[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

1핵심과제 목차

제 1 장 연구개발과제의 개요

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

제 2 장 국내·외 기술개발 현황

제 1 절 국내·외 기술 개발의 환경 변화 ····· 7

제 3 장 연구개발수행 내용 및 결과

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 ····· 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

제 1 절 연구개발 목표의 달성도 ····· 1805

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

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

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

제 7 장 참고문헌 ····· 1859

<표 목차>

[표 1] 시제차량 주요 시험결과 ····· 9
[표 2] 고가궤도식 경전철 건설비 비교 ····· 12
[표 3] 종합시험운행 마스터 스케쥴 ····· 13
[표 4] 시범노선 시설물 검증시험 항목 ····· 14
[표 5] 중저속형 자기부상 열차의 주요 사양 ····· 16
[표 6] 당산 시험선의 주요 사양 ····· 18
[표 7]운영 시나리오 예 - O.C.20 역사 내 화재 식별 ····· 87
[표 8]상세설계검토 후속조치 현황 ····· 101
[표 9]상세설계검토 결과 후속조치 사례 ····· 101
[표 10]사용자 관점의 요구사항 분석 예 ····· 102
[표 11]분야별 규격서 최종 검토 관련 진행 현안 ····· 103
[표 12]검증 요구사항 항목 ····· 105
[표 13]시범노선 열차운행계획 ····· 169
[표 14]리스크 수용기준 ····· 197
[표 15]결과의 심각도 등급 ····· 198
[표 16]전반적 리스크 요구조건 ····· 199
[표 17]리스크 매트릭스 (정성적) ····· 201
[표 18]ALARP를 적용한 리스크 매트릭스 ····· 201
[표 19]안전성 등급 ····· 202
[표 20]서비스 가용도 목표 ····· 213
[표 21]위험한 이벤트의 발생빈도 ····· 216
[표 22]해저드 결과의 분류 ····· 217
[표 23]리스크 매트릭스 ····· 218
[표 24]리스크 수용성 수준 ····· 219
[표 25]1단계 역사간 거리 ····· 221
[표 26]상위수준 시스템 분류 ····· 224
[표 27]1단계 역사간 거리 ····· 238
[표 28]상위수준 시스템 분류 ····· 241
[표 29]해저드 발생빈도 분류 ····· 250
[표 30]해저드 발생결과의 심각도 분류 ····· 251
[표 31]리스크 매트릭스 ····· 251
[표 32]리스크 수준별 관리절차 ····· 252
[표 33]해저드 발생빈도 ····· 266
[표 34]해저드 결과 심각도 ····· 267

[표 35]리스크 등급 ····· 268
[표 36]리스크 평가 ····· 268
[표 37]자기부상 기능시스템 분석 ····· 287
[표 38]열차운행 스케쥴 ····· 293
[표 39]MD횟수(2032년) ····· 293
[표 40]시스템 목표 고장율 ····· 293
[표 41]정량적 요구조건(차량) ····· 296
[표 42]정량적 요구조건(신호) ····· 296
[표 43]정량적 요구조건(분기기) ····· 296
[표 44]정량적 요구조건(전력: 급전 및 제3궤조) ····· 297
[표 45]정량적 요구조건(전력: SCADA) ····· 297
[표 46]정량적 요구조건(전력) ····· 298
[표 47]정량적 요구조건(통신) ····· 299
[표 48]정량적 요구조건(기계:PSD) ····· 300
[표 49]정량적 요구조건(정거장:기계설비류) ····· 300
[표 50]정량적 요구조건(검수설비) ····· 301
[표 51]해저드 목록 ····· 332
[표 52]적용되지 않는 해저드 목록 ····· 334
[표 53]해저드 평가 ····· 336
[표 54]철도시스템 수명주기 단계와 프로젝트 수행 단계 ····· 347
[표 55]수명주기 단계를 반영한 실용화사업 수행단계 ····· 368
[표 56]해저드 발생빈도 분류 ····· 389
[표 57]해저드 발생결과의 심각도 분류 ····· 390
[표 58]리스크 매트릭스 ····· 390
[표 59]리스크 수준별 관리절차 ····· 391
[표 60]시스템과 자기부상시스템 사양비교 ····· 501
[표 61]운행특성 비교 ····· 502
[표 62]운행시나리오에 따른 에너지 소모량 ····· 503
[표 63]초기투자비용 구성 ····· 504
[표 64]자기부상시스템 구성요소의 단위비용 ····· 511
[표 65]총자본비용 ····· 511
[표 66]연간운영비용 ····· 512
[표 67]시스템 유지보수 시나리오 ····· 513
[표 68]시스템 관리에 필요한 소요인원 ····· 515
[표 69]시스템 관리에 요구되는 인건비 ····· 515
[표 70]시스템 운영에 필요한 소요인원 ····· 516

[표 71]시스템 운영에 요구되는 인건비 ····· 516
[표 72]역사운영을 위한 소요인원 ····· 517
[표 73]역사운영에 요구되는 인건비 ····· 517
[표 74]유지보수인력 소요인원 ····· 518
[표 75]유지보수를 위한 인건비 ····· 519
[표 76]매개변수 비용예측 방법의 강약점 ····· 553
[표 77]공학적 산정방법의 강약점 ····· 555
[표 78]유사시스템 산정방법의 강약점 ····· 556
[표 79]공급업자 견적/ROM 방법의 강약점 ····· 556
[표 80]3가지 범주의 주요 데이터 형태 ····· 558
[표 81]차량시스템 Product Based Structure ····· 579
[표 82]중정비용 소요 검수설비 ····· 587
[표 83]주요 검수종류 및 주기 ····· 591
[표 84]국내 전동차의 주요 검수내용 및 방법 ····· 592
[표 85]일상검사항목 ····· 593
[표 86]월상검사 세부항목 ····· 593
[표 87]중간검사 세부항목 ····· 594
[표 88]전반검사 세부항목 ····· 595
[표 89]검사에 사용된 주요 설비 기계, 기구 시험기 등의 능력 및 사양 623
[표 90]검사의 종류와 검사주기 ····· 625
[표 91]일상검사의 일정 계획 ····· 628
[표 92]검사 요원 ····· 628
[표 93]EN50126-3 EMU vehicle tree breakdown chart ····· 634
[표 94]표준전동차 차량시스템 tree breakdown chart ····· 640
[표 95]한국형 경량전철 tree breakdown chart ····· 643
[표 96]PBS 구조의 예 ····· 646
[표 97]EN 50126-1 예방정비정보 DB 구조 항목 및 정의내용 ····· 658
[표 98]EN 50126-1 보수정비정보 DB 구조 항목 및 정의내용 ····· 660
[표 99]UNIFE LCC 글로벌 데이터 항목 및 정의내용 ····· 661
[표 100]UNIFE 예방정비정보 DB 항목 및 정의내용 ····· 663
[표 101]UNIFE 보수정비정보 DB 항목 및 정의내용 ····· 664
[표 102]예방정비작업을 위한 RAM 테이블 ····· 669
[표 103]전동차 3년 검수 세부항목(예) ····· 671
[표 104]전동차 6년 검수 세부항목 ····· 675
[표 105]도시철도 전동차 검수종류 및 주기(예) ····· 675
[표 106]차량사무소 작업별 소요인공 분석, 3Y기준 (예) ····· 676

[표 107]차량사무소 작업별 소요인공 분석, 6Y기준 (예) ····· 677
[표 108]Tc차량의 공정별 소요직종 및 소요시간 분석 예 ····· 678
[표 109]중정비 소요 직종별 시중노임단가(2007.9월 기준) ····· 679
[표 110]보수정비작업을 위한 RAM 테이블 ····· 681
[표 111]검수주기에 따른 수행간주규정[1.5] ····· 683
[표 112]글로벌 데이터 항목 및 조사 내용 ····· 694
[표 113]자기부상열차 완성차 유지보수 비용 계산 결과 ····· 694
[표 114]성능시험 구분에 따른 시험항목 ····· 757
[표 115]철도차량 성능시험인증 및 제작검사 수행절차(안) ····· 769
[표 116]구성품 시험항목코드 및 문서번호 ····· 780
[표 117]시험선 시험항목코드 및 문서번호 ····· 794
[표 118]통합계측시스템의 주요 구성 요소 ····· 803
[표 119]주행시험 ····· 804
[표 120]집전시험 ····· 806
[표 121]유도장애시험 ····· 806
[표 122]보호장치 동작확인시험 ····· 807
[표 123]소음/진동시험 ····· 807
[표 124]지상설비 연계동작시험 ····· 810
[표 125]주요기기 온도 및 상태 측정시험 ····· 810
[표 126]차내외 누설 자속 측정시험 ····· 811
[표 127]소비전력 측정시험 ····· 811
[표 128]비상주행 안전확인시험 ····· 812
[표 129]자기부상열차와 일반철도차량의 구조 비교 ····· 815
[표 130]자기부상열차와 일반철도차량의 성능, 기능 비교 ····· 816
[표 131]경량전철시스템의 관련법령 제·개정방향 ····· 820
[표 132]실용화사업 목표사양 (타당성조사 보고서 기준) ····· 871
[표 133]도시형자기부상철도 건설규칙 적용 시설물 검토 ····· 871
[표 134]국내 철도 유형별 건설관련 법체계 ····· 875
[표 135]국내 철도 관련 건설규칙 적용 시설물 ····· 875
[표 136]도시철도 건설규칙 중 시도지사 위임사항 ····· 876
[표 137]경량전철 시스템 기술개발사업 선로구축물 설계기준 검토사항 · 876
[표 138]철도 차량 안전기준관련 규칙 비교(차량장치) ····· 883
[표 139]철도 차량 안전기준관련 규칙 비교(구조) ····· 884
[표 140]시설안전기준관련 규정 비교 ····· 884
[표 141]도시철도시설안전기준(안) 주요 사항 ····· 885
[표 142]경량전철 성능시험 주요 사항 ····· 893

[표 143]차량 성능시험 항목 ····· 893
[표 144]정부의 도시철도 시설분야 법제화 방향 및 주요 내용 ····· 898
[표 145]도시철도 시설/차량표준 규격 주요 내용 ····· 910
[표 146]철도 용품의 분류 ····· 911
[표 147]일본 AGT 경전철 시설분야 표준규격 항목 ····· 911
[표 148]일본 AGT 경전철 건축한계 표준규격 설정 시 고려 항목 ····· 912
[표 149]일본 AGT 경전철 안내면 치수 표준규격 설정 시 고려 항목 ···· 912
[표 150]선로시설 표준규격 항목 ····· 912
[표 151]도시형 자기부상철도 건설규칙 구성 ····· 915
[표 152]도시형 자기부상철도 건설규칙 중 지방자치단체장 결정 위임항목 ···· 915
[표 153]도시형자기부상철도 선로시설 선형설계 관련 표준규격 요구조건 ····· 918
[표 154]도시형자기부상철도 궤도 관련 표준규격 요구조건 ····· 918
[표 155]도시형자기부상철도 분기기 관련 표준규격 요구조건 ····· 920
[표 156]도시형자기부상열차 주요 구성품 표준규격 요구조건 ····· 923
[표 157]정부의 도시철도 시설분야 법제화 방향 및 주요 내용 ····· 925
[표 158]현행 법체계에서 도시철도 시설분야 구분 ····· 928
[표 159]품질인증요령 대상 용품 ····· 954
[표 160]서브시스템 중 RAMS 수행 대상 ····· 1321
[표 161]서브시스템 RAMS 요구조건 문서 ····· 1321
[표 162]시스템 RAM 시연 단계에서 기관별 역할 ····· 1333
[표 163]열차 해저드 로그 요약 ····· 1337
[표 164]글로벌 데이터 항목 및 조사 내용 ····· 1340
[표 165]시스템의 서비스가용성 목표 ····· 1375
[표 166]시스템 RAM 시연 단계에서 기관별 역할 ····· 1375
[표 167]가이드웨이별 재질과 구조 ····· 1399
[표 168]구간별 주요 주파수 ····· 1404
[표 169]진동모드 계측 결과 ····· 1405
[표 170]진동모드 계측 결과 ····· 1406
[표 171]진동모드 계측 결과 ····· 1409
[표 172]주요 주파수와 감쇠비 ····· 1411
[표 173]Type 별 주요 주파수 ····· 1412
[표 174]품질인증요령(안) 개발 WBS ····· 1436
[표 175]품질인증요령(안) 개발의 연구내용별 달성도 ····· 1437
[표 176]전장품 적용 국내외 표준 ····· 1439
[표 177]자기부상열차의 주요 특징과 반영이 필요한 성능시험 항목 ····· 1446
[표 178]성능시험기준(안) 개발 WBS ····· 1446

[표 179]품질인증요령(안) 개발의 연구내용 및 달성도 ····· 1447
[표 180]1단계 연구성과 반영을 통한 성능시험기준 수정·보완 내용 요약 · 1448
[표 181]운전규칙(안) 개발 WBS ····· 1458
[표 182]운전규칙(안) 개발의 연구내용 및 달성도 ····· 1459
[표 183]운전규칙 개발 관련 수집 및 분석 자료 목록 ····· 1460
[표 184]운전규칙(안) 주요 내용 ····· 1463
[표 185]정밀진단지침(안) 개발 WBS ····· 1467
[표 186]정밀진단지침(안) 개발의 연구내용 및 달성도 ····· 1468
[표 187]도시철도차량 정밀진단지침 주요 개정 내용 및 반영사항 ····· 1470
[표 188]도시형자기부상열차 TPM 관리항목 ····· 1536
[표 189]설계검토 반영 결과 ····· 1540
[표 190]시험선시험 반영 결과 ····· 1540
[표 191]시설물시험 반영 결과 ····· 1541
[표 192]검증요구사항 검토보고서 작성 실적 ····· 1542
[표 193]시험평가 결과 접수 및 DB 반영 결과 ····· 1552
[표 194]사용자 요구사항 분석 결과 ····· 1554
[표 195]사용자별 관심기능 및 기능시나리오 ····· 1554
[표 196]시나리오 카테고라이징(Categorizing) ····· 1556
[표 197]시나리오 실현요건 분석 ····· 1556
[표 198]해저드 주체에 따른 분류 ····· 1570
[표 199]해저드 식별 결과 종합 ····· 1571
[표 200]FMECA 분석 종합 ····· 1572
[표 201]글로벌 데이터 항목 및 조사 내용 ····· 1577
[표 202]차량시스템 장치 별 알람 건수 ····· 1583
[표 203]차량시스템의 고장영향 분석 ····· 1584
[표 204]품질인증요령(안) 개발 WBS ····· 1735
[표 205]품질인증요령(안) 개발의 연구내용별 달성도 ····· 1735
[표 206]자기부상열차 품질인증기준 양산편성 적용 품목 반영 및 주요 검토사항 1738
[표 207]부품의 모듈화에 대한 대상 용품 및 주요 검토사항 ····· 1739
[표 208]고유·신규·일반 용품 장치의 재분류 주요 검토사항 ····· 1740
[표 209]타 시스템 및 일반전동차 적용 가능 용품 검토, 반영 ····· 1742
[표 210]자기부상열차 고유용품에 대한 주요검토 및 반영 내용 ····· 1746
[표 211]품질인증요령 품질시험기준의 자문 대상 기관 ····· 1750
[표 212]자기부상열차 표준규격 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1754
[표 213]자기부상열차 표준규격 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1756
[표 214]자기부상철도 시설표준규격 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1758

[표 215]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1759
[표 216]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1761
[표 217]자기부상열차용품 품질인증요령 품질시험기준 검토의견 및 반영 결과 ····· 1762
[표 218]합동추진반 추진에 따른 전문가 자문 실시 ····· 1764
[표 219]합동추진반 주요 추진 경과 및 내용 ····· 1767
[표 220]자기부상열차 표준규격 및 품질시험기준 철도기술실무위원회 수검 1770
[표 221]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1771
[표 222]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과 ····· 1773
[표 223]정밀진단지침(안) 개발 WBS ····· 1778
[표 224]정밀진단지침(안) 개발의 연구내용 및 달성도 ····· 1779
[표 225]자기부상열차 통합지침서 개발 추진 현황 ····· 1781
[표 226]자기부상열차 규정 및 통합지침서 심의·자문 기관 ····· 1783
[표 227]자기부상열차 통합지침서 전문가 자문 검토의견 및 반영결과 · 1783
[표 228]국외 철도용품 관련규격 현황 ····· 1795
[표 229]철도용품 형식승인 용품 대상(군) ····· 1797
[표 230]철도용품 형식승인 대상 ····· 1797
[표 231]차량분야 형식승인 대상 용품 ····· 1800
[표 232]자기부상열차 차량 고유용품 형식승인 대상 용품 ····· 1801
[표 233]궤도분야 형식승인 대상 용품 ····· 1801
[표 234]자기부상철도 궤도분야 고유용품 형식승인 대상 용품 ····· 1802
[표 235]전차선/전력분야 형식승인 대상 용품 ····· 1802
[표 236]자기부상철도 전차선/전력분야 형식승인 대상 용품 ····· 1803
[표 237]신호통신분야 형식승인 대상 용품 ····· 1803

<그림 목차>

[그림 1]도시형자기부상열차 시제차량 제작과정 ····· 7
[그림 2]도시형자기부상열차 대차단위 정지부상 시험 ····· 8
[그림 3]시험선 시험중인 도시형자기부상열차 시제차량 ····· 8
[그림 4]시범노선 차량 입고 사진 ····· 9
[그림 5]시범노선 종합시험운행 및 차량성능시험 ····· 10
[그림 6]시범노선 조감도 ····· 11
[그림 7]시범노선 역사 조감도 ····· 11
[그림 8]도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 특징 ····· 12
[그림 9]도시형자기부상열차 시범노선 선로구조물 비교 ····· 12
[그림 10]시범노선 완공 사진 ····· 13
[그림 11]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 기공식 ····· 15
[그림 12]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 노선도 ····· 15
[그림 13]북경 도시형 자기부상열차 S1 노선 추정 차량 ····· 16
[그림 14]중국 Tanshang(당산) 도시형 자기부상열차 시험선(1.547km) ···· 18
[그림 15]Cradle Web ····· 40
[그림 16]Dennis M. Buede의 Vee 모델 ····· 59
[그림 17]실용화사업 전주기(7차년도)에서의 '규격추적관리' 활동 ····· 60
[그림 18]요구사항과 규격의 관계 정의 ····· 61
[그림 19]규격의 추적성 관리에 대한 계층적/재귀적 접근방법 ····· 62
[그림 20]본 과제와 타 과제 업무의 협조 체계 ····· 62
[그림 21]본 과제와 타 과제업무의 협조 체계 ····· 63
[그림 22]시스템 요구사항 수립 과정 ····· 64
[그림 23]초기 요구사항 수립을 위한 양방향적 접근 개념 ····· 65
[그림 24]시스템/서브시스템 요구사항 도출 과정 ····· 66
[그림 25]초기 수집된 시스템 요구사항 (요구사항 수집 템플릿) ····· 71
[그림 26]기존 기술문서를 통해 역도출된 시스템 요구사항 사례 ····· 71
[그림 27]요구사항의 계층화 ····· 73
[그림 28]시스템 계층별 요구사항/규격 정의 역할 분담 ····· 74
[그림 29]시스템 요구사항 공청회 후속조치 ····· 78
[그림 30]서브시스템 요구사항 보완 내용 ····· 82
[그림 31]운영개념서 양식 및 작성 방법 ····· 85
[그림 32]ANSI_AIAA G_043_1992 목차 및 내용 ····· 86
[그림 33]통합관제실 관점 운영시나리오(O.C.) ····· 86
[그림 34]고장(실패) 모드 영향 분석 사례 ····· 87

[그림 35]도시형 자기부상열차 실용화사업 운영개념서 ····· 88
[그림 36]시스템/서브시스템 규격서와 각 핵심과제 감리 역할분담 ····· 90
[그림 37]규격서 작성 관련 주요 업무수행 내용 ····· 90
[그림 38]실용화사업의 규격서 체계 구성 ····· 91
[그림 39]상위수준의 시스템 PBS 구축 및 보완/조정 업무 흐름도 ····· 92
[그림 40]PBS 수정・보완 사례 ····· 93
[그림 41]시스템 요구사항에 대한 시범노선 설계기준 검토 사례 ····· 96
[그림 42]실시설계검토 결과 분석 사례 ····· 97
[그림 43]핵심과제 간 협조체계를 통한 서브시스템 규격 수집/모니터링 ·· 97
[그림 44]기능분석 사례-회차 기능 ····· 106
[그림 45]기능흐름도(EFFBD) 사례 - 운행준비(시스템 기동) ····· 107
[그림 46]N2 Diagram 사례 - 운행준비(시스템 기동) ····· 108
[그림 47]기능분석 결과에 의한 규격 추적성 보완 ····· 108
[그림 48]시스템 인터페이스 관리서 작성 개념 ····· 109
[그림 49]요구사항-규격간 추적성 관리시트 ····· 110
[그림 50]상세설계검토(CDR)을 통한 요구사항/규격 보완 개요 ····· 111
[그림 51]“시스템엔지니어링 동향보고서”의 역할 ····· 112
[그림 52]데이터베이스의 설계 쟁점사항 관련 추적검토자료 제공 ····· 122
[그림 53]SEMP에 명시된 리스크 관리 관련 1-1세부과제 역할 ····· 123
[그림 54]2차년도 성과물로 제시된 리스크 식별 및 평가 템플릿 ····· 124
[그림 55]리스크 자료구조 정의 ····· 124
[그림 56]리스크 조회 기능 구현 ····· 125
[그림 57]실용화사업 적용 스키마 ····· 127
[그림 58]요구사항 및 규격 DB에 입력 ····· 128
[그림 59]요구사항 변경내용 입력 화면 ····· 128
[그림 60]Cradle Web Access를 활용한 사용자 인터페이스 환경 제공 ··· 131
[그림 61]규격추적관리 데이터베이스 로그인 화면 ····· 131
[그림 62]데이터베이스 초기 화면 ····· 132
[그림 63]시스템 요구사항 조회 과정 ····· 133
[그림 64]서브시스템 분야별 규격 조회 ····· 133
[그림 65]데이터베이스 내 요구사항 및 규격의 변경이력 조회 화면 ····· 134
[그림 66]각 데이터의 세부사항 확인창을 통해 추적성 조회 ····· 135
[그림 67]List 구조를 통한 추적성 조회 ····· 135
[그림 68]크래들의 문서 자동 출력 개념도 ····· 136
[그림 69]EN50126 Annex B 권고사항 ····· 137
[그림 70]RAMS 관리 조직 ····· 138

[그림 71]RAM 관리 업무 흐름도 ····· 141
[그림 72]Safety 관리 업무 흐름도 ····· 141
[그림 73]시스템 및 서브시스템 RAMS 수명주기 관계 ····· 142
[그림 74]서브시스템 및 컴포넌트 RAMS 수명주기 관계 ····· 144
[그림 75]타당성조사 및 기본계획단계 RAMS 활동 ····· 146
[그림 76]기본/실시설계단계 RAMS 활동 ····· 148
[그림 77]제작단계 RAMS 활동 ····· 152
[그림 78]설치단계 RAMS 활동 ····· 157
[그림 79]시운전단계 RAMS 활동 ····· 159
[그림 80]자기부상 실용화사업 시범노선 ····· 168
[그림 81]시범노선 배선계획 ····· 169
[그림 82]안전성 요구조건에 영향을 미치는 요소 ····· 193
[그림 83]시스템 수명주기 ····· 225
[그림 84]실용화사업 RAM 관리 조직도 ····· 226
[그림 85]시스템 수명주기 ····· 243
[그림 86]실용화사업 안전성 관리 조직도 ····· 244
[그림 87]목표할당 절차 ····· 269
[그림 88]수송계획 분석 ····· 270
[그림 89]고장등급별 열차출발 실패횟수 ····· 291
[그림 90]RAMS 수명주기 ····· 327
[그림 91]단계별 RAM 성과물 및 주체 ····· 329
[그림 92]시스템 수명주기 ····· 361
[그림 93]실용화사업 RAM 관리 조직도 ····· 362
[그림 94]실용화사업 안전성 관리 조직도 ····· 383
[그림 95]PSD 서브시스템 주요구성 ····· 423
[그림 96]PSD 도어 엔진 외관 ····· 425
[그림 97]역 제어 조작 판넬 외관 ····· 425
[그림 98]PSD 1개 유닛의 설치 조감도 ····· 425
[그림 99]비상시 승객대피 ····· 426
[그림 100]안전바 열림키 ····· 426
[그림 101]신뢰도 및 안전성 분석 조직도 ····· 434
[그림 102]RAMS 관리 절차 ····· 436
[그림 103]RAM 관리절차 ····· 437
[그림 104]데이터 베이스화 관리항목 ····· 488
[그림 105]수명주기비용모델의 비용구성요소 ····· 501
[그림 106]도시간 열차운행곡선 ····· 503

[그림 107]열차운행에 필요한 인원 ····· 505
[그림 108]주요시스템 유지보수비용 ····· 505
[그림 109]열차운행비용 ····· 506
[그림 110]연간소요비용 ····· 506
[그림 111]누적수명주기 비교 ····· 507
[그림 112]UNIFE LCC 그룹 내 워킹 그룹 ····· 520
[그림 113]LCC 모델을 사용하는 데 있어 고려할 수 있는 다양한 시점 · 526
[그림 114]UNILIFE 및 UNIDATA의 사용과 사용자 그룹 정의 ····· 529
[그림 115]UNILIFE LCC 모델 구조 ····· 531
[그림 116]일반적인 LCC 예측 프로세스 ····· 542
[그림 117]비용예측 방법론 선택을 위한 4가지 요소 ····· 547
[그림 118]NASA의 비용예측 과정의 개요 ····· 548
[그림 119]RELEX-LCC 비용계층구조 탭(tab) ····· 566
[그림 120]RELEX-LCC 수식에디터탭(tab) ····· 567
[그림 121]RELEX LCC Variable tab ····· 569
[그림 122]RELEX-LCC 변수의 대안탭 ····· 570
[그림 123]RELEX-LCC 변수의 대안값 입력 창 ····· 570
[그림 124]RELEX-LCC 변수의 Time Intervals tab ····· 570
[그림 125]투자비용의 CBS와 계산식 ····· 571
[그림 126]RELEX-LCC 계산옵션선택화면 ····· 573
[그림 127]RELEX-LCC 계산과정 ····· 573
[그림 128]RELEX-LCC 계산결과 ····· 574
[그림 129]투자비 및 연간운영비에 대한 ELEX-LCC 계산결과 ····· 574
[그림 130]자기부상시스템 구성요소 ····· 576
[그림 131]경정비 작업 흐름도 ····· 586
[그림 132]중정비 작업 흐름도 ····· 587
[그림 133]도시철도차량 유지보수체계 정보화시스템 구성도 ····· 602
[그림 134]도시철도 시설물 유지보수체계 정보화시스템 구성도 ····· 608
[그림 135]차량 유지보수 근대화 계획 ····· 611
[그림 136]신보전 체계 ····· 613
[그림 137]차량 관리 시스템 ····· 615
[그림 138]검수장의 개요도 ····· 620
[그림 139]효과적인 보수정비 체계(J.W. Langford) ····· 630
[그림 140]EN50126-3 EMU vehicle 기능 블록도 ····· 633
[그림 141]표준전동차 시스템 기능 블록도 ····· 639
[그림 142]한국형 경량전철 시스템 기능 블록도 ····· 642

[그림 143]Transrapid 자기부상열차 시스템의 PBS 구조 ····· 647
[그림 144]시험궤도 상의 TR08 ····· 648
[그림 145]차량 시스템 PBS 구조 ····· 649
[그림 146]차체 시스템 구조 ····· 650
[그림 147]자기 착륙장치 시스템 구조 ····· 650
[그림 148]와류 제동기 시스템 구조 ····· 650
[그림 149]차체 에너지 공급 시스템 구조 ····· 651
[그림 150]차체조종과 차량진단 시스템 구조 ····· 651
[그림 151]차량 내 운행기술 시스템 구조 ····· 651
[그림 152]RAM과 LCC의 연계성(IEC 60300-3-3[1.2]) ····· 654
[그림 153]철도운영사 차량기지 운영 예 ····· 655
[그림 154]예방정비를 위한 유지보수 시나리오 예 ····· 656
[그림 155]보수정비를 위한 유지보수 시나리오 예 ····· 657
[그림 156]EN50126-1에서 제안한 예방정비 정보 DB 구조 ····· 657
[그림 157]EN50126-1 보수정비정보 DB 구조 ····· 659
[그림 158]UNIFE 예방정비 정보 DB 템플릿 ····· 662
[그림 159]UNIFE 보수정비 정보 DB 템플릿 ····· 662
[그림 160]도시철도차량 중정비업무 공정흐름도 (예) ····· 670
[그림 161]RAM 시트와 연계한 예방정비활동 인건비 계산을 위한 CBS 구축 · 683
[그림 162]RAM 시트와 연계한 예방정비활동 재료비 계산을 위한 CBS 구축 · 684
[그림 163]RAM 시트와 연계한 보수정비활동 인건비 계산을 위한 CBS 구축 · 686
[그림 164]RAM 시트와 연계한 보수정비활동 재료비 계산을 위한 CBS 구축 · 687
[그림 165]예방정비정보 DB 템플릿(안) ····· 689
[그림 166]보수정비정보 DB 템플릿(안) ····· 691
[그림 167]자기부상열차 완성차 유지보수 비용 분포 ····· 695
[그림 168]자기부상열차 완성차 각 장치별 유지보수 비용 분포 ····· 696
[그림 169]수명주기비용 예측 소프트웨어 흐름도 ····· 699
[그림 170]수명주기비용 예측 소프트웨어 기능블럭도 ····· 700
[그림 171]차량시스템을 위한 데이터베이스 테이블 연결관계 구성도 ····· 701
[그림 172]MDI 환경에서의 DB 관리 ····· 702
[그림 173]시스템 DB를 위한 필드연계관계 ····· 703
[그림 174]사용자 DB를 위한 필드연계관계 ····· 704
[그림 175]해석정보 입력화면(안) ····· 705
[그림 176]시스템정보 입력화면(안) ····· 706
[그림 177]운영시나리오 입력화면(안) ····· 707
[그림 178]비용계층구조 관리 프로세스 ····· 708

[그림 179]비용계층구조 ····· 708
[그림 180]비용계층구조 선택을 위한 다이얼로그 박스 ····· 709
[그림 181]예비품 수량 예측을 위한 다이얼로그 박스 ····· 710
[그림 182]장비구입비용 예측을 위한 다이얼로그 박스 ····· 711
[그림 183]예방정비비용 예측을 위한 다이얼로그 박스 ····· 714
[그림 184]고장정비비용 예측을 위한 다이얼로그 박스 ····· 718
[그림 185]예방정비비용 계산 프로세스 ····· 720
[그림 186]고장정비비용 계산 프로세스 ····· 721
[그림 187]화면메뉴 구성도 ····· 724
[그림 188]소프트웨어 개발 과정 ····· 765
[그림 189]도시형 자기부상열차실용화 사업의 시험평가・인증 ····· 768
[그림 190]도시형 자기부상열차 기관별 업무 및 시험평가/인증체계도 ···· 770
[그림 191]유럽 철도분야 규격 수명 주기 모델 ····· 773
[그림 192]일반적인 시스템 개발 수명주기 ····· 773
[그림 193]제3자 안전성 평가 단계 ····· 775
[그림 194]한국의 자기부상열차 프로젝트 Life cycle 모델 및 단계별 과정 ····· 777
[그림 195]안전성 평가 접근법 ····· 777
[그림 196]평가의 주요 관점 ····· 778
[그림 197]안전성 평가법 ····· 779
[그림 198]차체 지지방법(4대차 방식) ····· 781
[그림 199]시험하중 부하방법 ····· 781
[그림 200]수직하중시험 ····· 782
[그림 201]전후하중시험 ····· 783
[그림 202]좌우하중시험 ····· 783
[그림 203]추진전동기하중시험 ····· 783
[그림 204]제동하중시험 ····· 784
[그림 205]좌우동스톱퍼하중시험 ····· 784
[그림 206]낙하하중시험 ····· 784
[그림 207]흡착하중시험 ····· 785
[그림 208]시험선로 노선도 ····· 794
[그림 209]상하/횡방향 계측점 ····· 797
[그림 210]문서의 개념적 구조 ····· 799
[그림 211]통합계측시스템 구성도 ····· 812
[그림 212]자기부상열차 관련법령 법제화 연구추진도 ····· 813
[그림 213]자기부상열차와 일반열차의 비교 ····· 814
[그림 214]자기부상열차 법제화를 위한 개정부분 ····· 816

[그림 215]자기부상열차의 부상/추진시스템 구성도 ····· 817
[그림 216]리니어 모터에 의한 추진 ····· 817
[그림 217]자기부상열차의 주행대차 ····· 818
[그림 218]가선시스템 ····· 819
[그림 219]가이드레일 ····· 819
[그림 220]차량운행속도별 자기부상열차의 실용화 ····· 819
[그림 221]국내 철도의 분류와 관련법 ····· 820
[그림 222]일본 철도의 분류와 관련법 ····· 821
[그림 223]독일 철도의 분류와 관련법 ····· 822
[그림 224]자기부상열차 관련법령 분류방안 ····· 823
[그림 225]자기부상열차(좌)와 일반 차륜식 철도차량(우) 비교 ····· 872
[그림 226]건설규칙의 구조 및 세부조항구성 ····· 878
[그림 227]건설규칙 법안의 구성 ····· 880
[그림 228]안전기준의 구조 및 세부조항구성 ····· 887
[그림 229]안전기준 법안의 구성 ····· 890
[그림 230]성능시험기준의 구성 및 세부시험 항목 ····· 900
[그림 231]구성품 시험의 구성 ····· 901
[그림 232]차체시험 항목 ····· 902
[그림 233]대차시험 항목 ····· 903
[그림 234]추진장치시험 항목 ····· 904
[그림 235]부상장치시험 항목 ····· 905
[그림 236]보조전원장치시험 항목 ····· 906
[그림 237]신호보안장치시험 항목 ····· 907
[그림 238]종합제어장치시험 항목 ····· 907
[그림 239]완성차 시험의 구성 ····· 908
[그림 240]본선시운전 시험의 구성 ····· 909
[그림 241]표준규격의 구성 및 주요항목 ····· 930
[그림 242]차량분야 표준규격의 주요 항목 구성 ····· 931
[그림 243]선로시설 표준규격의 주요 항목 구성 ····· 934
[그림 244]신호 및 열차제어설비 표준규격의 주요 항목 구성 ····· 935
[그림 245]전력시설 표준규격의 주요 항목 구성 ····· 938
[그림 246]법령 및 기준의 적용 시기와 강제성 ····· 941
[그림 247]상세설계검토(CDR) 템플릿 ····· 1264
[그림 248]도시형자기부상열차 상세설계검토(CDR) Process ····· 1265
[그림 249]도시형 자기부상열차 실용화사업 시험평가 ····· 1390
[그림 250]통합계측시스템 전체 구성도 ····· 1397

[그림 251]5종 가이드웨이 위치 ····· 1399
[그림 252]측정 장치의 구성 ····· 1400
[그림 253]측정 모습 ····· 1400
[그림 254]#1 3-1과제 거더의 처짐 및 온도 측정값 ····· 1400
[그림 255]#2 기존 PC 거더의 처짐 및 온도 측정값 ····· 1401
[그림 256]#3 기존 Steel 거더의 처짐 및 온도 측정값 ····· 1401
[그림 257]온도증가 시 변형 모습 ····· 1402
[그림 258]측정 모습 ····· 1402
[그림 259]측정 경간의 위치 ····· 1403
[그림 260]해당구간 레일의 삽입체 ····· 1403
[그림 261]레일의 구간별 위치선정과 측정 전구간의 주파수 별 응답 ··· 1404
[그림 262]기계연 설치 이전 분기기 모습 ····· 1405
[그림 263]기계연에 설치된 분기기 모습 ····· 1406
[그림 264]측정대상 유간장치 구간 위치 ····· 1410
[그림 265]5종 가이드웨이 위치 ····· 1411
[그림 266]시험 방법 및 센서의 위치 ····· 1411
[그림 267]시험결과 비교 ····· 1413
[그림 268]품질인증 대상 선정(안) ····· 1438
[그림 269]자기부상열차 성능시험기준 항목 구성도 ····· 1445
[그림 270]자기부상철도 운전규칙의 구성과 신규 내용 ····· 1457
[그림 271]자기부상열차 정밀진단지침과 신규 내용 ····· 1467
[그림 272]검증요구사항 검증현황 관리체계 ····· 1532
[그림 273]검증결과 수집/관리/보고체계 ····· 1533
[그림 274]인터페이스 관리항목 검증체계 ····· 1535
[그림 275]TPM 관리항목에 대한 각 기관별 역할 ····· 1537
[그림 276]TPM 관리항목 검증체계 ····· 1538
[그림 277]검증요구사항 검증현황보고서 예시 ····· 1540
[그림 278]시스템요구사항 관리체계 추적성 검증결과 ····· 1544
[그림 279]시스템요구사항 달성도 검증결과 ····· 1545
[그림 280]시스템요구사항 추적관리 보고서 작성 목록 ····· 1546
[그림 281]도시형자기부상열차 요구사항 관리DB 구축 이력 ····· 1549
[그림 282]요구사항 관리 DB 추적성 수정 예시 ····· 1553
[그림 283]사용자 중심의 DB 설계 프로세스 ····· 1558
[그림 284]사용자 중심의 DB 설계(안) ····· 1559
[그림 285]mysql을 이용한 DB 구성 ····· 1560
[그림 286]DB 구현결과 1 ····· 1560

[그림 287]DB 구현결과 2 ····· 1561
[그림 288]DB 구현결과 3 ····· 1561
[그림 289]DB 구현결과 4 ····· 1562
[그림 290]DB 구현결과 5 ····· 1562
[그림 291]DB 구현결과 6 ····· 1563
[그림 292]DB 구현결과 7 ····· 1563
[그림 293]DB 구현결과 8 ····· 1564
[그림 294]SE 활동결과 및 관련자료 추적성 구축현황 ····· 1565
[그림 295]PSD 해저드 ····· 1569
[그림 296]양방향 무선 통신 ····· 1570
[그림 297]시저스 분기기 ····· 1570
[그림 298]Global data (초기 구입비용) ····· 1575
[그림 299]예방보수 data ····· 1575
[그림 300]LCC 계산 결과 (10년 추이, 침목 연간정비횟수 0.05) ····· 1576
[그림 301]LCC 계산 결과 (10년 추이, 침목 연간정비횟수 0.1) ····· 1576
[그림 302]연간유지보수비용 예 ····· 1580
[그림 303]각 시스템별 유지보수비용 비교 ····· 1581
[그림 304]화면 설계 1 ····· 1586
[그림 305]화면 설계 2 ····· 1586
[그림 306]개념도 ····· 1587
[그림 307]기능 구성도 ····· 1587
[그림 308]LCC S/W 프로세스 흐름도 ····· 1697
[그림 309]소프트웨어 기능블럭도 ····· 1698
[그림 310]총수명주기비용 구성도 ····· 1699
[그림 311]LCC 소프트웨어 주요 모듈 구성도 ····· 1704
[그림 312]자기부상열차 품질인증요령 대상 용품 선정 ····· 1737
[그림 313]자기부상열차 법제화 추진 내용 및 자기부상열차 통합지침서 개발 계획 1780
[그림 314]자기부상열차 통합지침서 구성 ····· 1780
[그림 315]개정 전 철도안전법 체계 ····· 1789
[그림 316]개정 전 도시철도법 체계 ····· 1789
[그림 317]개정 후 철도안전법 체계 ····· 1790
[그림 318]철도기술기준의 체계(안) ····· 1793
[그림 319]범유럽 정부주도 인증체계 개념 및 궤도 분야 EN 규격의 예1794
[그림 320]일본의 철도시스템 성능검증 체계 ····· 1795
[그림 321]국외 철도용품 성능인증 수행주체 및 역할 분담 ····· 1796
[그림 322]철도안전법 형식승인제도 관련 현재 추진 중인 연구 내용 ··· 1799

제3장 연구개발수행내용 및 결과

제2절 단계별 세부연구내용

2. 2단계 세부연구내용

2. 2단계 세부연구내용

[1-0과제]

가. I/F 관리를 통한 실용화사업 총괄 및 시스템 통합 지원

(1) 개요

- "인터페이스 관리를 통한 실용화사업 총괄 및 시스템 통합 지원"의 연구목표 달성을 위한 세부연구 내용을 ①사업단과 업무회의, ②인터페이스 조정회의, ③인터페이스 모니터링 및 관리, ④핵심과제간 쟁점 인터페이스 조정 및 ⑤현안검토/보고로 계획하고 연구 수행
- 실용화 사업에 SE가 실질적으로 적용될 수 있도록 관리
- 각 핵심과의 기술적 I/F 통합과 연계를 통해 자기부상열차 실용화사업에 맞는 선례개발 및 관리를 통해 시스템통합 수행
- 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP) 개정

연구내용	세부내용		개요	산출물
인터페이스 관리를 통한 실용화사업 총괄 및 시스템 통합 지원	1	사업단과 업무회의	각종 현안에 대해 사업단과 협의	-회의록
	2	인터페이스조정회의	4차년도 1/4분기에 인터페이스조정회의(사업단 주관, 1핵심 지원) 실시를 통한 전체 과제 간의 신규 인터페이스 입력 및 출력 사항 사전 도출 및 Workshop을 통한 이견 사항 조정	-인터페이스 현황
	3	I/F 모니터링 및 관리	4차년도 전반에 걸친 타 시스템간의 I/F 모니터링 실시 각 핵심과제 공정회의, 인터페이스 조정회의 등 주최 및 참석을 통한 인터페이스 수집 및 관리	-인터페이스 점검 회의록
	4	핵심과제간 쟁점 I/F 조정	핵심간의 조정이 필요한 쟁점사항에 대한 조정 및 협의	-관련자료 4건
	5	현안 검토/보고	사업추진방향의 합리적 설정과 추진에 필요한 선행적 역할의 수행(사업단 차원의 결정이 필요한 사안에 대한 검토 및 사업단 보고) 도시철도 및 경량전철 분야 관련 법 제/개정 내용 검토 및 도시형 자기부상열차 법규 개발 방향과 일관성(연계성) 유지	-검토서/보고서

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(4차년도)												달성도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
인터페이스 관리를 통한 실용화사업 총괄 및 시스템 통합 지원													
1.사업단과 업무회의 (주간 단위 실시)	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
2.인터페이스조정회의	·····	·····	·····										100%
	———	———	———										
3.I/F 모니터링 및 관리 (격주 단위)	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
4.핵심과제간 쟁점 I/F 조정	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
5.현안 검토/보고 (필요시/요청시)	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	

····· 당초계획

——— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 사업단과 업무회의

1) 개요

- 시스템 엔지니어링 및 유관업무의 통합관리와 사업단과의 사업관리업무의 효과적인 상호 협의 수행

2) 신호 및 열차제어시스템과 차량과의 인터페이스

가) 개요 및 목적

- 신호 및 열차제어시스템 구매설치 계약자 선정에 따라, 차상신호설비(3핵심)와 차량(2핵심)의 인터페이스 해소를 위한 방안 개발 필요
- 차량의 경우 시제차량 제작이 선 진행되고 있으므로 후속으로 진행되는 차상장치와의 설치 공간, 정보 송수신 방안 등의 조속한 결정/해결을 위한 특단의 방안 필요

나) 추진 경과

① 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.6.26

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 3핵심이 제안한 신호 및 열차제어시스템과 차량과의 인터페이스 해결을 위한 협의체 구성(안)에 대해 협의
- SEMP에 규정된 방안(기본적으로 인터페이스는 당사자 간에 1차 협의를 실시하고, 미해결 쟁점 사항에 대해 1핵심 조정-> 사업단 조정) 우선 검토
- 별도의 협의체를 구성하는 방향(3핵심 제안안) 검토

○ 결론 및 특기사항 :

- 6월 30일 사업단장-핵심과제책임자회의 시에 협의(안건은 사업단에서 상정) 결정

다) 문제점

- 신호 및 열차제어시스템의 제작설계 확정에 필수적인 폐색설계를 위한 차량관련 입력 데이터(제동 공주시간 등)의 제공 가능 일정 등 공정 리스크 발생 가능
- 초도 편성 제작 시 차상신호 설비 공급 업체 미결정으로 상호 통신 방안, 설치 공간 등 근본적인 문제 발생 가능

라) 결론 및 특기 사항

- 사업단장-핵심책임자회의에서 별도의 협의체 인 "차량-신호분야 간 인터페이스 협의체" 구성으로 결정
- 사업단 주관/1핵심 지원 체계 유지하는 협의체 운영 방안 확정

1. 목적

본「도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 차량-신호분야 인터페이스 협의체(이하 "인터페이스 협의체"라 한다)」는 "도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 열차제어시스템 구매·설치 사업"의 열차제어시스템(차상 및 지상신호시스템)과 차량시스템간의 원활한 인터페이스를 위하여 인터페이스 방법과 내용 등을 협의·결정하는데 있다

2. 구성

가. 인터페이스 협의체는 본위원회와 실무위원회로 구성한다

나. 본위원회는 다음 각호의 위원으로 구성한다

1) 사업단 : 단장(위원장), 사무국장, 기술팀장
2) 1핵심과제 : 연구책임자
3) 2핵심과제 : 연구책임자
4) 3핵심과제 : 연구책임자

다. 실무위원회는 다음 각 호의 위원으로 구성한다

1) 사업단 : 사무국장(위원장), 기술팀장
2) 1핵심과제 : 실무담당자(간사)
3) 2핵심과제 : 실무담당자
4) 3핵심과제 : 실무담당자
5) 신호시스템 공급자 : 사업책임 기술자 및 실무담당자

3. 업무

가. 본 위원회에서는 다음 각호의 업무를 수행한다.

1) 실무위원회에서 결정하지 못한 인터페이스 사항
2) 기타 인터페이스와 관련하여 중요하다고 위원장이 판단하는 사항 또는 전문기관에서 요청한 사항

나. 실무위원회에서는 다음 각호의 업무를 수행한다.

1) 2핵심 또는 3핵심과제에서 요청한 인터페이스 사항에 대한 검토 및 결정
2) 실무위원회에서 결정하지 못한 인터페이스 사항에 대한 본위원회 상정
3) 기타 인터페이스와 관련하여 본위원회 위원장이 요청한 사항

4. 인터페이스 협의체 운영기간

가. 설계 및 제작관련 인터페이스 협의체 운영기간은 '09년 8월 6일부터 '10년 5월까지로 한다.

나. 설치, 시험 및 시운전 관련 인터페이스 협의체 운영기간은 사업추진 일정에 따라 추후 정한다.

5. 회의개최

가. 회의는 정기회의와 수시회의로 구분하여 개최한다

나. 본위원회의 정기회의는 매분기 마지막달 사업단장-핵심책임자 회의와 연계하여 개최하고, 수시회의는 실무위원회의 요청이 있을 때 개최한다

다. 실무위원회의 정기회의는 매월 셋째주 목요일(공휴일인 경우 익일)에 개최하고 수시회의는 본위원회 위원장 또는 실무위원회 위원의 요청이 있을 때 개최한다

라. 실무위원회 회의장소는 위원장이 결정한다.

마. 정기회의 개최일자는 위원장이 필요하다고 판단된때에는 변경할 수 있다

바. 실무위원회 위원이 회의개최를 요청하고자 할 때에는 별지 1 서식의 인터페이스 요청사항을 작성하여 실무위원이 소속된 기관의 장(구매·설치계약자의 경우 제3핵심과제)의 명의의 문서로 요청하여야 한다

6. 의사결정

가. 인터페이스 사항에 대한 의사결정은 인터페이스와 직접적으로 관련된 해당기관 소속 위원 참석 및 참석위원 전원 합의에 의해 결정하는 것을 원칙으로 한다.

나. 각 위원은 해당 인터페이스 사항을 검토함에 있어 실용화 사업의 목표 달성을 위해 신의 성실의 원칙에 따라야 한다

다. 인터페이스 관련 해당 기관은 기술유출로 인한 명백한 피해우려 등 불가피하거나 정당한 사유 없이 기관 상호간 합의가 이루어 지지 않을 경우에는 실무위원장이 조정안을 권고할 수 있다. 다만, 실무위원장의 조정안을 수락하지 않을 경우 본위원회에 상정한다.

라. 본위원회에서 인터페이스 관련 해당위원 상호간 합의가 이루어 지지 않을 경우에는 본위원회 위원장의 조정안을 수락하여야 한다.

마. 위원장이 조정안을 제시할 경우에는 다음 각호 사항을 고려해야 한다.

1) 기술적으로 해결이 쉬운 방안 고려
2) 비용이 적게드는 방안 고려
3) 사업기간을 단축할 수 있는 방안 고려 등

7. 인터페이스 항목

가. 인터페이스 항목은 차량(2핵심 과제)과 열차제어시스템(3핵심 과제)간의 상호 협의가 필요한 기술적인 사항으로서 다음 각호와 같다

1) 차상신호장치 설치에 관한 사항
2) 차량 및 신호시스템 상호 프로토콜에 관한 사항
3) 차량 및 신호시스템의 제작일정에 관한 사항
4) 시험 및 시운전에 관한 사항
5) 기타 기술적으로 필요한 사항 등

- 3차에 걸쳐 협의체 회의를 실시하였으며, 세부 기술사항에 대해서는 기술 실무 회의를 통해 협의하고 쟁점사항 발생 시 협의체 회의를 소집키로 하여, 설치 공간, 통신 방안, 제동공주시간 등 대부분의 이견 사항은

해소되었으며, 쟁점사항 미발생으로 현재까지 별도 협의체 회의 소집은 없었음

3) RAMS 수행방안

가) 개요 및 목적

- 도시형자기부상철도 시스템의 RAMS 수행 서브시스템 범위에 대해 1핵심과 3핵심 간에 이견 발생으로 수행범위 확정 필요
- 1핵심은 차량, 전력, 신호, 통신, PSD, 분기기 등 E&M 전체에 대해 수행
- 3핵심은 차량, 신호, PSD 및 분기기는 1핵심과 의견을 같이하나, 전력 및 통신은 국내 관련 분야의 RAMS 인프라 등을 감안하여 특정 부분에 대해 실시로 1핵심과 이견

나) 추진 경과

① 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.6.26

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 수행범위 확정을 위한 합당한 근거 준비 필요
- 1핵심 입장에서는 국내 철도/도시철도분야의 RAMS 인프라 현황을 반영한 범위 이외에는 타당한 근거를 제시하기 어려움
- 3핵심 입장에서도 상기 이외의 합당한 근거 제시가 어려움
- 3핵심 RAMS 수행방안 중 1-2과제 지원 요청 사항에 대해서는 1-2과제 책임자가 동 회의에 참석하여 의견 개진토록 추진.

○ 결론 및 특기사항 :

- 구체적인 근거 마련에 대해서는 추가 검토 필요

② 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.6.29

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 구체적인 근거 마련을 위해 국외 사례 조사, 전문가 자문 검토 필요

- 3핵심에서 1-2과제에 요청한 사항 중 예산 산출 근거는 1핵심에서 TUV & Lioyd의 견적서를 3핵심에 제공하며, 나머지 항목에 대해서는 1-2과제 책임자가 사업단장-핵심과제책임자회의에 참석하여 직접 설명토록 조치.

○ 결론 및 특기사항 :

- 국외 사례 조사, 전문가 자문 검토 필요

③ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.7.9

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 1-2세부과제의 원활한 연구 수행을 위해 RAMS 수행 범위 조속 확정 요청

○ 결론 및 특기사항 :

- 사업단에서 RAMS 수행범위의 근거 마련 방법으로 전문가 자문회의 검토 중

④ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.7.13

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 사업단장-핵심과제책임자 회의('09.6.30) 후속 조치로 제시된 1핵심의 RAMS 수행범위 검토 의견은 주관적인 사항이 많아, 그대로 RAMS 수행 범위를 확정하기에는 무리가 있음.
- 1-2세부과제에서 제시한 검토의견은 어느 정도 객관성이 있다고 판단되나, 본 실용화사업에 참여하고 있는 이해 당사자의 입장에서 판단한 사항이므로, 이해당사자가 아닌 철도/도시철도 및 RAMS를 전반적으로 이해하고 있는 전문가의 개별 접촉을 통한 객관적인 검토 필요.

