장 간견 - 5 / 10 / 15 / 20 / 25 / 30 분 / 1 시간 간격으로 영상을 새로운 파일로 저장
저장위치	카메라 영상 파일의 저장 위치 - 영상 녹화 시 저장 위치

· 방법 3

Sony SNC Toolbox 프로그램을 실행한다. SNC Toolbox 에서 Search 버튼을 클릭하여 카메라가 자동으로 선로 점검 모니터링 서버에 인식되는지 확인한다. 인식되는데 다소 시간이 소요된다.



[SNC Toolbox 화면]

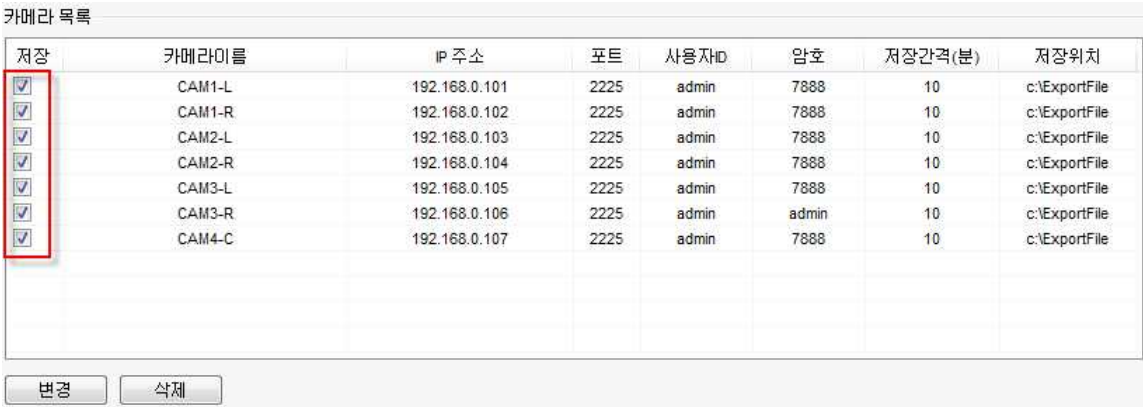
· 방법 4

카메라에 전원선 및 네트워크 선이 정상적으로 연결되어 있는지 확인한다.

② 프로그램에서 영상이 녹화 되지 않는 경우

· 방법 1

선로 점검 모니터링의 [카메라 설정] 메뉴를 눌러서 카메라 목록의 저장 체크 박스에 체크가 되어 있는지 확인한다.



[저장 체크 박스 화면]

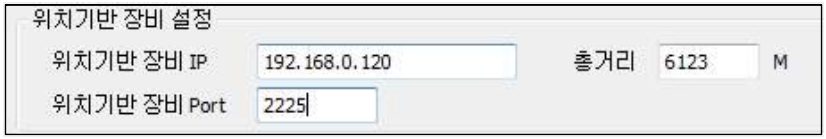
· 방법 2

HDD에 저장공간이 충분히 확보되어 있는지 확인한다.

③ 위치정보 및 열차의 위치가 정상적으로 보이지 않는 경우

· 방법 1

[카메라 설정] 메뉴를 눌러서 위치기반 장비의 IP와 포트가 정상적으로 설정 되어 있는지 확인한다.



[위치기반 장비 설정 화면

[위치기반 장비 설정 화면 설명]

항 목	설 명
위치기반 장비 IP	위치정보시스템IP - 위치정보 연동을 하기위한 위치정보시스템의 IP
위치기반 장비 Port	위치정보시스템 Port - 위치정보 연동을 하기위한 위치정보시스템의 Port
총거리	선로의 총 거리 - 선로 및 열차의 이동을 위치정보시스템과 연동하여 UI 상에 표시 하기 위한 선로의 총거리 - 입력 단위는 미터 단위

· 방법 2

위치정보 시스템의 매뉴얼을 참조하여 위치정보 시스템에 이상이 없는지 확인한다.

④ 프로그램이 알 수 없는 에러로 종료 된 경우

· 방법 1

HDD에 충분한 저장 공간이 있는지 확인 한다.

· 방법 2

[데이터 초기화] 메뉴를 눌러서 데이터를 초기화 한 후 재녹화를 실행한다.

· 방법 3

영상이 저장되는 위치의 기존 데이터를 삭제 또는 백업하여 정리한 후 재녹화를 실행한다.



[영상 및 데이터 저장위치 확인 화면]

가) 선로 분석/점검 프로그램

① 선로 분석/점검 모니터링 프로그램을 시작하였는데 반응이 없는 경우

· 방법 1

선로 분석/점검 시스템의 OS 작업관리자를 실행하여 [프로세스] 탭에서 RailInspector.exe 프로세스가 실행 중인지 확인한다. 선로 분석/점검 프로그램을 시작하면 로딩 시 선로 점검 모니터링 프로그램에서 분석 대상 데이터를 가져와서 분석 준비를 수행하여 환경 및 데이터 양에 따라 다소 시간이 소요될 수 있기 때문에 기다린다.

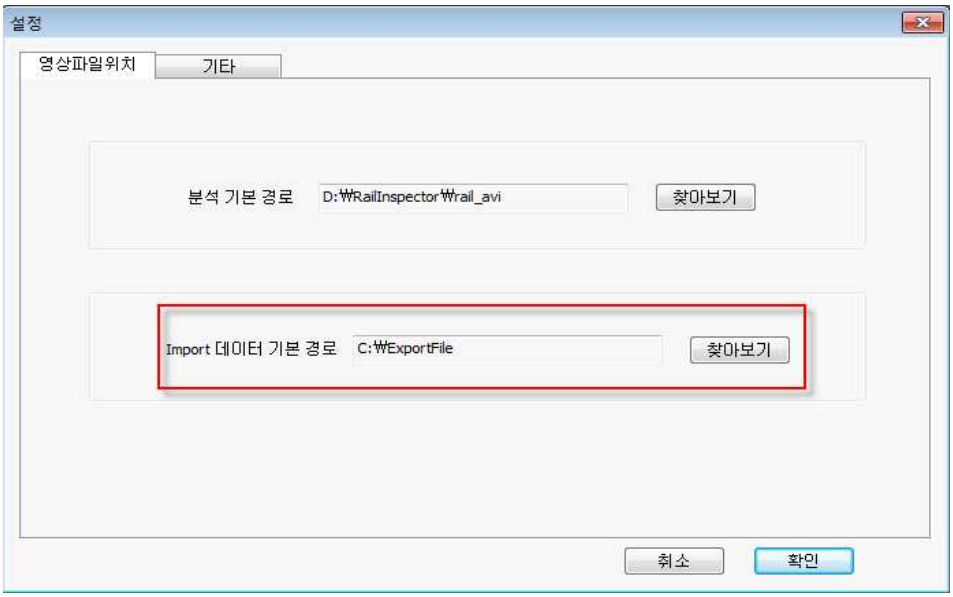
② 프로그램이 실행은 되었는데 선로 점검 모니터링 프로그램의 데이터를 상적으로 가져오지 못한 경우

· 방법 1

HDD에 저장 공간이 충분히 확보 되어있는지 확인한다.

· 방법 2

프로그램 [설정] 버튼을 눌러 [영상파일위치] 탭에서 Import 데이터 기본경로가 선로 점검 모니터링 프로그램의 경로가 정상적으로 설정되어 있는지 확인한다.