○ 결론 및 특기사항 :

- 사업단에서 철도/도시철도 및 RAMS를 전반적으로 이해하고 있는 전문가에게 의견 요청 예정.

⑤ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.8.17
○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실
○ 주요 내용 :
- 자문회의 시 현재까지의 경과 사항을 간략히 설명하는 방안 검토 필요.
- 자문위원은 연구기관 1명, 도시철도공사 1명, 신뢰성 센터 1명, 학계 1명 등으로 검토 중.
○ 결론 및 특기사항 :
- 전문가 자문회의는 사업단 주관으로 시행 예정.

⑥ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의
○ 일시 : '09.8.18
○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실
○ 주요 내용 :
- 전문가 자문회의의 자문위원(안)은 철도연 신덕호박사, 도시철도공사 서석철팀장, 신뢰성센터 이우준사장, 용인경전철(주) 김진부장, 메트로9호선(주) 정종삼부장 또는 고영호부장 등 6명으로 예상.
- 수행범위관련 경과사항 설명(사업단장) 예정.
- 전체 시스템에 대해 RAMS 수행시 현실적인 어려움 설명(3핵심) 여부는 기술팀장이 3핵심과 별도 협의 예정.
- 우리사업의 RAMS 모델 및 sub system RAMS 요구사항 설명(1-2과제) 필요 여부 검토 예정.
- 수행범위 자문 양식 별도 준비 필요.
- 자문위원에게 제시될 질문(안) 작성 검토.
○ 결론 및 특기사항 :
- 전문가 자문회의는 사업단 주관으로 시행 예정.

⑦ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의
○ 일시 : '09.9.10
○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실
○ 주요 내용 :
- 참석대상은 사업단, 1-0, 2-0, 1-2과제이며, SIL관련 내용이 거론될 가능성에 대한 준비 필요성 있음.

- 20분 정도 사업 소개를 진행할 예정이며, RAMS 수행의 목표를 열차운영을 위한 RAMS 및 국외 수출을 위한 RAMS로 한정하여 수행 범위를 산정하는 방향으로 설명 예정.
- 건축은 PSD 이외는 기 발주 RFP가 작성되어 있으므로 검토 대상에서 제외할 예정.
- 전기 및 통신에 대한 범위 산정 위주로 진행 예정.

○ 결론 및 특기사항 :

- 전문가 자문회의는 9월 14일 14시에 개최할 예정.

⑧ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.9.15

○ 장소 : 한국기계연구원 연구5동 회의실

○ 주요 내용 :

- 자문의견의 주요 사항은 전력 및 통신 분야의 하부 시스템에 대한 예비위험원 분석(PHA)를 실시하여, 우리사업에 적용할 RAMS 분야를 정량적으로 분석하여 결정 필요.
- 이를 위해 사업단에서 자문의견 전문을 작성하여, 1핵심으로 송부하고, 1핵심에서는 이를 1-2세부과제에 전달하여, 1-2세부 과제에서 조치 가능한 Action 사항을 협의/확인함.
- 협의/확인에 따라, 1-2세부과제에서 전력/통신 분야의 하부 시스템에 대한 PHA에 의한 정량적 수치가 제시될 경우 이를 근거로 적용범위를 확정하여 사업단에서 3핵심에 공문으로 통보함.
- 범위 확정 지연은 1-2과제의 연구 일정을 고려하면 시급한 사항이지만, 3핵심의 경우 실시설계 완료 후 자재 구매 설치 공고 시까지는 시간적 여유가 있는 것으로 판단됨.

○ 결론 및 특기사항 :

- RAMS 전문가 자문회의 후속 정리 필요

⑨ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.9.16

○ 장소 : 도시형자기부상열차실용화사업단 회의실

○ 주요 내용 :

- 자문의견 : 전력 및 통신분야의 하부 시스템(level 2 수준)에 대한 예비위험원분석(PHA)를 실시(정량적으로 분석)하여, 도시형자기부상열차실용화사업에 적용할 RAMS 분야를 결정 필요
- 1-2과제 요청 사항 : 전문가 자문의견을 사업단에서 정리하여, 1핵심을 경유하여 1-2세부과제에 전달하고, 1-2세부과제에서 전력 및 통신분야에 대한 하부시스템 레벨의 PHA 수행을 통한 정량적 분석 수치 제시를 요청
- 1-2과제 의견 : 전체 시스템 레벨에서의 PHA는 1단계에서 수행하였으나, 자문의견과 같이 개별(전력 & 통신) 시스템의 하부시스템레벨(level 2)의 PHA 수행은 1-2세부과제 범위를 벗어나므로 1핵심 또는 사업단 등에서 필요하다면 별도 용역 시행 요망
- 전체 시스템 레벨의 PHA는 1-2세부과제에서 1단계에서 수행하였으나, 개별 시스템의 하위시스템 레벨(레벨 2)의 PHA를 수행하기 위해서는 해당분야의 전문가 참석이 필수적이며, 이는 1-2세부과제 단독으로 수행하기에는 어려움이 있는 것으로 판단되며, 개별시스템의 설계사/공급사에서 RAMS 전문 컨설팅을 통해 수행하여야 할 사항으로 판단됨
- 레벨 2 수준의 PHA/HA는 개별시스템 공급사/설계사의 Scope으로 판단됨
- 그러므로, 자문의견에 따라 레벨 2 수준의 PHA/HA를 수행 한다면 3핵심과제에서 별도 용역을 수행하는 것이 타당하다고 판단되나, 이는 전력의 전차선 및 통신의 주전송설비 이외에는 RAMS를 수행하지 않겠다는 3핵심 과제에 추가 임무를 부여하는 것이므로 설득에 어려움이 예상됨
- 향후 계획(1안) : 1-2세부과제에서 기제시한 수행범위에 대한 보고서 내용을 일부 보완(보다 정량적으로 표현)하여, 이를 자문의견으로 제시된 PHA 분석으로 대체하여 RAMS 범위를 사업단에서 확정
- 향후 계획(2안) : 전력 및 통신분야에 대한 PHA를 3핵심에서 별도 용역으로 시행하고 용역 결과를 근거로 RAMS 수행범위를 사업단에서 확정
- 향후 계획(3안) : 현실적으로 레벨 2 수준의 PHA 수행이 어렵다면, 전력 및 통신분야 전체에 대해 RAMS를 수행할 것을 사업단에서 3핵심에 공문으로 요청

○ 결론 및 특기사항 :

- 1안, 2안, 3안을 사업단에서 추가 검토 후 구체적인 방향 수립 예정

다) 문제점

- RAMS 수행범위 확정 지연으로 인해 1-2세부과제의 연구 수행에 악영향 가능

라) 결론 및 특기 사항

- RAMS수행의 필요성, 국내 RAMS 수행 현황, 해외 RAMS 수행 현황, 경쟁 시스템 RAMS 수행현황, 국내철도산업 RAMS 인프라 현황 등을 검토하여 RAMS 수행 범위에 대한 1핵심안을 작성하여 사업단에 보고
- 전문가 자문회의 결과, 1핵심의견 및 3핵심의견과 국내외 관련 현황 및 도시형자기부상철도 시스템의 국외 수출 시장 개척 등의 다각적인 내용을 종합하여 사업단에서 수행범위 결정('10.3.19일) [차량(전체), 신호(전체), 노반(분기기), 건축(PSD), 전력(제3궤조), 통신(양방향 무선 통신 설비)에 대해 수행]
- 문제점으로 기술된 RAMS 수행범위 확정 지연에 따른 1-2세부과제 관련 연구 일정은 1-2과제에서 자체 조정 수행할 수 있도록 지원함

4) 성능시험방안

가) 개요 및 목적

- 도시형자기부상열차의 특성을 고려한 성능시험실시 방안 모색 필요

나) 추진 경과

① 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.6.26

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 현재 성능시험자는 지정되어 있지 않으나, 성능시험자 지정에 따른 변수를 고려하면, 성능시험 방안에 대한 경우의 수가 많아 구체적인 안 작성에 문제가 있으므로, 기계연이 성능시험자 자격 취득이 확실시 되고 있는 점을 감안하여, "도시형자기부상열차의 성능시험자는 한국기계연구원으로 지정"을 대전제로 하여 성능시험 방안 도출 필요.
- 초도 편성의 경우는 영업 노선에 투입되지 않는 연구 개발용이므로 법적

으로 성능시험자에 의한 시험이 불필요하고, 1-3과제에 책정된 성능시험 관련 예산도 3편성 분이므로 초도편성에 대한 성능시험자에 의한 시험 실시 여부 판단 필요(1-3과제에서 근거 자료 준비). 초도편성 성능시험 미실시 시는 현재 거론되고 있는 소급적용에 대한 우려는 불식 가능.

- 이를 전제로 1-3과제에서 성능시험에 대한 총체적(개괄적) 방안을 작성.

○ 결론 및 특기사항 :

- 1-3과제에서 개괄적 성능시험 방안을 6월 29일 한 작성하여 사업단에 보고.
- 사업단은 6월 30일 사업단장-핵심과제책임자회의 전에 2핵심과 별도 협의를 거쳐 성능시험 추진 방향을 확정.

② 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.6.29

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- '09.6.26일 1핵심-사업단 회의 시 잠정 결정한 1-3과제의 성능시험 방안을 사업단이 2핵심과 직접 회의하는 것은 절차상 부적절하므로,
- 1핵심, 1-3과제 및 2핵심의 회의를 우선 실시하여 이견 조정 절차를 시행하고,
- 사업단 조정 필요시는 별도로 보고 & 조정 요청 필요.

○ 결론 및 특기사항 :

- 2핵심과 성능시험 방안 협의 필요

③ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.10.7

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 1-3과제는 구체적인 실행 방안(성능시험계획 초안 작성 일정, 절차서 작성 일정 등)을 수립하여 10월14일 한 1핵심에 보고 요망.
- 2핵심과의 협의는 다음주 이전에 완료될 수 있도록 1핵심에서 2핵심과 협의 요망. (참석 범위 : 사업단, 1핵심, 2핵심, 1-3과제)

○ 결론 및 특기사항 :

- 2핵심과 성능시험 방안 협의 필요

다) 문제점

- 초도편성 제작 일정과 성능시험 일정과의 부조화

라) 결론 및 특기 사항

- 차량 및 신호 분야에 대한 성능시험 방안(1핵심안) 도출

I. 지상신호설비 성능시험 방안

□ 관련 규정(도시철도시설 성능시험기준)

○ (경과조치)이 기준 시행일(2008년 7월 14일) 이후 최초로 기본설계에 착수하는 도시철도시설

□ 우리사업 적용성

○ 우리사업은 2007년 11월에 기본설계를 착수하였기 때문에 상기의 도시철도시설 성능시험기준에 따른 성능시험 실시 의무는 없으나,

○ 3핵심에서는 도시철도법의 제/개정 방향에 부응하여, 신호 및 열차제어시스템을 성능시험기준에 따른 성능시험이 실시될 수 있도록 계획하였음.

- 그러나, 현재까지 신호 및 열차제어시스템에 대한 성능시험자로 지정된 기관은 없음

○'10.10월 경으로 예정된 공장시험 시작 약 2개월전(시험절차서 등 검토 소요 기간)까지 도시철도시설 성능시험기준에 따른 성능시험자로 지정된 기관이 없는 경우(현실적으로 동 기간 내에 성능시험자 지정 가능성 희박으로 판단됨)는

- 발주기관(3핵심과제) 주관(필요시 관련기관 협조)으로 시험절차서 검토(성능시험기준 부합 여부 검토 포함)/승인, 성능시험 입회/확인 실시하거나,

- 철도연 등 공인기관에 의뢰하여 실시 가능함

○ (소결) 우리사업은 도시철도시설 성능시험기준에 따른 성능시험실시 의무 사업이 아니므로, 지상신호설비에 대한 성능시험 방안 결정은 전적으로 3핵심 소관 사항임

II. 차량 및 차상신호 성능시험 방안

□ 기본방향

○ 도시철도법으로 지정된 성능시험자에 의해 도시철도차량성능시험기준에 따라 차량성능시험을 실시

- 추가로, 자기부상열차가 가지는 고유성능을 확인

○ 이에 부합되게 도시형자기부상열차 시험절차서(1-3과제) 및 성능시험기준(1-4과제) 개발

○ 우리사업에서 개발된(도시형자기부상열차실용화사업단의 승인을 득한) 시험절차서(안) 및 성능시험기준(안)을 성능시험자와 협의하여 차량 성능시험에 적용

※ 도시철도차량의성능시험에관한기준 제3조(구성품시험), 제4조(완성차시험) 및 제5조(본선시운전)의 제2항(세부기준 및 방법의 일부를 적용하기 어려운 경우 성능시험신청자가 제출한 자료 등을 토대로 성능시험자와 성능시험신청자가 협의하여 구성품시험, 완성차시험 및 본선시운전시험을 실시한다.)

□ 성능시험자 지정 방안

○ 통상적으로 성능시험신청자와 성능시험자는 각각 단수로 구성되어 성능시험을 실시하는 체계로 관련 계약 등이 구성되어 있었음

○ 우리사업에서는 차량은 2핵심에서, 차상신호설비는 3핵심(대우컨소시엄)에서 각각 개발하며, 상호 독립적인 관계(계약적 관계 없음)이기 때문에, 단일 성능시험신청자로 통합하여 실시하는 방안은 현실성이 없으므로,

- (1안) 차량제작사(1-3세부과제 경유)와 성능시험자(1-3세부과제에서 지정하는)가 차량만을 위한 계약을 체결하고, 차상신호설비제작사와 성능시험자(상기와 동일 기관)가 별도의 계약을 체결하며, 상호 협조하여 성능시험 수행하는 방안
- (2안) 차량제작사(1-3세부과제 경유)와 성능시험자A(1-3세부과제에서 지정하는)가 차량만을 위한 계약을 체결하고, 신호(차상+지상)제작사와 성능시험자B(상기와 다른 기관)가 별도의 계약을 체결하여 성능시험을 각각 수행하여, 성능시험자B가 실시한 차상신호 부분에 대한 성능시험결과를 성능시험자A가 인정하는 방안
- (소결) 상기 2안은 성능시험자가 복수로 있어 성능시험에 대한 책임소재의 불명확 및 성능시험자 간 이견 발생시 해소 방안 등 문제가 있을 것으로 판단되어 1안으로 확정코자함.

III. 검토결과

○ 지상신호설비에 대한 성능시험 실시 여부 및 방법은 우리사업이 도시철도시설 성능시험기준에 따른 성능시험실시 의무 사업이 아닌 점을 고려하여, 신호 및 열차제어시스템 구매/설치계약 내용 이행 등 관련 사항을 전적으로 3핵심의 판단으로 시행

○ 도시철도차량 성능시험기준에 따른 차량의 성능시험은 우리사업에서 개발하여 도시형자기부상열차실용화사업단의 승인을 득한 시험절차서(안) 및 성능시험기준(안)을 성능시험자와 협의하여 시행하되,

- 차량과 차상신호를 분리하여 동일 성능시험자와 별도의 계약으로 시행(성능시험은 상호 협조하여 시행)

- 제3차 차량-신호분야간 인터페이스 협의체 회의 시 1핵심안 제시
- 상기 사항은 성능시험자와의 협의 필요 사항을 내포하고 있으므로 향후

성능시험자와 협의 결정

- 문제점으로 기술된 초도편성 제작 일정과 성능시험 일정과의 부조화 문제는 관련과제와의 협의 등을 통해 초도 편성의 경우 법적 성능시험을 미실시하는 것으로 확정됨

5) 운영시나리오

가) 개요 및 목적

- 운영시나리오 개정안(Rev.0.3.00)의 사업단 승인 절차의 일환으로 의뢰한 운영기관의 검토결과에 대한 사업단 내부 후속 조치 결정 방안 등 대응 방안 결정 필요

나) 추진 경과

① 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.11.23

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 인천국제공항공사의 검토의견 검토 후 반영/미반영 여부 판단 필요

○ 결론 및 특기사항 :

- 1핵심에서 2, 3핵심의 의견을 수렴하여, 사업단과 향후 방향 협의

② 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '09.11.26

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 2, 3핵심의 검토 의견 접수 후 사업단 차원의 정리된 의견을 작성하여, 이를 운영기관에 회신하거나, 운영기관과의 협의 추진이 필요함

○ 결론 및 특기사항 :

- 운영기관 회신 방법(공문 회신 또는 회의)은 사업단에서 결정

③ 제목 : 사업단 1핵심 현안회의

○ 일시 : '10.01.27

○ 장소 : 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 내용 :

- 시범노선 운영시나리오의 운영기관 검토의견에 대한 사업단 종합의견 최종 조정

○ 결론 및 특기사항 :

- 시범노선 운영시나리오의 운영기관 검토의견에 대한 조견표

다) 문제점

- 운영기관의 상세 시나리오 추가 요청(본 운영시나리오에 적용하기 어려움)

라) 결론 및 특기 사항

- 2, 3핵심과 후속 회의 등을 수행하여 운영기관 검토의견에 대한 종합의견을 도출하였음.
- 2, 3핵심과 후속 회의 과정에서 3핵심(감리단, 설계사 포함)의 추가 검토의견이 개진되어 이에 대한 조치계획을 수립
- 동 기간 중 운영기관에서 추가로 요구한 사항에 대해 조치계획 수립

- 상기의 사항을 반영한 운영시나리오 개정안(Rev.0.4.00)에 대해 '10.6.25일 사업단 승인 완료
- 문제점으로 기술한 상세 시나리오 관련 사항은 운영기관에서 별도로 작성토록 협의

(나) 인터페이스조정회의

1) 개요 및 목적

- 도시형자기부상열차실용화사업단이 주관하고 1핵심이 지원하여 1단계(1, 2, 3차년도) 미해결 인터페이스 사항을 점검하고 추가되는 인터페이스 사항을 도출하여 4차년도 연구기간 중에 1핵심의 인터페이스 관리 자료로 활용

2) 인터페이스 점검회의 결과 인터페이스 현황

과제명	1단계 요청 I/F				1단계 전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	26	24	2	92.3	66	54	12	81.8
1-1	11	9	2	81.8	29	28	1	96.6
1-2	41	32	9	78.0	19	18	1	94.7
1-3	33	26	7	78.8	14	8	6	57.1
1-4	34	29	5	85.3	14	14	0	100.0
2-0(2-1포함)	32	13	19	40.6	45	39	6	86.7
2-2	4	4	0	100.0	11	7	4	63.6
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	48	42	6	87.5	27	11	16	40.7
3-1	19	17	2	89.5	33	26	7	78.8
3-2	26	22	4	84.6	11	8	3	72.7
합계	279	223	56	79.9	279	223	56	79.9

3) 2단계 신규 인터페이스 도출

자료 요청	자료 전달	인터페이스 요구 (결과물)	인터페이스 요구사항/상세 사항	비고
13	30	(성능시험)차상신호장치 시험절차검토서	차상신호장치에대한구성품시험절차검토서/시험항목및시험기준검토협의	신호시스템공급업체선정에따라인터페이스항목추가
11	10	1,2,3핵심4차년도성과물		
11	10	1,2,3핵심5차년도성과물		
11	10	1,2,3핵심6차년도성과물		
11	13	성능시험관련절차서	규격추적관리DB체계구축을 위해1-3과제에서개발중인절차서우선제공요청	No.81에서 이관
14	10	운영시나리오	시범노선의운영시나리오개정안	운전규칙 개발을 위해 필요
14	11	운영개념서	시범노선의운영개념서개정안	운전규칙 개발을 위해 필요
14	10	운영규정		운전규칙개발을위해필요 (*인터페이스가능한지여부와,가능한경우그시기에대한추가협의필요) <09.09.03일1핵심자체검토회의>

				4차년도인터페이스조정회의시에운영기관의운영규정을요청하였으나, 현시점에서제공할운영규정이존재하지않지만운영조직형성시는작성할것으로예상되므로완료시점을11.12.31로정의를제안함
14	13	TEMP	시험평가종합계획(TEMP)개정안	성능시험기준등의 개발계획수립을위해필요 (*핵심과제와협의또는승인된TEMP필요)
14	20	개발시험	각개발품항목에대한시험계획/절차서	품질인증요령개발을위해필요 (부품/구성품/완성차/시험선중부품은필수)
14	13	완성차시험절차서	각완성차시험절차서	RFP 변경안 준수요청
14	13	시험결과보고서	각구성품시험결과보고서	성능시험기준보완을위해필요 (일정은TEMP반영및추후조정)
14	13	시험결과보고서	각완성차시험결과보고서	성능시험기준보완을위해필요 (일정은TEMP반영및추후조정)
14	30	차상신호장치부품구성체계도및부품제작사양서	차상신호장치부품구성체계도및부품제작사양서	

(다) 인터페이스 모니터링 및 관리

1) 개요 및 목적

- 인터페이스 점검회의 시 도출된 인터페이스 사항을 지속적으로 점검 및 관리
- 4차년도 전반에 걸친 과제간의 I/F 모니터링 실시

2) 4차년도 인터페이스 점검회의 현황

회의 일시	회의 내용
'09.06.24	1-2과제 1차 인터페이스 회의
'09.07.02	1-4과제 1차 인터페이스 회의
'09.07.21	2핵심과제 1차 인터페이스 회의
'09.08.14	3핵심과제 1차 인터페이스 회의
'09.09.03	1핵심 2차 자체인터페이스 회의
'09.09.04	1-3과제 2차 인터페이스 회의
'09.11.24	3-2과제 2차 인터페이스 회의
'09.11.27	1-1과제 2차 인터페이스 회의
'09.12.03	1-4과제 2차 인터페이스 회의
'09.12.16	1-2과제 2차 인터페이스 회의
'10.04.02	2핵심과제 2차 인터페이스 회의
'10.04.20	3핵심과제 2차 인터페이스 회의

- '10.1월 ~ '10.3월 중에는 대안입찰 관련하여 인터페이스 점검회의 일시 중단

3) 4차년도 1분기 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	26	26	0	100.0	66	65	1	98.5
1-1	11	10	1	90.9	29	28	1	96.6
1-2	41	33	7	80.5	19	18	1	94.7
1-3	34	27	7	79.4	16	9	6	56.3
1-4	36	31	5	86.1	14	14	0	100.0
2-0	1	1	0	100.0	26	24	2	92.3
2-1	35	15	19	42.9	20	17	3	85.0
2-2	4	4	0	100.0	11	7	4	63.6
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	48	45	3	93.8	28	11	16	39.3
3-1	19	19	0	100.0	35	28	7	80.0
3-2	26	24	2	92.3	12	9	3	75.0
합계	286	240	44	83.9	286	240	44	83.9

4) 4차년도 2분기 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	27	26	1	96.3	79	72	7	91.1
1-1	12	11	1	91.7	30	29	1	96.7
1-2	43	38	5	88.4	20	18	2	90.0
1-3	38	29	8	76.3	15	12	3	80.0
1-4	39	35	4	89.7	16	15	1	93.8
2-0	1	1	0	100.0	29	27	2	93.1
2-1	35	15	19	42.9	20	17	2	85.0

2-2	4	4	0	100.0	11	7	4	63.6
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	52	47	5	90.4	28	13	14	46.4
3-1	21	19	2	90.5	35	28	7	80.0
3-2	28	28	0	100.0	12	10	2	83.3
합계	305	258	45	84.6	305	258	45	84.6

5) 4차년도 3분기 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	27	26	1	96.3	80	76	4	95.0
1-1	12	11	1	91.7	30	29	1	96.7
1-2	43	38	5	88.4	20	18	2	90.0
1-3	38	29	8	76.3	15	12	3	80.0
1-4	40	35	5	87.5	16	15	1	93.8
2-0	1	1	0	100.0	29	27	2	93.1
2-1	35	22	11	62.9	20	17	2	85.0
2-2	4	4	0	100.0	11	7	4	63.6
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	52	49	3	94.2	28	15	11	53.6
3-1	21	21	0	100.0	35	33	2	94.3
3-2	28	28	0	100.0	12	10	2	83.3
합계	306	269	34	87.9	306	269	34	87.9

6) 4차년도 4분기 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	27	26	1	96.3	81	76	5	93.8
1-1	12	11	1	91.7	31	29	2	93.5
1-2	44	38	6	86.4	20	18	2	90.0
1-3	41	29	11	70.7	18	12	6	66.7
1-4	47	35	12	74.5	16	15	1	93.8
2-0	1	1	0	100.0	32	27	5	84.4
2-1	35	22	11	62.9	22	17	4	77.3
2-2	4	4	0	100.0	11	7	4	63.6
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	54	49	5	90.7	30	15	13	50.0
3-1	21	21	0	100.0	35	33	2	94.3

3-2	28	28	0	100.0	13	10	3	76.9
합계	316	269	47	85.1	316	269	47	85.1

7) 결론 및 특기 사항

- 각 과제 방문(단독)을 통해 적극적으로 인터페이스를 해결할 수 있도록 노력하였으며,
- 미결 인터페이스(15%)는 향후 관련 과제간 합동회의를 통해 해결할 예정임
- 5차년도 인터페이스 관리 내용은 본보고서 제3장 제7절 3-3항 참조

(라) 핵심과제간 쟁점 I/F 조정

1) 개요 및 목적

- 핵심간의 조정이 필요한 쟁점사항에 대한 수시 조정 및 협의
- 차량-신호분야 간 인터페이스 협의, 분기기-신호분야 인터페이스 협의, 시험선 검측방안 협의, 시범노선 운영시나리오 보완 관련 협의/조정 수행

2) 차량-신호분야 간 인터페이스 협의

- 2핵심이 개발하는 차량분야와 3핵심이 발주하여 대우컨소시엄에서 공급하는 신호 및 열차제어시스템(차상신호설비)분야 간의 인터페이스 해결을 위한 인터페이스 협의체 운영을 사업단이 주관/1핵심이 지원

가) 차량-신호분야 간 1차 인터페이스 조정회의

○ 일시 : '09.08.06

○ 장소 : 한국기계연구원 본관 4층 회의실

○ 주요 내용 :

- 차량-신호분야 인터페이스 협의체 구성 및 운영(안) 협의
- 인터페이스 관리 양식 협의

○ 결론 및 특기사항 :

- 인터페이스 협의체 구성 및 운영(안) 확정
- 인터페이스 관리 양식 확정

나) 차량-신호분야 간 2차 인터페이스 조정회의('09.09.24)

○ 일시 : ‘09.09.24

○ 장소 : 현대로템 회의실

○ 주요 내용 :

- 대우컨소시엄 작성 신호-차량 인터페이스 사양서(안)에 대한 설명 및 검토/협의
- 차량성능데이터에 대한 기본 자료 2핵심에서 제공 및 검토 방향 협의
- 차량 상세작업일정 정보 공유 시한 협의
- 차상신호설비 목표 중량 협의
- 치수 산정의 기준면 협의
- Wake-up 기능 구현 방안 협의
- 상세 기술 사항에 대한 협의 방법 협의

○ 결론 및 특기사항 :

- 차량성능데이터 제공 및 검토 방향 결정
- 상세 기술 사항에 대한 협의는 대우 및 현대로템 엔지니어 사이에 수시로 실시하도록 결정

다) 차량-신호분야 간 3차 인터페이스 조정회의

○ 일시 : ‘10.05.04

○ 장소 : 현대로템 회의실

○ 주요 내용 :

- 열차제어시스템 폐색설계를 위한 제동공주시간 협의
- 성능시험자 지정방안 협의
- 차량 및 신호시스템 제작일정협의

○ 결론 및 특기사항 :

- 제동공주시간 제공 일정 확정
- 차량제작일정은 ‘12년 4월말 완료 일정으로 진행
- 성능시험방안은 성능시험자 판단이 필요하므로, 3핵심에서 성능시험자에게 의뢰할 Scope(안) 등을 준비하여 3핵심, 1핵심(1-3과제 포함), 사업단 및 성능시험자가 별도 회의를 실시하여 결정

3) 분기기-신호분야 인터페이스 협의

○ 일시 : ‘09.10.19

○ 장소 : 한국기계연구원 시험동 회의실

○ 주요 내용 :

- 분기기 타입별 정보(제어, 표시, 고장) 종류 협의
- 정보 전송 방법 협의
- 각 분기기별 I/F 정보내용(제어, 상태표시, 고장정보, 분기기 전환 중, 취급레버상태)협의

○ 결론 및 특기사항 :

- 정보전송은 제어, 표시, 고장정보로 분기기 각 형식에 따라 최소조건으로 구성
- 분기기 기계장치 또는 전기장치의 개별접점(포인트) 정보가 필요할 경우 별도의 장치에서 처리
- 2Way+3Way는 운행조건(진로구성)상 동시전환하는 것은 안전에 문제가 있으므로 별도로 제어 및 표시가 될 수 있도록 구성
- 표시회로 구성시 Locking 정보를 포함하여 정보 전송하도록 검토

4) 시험선 검측방안 협의

○ 일시 : '09.12.29

○ 장소 : 한국기계연구원 본관 4층 회의실

○ 주요 내용 :

- 시제차량의 시험선 시험주행을 위한 선로의 선형 검측내용, 방법 및 결과에 대하여 차량분야와 시설분야 간 의견 협의
- 과학관에 적용된 장비를 이용하는 측정방안과 시험선 개보수중 시행한 측정 방식간 검측 결과의 신뢰성 보장을 위한 시험 측정구간 선정 필요 여부 협의

○ 결론 및 특기사항 :

- 시험선 개보수 관련 자료(궤도검측결과, 준공도면)을 1월15일까지 2핵심으로 제공
- 시험선에서 시행하는 궤도검측방안의 표준화 결과를 시범노선에 적용하기 위하여, 시범노선구축을 담당하는 3핵심과 사업단이 검측방안의 도출 및 검측장비의 적용·활용에 대하여 세부사항을 추후 논의

5) 시범노선 운영시나리오 보완(운영기관 검토의견 등 반영)

가) 4차년도 시범노선 운영시나리오 관련 진행현황 및 경과

일 시	내 용
‘09.8.10	-3핵심 검토결과 수신
‘09.9.7	-수정본에 대한 2핵심의 검토의견 재요청
‘09.9.10	-2, 3핵심의 2차 검토의견을 반영한 개정(Rev.0.2.00)
‘09.9.11	-도시형자기부상열차실용화사업단 승인 요청
‘09.11.17	-승인 요청에 대한 사업단 회신(선정기관 검토의견 반영 요청)
‘09.11.24	-운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 2, 3핵심 의견 조회
‘09.12.7	-운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 3핵심 의견 회신
‘09.12.22	-운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 검토 회의
‘10.1.25	-‘09.12.22일 회의 결과를 반영한 개정(Rev.0.3.00)
‘10.1.25	-운영시나리오(안) 승인 요청
‘10.2.17	-운영기관 검토 의견 수신
‘10.2.23	-시범노선 운영시나리오(안)의 운영기관 검토의견에 대한 조치계획 작성 요청
’10.3.19	-시범노선 운영시나리오(안)의 운영기관 검토의견에 대한 조치계획 및 운영분야 요구사항에 대한 3핵심 회신
‘10.4.5	-운영기관 검토의견 및 운영분야 요구사항을 반영(Rev.0.4.00)
‘10.4.5	-운영시나리오(안) 승인 요청

나) 운영기관 검토의견 검토

○ 목적

- 운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 사업단(1, 2, 3핵심 통합의) 차원의 조치계획 수립

○ 내용

- 운영기관 검토의견에 대해 1핵심 조치 계획을 우선 작성하고, 이를 근간으로 2, 3핵심의 의견을 취합 후, 종합의견 작성을 위해 사업단을 포함하는 합동회의 실시

○ 결론

- 종합의견 도출

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
I. 일반사항					
I-1	관계법상 요구하는 사항이 누락되어 상업운영에 지장이 없도록 함	관계법을 준수함.			자기부상철도 관련 제 법령(도시철도법, 철도안전법 등)을 준수하여 작성하였음. 다만, 추가로 적용해

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
					야할 법령이 있을 경우 추후 운영기관에서 보완하기 바람.
I-2	천재지변 등 불가피한 상황을 제외하고는 무중단 운영이 가능하도록 시스템 구축	서비스 가용성(SA) 98%를 목표로 설정함(1-2세부과제 성과물 “자기부상열차 전체 시스템레벨의 RAMS 성능예측모델링 보고서” 참조).			당초 서비스 가용성(SA) 목표를 98%로 설정하여 시스템을 구축하고 있으므로 무중단 운영 요구는 수용 곤란(1-2세부과제 성과물 “자기부상열차 전체 시스템레벨의 RAMS 성능예측모델링 보고서” 참조).
I-3	2·3단계 건설 등 확장성을 감안하고, 무인운영에 적합하며 안전성이 충분히 확보되고, 유지관리가 용이한 시스템 구축	무인운전(Driverless)을 기본으로 안전하며 유지보수가 용이한 시스템을 계획함. 2·3단계 확장성 부분은 운영기관의 2·3단계 계획 선제시 후 상호 협의가 필요함(현재 시범노선의 기본 노선계획은 운영기관의 제안 내용을 토대로 수립된 것임).			-2·3단계 확장성 부분은 운영 기관의 2·3단계 계획 선제시 후 상호 협의 필요(현재 시범노선의 기본 노선계획은 운영기관의 제안 내용을 토대로 수립됨) -본 시스템은 무인운전(Driverless)시스템을 기본으로 구축(단, 안전관리요원·유지보수요원 등 필수요원 필요)하고 있으므로 무인운영 여부는 운영기관 소관사항으로 생각됨. 다만, 무인운영 방법에 대한 구체적인 계획이 있을 경우 시스템 구축과정에서 상호 협의하여 시행이 가능한 범위내에서 무인운영에 적합한 시설등을 구축할 수 있을 것임 -본 시스템은 유지보수가 최대한 용이하도록 구축할 계획임.

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
I-4	국내 여건을 감안한 경·중정비 시설을 구축하여 무중단 열차운영에 지장이 없도록 함	검수시설의 규모 등에 대한 사항은 검수설계보고서 참조 요망.			- 중정비 부문은 선정기관에서 조치하여야 하는 사항으로 기 확정됨. ※ 건교평 자문회의결과 선정기관이 운영과정에서 고려하여야 하는 사항으로 본 사업의 범위가 아님.(자기부상철도 사업단-1848('08.8.19)) ∴ 따라서 기본 및 실시설계에서는 중정비 시설을 감안한 경정비 부문에 대하여 검수시설을 계획함.
I-5	본선운행에 비하여 차량기지 내에서의 구내운행은 편의성, 효율성 및 작업자 사고 예방을 위한 세심한 주의가 필요	검토내용을 구체적으로 제시 요망.			운영기관의 검토의견을 운영시나리오 본문(차량기지)에 반영예정
I-6	동 시나리오 구성은 정상모드, 성능저하모드 운영으로 크게 구분되었으나, 무인운전, 자동운전, 수동운전, 비상운전, 기지운전 등으로도 구분하여 각 케이스별 정상 및 비정상시(비정상시 예상되는 케이스별) 시나리오 작성	운영계획 및 운영시나리오는 운영기관에서 작성하는 것이 원칙임. 본 시범노선 운영시나리오는 하부시스템 설계 등에 기본적으로 필요한 사항에 대해 전반적으로 작성된 것이며, 운영기관의 검토의견과 같이 상세한 case-study는 운영기관에서 보완하는 것이 타당함.			-운영시나리오 및 이에 따른 운영계획은 운영기관에서 작성하는 것이 원칙임. -본 시범노선 운영시나리오는 하부시스템 설계 등에 기본적으로 필요한 사항에 대해 전반적으로 작성된 것이며, 운영기관의 검토 의견과 같이 상세한 case-study는 운영기관에서 보완하는 것이 타당함.
II. 세부사항					

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
II-1	효율적인 열차운행을 위해 이용객이 상대적으로 많은 101-104역사간 LOOP 열차운행에 지장이 없도록 시스템을 구축	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		101-104 역사간 LOOP 열차운행에 지장이 없도록 제작설계에 기 반영됨. 구체적인 열차운영 및 운영방법(운영계획 포함) 등은 시스템 공급사에서 수립할 수 없는 사항으로 운영기관에서 수립하는 것이 타당한 것으로 판단됨.	3핵심 검토내용과 동일.
II-2	종합통제실 화제에 대비하여 Sub-OCC 기능을 할 수 있는 시설 구축	Sub-OCC는 화재 등의 이유로 통합관제실을 철수하는 경우 또는 모든 제어 정거장과의 통신장애 등의 이유로 통합관제실의 기능을 상실한 경우에 이를 백업하여 최소한의 본선 운행을 감시 및 제어하기 위해 통합관제실 건물 이외의 장소에 설치하는 소규모의 OCC로 설치 여부는 기본 및 실시설계에서 반영될 사항이므로 3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		OCC가 기능을 못할 경우 지역별로 LCC가 제한적인 범위(수동제어)내에서 OCC의 기능을 대신 수행하도록 제작 설계에 기 반영됨. Sub-OCC의 구축은 시스템 공급사의 역무 범위 내에 포함되지 않았으며, 구축 범위 및 구축 여부가 정의되고 별도의 업무지시가 있을 경우 시스템 적으로 구축 가능성 등에 대해서 검토하고 그 결과를 제시할 예정임.	OCC가 기능을 못할 경우 지역별로 LCC가 제한적인 범위(수동제어)내에서 OCC의 기능을 대신 수행하도록 제작 설계에 반영됨.
II-3	시설유지관리요원 및 운영요원 대기를 위해 101,104정거장에 최소한의 관리역 역할을 할	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		시설유지관리요원, 운영요원 공간은 업무분야(예 시설, 건축, 전기, 통신, 신호 등)	3핵심 검토내용과 동일.

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
	수 있는 공간 및 설비 설치			및 설비의 확정이 필요하고, 현재 101정거장은 기존 구조물을 이용하므로 공간이 협소하여 별도의 공간 및 설비의 설치는 불가능. 다만, 정거장 창고 또는 지하 신호, 통신실의 공간의 활용이 일부 가능할 것으로 판단됨. ※시설유지 및 운영에 필요한 각종 유지보수 관련 시설은 종합관리동에 구축됨. - 104정거장은 운전취급실 및 창고를 대기실(일부)로 사용가능하나, 업무분야 및 각종 설비규모에 따라 면적 증가 등이 필요함.	
II-4	시범노선은 무임으로 운영예정이지만 향후 변경이 가능하므로 AFC 시스템은 무료운영시와 유료운영시로 구분하고 무료에서 유로로 전환하는 절차를 반영	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		-정거장은 유료시를 감안 각종 기능실(발매기실, 게이트공간, 역무실)반영. -AFC시스템 설치 후 무료운영시에는 게이트를 개방하면 되므로 운영상 문제점은 없으나, 유료운영시에는 발권방식, 교통카드 인식 및 호환과 이에 따른	사업단장-핵심책임자 회의결과에 따라 시범노선 협의회를 통해 결정해야 할 사항임.

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
				시스템 적용 등에 대한 면밀한 검토가 필요하므로 구체적인 유료운영 방안 및 시행시기에 대한 운영기관의 명확한 방침이 요구됨.	
II-5	다수의 외국인 사용에 대비하여 승하차시 국제통용 신용카드 이용이 가능토록 게이트 구축	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		승하차시 국제통용신용카드의 이용은 시스템호환 및 통화, 환율등의 문제로 인하여 현시점에서 실행이 불가함.	3핵심 검토내용과 동일.
II-6	열차사고 또는 문제발생시 종합통제실과 통화 가능토록 열차 내부 인터콤 설치	열차 비상 통신의 일환으로 열차에는 승객 등과 비상운전대 조작자 또는 통합사령실과의 통신을 위한 인터콤이 설치되나 구체적인 설치 위치/수량 등은 2핵심의 검토가 필요한 사항임.	2핵심 검토 사항		열차 비상 통신의 일환으로 열차에는 승객 등과 비상운전대 조작자 또는 통합사령실과의 통신을 위한 인터콤이 설치되어 있음.
II-7	무인운영의 핵심설비인 CCTV 카메라 설치 개소 추가 - 전체 노선을 연속적으로 모니터링 할 수 있도록 설치 - 테러 및 화재 등 열차내부 모니터링	2, 3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.	2핵심 검토 사항	- CCTV모니터링 개소는 주요시설물, 승강장, 무인기능실 및 기타 취약개소이며, 전체노선의 모니터링용 CCTV카메라 설치는 예산의 추가소요가 필요하며, 기능상 불필요할 것으로 판단됨. - 열차내부 모니터링 카메라는 설계에 기반영 됨.	3핵심 검토내용과 동일.

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
II-8	분기기,선로 등 고장으로 인한 정거장 사용불가시 자동표출 장치 설치 및 출입구 차단장치 설치	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		정거장의 출입차단은 자동셔터를 설치하여 종합관제실에서 관리하는 방식으로 반영함.	3핵심 검토내용과 동일.
II-9	시범노선 운영시스템이 공항 운영시스템에서 통합 감시가 될 수 있도록 인천공항 운영시스템에 시범노선 운영시스템을 연계 - 신호시스템은 공항 운영센터(AOC)에 연계 - 전력시스템은 공항 SCADA 시스템에 연계 - 화재 및 구조, 구급은 공항 소방대 및 공항FAS에 연계	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		- 인천공항공사 내(장소 미정)에 열차이동상태에 대한 표시정보 모니터링 장비를 설치하도록 기 제작 설계 반영됨. - 통합관제실을 별도 설치하여 운영요원을 배치하고 시범노선의 전 구간 전시스템에 대한 관제를 하도록 되어있는 상황에서 인천공항 운영시스템에 연계하여 2중 감시해야 할 이유가 없으며 자기부상철도 시범노선의 관제 및 감시는 별도의 독립된 시스템으로 구성하는 것이 타당하고, 공항 운영시스템에서 통합 감시를 하려면 계획된 별도의 통합관제실을 설치할 이유가 없음. - 소방전기분야 설계가 진행 중이므로 인터페이스 사항임.	- 3핵심 검토내용과 동일. - 전력시스템연계는 타당성, 범위, 방법 등 상호협의가 필요함. -3핵심 검토내용과 동일.
II-10	PIS 시스템에 공	3핵심의 검토가		현 설계에 반영	3핵심 검토내용과

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
	항정보 등 인천공항에서 제공하는 정보 링크	필요한 사항으로 판단됨.		됨.	동일.
II-11	열차운영 중 선로에 사람, 고장 열차를 포함한 이물질이 감지될 경우 자동 정지할 수 있는 감지시설 구축	시범노선은 전체 정거장이 PSD가 설치되어 있어 계획되지 않은 사람의 침입은 PSD 설비에 의해 방지될 수 있으나, 노선 전체에 이물질 검지 설비를 구축한다는 것은 비현실적인 사항으로 판단되나, 구체적인 사항은 2, 3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.	2핵심 검토 사항	현 설계에는 반영되어있지 않음. 1-3과제에서 시행하는 통합계측시스템 설계시 필요성, 세부시설 구축계획을 수립 후 필요시 3핵심과 협의하여 시행.	시범노선은 전체 정거장이 PSD가 설치되어 있어 계획되지 않은 사람의 침입은 PSD 설비에 의해 방지될 수 있음. 노선 전체에 이물질 검지 설비를 구축한다는 것은 비현실적인 사항으로 판단됨.
II-12	지진,침하 등으로 인한 궤도 손상(변위발생 등) 사전 감지를 위한 계측기 설치 및 관리	3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		현 설계에는 반영되어있지 않음. 1-3과제에서 시행하는 통합계측시스템 설계시 필요성, 세부시설 구축계획을 수립 후 필요시 3핵심/선정기관과 협의하여 시행.	현 설계에는 반영되어있지 않음.
II-13	정상운영모드의 기본사항 추가 - 표준 운영모드 - 일일 운행시간 - 시격, 주행시간 (Round Trip Time) - 표준 역사정차시간 (Dwell Time) - 표준 열차편성 - 수송용량(Line capacity)	운영기관의 유치제안서 중 “제3장 운영계획” 부분에 명기된 사항들로, 신호 및 열차제어시스템의 폐색결과를 반영한 TPS(RTT포함)결과를 수집하여 운영기관이 운영 계획에 포함하여 갱신할 사항임.			1핵심 검토내용과 동일.
II-14	차량기지 운영시나리	운영기관의 검토			1핵심 검토내용과

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
	오 및 구내운행에 대한 세부계획으로 기술하여 신호, 급전시스템 설계 및 안전시설에 연계하여 작성	의견이 모호함. 만약 신호 또는 급전 시스템 설계를 위해 정의되어야할 사항이 있다면 운영기관에서 구체적으로 제시하여야 할 것임.			동일.
II-15	열차뿐만 아니라 특수차량(견인차 등)의 입·출고 및 유치동선은 시스템복구절차와 같은 선상에서 검토	운영기관에서 보다 구체적이고 명료하게 의견제시 요망.			1핵심 검토내용과 동일.
II-16	단축 Loop운영구간(안전요원 탑승이 권고되는 무인운전모드, 자동운전모드) 과 셔틀운영구간(수동운전모드 또는 비상운영모드)로 구분한 바, 셔틀운영구간에 대한 운전모드 재검토 필요	운영기관 및 3핵심과 협의가 필요한 사항이며, 3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		셔틀운영은 사고 등에 의한 비상상황 발생 시에 운영하는 것으로 정상적인 시스템 운영이 아니기 때문에, 완전자동 및 자동운전모드로 운전하는 것은 불가함. 단 열차의 안전확보를 위해서 ATP의 보호하에 수동운전모드로 운전은 가능함.	3핵심 검토내용과 동일.
II-17	3회 재개폐에도 출입문이 닫히지 않는 경우에는 PSD시스템은 알람(Alarm)을 통합관제실로 송출하고, 출입문 재개폐를 계속 시행	운영기관 및 3핵심과 협의가 필요한 사항이며, 3핵심의 검토가 필요한 사항으로 판단됨.		PSD시스템의 기본기능으로 알람(Alarm)은 통합관제실로 송출하고, 출입문 재개폐를 계속 시행함. ※3회 재개폐에도 출입문이 닫히지 않을 경우 비상요원이 통제하여야 함.	3핵심 검토내용과 동일.
II-18	제 4장에서 언급된	운영계획 및 운			1핵심 검토내용과

번호	운영기관 검토의견	1핵심 검토내용	2핵심 검토내용	3핵심 검토내용	회의결과
	비상모드 운영은 구체적으로 정의 및 기술되어야 하는 비상 대응 계획(Contingency Plan)의 일부분으로서, 운영시나리오상에 별도 분리하여 비상대응계획으로 발전	영시나리오는 운영기관에서 작성하는 것이 원칙임. 본 시범노선 운영시나리오는 하부시스템 설계 등에 기본적으로 필요한 사항에 대해 전반적으로 작성된 것이며, 운영기관의 검토의견과 같은 상세 비상대응계획은 운영기관에서 보완하는 것이 타당함.			동일.
II-19	비상계획 시나리오 추가 - 비상시 가상 시나리오에 의한 사고 유형별 훈련계획 및 임무 - 사고 처리절차 - 승객 대피요령 및 시행절차 등	운영계획 및 운영시나리오는 운영기관에서 작성하는 것이 원칙임. 본 시범노선 운영시나리오는 하부시스템 설계 등에 기본적으로 필요한 사항에 대해 전반적으로 작성된 것이며, 운영기관의 검토의견과 같은 비상시 가상시나리오 추가는 운영기관에서 보완하는 것이 타당함.			1핵심 검토내용과 동일.

(3) 3핵심 추가검토의견 조정

○ 목적

- 운영시나리오에 대한 3핵심(감리단, 설계사)의 추가 검토의견 조정

○ 내용

- 3핵심 제시 의견을 검토하고 1핵심과 이견 사항에대해 협의 조정

○ 결론

- 종합의견 도출

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
제1장 1.4 영업운행 시작 (12p)	1.4 영업운행시작 (본문 참조)	*영업운행 개시 시의 유지보수요원의 차량에 대한 구체적 수행 업무가 제시되지 않았으며, 구체적으로 제시될 필요가 있음.*	영업운행 개시전 차량에 대한 점검(PDT포함) 등 추가 필요성을 지적한 것으로 이해하며, 관련 사항은 본 운영시나리오 25p~30p에 걸쳐 2.1 기지관리, 2.2 기지운영, 2.3 열차 인수인계, 2.3.1 열차입고, 2.3.2열차출고, 2.4 열차영업운전준비, 2.5 도착검사, 2.6 열차 세척기 운영, 2.7 차체하부 기취장치 운영, 2.8 기지 시험선운영 등에서 기술되고 있는 것으로 판단됨. 이외 별도로 추가할 사항이 있다면 구체적인 내용을 포함하여 제시 요망.	최초 열차투입에 대한 내용 보완 예정(3핵심에서 참고 자료 제시 예정) 회의후기 : 14p 1.4.1절에 “영업운전 시작 전에 각 방향으로 안전요원이 탑승한 첫번째 열차(점검열차 : 승객을 탑승하지 않음)를 보내어서 선로 점검을 수행한다. 열차운전자(안전요원)는 열차의 이동에 장애가 되는 어떠한 문제도 없음과 선로에 아무런 장애물도 없는 것을 확인하고, 점검결과를 통합관제실 요원에게 보고한다.”로 기 포함됨.
제1장 1.5.4 열차다이아선택 (19p)	그날의 영업운행 시작 시에, 적절한 열차 다이아가 가동된다. 통합관제실 요원은 예상 열차 다이아 프로그램을 사용하거나 또는 특정 통합관제실 관리 대안으로 또는 예상되지 않은 사건에 대응하기 위해 또 다른 열차 다이아를 사용할 가능성을 가진다. 일반적으로 열차	열차 다이아에 의한 조정, 열차 빈도에 의한 조정 등 두가지 조정 방법이 의미가 모호함. *두가지 방법의 의미 기술이 필요함.*	열차다이아를 선택/변경하거나, 적용중인 다이아에 추가 편승 투입/회송에 의한 조정으로 이해하고 있으나, 통합관제실의 TTC프로그램 전문가의 판단이 필요한 사항으로 판단됨.	“일반적으로 열차 다이아에 의한 조정, 열차 빈도에 의한 조정과 같은 두 가지 형태의 열차 운행 조정 방법이 있다.”를 “일반적으로 열차 운행 계획의 추가, 삭제, 변경의 기능을 가진다.”로 수정

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
	다이아에 의한 조정, 열차 빈도에 의한 조정과 같은 두 가지 형태의 열차 운행 조정 방법이 있다.			
제1장 1.5.5 PA 및 PIS관리 (20p)	제공되는 정보는 열차운행관련 정보(다음정거장, 환승정보 등), 운행 장애 정보(열차 지연, 성능저하 운행정보, 열차 다이아 변경, 특별 열차 영업운행 등), 비상 운행 정보(승강장에서의 승객 대피 절차, 승강장의 열차에서 승객 대피절차, 본선상의 열차에서 승객 대피절차, 대피 방향, 대피 방법, 구원열차에 의한 대피 방법, 비상 대피로 이용 대피 방법, 통합관제실과 통신 방법 등), 항공기 운행 정보 등이 있다.	현재 정해진 구성은 항공기 운행 정보를 표시하기 어려움. *항공기 운행 정보를 표시 하는 방법에 대한 기술이 필요.*	"회의자료 1"의 II-10번 항과 연계 검토 필요로 판단됨.	원안 유지
제1장 1.6 영업운행 마감 (22p)	통합관제실 요원은 시범노선 시스템이 영업운행 정지시간 동안 안전하게 유지되는 것을 보장해야 하며, 열차와 관련된 조치는 다음을 포함한다 ● 중략 ● 유치 영역의 열차들이 익일의 열차운행 개시를 용	*적절한 운전모드에 대해서 보다 명확히 할 필요가 있음.*	익일 영업운전 형태에 따라 적절한 운전모드는 달라질 가능성이 있을 것으로 판단됨. 이와 같은 사항은 열차제어시스템 운영개념(operational description) 등에 별도 정의하여 사용자의 승인을 득할 필요가 있을 것으로 판단됨.	-"적절한 운전모드"를 "적절한 운전모드(무인운전, 수동운전 등)"으로 수정

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
	이하게 하는 순서로 위치해 있고 적절한 운전 모드로 있는 지를 확인한다.			
제1장 2.2 기지운영 (26p)	검수고 내부의 일부 수동운전 구간을 제외한 전체 차량기지는 본선과 동일한 자동열차제어 시스템이 설치되며 무인운전을 기본으로 한다. 기지 각 영역 및 운전 모드에 따른 속도 제한은 다음과 같다. ● 무인운전 모드에서의 운전 속도는 15km/h이하로 제한한다. ● 자동운전 모드에서의 운전 속도는 25km/h이하로 제한한다. ● 수동운전 모드에서의 운전 속도는 25km/h이하로 제한한다. ● 기지운전 모드에서의 운전 속도는 25km/h이하로 제한한다. ● 검수고 내의 수동 구간의 운전 속도는 7km/h이하로 제한한다.	*아래와 같이 수정 요망(자동 및 수동운전 모드 삭제)* ● 무인운전 모드에서의 운전 속도는 15km/h 이하로 제한한다. ● 기지운전 모드에서의 운전 속도는 25km/h 이하로 제한한다. ● 검수고 내의 수동 구간의 속도는 7km/h 이하로 제한한다.	자동 및 수동 운전 모드 삭제 이유 설명 요망.	원안유지
제1장 2.3.1 열차입고 (27p)	본선으로부터 무인운전 모드로 입고되는 모든 열차는 기지 입고선까지 무인으로 운행하며, 입고선에 도착한 열차는 차량기지 운영요원에 의한 해당 유치 지역으로의 진로 개통을	차량기지내 입고선으로 부터 유치선까지는 유인운전, 검수고까지는 무인운전으로 이동하게 되어있으나, *차량기지내 배선계획에 따라 운전방식에 따라 달라지므로*	본문의 내용 중 입고선에서 유치선까지 유인운전으로 한다는 문구는 없음.(참고로 ~~해당 진로가 미리 설정된 경우는 정지할 필요 없이 바로 입고 가능하다.~~ 의 내용 삭제 요청은 3핵심 2차 검토 내용을 반영한 사항임)	원안유지

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
	확인하고 해당 유치 지역으로 이동한다. ~~해당 진로가 미리 설정된 경우는 정지할 필요 없이 바로 입고 가능하다.~~ 입고 차량 중 검수 대상차량은 검수고 전단 승강대까지 무인으로 이동하며 검수고 내부 선로에서는 이동식 부상전원공급장치에 의해 수동으로 이동한다.	*대안입찰 결과에 따라 재정립이 필요함.*	대안입찰 결과에 따라 수정 요청이 있을 시 검토/반영 예정.	
제1장 2.4 열차영업 운전준비 (28p)		*영업운행 개시를 위한 PDT의 수행 주체, 장소, 시기 등의 운영 방법이 구체적으로 제시될 필요가 있음. 현재는 시험항목만 나열하고 있으며, 운영 방법이 명확하지 않음.*	기존 도시철도 등에서는 통상적으로 PDT 수행 주체는 검수요원이며, 장소는 유치선, 시험시기는 입고후 또는 출고전 등이었으나, 무인운전 개념을 적용하고 있는 본 실용화사업에서는 검수원 탑승 필요 유무(차량기지 운영 요원이 차량기지용 콘솔에서 단독으로 처리 가능 여부와 연계), 장소(유치선 또는 본선 주박 개소 등 관련 설비 설치 유무) 등에 대해 시스템 설계/제작사에서 개념을 정립하여 사용자의 승인을 득하여 결정할 필요 있음. 본문 29p에도 이와 같은 맥락에서 “구체적인 PDT 방안(PDT 시스템 구성, 원격 PDT 수행 여부 등)은 열차제어시스	향후 신호-차량 인터페이스 회의 진행에 따라 반영 필요사항 발생 시, 반영.