[영상파일 위치 설정 화면]

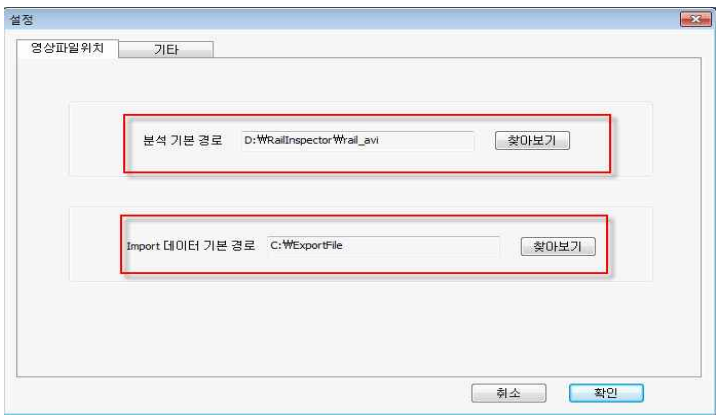
[Import 데이터 기본경로 설정 화면 설명]

항목	설명
Import 데이터 기본 경로	모니터링 프로그램의 Import 대상 데이터 기본 경로 (하드랙 장착 후 수행)

③ 프로그램이 실행은 되었는데 경로가 잘못되었다고 나오는 경우

· 방법 1

프로그램의 [설정] 버튼을 눌러 [영상파일위치] 탭에서 분석 기본 경로 및 Import 데이터 기본 경로가 정상적으로 설정되어 있는지 확인한다.



[영상파일 위치 경로 설정 화면]

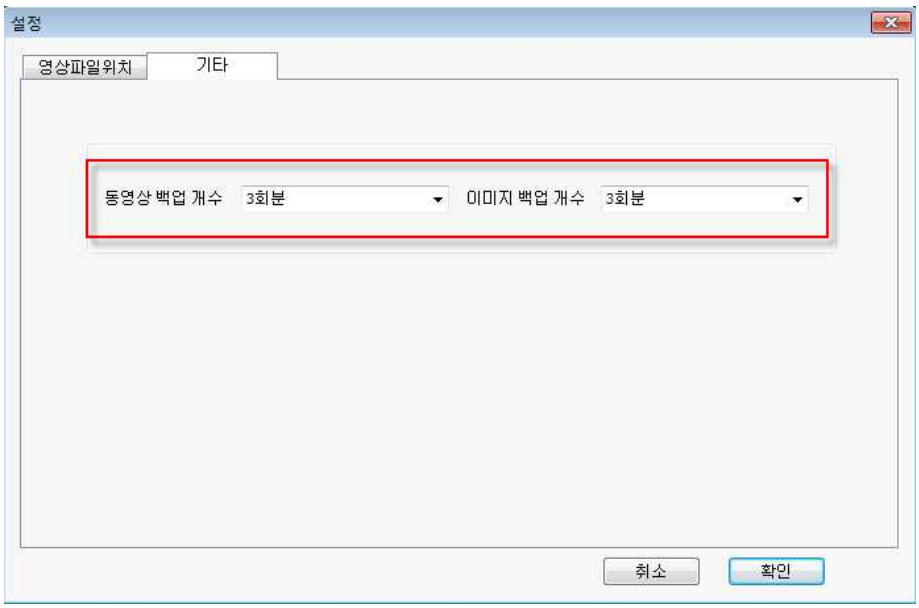
[표 67] 영상파일 위치 경로 설정 화면

항목	설명
분석 기본 경로	분석 데이터 기본 경로
Import 데이터 기본 경로	모니터링 프로그램의 Import 대상 데이터 기본 경로 (하드랙 장착 시 수행)

④ 프로그램은 실행이 되었는데 백업 주기가 잘못되었다고 나오는 경우

· 방법 1

프로그램의 [설정] 버튼을 눌러 [기타] 탭에서 동영상 및 이미지 백업 개수를 설정해준다. 백업 설정이 변경되면 분석 데이터가 지워질 수 있다.



[백업 설정 화면]

⑤ 선로분석점검의 분석실행 시 템플릿 이미지를 설정 하지 않았다고 나오는 경우

· 방법 1

템플릿 이미지 설정의 [Bottom 볼트 템플릿 이미지], [Top 볼트 템플릿 이미지] 버튼을 눌러서 Bottom 볼트 템플릿 이미지 와 Top 볼트 템플릿 이미지를 설정한다. 만약 템플릿 이미지가 없다면 [템플릿 캡처] 버

튼을 눌러서 Bottom, Top 볼트 템플릿 이미지를 저장한다.



[템플릿 이미지 설정 화면]



[템플릿 이미지 캡처 화면]

[템플릿 이미지 캡처 화면 설명]

항 목	설 명
다음화면	템플릿 이미지 대상의 선정을 위하여 다음 화면으로 이동 - 현재 화면에 대상이 명확하지 않은 경우 사용
취소	템플릿 이미지 캡처 취소
확인	템플릿 이미지 캡처 수행

⑥ 선로분석점검 중 분석대상파일 위치를 변경 후 적용 하였는데 올바른 경로가 아니라고 나오는 경우

· 방법 1

지정한 경로의 디렉토리가 분석파일에서 쓰는 올바른 디렉 토리인지 확인한다. 올바르지 않은 디렉토리일 경우 자동으로 기존에 설정된 디렉토리로 적용된다.

/20131029154458	| - Movie
	| - RailLocation
	| - ScreenShot

[선로분석점검 시 분석대상 디렉토리가 정상인 경우]

[선로분석점검 시 분석대상 디렉토리가 정상인 경우 설명]

항 목		설 명
20131029154458 (녹화날짜로 구성된 년/월/일/시/분/초 형식의 폴더, 모니터링 프로그램에서 획득한 데이터들이 날짜별로 관리됨)	Movie	선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 분석 영상 데이터들이 위치
	RailLocation	선로 분석 / 점검 프로그램에서 사용되는 위치정보 데이터들이 위치
	ScreenShot	선로 점검 모니터링 프로그램에서 사용되었던이상항목 이미지 파일들이 위치

⑦ 프로그램이 알 수 없는 에러로 종료 된 경우

· 방법 1

HDD에 충분한 저장 공간이 있는지 확인한다.

· 방법 2

프로그램을 실행 시킨 후 재분석을 실행한다 선로분석점검 중에 생긴 결과물은 완료 시점이 아니면 저장하지 않으며 분석 검토 중에 생긴 결과물은 이상항목 감지 시 마다 저장된다.

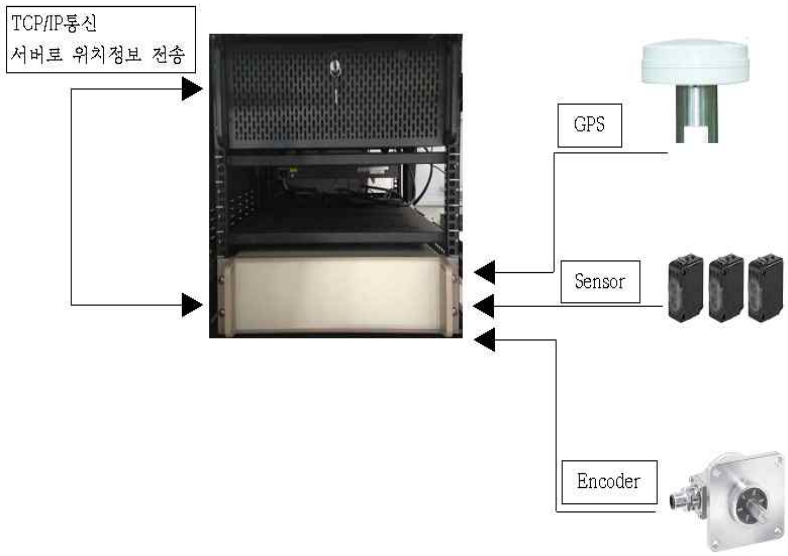
· 방법 3

프로그램이 설치된~/RailInspector/db 경로의 ImageInfos.db.bak 파일을 ImageInfos.db로 복사한다. 이전의 ImageInfos.db 파일은 따로 다른 폴더 혹은 다른 이름으로 백업을 해둔다.