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
			템 확정 후 열차제어시스템 분야와 차량시스템 분야가 협의 후 결정한다"로 기술되어 있음.	
제1장 2.11.3 특수차량 이동제어 (33p)	유지보수 차량 등 특수 용도의 차량은 차상 ATP/ATO 장치가 없으므로 기지 및 본선에서의 이동은 수동 모드에 의해서만 가능하다.	ATP/ATO장치가 없는 차량은 비상운전으로 가능하므로 "수동모드→*비상모드*"로 수정 요망	ATP/ATO가 없으므로 운전모드의 의미 또한 없어, "수동 모드"를 "수동조작(수동운전)"으로 수정 예정.	1핵심의견과 동일
	이러한 특수 차량의 이동을 위해 지상 신호설비는 기지~~ 및 본선~~에 진로 개통 상태를 운전자에게 제공하기 위한 신호기를 별도로 설치한다.	비상모드에서는 신호기에 의한 운전이 아니라 관제실과 운전자간 통신에 의한 비상운전이므로 신호기는 설치되지 않으며 검수선만 수동운전이 가능하므로 *"검수선에는 별도의 신호기를 설치한다"로* 문구 수정요망.	차상신호 방식을 채택하고 있는 기존의 도시철도 등에서도 차상신호 방식임에도 불구하고 본선 등에 신호기를 별도로 설치하여 운영하고 있는 점 등을 고려하면, 신호기 설치 여부는 협의가 필요한 사항으로 판단됨.	열차제어시스템 구매·설치 RFP에 따라 3핵심 검토 내용으로 수정
제2장 3.13 정위치정차과주 (68p)		*정위치 정차 과주 시의 조치 기준에 대해서 명확하게 기술 필요함. 예를 들어 3m 이상 과주 시에는 다음역으로 진행.....*	관련 분야의 협의가 필요한 사항으로 판단됨.	관련분야가 협의하여 결정된 사항을 제시하면 반영
제2장 3.14 열차출입문 (68p)		*열차 출입문에 승객 또는 이물질이 끼어서 출입문이 닫히지 않을 경우에 대한 방안 기술이 필요함.*	"열차 출입문 닫힘 절차 중에 승객 또는 예상치 못한 이물질이 끼인 경우에는 열차 출입문은 자동으로 해당 출입문 재개폐를 실시한다. 3회(TBD) 재개폐에도 출입문이 닫히지 않는 경우에는 열차 출입문은 개방 상태를 유지한다."	"열차 출입문 닫힘 절차 중에 승객 또는 예상치 못한 이물질이 끼인 경우에는 열차 출입문은 자동으로 해당 출입문 재개폐를 실시한다. 일정회수 재개폐에도 출입문

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
			내용을 추가할 예정이나, 2핵심의 검토가 우선 요망됨.	이 닫히지 않는 경우에는 열차 출입문은 개방 상태를 유지한다.” 내용 추가
제2장 3.19 사고복구 차량 또는 유지보수 차량 이동 (71p)	사고복구차량 또는 유지보수 차량의 경우는 차상 ATP/ATO 설비가 설치되어 있지 않기 때문에 지상에 설치된 선로변의 신호 현시를 차량 운전자가 확인하고 안전한 진로가 확보된 경우에만 이동이 가능하다.	차상 ATP/ATO장치가 장착되지 않은 차량이므로 “...지상에 설치된 선로변의 *분기기 위치를* 차량운전자가 확인하고...“로 문구 수정 요망	관련 분야 협의 필요 사항으로 판단됨.	3핵심 검토내용으로 수정
제2장 6.1 무선통신 링크 손실 (77p)		*무선통신 링크를 세분화(예, ATP/TD, ATO Local, ATO data 등)하여 운영 시나리오를 구분할 필요 있음.*	세분화된 무선통신 링크 손실 관련 시나리오는 별도의 열차제어시스템 운영개념(operational description)으로 구분하여 관리할 것을 제안함.	3핵심에서 구체적인 의견 제시 예정
제2장 6.2 분기기 위치 손실 (77p)		*분기기 위치 손실에 대한 정의가 필요함. 공급 예정인 열차제어시스템의 경우 “위치 손실” 보다는 “고장”의 용어가 더 적절한 것으로 판단됨.*	"위치 손실“을 ”고장“으로 수정 예정.	1핵심 의견과 동일
제2장 6.3 ATP/ATO 현장장치 고장, 6.6 ATO 현장장치 고장 (77~78p)		*“ATP/ATO 현장장치 고장”과 “ATO 현장 장치 고장”에 대한 명확한 구분이 필요함.*	중복된 내용으로 보이며, 6.6절을 삭제 예정.	3핵심의견 반영하여 6.6절 삭제
제2장 7.5 ATS	연동역(분기부 인접 정거장으로 연	연동역은 본선 연동역은	"(분기부 인접 정거장으로 연동장치에 의한 진	“분기부 인접정거장으로”를 삭제

조 항	운영시나리오(안)	3핵심 검 토 내 용	1핵심 의견	회의결과
시스템 (82p)	동장치에 의한 진로제어, 분기기 전환 제어 등의 제어 기능을 가진 정거장)에는 제어콘솔이 설치될 것이다.	1개소에서 제어가 가능하므로 *"분기기 인접 정거장으로..."* 문구는 삭제요망	로제어, 분기기 전환 제어 등의 제어 기능을 가진 정거장)"를 삭제하라는 의미 인지? "분기부 인접 정거장으로" 만 삭제하라는 의미인지?	
제2장 12.2.3 안전요원에 의한 비상운전 모드 운행 (105p)	안전요원은 전방의 선행 열차 유무 및 지상 신호기의 현시 정보, 출입문 개방 방향 등 모든 승객 안전 관련 사항에 대한 책임을 진다.	비상운전모드의 경우 신호기에 의한 방호운전이 아니므로 *"지상신호기의 현시정보→분기기 상태"*로 문구 수정요망.	신호기가 설치된다면, 본 문구 수정은 필요치 않을 것으로 판단되며, 만약 신호기가 설치되지 않는 것으로 결정되면 "분기기 상태"로의 수정이 필요함.	열차제어시스템 구매·설치 RFP에 따라 3핵심 검토 내용으로 수정
3핵심제공 열차제어시스템 사양서(안)	별권 "열차제어시스템 시스템 사양서" 참조	열차제어시스템 측면에서 운전시나리오 검토 결과 : 열차제어시스템 시스템 사양서 참조	운영시나리오에 어떻게 반영하면 좋을 지? 협의 필요.	관련분야 간 인터페이스 협의 후 반영여부 검토

라) 결론 및 특기사항

- 시범노선 운영시나리오는 운영기관 검토의견 및 2, 3핵심의 검토의견을 반영(rev. 0.4.00)하여 '10.6.25일 사업단 승인 완료함
- 시범노선 운영시나리오는 2, 3핵심의 설계에 그 내용이 반영되며, 향후 운영기관에서 상세 운영 계획 수립에 적용될 사항임

(마) 현안 검토/보고(필요시/요청시)

1) RAMS 수행 범위 검토('09.07.01)

가) 목적

- RFP의 RAMS 관련 요구조건(차량 시스템 RAMS 분석, 차량외 시스템 RAMS 분석, RAMS 통합 평가)에 따라 RAMS 수행 분야를 차량, 전력, 신호, 통신, 분기기, 기계, PSD, 검수, 분기기로 분류하여 과제수행 중,
- 차량외 시스템(전력, 신호, 통신, 분기기, 기계, PSD, 검수, 분기기)에 대한 RAMS 수행은 국내 철도산업인프라를 고려하면 현실적으로 목표 달

성에 어려움이 있다는 의견이 있어,

- 우리 실용화사업에서 RAMS 수행 필요성, 국내 철도산업 RAMS 인프라, 수행가능 범위, 수행방법 등 근본적인 문제를 재검토하여 향후 우리 사업에 적용

나) 검토 내용

□ RAMS 수행 필요성

○ 일반적으로 RAMS는 사업의 기획단계부터 기본설계, 상세(제작)설계, 제작, 시공, 시험, 시운전, 영업운전 및 폐기단계까지 시스템의 전체 생명주기 동안 계획/분석/평가/입증/관리되는 활동

- 기획단계 : 프로젝트에 적용할 RAMS 모델 선정, 전체 시스템 레벨의 성능목표 대비 예산 확정
- 기본설계단계 : 하부 시스템 레벨로의 목표치 분석/할당 및 시스템 레벨의 수행 계획 수립
- 상세(제작)설계단계 및 제작단계 : 세부 및 세세부 단계로의 목표치 분석/할당, 하부 시스템 레벨의 수행계획 수립 및 할당된 목표치에 적합한 설계 수행 및 제작(신규 개발이 아닌 기존 제품 제작의 경우는 기존 제품의 RAMS 데이터 및 평가/입증 자료 확인 후 미달 시 성능향상을 위한 부품 교체, 이중화 등 대책 수립), 하부시스템 레벨의 데이터 통합
- 시험, 시운전 및 영업운전단계 : 시스템 레벨의 데이터 통합, RAMS 평가/입증 수행

○ 산업 전반에 RAMS 인프라가 구축된 경우에는 예산 대비 가장 효율적인 시스템을 구축할 수 있는 이점이 있음

○ 산업 전반에 RAMS 인프라가 구축되지 않은 경우에는 시스템 구축비용에 비해 상대적으로 많은 RAMS 수행비용을 지출할 수 밖에 없는 투자 대비 실익이 없는 상황 발생 가능

- 기획단계 : 예산 대비 적정 목표치 설정 불가능(전혀 다른 회사의 제품들로 구성된 유사 프로젝트의 목표수준을 벤치마킹하여 목표설정의 적정성 및 예산의 적정성도 확인 불가)
- 기본설계단계 : 통상 벤치마킹되는 유사 프로젝트는 RAMS 선도국에서 진행된 프로젝트의 목표치이므로 이에 근거하여 하부 시스템으로 할당된 목표치 역시 국내 수행에 적합한지 판단하기 어려움
- 상세(제작)설계단계 및 제작단계 : 다년간 RAMS 데이터 축적/입증에 의해 기술이 확보된 제작사들은 목표달성을 위해 일부 부품 또는 회로 변경 등으로 비용 부담이 적겠지만, RAMS 경험 및 축적된 데이터를 보유하지 않은 제작사들은 사업 참여시 목표달성 가능성도 확인하지 못하였을 뿐만 아니라 수행과정에서도 대대적인 부품 교체, 회로 변경 및 변경에 따른 성능확인의 막대한 비용 발생 가능성 있음
- 시험, 시운전 및 영업운전단계 : 평가/입증에서 요구조건을 충족하지 못할 경우 전체 시스템에 대한 목표 미달성은 물론 해당 제작사 등의 패널티 비용 발생가능

○ 국내 철도산업은 RAMS 인프라가 구축되지 않은 상황이지만, 최근 해외 철도 운영사들은 신규 노선 건설시 RAMS를 요구하는 경향이 많으므로 도시형자기부상열차의 해외시장 개척을 위해 RAMS는 반드시 필요

□ 국내 RAMS 수행현황

○ 용인경전철, 김해경전철 등 최근 건설 중인 국내 경전철 건설 SOC사업에서는 RAMS가 적용되고 있음

○ 용인경전철 및 김해경전철 모두 현재 진행 중인 프로젝트로 예상치 못한 잡음발생 등의 이유로 공식적인 문서에 의한 정확한 RAMS 현황파악에는 어려움이 있어 비공식 라인을 통한 개괄적인 현황파악

○ 용인경전철의 경우는 RAMS 관련 기술을 보유하고 있는 해외업체가 직접 E&M PM을 담당하고 있으며 전체 시스템 수준의 RAMS 수행을 담당하고 있음
- RAMS 수행은 Core 시스템인 차량, 전력, 신호, 통신분야로 한정하고, Non-Core 시스템인 토목, 건축(기계설비 포함), 궤도, 역사전기분야 등은 수행범위에서 제외되어 있음
- 열차 운행 및 안전에 직접적인 영향을 미치는 차량 및 신호시스템은 해외업체가 공급하며, 전력, 통신 등은 국내 업체에서 공급
- 해외업체가 공급하는 차량 및 신호시스템의 RAMS 수행은 문제가 없으나, 국내업체가 공급하는 분야는 RAMS 수행에 어려움이 있음
- 국내업체의 경우 RAMS 기술, 경험 및 전문가가 부족한 상태에서 해당분야에 대한 RAMS 수행을 위해 설계단계부터 해외 RAMS 전문업체의 컨설팅 용역을 통해 RAMS를 수행하고 있음
- RAMS 담당자의 장기간 교육을 통한 기본지식 습득 후, 지속적인 RAMS 전문가의 컨설팅으로 업무를 수행
- 기본적으로 RAMS 데이터는 10년 이상의 실적에 의한 신뢰성 있는 데이터로 구성되어야 설계 및 제작/설치 단계에서 목표달성 가능성을 평가/예측할 수 있으나
- 이러한 실적 데이터를 확보하고 있지 않는 국내업체는 해외 제품의 실적 데이터를 인용하여 일부 내용을 수정하는 수준이므로
- 수행 중인 RAMS 활동이 현재 진행 중인 프로젝트에 유용하게 사용되기는 어려움
- 다만, 해당업체의 지속적인 RAMS 활동에 대한 투자가 있다면 10년 이후에는 신뢰할 수 있는 RAMS 데이터를 확보한 국제경쟁력을 가질 수 있을 것으로 예상
- 해당업체는 용인경전철 프로젝트를 수행함으로써 해당 분야에 대한 RAMS 프로세스를 이해하여 차기 프로젝트에는 이를 독자적으로 적용할 수는 있겠지만 실질적인 내용(데이터의 신뢰성)은 확보되지 않았기 때문에 프로젝트에 유용하게 사용되는 RAMS가 아닌 RAMS 자체를 위한 RAMS일 수밖에 없는 상황임

○ 김해경전철의 경우는 RAMS 관련 기술을 보유하고 있는 해외업체의 컨설팅을 통해 국내업체에서 E&M PM 및 전체 시스템 수준의 RAMS 수행을 담당하고 있음
- RAMS 수행범위는 차량, 전력, 신호, 통신, 기계 등의 E&M 시스템으로 한정되어 있

으며, 신호 분야의 ATC 시스템 만 해외업체에서 공급하고 나머지는 국내업체에서 공급하고 있음
- 해외업체 공급분야(ATC 시스템)는 계약서상에 RAMS 관련 사항이 명확하게 명시되지 않아 RAMS 수행에 어려움 있음
- 국내업체 공급분야 중 전력시스템의 SCADA분야는 해외 전문업체에 의한 RAMS 컨설팅을 받고 있으며, 차량분야는 차량제작사의 자체 기술력으로 RAMS 수행에 문제가 없으나
- 그외 분야(전력, 통신, 기계)는 RAMS 기술, 경험 및 전문가 부족으로 RAMS 수행에 어려움 있음

□ 해외 RAMS 수행현황

○ 홍콩, 유럽 등 RAMS 선도국에서는 사업시행자가 사업 기획단계에서부터 RAMS 활동을 통해 예산에 적합한 시스템 수준을 결정하고
- 이에 적합한 RAMS 요구사항(적용 분야 및 적용 레벨)을 시스템 및 하부 시스템 계약 사항에 포함하여 시행

○ 일본은 철도산업 자체는 세계적인 수준이지만 일본국내 규정준수 이외의 별도 RAMS 적용은 하고 있지 않는 상태

□ 경쟁 시스템 RAMS 수행현황

○ 일본 리니모는 RAMS 미수행
- 노선 건설당시 EN50126에 따른 RAMS를 수행하지 않았으며
- 개통 후 서비스가용성 실적을 측정 발표하여 일본 리니모의 품질 및 신뢰성을 설명하고자 하나
- 국제규격(예 EN50126)에 따른 RAMS를 수행하지 않았다는 결함으로 일본 리니모의 주장에 대한 근거설명이 곤란할 것으로 추정

○ 중국 상해 RAMS 미수행
- 중국 상해에 설치된 Transrapid 08 모델은 개발당시 EN50126 규격이 제정되지 않아 RAMS를 적용하지 않았으며
- 중국 상해에 설치시 지멘스와 티센크루프 내부에서 안전성 문서를 개발하고 이 문서를 TUV에서 검토하는 것으로 안전성 관리만 수행

□ 국내 철도산업 RAMS 인프라현황

○ 최근 SOC 사업으로 진행되는 용인경전철, 김해경전철 등(민간 제안자가 경쟁사 대비 우선지위 확보를 위해 국내 철도산업 RAMS 인프라를 고려하지 않고 자의적으로 RAMS 활동을 제시하여 계약 사항으로 명기됨)을 제외하고는 사업시행자(시행청)가 차량, 전력, 통신, 신호설비 등 구매 시에 RAMS 요구조건을 RFP에 포함하고 있지 않아
- 전력, 신호, 통신, 기계, 검수분야의 설계사 및 제작사는 RAMS 데이터, 실적, 기술을 보유하고 있지 않음

○ PSD의 경우는 해외 협력사와의 기술협력 과정에서 RAMS 관련 데이터/실적을 보유하고 있는 제작사가 있을 것으로 예상되나
- RAMS 수행 기술에서는 RAMS 전문가의 컨설팅이 필요

○ 차량은 RAMS를 요구하는 국가로의 수출을 위해 다년간 축적된 RAMS 데이터, 실적, 기술을 보유하고 있으나
- 도시형자기부상열차용으로 신규 개발되는 구성품에 대한 RAMS 데이터 확보 작업 필요

○ 분기기는 우리 실용화사업에서 처음으로 개발되고 있으며, RAMS 데이터, 실적, 기술을 보유하고 있지 않음

○ 전체 시스템 수준의 RAMS 수행 역량은 기업/출연연이 확보하고 있지 않아 우리 실용화사업에서 연구개발(1-2과제)하여 확보할 예정

□ 우리사업 RAMS 수행현황

○ 우리사업에서는 사업기획 단계에서 국내 RAMS 현황(1-2과제 RFP 기술동향 내용 : RAMS의 이론적인 기반은 구축되어 있고 단위 구성품 수준에서 분석된 사례는 있으나, 전체 시스템 수준에서 완전하게 RAMS 체계가 분석되고 구축된 사례는 아직 없음)을 확인하여 전체 시스템 수준의 RAMS체계 확립을 위해 비용(1-2과제 연구비)을 책정하였으나
- 하부 시스템 수준(차량, 전력, 신호, 통신, 기계, 검수 등)의 RAMS 역량 향상을 위한 비용은 별도로 산정되지 않았음

○ 사업(연구)기간(설계, 제작, 시공, 시험, 시운전) 동안은 RAMS계획/분석 및 초기(시운전 기간) 평가/입증 활동을 수행하고
- 영업운전 개시 이후에는 선정기관에서 관련 자료 및 기술을 승계하여 평가/입증을 완료하고 계속 관리 활동 수행 예정

○ 지금까지는 유사 시스템 사례 및 관련 규격을 검토하여 RAMS 관리 체계를 확립하고
- 우리사업에 적용할 RAMS 모델 및 시스템 수준에서의 목표치 설정
- RAM Plan 및 Safety Plan 작성
- 하부 시스템(차량, 전력, 신호, 통신, 기계, 검수, 분기기)에 대한 RAMS 요구조건 정의, 차량주요장치 신뢰성&안전성 분석 수행

○ 앞으로는 완성차 RAMS 분석, 차량외 시스템 RAMS 분석을 수행하여 시범노선 시운전 기간 중에 자기부상열차 시스템의 RAMS 성능 입증 예정

□ RAMS수행 문제점

○ 차량의 경우는 연구개발과제에 포함되어 있고 참여기업의 RAMS 수행 능력이 확보되어 있어 자기부상열차용으로 신규 개발되는 구성품에 대한 RAMS 분석 및 데이터 축

적 등을 통해 참여기업 독자적으로 수행 가능하나

○ 구매/설치 발주로 수행되는 차량외 시스템(전력, 신호, 통신, 기계, 검수, 분기기)의 완전한 RAMS 수행을 위해서는 구매규격서에 RAMS 요구조건을 포함하여 계약적으로 의무화 필요
- 공정한 구매 발주를 위해서는 적합한 예정가 책정 필요
- 국내 설계사에서는 RAMS를 포함하지 않는 설계서(예정가격) 작성 기술은 보유하고 있으나, RAMS를 포함하는 설계서(예정가격) 작성 기술 미보유로 적정 예정가 책정 불가능

○ 완전한 RAMS 수행을 위한 구체적인 RAMS 요구조건이 구매규격서에 포함되면, 입찰시 요구조건을 정확히 이해하는 국내 제작사들은 해당 요건을 충족할 수 없어 부득이 해외 제작사에 의존할 가능성이 많아짐

□ 검토결과(결론)

○ 도시형자기부상열차 시스템의 모든 하부시스템(차량, 전력, 신호, 통신, 기계, 검수, 분기기)에 대한 완전한 RAMS 수행은 국내 철도산업의 RAMS 인프라를 고려하면 실현가능성이 없으나

○ 경쟁국 대비 우리 시스템의 해외 시장진출 우위 확보를 위해 RAMS 수행은 반드시 필요하므로
- 실현 가능성이 없는 모든 하부 시스템을 RAMS 수행 범위에 포함하는 대신
- 열차 운행 및 승객 안전에 직접적인 영향을 미칠 수 있는 시스템(차량, 전력, 신호, 통신, 분기기, PSD) 중
- 자기부상열차 수출 시에 현지 제작사 참여 가능성이 많은 부분인 전력 및 통신분야는 열차 안전운행을 위한 핵심설비인 전차선 및 주전송설비만 포함하여
- 우리사업에서는 RAMS 수행범위를 차량분야(전체), 신호분야(전체), 전력분야(전차선), 통신분야(주전송설비), 토목분야(분기기) 및 건축분야(PSD)로 한정하여 역량을 집중하여 수행

○ 범위를 한정하는 경우도 일본 Linimo 및 중국 Transrapid의 사례 등을 감안 하면 경쟁국 대비 해외수출 경쟁력우위 확보가능함

라) 결론 및 특기사항

- 우리사업에서는 RAMS 수행범위를 차량분야(전체), 신호분야(전체), 전력분야(전차선), 통신분야(주전송설비), 토목분야(분기기) 및 건축분야(PSD)로 한정하여 역량을 집중하여 수행으로 제안
- 전문가 자문회의 결과, 1핵심의견 및 3핵심의견과 국내외 관련 현황 및 도시형자기부상철도 시스템의 국외 수출 시장 개척 등의 다각적인 내용을 종합하여 사업단에서 수행범위 결정('10.3.19일)[차량(전체), 신호(전체),

노반(분기기), 건축(PSD), 전력(제3궤조), 통신(양방향 무선 통신 설비)에 대해 수행]

2) 도시형자기부상열차 성능시험 방안 검토('10.02.01)

가) 목적

- 도시형자기부상열차의 특성을 고려한 성능시험실시 방안 모색 필요

나) 검토 내용

□ 도시형자기부상열차 성능시험 방안

○ 차량 성능시험의 기본방향
- 도시철도법으로 지정된 성능시험자에 의해 도시철도차량성능시험기준에 따라 차량성능시험을 실시
- 추가로, 자기부상열차가 가지는 고유성능을 확인

○ 시험절차서(안) 및 성능시험기준(안)의 개발방향
- 차량성능시험 기본방향에 부합되게 도시형자기부상열차 시험절차서(1-3과제) 및 성능시험기준(1-4과제) 개발

○ 우리사업 적용방안
- 우리사업에서 개발된(도시형자기부상열차실용화사업단의 승인을 득한) 시험절차서(안) 및 성능시험기준(안)을 성능시험자와 협의하여 차량 성능시험에 적용

※ 도시철도차량의성능시험에관한기준 제3조(구성품시험), 제4조(완성차시험) 및 제5조(본선시운전)의 제2항(세부기준 및 방법의 일부를 적용하기 어려운 경우 성능시험신청자가 제출한 자료 등을 토대로 성능시험자와 성능시험신청자가 협의하여 구성품시험, 완성차시험 및 본선시운전시험을 실시한다.)

□ 도시철도 대비 자기부상열차 성능시험 구성 비교

시험항목		도시철도	자기부상열차	비고
구성품시험	구조체하중시험	○	○	일부수정
	대차시험	○	○	대차구조 변경 관련 수정
	추진제어장치시험	○	○	추진방식 변경 관련 수정
	보조전원장치시험	○	○	보조전원구성 변경 관련 수정
	신호보안장치시험	○	○	열차검지, 무선통신 관련 수정
	종합제어장치시험	○	○	일부수정
	부상제어장치시험	-	○	신설
완성차시험		○	○	상기 변경에 따른 수정
본선시운전		○	○	상기 변경에 따른 수정

□ 도시형자기부상열차성능시험기준(안) 개발현황

○ 도시형 자기부상열차 관련법령 정비방안
- 도시철도법은 세부법령의 제개정이후 최종연도에 개정
- 기본계획수립 및 사업면허, 건설 및 운전, 운영 등은 기존법안 사용
- 도시철도법에서 규정하는 다음 기준들에 대하여 별도로 제정

현행 법령명		신규 법령명(안)	제개정 방안
도시철도 건설규칙	⇨	도시형 자기부상철도 건설규칙	신규제정
도시철도차량 안전기준	⇨	도시형 자기부상열차 안전기준	신규제정
도시철도차량 표준사양	⇨	도시형 자기부상열차 표준사양	신규제정
도시철도차량 성능시험기준	⇨	도시형 자기부상열차 성능시험기준	신규제정
도시철도차량 정밀진단지침	⇨	도시형 자기부상열차 정밀진단지침	신규제정
도시철도차량 품질인증요령	⇨	도시형 자기부상열차 품질인증요령	신규제정
도시철도차량 운전규칙	⇨	도시형 자기부상열차 운전규칙	신규제정

○ 도시형 자기부상열차 성능시험기준 정비방안
- 도시교통수단의 일환인 점을 감안하여 도시철도법의 범주하에서 추진
. 기존 도시철도 성능시험기준과 같은 구조를 가지도록 함
. 구성품 시험, 완성차 시험, 본선시운전 시험으로 구성
- 부상/추진장치 등 자기부상열차의 기술적 특징을 반영하여 관련 항목 수정 및 신설
- 최근의 흐름은 각국의 기준들이 국제규격을 따르도록 개정되고 있는 추세
. 관련 국제규격의 내용에 부합하도록 시험항목 및 내용 수정

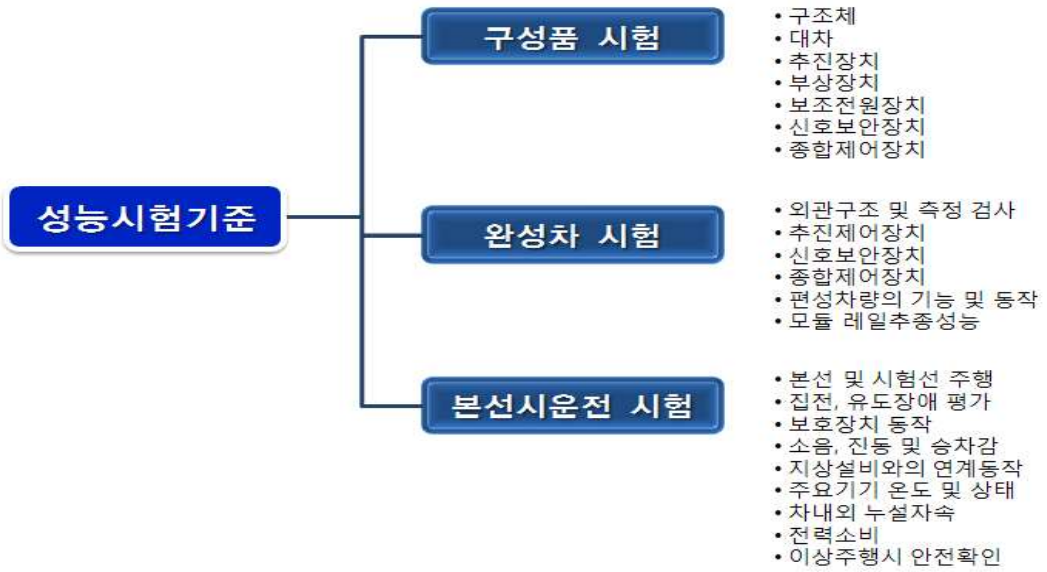


그림 성능시험기준의 구성 및 세부시험 항목

○ 구성품 시험

- 자기부상열차 차량을 구성하는 주요 구성품의 성능 확인을 위한 시험

- 차체 및 대차 구조 변경에 따른 시험항목 신설 및 수정

. 구조체 정적하중 시험 세부항목 및 지지방법 변경

. 대차 구조 변경으로 인한 세부항목 신설/삭제

- 자기부상열차의 기술적 특성에 따른 시험항목 신설 및 수정

. 부상장치 시험의 부상전자석 및 마그넷드라이버 관련 시험 항목 신설

. 추진장치 시험의 선형유도전동기 관련 시험 항목 신설

. 추진장치 시험의 추진제어 인버터 시험항목 수정

- 최근의 국제규격의 내용에 부합하도록 관련 시험내용 수정

. 구조체 시험 - EN 12663(2000)

. 추진장치 시험 - IEC 61287-1(2005), IEC 60349-2(2002), IEC 61377-1(2006)

. 보조전원장치 시험 - IEC 61287-1(2005)

. 부상장치, 신호보안장치, 종합제어장치 - IEC 60571(2006)

○ 완성차 시험

- 구성품들을 조립한 완성차량의 공장내 시험에 관하여 규정, 구성부품 조합시의 자기

부상열차 차량의 전체적인 성능 평가

- 차체구조 및 집전방식 변경에 따른 시험항목 수정

. 차체리프팅 시험 및 중량측정시험 방법 수정

. 집전장치 관련 시험항목 수정 및 삭제

- 대차구조 변경에 따른 시험항목 신설

. 대차모듈의 레일추종성능 시험

. 레일추종 및 단차통과 시험 신설

- 최근의 국제규격의 내용에 부합하도록 시험구성 및 내용 보완

. 완성차 시험 항목 - IEC 61133(2006)의 8. static tests

○ 본선시운전 시험

- 완성차 시험을 마친 자기부상열차 차량의 주행 성능, 지상 신호장치와의 연계, 소음/진동/승차감/전자기파 등 환경에 대한 영향, 이상 주행시 안전성 보장 등에 대하여 본선(또는 시험선)에서 종합적인 성능 평가

- 부상전자석 및 선형유도전동기로 인한 전자기적 영향 시험 신설

. 차내외 누설자속 측정 시험

. 착지시, 부상시 및 주행시 측정

- 부상장치의 이상시에 대한 안전 확인 시험 신설

. 집전장치를 통한 외부전력 공급 차단시 차량 내부 축전지에 의한 일정 시간 비상운행 능력 시험

. 착지륜에 의한 비상착지 시험

. 부상장치 제어기능 이상시 모듈의 흡착 상황에 대한 안전 확인

- 최근의 국제규격의 내용에 부합하도록 시험구성 및 내용 보완
. 본선시운전 시험 항목 - IEC 61133(2006)의 9. dynamic tests

□ 일정계획

시험명		시험절차서 개발 일정 (1-3과제)	성능시험기준 개발 일정 (1-4과제)	성능시험일정
구성품시험	구조체하중시험	'10.03	,09.03 (4차 초안)	'10.12~'11.01
	대차시험	'10.03	,09.03 (4차 초안)	'10.08~'10.11
	추진제어장치시험	'10.03	,09.03 (4차 초안)	'10.07
	보조전원장치시험	'10.03	,09.03 (4차 초안)	'10.06
	부상제어장치시험	'10.03	,09.03 (4차 초안)	'10.05
	종합제어장치시험	'10.03	,09.03 (4차 초안)	'10.08~'10.09
	신호보안장치시험	'10.12	,09.03 (4차 초안)	'11.09
완성차시험		'10.04	'10.06	'11.12
본선시운전		'11.06	'11.12	'12.02~'12.09

※ 개발된 성능시험기준(안)은 시험절차서 개발과정 및 자기부상열차 성능시험 과정 중에 관련 기관과 협의를 거쳐 지속적으로 수정/보완될 예정

라) 결론 및 특기사항

- 상기 사항은 성능시험자와의 협의 필요 사항을 내포하고 있으므로 향후 성능시험자와 협의 결정

3) 도시철도차량안전기준에관한규칙 개정방안 검토('10.03.04)

가) 목적

- 기존 『도시철도차량안전기준에관한규칙』이 경량전철을 포함하여 개정/공포(2010.1.19)됨에 따라, 1-4과제에서 개발한 『도시형자기부상열차안전기준(안)』을 개정된 『도시철도차량안전기준에관한규칙』에 포함하는 방안을 1-4과제에서 검토함
- 상기와 관련하여 1-4과제에서 작성(2010.2.24) 배포한 안전기준 조문대비표와 도시철도차량 안전기준 통합 개정 방안에 대해 검토 필요

나) 검토 내용

항목	내용
환경조건	안전기준의 규제는 칼날의 양면(안전성 증대, 비용 증가)을 가지고 있으므로, 환경조건 추가 시에는 자기부상열차에 국한하지 않고 도시철도 전체로 규정

	할 필요 있음
승객용 손잡이	도시철도 제34조(승객용 손잡이) 및 자기부상열차(안) “제38조 ③객실에는 승객에게 필요한 충분한 수의 손잡이를 설치하여야 한다.”로 규정되어 있는 것에 반해, 현재 기계연 시험선에서 시험 중인 시제차량은 이를 지키지 않은(?) 것 같은 부분은 같이 협의할 필요가 있음
속도 및 위치센서	속도 및 위치검지는 고무차륜, 모노레일 등 경량전철에서도 자기부상열차와 유사한 시스템을 가질 수 있고, 그 기능이 도시철도 제69조 및 70조 등에서 포괄적으로 규정하고 있으므로 별도로 규정하지 않아도 무방할 것 같음
신호보안장치(자동열차제어장치 이중구조)	○ ATC={ATP, ATO, ATS}의 함수관계가 일반화되기 전에 국내 일부 노선에서는 ATC를 현재의 ATP로 혼용한 시절이 있었으며, 『도시철도차량안전기준에관한규칙』의 69조(신호보안장치) 및 70조(신호보안장치의 동작)의 전체적인 내용도 열차제어장치라는 용어를 사용하면서도 실질적으로는 현재의 ATP에 해당하는 기능 위주로 기술하고 있음. ○ 그러나, 이 부분은 기존 도시철도 차량에서 풀어야할 문제이며, 통상적으로 무인운전을 하는 우리 사업의 경우는 ATO도 이중화되어 있는 것으로 이해하여 문제가 없을 것으로 생각할 수도 있음. ○ 반면, 좀더 세밀히 검토하면, ATS(차상신호 설비중 ADU는 ATS기능을 구현한다고 할 수 있음)는 우리 사업에서도 단중계로 설계된 것으로 이해하고 있으며, 또한 일부 신호용 안테나 등도 단중계로 설계되어 있어 법규와 상충된다고 할 수 있으나, ○ 통상적으로 "자동열차제어장치는 이중구조로 구성하여야 한다.“를 해석할 때, 자동열차제어장치(혹은 자동열차보호장치 ?)의 제어모듈의 이중계 구현 시 법규를 만족하는 것으로 이해되고 있으므로 본 문건을 유지해도 무방할 것 같음
종합제어장치(차량제어컴퓨터)	도시철도 71조 3항의 문건은 유지하는 것이 타당하다고 판단됨

다) 결론 및 특기사항

- '10.4.23일 사업단, 1핵심, 2핵심 및 1-4세부과제 합동회의 실시하여 각과제의 검토의견 조정/반영함

4) 도시형자기부상열차 성능시험 관련 일정검토(‘10.03.08)

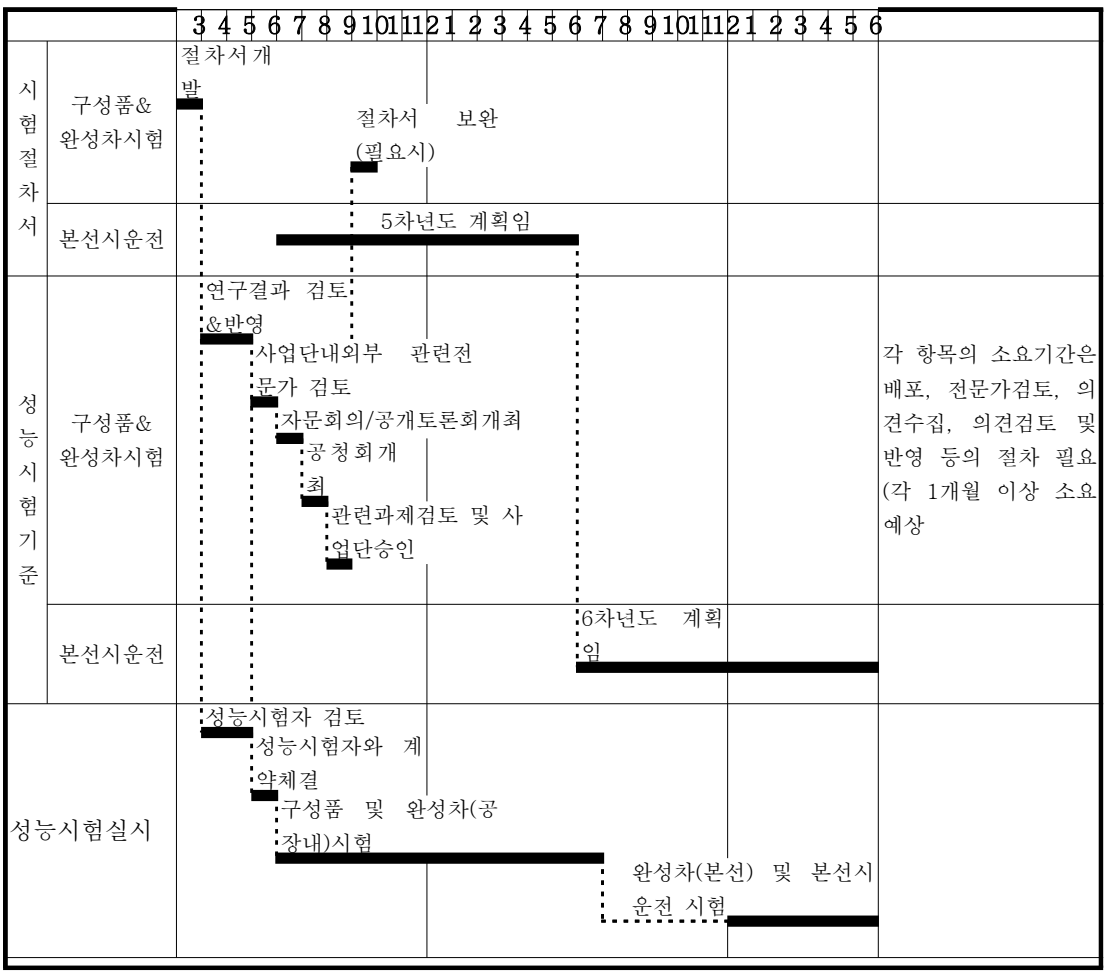
가) 목적

- 2010년 3월 3일 실시한 사업단 주관의 1-3과제 진도점검회의 후속 조치
- 성능시험 관련 제반사항(방법, 일정 등)을 검토

나) 검토 내용

□ 일정계획(안)

구분	2010년	2011년	2012년	비고



□ 일정계획 검토

○ 구성품 & 완성차 시험절차서
- 2010년 3월 3일 사업단 주관의 1-3과제 진도점검회의 시에 2010년 3월 말까지 개발 완료하는 것으로 1-3과제에서 확인함

○ 본선시운전 시험절차서
- 1-3과제의 연구개발계획 상 5차년도로 계획되어 있음
- 세부일정은 1-3과제의 확인이 필요함

○ 구성품 & 완성차 성능시험기준
- 2010년 3월 5일 1-4과제 메일 내용에 근거하고 있으나,
- 세부적인 일정은 1-4과제의 재확인이 필요함

○ 본선시운전 성능시험기준
- 1-4과제의 연구개발계획 상에 6차년도로 계획되어 있음
- 세부일정은 1-4과제의 확인이 필요함

○ 성능시험자 검토
- 성능시험계약을 위해 통상적으로 2개월 정도의 검토(시험절차서 검토) 기간이 필요함

○ 성능시험 계약체결
- 계약 체결의 법적 근거 : 사업일정 고려 시 도시형자기부상열차 성능시험기준 고시까지는 상당 기간이 소요 되므로, 도시철도법(도시철도차량성능시험에관한기준)에 따라

계약체결
- 계약 수행 시 적용 기준 : 도시철도차량성능시험에관한기준은 많은 부분에서 자기부상열차의 특성을 반영하지 못하고 있기 때문에, 도시철도차량성능시험에관한기준을 토대로 자기부상열차의 특수성을 검토/반영한 도시형자기부상열차성능시험기준(안)(1-3과제 개발 시험절차서 포함)에 따라 시험 수행
- 계약체결은 구성품시험, 완성차시험 및 본선시운전 전체에 대해 체결하되, 상세 비용 정산은 시험절차서(본선시운전) 개발 일정을 고려하여 순차적으로 정산
- 상기 계약 관련 사항은 1-3과제와 성능시험자 사이의 법적 타당성 검토 및 협의가 필요한 사항임

다) 결론 및 특기사항

- 도시형자기부상열차 개발, 성능시험절차서 개발 및 성능시험기준 개발이 병행 실시되고 있는 전체 사업일정을 감안하여, 자기부상열차의 성능시험은 도시철도법(도시철도차량성능시험에관한기준)에 근거하여 수행하되, 실질적인 성능시험은 도시철도차량성능시험에관한기준을 토대로 도시형자기부상열차 고유 특성을 반영하여 개발한 도시형자기부상열차 성능시험기준(안) 및 성능시험절차서(구성품시험, 완성차시험 & 본선시운전)에 따라 실시하기로 하였으나
- 5차년도에 1-4과제에서 성능시험기준(안)개발을 완료하여 현재 국토부 상정 중이며, 2011년 5월 경에 수행 예정인 성능시험은 본 성능시험기준에 따라 실시 예정

5) 도시형자기부상철도 운전규칙(안) 검토('10.04.08)

가) 목적

- 1-4세부과제에서 도시형자기부상철도 운전규칙 초안개발에 따라 개발 방향 및 세부 내용에 대해 검토

나) 검토 내용

항목	내용
개발 방향	○ 도시형자기부상철도 운전규칙은 도시철도 운전규칙에 반영되지 않은 도시형자기부상철도에 대한 사항(특성) 만을 보완하는 것이 타당하다고 판단됨. - 제시된 도시형자기부상철도 건설규칙(안)은 자기부상철도의 특성 반영 이외에 무인운전에 대한 특성이 많이 반영되어 있음. - 무인운전의 경우는 우선 도시철도(경량전철 포함) 운전규칙에서 전반

	적인 개정작업이 선행되고, - 이 개정 내용을 도시형자기부상철도 운전규칙에 반영하는 것이 바람직한 방안이라 생각됨
제3조 정의	○ “열차” 및 “차량”의 정의는 자기부상(안)에 특별한 사유가 없다면, 기존 도시철도 운전규칙 유지가 바람직.
제11조 본선 선로의 점검, 제15조 전차선로의 점검	○ 운행전 점검차량에 의한 순회점검(비 영업 운전 시간 등 동안의 본선 현황을 종합적으로 단시간 내 점검)과 선로, 전차선 등을 순회점검(설비 자체의 이상 유무 확인)하는 것과는 성격이 다르므로 도시철도 내용 유지 필요
제19조 통신설비의 검사 및 사용	○ 2항 및 3항의 내용이 거의 같음? ○ 3항의 “승객 수송 운전” ? “영업운전” ? 등 용어 선정
제22조 물품유치 검지	○ 2항 “무너질 우려” ? “이동될 우려” ? “침범될 우려” 등 용어 선정
제77조 수신호	○ 무인운전의 경우는 차내신호 방식에 의한 운전이 이루어진다고 볼 수 있으며, 이는 이미 “신호기를 설치하지 아니한 경우 또는 신호기를 사용하지 못할 경우”에 해당하지 않기 때문에 단서 조항인 “다만 무인운전을 하는 경우에는 그러하지 아니하다.”는 불필요 할 듯함.
부칙 제3조 도시철도 운전규칙과의 관계	○ “도시철도차량 안전기준”은 “도시철도 운전규칙”의 오타 인듯
개정개요 3.4절 표 내용(오타)	○ “운전계획과 마련하도록”은 “운전계획을 마련하도록”의 오타? ○ “간인운전대”는 “간이운전대”의 오타

다) 결론 및 특기사항

- 타과제의 검토 의견을 취합/반영하여 1-4과제에서 개발을 완료함

6) 현안사항 검토결과 및 기타

- RAMS 수행범위는 1핵심, 3핵심 및 사업단의 협의 및 전문가 자문회의 등을 수행하여 우리사업에서는 차량(전체), 신호(전체), 노반(분기기), 건축(PSD), 전력(제3궤조), 통신(양방향 무선 통신 설비)에 대해 수행으로 결정
- 성능시험방안은 1핵심, 1-3세부, 2핵심, 3핵심 및 사업단이 협의를 수행하여 사업단(안)은 도출하였으나, 이를 성능시험자와의 협의하여 최종 확정 필요
- 안전기준 개정방안 검토의견에 대해서는 사업단, 1핵심, 2핵심 및 1-4세부과제 합동회의 실시하여 각과제의 검토의견 조정/반영함
- 성능시험일정은 차량개발 일정을 고려하여 1-3세부과제가 성능시험자와 검토/협의 필요(2011.5월 경에 성능시험 시작 예정임)

- 운전규칙 관련 사항은 관련 과제의 검토의견 취합/반영하여 개발 완료함

(4) (인터페이스 관리를 통한 실용화사업총괄 및 시스템통합 지원)결과

(가) 문제점 및 보완계획

세부연구내용	문제점	보완계획
사업단과 업무 회의 : 각종 현안에 대해 사업단과 협의를 실시	신호설비와 차량 간 인터페이스 일정 리스크 발생	사업단주관/1핵심지원의 차량-신호분야간 인터페이스 협의체 구성하여 해결함
	RAMS 수행범위에 대해 1-2 과제와 3핵심과제 상호 이견 발생	8차에 걸친 사업단과의 현안회의 및 1핵심과제 검토 의견, 3핵심검토의견, 전문가 자문의견과 해외시장개척 등의 다각적인 내용을 종합하여 사업단에서 수행 범위 결정함
인터페이스 모니터링 및 관리 : 4차년도 전반에 걸친 타 시스템간의 I/F 모니터링 실시	4차년도 인터페이스 완료율 85.1%	5차년도에는 해당과제 방문 이터페이스 점검 및 지연 사항에 대해 독려를 통해 완료율 향상 예정

(나) 기대효과 및 활용계획

○ 시범노선 운영시나리오

신교통 시스템으로 개발되는 자기부상열차의 대중교통시스템으로서의 안전성과 신뢰성을 확보하고, 시범노선에서 안전하고 효과적이고 신뢰성 높은 열차서비스 제공 및 저비용 고효율의 서비스 제공을 위해 개발된 시범노선 운영시나리오는 차량, 전력, 신호, 통신, 기계, 검수, 건축 등 시범노선 각 하부시스템 설계의 기준을 제공하였으며, 향후 운영기관이 작성할 시범노선 운영 및 유지보수 지침/규정의 기본개념 정립에 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

나. SEMP에 따른 리스크관리계획 작성 및 관리

(1) 개요

- "SEMP에 따른 리스크관리계획 작성 및 관리"의 연구목표 달성을 위한 세부 연구 내용을 ①리스크관리계획 보완, ②리스크 항목 도출 및 ③리스크관리로 계획하고 연구 수행

연구내용	세부내용		개요	산출물
SEMP에 따른 리스크관리계획 작성 및 관리	1	리스크관리계획 보완	기술적 리스크에 초점을 둔 리스크 관리계획서의 작성/보완	-리스크 항목(안)이 포함된 리스크 관리계획서 -시스템엔지니어링 관리계획
	2	리스크 항목 도출	차량시스템 및 차량외 시스템을 주 분류로 한 세부기술별 전문가 의견에 따른 리스크 항목 도출	
	3	리스크 관리	리스크 관리계획에 따른 관리활동 수행	

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(4차년도) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도(%)
SEMP에 따른 리스크관리계획 작성 및 관리													
1.리스크관리계획 보완	·····	·····	·····										100%
	———	———	———										
2.리스크 항목 도출	·····	·····	·····										100%
	———	———	———										
3.리스크 관리(항목별 월간 단위관리)				·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
				———	———	———	———	———	———	———	———	———	

····· 당초계획

——— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) SEMP

1) 개요 및 목적

- SEMP는 사업의 총괄관리업무 및 시스템엔지니어링 통합업무를 관리하기 위한 기본문서로서, 사업에 참여하는 모든 사업주체들이 수행할 업무나 서로 협력해서 수행할 업무에 대해 정형화된 프로세스를 기술하여 각 담당자들의 역할과 책임을 명확히 하는데 그 목적이 있다.
- 본 사업을 추진함에 있어 각 핵심과제의 목표 달성을 위한 수행계획은 각 사업의 과제계획서에 상세히 기술되어 있으나 각 핵심과제들이 공동으로 수행해야 할 업무에 대해서는 종합적으로 기술한 독립적 문서가 필요하다. 이러한 배경에서 시스템 엔지니어링 관리계획서는 다음과 같은 목적을 가지고 작성되었다.

. 업무 프로세스의 문서화 : 사업단이 사업관리를 위하여 수행할 업무나 서로 협력해서 수행할 업무에 대해 정형화된 프로세스를 기술하여 각 담당자들의 역할과 책임을 명확히 하는데 본 문서작성의 일차적인 목적이 있다.

. 시스템 엔지니어링 관리 기법의 적용 : 본 사업에서는 현재 시스템 엔지니어링 분야에서 널리 사용되는 관리기법 중 본 사업에 적용했을 때 효과성이 기대되는 기법을 본 사업에 적용함으로써 사업의 효율성을 제고하며 성공적인 사업수행과 함께, 본 사업의 경험을 향후 철도분야 시스템개발에 유용한 도구로 활용하는데 있다.

2) 구성 및 주요내용

- 일반적인 SEMP의 형태는 사업의 특성에 따라 달리 나타난다. MIL-STD-499A에 나타난 대표적인 SEMP의 내용구성은 다음과 같다.

① 기술 프로그램(프로젝트) 계획, 적용, 통제

② SE 프로세스

③ 특수 엔지니어링 활동

- 사업의 계획, 적용, 통제 부문 : SEMP의 1장과 2장에는 사업의 최종목표, 세부기술목표, 사업의 전체일정표, 시스템엔지니어링관리 통합추진일정, 개발사업의 전체조직 및 각 조직책임자의 책임과 권한에 대하여 기술

하였으며, 5장과 6장에는 리스크 관리계획과 기술성능지표 관리계획을, 그리고 9, 10장에는 인터페이스 및 문서관리계획을 기술하였다.

- SE 프로세스 관리부문 : SE 프로세스의 내용으로는 시스템 필요성/타당성 분석, 운용요구사항, 유지보수개념, 기능분석, 요구사항 할당, 시스템조합/분석/절충연구, 설계통합 및 지원, 시스템시험평가, 생산 건설지원, 장비폐기 및 재활용, 시스템 변경 및 보완 등의 내용이 기술된다. 먼저 시스템의 필요성 및 타당성 분석에 대해서는 본 프로그램의 기획단계에서 기 수행된 바 있으며, 생산 및 건설지원은 각 시스템 개발과제 내에서 자체적으로 수행되어 진다고 볼 수 있다. 따라서 본 사업의 SEMP 3, 4, 7, 8장에서는 운용요구사항, 기능분석, 설계통합 등의 관점에서 시스템요구사항 관리계획, 시스템규격서 관리계획, 설계검토, 설계변경관리계획 등을 구체적으로 정의하고 있다.

- 특수 엔지니어링 활동 부문: 본 사업에서 수행되는 전문공학분야는 RAMS(Reliability, Availability, Maintainability and Safety) 및 LCC (Life Cycle Cost) 분석, 시험평가 및 인증, 관련 법 규정보완 등이 수행되며 이들은 모두 시스템 통합 1핵심의 세부과제의 형태로 관리되고 있다.

3) 이력 및 개정내용

- 본 사업의 SEMP는 2008년 2월 22일 초안이 작성되어, 각 핵심과제 및 사업단의 검토를 거쳐 2008년 5월 9일 ver. 1.1 의 승인이 얻어졌다.
- 본 사업의 SEMP는 사업프로그램의 계획, 적용, 통제와 시스템 설계, 분석, 시험평가 및 특수엔지니어링 활동을 포함하는 내용으로 인하여 다양한 사업 참여 주체의 역할분담과 책임소재를 보다 분명히 할 필요가 있다. 이러한 필요에 따라 SEMP의 보완, 개선이 지속적으로 이루어지고 있다.
- 1차 개정을 통한 Ver. 1.2는 2009년 6월 15일 작성이 완료 되었다.
- 4차년도 시스템엔지니어링관리계획(SEMP) 개정관련 진행 현황

일 시	내 용

2009.12.04	1-2세부과제, 1-4세부과제, 3핵심과제검토의견을 반영한 개정안(Rev.1.3.00) 작성
2009.12.07	SEMP(Rev.1.3.00) 사업단 승인요청
2009.12.21	사업단 2차 검토의견 수신
2010.03.04	전문가 초청 세미나 실시 - 일 시 : 2010년 3월4일(목) 14:00 ~ - 장 소 : 한국기계연구원 2층 세미나실 - 강 사 : 미국 GA(General Atomics)사 김인근 박사 - 주 제 : 도시형자기부상열차 System Safety and Commissioning
2010.03.11	사업단 2차 검토의견을 반영한 개정안(Rev.1.4.00) 사업단 승인요청
2010.04.22	사업단 승인(사업단 검토의견 보완 조건부 승인)
2010.04.22	SEMP 전문가 자문회의 실시
5차년도 이력	5차년도 내용은 본보고서 제3장 제7절 3-5의 1)항 참조

- SEMP Ver 1.4 개정방향

첫째 : 전체 SEMP의 구성은 초안을 유지한다.

둘째 : 전체 항목별 관리계획을 가능한 한 육하원칙에 따라, 각 장 (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9)에 대하여 관리대상 및 주체, 관리방안 및 프로세스, 결과물 및 관리문서 등의 항목으로 일관되게 정리하였다.

셋째 : SEMP의 내용 중 책임의 모호성을 가능한 한 배재하였다.

이러한 개정/보완 방향에 따라 변화된 SEMP의 내용을 보다 구체적으로 설명하면 다음과 같다.

(1) 성과물 및 관리문서의 정리

3장의 시스템 요구사항 및 규격서 관리계획에서는 <운영 개념서>, <시스템 요구사항서>, <시스템 규격서>, <세부시스템(차량시스템, 신호 및 열차제어시스템, 통신시스템, 전력시스템, 선로구축물, 차량기지시스템, 역사시스템) 규격서> 등이 구체적인 성과물로 나타나며, 설계검토, 설계변경관리 등을 통해서는 <설계검토 결과보고서(설계검토 체크리스트)>, <요구사항 및 규격 추적성 검토보고서>, <설계변경 요청서/검토의견서/기술검토서/심의결과보고서/승인> 문서 등이 있다.

리스크관리 및 TPM 관리를 통해서는 <리스크관리계획서>, <리스크관리보고서>, <TPM 결과보고서 >등이 있으며, 특수엔지니어링 활동을 통하여 나타나는 관리문서는 먼저 RAMS 활동과 관련하여 <시스템 RAM계획서/보고서>, <Safety 계획서/보고서>, 그리고 각 <서브시스템별 RAM계획서/보고서>, <Safety 계획서/보고서> 등이 있으며, 시험인증과 관련하여서는 <시험평가 종합계획(TEMP)>, <구성품 시험계획서/절차서>, <완성차 시험계획서/절차서>, <본선 시운전 시험계획서/절차서>, <통합계측시스템 기본설계서> 등이 있다.

(2) 설계변경 프로세스의 개선

설계변경관리는 사업의 전반에 영향을 미치는 변경을 관리하는 것을 말하며, 다음의 변경을 포함한다.

- RFP의 변경 또는 협약서 변경
- 선정기관의 요구에 대한 변경(제안서 변경 등)
- 변경으로 인해 다른 과제의 사업비 및 일정에 영향을 미칠 수 있는 변경

상기 설계변경은 다시 일반변경과 중요변경으로 구분하는데 그 기준은 아래 표 1에서 보이는 바와 같다.

표 1. 설계변경관리 구분

구분	일반 변경	중요 변경
사업비	사업비의 20% 이내의 변경	사업비의 20% 이상의 변경
일정	사업일정의 60일 이내의 지연	사업일정의 60일 이상의 지연
인터페이스	변경사항이 타 과제에 영향을 주지 않는 사항	변경사항이 타 과제에 영향을 주는 사항(특히, 요구사항 또는 규격변경이 필요한 사항)

본 사업에 관계하는 각 세부과제에서는 설계변경이 필요한 경우, 시스템통합과제(1핵심과제)에 설계변경을 요청할 수 있다. 1핵심과제에서는 설계변경 요청서 접수 후 관리 프로세스에 따른 활동을 총괄/조정하며, 이때 필요한 경우 각 핵심과제 및 세부과제, 사업단 등에 협의 요청을 할 수 있다. 1핵심과제의 총괄/조정 업무의 범위는 설계변경 요청 사항에 대한 변경관리 대상의 구분, 각 핵심과제로의 회람 및 기술검토 요청 및 취합, 추적성 검토보고서 접수 및 분석, 설계변경 심의위원회의 소집 요청 및 심의요구서 작성, 설계변경 심의 결과의 회람 및 최종 설계변경 승인요청서의 작성 및 사업단 승인 요청 등을 포함한다. 설계변경 프로세스는 그림 1과 같다.

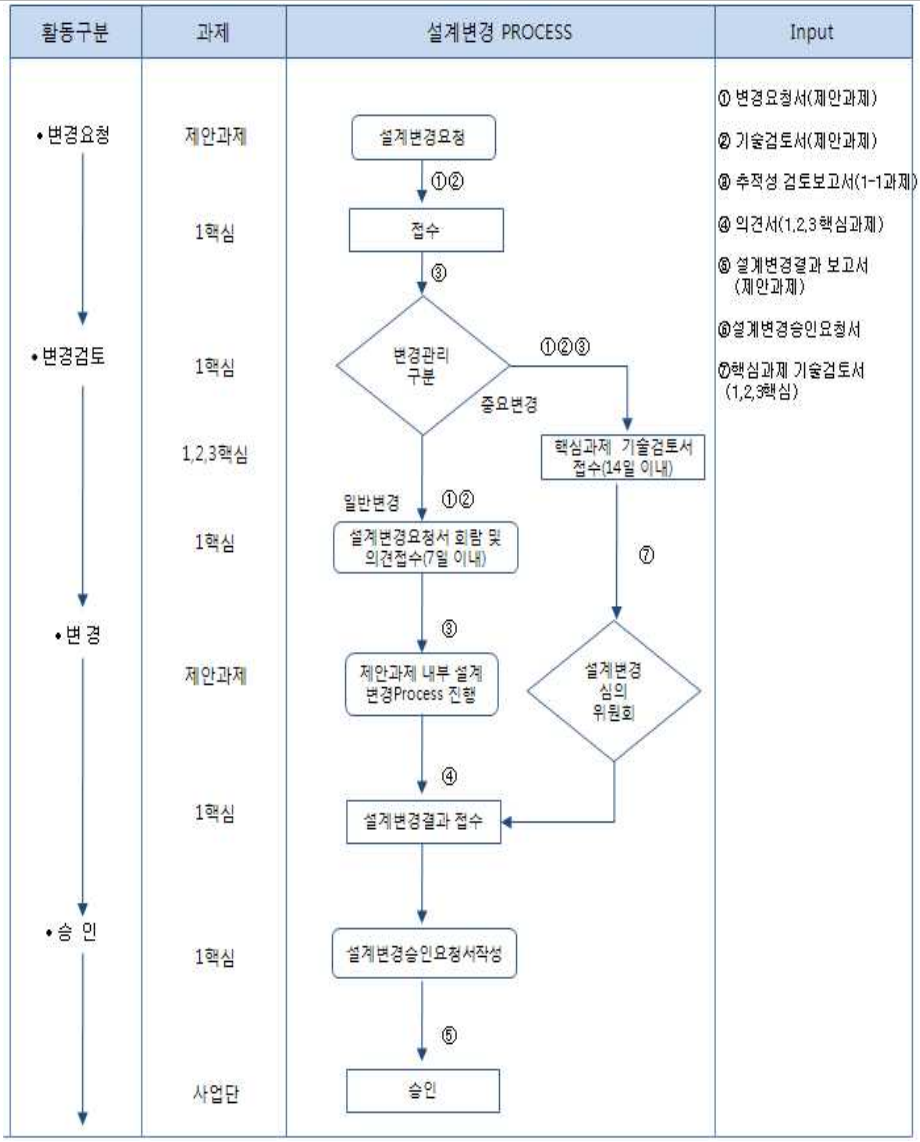


그림 1. 설계 변경 프로세스

4) 주요 활용 내용

- 1-1 세부과제관리(SE 동향보고서 및 interface 관리)를 통한 과제간 쟁점사항, 요구사항 및 규격서 관리, 분야별 DR 검토 등 사양추적관리 수행
- 1-1 세부과제관리(SE 동향보고서)를 통한 관리문서 현황 모니터링 : 아래 표는 2010년 5월 첫째주 현재의 SE 관리문서 현황을 보이고 있다.

SEMP	관리문서	버 전	현 황	담당과제	비 고
	SEMP	Rev.1.2.01	검토	1핵심	
SEMP 1장	사업일정표		-	사업단	
SEMP 2장	조직도	4차년도	-	1핵심	

SEMP	관리문서		버 젼	현 황	담당과제	비 고
SEMP 3장	시스템요구사항서		Rev.0.0.06	승인	1-1세부	
	PBS	차량	Rev.3	미승인	1-1세부	
		신호	Rev.4	미승인	1-1세부	
		통신	Rev.3	미승인	1-1세부	
		전력	Rev.3	미승인	1-1세부	
		역사	Rev.2	미승인	1-1세부	
		선로	Rev.4	미승인	1-1세부	
		차량기지	Rev.4	미승인	1-1세부	
	시스템규격서		Rev.0.0.04	미승인	1-1세부	
	서브시스템 규격서	차량	Rev.0.0.04	미승인	1-1세부	
		신호	Rev.0.0.04	미승인	1-1세부	
		통신	Rev.0.0.04	미승인	1-1세부	
		전력	Rev.0.0.04	미승인	1-1세부	
		역사	Rev.0.0.05	미승인	1-1세부	
		선로	Rev.0.0.05	미승인	1-1세부	
		차량기지	Rev.0.0.05	미승인	1-1세부	
SEMP 4장	운영개념서		Rev.0.0.01	미승인	1-1세부	
	운영시나리오		Rev.0.4.00	미승인	1핵심	
SEMP 5장	리스크관리계획서				1핵심	
SEMP 6장	TPM					
SEMP 7장	검증요구사항서(VR)		2010.02.04	진행	1-1세부	
SEMP 8장	설계변경관리				1핵심	
SEMP 9장	인터페이스 관리문서		2009. 11. 10		1핵심	
SEMP 10장	시험평가계획서		Rev.0.0.B	검토	1-3세부	
	시험절차서		Rev.A	검토	1-3세부	
	법령 및 규정	건설규칙	Rev.0.0.12	미승인	1-4세부	
		안전기준 규칙	Rev.0.0.12	미승인	1-4세부	
		표준규격(안)	2008. 04 30	미승인	1-4세부	
		선로시설 표준규격	2008. 04 30	미승인	1-4세부	
		전력시설 표준규격	2008. 04 30	미승인	1-4세부	
		신호 및 열차제어설비 표준규격	2008. 04 30	미승인	1-4세부	
		성능시험기준(안)	2008. 04 30	미승인	1-4세부	
	정밀진단지침			미승인	1-4세부	
	품질인증요령			미승인	1-4세부	
SEMP 11장	RAMS			미승인	1-2세부	
	LCC			미승인	1-2세부	

- 1-2, 1-3, 1-4 세부과제관리를 통한 RAMS, LCC, 시험평가 및 인증, 법규정 보완 관리 : 이 부문에 관해서는 세부과제관리부문을 참조할 것.

- 리스관리계획 수립 및 관리 : 다음 항에서 별도 기술

- TPM 관리계획 개선 : 기존의 SEMP내에서 TPM 관리계획의 미비함을 개선하고 차년도부터 실질적인 TPM 관리가 수행되는 체계를 마련한다. 이하에서는 개선하고자하는 TPM 관리계획에 대한 간략히 기술한다.

일반적으로 기술성과측정(TPM - Technical Performance Measurement)은 개발일정에 따라 선정된 주요성능요소(Key Performance Parameters)의 예측치를 설정하고, 실측치와 비교하여 기술의 달성도를 측정하는 방법으로서 사업관리자가 의사결정을 할 수 있는 기준이 된다.
기술성과측정 관리를 통하여 사업관리자는 중요 기술적 성과들의 목표값과 실제 획득값의 일치성을 과제의 수행 기간 동안 지속적으로 검증하여 원하는 목표 값에 효과적으로 도달하도록 한다. 이러한 TPM관리의 효과로는 기술적 문제점 조기경고 및 관리효과 제고, 회복 불가능한 비용초과 및 일정지연을 초래할 새로운 위험요소 제거, 운용요구조건 충족여부 평가 기여, 시스템 성능 변화에 따른 영향 평가 등을 들 수 있다.

(1) 주요성능요소 (KPP; Key Performance Parameters)의 선정

기술성과측정에 필요한 주요성능요소(Key Performance Parameters)는 시스템요구사항을 반영한 MOP (Measure of Performance)에서 직접 선택할 수 있다. MOP에 속하는 요소로는 개발시스템의 운용성능 요구도를 반영한 MOE (Measure of Effectiveness) 및 개발시스템의 운용환경, 보수유지성 및 인간요소와의 적합성을 고려한 MOS(Measure of Suitability)에서 추출된다. 일반적으로 KPP의 결정은 시스템 운영자, 사업관리자, 시스템개발자 상호간의 계약 및 협의에 의해 결정된다.
본 사업에서의 MOP (Measure of Performance)로서 주요성능요소(Key Performance Parameters)는 전체 시스템의 정량적 개발목표 항목으로서 다음과 같다.

표 본 사업의 주요성능지표

MOP 명	목표 값 (허용편차범위)
차량길이	28 m
공차중량	40 ton 이하
실내소음	65 dB 이하
실외소음	70dB(A)이하(25m, peak)
승객	93명/량 이상
부상공극	8mm 이하, 편차 : ±3.0mm 이하 at 110km/h
최대등판능력	70‰ 이상
가속성능	4.0km/h/s 이상
감속성능	상용_4.0km/h/s이상, 비상_4.5 km/h/s 이상
최소수직곡선반경	1000mR 이하
최소수평곡선반경	50mR 이하
승차감	UIC 기준 2.0 이하
궤간	1,850mm 이하
교량처짐한계	L/1500~L/2000
내진	리히터 규모 5.5 이상
수직단차	1mm 이하

수평단차	0.5mm 이하
분기속도	25초 이내

(2) 기술성과측정 수행방법

TPM은 일반적으로 도식화 부문과 이에 대한 서술적 설명 형태로 나타난다. 대표적인 TPM 도표는 그림 2와 같으며 TPM 도표의 가로축은 개발일정 및 주요설계단계를 표시하고, 세로축은 기술파라메타의 값을 표시한다. TPM 도표에는 아래의 선도 및 값들이 도시된다.

- 계획선도 (Planned Profile) : 개발 시작단계부터 매 일정 단계에 대한 주요성능 파라미터 달성도의 기준 선도를 의미
- 목표치 (Goal) : 계약종료시 예상되는 기술 파라미터 값
- 현 달성치 (achievement to date) : 마일스톤 일정계획에서의 현재 측정된 기술 파라메타 값
- 허용편차범위 (Tolerance Band) : 관리적인 측면에서 예상 오류편차의 한계범위로서 규격서에서 제시되는 요구조건
- 허용한계치 (Threshold) : 통상 계약상에 나타난 허용한계치를 의미
- 편차 (Variance) : 계획치와 달성치 (분석, 시험, 또는 시연)와의 차이

한편, TPM 서술적 설명 부문에는 도표에 대한 일반 설명, 계획선도에서 벗어난 편차의 원인에 대한 설명, 편차 제거 방안제시 혹은 기술적 보완을 위한 대안 제시, 사업에 미치는 심각성 등이 기술되어야 한다.

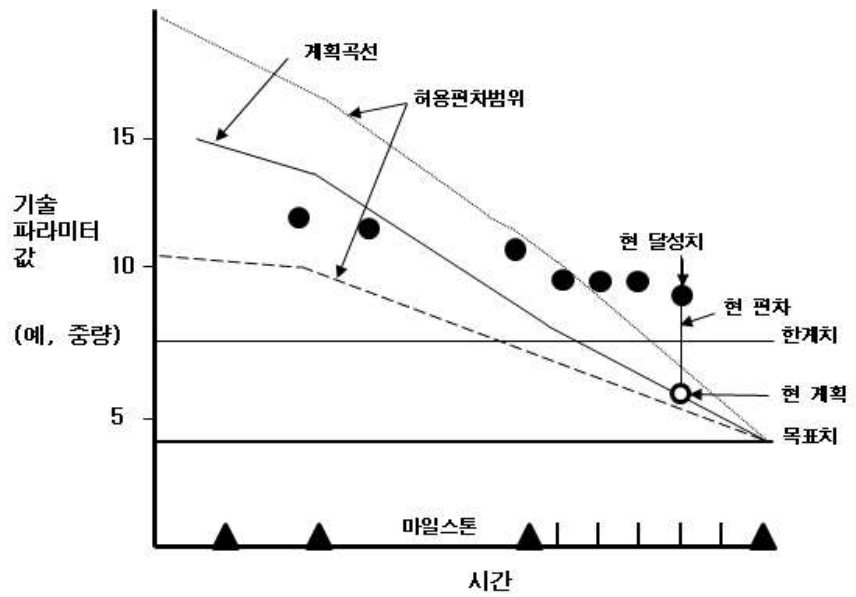


그림 6. TPM 도표 일례

(3) TPM 관리 프로세스

본 사업의 TPM 관리프로세스는 다음과 같다. TPM 관리대상의 항목선정은 1핵심이 주관하여 2, 3핵심과 협의하여 선정하고, 이에 대하여 사업단의 추인을 받는다. 선정된 항목에 대하여 각 세부과제에서는 이의 진행사항을 각 핵심에 보고하고, 핵심과제는 항목을 취합/관리하며 취합 결과를 1핵심에 제공한다. TPM 항목에 대한 요청 주기는 시스템 주요 마일스톤 및 담당자가 필요시 수행하며, 1핵심과제는 취합 결과를 모니터링하고, 프로파일을 작성하고 사업단에 보고한다.

- SEMP 자문회의 수행 : 2010 년 4월 19일, 22일 에 걸쳐 6명의 국내 전문가를 모시고 SEMP 개정방향 자문회의를 개최하였음.
  자문위원의 인적사항은 다음과 같다.

	소속 / 성명 / 직위/성명	전화번호/ 핸드폰	e-mail	검토서	자문회의참가
1	한국철도시설공단 김광길 단장	011-9008-0571	gwanggil@hanmail.net	제출	참석
2	국방과학연구소 김종원 선임연구원	042-821-3036, 010-5074-3032	jwkim@add.re.kr	제출	참석
3	광운대학교 이기서 교수	02-940-5154/010-7193-5154	kslee@kw.ac.kr	제출	불참
4	서울산업대학교 이종우 교수	02-970-6874 019-461-3901	saganlee@snut.ac.kr	제출	참석
5	한국SE협회 (KCOSE) 한명덕 부회장	053 756 4368 010-5076-4368	hanmydog@chol.com	제출	참석
6	한국철도기술연구원 한석윤 수석연구원	031-460-5701/019-277-8531	syhan@krri.re.kr	제출	참석

- SEMP 자문회의는 상세항목 검토 및 전체검토의 형태로 진행되었으며, 전체검토의견 결과는 다음과 같다.

위원명	검토의견	조처계획
한명덕	기 작성된 세부 사항에 대해서는 이미 많이 검토가 되었겠습니다만, 일반적으로 SEMP에 포함하는 몇 가지 항목이 구비된다면 더 좋은 계획이 될 것 같습니다.	(1) SEMP 전체구성을 사업계획 및 통제, SE프로세스, 특수공학 등의 3개로 대분류하는 문제: 현재의 시점에서 전체 장 구조를 변경하기는 곤란함. (2) 본 사업의 SE프로세스는 3장, 6장, 7장의 내용인 시스템요구사항, 규격서 제정에 따른 설계변경관리, 각 단계별 Design Review, 규격관리(VM), 시험평가 관리의 형태로 진행되고 있음. 위원님의 적절한 SE 프로세스 예제 제시가 있으면 큰 도움이 될 듯함. (3) 전문공학분야 중 특수공학분야 지적에 관해서는 RAMS 수행범위내의 안전성검토는 세부과제의 형태로 수행중에 있음. 단 특수동학분야 지적부문은 추후 검토를 고려하겠음. (4) 나머지 세부 수정사항은 충분히 반영토록 함
김종원	- 형상관리 및 품질보증 프로세스에 대한 구체화된 내용이 필요함 - SW (특히 내장형 SW)에 대한 관리 방법 및 관리 수준의 정의가 필요함 - RAM 분석만으로는 시스템 전체를 개발하거나 전체 수명주기 비용을 예측하는 것은 어려울 것으로 판단됨.	(1) 형상관리 및 품질보증 관련하여서는 본 시스템의 복잡성으로 인하여 시스템규격서, 규격관리, 시험평가관리를 통해 수행되고 있는 사항임. (2) SW 관리에 관해서는 RAMS 활동과 관련하여 SW 등 구체적인 성과물 관리가 현재 적용되고 있음 (3) 전체수명주기 비용예측 부문은 1-2세부과제내 RAMS 및 LCC 분석을 통하여 예측중에 있음. 이부문의 내용을 SEMP에 적절히 반영토록 함 (4) 나머지 세부 수정사항은 충분히 반영토록 함
이기서	도시형자기부상열차실용화 사업 SEMP는 전체적으로 잘 구성되어 있음 단 RAMS 활동에 대한 부분이 국내에서는 이해가 부족하여 적절히 반영되지 못하고 있으므로 IEC(CENELEC)	RAMS 관련 활동은 세부과제 1-2에서 별도로 구체적으로 계획/수행중에 있으며 RAMS활동은 RAM과 Safety로 구분되어 관리되고 있음. 또한 관리절차도 EN50126(IEC62278)의 프로세스를 가능한 한 따르는 형태로 진행 중에 있음.

위원명	검토의견	조처계획
	STANDARD를 준수 할 수 있도록 하는것이 필요함	이에 관한 SEMP내 미진한 표현을 추정조처 하도록 하겠음.
한석윤	○ 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP)은 개념 및 선행기획단계에서 작성하고, 개발단계 진척에 따라 신규 요구사항이나 변경을 수용하여 “update”하며, 작성 이후에는 ‘이행’을 점검하는 것 임. 이러한 관점에서 본다면 자기부상열차 실용화 사업 SEMP의 작성효과를 높이기 위해서는 사업 시행 초기인 2006년도에 작성하고 현 단계에서는 개발단계 진척에 따른 신규요구사항이나 변경을 수용하여 “update”하며, 작성된 내용에 대해서는 ‘이행’을 점검하는 방식으로 SEMP를 활용과 적용한다면 더욱 효과적일 것임. 점검관련 일부 예시는 다음과 같음 - 이해당사자간의 상호의사전달은 명확하게 이루어지고 있는가 ? - 당초 계획 대비 실행은 적절했는가 ? 지연은 없는가 ? - 당초 계획예산 대비 확보예산과의 차이가 사업계획에 어떤 영향을 주었가 ? ○ 시스템의 성능시험과 안전성 검증의 객관성 확보 전략을 서술함으로서, 연구의 내실과 성과확산에 도움이 되도록 하는 것이 바람직함	(1) SEMP의 작성은 사업의 본격적인 착수이전에 수행될 필요에 대해서는 공감함. 그러나, 국가 대형국책사업에서의 SE적용의 본격적인 사례가 부족한 국내현실이 반영된 사항을 양해 바람. (2) SEMP의 내용을 점검/통제하기 위해서는 사업 수행체계 적절한 형태가 반드시 요구됨(적절한 권한/의무가 주어져야 할 것으로 판단함). 이와 관련하여서는 추후 국책과제 수행에 적극반영 될 필요가 있음. (3) 유사철도시스템 혹은 추가적인 자기부상열차시스템 개발사업 수행시에는 본 사업의 SEMP 관련 다양한 연구실적 및 내용이 사업의 성공에 결정적인 역할을 할 것으로 기대함. (4) 시스템의 성능시험 및 안전성 검증과 관련하여서는 핵심과제내 세부과제 1-2, 1-3에서 별도 구체적으로 관리되고 있음 : TEMP 및 RAMS 계획
이종우	- SE 활동을 하기 위해서 상당한 연구가 진행된 것으로 사료됨 - 다음과 같은 사양을 전체적으로 고려하여 SE를 고려하	(1) 운용시나리오를 시스템개발 목표와 연계하는 것은 매우 필요한 사항으로 이에 관해 가능한 한 반영하도록 노력하겠음. (2) 본 사업은 운용시나리오에 기초한 것이라기 보다, 시스템의 성공적

위원명	검토의견	조처계획
	는 것이 필요함 ① 운용 시나리오를 명확하게 제시하는 것이 필요함 - 유인운전 혹은 무인운전 - 정상운전 혹은 고장 시 운전 - 운용환경 - 역과 역사이의 운용 - 역과 기지간의 운용 - 기지 내에서의 운용 등과 같이 구체적으로 명시하는 것이 필요함 ② 운용환경에 따라 시스템 활동서를 관리하는 것이 필요함 ③ RAMS에서 안전성(Safety)로 분리하여 고려하는 것이 필요함 ④ 시스템 엔지니어링 활동의 추적성을 운용안에 따라 명시하는 것이 필요함 - 설계 변경 시 최종적으로 운용안과 RFP에 어떤 영향을 미치는 가에 대한 추적성이 보이지 않음 - 활동이 PM과 SE가 혼재되어 있어, 분리하여 관리하는 것이 필요함	인 개발을 우선하고 관련한 시범노선을 건설하는 데 목표가 우선하는 면이 있음. (3) 설계변경관리 부문에서 시스템요구사항, 운용개념과의 일치성을 갖도록 추진하겠음. (4) 활동이 PM과 SE가 혼재된 경향이 있으나, 현재의 체재에서 다시 이를 분리하기는 곤란한 시점에 있음. 이는 앞의 한명덕 위원님의 지적과 깊은 관련이 있는 것으로 판단함.

5) 향후 활용 계획

- 1-1 세부과제관리(SE 동향보고서 및 interface 관리)를 통한 과제간 쟁점사항, 요구사항 및 규격서 관리, 분야별 DR 검토 등 사양추적관리 수행을 효과적이고 지속적으로 모니터링한다.
- 개정된 SEMP에 따라 관리문서 현황 모니터링방법을 개선한다.
- 1-2, 1-3, 1-4 세부과제관리를 통한 RAMS, LCC, 시험평가 및 인증, 법 규정 보완 관리를 수행한다.
- 리스관리계획에 따라 리스크 관리를 수행한다.
- TPM 관리계획에 따라 TPM 관리를 수행한다.
- 필요시 SEMP 수정을 수행한다.

(나) 리스크관리

1) 리스크관리 일정

내 용	4차년도(2009.6.20 ~ 2010.6.20)											
	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6
리스크관리계획초안작성/ 관련기관 검토의뢰	■	■										
관련기관 검토의견 수집 및 1 차수정안작성			■									
1차수정안 관련기관 검토의견수집 및 2차수정안 작성				■	■							
2차수정안에 따른 리스크대처방안작성						■	■	■	■			
2차수정안에의한 리스크 대처방안 이행 관리										■	■	■

2) 리스크관리 수행결과

가) 리스크관리 수행내용

일 시	내 용

2009.08.26	리스크 관리계획초안 작성 관련기관 검토 요청
2009.11.02	리스크 관리계획초안 관련기관 검토 재요청
2009.11.25	1-2과제, 1-4과제, 3핵심과제 검토의견을 반영한 수정안 (Rev.0.2.00) 작성
2009.12.02	수정안(Rev.0.2.00) 사업단 승인요청
2009.12.11	리스크관리계획 수정안(Rev.0.2.00)에 대한 관련기관 검토의견 접수
2010.3.10	관련기관 수정안 반영 3차수정안(Rev.0.3.00) 작성, 관련기관 검토
2010.4.12	관련기관 검토 반영 4차수정안 (Rev.0.4.00) 작성
2010.04.29	리스크관리계획 4 차수정안에 대한 2핵심방문협의
5차년도 이력	5차년도 내용은 본보고서 제3장 제7절 3-4 참조

나) 리스크관리 수행결과

○ 리스크관리계획초안에서 도출된 리스크 항목

구 분	항 목
부상계	자기부상열차 운행 중 부상계의 일부가 고장이 발생함. 그러나 부상계가 고장났다는 것을 알 뿐 부상계의 전부 또는 일부 , 부상계 어느 차량, 몇 번 대차, 몇 번 코너, 어느 부품 (예: gap 또는 가속도 센서, chopper, 부상제어기 , 신호선, 전자석)에서 문제가 있는지 즉각적으로 파악이 필요. monitoring 이 필요.
	운행 중 부상제어기 /chopper / Sensor 고장 .
	운행 중 dc/dc 고장.
	운행 중 과도한 궤도수직단차로 (3 mm 이상) 인한 부상제어의 불안정 발생
	과부하 (너무 많은 탑승인원) 으로 인한 부상제어 실패
	계속된 과부하 운행으로 인한 전자석 절연파괴
	정지부상 또는 운행 중 궤도 진동 발생
추진계	운행 중 vvvf 1 대 고장발생
	운행 중 vvvf 2 대 모두 고장발생
	겨울철 Reaction plate 상 결빙으로 인하여 추진이 불가능.
	추진계 고장 시 추진계를 구성하는 부품 중 어디에서 (예 : 주회로 차단기, IGBT, Gate driver 등) 문제가 발생하였는지 즉각 파악이 안됨. 추진계 monitoring system 필요.

구 분	항 목
차량계	자동운행실패 또는 응답시간 지연으로 인한 제동거리 내 정차 또는 감속 실패, 인접차량과 충돌
	운행 중 door system 오동작으로 인하여 승객이 선로에 떨어짐
	운행 중 차내 화재 발생 시 차량이 급정차 및 출입구가 즉시 개방되어 승객이 안전하게 대피할 수 있어야 하는데 본 시스템이 hareware/software 적으로 준비가 안되던지 또는 작동실패하여 승객이 위험에 처함.
	승하차시 차 정전기로 인한 승객 감전사고 발생
	제어불안정으로 인하여 고속운행 중 차가 선로위에 떨어짐 또는 전자석이 선로에 흡착됨. 큰 Jerk 로 승객이 차 기물에 충돌사고 발생
	운행 중 부상계 고장발생시 차량의 감속 - 정지 기능이 원활히 작동되지 않아 결국 선로에 충돌사고 발생
신호통신계	차량과 운영센터와의 신호/통신 두절 /오작동 발생
	분기기와 차량진행방향과의 신호 오동작으로 인하여 차량이 분기기 구조물과 충돌사고 발생
	차량과 승객과의 통신두절 /오작동 발생
전원공급계	운행 중 정전사고 발생
	어떤 외부적인 요인에 의하여 전원이 심하게 흔들려 차내 부상/추진에 좋지 않은 영향을 미침
궤도계	계절 및 온도 변화에 의하여 선로의 선형에 문제 (과도한 수직/수평단차, 길이방향의 굴곡발생) 발생
	분기기 정전사고 발생
	차량운행 중 분기기 고장
	정차역 platform에서 승객이 선로 아래로 떨어지는 사고 발생
	계절 및 온도변화로 인한 집전선이 뒤틀리는 사고 발생
	지반침하로 운행이 불가능할 정도로 선로의 선형이 망가짐
	운행 중 부상/추진 실패로 인하여 승객이 비상대피로로 탈출할 경우 승객이 지상으로 대피할 수 있는 비상계단 유무.
	시범선로는 바닷가에 설치됨. 염분이 많은 바닷바람에 의하여 선로(guideway 및 거더) 의 부식이 빨리 진행될 것으로 예측됨.
	세월이 지남에 따라 Reaction plate 가 Back iron 으로부터 유리되는 - 뜨는 - 현상이 발생할 가능성이 있음.
시스템운영	차량충돌, 화재 등 critical 한 사고발생시 사고대책 시나리오가 마련되어 야함
	시스템 고장 시 고장운행절차를 관리하기 위한 운영 및 유지보수지침이 마련되어야함

구 분	항 목
	고장정비가 완료될 때 까지 승객안정성이 확보되는 열차운행절차가 마련되어야함.
	운행 중 직선 또는 곡선에서 부상계/추진계 고장으로 인하여 부득이 차량을 견인해야 하는 경우가 발생할 것이다. 견인장치는 마련되어야함.

○ 리스크관리계획초안에 대한 관련기관 검토의견 반영표

1-2세부과제 검토의견	1 핵심 조치사항	비고
별지 <2009.8.26일 전자메일로 송부된 1-2과제의 검토의견 전문> 참조	1-2과제에서 제시하는 PMBOK는 전형적인 사업관리팀(우리사업에서는 도시형자기부상열차실용화사업단)에서 작성/적용할 경우 적정한 방법론을 제시하고 있음. 즉 프로젝프 일정, 비용, 범위 등을 위주로 적용하고 있어 본 리스크관리계획과는 차이가 있어 참조로만 활용예정임	

1-4세부과제 검토의견	1 핵심 조치사항	비고
문서의 제목에는 “계획”이 포함되어 있는 통합 문서이므로, 최소한 본 사업기간 동안의 주요 리스크 선정, 분석, 관리 계획 등의 내용과 해당 추진 일정이 작성되어야 할 것으로 판단됨	리스크관리는 식별, 분석, 대응 등의 일련의 활동을 사업 전주기에 걸쳐 시행하는 것이므로 별도의 주요활동일정표 등을 추가할 필요는 없는 것으로 판단됨. 본 사업에서는 4차년도 1/4분기에 리스크관리계획 수립 및 기본 관리 리스크를 식별하는 것을 목표로 하고 있음. 본 리스크 관리계획(기본 관리 리스크 항목 포함)이 사업단 승인을 득한 이후에는 각 과제(사업단, 1, 2, 3핵심의 리스크관리활동(식별, 분석, 대응)이 주기적으로 시행되기를 기대함.	
본 실용화 사업의 특성상 선례가 부족하므로 리스크 선별 및 선정은 별도의 항목으로 신설하고 합리적인 방안을 수립하는 것이 필요할 것임	하기 8번항과 같이 반영함.	
주요 리스크 관리 대상에 “무인운전”관련 시설 및 장치의 기능, 성능 및 감시 및 제어 등의 내용이 추가되어야 할 필요성이 있음	“무인운전” 관련과제에서 검토하여 1핵심으로 제시되면 이를 반영할 수 있음. 또는 “무인운전” 관련과제에서 리스크관리활동 수행 과정에서 추가/보완하는 것을 고려할 수 있음.	

서브시스템 구분이 본 사업에 적용되는 PBS와 다르므로 혼동을 주지 않도록 통일하는 것이 바람직함. 또한 리스크 분석 주체도 그에 따라 수정이 필요함. 그러나 리스크 관리의 입장에서 부상계 등을 별도로 강조하기 위한 것이라면 그에 대한 부연 설명이 필요할 것임	리스크 관리의 입장에서 부상계 등을 별도로 강조하기 위한 것이므로 별도의 수정은 필요치 않음.	
본문 중 사용 용어, 어구, 문장 등 한글 표기에 잘 맞지 않는 부분이 많아 보완되어야 할 것임. 특히 부분적으로 직접 영어를 사용하기 보다는 “한글(영어)”로 표기하는 것이 바람직할 것임	반영함	
리스크는 사고가 발생할 가능성이 있는 상태를 말하므로, 본문 중에 사용되는 “리스크발생”이라는 용어의 사용은 바람직하지 않음 - “리스크가 실제로 일어날 경우” 또는 “해당 사고 발생시” 등으로 수정요망	리스크는 사고가 발생할 수 있는 상태를 의미한다. “ 리스크발생 ”은 이러한 상태가 유발된다는 의미에서 수정이 필요하지 않다고 생각함.	
○ 리스크 수집 등의 내용이 추가되어야 하며, 순서를 정해 명확히 분류함이 바람직 할 것임 → 본 리스크관리의 목적은 ~(생략)~ 그 내용 및 순서는, 1. 리스크의 수집, 정의, 선별 2. 주요 리스크의 심각도 평가 3. 주요 리스크의 원인 분석 4. 주요 리스크의 저감대책 및 사고발생시 대처방안 수립 5. 해당 리스크의 관리 방안의 지속적인 검토, 보완 계획을 통한 리스크 극복대책 수립	반영함.	
(5p) 3.2 리스크상황의 선택 본 실용화 사업은 2012년 1월부터 승객을 수송하는 ~(생략)~ => 2012 ==> 2013 년으로	반영함	
(6p) 3.3.1 부상계 부상계 리스크는 ~(생략)~ 충격과 피해가 얼마나 크냐 고찰하는 것이 필요하다.	반영함	

==> 문장조정이 요구됨		
(4p) 2.0 리스크관리의 원칙 ○ 리스크 관리에 있어 “리스크 식별 방안”, “리스크 측정 방안” 등은 중요한 항목이므로, “리스크 분석”에서 별도로 분리하고, “리스크 관리 대상 선별” 항목으로 통합하여 신설 → 리스크 관리 대상 선별의 목적은 비교적 객관적으로 중요한 리스크를 찾아 해당 리스크를 중점 관리하기 위함이다. ○ 리스크 관리의 목표에서는 리스크 식별을 리스크 분석과 별도로 구분하였으므로 리스크 분석의 리스크 식별과 중복됨. 동일 의미로 사용된 경우 하나를 제외하고, 다른 의미로 사용된 경우에는 용어를 달리 사용함이 바람직할 것임 → 리스크 분석의 목적은 (1) 식별된 리스크의 심각도(중요도)에 따라 리스크를 분별한다. ○ 리스크분석의 목적에서 “(2) 객관적인 리스크 측정 방안을 마련한다.”는 리스크별로 측정 방안을 별도로 마련하는 의미로 파악됨. 그러나 리스크 측정 방안의 마련은 리스크 분석 이전에 별도로 추진하여 마련되어야 할 것이고 그 방안에 따라 해당 리스크를 측정하는 것이 분석의 목적으로 타당함. 또한 (3)~(5)항의 대처방안 등을 수립하기 위해서는 리스크의 원인을 파악하는 것이 중요할 것이므로 관련 내용 삽입 요망. → (2) 주요 리스크의 원인을 조사하고 파급여파 등을 측정한다.	일부 반영함	
○ 각 항목이 번호로 분류되어 있어, 분석 순서를 나타낸 것으로 보임.	일부 반영함	

그러나 (4)항은 (3)항과 역순이며, (4)항의 의미 또한 불분명하므로 (4)항을 삭제하는 등의 조정 요망 ○ 리스크 분석의 (5)항은 내용이 불명확하여 (3)항과 의미차이가 없는 것으로 보여지므로 조정 요망 → (5) 리스크가 실제로 일어날 경우를 고려하여 대처방안을 마련한다.		
(6p) 3.3.1 부상계 ○ 해당 리스크의 사고가 실제 발생되는 것을 의미하므로, 문장조정이 필요함 → 부상 제어의 이상 등으로 정상 운행을 할 수 없는 경우가 다수 발생할 경우 본 실용화 사업뿐만 아니라 관련 연구 전반에 막대한 영향을 미치게 될 것이므로 해당 리스크는 중점적으로 관리하고 신뢰성을 향상 시켜야한다.	부분적으로 반영함.	
(6p) 3.3.1 부상계 ○ 부상제어기, 마그넷 드라이버, 쵸퍼(컨버트) 등은 PBS 분류에서 중복됨. 또한 영어와 한글이 혼용됨 → (1) 마그넷 드라이버, (2) 전자석, (3) 공극 및 가속도 센서	반영함.	
(6p) 3.3.1 부상계 ○ 최소화 방법으로 당연한 내용이며 범위가 크므로 구체적으로 수정 요망 → 운행 중인 한 차량의 부상제어 실패시, 사고 차량의 복구 또는 회수 등을 통해 노선 전체의 운행 중단 기간을 최소화 한다.	반영함.	
(6p) 3.3.1 부상계 ○ 원인을 명확하게 나타내도록 수정 또는 신규 보완 → - 마그넷드라이버의 연산제어 오류 - 차량의 과도한 동하중 변화 및 충격하중 발생 -[신설] 만차하중 한계를 초과한 승객	부분 반영함.	

탑승 또는 화물 적재 - 과도한 외란 - 센서의 측정 오류 - 전력공급의 끊김 또는 이상 전류 발생 - 전자석 쵸퍼의 전력 변환 오류 - 부상레일의 국부적 처짐 또는 변형 발생 등의 궤도의 이상 -[신설] 지진, 강설, 강우 등의 극한 환경조건의 발생		
(9p) 3.3.3 차량계 ○ 신규 항목 추가 → -[좌동] -[좌동] -[신설]열차와 차막이 시설 간의 충돌	반영함	
(9p) 3.3.3 차량계 ○ 자기부상열차는 부상장치에 의해 안내력을 생성하며, 안내 제어 범위 이탈 또한 탈선으로 볼 수 있음. 관련 항목 추가 → -[좌동] -[신설]안내 제어 범위 이탈에 따른 탈선	반영함	
(9p) 3.3.3 차량계 ○ 내용을 명확하게 보완하고 해당 범주에 맞게 조정 → -과도한 가·감속 및 미끄러운 바닥에 따른 열차내 승객의 넘어짐 - 주행 중 열차의 출입문 열림에 따른 승객 추락 -[삭제] (안전발판 등 시설범주에 포함) -승객 승하차시 반대 방향의 출입문 열림에 따른 승객 추락 -[삭제] (시설범주에 포함)	반영함.	
(10p) 3.3.3 차량계 ○ 내용을 명확하게 수정, 보완	반영함.	

→ -고가 선로의 주행 중 열차에서 열차부품 낙하 - 고가에 설치된 역사에서의 물체 낙하		
(10p) 3.3.3 차량계 ○ 스크린 도어가 설치되어 승객이 궤도에 진입할 수 없을 것이며, 관련 리스크도 거의 없을 것으로 사료됨. 삭제 또는 수정 요망 → - 스크린도어 강제 열림 및 승객 궤도 침입시 주행 열차와의 부딪힘 - [삭제]	반영함.	
(10p) 3.3.3 차량계 (8) 감전 - 차내 승객의 감전사고 - 지상설비에 승객 감전사고 ==> 삭제요망 - 열차 승,하차시 승객 감전사고	반영이 필요치 않음	
(10p) 3.3.3 차량계 (9) 화재/폭발 ○ 명확하게 수정 요망 → -열차내 승객 부주의 또는 테러에 의한 화재 및 폭발 발생 -열차 전장품 등의 화재 및 폭발 발생	반영함.	
(10p) 3.3.3 차량계 (10) EMI/EMC - 차상장치 ==> 삭제 - 전기부식 ==> 삭제 -[신설]전자기 간섭에 의한 차상-지상 간 통신 불능 -[신설]전자기 간섭에 의한 차상 신호 보안장치 및 각종 제어장치의 오작동	반영함	
(12p) 3.4 리스크관리의 구분 ○ 리스크 선별 및 원인 분석 포함 및 중복성 단계 분류의 조정 요망 → [신설]1단계 : 리스크 식별 및 주요 리스크 선별	반영	

[신설]2단계 : 주요 리스크 원인 분석 3단계 : 리스크 저감대책 수립 4단계 : 해당 리스크에 의한 사고발생시 대처방안 마련 [삭제] (원안의 3단계는 2단계의 대처방안에 포함될 것임) [신설]5단계 : 해당 리스크의 관리방안의 지속적인 검토, 보완 계획을 통한 리스크 극복대책 수립		
(15p) 3.5.1 리스크발생을 최소화하기 위한 방안 운행중단의 조건으로는 (예) -적성 100mm이상 ==> 적설	반영함.	
(22p) 자기부상시스템 리스크분석표 안내 자기부상시스템 리스크분석표 안내 자기부상시스템==> 자기부상열차시	반영함.	
(22p) 자기부상시스템 리스크분석표 안내 sub system 구분 : 부상계/추진계/신호통신계/차량계/전원공급계/궤도계/시스템운영 중 택일 ==> 가급적 PBS를 따를 것을 원함	본 항은 1핵심이 제시한 기본관리리스크항목(분석표)를 설명하기 위한 것으로 향후 각 과제에서 세부 리스크를 분류할 때 우리 사업에서 적용되는 PBS 사용을 권장함.	
(22p) 자기부상시스템 리스크분석표 안내 ○ 원안의 본문 내용으로 부상계, 추진계는 시설범주도 포함되어 있으며, 신호통신계는 3핵심이 주체가 되어야 할 것임 → -부상계, 추진계 분석주체 : 2핵심 및 3핵심 -차량계 : 2핵심 -전력계, 궤도계 분석주체 : 3핵심 -시스템운영 분석주체 : 1핵심, 사업단, 인천국제공항공사	부상계 및 추진계의 시설 범주는 궤도계로 3핵심에 포함되어 있으므로 원안을 유지하고, 나머지는 반영함.	
(26p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 분석 주체 : 제 2 핵심 ==> 궤도수직단차는 3 핵심관련	반영함	

(27p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 분석 주체 : 제 2 핵심 ==> 운영에 관한 사항은 인천국제 공항공사로	반영함	
(34p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 분석 주체 : 제 2 핵심 ==> ○ 자동운행, 응답시간지연, 제동거리내 정차 등은 열차/신호/통신 등과 관련이 있으므로 관리주체 조정 필요 → 2핵심 및 3핵심	반영함	
(37p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 분석 주체 : 제 2 핵심 ==> ○ 승하차시 감전 사고는 차량 및 시설과 동시에 관련되어 있으므로 관리주체 조정 필요 → 2핵심 및 3핵심	반영함	
(41p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 분석 주체 : 제 2 핵심 ==> ○ 분기기 및 신호 오작동은 시설담당임 ==> 3 핵심으로	반영함	
(42p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 내용 : 차량과 승객과의 통신두절/오작동 발생 ==> ○ 차량과 승객간은 통신 및 제어의 교류 대상이 아니며 무인운전을 하므로 문장 수정 필요 → 차량과 통합관제실간의 통신이상	반영함	
(54p~71p) 자기부상열차시스템 리스크 분석 리스크 분석 주체 : 제 1 핵심 및 사업단 ==> ○ 운영관련 리스크는, 본 실용화 사업 이후에 시범노선 운영시에도 관리가 지속되어야 하므로 운영 기관을 관리주체에 포함하는 것이 타당함 → 1핵심/사업단/인천국제공항공사	반영함	

○ 리스크관리계획 수정안 (Rev. 2.00) 에 대한 관련기관 검토의견 반영표

3 핵심 검토의견	1 핵심 조치사항	비고
□ 3.1 리스크상황 ○ 문구 추가 - 열차운행의 기본적인 기능인 부상, 추진, 제동 외에 열차의 충돌, 탈선, 또는 승객의 추락, 차내외 화재로 인한 리스크가 있다. 시스템 리스크관리 (Risk Management)는 자기부상열차시스템의 부상, 추진, 제동, 궤도, 신호통신, 역사 등의 안전 및 리스크관리 전반에 대하여 수행되어야 한다.	반 영	
□ 3.2 리스크상황의 고찰 ○ 제동계 추가 - 제동 시에는 제동장치 및 압력변의 연계된 시스템을 분석하여 이상 부위를 확인하고 조치에 따른 제동계의 리스크 검토 요망	반 영	
□ 리스크 분석 - 전원공급계/1 ○ 리스크 경감 방안 - 급전전원의 보안성 및 신뢰성을 확보할수 있도록 수전시 단독선로를 구성 □ 검토내용 ○ 의미 불명확 : - 변전소별로 다른 공급전원을 확보하여야 한다는 의미?	반 영 “ 급전전원의 보안성 및 신뢰성을 확보할수 있도록 수전시 단독선로를 구성 “ 부분을 삭제하였음	
□ 시스템 운영 /3 시스템 고장시 고장운행절차를 관리하기 위한 운영 및 유지보수지침이 마련되어 있는가? [리스크 발생후 대처방안] 부분에 대해 ○ 단어 나열식으로 작성되어 내용의 중심이 애매함 1) 세부기준 수립시에 각 항목별 운영절차의 구체화가 필요한 것으로 사료됨.	반 영 세부기준수립시 운영기관에서 반영 필요함.	
□ 시스템 운영 /4	반영.	