5) 위치정보 검측시스템 사용자 매뉴얼

가) 시스템 구성도

- 위치정보 검측시스템은 아래와 같은 구성을 가진다.



[위치정보 검측시스템]

나) 하드웨어 주요사양

① Control Board : 1 EA

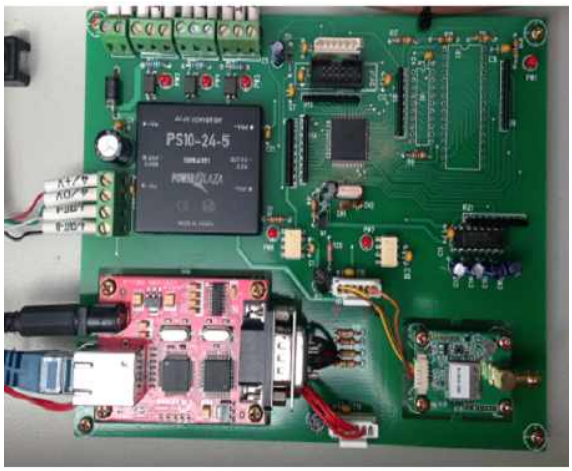
✓ DGPS 수신 회로

- DGPS 주파수 : L1, 1575.42MHz
- DGPS 위치 정확도 : 2.5M 이내
- DGPS 업데이트 속도 : 1~10Hz

✓ 센서 I/O 회로

✓ Control CPU 회로

✓ Power 회로



[control board]

② 제어용 Power Supply : 1EA

- 입력 : AC220V
- 출력 : DC24V
- 용량 : 3A



[제어용 power supply]

③ Encoder : 1EA

- 공급 전압 : DC 5~30V
- 동작 온도 : -20℃~60℃
- 펄스 주파수 : 100kHz이상
- 출력 : TTL 호환



[Encoder]

④ DGPS 안테나



[DGPS 안테나]

⑤ Sensor : 3EA

- 검측 거리 : 50mm이상
- 공급 전압 : DC 10~30V
- 동작 온도 : -20℃~60℃
- 스위칭 주파수 : 2kHz이상
- 출력 : TTL 호환



[Sensor]

⑥ 제어용 Box : 1EA

- SIZE : 500x700x250



[제어용 Box]



[제어용 Box 외부]

⑦ Sensor Box : 1EA

- SIZE : 300x200x100



[센서 박스]

⑧ Encoder Box : 1EA

- SIZE : 200x150x150



[인코더]

⑨ 발전기 : 1EA

AC출력	정격 전압	220V
	정격 주파수	60 Hz
	정격 전류	25.0 A
	정격 출력	5,500 VA
	최대 출력	6,500 VA

다) 설치위치 및 내부구성

① 엔코더

· 엔코더는 차량의 전진방향 왼쪽 앞바퀴에 장착되어 차량의 이동속도를 검측하기 위해 사용되어 진다. 바퀴와 엔코더 사이에는 커플링을 부착하여 바퀴로부터 전달되는 충격으로부터 엔코더를 보호하게끔 설계되어져 있다.



[엔코더 장착 위치]



[엔코더 박스 내부]

② 센서함

· 센서함에는 모두 3개의 포토센서가 장착되어있다. 이는 원점을 인식하는 용도와 거더를 검측하기위한 용도로 사용되어 진다. 2개의 센서가 거더

를 검측하고 나머지 1개의 센서를 이용하여 원점을 검측하도록 설계되어 져 있다.



[포토 센서]



[포토센서 내부]

③ 제어용 Box

· 제어용 Box에는 엔코더, 센서, GPS로부터 입력되는 신호들을 분석하고, 서버로 위치정보를 전송하는 역할의 콘트롤러가 내장되어 있다. 더불어 콘트롤러에 전원을 공급해주는 별도의 SMPS가 장착되어져 있다.