고장정비가 완료될 때까지 승객안정성이 확보되는 열차운행절차가 마련되어 있는가 ? 중, [리스크 발생후 대처방안] 부분에 대해 ○ 성능저하 운영 시나리오를 만들때에는 성능저하의 상황 단계별 운영 시나리오가 필요한 것으로 사료됨.	운영기관에서 상세 운영시나리오 작성시 반영 필요함	
○ 시스템 운영 - 리스크 발생 후 대처방안 1.2 경보상태 ③ 녹색경보 경보상태가 발령되면 각 직원은 무선을 주시하고 통합관제실의 요청에 따라 대응해야 한다. → 경보상태가 발령되면 각 직원은 열차무선의 통화내용을 감청하고 비상통화장치의 호출 상태를 주시하고 통합관제실의 요청에 따라 대응해야 한다.	반 영	
○ 시스템 운영 3.3 열차 대 대피로 대피 대피방법 및 가장 가까운 대피 지점을 지시하는 안내방송을 계속해서 그리고 명확하게 제공하도록 한다. → 대피방법 및 가장 가까운 대피 지점을 직원의 육성 및 차내 방송을 이용하여 안내방송을 제공하도록 한다. (선로에는 자동안내방송이 설치되지 않음.)	반영	
□ 3.4.1 리스크발생을 최소화하기 위한 방안 ○ 주행시험한계조건 속도 : 예상최고속도의 110%까지 ==> 신호시스템에서 최고속도는 시스템설계에 의해 최고운행속도가 지정됨.	반 영 예상최고속도의 110 % 까지 ==> 시스템설계속도 (110 km/h) 로 변경	
□ 분기기 정전사고 발생 ○ 리스크 경감방안	반 영 < 추가내용 >	

- 해당분기기 급전전원 이상 발생시 인접 급전전원의 전원을 연장급전하여 열차를 운행할 수 있도록 급전전원 2중화 구성 (추가내용) - 해당분기기 통과예정 열차는 안전거리 확보하여 정지토록 함.	해당분기기 통과예정 열차는 분기기 정전사고 발생과 동시에 정지토록 함	
□ 차량운행중 분기기 고장 ○ 리스크 경감방안 - 분기기 고장 경고램프나 이상동작 램프 등의 보호장치가 동작 하는 것을 수시로 체크 (추가내용) - 분기기 전환불능 또는 전환후 쇄정이 완료되지 않으면 고장으로 간주하여 접근중인 열차는 정지한다.	반 영	
□ 정차역 platform에서 승객이 선로 아래로 떨어지는 사고 발생 ○ 리스크 경감방안 - 전 정차역에 PSD(스크린 도어) 및 CCTV를 설치하였고, BLS시스템에 의해 자동 전원차단으로 승객보호 (추가내용) - PSD 장시간 고장으로 Open한상태 일때 열차정지보턴 사용할 수 있도록 하여 사고방지.	반 영	
□ 지반침하로 운행이 불가능할 정도로 선로의 선형이 망가짐 ○ 리스크 경감방안 - 설계기준에 따라 하중재하 및 안전성 확보 가능한 구조로 설계 - 지반조사결과에 따라 적합한 기초공 선정(말뚝기초) (추가내용) - 운행가능한 구간은 구간운행을 시행함.	반 영	

○ 3핵심 검토의견을 반영한 리스크관리계획 수정안(Rev. 4.00) 작성 [2010.4.12]

○ 리스크관리계획 수정안 (Rev. 4.00) 에 대한 2 핵심 방문협의 결과 [2010.4.29]

리스크 시스템구분/ 일련번호	2 핵심의견	비 고
부상계/1 추진계/1	-차량의 운행상태는 차내 TCMS (Train Control and Monitoring System) 에 기록된다. - TCMS 정보를 열차중앙운행제어실로 실시간 전송하기 위한 무선 송/수신 시스템 설계 및 설치는 3 핵심에서 담당하고 있는 신호통신사업의 일부다. TCMS 는 차내 부상계 , 추진계에 대한 주요 정보를 - 각 코너의 부상상태 등 - analog 신호로 제공한다. 본 analog 신호를 무선 송수신하기 위한 DA , AD 변환 , 무선 송수신 장치 - 수신안테나, 변조기 동 - 설계 및 설치는 3 핵심의 업무임 - TCMS에서 기록되는 신호는 단순히 부상계 또는 추진계 주요 신호이며 문제발생시 어디에서 문제가 - 예를 들면 몇 번대차 몇 번 코너의 부상실패 등 -발생하였다는 것은 알 수 있으나 문제의 내용이 무엇인지는 구체적으로 알 수 없다.	monitoring system 설계/ 설치에 관하여 3핵심과 협의가 필요함.
부상계/2	-운행중 부상계가 실패하여 비상착지하는 경우 복구방안으로 는 모종의 견인차량에 의하여 고장난 차량을 검수고까지 견인하는 것을 전제로 해야 한다. - 견인차량은 견인을 목적으로 특별히 제작된 자기부상차량일 수도 있고 또는 시스템정전시에도 구동이 가능한 밧데리구동방식 또는 가솔린엔진구동방식 차량일 수도 있다. 자기부상차량이 이외의 견인차량의 경우 Reaction plate 상에 바퀴로 지지되는 형태일 수 있다. - 견인차량의 개발 및 제작은 하나의 큰 과제이며 사업단에 의하여 주도되어야 한다.	사업단 /핵심책임자회의에서 논의될 사항임.
부상계/2	- 운행중 부상계 실패시 시스템 복구방안으로는 여러 가지 경우에 대하여 분류하여 각각의 경우에 대하여 시스템복구방안을 강구하는 것이 바람직해 보인다. * 부상계고장, 추진계는 정상인 경우 * 부상계, 추진계 고장 * 직선/곡선/완화곡선에서 비상착지시	검토하겠음

	* 부상계 일부 또는 전부가 고장시	
부상계/추진계	- 1 핵심에서 수행하는 리스크관리에서는 실제 차량을 설계 제작하는 2 핵심에서 생각하지 못한 리스크를 도출해 줄 것을 기대한다. 2 핵심 입장에서는 리스크라 생각되는 부분은 설계과정에서 당연히 고려하였음	반영

3) 결론 및 문제점

- 4차년도 리스크관리일정에 의하면 2010년 3 월까지 관련기관 (2,3 핵심 및 각 세부기관)의 검토를 반영한 리스크항목 , 경감방안, 및 리스크발생후 대처방안을 마련하고 2010년 4월부터 6 월까지 3 개월간 리스크항목 하나하나에 대한 경감방안 및 리스크대처방안을 실질적으로 수행하도록 계획되었으나,
- 4차년도 사업 초기에 작성된 리스크관리계획초안에 대한 관련기관 검토, 검토의견이 반영된 수정안(Rev. 2.00) 작성, 자체검토 (Rev. 3.00) 및 관련기관 검토를 반영한 수정안 (Rev. 4.00) 작성 등 리스크관리계획 수정에 머물렀으나,
- 5차년도에는 이를 반영하여 실질적인 리스크관리가 수행되도록 하겠음.
- 5차년도 연구내용에 대해서는 본보고서 제3장 제7절 3-4 참조

(4) (SEMP에 따른 리스크관리 계획 작성 및 관리)결과

(가) 문제점 및 보완계획

세부연구내용	문제점	보완계획
리스크관리계획 보완	- 없음	
리스크 항목 도출	- 없음	
리스크 관리	- 관련기관의 협조관계 문제로 실질적인 리스크 관리 수행에 이르지 못하고 리스항목 도출 단계에만 머무름.	- 각 핵심별 SE 업무에 대한 협조의지 필요

(나) 기대효과 및 활용계획

- SEMP를 통하여 사업에 참여하는 각 주체의 업무내용, 수행목표, 사업수행체계 등이 명확히 정의되었으며, 각 주체별 역할과 권리, 의무사항이 구체화 됨.
- 전체 사업 수행체계와 SEMP 각 장별 내용의 연관성을 분명히 하였음.
- 사업단과 1핵심이 중심이 되어 사업의 계획, 적용, 통제를 실시함. (1장과 2장)
- 1핵심이 주관이 되어 리스크 관리계획(5장)과 기술성능측정 관리(6장), 인터페이스(9장) 및 문서관리(10 장)을 수행한다.
- 1-1세부과제 관리를 통하여 시스템요구사항 관리(3장), 시스템규격서 관리(4장), 설계검토(7장), 설계변경관리(8장)을 수행한다.
- 1-2, 1-3, 1-4 세부과제관리를 통한 RAMS, LCC, 시험평가 및 인증, 법 규정 보완 관리를 수행한다.

다. 하위세부과제 관리(2단계 1차년도)

(1) 개요

- “하위세부과제 관리”의 연구목표 달성을 위한 세부연구 내용을 ①공정관리, ②품질관리, ③1핵심 내부 인터페이스 조정 및 ④타핵심과의 인터페이스 조정으로 계획하고 연구 수행

연구내용	세부내용		개요	산출물
하위세부과제 관리	1	공정관리 (월간 공정회의를 통한 진도 점검)	월간공정회의를 통한 세부과제 현황 및 진도 검토/관리, 세부과제들의 현안사항 협의 및 일정조정	-월간공정회의록 -진도관리내역
	2	품질관리(분기단위 성과물 검토)	분기단위로 하위 세부과제 산출물 검토	-관련자료 8건
	3	1핵심 내부 I/F 조정	월간공정회의 등을 통해 도출된 하위세부과제간의 I/F 현안 조정	-관련자료 5건
	4	타핵심과의 I/F 조정	월간공정회의 등을 통해 도출된 하위세부과제와 타핵심과의 I/F 조정	-관련회의록

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(4차년도) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도(%)
하위세부과제 관리													
1.공정관리 (월간공정회의를 통한 진도점검)	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····		100%
		———	———	———	———	———	———	———	———	———	———		
2.품질관리(분기단위 성과물 검토)				·····			·····			·····			100%
				———			———			———			
3.1핵심 내부 I/F 조정	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
4.타핵심과의 I/F 조정	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	

····· 당초계획

——— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 공정관리(월간공정회의를 통한 진도점검)

1) 세부과제 현안 점검 및 진도 점검을 위한 공정회의 실시

가) '09년 9월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : '09.09.23, 한국기계연구원 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 1-1세부과제 요구사항 검증 관련 협의
- 1-3세부과제 시험절차서/계획서 개발을 위한 방안 협의
- 1-4과제 건설규칙 관련 "낙하물 방지대책"에 관한 협의

○ 결과 및 특기사항

- 요구사항 검증 방안은 1-1세부에서 별도 자료를 작성하여 1핵심에 보고함.
- 구성품/완성차/본선시운전 시험절차서는 2핵심의 협조를 받아 수행함
- 낙하물 방지대책은 가이드웨이의 규모, 건설비, 안전 등 검토 필요함

나) '09년 11월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : '09.11.03, 한국기계연구원 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 1-1세부과제 검증요구사항 항목 작성 관련 협의
- 1-2세부과제 RAMS 수행 범위 관련 협의
- 1-3세부과제 차량시험평가를 위한 계획서 일정 협의

○ 결과 및 특기사항

- 검증요구사항과 관련하여 용어/항목/시험절차 등에 대해서 1-1과제와 1-3과제의 합동 검토 및 협의 필요
- RAMS 수행범위는 1핵심, 3핵심 및 사업단 협의하여 결정
- 차량 시험평가 계획은 12월 초도편성 기계연 시험선 입고 전까지 시험평가 관련 사항은 종결 필요

다) ‘09년 12월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : ‘09.12.8, 한국기계연구원 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 1-1세부과제 규격서 승인 일정 협의
- 1-3세부과제 시험선 시험계획 관련 협의

○ 결과 및 특기사항

- 규격서와 관련하여 협의 가능한 부분에 대해서는 금주부터 진행될 2차 규격서 검토회의를 통해 최대한 협의하고, 일부(강우강도, 결빙 등) 부분에 대해서는 TBD로 진행
- 시험선 시험일정계획 및 시험절차서는 2핵심과 협의 진행

라) ‘10년 2월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : ‘10.2.5, 한국기계연구원 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 사업단 대안입찰 관련 현황 파악 및 1핵심 관련사항 협의
- 1-1세부과제 규격서 및 CDR 후속조치 협의
- 1-2세부과제 열차제어시스템 RAMS 산출물 검토방안 협의
- 1-3세부과제 성능시험방안 협의
- 1-4세부과제 성능시험기준 일정협의 및 건설규칙(안) 수정방안 협의

○ 결과 및 특기사항

- 시범노선에 계측기 설치를 위해 구조물 매입 필요 개소를 1-3과제에서 검토하여 사업단에 통보
- CDR 관련 사항은 3핵심의 CDR 결과 수신 후 검토 수행
- 시험선시험과 관련한 RAMS 계획에 관하여 추후 별도의 회의 혹은 공문으로 처리
- 건설규칙(안)의 제28조 삭제 결정은 공청회 개최 등 대외 공개된 사항에 대한 변경이므로 기본적인 행정절차(공문 등) 필요

마) ‘10년 3월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : ‘10.3.24, 한국기계연구원 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 1-3세부과제 계측시스템 자문회의 및 현황 검토
- 안전기준, 건설규칙 법제화 방안 협의

○ 결과 및 특기사항

- RAMS 수행범위에 포함되는 각 분야의 원활한 RAMS 수행을 위한 점검(분야별 담당자 신속 지정, 연락/협의 절차 간소화 등)이 필요
- 시범노선 계측기 설치 관련 사항은 1-3과제에서 3핵심과제와 직접 협의
- 경량전철 관련 법규 개발 방향과 도시형자기부상열차 법규 개발 방향을 같이하는 방안 검토 필요

바) ‘10년 3월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : ‘10.4.28, 한국기계연구원 세미나실

○ 주요 회의 내용 :

- 각 세부과제 연차평가 사전 점검

○ 결과 및 특기사항

- 연차평가에 대비하여 4차년도 계획 대비 실적을 명확히 정리 필요

2) 1-1세부과제 현황 점검회의(‘09.11.27)

가) 목적

- 1핵심 공정회의 후속 조치로 수행
- 1-1과제의 현안(인터페이스 사항에 대한 토의&점검, 시스템엔지니어링 주간 동향 보고서 검토, 규격추적관리 프로그램 관련 토의 등) 점검

나) 주요 점검 내용

- 1-3과제에서 개발중인 완성된 구성품 시험절차서(12/6 완료예정)를 검토하여 규격서와 Maching 여부를 1-1과제에서 우선 검토하고, 필

요한 사항은 1-3과제와 협의하여 진행 요망.

- 시스템 인터페이스 관리 현황은 보다 적극적인 입장 정리 필요
- 객실 손잡이 관련 사항은 원안 유지 상태로 승인 요청 프로세스를 진행 필요
- 환경조건 중 최대강우강도 및 결빙 관련 항목은 제시된 수치 103mm/h 및 6mm에 대한 근거(법적, 기술적, 현 시스템 능력, 시뮬레이션 결과, 실제 운행 데이터 등)가 불명확하므로, 근거 확보 시까지 TBD 유지 필요
- 규격 추적 관리 시스템은 1-0에게 전달 교육을 실시하여, 실습을 통합 유용성 확인 필요

다) 점검결과 및 특기사항

- 시험평가와 연계된 검증체계 구성(안) 작성 및 시험평가항목 비교분석은 완성된 구성품 시험절차서의 Maching 여부를 1-1과제에서 우선 검토하고, 필요시 1-3과제와 협의
- 자기부상열차 '객실손잡이' 관련 사항은 승인요청 시 원안(낮은 손잡이 설치, 교통약자 배려 등)을 유지하여 진행
- 규격추적관리 시스템은 보완 완료 후, 검증요구사항 체계 구축 및 관리에 우선 적용.

3) 1-3세부과제 진도관리

가) 목적

- 도시형자기부상열차실용화사업단-1620(2009.12.18) 후속 조치로 주간단위 진도관리 수행

나) 주요 관리 내용

- 1-3세부과제로부터 주간단위로 계획 대비 실적 진도보고 수신
- 주간 단위로 도시형자기부상열차실용화사업단으로 중간진도점검현황 제출
- 필요시 진도점검회의 실시

다) 진도관리 결과 및 특기사항

- 진도관리 대상과제로 선정된 주요 이유는 구성품 & 완성차 시험절차서 개발 지연이었으며, 이는 4차년도 말 현재 사업단 승인 요청 중임
- 차량시험평가계획은 사업단 조건부 승인 획득함

(나) 품질관리(분기단위 성과물 검토)

1) 4차년도 1/4분기 검토

가) 1-1세부과제

① 검토 내용

☐ **추진실적**

○ “신호/통신/전력분야 상세설계검토(CDR)수행 지원”이 30% 진도율을 표기하고 있으나,

○ “II. 기술개발결과” 항목에서 연구 실적을 추가로 기재하지 않아 실질적인 연구 내용을 파악하기 어려움

☐ **SE동향보고서**

○ 1/4분기 실적 저조(목표 6번 대비 실적 3번)

☐ **규격 추적 관리**

○ 1핵심(1-0) 차원에서 “규격추적관리시스템”에 대한 실제 접속/실습 등을 통한 활용성 검토 필요

② 결과 및 기타

- 검토의견을 1-1세부과제 연구개발에 반영

나) 1-2세부과제

① 검토 내용

☐ **1핵심 지원 필요 사항**

○ 신호분야(3-0과제)는 제작설계가 진행되고 있으나, 1-2과제에서 요청한 RAMS 성과물 제출이 지연되고 있으므로,

○ 신호분야에 대한 RAMS 성과물(3-0 : 대우컨소시엄 작성)이 적기에 1-2과제에 제공될 수 있도록 3-0과제와 1-2과제 간 원활한 소통을 위한 1핵심의 지원 필요

□ **RAMS 관리 계획의 탄력적 운영**

○ 상기 사항과 같이 신호분야에 대한 RAMS 성과물 제출 일정이 불확실한 현실을 감안하여,

○ 1-2과제에서 계획된 연구 계획을 탄력적으로 운용 필요

□ **연구개발비 사용실적**

○ 1/4분기 사용실적이 0.7%로 저조하므로, 필요시 만회 대책 수립 요망

다) 1-3세부과제

① 검토 내용

□ **신호보안장치시험**

○ 신호보안장치는 3핵심/대우컨소시엄 공급분야이며, 현재 설계 진행중인 현실을 감안하여, 해당 과제와 시험일정 등에 대한 협의가 필요할 것으로 판단됨

○ 또한, 성능시험/제작검사 등에서 신호보안장치(제작/공급자가 차량제작사가 아니므로)에 대한 시험/검사 방안을 검토할 필요 있음

□ **시험절차서**

○ 구성품시험절차서 및 완성차시험절차서 개발 일정을 연관과제(1-4과제)의 연구개발 일정에 영향을 최소화하는 방안 도출 필요

□ **성능시험 관련 역할 정의**

○ 성능시험자, 1-3과제, 2-0과제 상호 간의 성능시험관련 임무 및 역할을 명확히 할 필요 있음

② 결과 및 기타

- 신호보안장치에 대한 성능시험방안에 대해 관련과제와 별도 협의 필요
- 후속회의를 통해 성능시험관련 과제 및 성능시험자의 역할을 명확히 함.

라) 1-4세부과제

① 검토 내용

□ **성능시험기준 보완**

○ 보고서상의 “1-3과제의 최종 승인된 시험절차서를 전달 받는 즉시 성능시험기준(안)을 보완 진행”과 관련하여,

○ ‘09년 09월 1핵심 공정회의 시에 파악된 1-3과제의 절차서 개발현황은 “09년 11월말까지 구성품시험절차서 완료 예정”이므로

○ 이는 1-4과제에서 계획된 연구 기간 내에 연구를 완료하기에 무리가 있는 일정으로 판단되므로,

○ 1핵심의 적극적인 관리(지원포함)를 통한 관련 시험절차서의 조기완료 추진 필요

□ **정밀진단지침 보완**

○ 보고서상의 “2핵심으로부터 차량의 구조해석 관련 자료 등을 전달받아 세부 정밀진단 기준에 반영”과 관련하여,

○ 2핵심과 1-4세부과제 간의 회의 진행 시, 1핵심의 참석(자료협조 지원 차원)이 필요할 것으로 판단됨.

□ **품질인증요령 개발**

○ 기술된 내용이 상당히 기술적인 내용이 포함되어 있는 점으로 미루어 볼 때, 품질인증요령 개발에는 기술적인 지식수준을 요하는 것으로 판단되는 바,

○ 향후 2핵심 공정회의(1핵심에서 일정계획을 파악하여 통보 예정)에 1-4과제에서 참석하여 현황 파악 및 의문 사항 질의/응답 필요 있을 것으로 판단됨.

○ 참고로 2핵심에서는 ‘09.09월 공정회의 시에 하부과제들에게 “해당과제별로 부품사양서 및 성능시험/검사절차서를 9월 30일까지 제출” 토록한 내용을 참고할 필요 있음.

□ **운전규칙 개발**

○ (독일 규정) VDV 399의 무인운전을 위한 요구사항으로 제시된, “주 전원에 이상이 생길 경우에 열차가 철도역으로 진입하는 것을 막을 수 있는 각종 시스템 및 장비를 예비 전원과 연결”, “유인 운전 시스템 내 운전자 반응 시간에(약 1초)에 해당하는 반응 시간을 측정” 및 “기술 감시 장비의 운용을 의도적으로 중단할 수 있도록 허용하며, 이 경우 수행해야 할 운용 절차들은 직원 규정에 명시”의 의미가 불명확하므로,

○ 이해 가능한 수준으로 설명 필요

② 결과 및 기타

- 1-3과제에서 개발 중인 시험절차서 개발은 2핵심의 협조가 필요한 사항으로 1-3과제에서는 개발일정을 단축토록하고, 분야별 절차서 완성 시 개별 절차서 제공 등으로 협조
- 정밀진단지침 관련 사항은 1-4세부과제에서 2핵심과 협의

- 품질인증요령 개발을 위한 차량관련 자료 확충을 위해 1핵심에서 지속적으로 협조함

2) 4차년도 2/4분기 검토

- 2/4분기는 중간성과발표회('09.12.17)로 대체

3) 4차년도 3/4분기 검토

가) 1-1세부과제

① 검토 내용

□ 운영개념서 보완업무 관련

○ 현재 1핵심과제에서 운영시나리오를 Rev 0.4.00으로 개정 하였으므로 참고 요망

□ 규격서 보완 및 승인 지원 관련

○ 규격서 개발 이력의 내용에 "'09.11~ : 미합의/조정 사항에 대한 2차 검토"로 명기되어 있으며,

○ 시범노선 건설분야의 경우는 대안입찰로 인한 불가피한 사유도 있으나,

○ 현재까지 미합의/조정에 대한 결과가 미진한 것 같음. 향후 1핵심과 보조를 같이하여, 효율적인 조정 역할 수행 방안 수립이 필요한 것으로 판단됨

□ 연관성

○ "신호/통신/전력 시스템 상세설계검토(CDR)를 위한 설계/검증 자료 분석"활동으로 "부상/추진 시스템 성능개선 1단계 실적보고서", "차량개발 및 제작 1단계 실적보고서", "자기부상열차의 시험평가 및 시운전(최종보고서)"를 명기하고 있으나, 연관성이 부족한 것 같음(오류가 아닌지?).

□ 인터페이스 및 쟁점사항 관리

○ 기술적 인터페이스의 효율적인 관리 방안을 1핵심과 더불어 강구할 필요 있음

○ 분야간 쟁점사항 색인/조정/관리 방안을 1핵심과 더불어 강구할 필요 있음

□ 규격 추적관리 시스템 사용 방안

○ 규격 추적관리시스템을 1핵심 등에 open하는 시점은? 필요성은?

② 결과 및 기타

- 운영시나리오 Rev.0.4.00을 세부과제에 배포함
- 미합의 사항들에 대해 1핵심/1-1과제 및 관련 과제와 협의 등을 통

해 해소함

- 기술적 인터페이스 관리방안 및 규격추적관리 시스템에 대한 사항은 1-1세부과제에서 검토

나) 1-2세부과제

① 검토 내용

□ 추진실적 미진 ○ “차량 외 서브시스템 RAMS 관리”, “RAM 입증계획 수립”, “시험선 운행환경을 반영한 완성차량의 LCC 데이터 및 분석결과 Update”, “데이터 지원이 가능한 차량외 시스템 LCC 예측 및 분석” 등이 계획 대비 실적이 미진한 것 같음 **□ 서브시스템 RAMS 성과물 검토 시간** ○ ‘10.1월 접수한 RAMS 성과물에 대한 검토 결과를 ’10.6월에 관련과제로 feed-back하는 것은 비효율적으로 판단되므로, ○ 검토에 소요되는 시간을 단축하는 방안 수립 필요 **□ 시험선 시험을 통한 안전성 확인 관련** ○ 시험선 시험은 관련 과제(2-1과제 및 1-3과제)의 사정 등으로 시험 일정에 변화가 일어날 가능성이 있으므로, 이에 대한 대비책 마련이 필요함 **□ LCC관련 첨부 파일 미제출** ○ LCC관련 첨부 1, 2, 3이 미제출 된 것 같음.

② 결과 및 기타

- 성과물 검토는 성과물의 영문번역, 컨설팅회사(이태리 회사)의 검토, 검토의견 국문번역 및 1-2과제 내부검토 등 절대 기간이 필요하나 단축을 위해 1-2과제에서 노력
- 시험선 시험일정 변경 시 1-3과제에서 1-2과제와 협의토록 협의됨
- 기타 검토의견은 1-2세부과제 연구개발에 반영

다) 1-3세부과제

① 검토 내용

□ **구성품시험 지원 및 관리**

○ “초도편성에 대하여 관련법에 기준한 성능시험은 하지 않는 것으로 사업단/1, 2핵심 과제간 협의 완료”으로 명기하고 있으나,

○ ‘10.3월 3핵심 전기분야합동공정회의 시에 평가원 담당자의 이야기는 평가원에서는 이를 결정한 바 없으므로 공식적으로 거론하는 것을 자제토록 요청하였으므로 참고 요망

□ **시험절차서**

○ 구성품 및 완성차 시험절차서를 ‘10.3월 말 미완료 시,

○ 연관과제(1-4과제)의 연구개발 일정에 영향을 최소화하는 방안 도출 필요

□ **성능시험자와 협의 필요**

○ 성능시험 적용법규, 적용절차서, 단계별 성능시험기준/절차서 개발, 차량과 차상신호의 분리 계약 등에 대한 적법성 검토 차원에서 성능시험자와 협의 개시를 검토할 필요 있음

□ **시험선 시험 일정계획 변경 등**

○ 1-2과제에서는 시험선 시험을 통한 안전성 확인 활동이 계획되어 있으므로,

○ 시험 일정 등 계획 변경 시는 1-2과제의 의견 조회가 필요할 것 같음.

② 결과 및 기타

- 초도 편성에 대한 사항은 각 과제가 인지함.
- 성능시험절차서는 2핵심의 협조를 받아 구성품 & 완성차 시험절차서를 사업단 승인 요청
- 성능시험관련 사항은 사업단, 1핵심, 2핵심, 3핵심 및 1-3과제가 참여하는 합동회의를 통해 사업단 내부안을 도출한 상태이며, 향후 성능시험자와 협의 필요
- 시험선 시험일정 변경 시 유의토록 인지됨

라) 1-4세부과제

① 검토 내용

□ **추진실적**

○ “대상 용품별 기술내역 및 기준 검토”, “기계용품 분야 품질인증기준의 수정보완”는 계획 대비 실적 달성도가 50%로 표시되어 있으므로 확인 필요.

□ **성능시험기준 관련**

○ 성능시험기준 개발과 직결되는 1-3과제의 성능시험절차서 적기 제공을 위한 1핵심의

적극적인 지원 필요

② 결과 및 기타

- 달성도 50%는 표기 오류로 조정됨
- 1-3과제의 성능시험절차서는 2핵심의 협조를 받아 구성품 & 완성차 시험절차서를 사업단 승인 요청

(다) 1핵심 내부 I/F 조정

1) 목적

- 1핵심 세부과제의 원활한 연구 수행 지원을 위하여 1핵심 세부 과제간의 I/F 사항을 1핵심 주관으로 조정

2) 조정 방법

- 1핵심 공정회의 및 과제별 방문 인터페이스 점검을 통한 조정

3) 조정 내용

- 1-1과제 & 1-3과제 : 검증요구사항서 작성을 위한 시험항목 결정
- 1-3과제 & 1-4과제 : 성능시험기준 개발을 위한 성능시험절차서 제공 일정 조정
- 1-2과제 & 1-4과제 : 완성차신뢰도예측/분석, 완성차 위험원 식별 등의 완성차 수명주기비용 분석 자료의 필요성 등 이견
- 1-2과제 & 1-4과제 : 완성차수명주기비용분석 결과 자료의 필요성 이견
- 1-2과제 & 1-4과제 : 설계단계에서시스템 수준의RAMS분석, Preliminary System FME(C)A, Preliminary Hazard Analysis 자료 필요성 이견

4) 조정 결과

- 1-1과제 & 1-3과제 : 규격서의 내용을 기반으로 검증 필요항목을 상호 검토하여 결정함
- 1-3과제 & 1-4과제 : 1-4과제의 성능시험기준 개발 일정과 1-3과제의 성능시험절차서 개발 일정 부조화 조정 (시험절차서 개발에 필수적인 2핵심의 협조 지원)
- 1-2과제 & 1-4과제 : 완성차 수명주기비용 분석 관련 자료를 1-2과제 성과물 등을 확인하여 1-2과제에서 필요한 내용 발췌하는 것으로 합의
- 1-2과제 & 1-4과제 : 완성차수명주기비용분석 결과 관련 자료를 1-2과제 성과물 등을 확인하여 1-4과제에서 필요한 내용 발췌하는 것으로 합의
- 1-2과제 & 1-4과제 : 설계단계에서 시스템 수준의RAMS분석, Preliminary System FME(C)A, Preliminary Hazard Analysis 관련 자료를 1-2과제 성과물 등을 확인하여 1-4과제에서 필요한 내용 발췌하는 것으로 합의

(라) 타핵심과의 I/F 조정

1) 목적

- 규격서 보완, 통합계측시스템 구축, 건설규칙 & 안전기준 개발, 시험절차서 개발, 성능시험 방안 수립, CDR 보완 등 1핵심세부과제의 연구개발을 위해 2, 3핵심의 협조/협의/검토가 필요한 사항에 대해 협의 및 조정

2) 조정 내용

가) 규격서 보완을 위한 협의

○ 일시 및 장소 : '09.07.23, 현대로템 기술연구소

○ 주요 회의 내용 :

- 2-1과제 작성 규격서와 PBS 대비 1-1작성 PBS의 상세 내용에 대해 협의하여 시범노선 규격서에 적용할 차량분야에 대한 PBS 확정
- 1-0과제 주관으로 실시한 차량분야 자문회의 결과 자문의견에 대한 실용화 사업단(1-1과제, 1-0과제, 2-1과제)의 의견 정리
- 도시형자기부상열차실용화사업단 주관으로 실시한 차량분야 자문회의 결과 자문의견에 대한 실용화 사업단(1-1과제, 1-0과제, 2-1과제)의 의견 정리
- 1-1과제에서 격주 단위로 작성 배포 중인 SE 동향보고서 내용 중 2핵심 관련 사항에 대한 내용 협의/정리
- 차량시스템의 '객실 손잡이'는 교통약자 이동편의보다 미관을 우선하고 있으므로 이에 대한 판단 필요
- 차량시스템의 정지검지장치는 '차량속도가 1km/h 이하일 때 감지' 하나, 신호 및 열차제어시스템 성능 목표의 '정지검지기준은 2초 동안 1~3km/h 이하'로 되어 있으므로 I/F 협의 필요
- SE 동향 보고서의 인터페이스 관리 항목 협의가 대안 설계 등의 사유로 지연되고 있음(예 :'도플러 센서' 관련 항목은 대우엔지니어링 시스템에서는 적용하지 않고 있으므로 재협의 필요)

○ 결과 및 특기사항

- 차량분야에 대한 PBS 확정
- 차량분야 자문의견에 대한 조치계획 수립
- 차량시스템의 '객실 손잡이'는 법규정에 따름
- 차량시스템의 정지검지기준에 대해 별도 협의 진행

나) 통합계측시스템 구축을 위한 협의

○ 일시 및 장소 : '09.09.04, 한국철도시설공단 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 통합계측시스템은 기본적으로는 자기부상열차 성능시험기준에 준하는 시험을 수행하기 위해 구축하는 계측 시스템을 의미하며, 각 분

야별로 구축되는 시험 장비와는 구분되는 개념임.

- 1단계 구축으로는 주로 시험선에서 실시되는 열차의 시험을 위주로 설계가 진행되었음.
- 3핵심의 관련 분야의 이해를 증진하기 위해 별도로 통합계측시스템에 대한 설명회를 갖도록하며,
- 향후 3핵심의 검토 후 의견 개진 시 이를 반영할 수 있도록 조치

○ 결과 및 특기사항

- 1-3과제에서 통합계측 시스템 구축 방안에 대해 전문가 자문회의 등을 실시하여 확정함

다) 전력-통신 분야 규격서 검토

○ 일시 및 장소 : '09.09.15, 한국철도시설공단 6층 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- '09.6.26일 실시한 1-1세부과제의 연구 성과물인 도시형자기부상열차 시스템 각 분야별 규격서에 대한 전문가 자문회의 결과에 대한 사업단 내부 검토
- 전력 및 통신 분야에 대한 규격서 전반적인 내용 검토

○ 결과 및 특기사항

- 전력 및 통신 분야에 대한 규격서 1차 검토 완료

라) 건설규칙 관련회의

○ 일시 및 장소 : '09.09.29, 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 도시형자기부상철도 건설규칙(안) 제24조 분기기와 곡선선로 또는 분기기간 이격 거리 관련 검토
- 제28조 고가 구조물 아래 등의 방호 관련 검토

○ 결과 및 특기사항

- 건설규칙(안)은 공청회 등을 시행하여 개발을 완료한 상태이므로 변경을 위해서는 공식적인 행정절차 필요

마) 노반-궤도-건축-차량기지 분야 규격서 검토회의

○ 일시 및 장소 : ‘09.10.22, 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- ‘09.6.26일 실시한 1-1세부과제의 연구 성과물인 도시형자기부상열차 시스템 각 분야별 규격서에 대한 전문가 자문회의 결과에 대한 사업단 내부 검토
- 노반, 궤도, 건축 및 차량기지분야에 대한 규격서 전반적인 내용 검토

○ 결과 및 특기사항

- 노반, 궤도, 건축 및 차량기지분야에 대한 규격서 1차 검토 완료

바) 대차정하중 시험절차서 검토회의 협의

○ 일시 및 장소 : ‘10.01.07, 현대로템 기술연구소

○ 주요 회의 내용 :

- 대차 정하중 시험절차서에 대한 1-3과제와 2-1과제 간의 검토 회의에 참석하여, 절차서 개발의 전반적인 방향을 이해하고,
- 1-3세부과제의 진도 지연에 대한 관리 방안 수립에 참고함
- 또한 절차서의 내용을 선 이해함으로써 향후 승인 요청 시 신속히 대응 가능토록 준비

○ 결과 및 특기사항

- 대차정하중시험절차서를 포함한 구성품 및 완성차 시험절차서는 사업단 승인 절차 수행

사) 성능시험 관련 협의

○ 일시 및 장소 : ‘10.01.08, 한국기계연구원 2층 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 성능시험 신청절차, 시험수수료 지급 방식, 이미 수행한 시험의 소급적용 방법, 개발중인 자기부상열차 성능시험기준(안) 적용 방안 등에 대해 도시형자기부상열차실용화사업단 및 1-3세부과제와 협의

○ 결과 및 특기사항

- 성능시험 신청절차 : 도시철도법에 따라 차량제작자가 성능시험자에게 신청하여 계약체결. 성능시험자에게 신청 시 1-3과제 경유(시험비 지급 근거). 개별 시험은 1-3과제가 차량제작자의 요청에 의거하여 성능시험자에게 신청
- 시험수수료 지급 방식 : 1-3과제 예산으로 성능시험자에게 지급. 차량제작자와 성능시험자간 계약에 1-3과제에서 지급한다는 내용 반영
- 이미 수행한 시험의 소급적용 방법 : 소급적용 검토는 부적절함. 성능시험자가 절차서에 따라 수행해야함
- 개발 중인 자기부상열차 성능시험기준(안) 적용 방안 : 현재 도시철도법 자기부상열차 성능시험기준이 법제화 되지 않은 상황에서 성능시험자가 연구개발 진행중인 도시형자기부상열차 성능시험기준(안)으로 성능시험을 수행해야 하는 불가피성 때문에 사업단에서 국토해양부와 향후 성능시험 수행방안을 협의
- 5차년도에 1-4과제에서 성능시험기준(안) 개발을 완료했으며, 2011년 5월 경에 실시될 예정인 성능시험시 적용 가능함

아) 안전기준/건설규칙 검토

① 1차회의(건설규칙)

○ 일시 및 장소 : '10.04.13, 한국기계연구원 2층 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선에 대한 법적 근거 마련을 위해 자기부상열차 관련 사항을 도시철도법 내에 편입하기 위한 도시철도 건설규칙 개정(안)에 대한 검토의견 확인
- 상기와 같은 맥락에서 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙에 도시형자기부상열차 관련 사항을 추가하는 개정안 검토

○ 결과 및 특기사항

- 도시철도 건설규칙 개정(안)에 대한 검토의견 반영한 수정(안) 개발 완료

② 2차회의(안전기준)

○ 일시 및 장소 : ‘10.04.23, 현대로템 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선에 대한 법적 근거 마련을 위해 자기부상열차 관련 사항을 도시철도법 내에 편입하기 위한 도시철도 안전기준 개정(안)에 대한 검토의견 확인
- 중량한계, 보호접지, 안내장치, 기초제동장치, 선형유도전동기, 보조전원장치의 연장급전, 축전지, 종합제어장치, 피뢰기 관련 사항 검토

○ 결과 및 특기사항

- 도시철도 안전기준 개정(안)에 대한 검토의견 반영한 수정(안) 개발 완료

자) 건설분야 CDR 협의

○ 일시 및 장소 : ‘10.04.20, 한국생산기술연구원 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 건설분야의 대안설계 검증 양식 중 검증 항목들에 대한 작성 방안 협의
- 토목설계기준관련 사항은 설계내용 검토/반영 여부 확인으로 종결
- CDR 작성 일정 협의
- 타과제와의 인터페이스 현황 확인

○ 결과 및 특기사항

- 시범노선 건설/토목분야 CDR sheet를 3핵심에서 보완하여 ‘10.5.11일한 1-1세부과제에 제출
- 2핵심과 협의 필요 사항은 별도 일정으로 합동회의 실시

3) 타핵심 I/F 조정결과

- 신호 및 열차제어시스템의 ISA, SIL4, RAMS 등은 도시형자기부상열차실용화사업단 및 그 상부기관에서도 관심이 집중되어 있는 사항이므로 철저한 계획 수립 필요

- 차량분야의 규격서는 1, 2차 검토를 완료하여 5차년도에 사업단 승인을 완료했으며, 시범노선 건설관련 규격서는 일부 보완하여 5차년도에 사업단 승인 완료함
- 통합계측 시스템 구축 방안은 전문가 자문회의 등을 실시하여 확정되었으며, '10.5.25일 1단계 착수보고회 실시
- 구성품 및 완성차 시험절차서는 사업단 승인 절차 수행
- 성능시험방안은 차량분야 뿐만아니라 신호 및 열차제어시스템에 대한 성능시험 방안에 대한 사업단 내부 안을 수립한 상태이며, 향후 성능시험자와 협의 필요
- 도시철도 건설규칙 개정(안) 및 안전기준(안)에 도시형자기부상열차를 편입하기 위한 수정(안) 개발 완료하여 사업단에서 국토부와 협의

(4) (하위세부과제 관리)결과

(가) 문제점 및 보완계획

특별한 문제점 없음

(나) 기대효과 및 활용계획

월간 공정회의, 분기단위의 성과물 검토, 1핵심 내부 인터페이스 조정 및 타 핵심과의 인터페이스 조정 등을 통해 하위세부과제 관리가 정상적으로 수행되고 있음

라. 시험선 시험평가 총괄

(1) 개요

- 본 실용화사업 RFP에 의하면 본 실용화사업에서 개발된 자기부상열차를 인천국제공항 6.1 km 시범노선에 적용하기 전에 본 실용화사업에서 개발된 차량 및 선로에 대한 시험을 기계연 자기부상열차시험선로에서 실시하여 차량 및 선로의 성능을 확인하도록 계획되어 있으며, 시험선 시험평가의 주요 업무는 다음과 같음

  . 개발된 차량(2량 1편성) 의 성능확인

  . 개발된 자기부상열차 선로 성능확인

  . 개발된 관절형분기기 성능확인

  . 성능시험절차서 작성 및 이에 의한 시험평가

- “시험선 시험평가 총괄”의 연구목표 달성을 위한 세부연구 내용을 ①초도편성 시험관리 및 ②상부구조 계측 및 분석 점검/관리로 계획하고 연구 수행

연구내용	세부내용		개요	산출물
시험선 시험평가 총괄	1	초도편성 시험관리	완성차시험(시험선 시험) 계획서/절차서 검토 및 완성차시험(시험선 시험) 시험평가 지원	-관련 회의록 -시험선시험 안전관리계획서(안)
	2	상부구조 계측 및 분석 점검/관리	선로구축물 설계개선 요구사항 도출을 위한 시험선 시험(레일 열변형 시험, 거더 열변형 시험, 레일 진동특성 시험, 거더 진동특성 시험, 거더 처짐 시험, 부상 안정성 시험, 레일 설치공차 시험, 레일 설치공차에 따른 차량 동특성 시험, 침목 설치 간격에 따른 차량 동특성 영향 시험, 주행중 레일 변형 시험, 체결구 동하중 시험, 방진 고무 효과 시험 등)을 통한 상부구조 계측 및 분석 지원	

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(4차년도)												진도(%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시험선 시험평가 총괄													
1.초도편성 시험 관리							·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
							———						
2.상부구조 계측 및 분석 점검/관리							·····	·····	·····	·····	·····	·····	100%
							———						

····· 당초계획

——— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 초도편성 시험 관리

1) 시험평가 방안 검토회의

○ 일시 및 장소 : 2009.12.21, (주)현대로템 회의실

○ 회의내용 및 결과

- 기계연 시험선 시험을 위한 제반 사항 협의
- 전차선 설치 일정 및 시험 일정 확인
- 시험선 궤도검측 현황 확인 및 추가 회의 일정 확정
- 차량 관련 개발 시험 정의 협의 및 기관별 임무/권한 결정
- 성능시험 관련 정의 협의

2) 차량시험평가계획서 검토회의

○ 일시 및 장소 : 2010.1.6, 2010,1.27, (주)현대로템 회의실

○ 회의내용 및 결과

- 제작검사 삭제 여부, 추가편성 차량에 대한 시험선 시운전 시험 결정
- 추가편성에 대한 구조체/대차 하중시험 실시여부 확인

- 성능시험자와 계약주체 결정

3) 시험선 관련자 회의를 통한 시험선시험평가 협의

○ 일시 및 장소 : ‘10.01.06, ’10.01.12, ‘10.02.01, ’10.02.10, 한국기계연구원 자기부상열차시험선로 회의실

○ 회의내용 및 결과

- 시험선시험 일정 확인, 시험선 시험 진행 현황 정리
- DAS box 제작
- 시험절차서 작성 확인
- 시험선시험 관련 요청사항/지원 결과 확인
- 전원투입 절차 관련 협의

4) 시험선시험 안전관리계획서 작성

가) 시험선시험 안전관리계획서 개요

- 기계연구원 자기부상열차 시험선로에는 시험을 위한 DC 1500V의 고압 전력이 현장에 공급되는 등 안전저해요소가 시험 현장에 산재해 있다. 이러한 안전저해요소로부터 인력 및 설비의 안전한 보호를 위한 대책(계획) 수립이 필요하며, 수립된 계획의 준수, 준수여부 확인 등의 활동이 필요하다. 이 시험선시험에는 여러 조직이 참여하고 있으며, 각 조직은 자체적인 안전관리계획에 따른 안전관리를 수행하는 것을 기본으로 하며, 본 안전관리계획서에서는 주로 시험선시험 안전 관련 조직간 인터페이스 및 시험총괄의 관점에서 관리할 필요가 있는 안전저해요소의 관리계획을 기술

나) 안전관리계획서 구성

시험선 안전관리계획(안) 구성	
1. 목적	
2. 시험선 시험일정	2.1 기계연구원 자기부상열차 시험선로 주요시설 2.2 시험선시험 일정
3. 안전관리 조직구성	3.1 조직구성 3.2 연락체계 3.3 임무 및 역할

4. 안전관리운영	4.1 분야별 안전관리계획 수립 4.2 현장안전관리 4.3 안전교육 4.4 안전점검 4.5 안전사고처리

(나) 상부구조 계측 및 분석 점검

○ 일시 및 장소 : ‘10.4.27, 한국기계연구원 10동 회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 거더 열변형 시험, 거더 처짐 시험

· ‘09년 하절기 거더의 처짐에 대한 시험수행

· 온도 상승에 따른 거더의 변형 확인

- 레일 진동특성 시험

· ‘10년 3월부터 역사, 분기기, 침목 삽입체 별 시험 수행

· 차량시험에 따른 특이구간 발생 시 시험 수행

- 거더 진동특성 시험

· 거더 5개 Type에 대한 ‘10년 2월부터 분석 수행

○ 결과 및 특기사항

- 특이 사항 없음

(4) (시험선 시험평가 총괄)결과

(가) 문제점 및 보완계획

특별한 문제점 없음

(나) 기대효과 및 활용계획

본 실용화사업 RFP에 의하면 본 실용화사업에서 개발된 자기부상열차를 인천 신공항 6.1 km 시범노선에 적용하기 전에 2 량 1 편성 시제차량 및 선로에 대한 시험을 기계연 자기부상열차시험선로에서 실시하여 본 실용화사업에서 적용될 차량 및 선로의 성능을 확인하도록 계획되어 있다. 기계연구원 자기부상열차 시험선로에는 시험을 위한 DC 1500V의 고압 전력이 현장에 공급되는 등 안전저해요소

가 시험 현장에 산재해 있다. 이러한 안전저해요소로부터 인력 및 설비의 안전한 보호를 위한 대책(계획) 수립이 필요하며, 수립된 계획의 준수, 준수여부 확인 등의 활동이 필요하다. 이러한 안전관리 활동 전반을 기술하는 시험선 안전관리계획(안)을 1핵심에서 작성하였으며, 5차년도에 RFP 변경에 따라, 이를 1-3과제로 이관하여 1-3과제 주관으로 1핵심의 검토를 거쳐 사업단의 승인을 득하였다. 또한 본 시험선 안전관리계획은 3핵심에서 향후 작성할 것으로 예상되는 시범노선 종합시운전 안전관리계획 등에 참조될 수 있을 것으로 기대한다.

마. 시범노선 건설 지원(설계변경 등에 따른 타핵심 I/F 등)

(1) 개요

- “시범노선 건설지원”의 연구목표 달성을 위한 세부연구 내용을 ①RAMS 활동 점검, ②산출물 검토 및 ③공종간 인터페이스 점검/검토로 계획하고 연구 수행

연구내용	세부내용		개요	산출물
시범노선 건설 지원(설계변경 등에 따른 타핵심 인터페이스 등)	1	RAMS 활동 점검	-Sub시스템 RAMS 분석 검토 및 연계 지원 -국내 철도산업의 RAMS 현황을 반영한 RAMS 목표치 조정 필요성 검토 및 합리적인 목표치로의 재설정 지원(필요시)	-관련 자료 2건
	2	산출물 검토	-시설분야(노반, 건축, 궤도, 검수) 공사 발주 RFP & 산출물 검토 및 지원 -전력, 신호, 통신분야 실시설계 도서 검토 및 지원 -전력, 통신분야 구매/설치 용역 RFP 및 산출물 검토 및 지원 -신호분야 구매/설치 용역 산출물 검토 및 지원	-관련 검토서
	3	공종간 I/F 점검/검토	-공종간 I/F 회의 참석을 통한 최적의 인터페이스 방안 도출 지원 -공종간 간섭 현상 회피를 위한 인터페이스 항목 검토 및 지원 -전력/신호/통신 분야와 시범노선 운영 시나리오와의 인터페이스 검토 및 지원	-차량-신호분야간 인터페이스 협의체 -종합시운전 일정계획 -관련 회의록

- RAMS 활동점검으로 신호 및 열차제어시스템 RAMS 수행을 위한 지원을 실시
- 시범노선 산출물 검토로는 열차제어시스템 수행계획서, 열차제어시스템

무선전파측정시험, 대안입찰서, 통합관제실 인테리어 방안, 열차제어시스템 제작설계 중간보고회 자료, 열차제어시스템 제작승인도, 열차제어시스템 운영분야 요청사항, 지상신호설비 성능시험방안, 열차제어시스템 기술이전 국산화검증을 위한 현장실태조사 등에 대해 검토

- 공종간 I/F 점검/검토로는 차량-신호분야 간 인터페이스 협의, 시범노선 종합시운전 일정계획(안) 수립, 열차제어시스템 시험평가 방안을 검토

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(4차년도)												달성도 (%)
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
시범노선 건설 지원(설계변경 등에 따른 타핵심 인터페이스 등)													
1.RAMS 활동 점검	·····												100%
2.산출물 검토	·····												100%
3.공종간 I/F 점검/검토 (I/F 일정에 따라)	·····												100%

····· 당초계획

——————————— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) RAMS 활동 점검

1) 신호 및 열차제어시스템 RAMS 수행을 위한 협의

○ 일시 및 장소 : '09.06.25, 대우엔지니어링 2층 대회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 신호 및 열차제어시스템에 대한 대우엔지니어링 컨소시엄의 수행계획 설명 및 각 과제 검토 의견 개진

- 도시형자기부상열차실용화사업의 열차제어시스템 구매/설치 프로젝트는 타 프로젝트 대비 사업기간도 짧으며, 타 프로젝트에서는 일반적으로 시행되지 않은 ISA, SIL4, RAMS 등이 추가되어 있으므로 계획단계부터 철저한 준비가 필요함.
- 수행계획서 내용에는 RAMS, ISA를 수행할 구체적인 조직/기관(필요시 컨설팅 포함)이 명시되어야하며, SIL4입증을 포함한 구체적인 구현 방안이 포함되어야 함.

○ 결과 및 특기사항

- 상기 3개 항목들은 도시형자기부상열차실용화사업단 및 그 상부기관에서도 관심이 집중되어 있는 사항이므로 철저한 계획 수립 필요

2) RAMS성과물 검토

- 신호 및 열차제어시스템의 RAMS 성과물(RAM 계획서, Safety 계획서, 시스템 분류보고서, 예비위험원 분석 보고서 등)을 제출 받아 검토
- 분기기, PSD분야의 RAMS 활동은 대안계약자('10.2.12일 계약)가 시행
- 전력, 통신분야는 '10.3월 RAMS 범위 확정에 따라 실시설계 과업에 예산 등 RAMS 요구조건 준비 중이며, 구체적인 RAMS 활동은 '11년으로 예상되는 시공(구매) 계약에서 시행될 예정

(나) 산출물 검토

1) 열차제어시스템 수행계획서 검토('09.7.10)

- '09.6.12일 수행한 열차제어시스템 수행계획서(초안)에 대한 검토의견이 반영된 수행계획서에 대한 2차 검토 실시

○ 주요 검토 내용 :

□ 공급범위
○ 15p : 차량과 차상신호설비 사이의 인터페이스 Cable 등은 공급범위가 차량인지, 신호인지 확인 필요(본 수행계획서에서는 차량의 공급범위로 정의하고 있음)

□ 속도조사

○ 16p : 시범노선 운영시나리오에는 15km/h 및 25km/h가 정의되어 있으므로 속도조사의 종류에 대한 검토 필요

□ 기술이전 및 국산화팀

○ 53p~55p : 53p 도표 상에는 “기술이전 및 국산화팀”이 있으나, 54p(업무분장) 및 55p(담당자)에는 해당 내용 없음

□ 조달계획

○ 91p, 127p : “발주”의 의미는 자재 등의 발주로 이해됨. 지상신호 “발주”가 2009.08로 되어 있으나 기본적인 설계가 진행되지 않은 시점에서 발주되는 것 같아 검토 필요. 차상설비의 경우는 2009.08로 되어 있으나 국산화 방안이 2009.07에 수립된다하더라도 시간적으로 현실성이 있는 지 검토 필요. UPS도 2009.08 발주로 되어 있으나 기기실 등의 용량도 확정하지 않은 상태에서 발주가 가능한지 검토 필요. 127p에서는 각종 설계서 초안이 2009년 10월 15일로 계획하고 있는 점 감안 필요.
○ 91p : 장비 투입 계획의 첫 번째(2011.02)와 두 번째(2011.7) 색칠된 바의 의미 구분은?
○ 93p~96p : 제시된 자재관리 절차서는 3핵심(한국철도시설공단)의 자재구매 절차서를 인용한 것 같음(내용 중에 전차선분야, 전철전력자재, 송변자재 등 신호분야가 아닌 내용도 있음). DEC에서 자재 관리를 어떻게 한다는 계획이 명시될 필요 있음
○ 원천기술 제공사로부터 기술 이전 항목들은 기술 이전 기간 등을 고려하여 자재 발주 등에 만전을 기할 필요 있음
○ 135p : 자재 발주 및 구매 일정을 2010.1~2010.3로 계획하고 있어 상기일정과 상호 불일치함

□ 인터페이스 관리

○ 11p : 구분 칸의 “운영”을 “시스템통합”으로 변경하고 주요식별 사항으로 “시스템 요구사항”, “규격서”, “건설규칙, 안전기준, 표준규격” 등을 추가 필요
○ 103p : 그림 상의 “계약자의 기술 인터페이스 담당자”의 소속은? (본 부분은 신호, 통신, 전력, 건축, 토목, 검수 등의 각 시스템이 계약을 체결한 후 이들 계약자 중 분야별 인터페이스를 총괄할 대표 계약사의 기술자로 이해되므로 향후 타분야 계약 체결 시 구체적인 방향 설정이 필요한 듯함.)
○ 107p : 제1과제 시스템통합의 인터페이스 사항에 “시스템 요구사항”, “규격서”, “건설규칙, 안전기준, 표준규격” 등을 추가 필요
○ 109p : 구분 칸의 “운영”을 “시스템통합”으로 변경하고 주요식별 사항으로 “시스템 요구사항”, “규격서”, “건설규칙, 안전기준, 표준규격” 등을 추가 필요
○ 109p~111p : 제시된 인터페이스 사항들은 분야별 인터페이스 회의전까지는 구체적이며

한정적으로 수정/보완할 필요 있음

□ 리스크 관리

○ 113p : “사업감독관실”이 의미하는 바는?
○ 117p : 본 사업의 중요/관심 요소는 RAMS, ISA, SIL4인증 및 국산화 100% 달성이라면 이와 관련된 리스크 요인을 고려할 필요 있음

□ 협력 업체 선정

○ 135p : 차상 협력업체 선정을 2009.7~8로 계획하고 있음. 차량과의 인터페이스 등을 고려하여 계획대로 수행될 수 있는 관리가 필요
○ ISA 업체 선정 및 RAMS 컨설팅 업체 선정 등도 조속 확정 필요

□ 설치공사

○ 140p~141p : 140p의 인력&장비투입계획과 141p의 설치일정계획이 상호 불일치

□ 교육훈련

○ 158p, 163p : 158p의 교육 시기와 158p의 일정 계획이 상호 불인치

□ 소프트웨어 품질보증계획

○ 189p : 그림 상에 소프프웨어 품질보증 담당이 “총괄 RAMS 담당” 하부에 있는 것은 잘못된 것으로 판단되며, 1핵심 내부에는 동 업무를 수행하는 과제가 존재하지 않으므로 3핵심(한국철도시설공단) 내부구성으로 조정 필요

□ 최종목표 & 기대효과

○ 195p : “국내 경전철 신호시스템 표준사양 지정으로~~~”라고 명기한 부분은 수정 필요 (표준사양과는 차이가 있을 수 있으므로)

○ 결과 및 특기사항

- 신호 및 열차제어시스템 수행계획서에 반영

2) 열차제어시스템 무선전파측정시험

○ 일시 및 장소 : ‘09.9.8~9, 시범노선 건설 예정지

○ 주요 내용 :

- 시범노선 인근에서 방사되고 있는 주파수 대역을 확인하여, 열차제어시스템의 무선 데이터 통신 설계에 반영
- 104정거장과 105정거장 사이에서 열차제어시스템에서 사용 예정인 ISM 밴드 5.8GHz 10mW 방사를 통해 기존 공항 시설의 영향 유무 검토(저출력 ISM 밴드 사용으로 영향은 없을 것으로 추정) : 시험 시간대에 이상 징후 검측되지 않음.
- 차량을 이용한 이동 매체(120km/h)로 주행시 AP간 로밍 등 성능 검증 실시

○ 결과 및 특기사항

- 신호 및 열차제어시스템 구매/설치 계약자(대우컨소시엄)는 '09.9.10일까지 현장 측정 시험을 실시하였으며, 시험결과 문제점 없음으로 보고됨

3) 대안입찰서 검토

○ 일시 및 장소 : '09.08.24~25, 천안상록 리조트

○ 주요 내용 :

- 1박 2일 워크샵을 통한 대안입찰안내서 검토

○ 결과 및 특기사항

- 워크샵 후속 조치로 대안 입찰에 반영될 연구성과자료 제공

자 료 명	개 정	작성자	승인자 (관리자)	보안 필요 여부	제공 방법 (열람/배포)	비 고
도시형자기부상열차 시스템 요구사항서	rev. 0.0.06 ('09.4.28)	1-1	0-0	○	열람	CDR 작성용
도시형자기부상열차 서브시스템 RAMS 요구조건 (분기기, PSD)	rev.1 ('09.03)	1-2	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 열차성능 검토서	rev. 1 ('08.1.19)	2-0	2-0			TPS 입력자료
도시형자기부상열차 상부궤도 설계 요구조건	rev. 3 ('08.09.29)	2-0	2-0			설계 및 시방서 작성
시스템 통합 (1핵심) 1단계 실적보고서	('09.07)	1핵심	건교평	○	열람	
차량개발 (2핵심) 1단계 실적보고서	('09.07)	2핵심	건교평			

선로구축물 (3핵심) 1단계 실적보고서	('09.07)	3핵심	건교평			
도시형자기부상열차 실용화 사업 시스템 규격서	rev. 0.0.02 ('09.03.05)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 선로구축물 시스템 규격서	rev. 0.0.04 ('09.07.10)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 신호 및 열차제어 시스템 규격서	rev. 0.0.04 ('09.07.10)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 전력 시스템 규격서	rev. 0.0.03 ('09.05.18)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 차량 시스템 규격서	rev. 0.0.04 ('09.07.10)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 통신 시스템 규격서	rev. 0.0.03 ('09.05.18)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 역사 시스템 규격서	rev. 0.0.04 ('09.07.10)	1-1	0-0	○	열람	
도시형자기부상열차 실용화 사업 차량기지 시스템 규격서	rev. 0.0.04 ('09.07.10)	1-1	0-0	○	열람	

4) 통합관제실 인테리어 방안 검토

○ 일시 및 장소 : '09.11.16, 한국기계연구원 본관회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 통합관제실의 LDP 배치안(2단, 3단), CCTV 배치, 각종 콘솔 배치를 포함하는 인테리어 방안에 대해 협의

○ 결과 및 특기사항

- 검토 결과로 통합관제실 LDP 설계에 반영됨

5) 열차제어시스템 제작설계 중간보고회 내용 검토('09.11.9)

○ 주요 검토 내용 :

□ 추진일정(9p, 43p)

○ 향후 계약되는 시범노선 건설분야(노반, 궤도, 건축, 차량기지 등)의 공정과 연계하여, 향후 조정 필요

○ 9p와 43p의 설치공사 일정이 상호 불일치함

□ 공정율(12p)

○ 지상장치 및 관제설비는 공정율이 90%인데 비해, 차상장치 공정율이 약 65%로 저조함

□ 용어설명(28p)

○ 자동운전의 TDB 방식에서 TDB의 의미?

□ 현안사항(51p)

○ 운영시나리오 현황 : 2, 3핵심의 기술검토를 거쳐(기술검토 내용을 반영하여), '09.9.11일 사업단에 승인 요청 중(현재 인천공항의 검토 의견이 평가원까지 문서로 도착되어 있는 사항임)인 파일을 3핵심에 제공('09.11.5)한 상태 임.

○ 제작승인도 승인 주체 관련
- 현재 개정하여 사업단 승인 추진 중인 SEMP 개정(안)(3핵심의 기술검토 접수, 2핵심 기술검토 중)에는 붙임 1과 같이 기술되어 있음.(※ 2, 3핵심 문서는 2, 3핵심에서 검토하여 수정 내용을 1핵심으로 회신 요망.).
- 이와 관련하여 1핵심의 의견 : 차량제작검사를 위한 각종 도면/도서 등은 2핵심에서 작성하여 사업단의 승인을 득하는 것으로 결정되었으나,
- 시범노선 구축 분야의 경우는 각 용역사/제작사/시공사가 작성한 각종 승인도서를 감리의 검토를 거쳐 3핵심에서 승인하는 것이 타당할 것으로 판단됨.
- 시범노선 건설분야에 대한 문서명 및 승인 권자에 대한 3핵심의 의견을 제시할 경우 이를 SEMP 개정(안)에 반영하여 사업단 승인을 득하는 것이 바람직할 것 같음.

○ 기계연 시험선 신호설비 설치 시험 : 기계연 시험선의 분기기 시험, 차량관련 시험 등과 연계하여 전자연동장치 등의 신호설비 사전 설치 시험은 사업성공을 위한 좋은 제안으로 생각되며, 구체적인 시험계획 등은 1핵심(1-3과제 포함)과 협의 진행 필요.

○ 신호 및 열차제어시스템 성능시험 시행 여부
- 성능시험자에 의한 성능시험 관련하여 붙임 2를 참조하면, 우리 사업에서는 도시철도법적으로 성능시험자에 의한 성능시험이 강제되어 있지 않지만,
- 법의 개정 취지를 고려할 때 신호 및 열차제어시스템에 대한 성능시험자가 국토해양부로부터 지정이 되면, 이 성능시험자에 의한 성능시험 실시를 검토할 필요 있음.
- 이 경우, 시험 신청의 주체는 법에서 정의하듯이 제작사가 되어야 하며,
- 시험 비용은 신호 및 열차제어시스템 구매설치 계약적으로 계약자의 부담이 아니라면, 시범노선 건설비(3핵심 예산)에서 지불됨이 타당할 것으로 판단됨.

○ 차상신호설비의 성능시험
- 차상신호 설비의 경우는 도시철도법에 따라 구성품시험, 완성차시험 및 본선시운전을 성능시험자에게 신청하여야 하는 것으로 판단되며,
- 성능시험 신청의 주체는 차상신호설비 제작사가 되어야 하며, 성능시험 비용은 1-3과제 연구비에 포함되어 있는 것으로 판단되며,

- 또한 2핵심에서 신청하는 차량의 성능시험과 병행 필요성이 있는 것으로 판단되나,
- 전반적이고 구체적인 사항에 대해서는 1-3과제와 협의 진행 필요

○ 결과 및 특기사항

- 지상신호 설비 및 차상신호설비 성능시험 방안은 사업단 내부 안은 확정된 상태이며 향후 성능시험자와의 협의 필요
- 기계연 시험선 신호설비설치 시험은 비용, 일정 등의 사유로 실현되지 않음
- 그 외 사항은 신호 및 열차제어시스템 설계에 반영 됨

6) 열차제어시스템 제작승인도 검토('09.12.8)

○ 주요 검토 내용 :

□ RAMS 관련

○ 제작설계단계 RAMS 분석/검증이 완료되지 않은 상태에서 제작설계 승인이 진행되고 있는데;
- 향후 제작설치 될 열차제어시스템/제품/장치가 신뢰성/안전성 목표 달성이 가능하다고 어떻게 알 수 있는지?
- 결국 본 실용화사업에서 적용하는 EN50126 규격 절차를 위배하게 되어, 향후 RAMS 분석 업무에 많은 혼선이 예상되는 바, 이에 대한 대책 및 계획을 서면으로 수립하여 3핵심(또는 사업단)의 승인(또는 동의)을 받은 것이 있는지?

□ 열차제어시스템 기능/성능 관련 질의

○ **질의 배경 :** 제출된 제작승인도는;
- 열차제어시스템이 시범노선에서 어떤 기능/성능을 달성할 것인지 엔지니어링 분석/설명 부족
- 열차제어시스템의 기능/성능이 ATS(감시), ATP(보호), ATO(운전)가 어떻게 나누고, 실행할 것인지 엔지니어링 분석/설명 부족
- 각각 기능/성능이 제품/하부장치/Element/component에 어떻게 배당되어 실행될 것인지 엔지니어링 분석/설명 부족
- 결과적으로 제출된 설계/도면의 연동장치 등 주요장치의 기능 및 성능이 비록 설계서를 각각 만족되고 시험/시운전 된다고 하여도 인천국제공항에 설치/시운전될 열차제어시스템이 본선 및 차량기지에서 목표한 기능/성능을 달성하여 잘 운행될지 확인해야 하는 대상물, 절차, 측정(확인) 방법(방안)을 잘 알 수 없음

○ **질의내용**

- 최종으로 열차제어시스템이 달성하는 정량적/정성적 기능/성능은 각각 무엇인지?
- 각각의 제품/장치가 제작단계에서 어떤 것을 측정하여 상기 열차제어시스템 성능달성을 보증/확인할 것인지?
- 각각의 element가 제작단계에서 어떤 것을 측정하여 상기 제품/장치의 성능달성을 보증/확인할 것인지?
- 각각의 component가 제작단계에서 어떤 것을 측정하여 상기 element의 성능달성을 보증/확인할 것인지?
- 상기의 기능/성능 중 신뢰성/안전성에 주요한 장치/제품/element/component 는?
- 위의 내용을 포함하는 열차제어시스템 기능 성능 규격(사양)서를 작성/제출할 계획은 없는지?

□ 도시철도시설 성능시험기준

○ 도시철도시설 성능시험기준은 우리사업의 열차제어시스템이 법적으로 준수해야하는 기준은 아니지만, 제작승인도 상의 적용규격에 포함하여 준수하는 것으로 정의한 것은 법의 개발 방향과 부합하므로 바람직함

□ 1-4과제(성능시험기준, 품질인증요령)관련

○ 1-4과제에서 성능시험기준/품질인증요령 등의 개발을 위해 3핵심의 협조가 필요함. 이와 관련하여 열차제어시스템 제작규격서 등 협조 요망

□ 도시형자기부상열차실용화사업 신호시스템 규격서

○ 1-1세부과제에서 작성하고, 3핵심에서 검토/보완한 신호시스템 규격서(사업단 승인 절차 준비 중)의 각 항목에 대한 준수 내용을 확인할 수 있는 각 시험(검증) 항목 연계가 필요함.
○ 본 승인 도서의 ITP & ITC에서는 이를 확인하기 어려움
○ 1-1세부과제와 협의하여, 규격서의 각 항목은 최소한 1가지의 시험항목과 연계/확인 가능하게 할 필요 있음.

□ 도시철도차량 성능시험기준 관련

○ 검사&시험계획(ITP) 양식은 <1-3과제>에서 수행하고 있는 개발품에 대한 구성품/완성차/본선 시험계획서 및 시험절차서 양식과 호환성있게 작성되도록 협조 요망.
○ 검사&시험점검표(ITC) 양식도 <1-3과제>에서 준비 중인 양식과 호환성있게 작성되도록 협조 요망.
○ 구성품 시험 시, <1-3과제>의 참관과 성능시험자가 입회할 수 있도록 협조 요망.

□ Operational Description

○ 승인도서에 신호 및 열차제어시스템 전반에 대한 동작 개념 설명서가 포함될 필요 있음.
예를 들면
- 제어권의 이양(LCC제어, TTC제어, CTC제어, 비상 Local 등) 방법
- 회차 모드
- 신호기 모드(auto, fleet, manual)
- 비상정지
- 임시속도제한
- PDT, ACI, ATB
- wake-up, sleep
- 구원운전
- 기타

□ 검사 및 시험

○ 설비별(편 별로) 검사 및 시험의 목차가 상이함

○ 제5편 차상설비 관련
- 6장 검사 및 시험 내용과 9장 검사 및 시험기준서가 연계성이 부족.

검 토 사 항			
항 목	**검 토 내 용**	**검토결과**	**비 고**
5편 차상설비	<6.4 시험의 종류> 전원변동시험의 전수시험 미실시	전수시험실시 확인요망.	도시철도성능시험기준에 실시토록 되어 있음.
6.검사및 시험	<6.6.12 조합기능시험> - 조합기능시험방법에 대한 구체적인 내용 보완요망. (차상ATP/ATO장치와 모의시험기 연결도 삽입 등) (1) 입력확인시험 - 시험방법 및 판정기준의 VDI보드 LED 점등확인을 구체적으로 기재요망. - 운전모드 스위치입력시험 5가지 모드 중 4가지만 기재됨. - 기타입력시험항목 누락여부 검토 (2) 현시정보해석 - 현시정보종류 및 구체적 시험방법 (4) 정지상태 검출 - Vzero 1-3km/h	시험방법 구체적 명기요망 보완요망 검토요망 검토요망 Vzero 기준확인 요망	예)VDI No.2보드의 3 번 LED점등확인 등 비상정지모드 누락. 허용속도/목표속도 Vzero 0-1km/h
9.검사 및 시험기준서 (ITP 및 ITC)	**<검사 및 시험계획서 : ITP> 6장 검사 및 시험 내용과 9장 검사 및 시험기준서가 연계성이 없음.** (1) 6장의 검사 및 시험내용을 포함하는	시험계획서/절차서 작성요망.	

	별도의 시험계획서와 시험절차서 작성 요망. (2) 시험절차서는 구성품시험절차서와 조합기능시험절차서로 구분 작성요망.		
	<검사 및 시험점검표 : ITC> (1) 차상설비를 구성하는 구성품(표.3.2.1) 각각에 대하여,구성품시험절차서에 의거한 각 시험항목별 시험기준/측정치/시험 결과를 표로 만든 시험기록서 작성요망. (2) 조합시험기록서는 6.6.12. 조합기능시험에 있는 시험항목/검사절차 및 기준/검사결과를 포함하는 표로 작성요망.	각 구성품 별 시험기록서(ITC) 작성요망. ITC 양식 재구성요망	도시철도차량성능시험계획서(기존 도시철도사업)참조. 산자부 자기부상열차 시험절차서 및 기록서 참조(한국기계연구원)

□ 역의 기능

○ 문서 제1편 10p와 도면 설계일반 3/94p 역 기능 정의 상이함.

□ 제어 영역

○ 문서 제1편 10p와 도면 설계일반 4/94p의 제어영역 구분이 상이함.

□ 용어 통일

○ 통합관제실과 종합사령실이 혼재되어 사용되고 있음.

□ 속도코드표

○ 60 이상의 속도는 보이지 않음

□ LCC(차량기지용)

○ 차량기지신호기계실 도면(전자연동장치 14/49p) 및 도서의 수량표에 LCC가 없음
○ 통합관제실의 “차량기지용 operator 콘솔”이 LCC 기능을 수행하는 것으로 이해됨
○ 그렇다면 차량기지신호기계실 도면에 통합관제실에 위치한 콘솔과의 연계성 표시 필요

□ 보수정보처리장치

○ 도서 제1편 19p의 보수정보처리장치의 기능은? 납품되는 장치 인지?

□ Link 파손

○ 도서 제1편 45p~46p의 Link 파손 추가 설명 필요

○ 결과 및 특기사항

- 검토의견은 3핵심에 제공되었으며, 3핵심에서 설계 반영 등 후속 조치함.

7) 열차제어시스템 운영분야 요청사항 검토('10.2.4)

○ 주요 검토 내용 :

□ **요청사항 1**[영업운행 시작 및 종료 시 시험 방안(시험주체, 장소, 시기 등)]

○ 도시철도의 경우는 일반적으로 차량을 영업운전에 투입하기 전에 유치선에 유치된 차량에 검수요원이 탑승하여 차량의 이상 유무를 확인하고, 차량기지운영요원과 통신하여 PDT 시험을 수행한 후 이상이 없는 경우에 해당 차량을 영업운전에 투입한다. 영업운전을 종료한 차량은 통상적으로 차량기지의 유치선으로 입고되며, 입고 후 유치선에서 검수요원에 의한 검사 및 차량기지 운영시스템과 연계한 PDT시험을 실시할 수도 있다.

○ 무인운전을 기본으로 하며 운영요원의 최소화(슬림화)를 지향하는 시범노선의 경우는 다음과 같은 시나리오를 생각할 수 있으며 기술적인 사항은 설비 제작사에서 검토할 필요가 있다.

- 기본적으로 영업운전을 마친 열차는 차량기지의 유치선으로 입고(통상무인운전으로 입고)된다.
- 열차의 입고를 확인한 차량기지운영요원은 차량기지 제어콘솔을 이용하여 열차의 고장유무를 확인하기 위하여 PDT시험을 실시한다.
- PDT 시험 결과 이상이 발견되면, 해당 차량은 검수원에 의한 고장수리 절차로 이관되고, 이상이 없는 경우에는 차량기지운영요원에 의해 sleep 모드로 설정된다.

- 유치선에 유치된 열차를 영업운전에 투입하기 위해서, 차량기지운영요원은 해당열차를 차량기지 제어콘솔을 이용하여 원격으로 wake-up하고, 해당열차의 이상유무를 획인하기 위한 PDT 시험을 실시한다.
- PDT 시험 결과 이상이 발견되면, 해당 차량은 검수요원에 의한 고장수리 절차로 이관되고, 이상이 없는 경우에는 해당열차를 영업운전에 투입하는 절차를 수행한다.
- 통상 비영업운행 시간 동안 유지보수 작업 등으로 본선상 예상치 않은 장애물 등 상황점검을 위해 안전요원이 탑승한 점검열차(승객 탑승을 배제함)를 상하선 각 1편승 운행(수동으로 25km/h이하 운행이 권고 됨)하게 한다.

○ 시스템의 구성에 따라, 열차의 이상 유무를 판단하기 위해 부득이 검수요원의 탑승이 필수적으로 요구될 수도 있다. 이는 열차제어시스템 제작사와 차량 제작사의 기술적 검

토가 필요한 사항으로 판단된다.

□ **요청사항 2**[차량화재 시 운전 취급 방법]

○ 차량에 화재가 발생한 경우, 안전확보를 위한 절대적인 방법은 없는 듯하다. 시범노선의 경우는 전구간이 고가 구조이며, 승객 대피를 위한 대피로가 별도로 설치된 점이 화재 시 운전취급방법 결정에 고려될 필요가 있을 것으로 생각되며, 간단한 소화기는 열차에 비치된 점과 상당 규모의 화재의 경우는 역사로의 이동이 화재 진압에 도움이 된다는 점(화재 확산의 가능성도 있음) 등이 고려될 필요가 있다.

○ 이러한 점을 고려할 때, 선택 가능한 시나리오는 다음과 같다.
- 승객 등이 진압 가능한 소규모 화재의 경우는 통합관제실요원의 판단 및 통제 하에 화재를 진압 후 정상 운전을 실시한다.
- 즉각적인 진압이 불가능하여 승객의 대피가 요구되는 화재 발생 시는 통합관제실요원 판단에 따라 열차를 다음 정거장까지 운행한 후 승객을 대피하고 화재를 진압하거나, 화재 인지 후 즉시 해당 지점에 열차를 정지 시키고 승객을 대피로를 통해 대피시킨 후 화재 진압 절차를 실시한다.

○ 만약 이러한 시나리오를 열차제어시스템이 자동으로 구현한다면(요청사항 2의 질의는 시스템 설계를 위해 필요한 사항으로 이해되기 때문에 시스템적으로 화재를 자동 검지하고, 화재의 상황에 따라 운행 시나리오 즉 프로그램을 달리할 수 있는 설계를 계획하고 있는 것으로 이해 됨) 화재검지 시스템의 화재인지등급(화재의 심각도)이 다단계인 경우는 해당 심각도에 따른 시나리오 결정이 필요하다.

○ 만약 화재 발생 유무 만을 검지하는 시스템이라면, 화재 발생 시 통합과제실요원의 개입이 없는 경우에 한하여 열차제어시스템은
- (시나리오 1)화재 인지 즉시 비상정지를 체결하고 대피로가 설치된 방향의 출입문을 개방하여 승객을 대피시키거나,
- (시나리오 2)진행방향으로 최근접 승강장까지 진행 후 열차 출입문과 PSD 출입문을 개방하여 승객을 대피시키는 방법의 선택이 요구된다.

□ **요청사항 3**[역구내 화재 시 운전 취급 방법]

○ 역구내 화재에도 발생 장소, 화재 규모 등에 따라 다양한 시나리오가 가능하리라 판단되나, 열차제어시스템의 설계 인자에 영향을 미칠 수 있는 부분에 한정하여 생각한다면 다음과 같은 시나리오를 생각할 수 있으나, 설비 구성의 가능성 등 별도의 기술검토가 필요한 사항으로 판단된다.
- 만약 화재의 규모가 즉시 진압 가능한 소규모 화재의 경우는 통합관제실요원(또는 역사 운영요원) 판단 및 통제 하에 화재를 진압 후 정상 운영을 실시한다.
- 즉각적인 진압이 불가능하여 이용객의 대피가 요구되는 화재 발생 중, 화재 발생의 위치가 역사 출입구 인근이면 본선의 열차는 역사 내 승객 대피를 지원하기 위해 지속적

으로 운행되어야 하며,
- 만약 화재의 발생 위치가 승강장 쪽이면 해당 역사로 진입하는 열차의 접근은 불허되어야 한다.

□ **요청사항 4**[역 비상정지 버튼 취급 시 제어 범위]

○ 통상 역 비상정지 버튼은 승강장 주변으로의 열차 진출입을 방지할 필요가 있는 긴급상황(승강장 아래로 이용객 추락 등) 발생 시 취급을 위해 설치되는 것으로 이해한다.

○ 시범노선의 경우 전체 승강장에 PSD가 설치되는 상황에서 역 비상정비 버튼의 기능 구현 필요성의 검토 또한 필요한 것으로 판단된다.

○ PSD의 설치에도 불구하고 역 비상정지버튼의 필요성이 있다면, 이는 승강장 주변에서의 열차 이동을 불가하도록 구성하는 것이 타당하다고 판단되며, 비상정지버튼의 설치위치는 사령실(콘솔 function으로 구현), 운전취급실(LCC설치 개소에 콘솔 function으로 구현), 상하선 승강장 중간 부 각 1개소에 설치하는 것이 타당하다고 판단된다.

□ **요청사항 5**[PSD 고장 시 운영방안]

○ PSD 고장의 경우, 해당 승강장에 순회요원을 배치하여 응급조치를 실시한다. 단시간 내 복구가 불가능한 고장으로 승객 승하차에 문제가 없다고 판단되는 범위 내(고장을 현장에서 순회요원 등이 인지했으며, 성능저하모드 운행에 문제가 없다고 판단되는 범위)에서 해당 승강장의 PSD 도어 전체를 개방 상태를 유지한 상태로 열차 운행을 재개할 수 있다.

○ 열차 운행 중 순회요원 등에 의해 인지되지 않은 PSD 고장이 발생하면, 해당 승강장으로의 열차 이동은 방호될 필요가 있다.

○ 상기의 시나리오는 PSD 고장의 종류에 따라 다양해 질 수 있기 때문에 PSD와의 기술적 인터페이스와 병행하여 검토/결정될 필요가 있다.

□ **요청사항 6**[차량도어와 PSD 도어 간 열림/닫힘 순서 정의]

○ 본 요청사항은 운영기관에 따라 개폐 순서를 달리할 사항이 아니며, 승객 승하차에 가장 안전한 개폐 순서를 파악하여 적용할 사항으로 판단된다.

○ 국내외적으로 적용되고 있는 개폐 순서인 PSD도어개방-열차도어개방-승객 승하차-열차도어닫힘-PSD 도어 닫힘의 순서가 타당하다고 판단된다.

□ **요청사항 7**[열차 과주 또는 미달 정차 시 운전 취급 방법]

○ 통상 무인운전/자동운전모드로 운행되는 열차는 승강장의 정차 지점에 정차하여 승객의 승하차를 실시한다.

○ 만약 열차가 정차지점에 미달/과주하여 ATO 시스템에 의한 도어 개폐가 불가능한 지점에 위치한 경우에는 다음과 같은 시나리오를 생각할 수 있다.

- 열차운전모드가 수동/비상모드인 경우는 열차 운전자와 통합사령실요원이 상호 통화하여 운행한다.
- 열차운전모드가 무인/자동모드인 경우는 통합사령실요원(제어콘솔을 이용)에 의해 인칭지령(전진) 또는 백인칭지령(후진)으로 매 1m(TBD) 범주 내로 이동권한을 부여하여 정위치 정차를 실시하거나, 통합사령실 요원의 판단으로 상당한 거리를 과주한 경우 해당역을 무정차 통과하는 기능을 부여할 수 있게 할 필요가 있다.
- 이 경우 CCTV 등을 통해 정확한 승강장 주변의 상황을 통합관제실 요원은 파악하고 있어야 한다.

□ **요청사항 8**[열차운영계획 및 열차 DIA 제공 요청 : 101~104역 구간 운전 포함]

○ 운영기관 제안서 내용은 다음과 같다.

열차운영계획

수송계획

- 운행편성수 : 왕복운행시간/배차시간×112% (예비율 12%) 적용
- 영업운영 조건
  - 영업구간 : 교통센터 ⇔ 용유역 (6개 정거장 / 1개 차량기지)
  - 영업시간 : 05:00 ~ 23:00(공항셔틀버스 운영시간인 05:24~22:25 공항운영시간을 고려한 영업시간)
- 종합시운전시 (2012년)는 2량 1편성 총 3편성을 운행하고 년차별 열차 소요편성수 산정에 따라 추가 구입하여 운영

구 분	2013년~2014년	2015년~2021년	2022년~2031년	2032년~2042년
수송수요(명/일)	24,055	34,045	36,854	48,205
운행시간	05:00 ~ 23:00	05:00 ~ 23:00	05:00 ~ 23:00	05:00 ~ 23:00
첨두시 운전시격(분)	7.2	5.8	5.3	4.0
운행 차량	2량 4편성(8량)	2량 5편성(10량)	2량 5편성(10량)	2량 7편성(14량)
1일 주행거리 (km)	538	672	758	1,027
1일 주행회수 (회)	84	110	124	168

운전계획

• 표정속도 : 36.8Km/h (정차시간 30초의 가정하에 로템 자기부상열차 차량제원에 의한 속도임)
• 회차시간 : 3분
• 초기년도의 첨두시 운전시격은 상당수의 개발계획이 반영되기 이전의 수요이기 때문에 약 19분으로 산출됨.
그러나, 현실적으로 운영하기에 불합리한 운전시격이기 때문에 일본의 경전철(Linimo) 운영사례를 바탕으로
운영초기년도 운전시격을 7.2분으로 가정함

년도별 열차 소요편성

목 표 년 도	왕복운행 시간(분)	운전시격(분)			소요편성수	소요차량수
		첨 두 시	준 첨 두	비 첨 두		
2013년	22.9	7.2	15.0	20.2	4	8
2015년	22.9	5.8	12.1	16.3	5	10
2022년	22.9	5.3	11.2	16.3	5	10
2032년	22.9	4.0	8.3	11.2	7	14

년도별 열차 운행회수

목 표 년 도	첨 두			준 첨 두			비 첨 두		
	1시간 운행회수	시간(시)	운행회수	1시간 운행회수	시간(시)	운행회수	1시간 운행회수	시간(시)	운행회수
2013년	9	4	36	4	10	40	3	4	12
2015년	11	4	44	5	10	50	4	4	16
2022년	12	4	48	6	10	60	4	4	16
2032년	16	4	64	8	10	80	6	4	24

○ 상기 내용에는 101~104 역 구간 운전(인천국제공항공사에서 제안서와 달리 추가로 요구한 사항임) 내용이 포함되어 있지 않다.

□ **요청사항 9**[관제실 운영모드(자동/수동/로컬)에 따른 취급 절차]

○ 자동 Mode에서는 열차제어 Computer에 의한 자동진로설정 및 출발 등을 자동으로 수행한다. 수동 Mode는 자동 Mode의 고장 시 사령조작자가 Operator Console에서 절체하여 조작자가 수동으로 취급하는 Mode 이며, 선로전환기 단독전환, 진로의 설정 등을 수행하며 자동 Mode보다 우선으로 처리된다.

○ 사령설비의 고장 등 필요시 로컬 LCC에서 제어가 가능하며, 이 경우 사령설비(자동/수동)와의 제어권 이양에 대한 약속이 필요하다.
- 사령과 로컬 사이의 제어권 이양은 상호 확인(제어권 요청 후 제어권 이양이 확인된 경

우 제어권을 넘김)하고,

- 비상 상황을 고려하여 제어권 이양의 상호 확인 없이 제어권을 강제로 가져오는 비상로컬 기능을 추가한다. 이러한 제어권 이양에 대한 모든 조작은 각 컴퓨터의 기록 매체에 순차적으로 기록되어 진다. 비상로컬 취급을 위해서는 상당한 등급의 접근권한(비밀번호 등)을 설정할 필요도 있다.

☐ **요청사항 10**[비상정지버튼 취급시 열차제어범위 한계]

○ 상기 요청사항 4번 참조

☐ **요청사항 11**[자동, 수동운전을 결정하는 열차 고장의 중요도 구분]

○ 자동운전에 영향을 미치는 중요한 고장의 경우 자동운전모드에서 수동운전 모드로 자동 절체 되는 것인지, 아니면 이러한 고장이 존재하는 열차는 자동운전 모드로의 절체가 열차제어시스템에 의해 방호되는 것인지?

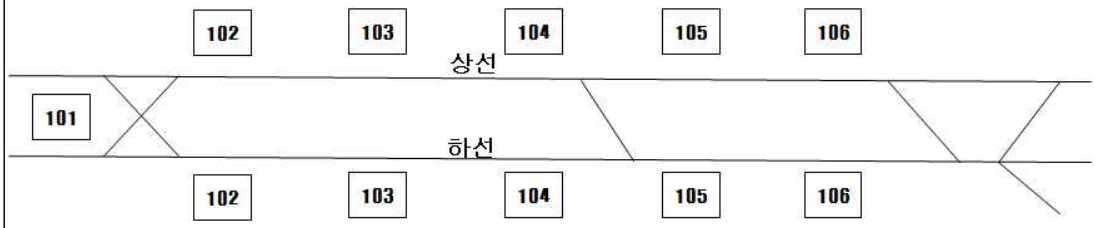
○ 만약 그렇다면, 이는 차량제작사 및 열차제어시스템 제작사 상호 기술 협의에 의해 안전에 문제가 없는 범위 내에서 가장 편리한 방안을 선택해 설계에 반영할 사항으로 판단된다.

☐ **요청사항 12**[역명확정 및 열차번호부여 기준]

○ 운영기관의 정책적 판단 필요 사항

☐ **요청사항 13**[Map 표시 방법]

○ 시범노선 운영시나리오(안)에는 아래와 같이 표시되어 있다(열차제어시스템 제작사 검토 의견에 따라 상선 및 하선의 명칭을 아래와 같이 변경한 것임).



☐ **요청사항 14**[차량 입출고 방법(PDT 시험 구간 등)]

○ 기본적인 PDT 시험 구간은 차량기지의 모든 유치선으로 한다.

○ 구체적인 PDT 방법은 차량제작사와 열차제어시스템 제작사 상호 기술협의한 안을 사업단(3핵심 포함)에서 결정할 필요가 있다.

○ 기타 입출고 사항은 시범노선 운양시나리오(안) 1.5.1(열차 출고), 1.5.2(열차 입고), 1.5.3(열차 유치), 2.3.1(열차 입고), 2.3.2(열차출고)를 참조한다.

○ 결과 및 특기사항

- 상기 검토 내용은 3핵심에 제공되었으며, 이를 포함한 종합의견을 3핵심에서 작성하여 운영기관에 회신함.

8) 지상신호설비 성능시험방안 검토('10.03.09)

○ 주요 검토 내용 :

□ **관련 규정**(도시철도시설 성능시험기준)

○ (**경과조치**)이 기준 시행일(2008년 7월 14일) 이후 최초로 기본설계에 착수하는 도시철도시설

□ **우리사업 적용 여부**

○ 우리사업은 2007년 11월에 기본설계를 착수하였기 때문에 상기의 도시철도시설 성능시험기준에 따른 **성능시험 실시 의무는 없으나,**
○ 3핵심과제와 계약자(대우컨소시엄)간의 계약은 도시철도시설 **성능시험기준을 적용**하도록 되어 있음.

□ **3핵심 의견**

○ 3핵심에서는 도시철도법의 제/개정 방향에 부응하여, 신호 및 열차제어시스템을 **성능시험기준에 따른** 성능시험이 **실시될** 수 있도록 **계획**하였음.
- 그러나, 현재까지 신호 및 열차제어시스템에 대한 **성능시험자**로 지정된 **기관은 없음**
○ '10.10월 경으로 예정된 공장시험 시작 약 2개월전(시험절차서 등 검토 소요 기간)까지 도시철도시설 성능시험기준에 따른 성능시험자로 지정된 기관이 없는 경우(현실적으로 동 기간 내에 성능시험자 지정 가능성 희박으로 판단됨)는
- 발주기관(3핵심과제) 주관(필요시 관련기관 협조)으로 시험절차서 검토(성능시험기준 부합 여부 검토 포함)/승인, 성능시험 입회/확인 실시 예정

□ **소결**

○ 우리사업은 도시철도시설 성능시험기준에 따른 시험실시 의무 사업이 아니고,
○ 계약 내용 이행을 위해서는 성능시험자 지정이 선행되어야 하므로,
○ 기간 내 성능시험자 지정이 있는 경우는 성능시험자에 의한 성능시험을 실시하고,

○ 지정이 없는 경우는 **3핵심의 의견과 같이 시험을 실시**하는 것이 **적합**하다고 판단됨.

○ 결과 및 특기사항

- 차량 및 차상신호설비의 성능시험과 연계하여 검토한 사업단 내부안 도출. 향후 성능시험자와 협의 필요

9) 열차제어시스템 기술이전 국산화검증을 위한 현장실태조사

○ 조사기간 : '2010.01.14(목) 10:00 ~ 01.15(금) 18:00 (2일간)

○ 장 소 : (주)대우엔지니어링 본사 2층 대회의실 및 합작투자회사 (주)다코스 본사 및 공장

○ 주요 조사 내용 :

- 3핵심 주관으로 실시되는 열차제어시스템의 기술이전 국산화 검증을 위한 현장실태조사에 공동으로 참여
- 기술이전 국산화 계획 수립 여부, 기술이전 교육 수행 여부, 공동설계 수행 여부, 기술검토회의 수행 여부, 국산화개발 능력 확보 여부, 기술자 등 확보 여부, 품질시스템 등 체계 수립 여부, 합작사 설립 여부, 합작사 수행 업무, 합작사 공장 보유 여부 등을 조사

○ 결과 및 특기사항

- 특이 문제점 없는 것으로 판단

(다) 공종간 I/F 점검/검토

1) 차량-신호분야 간 인터페이스 협의

- 차량-신호분야 인터페이스 협의체를 구성하여 인터페이스 협의 진행
- 차량성능데이터에 대한 기본 자료 2핵심에서 제공 및 검토 방향 협의
- 차량 상세작업일정 정보 공유 시한 협의
- 차상신호설비 목표 중량 협의
- 치수 산정의 기준면 협의
- Wake-up 기능 구현 방안 협의

- 상세 기술 사항에 대한 협의 방법 협의
- 열차제어시스템 폐색설계를 위한 제동공주시간 협의
- 성능시험자 지정방안 협의
- 차량 및 신호시스템 제작일정협의

2) 시범노선 종합시운전 일정계획(안) 작성

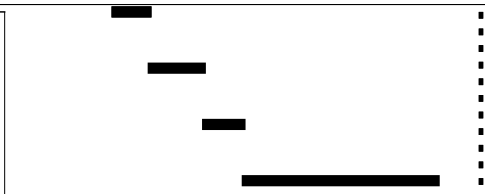
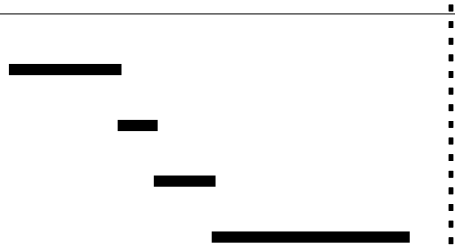
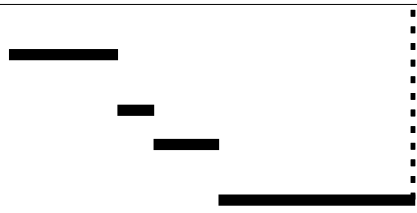
가) 개요

- 2핵심과제에서 개발한 1편성이 기계연 시험선에서 시험을 시작하고, 양산차량에 대한 제작일정이 구체화되며,
- 3핵심과제에서 시행하는 시범노선 건설공사가 가시화됨에 따라 우리사업 전반에 대한 사업일정 점검의 필요성 대두되어,
- 종합시운전에 소요되는 기간을 산정하여, 관련과제의 검토를 거쳐 우리사업에 적용할 공정으로 확정

나) 일정계획(안)

□ **예정공정표**

구분			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	비고
종합시운전	단위기능시험		━	━	━	━	━	━	━									6.25개월
	종합I/F시험								━	━								1.5개월
	ATP/ATO주행시험								━	━	━	━	━	━	━			4.5개월
	종합정비														▪			0.5개월
	영업시운전														┆	━	━	2개월
차량시	1편	차량셋팅/튜닝 I/F 시험	━	━	▪										┆			3개월 1개월

시험	성	완성차시험 최고속도시험 본선시험		1.5개월 1개월 4.5개월
	2편성	차량셋팅/튜닝 I/F 시험 완성차시험 본선시험		3개월 1개월 1.5개월 4.5개월
	3편성	차량셋팅/튜닝 I/F 시험 완성차시험 본선시험		3개월 1개월 1.5개월 4.5개월

□ 종합시운전 기간

항 목			산출근거	산출기간	
직렬공정		병렬공정		작업일수 (일)	월력 (20일/1개월)
본선, 차량기지 및 정거장 본체 구조물, 변전, 전차선, 신호, 통신 등 주요시설물 공사 완료 및 각 설비별 자체시험 완료 상태					
단위기능시험	건축한계측정	-	1일×6.1km/8km	1	
	연동검사	-	본선 : 5일 차량기지 : 4일	9	
	광전송 시험	-	1일×6개역+1일종합	7	
	열차무선시험	궤도검측(4일), 전차선내가압시험(2일)	1일×6개역	6	
	열차투입 집전시험	-	2일×2구간	4	전력 섹션
	승하차위치검측	차량시험	3일×2구간	6	상선, 하선
	장애인편의설비 사용자 시험	차량시험	1일X6개역	6	

	(최고속도시험)	양방향무선데이터 통신설비 시험	(1개월)	0	차량시험에서 산정함
	ATP 기능시험	차량시험	30일	30	
	전력원격제어시험	열차운행 중단	5일×2구간	10	전력 섹션
	TTC 기능시험	차량시험	7일×2구간	14	상선, 하선
	ATO 기능시험	차량시험	30일	30	
	PSD 자동제어시험	차량시험	1일×6개역	6	
종합인터페이스시험		차량시험	30일	30	
ATP/ATO 주행시험		-	90일	90	차량 본선시험과 병행시행
종합정비			10일	10	
영업시운전		-	2개월	2개월	법정일수 (2개월)
합계					11.25

○ 검사내용 & 검사조건

NO	항 목	검 사 내 용	검 사 조 건
1	건축한계측정	- 선로구조물, 승강장등 시설물 및 부착설비에 대하여 열차운행을 위 한 건축한계 접촉여부를 확인 - 1차검측 시정조치후 2차검측 시행	- 선로 및 토목구조물 시공 완 - 궤도, 전차선 시공 완료 - 승강장, 선로변 시설물 설치 - 선로지장물 제거완료
2	연동검사	- 열차운전 사항에 대한 제반 감시, 제어 및 운영 관리사항 검사 - 신호기(있는경우), 선로전환기, 정상동작 상태 확인	- 건축한계 측정 완료 - 상용전원 급전 - 구내전화, 토크백(없는 경우 사용 가능 - 운전취급, 신호운영요원 근무환

3	광전송시험	- 광통신망 동작 및 성능시험 ◦Bit Late 측정 ◦선로 임의단선 우회 기능 검사	- 상용전원 급전 - 통신 기능실 환경완료(바닥, 소 등) - 전파관리소 자가전기통신설 심사 완료
4	열차무선시험	- 운전사령과 기지국간 통화시험 - 휴대용 무전기 통화시험	- 광통신망 개통 - 상용전원 급전 - 방송통신위원회 무선국허가 완
5	궤도검측	- 궤도 틀림(궤간, 면, 방향, 고저) - 궤도재료의 손상 유무 - 시설상태 - 궤도 진동상태 - 궤도지지 강성시험 - 주행안전성 시험	- 궤도시공 완료 - 전차선 시공 완료
6	전차선 내가압시험	- 케이블 및 선로 누설전류 시험 - 변전소 케이블 내압시험 - 터미널 접속후 가압시험	- 선로내 장애물 제거 - 재료 투입구 폐쇄 - 선로내 작업자 출입금지 - 변전소간 통신망 확보 - Data 전송로 완료
7	열차투입(입선) 집전시험	- 차량안전운행을 위한 전차선의 위치, 편차 확인 - 집전장치 원활한 습동 확인(아크 발생확인) - 전차선로 집전성능 평가시험 - 전철변전소 특성시험 - 전철변전소 유도장애 시험	- 시험 차량 1편성 투입 - 시험차량에 1TV 설치 - 초기 근무 환경 조성(신호취급 계실, 통신실, 전기실, 변전실, 당분소에 대한 화장실, 환기, 냉
8	승하차위치 검측	- 승강장 승차위치 확정 - CCTV 감시상태 확인 - ATO 설비위치 확정 - TWC 설치위치 확정	- ATO 설비 위치 확정 - 시험차량 1편성투입
9	장애인편의설비 사용자 시험	- 인터폰/콜폰 설비 작동 - 음성안내장치 작동 - 사용자 편의성 확인	- 광 전송시험 완료 - 교환설비 시공완료 - 시험차량 투입
10	최고속도시험	- 110km/h 성능확인	- 고속 통과 정거장의 승강장 연 의 고속 주행에 따른 간섭 가 전 제거(?)