[제어용 박스]



[SMPS]

④ 메인 분전함

· 메인 분전함은 발전기의 시동 및 각 시스템으로의 전원을 공급하는 역할을 한다. 시동은 스위치를 돌려 작동시킬 수 있으며, 분전함 내부의 NFB를 이용하여 각 시스템의 전원 공급 여부를 결정할 수 있다. 또한 여분의 콘센트를 설치하여 다른 작업이 용이하도록 설계되어져 있다. 콘센트의 전원은 대명 NFB에 연결되어져 있다.



[메인분전반 외관]



[메인분전반 내부]

라) 작동방법

① 발전기의 유류 상태를 확인한다.

② 메인 분전함 전면의 스위치를 ON으로 돌린 후 2초 후 START로 돌려 발전기 시동을 켠다.



[메인분전반 전면]



[스위치]

③ 메인 분전함을 열어 NFB를 ON 시킨다.



[NFB]

④ 서버랙 옆면에 두 개의 전원램프가 들어오는지 확인한다.



[서버랙]

⑤ 위 상태가 완료되었다면 위치정보 검측시스템의 사용이 준비된 것이다.

마) 통신 프로토콜

- 아래는 위치정보 검측시스템과 서버사이에 통신하는 통신 프로토콜을 기술한 것이다.

[표 70] 통신 프로토콜

Header	Length	Source	Destination	Command	User Data	CRC
2 byte	1 byte	1 byte	1 byte	1 byte		1 byte

명칭	길이	설 명	데이터
Header	2 byte	프레임의 Header	0x05 0x64
Length	1 byte	Header를 제외한 CRC가 포함된 프레임 길이	
Source	1 byte	데이터를 보내는 곳	0x02 (Board)

Destination	1 byte	데이터를 받는 곳	0x40 (PC)
Command	1 byte	0x03 (데이터 요청 : PC->Board) 0xA1 (데이터 요청에 대한 응답 : Board->PC)	
User Data		사용자 데이터	
CRC	1 byte	CRC 8	CRC-8 x8 + x2 + x + 1
Line	1	상선, 하선, 인입선 구분	'1' - 상선, '2' - 하선 (진행방향 - A,B) '3' - 인입선 (진행방향 - C, D)
direction	1	진행방향 (차량기지 방향, 인천국제공항 방향) (인입선 출고, 인입선 입고)	'A' - 인천국제공항 방향 'B' - 과업종점 방향 'C' - 출고 'D' - 입고
speed	4	속도	'12.3' - 12.3km/h
railroad tie NO	4	침목번호	'0987' - 987번째 침목
distance	7	기준점부터의 거리	거리의 단위는 mm '0234567' - 0 km 234 m 567 mm
latitude	9	GPS좌표 - 위도	'3735.0079' - 37도 35.0079
longitude	10	GPS좌표 - 경도	'12701.6446' - 127도 1.6446
joint	1	이음매, 지상자 여부	'0' - 이음매 없음 '1' - 이음매 있음 '5' - 지상자 있음 '9' - 이음매, 지상자 있음
pier NO	4	교각번호	'P098' - P98번 교각 'S101' - 101역

			교각은 P001 ~ P173, Pi01~Pi09 역사는 101 ~ 106
pier distance	7	교각에서의 거리	거리는 기준점부터의 거리와 동일함
ground unit	2	지상자번호	사용하지 않음
ground unit distance	7	지상자부터의 거리	사용하지 않음

6) 위치정보 검측시스템 정비 지침서

가) 정비 지침표

[정비 지침표]

NO	이상항목	점검부	확인 및 조치	비 고
1	주전원 이상시	MAIN NFB	- 각각 입, 출력 전원을 테스터로 확인	
		전압계	- MAIN NFB 출력 전압과 비교, 정상동작 확인	
2	동작 불능시	메인 랙	- 제일 하단의 위치정보 전송시스템의 전원부 확인	
3	GPS 신호 미검출시	GPS 안테나	- GPS 안테나와 위치정보 전송시스템과의 연결부 확인	
4	거리정보 불일치시	센서 박스	- 센서박스 하단에 이물질이 끼였는지를 확인	
		연결선	- 센서박스와 위치정보 전송시스템 랙과의 연결선 연결여부 확인	
5	속도 정보	엔코더	- 엔코더와 바퀴 축의	