11	양방향무선 데이터통신설비	- 객차내 영상 전송상태 확인 - 객차내 메시시 송출 상태확인	- 광 전송시험 완료
12	지상 ATP 기능시험	- 열차검지 시험 - ATP 속도코드 확인 - TD 레벨 확인 등	- 운전관련 운영요원상주 - 열차무선완료 - ATP기능 탑재된 시험(열차 2편 보) - 열차무선 완료 - 연동검사완료
13	차량형식시험	- 최초 투입열차에 대하여 공차, 만차 조건에서 제반차량의 기계적, 전기적 특성 시험	- 시험차량에 대한 차량 운행여건 - 시험구간 최고속도 운전기능
14	차량전수시험	- 모든차량에 대한 가·감속도 및 ATP/ATO 주행시험 - 차량소음 측정	- 시험차량 운행 - 신호설비 시험완료
15	전력원제시험	- 사령실과 RTU간 통신시험 - 전력설비 원격제어 및 감시시험	- 광통신망 개통 - 변전실, 전기실 전화 사용가능
16	TTC기능시험	- 신호설비 원격제어 시험 - TTC 제어 및 표시 확인시험	- 광통신망 개통 - 신호 연동검사 완료 - ATP 기능시험 완료
17	지상 ATO 기능시험	- ATO 자동운전을 위한 제반 사항 확인	- 운전관련 운영요원 상주
18	종합 I/F시험	- 차량, 전력, 통신, 신호 TTC 설비간 상호연계시험 - 자동, 무인운전시험 - 무인회차 시험	- ATP/ATO/TTC 기능 시험 완 - 본선 최고속도 운전 가능 - ATP/ATO 시험차량 2편성 확
19	ATP/ATO 주행시험 (기술시운전)	- 자동운전시험 - 자동회차 시험 - 무인회차 시험 - 정위치 정차시험 - 제동거리 시험 - 출입문 시험 - 방송표시기 시험 - 무인운전을 위한 정위치 정차 튜닝(3개월)	- 선로청소 - 종합 인터페이스 시험 완료 - 운전관련 모든시험 완료 - 차량관련 모든시험 완료

20	종합정비	- 차량운행 중단후 문제점 조치 - 시설물, 설비 일제 정비	- 제시험완료 - 차량운행중단 - 선로청소
21	영업시운전	- 영업 운전 상황과 동일한 조건으로 운행	

□ 차량시험 기간

○ 차량 셋팅 및 튜닝 기간 : 3개월

구 분	소요일	소요 시설물
차량반입/조립	2주	- 천정 크레인(만약 기지 완공이 불가할 경우 차량 설치시 크레인 위치 공간 필요) - 대차 조립을 위한 각종 리프트 - 각종 공구 및 장비류(Air Compressor 등)/ 전원 (단상AC220V, 3상AC380V) - 부상용센서, 제동슈 조립을 위해서 레일 절단면 (기계연 격납고와 동일한 방식) - 하부 전장품 체크 및 차량 조립을 위해서는 반드시 검수고 일것. - 차량 부품 및 구성품 보관 창고 - 차량 Roof 접근을 위한 시설물 또는 장비
주요전장품 기능 체크(보조전원,제동장치,TCMS, 차상신호장치 등)	6주	- 밧데리 충전을 위한 DC100, DC340V 용 충전기 필요(스팅거) - 고압투입 및 기동 체크를 위한 가선전원(DC1500V) 필요 (안전상 별도의 가선전원 차단장치 필요) - 데이터 계측 시스템 필요(1-3과제 결과물 활용)
정지 부상 시험	2주	- 초기갭 및 착지갭 정확성을 위해서 레일의 수평도가 정밀한 구간 필요 - 레벨링/조향장치 조정 등
주행/튜닝 (30km/h 이하)	2주	- 추진 시험시 반드시 안전거리 확보 가능 구간 - 속도 증가시 회생전력을 소비할 수 있는 지상제동 저항기 필요

○ 상기 내용은 1편성 기준이며, 편성 수 증가에 따른 기간 연장 고려 필요.
(작업인원 추가 투입을 통하여 기간 단축 방안 모색)

○ 편성 조성 후 주행시험 시, 차량 절체를 위하여 분기장치 필요

완성차 시험 : 1.5개월

NO	시험항목	시험장소	형식/전수	공/만차	소요일(Day)		비고
					상세	종합	

완성차 시험									
1		외관 구조 검사		창원공장	전수				
2	2-1	측정에 의한 검사	중량측정검사	창원공장	형식				
	2-2		차량한계 측정	창원공장	형식				
	2-3		곡선통과시험	본선	형식				
	2-4		배선검사	창원공장	형식/전수				
	2-5		절연저항 측정	창원공장	형식/전수				
	2-6		내전압 시험	창원공장	형식/전수				
3		차체 누수 시험		창원공장	전수				
4		차체 리프팅 시험		창원공장	형식				
5	5-1	추진제어장치 시험	절연저항 및 내전압 시험	기지	형식/전수	공차	1	2	
	5-2		기능확인시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	5-3		기동확인 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
6	6-1	신호보안장치시험	외관 구조 및 치수검사	기지	형식/전수	공차	1.0	2	
	6-2		제어전원 인가 시험	기지	형식/전수	공차	1.0		
7	7-1	종합제어장치 시험	운전실 모니터 시험	기지	형식/전수	공차	0.5	7.5	
	7-2		종합제어장치 전원동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-3		운전반 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-4		고전압장치 연계동작시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-5		연장급전장치 연계동작시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-6		제동장치 및 공기압축기 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-7		출입문장치 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-8		실내등 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-9		냉/난방 장치 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-10		승객경보장치 연계동작시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-11		신호보완장치 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-12		방송/표시기장치 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-13		부상제어장치 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	7-14		기타 장치와의 연계동작 시험	기지	형식/전수	공차	1		

NO	시험항목	시험장소	형식/전수	공/만차	소요일(Day)		비고
					상세	종합	

완성차 시험										
8	8-1	조합된 차량의 기능 및 동작 측정 시험	제어회로 시험		기지	형식/전수	공차	1.5	1.5	
	8-2		시동, 정지 운전실 교환시험		기지	형식/전수	공차	1	1	
	8-3		보조 전원 시험	무부하 운전시 출력 전압	기지	형식/전수	공차	1	4	
				동작시험	기지	형식/전수	공차	1		
				축전지 및 충전기 기능확인 시험	기지	형식	공차	2		
	8-4		역행시험		본선	형식/전수	공차	1	1	
	8-5		제동 시험	상용제동시험	기지	형식/전수	공차	1	7	
				비상제동시험	기지	형식/전수	공차	1		
				정차제동시험	기지	형식/전수	공차	1		
				압부력 시험	기지	형식	공차	1		
				제동 충기/완해 시험	기지	형식	공차	1		
				주공기 압축기 시험	기지	형식/전수	공차	1		
				공기누설시험	기지	형식/전수	공차	1		
	8-6		집전 시험	동작시험	기지	형식/전수	공차	0.5	2.5	
				집전헤드 추종성 시험	본선	형식/전수	공차	0.5		
				압상력 시험	기지	형식	공차	0.5		
				집전장치 편향 시험	본선	형식	공차	0.5		
				내전압시험	기지	형식/전수	공차	0.5		
	8-7		유도장애시험			형식		1	1	
	8-8		보호장치 동작 시험			형식		1	1	
	~~8-9~~		~~지상설비와 연계동작 시험~~			~~형식/전수~~		~~1~~	~~1~~	
	8-10		냉난방, 환기 성능 시험			형식		1	1	
	8-11		객실 및 운전실 기기 시험			형식/전수		1.5	1.5	
	8-12		출입문 시험			형식/전수		1	1	
	8-13		종합제어장치 차상검사 시험			형식/전수		1.5	1.5	
9		부상장치 시험				형식/전수		1	1	
완성차 시험 소요일								37.5		

NOTE : 1. 시험 소요일은 1편성 기준임

2. 입회시험 기준 소요 일정임/ 소요일은 25 Working Days/월 기준임.

○ 본선 시험 : 4.5 개월

NO		시험항목		시험장소	형식/전수	공/만차	소요일(Day)		비고
							상세	종합	
본선시험									
1	1-1	역행 시험	기동시험	본선	형식/전수	공차/만차	1	3	

	1-2			추가노치시험	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	1-3			재역행시험	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	1-4			구배기동시험	본선	형식	공차/만차	0.5		
	1-5			후진시험	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
2	2-1	가속도 시험		가속도 시험(수동(비상)운전)	본선	형식/전수	공차/만차	2	2.5	
	2-2			가속도 시험(무인운전)	본선(자동)	형식/전수	공차/만차	0.5		
3	3-1	제동시험	상용제동시험	공기제동시험	본선	형식/전수	공차/만차	0.5	4.5	
	3-2			혼합(회생)제동시험	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	3-3			Notch별 제동시험	본선	형식	공차/만차	0.5		
	3-4		비상제동시험		본선	형식/전수	공차/만차	1		
	3-5		ATO 상용제동시험		본선(자동)	형식/전수	공차/만차	1		
	3-6		ATO 비상제동시험		본선(자동)	형식/전수	공차/만차	1		
4		구원운전시험			본선	형식	공차/만차	2	2	기지
5	5-1	감속도 시험	상용공기제동시험	감속도 측정	본선	형식/전수	공차/만차	0.5	9	
	5-2			공주시간 측정	본선	형식	공차/만차	0.5		
	5-3			제동거리 측정	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-4			져크한계 측정	본선	형식	공차/만차	0.5		
	5-5		상용회생제동시험	감속도 측정	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-6			공주시간 측정	본선	형식	공차/만차	0.5		
	5-7			제동거리 측정	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-8			져크한계 측정	본선	형식	공차/만차	0.5		
	5-9		비상제동시험	감속도 측정	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-10			공주시간 측정	본선	형식	공차/만차	0.5		
	5-11			제동거리 측정	본선	형식/전수	공차/만차	0.5		

NO	시험항목	시험장소	형식/전수	공/만차	소요일(Day)		비고
					상세	종합	
본선시험							

	5-12	감속도 시험	ATO모드 비상제동 시험 (자동운전)	감속도 측정	본선 (자동)	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-13			공주시간 측정	본선 (자동)	형식	공차/만차	0.5		
	5-14			제동거리 측정	본선 (자동)	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-15		ATO모드 상용제동 시험 (자동운전)	감속도 측정	본선 (자동)	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-16			제동거리 측정	본선 (자동)	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-17			공주시간 측정	본선 (자동)	형식/전수	공차/만차	0.5		
	5-18			져크한계 측정	본선 (자동)	형식	공차/만차	0.5		
6	6-1	집전 시험		동작 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	3	
	6-2			집전 헤드 추종성시험	본선 (정차)	형식/전수		0.5		
	6-3			압상력 시험	본선 (정차)	형식		1		
	6-4			집전장치 편향시험	본선	형식		0.5		
	6-5			전류집전 시험	본선	형식	만차	0.5		
7	7-1	유도 장애 시험		전도성 간섭시험	본선	형식	만차	1	4	
	7-2			유도성 간섭시험	본선	형식		1		
	7-3			복사성 간섭시험	본선	형식		1.5		
	7-4			인체 무,유해성시험	본선	형식		0.5		
8	8-1	보호장치 동작시험		과부하 시험	본선	형식	만차	2	4	
	8-2			순간정전시험	본선	형식		1		
	8-3			전압급변시험	본선	형식		1		
9	9-1	소음시험		정지시 실내소음시험	본선 (정차)	형식	공차	0.5	2	
	9-2			주행시 실내소음시험	본선	형식		1		
	9-3			실외 소음시험	본선	형식		0.5		
10	10-1	진동시험		좌우방향진동의 진동가속도 및 진동수	본선	형식	공차	1	5	
	10-2			상하방향진동의 진동가속도 및 진동수	본선	형식		1		
	10-3			좌우방향 정상가속도	본선	형식		1		

NO	시험항목	시험장소	형식/전수	공/만차	소요일(Day)		비고
					상세	종합	

본선시험

11	11-1	승차감 시험	전후방향진동의 진동가속도 및 진동수	본선	형식	공차	1		
	11-2		좌우방향진동의 진동가속도 및 진동수	본선	형식		1		
	11-3		상하방향진동의 진동가속도 및 진동수	본선	형식		1		
12		곡선추종성 시험		본선	형식	공차	2	2	
13		주행저항 시험		본선	형식	만차	2	2	
14	14-1	지상 설비 연계 동작 시험	신호보안 장치시험 출발전시험 및 일상시험	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	5	90	
	14-2		신호보안 장치시험 정지상태에서 지상연계 상태 확인	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	5		
	14-3		신호보안 장치시험 운행상태에서 지상연계상태 확인	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	80		
	14-4		방송/표시기/절체시험	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	2	4	
	14-5		열차무선장치(통화,방송,절체,TRCP설정)	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	2		
15	15-1	주요 기기 온도 및 상태 시험	온도 시험 외기온도	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	0.5	4.5	
	15-2		온도 시험 선형유도전동기 코일 온도	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	0.5		
	15-3		온도 시험 부상용전자석 코일 온도	본선 (자동)	형식/전수	공차/ 만차	0.5		
	15-4		상태 시험 주행전●후의 고압기기 상태	본선 (자동)	형식/전수	공차	0.5		
	15-5		상태 시험 방송장치 및 객실 안내 표시 장치 동작상태	본선 (자동	형식/전수	공차	0.5		
	15-6		상태 시험 각종 등구류 동작 상태	본선 (자동)	형식/전수	공차	0.5		
	15-7		상태 시험 열차 무선장치 동작 상태	본선 (자동)	형식/전수	공차	0.5		
	15-8		상태 시험 승객 정보 장치 동작 상태	본선 (자동)	형식/전수	공차	0.5		
	15-9		상태 시험 출입문 동작 상태	본선 (자동)	형식/전수	공차	0.5		
16	16-1	운영데이터 측정시험	표정속도시험(AUTO모드)	본선 (자동)	형식	공차/ 만차	1	3	
	16-2		소비전력량 측정 및 회생율 측정(비상모드)	본선	형식	공차/ 만차	1		
	16-3		주행기록 측정(AUTO모드)	본선 (자동)	형식	공차/ 만차	1		

NO	시험항목	시험장	형식/	공/만	소요일(Da	비

			소	전수	차	y)		고
						상세	종합	
본선시험								
17	17-1	선형유도전동기 및 제어장치(VVVF Inverter) 개방시험	본선	형식	만차	1	4	
	17-2	부상장치 축전지 백업	본선	형식	만차	1		
	17-3	비상롤러 추진 시험	본선	형식	만차	1		
	17-4	보조전원장치 개방시험	본선	형식	만차	1		
18		종합제어장치시험	본선	형식/전수	공차	2	2	
19	19-1	냉난방 및 환기장치 시험	냉방장치 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	1
	19-2		난방장치 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	
20	20-1	보조전원장치 시험	기동 확인 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	2
	20-2		정지 확인 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	
	20-3		출력 측정 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	
	20-4		플리커 확인 시험	본선 (정차)	형식/전수	공차	0.5	
본선시험 소요일						112.5		

NOTE : 1. 시험 소요일은 1편성 기준임
2. 입회시험 기준 소요 일정임/ 소요일은 25 Working Days/월 기준임.

다) 진행 현황 & 향후 계획

- 상기 일정계획(안)은 1핵심 작성안에 대해 2핵심 및 3핵심의 검토안을 반영한 일정이며, 시운전기간이 14.5개월로 목표(12개월)에 비해 2.5개월 초과하고 있어, 관련과제의 추가 검토/조정이 필요함
- 5차년도에 관련과제 협의를 통해 시운전기간을 12개월로 조정하여 사업단장-핵심과제책임자회의에서 확정함

3) 전기분야 합동공정회의

① ‘10.1월 공정회의 관련

○ 주요 회의 내용 :

- RAMS 관련 회의 개최필요

· 제출된 성과물은 1-2과제에서 검토 중이며, 검토의견(보고서)의 회신 독촉 중

· 열차제어시스템 RFP요구사항과 1-2과제 요구사항이 상이한 점 협의 필요

· 열차제어시스템 뿐만 아니라 다른 분야를 포함하는 RAMS 회의 조속 실시 필요

- 운영관련 14개 결정 요구사항

· 대우에서 제시하였으며 공항공사에 결정/회신요구한 사항임

- 성능시험 관련

· 차상신호와 차량을 별도의 계약(로템의견)으로 추진하더라도 성능시험자는 동일할 필요 있음(대우의견)

- 공주시간 제공 일정 이견

· 로템에서 설계치를 2월에 제공하고 실측치는 3월말 제공 가능

· 대우 공정 상 문제 발생 가능성 유

○ 결과 및 특기사항

- RAMS 관련 회의 개최는 1핵심에서 회의 개최 일정 등 계획 수립하여 실시

- 운영관련 14개 결정 요구사항은 1핵심(안)을 포함하여 3핵심에서 종합의견을 작성하여 운영기관에 회신

- 성능시험 관련하여 동일 성능시험자로 진행 필요(사업단 내부안)

- 공주시간 제공 일정 이견 사항은 차량-신호분야간 인터페이스 협의체회의로 조정

② ‘10.2월 공정회의

○ 주요 회의 내용 :

- 운영관련 14개 결정 요구사항 협의(공항공사 의견 제시에 대해 1핵

심 해당 분야에 대해 의견 개진)

○ 결과 및 특기사항

- 운영관련 14개 결정 요구사항은 1핵심(안)을 포함하여 3핵심에서 종합의견을 작성하여 운영기관에 회신

③‘10.03월 공정회의

○ 주요 회의 내용 :

- RAMS 수행범위 확정에 따른 서브시스템 분야별 RAMS 담당자 선정 요청 및 RAMS 실무자간 협의/대화 채널 설정 필요성 재기

○ 결과 및 특기사항

- RAMS 관련 회의는 해당과제에서 안건 발의 시 1핵심 주관으로 시행

④‘10.04월 공정회의

○ 주요 회의 내용 :

- 안전설비(신호 설계분야)관련하여, 강설/결빙 등의 시스템요구사항 변경/확정(제21차 사업단장-핵심과제책임자회의 결과) 사항 공지
- 열차제어시스템 RAMS 관련 협의 요청(로이드)에 대해 협의(안건 제시는 없었음)

○ 결과 및 특기사항

- RAMS 관련 회의는 해당과제에서 안건 발의 시 1핵심 주관으로 시행

(4) (시범노선 건설지원)결과

(가) 문제점 및 보완계획

특별한 문제점 없음

(나) 기대효과 및 활용계획

- 신호 및 열차제어시스템 수행계획서, 대안입찰서, 통합관제실 인테리어,

열차제어시스템 제작설계 중간발표 자료, 제작승인도 등의 검토 내용은 3핵심에 회신되어 반영됨

- 열차제어시스템 운영분야 요청사항 검토 내용은 3핵심에 회신되어 3핵심에서 종합의견을 작성하여 운영기관에 회신됨
- 성능시험방안검토 내용은 향후 성능시험자와 협의시 참고될 것을 기대함
- 시범노선 종합 시운전 일정계획은 시범노선 건설 통합공정표의 일부로 적용되었으며, 종합시운전 마스터 플랜 작성의 기본 자료로 활용됨

바. 실용화사업 연구수행 총괄관리 및 시스템 통합

(1) 개요

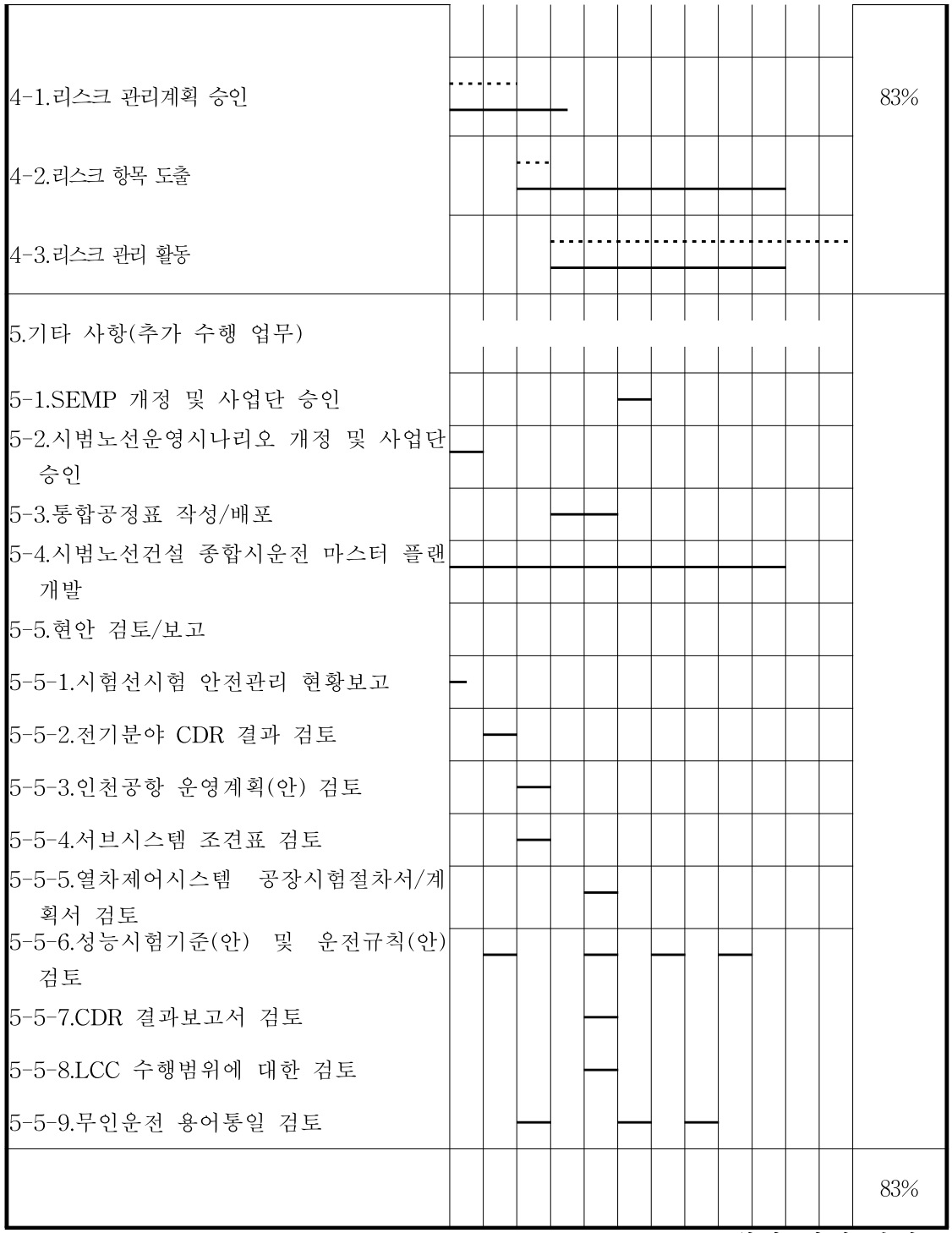
- “실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합”의 연구목표 달성을 위한 세부연구 내용을 ①일정관리, ②연구산출물 관리, ③인터페이스관리 및 ④리스크관리로 계획하고 연구수행
- 기타사항(추가수행업무)으로 SEMP 개정 및 사업단 승인, 시범노선운영 시나리오 개정 및 사업단 승인, 통합공정표 작성/배포, 시범노선건설 종합시운전 마스터 플랜 개발 및 각종현안 검토 및 보고

연구내용	세부내용		개요	산출물
실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합	1	실용화사업 일정관리	- 1핵심의 관리 공정표를 작성하고, 2, 3핵심의 관리 공정표를 취합하여, 우리 사업 전체의 통합 관리 공정표 작성 - 1핵심의 관리 공정표는 월간 공정회의 등을 통해 월간 단위로 계획 대비 실적을 관리 - 2, 3핵심의 관리공정표는 월간단위로 2, 3핵심에서 계획 대비 실적을 제출 받아 우리 사업 전체의 통합 공정보고서를 사업단/평가원으로 보고	-도시형자기부상열차실용화사업 5차년도 과제별 일정계획 -도시형자기부상열차실용화사업 월간공정보고서 -도시형자기부상열차실용화사업 월간공정보고 검토의견서 -도시형자기부상열차실용화사업 공정관리계획서
	2	실용화사업 연구산출물 관리	- 우리 사업 차원에서 관리가 필요한 1, 2, 3핵심과제의 연구산출물 리스트 색인 - 1, 2, 3핵심의 연구산출물 검토(SEMP에 정의한 문서 관리체계 준수 여부 등) 및 관리	-도시형자기부상열차실용화사업 5차년도 과제별 성과계획 -도시형자기부상열차실용화사업 연구산출물 리스트 및 DB -도시형자기부상열차실용화사업 문서관리계획서
	3	인터페이스 관리	- 5차년도 전반에 걸친 과제간 I/F 모니터링 및 관리	-인터페이스 관리 현황

			- I/F 종결에 지연이 없도록 관리 - 핵심간의 조정이 필요한 쟁점사항에 대한 조정 및 협의 - 차량⇔신호분야간 I/F 조정 및 관리	-미결인터페이스 리스트 및 검토의견
	4	리스크 관리	- 리스크관리계획 보완 및 사업단 승인 - 5차년도 관리 리스크 항목 선정 - 리스크 관리 활동	-리스크 관리계획서 -리스크 등록부 -리스크 관리부
	5	기타 사항(추가 수행 업무)	- SEMP 개정 및 사업단 승인 - 시범노선운영시나리오 개정 및 사업단 승인 - 통합공정표 작성/배포 - 시범노선건설 종합시운전 마스터 플랜 개발 - 현안 검토	-SEMP -시범노선운영시나리오 -통합공정표 -시범노선건설 종합시운전 마스터 플랜(안) -현안 검토서

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(5차년도) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도 (%)
실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합													
1.실용화사업 일정관리													
1-1.관리공정표 작성	-----	-----											83%
1-2.일정관리			-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
			———	———	———	———	———	———	———	———			
2.실용화사업 연구산출물 관리													
2-1.연구산출물 리스트 색인	-----	-----											83%
	———	———	———	———									
2-2.연구산출물 관리		-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
		———	———	———	———	———	———	———	———	———			
3.인터페이스 관리	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	83%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———			
4.리스크 관리													



* 3월말 현재 달성도

····· 당초계획

———————— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 실용화사업 일정관리

1) 공정관리계획서 작성/승인

가) 개요

- 우리사업에서는 시범노선건설 관련 공정관리는 3핵심과제에서, 차량개발 관련 공정관리는 2핵심에서 각각 수행하여 왔으며, 연구개발 과제의 공정관리는 해당과제가 소속된 핵심과제에서 월간공정회의 등을 통해 월간 단위로 관리하고, 사업단은 분기단위 보고를 통해 분기단위 공정관리를 시행하고 있었음
- 한편, 2010년 6월 16일 “4차년도 연차평가 결과보고 및 조치계획”이 운영위원회의 의결을 득함에 따라 과제별 RFP 내용이 조정되었으며, 1핵심은 5, 6, 7차년도 연구 내용에 “실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합” 수행이 포함되어, 공정관리계획서를 5차년도 초에 작성하게 되었음
- 우리사업의 공정계획으로는 크게 연구과제별 공정, 시범노선건설 공정, 차량개발 공정, 종합시운전 공정으로 분류할 수 있으며, 본 계획서에서는 이러한 공정계획의 관리 방안에 대해 기술

나) 추진 경과

일 시	내 용
~‘10.06.29	초안 작성
~‘10.07.22	관련과제 검토의견 수렴 및 보완(Rev.0.2.00)
~’10.08.04	연구과제별 공정표 양식 수정(Rev.0.3.00)
‘10.08.04	사업단 승인 요청
‘10.08.09	사업단 조건부 승인
‘10.08.09	사업단 조건부 내용 반영(Rev.1.1.00)
‘10.08.09	사업단 승인 요청
‘10.08.18	사업단 승인

다) 주요 내용

구 분	내 용	구 분	내 용
1장	개요	3장	공정관리체계 및 운영
2장	조직 및 책임	4장	공정관리 일정계획
부록	1. O-O과제 5차년도 공정표(양식) 2. 시범노선건설 공정표(예시) 3. 차량개발 공정표(예시) 4. 주요공정현황 보고 양식 5. 세부진도현황 보고 양식		

2) 관리공정표 작성

- 1, 2, 3핵심의 5차년도 계획서를 기준으로 관리공정표 발췌
- 월간공정보고서의 내용을 확인하여 각 과제의 관리공정표의 변경 여부를 확인하고, 변경된 공정표가 사업단의 승인을 득한 경우 관리 공정표를 개정

3) 일정관리(월간 공정보고서)

- 공정관리계획에 준해 과제별로 계획대비 실적공정표, 주요공정현황, 세부진도현황을 월별로 취합한 월간공정보고서를 사업단으로 보고
- 취합된 과제별 공정보고서를 검토하여, 관리공정표의 변경 여부를 확인하고, 과제별 주요 지연공정현황을 정리하고 과제별 등록 성과물 리스트와 기타 검토 사항을 작성하여 사업단으로 보고

(나) 실용화사업 연구산출물 관리

1) 문서관리계획서 작성/승인

가) 개요

- 우리사업의 시스템엔지니어링 관리계획서 제9장(문서관리)에는 문서 검토 및 승인 절차, 기술검토서 양식, 승인대상 문서의 종류, 문서분류체계, 개정번호체계 등이 정의되어 있으며, 우리사업 참여 과제에서 이를 준수하여 자체적으로 문서를 생성, 등록, 보관 등의 관리를 수행하였으나,
- 4차년도 연차평가시 평가위원이 지적한 바와 같이 사업단 차원에서

관리 필요성이 대두되어 “실용화사업 연구수행 총괄관리 및 시스템 통합”의 일환으로 1핵심에서 통합관리하도록 계획 수립

나) 추진 경과

일 시	내 용
~‘10.06.24	초안 작성
~‘10.07.22	관련과제 검토의견 수렴 및 보완(Rev.0.2.00)
‘10.08.04	사업단 승인 요청
‘10.08.09	사업단 조건부 승인
‘10.08.09	사업단 조건부 내용 반영(Rev.1.1.00)
‘10.08.09	사업단 승인 요청
‘10.08.18	사업단 승인

다) 주요 내용

구 분	내 용	구 분	내 용
1장	개요	4장	문서분류체계
2장	조직 및 역할	5장	문서개정체계
3장	문서관리범위	6장	문서관리 시스템
부록	1. 관리문서 리스트 양식 2. 문서등록 의뢰서 양식 3. 문서열람 요청서 양식		

2) 연구산출물 리스트 색인

가) 개요

- 우리 사업 차원에서 관리가 필요한 1, 2, 3핵심과제의 연구산출물을 과제별 연차실적보고서 및 단계실적 보고서를 확인하여 리스트를 색인하고
- 월간 공정보고서 취합 시 각 과제별로 제시되는 등록 요청 연구산출물을 리스트에 추가하고
- 매월 월간 공정보고서 사업단 제출시 1핵심에서 등록되어 관리 중인

등록 연구산출물 리스트를 1-0과제 검토 의견서에 수록하여 보고하고,

- 보고 결과를 1, 2, 3핵심 및 각 세부과제에 전파하여 우리 사업 참여 전체 과제가 참조토록 관리

나) 최종(2011년 4월 11일 현재) 등록 산출물 리스트

과제명	관리문서번호	해당과제 문서번호	개정번호	문서명	접수일	등록일
1-0	M1000-SE+SI-605-0001	좌동	rev.1.4.00	시스템엔지니어링 관리계획서	'10.06.25	'10.06.25
	M1000-SE+SI-605-0001	〃	rev.1.5.00 (rev.2.1.00)	시스템엔지니어링 관리계획서	'10.11.10	'10.11.10
	M1000-SE+SI-605-0002	〃	rev.0.2.00 (rev.1.1.00)	문서관리계획서	'10.09.13	'10.09.13
	M1000-SE+SI-605-0003	〃	rev.0.3.00	리스크관리계획서	'10.06.25	'10.06.25
	M1000-SE+SI-605-0003	〃	rev.0.4.00 (rev.1.1.00)	리스크관리계획서	'10.10.07	'10.10.07
	M1000-SE+SI-605-0004	〃	rev.0.2.00 (rev.1.1.00)	공정관리계획서	'10.09.13	'10.09.13
	M1000-SE+SI-605-0006	〃	rev.0.1.00	5차년도 과제별 일정계획 및 성과계획	'10.09.13	'10.09.13
	M1000-SE+SI-619-0001	〃	rev.0.4.00 (rev.1.1.00)	시범노선 운영시나리오	'10.06.25	'10.06.25
1-1	M1100-SE+SE-100-0001	〃	rev.1.1.06	도시형자기부상열차 시스템 요구사항	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-100-0002	〃	rev.0.0.07	서브시스템요구사항	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-605-0001	〃	rev.0.0.01	리스크관리	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0001	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(차량)	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0002	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(신호)	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0003	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(통신)	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0004	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(전력)	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(역사)	'10.10.20	'10.10.20

	616-0005					
	M1100-SE+SE-616-0006	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(선로)	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0007	〃	rev.0.0.01	상세설계검토보고서(차량기지)	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0008	〃	rev.0.0.01	차량시스템 검증요구사항 검토보고서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-616-0009	〃	rev.0.0.01	서브시스템규격서 검토보고서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0001	〃	rev.0.0.02	시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0002	〃	rev.0.0.06	차량시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0003	〃	rev.0.0.05	신호 및 열차제어시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0004	〃	rev.0.0.05	통신시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0005	〃	rev.0.0.04	전력시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0006	〃	rev.0.0.05	역사시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0007	〃	rev.0.0.05	선로구축물 시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0008	〃	rev.0.0.05	차량기지시스템 규격서	'10.10.20	'10.10.20
	M1100-SE+SE-619-0009	〃	rev.0.0.01	구성품 체계(PBS)	'10.10.20	'10.10.20
1-2	M1200-SE+RM-101-0001	〃	rev0.0.00	RAMS관리체계	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0002	〃	rev1.0.00	자기부상열차 전체 시스템 레벨의 RAMS 성능예측 모델링 보고서	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0007	M1201-SE+RM-101-0007	rev0.0.00	서브시스템 RAMS 요구조건 정의(차량)	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0008	M1201-SE+RM-101-0008	rev0.0.00	서브시스템 RAMS 요구조건 정의(신호)	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0009	M1201-SE+RM-101-0009	rev0.0.00	서브시스템 RAMS 요구조건 정의(전력)	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0010	M1201-SE+RM-101-0010	rev0.0.00	서브시스템 RAMS 요구조건 정의(통신)	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0011	M1201-SE+RM-101-0011	rev0.0.00	서브시스템 RAMS 요구조건 정의(기계)	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0013	M1201-SE+RM-101-0013	rev0.0.00	서브시스템 RAMS 요구조건 정의(분기기)	'10.09.29	'10.09.29

	M1200-SE+RM-101-0017	좌동	rev0.0.00	시스템 RAM 관리계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0030	〃	rev0.0.00	시스템 안전성 관리계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0033	〃	rev0.0.01	PSD서브시스템 RAMS분석 보고서	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0034	〃	rev0.0.00	시스템 RAMS 보고서	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0035	〃	rev0.0.00	시스템 Hazard 분석	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0036	〃	rev0.0.00	시스템 FMECA 보고서	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0037	〃	rev0.0.01	시스템 RAM 관리계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0038	〃	rev0.0.01	시스템 안전성 관리계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0039	〃	rev0.0.00	시스템 RAM 시연계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0040	〃	rev0.0.00	시스템 FRACAS 절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1200-SE+RM-101-0041	〃	rev0.0.00	시험선 완성차시험을 통한 안전성 확인	'10.09.29	'10.09.29
1-3	M1300-SE+TS-101-0001	〃	rev.1.0.01	시험평가종합계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0002	〃	rev.0.0.01	인증체계 구축방안	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0003	〃	rev.0.0.01	통합계측시스템구축방안	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0004	〃	rev.1.0.01	차량시험평가계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0005	〃	rev.1.0.01	시험선 시험 안전관리계획	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0006	〃	Rev.0.1.01	시험선 시험절차서	'10.10.19	'10.10.20
	M1300-SE+TS-101-0006	〃	rev.0.2.01	시험선 시험절차서	'11.03.28	'11.04.07
	M1300-SE+TS-101-0008	〃	rev.1.0.01	연속주행시험계획	'11.03.28	'11.04.07
	M1300-SE+TS-101-0011	〃	rev.0.0.02	시험평가계획 (구성품시험)	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0012	〃	rev.0.0.01	시험계획서-완성차 공장 내 시험	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-00013	〃	rev.0.0.01	본선 시운전시험계획서	'11.03.28	'11.04.07

	M1300-SE+TS-101-0021	〃	rev.0.0.04	구조체 하중시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0022	〃	rev.0.0.04	대차 정하중시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0023	〃	rev.0.0.02	부상제어장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0024-1	〃	rev.0.0.01	추진제어장치 형식시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0024-2	〃	rev.0.0.01	추진제어장치 조합시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0025	〃	rev.0.0.03	보조전원장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0025	〃	rev.0.0.04	보조전원장치시험절차서	'11.03.28	'11.04.07
	M1300-SE+TS-101-0026	〃	rev.0.0.04	신호보안장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0027	〃	rev.0.0.03	종합제어장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0031	〃	rev.0.0.01	외관구조검사절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0032	〃	rev.0.0.01	측정에의한검사절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0033	〃	rev.0.0.01	차체누수시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0034	〃	rev.0.0.01	차체리프팅시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0035	〃	rev.0.0.02	추진제어장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0035	〃	rev.0.0.03	완성차시험_추진제어장치시험절차서	'11.03.28	'11.04.07
	M1300-SE+TS-101-0036	〃	rev.0.0.01	신호보안장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0037	〃	rev.0.0.04	종합제어장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0037	〃	rev.0.0.05	종합제어장치시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038	〃	rev.0.0.02	조합된 차량의 기능 및 동작 측정시험	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038	〃	rev.0.0.03	조합된 차량의 기능 및 동작 측정시험		
	M1300-SE+TS-101-0038-1	〃	rev.0.0.02	완성차시험_제어회로시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-1	〃	rev.0.0.03	완성차시험_제어회로시험절차서		

	M1300-SE+TS-101-0038-10	〃	rev.0.0.02	완성차시험_방송장치 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-10	〃	rev.0.0.03	완성차시험_방송장치 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-11	〃	rev.0.0.02	완성차시험_표시기장치 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-11	〃	rev.0.0.03	완성차시험_표시기장치 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-12	〃	rev.0.0.02	완성차시험_화재감지기 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-12	〃	rev.0.0.03	완성차시험_화재감지기 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-13	〃	rev.0.0.02	완성차시험_표시등 및 조명장치시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-13	〃	rev.0.0.03	완성차시험_표시등 및 조명장치시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-2	〃	rev.0.0.02	완성차시험_시동, 정지 및 운전실 교환 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-2	〃	rev.0.0.03	완성차시험_시동, 정지 및 운전실 교환 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-3	〃	rev.0.0.02	완성차시험_보조전원장치 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-3	〃	rev.0.0.03	완성차시험_보조전원장치 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-4	〃	rev.0.0.02	완성차시험_축전지 및 충전기 기능확인 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-4	〃	rev.0.0.03	완성차시험_축전지 및 충전기 기능확인 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-5	〃	rev.0.0.02	완성차시험_역행 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-5	〃	rev.0.0.03	완성차시험_역행 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-6	〃	rev.0.0.02	완성차시험_제동 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-6	〃	rev.0.0.03	완성차시험_제동 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-7	〃	rev.0.0.02	완성차시험_집전 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-7	〃	rev.0.0.03	완성차시험_집전 시험절차서		
	M1300-SE+TS-101-0038-8	〃	rev.0.0.02	완성차시험_냉난방장치 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-8	〃	rev.0.0.03	완성차시험_냉난방장치 시험절차서		

	M1300-SE+TS-101-0038-9	〃	rev.0.0.02	완성차시험_출입문 시험절차서	'10.09.29	'10.09.29
	M1300-SE+TS-101-0038-9	〃	Rev.0.0.03	완성차시험_출입문 시험절차서		
	~~M1300-SE+TS-101-0039~~	〃	~~Rev.0.0.03~~	~~모듈레일 추종성능시험절차서~~	~~'10.09.29~~	~~'10.09.29~~
	M1300-SE+TS-101-0039	〃	rev.0.0.01	완성차시험-부상장치 축전지 백업시험 절차서	'11.03.28	'11.04.07
	M1300-SE+TS-101-0040	〃	rev.0.0.01	완성차시험_부상장치시험절차서	'11.03.28	'11.04.07
	M1300-SE+TS-302-0001	〃	rev.0.0.01	통합계측시스템 기본설계보고서	'10.09.29	'10.09.29
1-4	M1400-SE+LW-614-0001	〃	rev.2.0.21	도시형 자기부상철도 건설규칙(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0002	〃	rev.2.0.21	도시형 자기부상열차 안전기준에 관한 규칙(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0003	〃	rev.0.0.11	도시형자기부상열차 표준규격(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0004	〃	rev.0.0.11	도시형자기부상철도 시설분야 표준규격(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0005	〃	rev.0.0.06	도시형자기부상열차 성능시험에 관한 기준(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0005	〃	rev.0.0.07	도시형자기부상열차 성능시험에 관한 기준(안)	'10.11.30	'10.11.30
	M1400-SE+LW-614-0005	〃	rev.0.0.08	도시형자기부상열차 성능시험에 관한 기준(안)	'10.11.30	'10.11.30
	M1400-SE+LW-614-0005	〃	rev.0.0.09	도시형자기부상열차 성능시험에 관한 기준(안)	'11.03.05	'11.03.31
	M1400-SE+LW-614-0006	〃	rev.0.0.05	도시형자기부상열차 정밀진단지침(안)	'11.02.16	'11.02.24
	M1400-SE+LW-614-0007	〃	rev.0.0.05	도시형자기부상철도 운전규칙(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0007	〃	rev.0.0.06	도시형자기부상철도 운전규칙(안)	'11.02.18	'11.03.31
	M1400-SE+LW-614-0008	〃	rev.0.0.01	도시형자기부상열차용품의 품질인증요령(안)	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0009	〃	rev.0.0.03	도시철도 건설규칙 개정안	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0010	〃	rev.0.0.13	도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 개정안	'10.10.20	'10.10.20
	M1400-SE+LW-614-0010	〃	rev.0.0.14	도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 개정안	'10.11.15	'10.11.20
	M1400-SE+LW-614-0011	〃	rev.0.0.03	도시형 자기부상열차 품질인증 대상 품목 선정(안)	'10.10.20	'10.10.20

	M1400-SE+LW-614-0011	〃	rev.0.0.04	도시형 자기부상열차 품질인증 대상 품목 선정(안)	'10.12.17	'10.12.30
	M1400-SE+LW-614-0012	〃	rev.0.0.00	도시철도 건설규칙[국토해양부령 제290호, 2010.10.8, 일부개정]	'10.10.22	'10.10.22
	M1400-SE+LW-614-0013	〃	rev.0.0.00	도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 [국토해양부령 제290호, 2011.3.3, 일부개정]	'11.03.18	'11.03.31
	M1400-SE+LW-614-0014	〃	rev.0.0.01	도시철도차량의 성능시험에 관한 기준 개정안	'11.03.05	'11.03.31
2-1	M2100-TR+CK-315-0013	〃	rev.0.0.03	상부궤도 설계 요구조건	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+CE-300-0013	〃	rev.0.0.00	TCMS 요구사항 기술서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+CE-301-0002	REDE103671	rev.0.0.00	TCMS 제작사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+CE-315-0024	좌동	rev.0.0.00	보조전원장치 제작사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+CV-109-0001	REDP100516	rev.0.0.00	RAMS 관리 요구사항	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+CV-301-0012	M2100-VC+CV-301-012	rev.0.0.00	차상신호장치 시스템사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+FA-301-0001	REDE107832	rev.0.0.00	실내 도장사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+FA-301-0002	REDE107831	rev.0.0.00	차체 도장사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC+FA-301-0003	ATO-PS-015	rev.0.0.00	냉난방장치 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2100-VC-CV-619-0001	좌동	rev.0.0.04	차량시스템 규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+CE-102-0001	ESME08C-012	rev.0.0.00	도시형 자기부상열차 도어 시스템 완성차 시험 완료 보고서	'10.10.22	'10.10.25
	M2110-VC+CE-102-0002	ESME08C-013	rev.0.0.00	도시형 자기부상열차 도어 시스템 내구성 시험 완료 보고서	'10.10.22	'10.10.25
	M2110-VC+CE-301-0001	ESME08C-02	rev.0.0.00	Maglev Door System DCU 제어 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+CE-605-0001	ESME08C-002	rev.0.0.00	Maglev Door System 중량 저감 계획서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+CE-619-0001	M-21-AD-T-002	rev.0.0.00	TCMS-DCU 통신 규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+CE	ESME08C-0	rev.0.0.00	Maglev Door System 제작	'10.10.05	'10.10.05

	-619-0002	05		규격서		
	M2110-VC+FA--301-0001	DWL-09CA-001	rev.0.0.00	객실의자 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2210-VC+FA--301-0003	DWL-09EC-001	rev.0.0.00	자기부상열차 6량 객실의자 의자 사양 및 시험절차서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+FA--301-0002	M-21-VT-T-002	rev.0.0.00	인버터함 제작 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+FA--619-0001	INMAG-SP-001	rev.0.0.01	멀티미디어 컨트롤 시스템 제작규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME--302-0001	RPO-BS6-503-03	rev.0.0.00	자기부상열차 제동이상 관련 현차 시험보고서	'10.10.22	'10.10.25
	M2110-VC+ME-619-0001	RPs-BS5-A80K	rev.0.0.00	ML02M 공기제동장치 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0002	RPs-BS5-A81K	rev.0.0.01	압력 스위치 유니트 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0003	RPs-BS5-A81K	rev.0.0.00	주차제동 제어 유니트 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0004	RPs-BS8-503-001	rev.0.0.00	MS15 공기여과기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0005	RPs-BS8-503-002	rev.0.0.00	3/8D 복식 체크밸브 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0006	RPs-BS3-503-002	rev.0.0.00	EP100 전공변환중계밸브 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0007	RPs-BS3-503-001	rev.0.0.00	Y 응하중 밸브 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0008	RPs-BS8-503-003	rev.0.0.00	압력 점검구 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0009	RPs-BS5-503-006	rev.0.0.00	제동전자제어장치 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0010	RPs-CP1-B17K	rev.0.0.01	다중 연결기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0011	RPs-CP1-B18K	rev.0.0.01	중간 연결기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0012	RPs-CM1-503-01	rev.0.0.00	JSCR-4FA 스크롤 공기압축기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0013	RPs-CM1-503-002	rev.0.0.00	JS1000B 트윈타워 공기건조기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0014	RPs-CM1-503-003	rev.0.0.00	TF-S240 액상분리기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0015	RPs-CM1-503-004	rev.0.0.00	SF10 안전밸브 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0016	RPs-CM1-503-005	rev.0.0.00	D1A 자동배수밸브 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME	RPs-CM1-50	rev.0.0.00	MCS11W 압력 스위치 제	'10.10.05	'10.10.05

	-619-0017	3-006		품규격서		
	M2110-VC+ME-619-0018	RPs-BS6-503-01	rev.0.0.00	유압캘리퍼 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+ME-619-0019	RPs-BS6-503-02	rev.0.0.00	공유압 변환기 제품규격서	'10.10.05	'10.10.05
	M2110-VC+PS-301-0001	M-21-VT-T-003	rev.0.0.00	FL 제작 사양서	'10.10.05	'10.10.05
2-2	M2200-VC+LG-101-0001	M-22-KE-T-029	rev.0.0.00	대차 2대 연계 시험 절차서	'10.10.05	'10.10.05
	M2200-VC+LG-301-0001	M-22-KE-T-013	rev.0.0.00	부상제어기용 DAS 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2200-VC+LG-301-0002	M-22-KE-T-025	rev.0.0.00	2차 마그네트 드라이브 시제품 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2210-VC+LG-301-0003	M-22-PS-T-003	rev.0.0.00	정지형 추력 시험기 사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2200-VC+LG-315-0001	M-22-KE-T-014	rev.0.0.00	부상제어 시스템용 센서 요구조건 기술서	'10.10.05	'10.10.05
	M2200-VC+LG-315-0002	M-22-KE-T-016	rev.0.0.00	자기부상열차 부상제어기 소프트웨어 요구사항 명세서	'10.10.05	'10.10.05
	M2210-VC+LG-101-0001	M-22-ET-T-013	rev.0.0.01	마그네트 드라이브 기능 시험절차서	'10.10.05	'10.10.05
	M2210-VC+LG-109-0001	M-22-ET-T-012	Rev.1	마그네트 드라이브 신뢰성 시험기준서	'10.10.05	'10.10.05
	M2210-VC+LG-301-0001	좌동	Rev.2	Magnet Drive 제작사양서	'10.10.05	'10.10.05
	M2210-VC+LG-315-0001	M-22-ET-T-007	rev.0.0.02	마그네트 드라이브 MMI 요구사항 분석서	'10.10.05	'10.10.05
	M2220-VC+LG-302-0012	M2220-VC+LG-302-012	rev.0.0.00	부상용 전자석 시험계획서	'10.10.05	'10.10.05
	M2220-VC+LG-302-0013	M2220-VC+LG-302-013	rev.0.0.00	부상용 전자석 특성시험 절차서	'10.10.05	'10.10.05
	M2220-VC+LG-302-0014	M2220-VC+LG-302-014	rev.0.0.00	부상용 전자석 특성시험 결과보고서	'10.10.05	'10.10.05
	M2220-VC+LG-302-0030	M2220-VC+LG-302-030	rev.0.0.00	부상용 전자석 제작사양서	'10.10.05	'10.10.05
2-3	M2300-VC+CV-699-0001	M23-100601	1	곡선주행시조향실린더 변위 측정(실제 측정과 시뮬레이션결과 비교)	'10.10.22	'10.10.29
	M2300-VC+CV-699-0002	M23-100701	1	자기부상차량 차간 댐퍼 기술검토서Ⅱ(댐퍼 특성에 따른 비교)	'10.10.22	'10.10.29
	M2300-VC+CV-699-0003	M23-100901	2	자기부상차량 차간 댐퍼 기술검토서Ⅲ(Viscous damper Vs. friction damper)	'10.10.22	'10.10.29

	M2300-VC+CV-699-0004	REDU106243	1	도시형 자기부상차량 횡방향 주행특성 해석를 위한 상용철도차량 동특성해석 프로그램 활용	'10.10.22	'10.10.29
3-0	M3000-TR+CK-315-0001	좌동	-	시범노선 선형 설계기준	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+CZ-106-0001	M3000-TR+CZ-106-001	0	자기부상열차 시범노선 건설을 위한 안전관리계획서	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+CZ-106-0001	M3000-TR+CZ-106-001	0	인터페이스 관리체계	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+CZ-315-0001	M3000-TR+CZ-315-001	0	시범노선 설계기준(안)	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+CZ-316-0001	좌동	0	설계품질관리계획서	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+EG-101-0001	177431P01C-214-106	0	열차제어시스템 구매/설치 RAMS관리계획서	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+EG-305-0001	177431P01C-315-001	C	열차제어시스템 구매/설치 설계수행계획서	'10.10.06	'10.10.06
	M3000-TR+EG-605-0001	177431P01C-207-002	A	열차제어시스템 구매/설치 인터페이스관리계획서	'10.10.06	'10.10.06
	M3001-TR+CK-109-0001	09ER-10-0008	Rev.0	제3궤조전차선로 신뢰성및 안전성확보를위한평가기준	'10.10.04	'10.10.04
	M3001-TR+ET-100-0001	좌동	rev.0.0.01	시험 및 시운전을 통한 안전성 및 신뢰성 검증	'10.09.27	'10.09.27
	M3001-TR+ET-800-0001	〃	rev.0.0.01	제3궤조 설비의 운영 및 유지보수 매뉴얼	'10.09.27	'10.09.27
	M3001-TR+ET-102-0001	〃	rev.0.0.01	제3궤조 전차선 분기기용 Expansion Joint의 안전성 검토	'10.10.26	'10.10.28
	M3001-TR+ET-102-0002	〃	rev.0.0.01	분기기용 전차선 보고서	'10.11.30	'10.12.06
3-1	M3101-TR+CF-400-0001	〃	Rev.2	도시형자기부상철도 토목구조물유지관리지침(안)	'10.10.04	'10.10.04
	M3101-TR+CK-109-0001	〃	-	도시형자기부상철도 궤도시스템성능검증보고서	'10.10.04	'10.10.04
	M3101-TR+CK-315-0002	〃	-	자기부상열차 상부구조거더 설계조건(안)	'10.10.04	'10.10.04
	M3101-TR+CK-400-0001	〃	-	부상/추진레일의 유지관리 지침(안)	'10.10.04	'10.10.04
	M3110-TR+CF-315-0001	〃	Rev.3	자기부상식 열차를 위한 토목구조물 설계기준(안)	'10.10.04	'10.10.04
3-2	M3200-TR+SW-101-0001	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 선형성 측정 시험 절차	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 내 차량 주행	'10.10.07	'10.10.07

	-101-0002			성능시험 절차		
	M3200-TR+SW-101-0003	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 이송대차 궤적측정시험 절차서	'10.10.23	'10.10.25
	M3200-TR+SW-101-0004	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 제어반 성능시험 절차서	'10.10.23	'10.10.25
	M3200-TR+SW-101-0006	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 차량 주행시 거더 진동특성측정 시험절차서	'11.03.29	'11.04.01
	M3200-TR+SW-101-0009	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 차량 주행시 거더 처짐측정 시험절차서	'11.03.29	'11.04.01
	M3200-TR+SW-101-0010	〃	rev.0.0.01	곡선 설정 3방향 분기기 대차 횡공극 변동측정 시험절차서	'11.03.29	'11.04.01
	M3200-TR+SW-102-0001	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 연속동작시험 및 보완작업 결과	'10.09.27	'10.09.27
	M3200-TR+SW-102-0001	〃	rev.0.0.02	3방향 분기기 연속동작시험 및 보완작업 결과	'10.10.20	'10.10.30
	M3200-TR+SW-102-0002	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 집전선 신축 흡수장치 보완 및 시험결과	'10.09.27	'10.09.27
	M3200-TR+SW-102-0002	〃	rev.0.0.02	3방향 분기기 집전선 신축 흡수장치 보완 및 시험결과	'10.10.20	'10.10.30
	M3200-TR+SW-102-0003	〃	rev.0.0.01	3방향 분기기 내 차량 주행 성능시험 결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3200-TR+SW-102-0004	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 고유진동수 측정	'10.12.31	'11.01.03
	M3200-TR+SW-103-0001	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 선형측정 check sheet	'10.10.23	'10.10.25
	M3200-TR+SW-109-0001	〃	-	분기기 시험평가기준서(안)	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-300-0001	〃	-	2way분기기 상세설계	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-300-0002	〃	-	3way분기기 상세설계	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-300-0003	〃	-	상대식 정거장용 scissors 분기기 상세설계	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-301-0001	〃	-	3way분기기 설계사양서	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-315-0001	〃	-	2way와3way 설계기준서(안)	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-315-0002	〃	-	자기부상열차 분기기 설계기준서	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-400-0001	〃	-	자기부상열차 분기기 유지관리지침서(안)	'10.10.07	'10.10.07
	M3200-TR+SW-619-0001	〃	-	자기부상열차 분기기시스템 규격서	'10.10.07	'10.10.07
	M3210-SE+RM-101-0001	〃	rev.0.0.01	RAMS Management Plan	'10.09.27	'10.09.27