	불일치시		연결 여부를 확인	
		연결선	- 엔코더와 위치정보 전송시스템 랙과의 연결선 연결여부 확인	
6	통신 오류시	허브	- 위치정보 전송시스템 랙과 허브의 랜선 연결여부 확인	
		연결선	- 랜선의 단선 여부 확인	
		서버 연결	- 영상서버와 허브와의 연결 여부 확인	

※ 보수시 유의사항

보수는 반드시 전원을 차단한 상태에서 실시한다.

나) 일일 점검표

다음의 지시 사항을 가동 전 확인합니다.

[일일 점검표]

구 분	세부사항	판정기준	양호		불량	
발전기	오일, 주유 상태	동작 전 엔진 오일 및 주유 상태 확인				
전원 입력부	전압변동 확인	발전기 가동 후 Main NFB를 ON 한 후 입력 전원 AC 1∅ 220V± 15%이내(전압계로 확인)				
센서 입력부	GPS	육안으로 GPS 안테나의 장착 여부 확인				
	포토센서	육안으로 트레일러 하단에 센서함 장착 여부 확인				
	엔코더	육안으로 바퀴축과 연결된 엔코더의 장착여부 확인				
(비 고)						

다) 정기 점검표

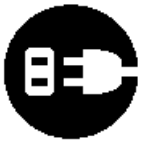
[정기 점검표]

NO.	부 품 명	항 목	검 사 주 기			비 고
			일상	월상	6개월	
1	발전기	엔진오일 상태	○	○	○	부족할 시 엔진오일 주입
2	발전기	주유 상태	○	○	○	부족할 시 휘발유 주입
3	차륜	주 차륜 (보조차륜)	○	○	○	이음 및 이상마모 상태 확인
4	전원	전원 공급 상태	○	○	○	전원 동작 이상 시 분전함 확인
5	GPS	작동 상태	○	○	○	비정상동작 시 안테나 연결 확인
6	포토센서	작동 상태	○	○	○	비정상동작 시 센서 박스 밑면 청소
7	엔코더	바퀴축 체결상태	○	○	○	비정상동작 시 체결상태 확인
8	통신	서버 연결 상태	○	○	○	비정상동작 시 허브 연결선 확인

라) 주의사항




- 표시된 전원전압 이외의 전압의 사용을 피해 주십시오.
- 전원코드의 가공, 분해, 무리한 구부림 또는 잡아당기지 마십 시오. 또한 가선에 무거운 물건을 올려놓거나 발열체를 피해주십시오. 전원코드가 파손 되면 화재나 감전의 위험이 있습니다.
- 젖은 손으로 전원코드의 플러그를 만지지 마십시오. 감전의 원인이 되는 위험이 있습니다.
- 전원코드는 접지단자를 포함하고 있습니다. 반드시 접지를 실시하여 주십시오. 접지를 하지 않으면 화재나 감전의 원인이 되는 위험이 있습니다.
- 본체의 케이스를 열어 분해, 개조 피해 주십시오.
  내부 회로를 파손시키는 원인이 됩니다.


- 전원 플러그를 뺄 때는 코드를 잡아당겨 빼지 마십시오. 전원 코드가 손상되어 화재나 감전의 원인이 되는 위험이 있습니다.
- 본 장치를 가연성 가스가 있는 곳의 사용은 금해 주십시오. 화재의 원인이 됩니다.
- 장시간 본 장치를 사용하지 않을 때에는 반드시 발전기의 전원을 끄십시오.
- 전원 및 신호용 컨넥터를 연결할 때에는 파손 및 오작동을 방지하기 위해 전원 스위치를 끈 후에 하십시오.
- 상부에 있는 통풍구는 막히지 않게 하십시오.
  이물 또는 절삭칩 등이 들어가지 않게 조심해 주십시오.