	M3210-SE+RM-101-0002	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 RAMS PBS	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-SE+RM-101-0003	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 RAMS FMECA	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-300-0001	〃	-	선로중심간격 6m 시저스분기기 상세설계결과	'10.10.07	'10.10.07
	M3210-TR+SW-300-0002	〃	-	중심간격 12m 시저스분기기 상세설계결과	'10.10.07	'10.10.07
	M3210-TR+SW-301-0002	〃	-	관절형 분기기 제작 및 설치 사양서	'10.10.07	'10.10.07
	M3210-TR+SW-401-0001	〃	rev.0.0.01	관절형 분기기 유지관리지침서	'10.09.27	'10.09.27
	M3210-TR+SW-401-0001	〃	rev.0.0.02	시저스 분기기 유지관리지침서	'10.10.20	'10.10.30
	M3210-TR+SW-700-0001	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 종합시험 계획서	'10.09.27	'10.09.27
	M3210-TR+SW-700-0001	〃	rev.0.0.02	시저스분기기 종합시험 계획서	'10.10.20	'10.10.30
	M3210-TR-SW-202-0001	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 제작설치보고서	'10.09.27	'10.09.27
	M3210-TR+SW-702-0001	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 연속구동시험결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-702-0001	〃	rev.0.0.03	시저스분기기 연속구동시험결과	'10.12.23	'11.01.03
	M3210-TR+SW-702-0002	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 반복정밀도 측정결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-702-0002	〃	rev.0.0.03	시저스분기기 반복정밀도 측정결과	'10.12.23	'11.01.03
	M3210-TR+SW-700-0003	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 동작시 소음 측정결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-700-0003	〃	rev.0.0.03	시저스분기기 동작시 소음 측정결과	'10.12.23	'11.01.03
	M3210-TR+SW-702-0004	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 제어반 성능 시험결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-702-0004	〃	rev.0.0.03	시저스분기기 제어반 성능 시험결과	'10.12.23	'11.01.03
	M3210-TR+SW-702-0005	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 메인모터 부하시험결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-702-0005	〃	rev.0.0.04	시저스분기기 메인모터 부하시험결과	'10.12.23	'11.01.03
	M3210-TR+SW-702-0006	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 연속동작시험 카운트결과	'10.10.23	'10.10.25
	M3210-TR+SW-702-0006	〃	rev.0.0.02	시저스분기기 연속동작시험 카운트결과	'10.12.23	'11.01.03

	M3210-TR+SW-702-0007	〃	rev.0.0.02	시저스분기기 수동운전시험 결과	'10.12.23	'11.01.03
	M3200-TR+SW-201-0001	〃	rev.0.0.02	관절식 분기기 제작설치시방서	'10.12.03	'10.12.06
	M3210-TR+SW-702-0008	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 거더 변형 측정 data	'11.01.21	'11.02.01
	M3210-TR+SW-702-0009	〃	rev.0.0.01	시저스분기기 보완사항	'11.02.22	'11.02.24

3) 연구산출물 관리

가) 개요

- 연구 산출물은 승인된 문서관리 절차에 따라 등록하게되며, 등록된 문서는 1핵심과제 내부 컴퓨터 DB에 통합 저장/관리되며,
- 각 문서는 1부씩 제본하여 별도 캐비넷에 보관함

나) 연구 산출물 관리 현황

- 과제별 월별 등록된 연구산출물 현황(2011년 3월말 기준)은 다음과 같음

		월별 건수											소계	합계
		'10년 9월 이전	2010년				2011년							
			9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	5월	6월		
1 핵심	1-0	3	3	1	1	-	-	-	-				8	103
	1-1	21	-	-	-	-	-	-	-				21	
	1-2	19	-	-	-	-	-	-	-				19	
	1-3	38	-	1	-	-	-	-	32				71	
	1-4	6	3	3	2	1	-	1	4				20	
2 핵심	2-0	-	-	-	-	-	-	-	-				0	59
	2-1	38	3	-	-	-	-	-	-				41	
	2-2	14	-	-	-	-	-	-	-				14	
	2-3	-	4	-	-	-	-	-	-				4	
3 핵심	3-0	8	2	1	1	1	-	-	-				13	65
	3-1	5	-	-	-	-	-	-	-				5	
	3-2	6	14	16	1	8	1	1	3				50	
합계		158	29	22	5	10	1	2	39	0	0	0	266	

(다) 인터페이스 관리

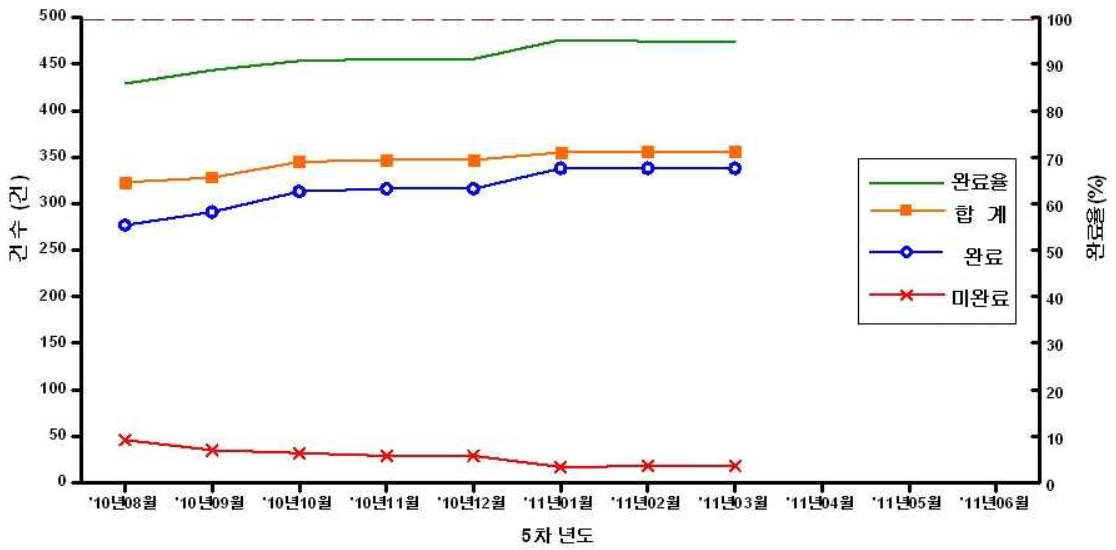
1) 개요 및 목적

- 인터페이스 점검회의(사업단 주관) 시 도출된 인터페이스 사항을 지속적으로 점검 및 관리
- 5차년도 전반에 걸친 과제간의 I/F 모니터링 실시

2) 5차년도 인터페이스 점검회의 현황

회의 일시	회의 내용
'10.07.08	2,3핵심 합동 I/F회의
'10.09.01	1-2과제 I/F점검회의
'10.09.07	1-3과제 I/F점검회의
'10.10.14	1-4과제 I/F점검회의
'10.11.02	1-2과제 I/F점검회의
'10.11.04	1-1과제 I/F점검회의
'10.11.05	1-4과제 I/F점검회의
'10.12.08	3-2과제 I/F점검회의
'11.01.07	1-2과제 I/F점검회의
'11.01.13	1-1과제 I/F점검회의

3) 인터페이스 현황 총괄표



	'10년8월	'10년9월	'10년10월	'10년11월	'10년12월	'11년1월	'11년2월	'11년3월	'11년4월	'11년5월	'11년6월
합계	323	328	345	347	347	355	356	356			
완료	277	291	313	316	316	338	338	338			

미완료	46	35	32	29	29	17	18	18			
완료율	85.8	88.7	90.7	91.1	91.1	95.2	94.9	94.9			

4) 5차년도 1분기 과제별 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	33	32	1	97.0	83	78	5	94.0
1-1	13	12	1	92.3	32	31	1	96.9
1-2	45	39	6	86.7	21	19	2	90.5
1-3	41	41	0	100.0	21	13	8	61.9
1-4	48	35	13	72.9	17	17	0	100.0
2-0 (2-1포함)	36	23	11	63.8	54	51	3	94.4
2-2	4	4	0	100.0	11	11	0	100.0
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	54	51	3	94.4	31	18	11	58.1
3-1	21	21	0	100.0	35	33	2	94.3
3-2	28	28	0	100.0	13	10	3	76.9
합계	328	291	35	88.7	328	291	35	88.7

5) 5차년도 2분기 과제별 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율
0-0					1	1	0	100.0
1-0	35	34	1	97.1	95	90	5	93.7
1-1	15	14	1	93.3	33	32	1	97.0
1-2	45	44	1	97.8	22	20	2	90.9
1-3	46	46	0	100.0	20	15	5	75.0
1-4	51	44	7	84.3	19	18	1	94.7
2-0 (2-1포함)	36	23	11	63.9	58	55	3	94.8
2-2	4	4	0	100.0	11	11	0	100.0
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	57	51	6	89.5	31	22	7	71.0
3-1	23	21	2	91.3	35	33	2	94.3
3-2	30	30	0	100.0	13	10	3	76.9
합계	347	316	29	91.1	347	316	29	91.1

6) 5차년도 3분기 과제별 인터페이스 현황

과제명	요청 I/F				전달 I/F			
	소계	완료	미결	완료율	소계	완료	미결	완료율

0-0					1	1	0	100.0
1-0	35	35	0	100.0	95	94	1	98.9
1-1	16	15	1	93.8	34	34	0	100.0
1-2	45	44	1	97.8	22	22	0	100.0
1-3	47	46	1	97.9	22	16	6	72.7
1-4	53	47	6	88.7	19	19	0	100.0
2-0 (2-1포함)	36	32	4	88.9	59	58	1	98.3
2-2	4	4	0	100.0	11	11	0	100.0
2-3	5	5	0	100.0	9	9	0	100.0
3-0	61	56	5	91.8	32	27	5	84.4
3-1	23	23	0	100.0	35	35	0	100.0
3-2	31	31	0	100.0	17	12	5	70.6
합계	356	338	18	94.9	356	338	18	94.9

7) 5차년도 4분기 과제별 인터페이스 현황

- 현재 진행 중

8) 미완료 인터페이스 현황 및 1핵심과제 검토의견(2011년 4월11일 현재)

No.	자료 요청	자료 전달	인터페이스 요구(결과물)	인터페이스 요구사항/상세사항	1핵심과제 의견
238	12	10	E&M 분야 보완된 운영계획	2단계 및 3단계시 도시형 자기부상열차 운전계획(정상/비상), 열차운행계획, 시나리오	사업기간내 운영기관의 2, 3단계 운영계획 접수는 현실적으로 어렵다고 판단됨.
252	14	13	구성품시험절차서	차체시험,대차시험,부상장치시험,추진장치시험,보조전원장치시험,신호보안장치시험,종합제어장치시험	1-3세부과제 최종안은 전달완료. 1-4과제와 완료여부에 대한 협의 필요
408	14	13	TEMP	시험평가 종합계획(TEMP) 개정안	TEMP 개정안을 작성하여 내부적으로 검토 중
410	14	13	완성차시험절차서	각 완성차 시험 절차서	1-3세부과제 최종안은 전달완료. 1-4과제와 완료여부에 대한 협의 필요
411	14	13	시험결과보고서	각 구성품 시험 결과 보고서	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '12.5월 말경 구성품 시험이 완료될 예정임
412	14	13	시험결과보고서	각 완성차 시험 결과 보고서	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '12.8월 말경 완성차

					시험이 완료될 예정임
235	14	20	차량부품구성체계도 및 부품제작사양서	대차,부상장치,추진장치,보조전원장치,종합제어장치,차상신호장치(삭제, 신규로 이동),기장/제동장치,실내내장	1-4과제와 2핵심과제와 상호 이견이 있으므로, 조정이 필요함
226	21	30	검수고내외부수전(shoresupply)	검수고내Stinger(가선전원DC1500V공급용)적용여부,검수고내외부수전장치(ShoreSupply)적용여부검토용 검수고내외부수전적용시,사용전압구분(DC100V,DC340V,AC380V등) 검수고내외부수전용도(기능시험등) 검수고내외부수전미적용시,차량기지에서시험가능여부 (유치선에서 시험 또는 별도의 시험실 구비여부	2핵심과 3핵심(분야별 계약자 포함) 간의 기술적 인터페이스 협의가 필요한 사항임
227	21	30	무선 영상 송/수신 장치	차지상 영상 전송에 필요한 interface 및 상세 설계 필요함(Ethernet)	상동
228	21	30	차상카메라영상사령실현시 및 저장방안	영상 표시 및 저장 장치 방안 (MPEG-4)	상동
229	21	30	열차무선(TETRA) 운영 방안	인천 신공항 노선과 연계 방안 (TRS)	상동
416	13	30	(성능시험)차상신호장치시험절차서제시	열차제어시스템 제작사 확정으로 성능시험을 위한 절차서를 제작사에서 제시하고 1-3과제에서 검토/보완/확정 필요	2011년 5월~6월 중에 대우엔지니어링에서 예비시험 준비 후 절차서 수정하여 성능시험신청 예정임.(1-3과제)
308	30	32	3-way 형태관절형 분기기 현장설치 및 성능시험	시범노선 구축 건설공사시 최적 반영을 위한 3-way 형태관절형 분기기 현장설치 및 성능시험 결과	'11년 4월말까지 완료될 것으로 예상
340	30	32	3-way 형태관절형 분기기 실차 주행성능 시험 결과	시범노선 구축 건설공사시 최적 반영을 위한 3-way 형태관절형 분기기 실차 주행성능 시험 결과	상동
341	30	32	관절형 분기	관절형 분기기 유지관리를 위	상동

			기 유지관리 지침서 작성	한 유지관리 지침서	
342	30	32	분기기 시험 평가 기법 개발	시범노선 구축 건설공사시 최적 분기기 시공을 위한 시험 평가 기법	상동
343	30	32	3way 관절형 분기기의 수정 설계도면 및 설계자료	시험선에 설치된 3way 분기기에 대한 실차 주행시험결과를 반영한 수정 설계도면 및 설계자료, 도면은 AutoCAD 형식	상동
404	11	13	성능시험 관련 절차서	규격추적관리 DB체계구축을 위해 1-3과제에서 개발중인 절차서 우선제공 요청	1-3세부과제 최종안은 전달완료. 1-1과제와 완료여부에 대한 협의 필요

9) 결론 및 특기 사항

- 각 과제 방문을 통해 적극적으로 인터페이스를 해결할 수 있도록 노력하였으며,
- 미결 인터페이스(5%)는 필요시 관련 과제간 합동회의를 통해 해결할 예정임

(라) 리스크 관리

1) 개요 및 목적

- 4차년도 연구내용의 연속으로 SEMP내 리스크관리계획 수정 보완
- 리스크 항목 도출 및 리스크관리 수행
- 리스크 관리와 연관하여 본 사업의 TPM(기술성과측정: Technical Performance Management)관리를 독립적으로 수행

2) 추진경과

일 시	내 용
2009.08.26	리스크 관리계획초안 작성 관련기관 검토 요청
2009.11.02	리스크 관리계획초안 관련기관 검토 재요청
2009.11.25	1-2과제, 1-4과제, 3핵심과제 검토의견을 반영한 수정안 (Rev.0.2.00) 작성

2009.12.02	수정안(Rev.0.2.00) 사업단 승인요청
2009.12.11	리스크관리계획 수정안(Rev.0.2.00)에 대한 관련기관 검토의견 접수
2010.03.10	관련기관 수정안 반영 3차수정안(Rev.0.3.00) 작성, 관련기관 검토
2010.04.12	관련기관 검토 반영 4차수정안 (Rev.0.4.00) 작성
2010.04.29	리스크관리계획 4 차수정안에 대한 2핵심방문협의
2010.07.27	2핵심 검토의견 반영 4차 수정안 (Rev. 0.4.00) 재작성
2010.09.03	리스크 관리계획 전면 수정 4차 수정안 (Rev. 0.4.00) 재작성
2010.10.07	리스크 관리계획 사업단 승인 (Rev. 1.1.00)
2010.10.27	리스크 관리계획 수행관련 설명회 개최
현재	리스크 관리 수행 중

일 시	내 용 (TPM 관련)
2010.04.22	SEMP (Rev. 1.4.00) 에 대한 사업단 검토의견:
2010.11.01	리스크관리계획 및 TPM 관리계획을 수정 보완한 SEMP (Rev. 1.5.00) 수정안 작성
2010.11.10	SEMP (Rev. 1.5.00) 사업단 승인
현재	SEMP의 TPM 관리계획에 의해 수행 중

3) 리스크관리계획 보완 주요내용

- 전년도에 작성한 리스크 관리계획안 (Rev. 0.3.00)을 전면 수정하여 사업단의 승인을 득한 Rev. 1.1.00 안을 작성하였음.
- 전면 수정된 리스크 관리계획안에 의하면 전체 관리계획의 체계를 다음의 목차로 처리하였음.

1. 서론
2. 프로젝트리스크관리 프로세스
3. 도시형자기부상열차 실용화사업 리스크관리계획
 3.1 리스크관리일정
 3.2 리스크관리조직
 3.3 리스크등록부
 3.4 리스크관리부
 3.5 리스크관리종결

부록1: 리스크관리계획서 개정내용
부록2: 도시형자기부상열차 리스크내용
부록3: 리스크등록부

부록4: 리스크관리부

- 리스크 등록부 및 관리부 안을 제시하였음.

부록 3: 리스크등록부 (Risk Register)

순번	프로젝트명							일시 : 20 년 월 일		
	리스크식별					리스크대응전략		리스크관리자		리스크관리 검토의견
	식별일	리스크명	리스크 설명 및 발생원인	확률	영향	대응전략	대응조치	실무자	책임자	

부록 4 : 리스크관리부 (Risk Management Plan)

프로젝트명 : 작성일 :

리스크명 : 작성자:

1. 리스크내용 :
2. 리스크발생원인 :
3. 리스크대응방안 :
4. 리스크대응일정 :
5. 리스크대응조직 및 역할 :
6. 소요자금
7. 리스크관리결과
8. 리스크발생시 대응방안:

4) 리스크관리 활동 결과

가) 리스크 관리활동을 위한 각 핵심과제 담당자 초청 설명회 개최

리스크관리 설명회 발표내용 요약

□ 리스크관리 설명회 일정

○ 일시 : 2010년 10월 27일 14시~16시
○ 장소 : 한국기계연구원 세미나실

○ 주관 : 1핵심

□ 발표내용 요약

○ 도시형자기부상철도의 리스크관리는 각 핵심에서 Sub. System 별로 - 차량(2핵심), 궤도/전기/신호/통신(3핵심) - 수행

○ 당해연도 리스크관리 일정

①각 핵심은 각 Sub. System의 리스크관리 책임자 및 실무담당자를 정하여 2010년 11월 10일한 1핵심에 통보

②각 핵심은 2010년 11월 30일한 리스크등록부 작성결과를 1핵심에 보고

③각 핵심은 12월 31일한 리스크관리부 작성결과를 1핵심에 보고

④각 핵심은 2011년 2월말, 4월말, 6월말 리스크관리 결과를 1핵심에 보고

나) 3 핵심 (시설 및 열차 제어 시스템 분야) 리스크 등록부 및 리스크 관리부 작성

- 시설분야 리스크 등록부 및 관리부

▣ 리스크관리부 작성

가. 리스크관리부(Risk Management Plan)

프로젝트명 : 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설공사 작성일 : 2010년 12월 08일

리 스 크 명 : 장비전도 발생 작성자 : 김민석과장

1. 리스크 내용 :

본 과업구간의 가도조성구간 연약지반 분포로 인한 지반이 연약하여 크레인 셋팅 및 운행시 지반침하로 인한 전도발생이 상존하고 있는 상태임.

2. 리스크 발생원인 :

가도조성구간 연약지반 분포로 인해 장비(크레인) 셋팅, 운행 및 불규칙한 지반으로 인해 전도가 발생할 수 있음.

3. 리스크 대응방안 :

최적의 치환깊이를 산정하여 PP Mat 포설후 양질토 치환 및 철저한 다짐계획 수립

- 2 -

▣ 리스크등록부 작성

순 번	프로젝트명	도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설공사						2010년 12월 08일	
	리스크식별					리스크대응전략		리스크관리자		리스크관리 검토의견
	식별일	리스크명	리스크 내용 및 발생원인	확률	영향	대응전략	대응조치	실무자	책임자	
1	2010.12.08	장비 전도발생	리스크 내용 : 가도 연약지반부 크레인 셋팅 및 운행시 지반침하로 인한 전도발생 가능성 상존 발생원인 : 연약지반 분포 및 다짐 불량	보통	높음	완화	최적의 치환깊이 산정 후 PP Mat 포설후 양질토 치환 및 철저한 다짐을 수행해야 함.	GS건설/ 박철원	GS건설/ 김민석	사전에 리스크관리를 철저히 수행하여 리스크가 발생하지 않도록 하겠음.
2	2010.12.08	곡선부 거더 전도발생	리스크 내용 : 곡선부 거더 가설시 무게 중심점 편기로 인한 전도발생 가능성 상존 발생원인 : 무게중심점 편기로 인한 전도발생	보통	높음	완화	곡선부 거더 가설시 주의깊게 수행하여야 하며, 전도 방지를 위해 무게중심점을 잘 파악하여 편기 되지 않도록 할 것임.	GS건설/ 박철원	GS건설/ 김민석	사전에 리스크관리를 철저히 수행하여 리스크가 발생하지 않도록 하겠음.

나. 리스크관리부(Risk Management Plan)

프로젝트명 : 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설공사 작성일 : 2010년 12월 08일

리 스 크 명 : **곡선부 거더 전도발생** 작성자 : 김민석과장

1. 리스크 내용 :

곡선부 거더 가설시 무게 중심점 편기로 인한 전도발생 가능성 상존하고 있음.

2. 리스크 발생원인 :

곡선부 거더의 경우 무게 중심점 편기로 인해 가설시 전도발생이 생길 수 있음.

3. 리스크 대응방안 :

곡선부 거더 가설시 주의 깊게 수행하여야 하며, 전도 방지를 위해 무게중심점을 잘 파악하여 편기 되지 않도록 할 것임.

4. 리스크 대응일정 :

크레인 장비 셋팅 및 운행시 전도위험 소지가 있을 경우 즉각 작업을 중단한 후 원인파악과 동시에 지반보강을 수행하도록 하겠음.

5. 리스크 대응조직 및 역할 :

가도조성 치환은 공사팀에서 담당하며, 적절한 치환깊이로 다짐이 양호하게 되는지를 철저하게 관리 감독하겠음.

6. 소요자금 :

공사비에 기반영됨.

7. 리스크 관리결과 :

가도 조성구간을 철저히 관리하여 장비 셋팅 및 운행시 문제가 없도록 하겠음.

8. 리스크발생시 대응방안 :

상부공 가설을 위한 크레인 장비의 안전한 운행이 무엇보다 중요하므로 문제가 발생하지 않도록 사전에 치환 및 다짐관리를 철저히 하겠음.

4. 리스크 대응일정 :

곡선부 거더의 무게중심점이 편기 되지 않도록 시공속도를 조절해야 함.

5. 리스크 대응조직 및 역할 :

곡선부 거더 가설은 공사팀(상부공포함)에서 담당하며, 최적의 가설이 될 수 있도록 관리감독을 철저히 해야함.

6. 소요자금 : /

공사비에 기반영됨.

7. 리스크 관리결과 :

최적의 가설이 될 수 있도록 하겠음.

8. 리스크발생시 대응방안 :

가설 작업시 무게 중심점 편기로 인해 전도가 발생하면 대형사고를 초래할 수 있으므로 사전에 관리감독을 철저히 해야 할 것임.

- 열차제어시스템 분야 리스크 등록부 및 관리부

리스크 등록부 (Risk Register)

순번	프로젝트명	도시형자기부상열차 시범노선건설 열차제어시스템 구매설치 일시 : 2010 년 12월 08일							
	리스크식별					리스크대응전략		리스크관리자		리스크관리검토의견
	식별일	리스크명	리스크 설명 및 발생원인	확률	영향	대응전략	대응조치	실무자	책임자	
1	2010.12.08	운전모드 고장	리스크설명 : 운전모드를 설정할 수 없거나 주행 중 운전모드가 해제됨 발생원인 : 마스콘, 운전모드스위치 등의 운전모드 설정과 관련된 장치 고장	비교적 낮음	비교적 낮음	완화	(1) 다양한 고장에 대한 대비책을 마련해야 한다. (2) 주기적인 유지보수를 통해서 고장발생을 최소화 하여야 한다.	대우엔지니어링 조영완 과장	대우엔지니어링 박희준 부장	대응방안 강구중
2	2010.12.08	속도검출 고장	리스크설명 : 속도검출기능 고장으로 열차속도를 검지할 수 없음 발생원인 : 지상 또는 차상속도검출장치의 고장	비교적 낮음	비교적 낮음	완화	(1) 다양한 고장에 대한 대비책을 마련해야 한다. (2) 주기적인 유지보수를 통해서 고장발생을 최소화 하여야 한다.	대우엔지니어링 조영완 과장	대우엔지니어링 박희준 부장	대응방안 강구중
3	2010.12.08	열차검지 고장	리스크설명 : 열차검지기능의 고장으로 열차위치를 검지할 수 없음 발생원인 : 지상 또는 차상 ATP/TD 장치 고장	비교적 낮음	비교적 낮음	완화	(1) 다양한 고장에 대한 대비책을 마련해야 한다. (2) 주기적인 유지보수를 통해서 고장발생을 최소화 하여야 한다.	대우엔지니어링 조영완 과장	대우엔지니어링 박희준 부장	대응방안 강구중
4	2010.12.08	속도제한 고장	리스크설명 : 속도제한정보 송수신 기능의 고장으로 완전자동/자동/수동 모드로 운전할 수 없음	비교적 낮음	비교적 낮음	완화	(1) 다양한 고장에 대한 대비책을 마련해야 한다. (2) 주기적인 유지보수를 통해서 고장발생을 최소화	대우엔지니어링 조영완 과장	대우엔지니어링 박희준 부장	대응방안 강구중

			발생원인 : 지상 또는 차상 ATP/TD 장치 고장				하여야 한다.			
5	2010.12.08	진로제어고장	리스크설명 : 진로제어기능의 고장으로 진로제어를 수행 할 수 없음 발생원인 : 진로제어와 관련된 관제설비, 연동장치 등의 고장	비교적낮음	비교적낮음	완화	(1) 다양한 고장에 대한 대비책을 마련해야 한다. (2) 주기적인 유지보수를 통해서 고장발생을 최소화 하여야 한다.	대우엔지니어링 조영완과장	대우엔지니어링 박희준부장	대응방안 강구중

리스크 관리부 (Risk Management Plan)

프로젝트명 : 도시형자기부상열차 시범노선건설 열차제어시스템 구매설치 작성일 : 2010.12.08

리스크명 : 운전모드고장 작성자: 조 영 완

1. 리스크내용 :

주행 중 열차 운전모드 설정이 해제되거나, 열차운전모드를 설정할 수 없음. 열차운전모드 설정이 불가할 경우 완전자동/자동/수동운전모드로 열차운행불가

2. 리스크발생원인 :

발생할 수 있는 원인은 아래와 같이 다양함. 1. 운전모드스위치 불량 2. 마스콘불량 3. 역전기불량 4. 배선관련 접촉불량 5. 기타

3. 리스크대응방안 :

- 일상/월상 등 주기적으로 장치상태를 점검하여 리스크 발생 최소화.

4. 리스크대응일정 :

- 사고 발생 후 수시간 내에 정상화 하는 것을 목표로 함

5. 리스크대응조직 및 역할 :

- 유지보수 조직이 운행 중 발생하는 문제에 대처하게 한다.

6. 소요자금

- 유지보수 조직이 리스크 관리에 소요되는 비용은 요지보수 조직 년 소요예산에 반영되어야 한다.

7. 리스크관리결과

- 리스크 관리결과 기록

8. 리스크발생시 대응방안:

- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 비상운전모드로 전환하고 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피
- 비상운전모드로 운전하여 차량을 기지로 입고
- 세부원인분석
- 문제발생장비 교환 및 시스템 정상화
- 유지보수용 자재를 충분히 확보하고 있어야 한다.

리스크명 : 속도검출고장 작성자: 조 영 완

1. 리스크내용 :

속도검출기능의 고장으로 열차속도를 검지할 수 없음.

2. 리스크발생원인 :

발생할 수 있는 원인은 아래와 같이 다양함.
1. 차상속도검출장치고장
2. 지상속도검출장치고장

3. 리스크대응방안 :

- 일상/월상 등 주기적으로 장치상태를 점검하여 리스크 발생 최소화.
- 지상 및 차상속도검출장치 이중계 구성으로 리스크 발생최소화.
- 장치별 고장 검출 기능 확보.

4. 리스크대응일정 :

- 사고 발생 후 수시간 내에 정상화 하는 것을 목표로 함

5. 리스크대응조직 및 역할 :

- 유지보수 조직이 운행 중 발생하는 문제에 대처하게 한다.

6. 소요자금

- 유지보수 조직이 리스크 관리에 소요되는 비용은 요지보수 조직 년 소요예산에 반영되어야 한다.

7. 리스크관리결과

- 리스크 관리결과 기록

8. 리스크발생시 대응방안:

1) 발생원인이 차상속도검출장치 고장일 경우,
- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피.
- 견인차량에 의하여 기지로 차량 견인
- 장비 교환 및 시스템 정상화

2) 발생원인이 지상속도검출장치 고장일 경우,
- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피.
- 기계실에 유지보수원 급파하여 장비교환 및 시스템 정상화.

3) 기타
- 유지보수용 자재를 충분히 확보하고 있어야 한다.

리스크명 : 열차검지고장 작성자: 조 영 완

1. 리스크내용 :

열차검지기능의 고장으로 열차위치를 검지할 수 없음.

2. 리스크발생원인 :

발생할 수 있는 원인은 아래와 같이 다양함.
1. 차상ATP/TD장치 고장
2. 지상ATP/TD장치고장

3. 리스크대응방안 :

- 일상/월상 등 주기적으로 장치상태를 점검하여 리스크 발생 최소화.
- 지상 및 차상ATP/TD장치 이중계 구성으로 리스크 발생 최소화
- 장치별 고장 검출 기능 확보.

4. 리스크대응일정 :

- 사고 발생 후 수시간 내에 정상화 하는 것을 목표로 함

5. 리스크대응조직 및 역할 :

- 유지보수 조직이 운행 중 발생하는 문제에 대처하게 한다.

6. 소요자금

- 유지보수 조직이 리스크 관리에 소요되는 비용은 요지보수 조직 년 소요예산에 반영되어야 한다.

7. 리스크관리결과

- 리스크 관리결과 기록

8. 리스크발생시 대응방안:

1) 발생원인이 차상ATP/TD장치 고장일 경우,
- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피.
- 견인차량에 의하여 기지로 차량 견인
- 장비 교환 및 시스템 정상화

2) 발생원인이 지상ATP/TD장치 고장일 경우,
- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피.
- 기계실에 유지보수원 급파하여 장비교환 및 시스템 정상화.

3) 기타
- 유지보수용 자재를 충분히 확보하고 있어야 한다.

리스크명 : 속도제한고장 작성자: 조 영 완

1. 리스크내용 :

속도제한정보 송수신기능의 고장으로 완전자동/자동/수동모드로 운전할 수 없음.

2. 리스크발생원인 :

발생할 수 있는 원인은 아래와 같이 다양함.
1. 차상ATP/TD장치 고장
2. 지상ATP/TD장치고장

3. 리스크대응방안 :

- 일상/월상 등 주기적으로 장치상태를 점검하여 리스크 발생 최소화.
- 지상 및 차상ATP/TD장치 이중계 구성으로 리스크 발생 최소화.
- 장치별 고장 검출 기능 확보.

4. 리스크대응일정 :

- 사고 발생 후 수시간 내에 정상화 하는 것을 목표로 함

5. 리스크대응조직 및 역할 :

- 유지보수 조직이 운행 중 발생하는 문제에 대처하게 한다.

6. 소요자금

- 유지보수 조직이 리스크 관리에 소요되는 비용은 요지보수 조직 년 소요예산에 반영되어야 한다.

7. 리스크관리결과

- 리스크 관리결과 기록

8. 리스크발생시 대응방안:

1) 발생원인이 차상ATP/TD장치 고장일 경우,
- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피.
- 견인차량에 의하여 기지로 차량 견인
- 장비 교환 및 시스템 정상화

2) 발생원인이 지상ATP/TD장치 고장일 경우,
- 열차 정지 지점에서 가장 가까운 정거장에서 유지보수팀을 급파하여 인근 정거장에 안전하고 신속하게 승객대피.
- 기계실에 유지보수원 급파하여 장비교환 및 시스템 정상화.

3) 기타
- 유지보수용 자재를 충분히 확보하고 있어야 한다.

리스크명 : 진로제어고장 작성자: 조 영 완

1. 리스크내용 :

진로제어기능의 고장으로 진로제어를 수행할 수 없음.

2. 리스크발생원인 :

발생할 수 있는 원인은 아래와 같이 다양함.
1. 관제설비 고장
2. 전자연동장치고장
3. 분기기고장
4. ATP/TD장치고장
5. 기타

3. 리스크대응방안 :

- 일상/월상 등 주기적으로 장치상태를 점검하여 리스크 발생 최소화.
- 진로제어와 관련되는 주요장치를 이중화 구성으로 리스크 발생 최소화.
- 장치별 고장 검출 기능 확보.

4. 리스크대응일정 :

- 사고 발생 후 수시간 내에 정상화 하는 것을 목표로 함

5. 리스크대응조직 및 역할 :

- 유지보수 조직이 운행 중 발생하는 문제에 대처하게 한다.

6. 소요자금

- 유지보수 조직이 리스크 관리에 소요되는 비용은 요지보수 조직 년 소요예산에 반영되어야 한다.

7. 리스크관리결과

- 리스크 관리결과 기록

8. 리스크발생시 대응방안:

- 고장이 발생한 장비에 유지보수 요원을 급파하여 장비교환 및 시스템 정상화
- 유지보수용 자재를 충분히 확보하고 있어야 한다.

다) 2 핵심 리스크 항목 식별안 도출

리스크 항목 식별(안)

2011.2.14

1. 제어불안정으로 인하여 고속운행중 열차가 선로위에 떨어짐 또는 전자석이 선로에 흡착됨. 큰 Jerk로 승객이 열차 기물에 충돌사고 발생
2. 열차 운행중 부상계의 일부 고장이 발생함. 그러나 부상계가 고장 났다는 것을 알 뿐 부상계의 전부 또는 일부 , 부상계 어느 차량, 몇 번 대차, 몇 번 코너, 어느 부품(예: gap 또는 가속도 센서, chopper, 부상제어기, 신호선, 전자석)에서 문제가 있는지 즉각적으로 파악이 안됨.

3. 운행중 부상제어기/chopper/Sensor 고장
4. 운행중 dc/dc 고장.
5. 운행중 과도한 궤도수직단차로(3 mm 이상) 인한 부상제어의 불안정 발생
6. 과부하 (너무 많은 탑승인원)으로 인한 부상제어 실패
7. 계속된 과부하 운행으로 인한 전자석 절연파괴
8. 정지부상 또는 운행중 궤도 진동 발생
9. 운행중 vvvf 1대 고장발생
10. 운행중 vvvf 2대 모두 고장발생
11. 겨울철 Reaction plate상 결빙으로 인하여 추진이 불가능하게 됨
12. 추진계 고장시 추진계를 구성하는 부품 중 어디에서(예: 주회로 차단기, IGBT, Gate driver 등) 문제가 발생하였는지 즉각 파악이 안됨.
13. 응답시간 지연 등으로 인한 제동거리내 정차 또는 감속 실패, 인접차량과 충돌
14. 운행중 door system 오동작으로 인하여 승객이 선로에 떨어짐
15. 승하차시 열차 정전기로 인한 승객 감전사고 발생
16. 운행중 부상계 고장발생시 차량의 감속 - 정지 기능이 원활히 작동되지 않아 결국 선로에 충돌사고 발생
17. 열차와 통합관제실간의 신호/통신 두절/오작동 발생
18. 운행중 정전사고 발생
19. 어떤 외부적인 요인에 의하여 전원이 심하게 흔들려 차내 부상/추진에 좋지 않은 영향을 미침

라) TPM 관리 수행

- SEMP내 TPM 관리계획 전면 수정을 통한 TPM 관리계획 도출

기술적 성과 측정 관리(TPM) : SEMP의 5장

기술적 성과 측정 관리 (TPM - Technical Performance Measurement)란 관리가 필요한 중요 기술적 성과들의 목표값과 실제 획득값의 일치성을 과제의 수행 기간 동안 지속적으로 검증하여 원하는 목표 값에 도달하도록 관리하는 작업을 뜻한다. 사업일정표를 고려하여 TPM 항목을 적기에 설정하고, 주기적인 모니터링 및 목표관리 일정을 TPM 항목별로 수립하여야 한다.

5.1 TPM 관리 대상 및 주체

본 사업에서의 대표적인 TPM 항목으로는 제 1 장에서 제시한 과제의 정량적 목표항목 중에서 관리가 필요한 항목을 다음과 같이 선정한다.

<표 4> TPM 항목

항목명	목표치	담당과제
최고설계속도	110Km/h	제2핵심
공차중량	40ton이하	
실내소음	65dB이하	
실외소음	70dB(A)이하(25m, peak)	
부상공극	8mm 이하, 편차 : ±3이하 at 110km/h	
최대등판능력	70‰	
가속성능	4.0km/h/s 이상	
감속성능(상용)	-4.0km/h/s이상	
감속성능(비상)	-4.5 km/h/s 이상	
교량처짐한계	L/1500~L/2000	제3핵심
수직단차	1mm 이하	
수평단차	0.5mm 이하	
내진	리히터 규모 5.5 이상	
분기속도 (2Way)	25초 이내	
분기속도(3Way)	25초 이내	
분기속도 (시저스)	25초 이내	

<표 5>의 TPM 수행주체 및 업무 표에 나타난 바와 같이 각 사업 주체별 주요 업무는 다음과 같다. 먼저 TPM 관리의 주체는 1핵심으로서 TPM 항목선정, TPM 취합 및 모니터링, 프로파일 작성 및 보고/관리 등을 수행한다. 사업단의 주 역할은 선정된 TPM 항목에 대한 조정 및 최종승인, TPM 최종 결과 보고서 승인 등이 있으며, 2, 3핵심은 TPM 항목선정 협력, 자료 취합 및 결과의 1핵심에의 보고 등을 수행한다. 2, 3핵심내 각 세부과제는 TPM 항목에 대한 주기적인 결과 보고를 각 핵심에 보고할 의무가 있다.

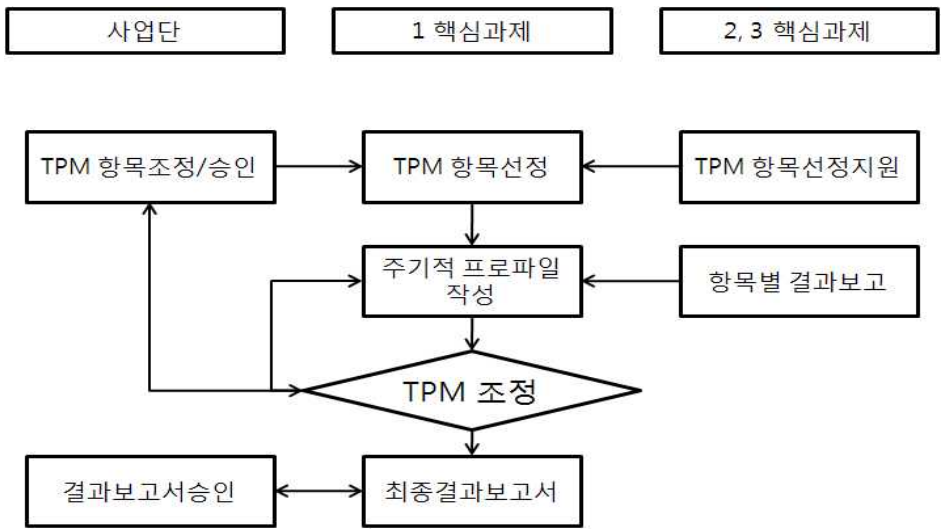
<표 5> TPM 수행주체 및 업무

과 제	업 무
사업단	- TPM 항목 승인 - TPM 최종결과보고서 승인
1핵심	- TPM 항목선정 - TPM 취합 및 모니터링 - 프로파일 작성 및 보고/관리
핵심과제	- TPM 항목선정 협력 - 자료 취합 및 결과 보고
세부과제	- TPM 항목 주기적 보고

5.2 TPM 관리 프로세스

선정된 항목에 대하여 각 세부과제에서는 이의 진행사항을 각 핵심에 보고하고, 핵심과제는 항목을 취합/관리하며 취합 결과를 1핵심에 제공한다. TPM 항목에 대해 1핵심과

제의 TPM 담당자가 주기별로 취합 관리하며, 취합 결과를 모니터링하고, 프로파일을 작성하고 사업단에 보고한다.
부록 2 의 중량 TPM 관리 프로세스는 TPM 관리절차의 대략을 설명하고 있다.



<그림 8> TPM 관리 프로세스

5.3 결과물 및 관리문서

- 자기부상열차 실용화사업 TPM 결과보고서

- TPM worksheet sample 작성

rev.	1.1							
		unit						
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	공차중량							
목표치(Goal)	40	ton						
허용한계치 (Threshold)	목표치이하							
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비 고 및 대책		
예비설계완료 (2007-02-03)	35	34	36	35.2	자료추정	첨부 1 의 시스템 규격서 참조	첨부 1 의 시스템 규격서 참조	첨부 1 의 시스템 규격서 참조
기본설계완료 (2007-11-02)	36	35	37	36.2	해석추정			
생산설계완료 (2008-03-05)	36.5	36	36.5	36.8	해석추정	첨부 2 의 CDR 참조	첨부 2 의 CDR 참조	첨부 2 의 CDR 참조
시제품제작 완료 (2009-05-12)	37.4	37.4	37.4	37.9	실측			
시제품시험 완료 (2009-07-23)	38	38	38	38.3	실측	첨부	첨부	첨부

						3의 시제품 시험 결과서 참조	3의 시제품 시험 결과서 참조	3의 시제품 시험 결과서 참조
제품제작완료 (2009-11-23)	38.8	38.8	38.8	38.9	실측			
시험선시험(시작) (2010-01-23)	39	39	39	40.4	실측			
시험선시험(중간) (2010-05-23)	39	39	39					
시험선시험(완료) (2010-11-23)	39.2	39.2	39.2					
시험노선시운전(시작) (2012-03-23)	39.5	39.5	39.5					
시험노선시운전(중간) (2012-06-23)	39.5	39.5	39.5					
시험노선시운전(완료) (2013-12-23)	39.8	39.8	39.8					
date	2010-11-23							
작성자 정보	성명	소속	e-mail	전화번호	휴대번호			
	홍길동	한국기계연구원 (1-0)		042-868-1111	016-235-1111			

- 3 핵심 분야 TPM worksheet 확보

교량처짐 한계

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	교량처짐 한계					
목표치(Goal)	L/1500 ~ L/2000	mm	Lmax = 35m	처짐한계 = 17.5		
허용한계치 (Threshold)	목표치이하	mm	Lmin= 25m	처짐한계 = 12.5		
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	23.3 ~ 12.5	규정없음	규정없음	23.3 ~ 12.5	구조해석	교량연장에 따라 다름
원안설계완료 (2009-09-10)	23.3 ~ 12.5	규정없음	규정없음	23.3 ~ 12.5	구조해석	
대안설계완료(2010-02-11)	6.063~13.638	규정없음	규정없음	6.063~13.638	구조해석	첨부1
준공(2012-08-11)	6.063~13.638	규정없음	규정없음		구조해석	첨부1
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진	cyj@kr.or.kr	042-607-4048	010-9272-5760	

수직단차

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	수직단차					
목표치(Goal)	1	mm				
허용한계치 (Threshold)	목표치이하	mm				

lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	1	-1	1	1	N/A	설계기준
원안설계완료 (2009-09-10)	1	-1	1	1	N/A	설계기준
대안설계완료(2010-02-11)	1	-1	1	1	N/A	첨부2
준공(2012-08-11)	1	-1	1		실측	
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

수평단차

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	수평단차					
목표치(Goal)	0.5	mm				
허용한계치 (Threshold)	목표치이하	mm				
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	0.5	-0.5	0.5	0.5	N/A	설계기준
원안설계완료 (2009-09-10)	0.5	-0.5	0.5	0.5	N/A	설계기준
대안설계완료(2010-02-11)	0.5	-0.5	0.5	0.5	N/A	첨부2
준공(2012-08-11)	0.5	-0.5	0.5		실측	
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

내진

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	내진					
목표치(Goal)	리히터규모 5.5이상	N/A				
허용한계치 (Threshold)	목표치이하	N/A				
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	5.5	-0.5	0.5	5.5	N/A	설계기준
원안설계완료 (2009-09-10)	5.5	-0.5	0.5	5.5	N/A	설계기

						준
대안설계완료(2010-02-11)	5.5	-0.5	0.5	5.8	N/A	첨부 3
준공(2012-08-11)	5.5	-0.5	0.5		N/A	설계기준
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

분기기속도(2way)

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	분기기속도(2Way)					
목표치(Goal)	25초	초				
허용한계치 (Threshold)	이내	초				
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
원안설계완료 (2009-09-10)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
대안설계완료(2010-02-11)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
설계완료(2010-06-15)	20	규정없음	규정없음	20	설계시 동작-시간선도	첨부4 참조
공장 내 시험(2011-02)	20	규정없음	규정없음		실측	
준공(2012-08-11)	20	규정없음	규정없음		실측	
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

분기기속도(3way)

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	분기기속도(3Way): 중앙에서좌우로이동시					
목표치(Goal)	25초	초				
허용한계치 (Threshold)	이내	초				
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비 고 및 대 책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
원안설계완료 (2009-09-10)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
대안설계완료(2010-02-11)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
시험선 시험(2010-04-30)	22	규정없음	규정없음	20	실측	
설계완료(2010-06-15)	20	규정없음	규정없	20	설계시	첨부4

			음		동작-시간선도	참조
공장 내 시험(2011-02)	20	규정없음	규정없음		실측	
준공(2012-08-11)	20	규정없음	규정없음		실측	
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

분기기속도(섬식 시저스)

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	섬식정거장용 시저스분기기속도(선로간격 12m)					
목표치(Goal)	25초	초				
허용한계치 (Threshold)	이내	초				
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비 고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
원안설계완료 (2009-09-10)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
대안설계완료(2010-02-11)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
설계완료(2010-06-15)	20	규정없음	규정없음	20	설계시 동작-시간선도	첨부4 참조
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

분기기속도(상대식 시저스)

rev.	1.1					
		unit				
성능파라미터 명 (name of Performance Parameter)	상대식정거장용 시저스분기기속도(선로간격 6m) : 턴테이블이 2방향 거더의 이동방향에 설정시					
목표치(Goal)	25초	초				
허용한계치 (Threshold)	이내	초				
lifecycle of system (date)	현 계획치 (Planned Value)	허용오차범위 (-)	허용오차범위 (+)	현 달성치 (achievement to date)	측정방법	비 고 및 대책
도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
원안설계완료 (2009-09-10)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	
대안설계완료(2010-02-11)	25	규정없음	규정없음	25	설계기준	

설계완료(2010-06-15)	20	규정없음	규정없음	20	설계시동작-시간선도	첨부4 참조
준공(2012-08-11)	20	규정없음	규정없음		실측	
date	2010-12-15					
작성자 정보	소속	성명	e-mail	전화번호	휴대번호	
	한국철도시설공단 신교통사업처	최용진		042-607-4048	010-9272-5760	

5) 결론 및 향후 계획

- 리스크관리활동은 시스템개발의 초기단계인 계획/설계단계에서부터 체계적인 관리활동이 요구되는 분야이나, 본 사업에서는 사업의 중간단계에서 시작되어 적절한 시작시점을 실기한 경향이 있고,
- 공정 및 비용 리스크를 제외한 기술적 리스크관리에 국한하면 1-2세부과제 수행내용인 RAMS 분야 중 Hazard Analysis 등을 포함하는 Safety 분야와 많은 부분에서 중복성이 있는 점을 고려하여,
- 3단계에서는 리스크관리의 방향을 기술성과측정관리(TPM관리)에 집중하여 수행하는 것을 제안함

(마) 기타 사항(추가 수행 업무)

1) SEMP 개정 및 사업단 승인

가) 추진경과

일 시	내 용
2009.12.04	1-2세부과제, 1-4세부과제, 3핵심과제검토의견을 반영한 개정안(Rev.1.3.00) 작성
2009.12.07	SEMP(Rev.1.3.00) 사업단 승인요청
2009.12.21	사업단 2차 검토의견 수신
2010.03.04	전문가 초청 세미나 실시 - 일 시 : 2010년 3월4일(목) 14:00 ~ - 장 소 : 한국기계연구원 2층 세미나실 - 강 사 : 미국 GA(General Atomics)사 김인근 박사 - 주 제 : 도시형자기부상열차 System Safety and Commissioning

2010.03.11	사업단 2차 검토의견을 반영한 개정안(Rev.1.4.00) 사업단 승인요청
2010.04.22	사업단 승인(사업단 검토의견 보완 조건부 승인)
2010.04.22	SEMP 전문가 자문회의 실시
2010.04.22 ~	SEMP 자문회의 및 사업단 3차 검토의견을 반영한 개정안 작성 중 내부 검토 후 개정안(Rev.1.5.00) 사업단 승인 요청 예정
2010.11.01	Rev. 1.5.00 사업단 승인 요청
2010.11.10	사업단 승인

나) 개정내용(Rev. 1.4.00에서 Rev. 1.5.00 으로의 개정내용)

- 수정된 사업년도를 고려한 과제 통합 추진일정표 수정
- 2010년 10월 7일 일자로 사업단의 승인을 득한 <리스크관리계획서>의 내용을 준용하여 리스크 관리주체, 관리대상, 관리시점 등의 프로세스를 명확히 함.
- TPM 관리계획에 대한 수행 프로세스 등을 보다 명확히 한 TPM 관리(제 5 장) 전면 수정

다) 결론 및 향후 계획

- 전년도에 이어 SEMP 일부내용 (리스크 관리부문과 TPM 관리부문)의 수정을 통하여 보다 구체적인 리스크 관리와 TPM 관리의 체계를 마련하였음.
- SEMP에 기초하여 지속적으로 체계적인 사업관리를 수행하여야 하며 특히, 사업의 마지막 단계인 3단계에서는 시범노선 종합시운전과 관련된 각종 SE 활동을 강화하여야 함.
- 시범노선 종합시운전과 관련된 SE 활동으로는 각종 시험성능 결과의 시스템 설계규격의 합치여부, TPM 활동의 준수, RAMS 의 계획대비 결과확인, 리스크 경감 및 소멸 방안, 각종 성능지표 만족여부 등이 있음.

2) 시범노선운영시나리오 개정 및 사업단 승인

가) 개요 및 목적

- 4차년도에 운영기관 검토의견 및 2, 3핵심의 검토의견을 반영한 운

영시나리오 개정안(Rev.0.4.00)을 사업단에 승인 요청하였으며, 5차년도에 사업단 승인을 득함

나) 추진 경과

일 시	내 용
'09.8.10	-3핵심 검토결과 수신
'09.9.7	-수정본에 대한 2핵심의 검토의견 재요청
'09.9.10	-2, 3핵심의 2차 검토의견을 반영한 개정(Rev.0.2.00)
'09.9.11	-도시형자기부상열차실용화사업단 승인 요청
'09.11.17	-승인 요청에 대한 사업단 회신(선정기관 검토의견 반영 요청)
'09.11.24	-운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 2, 3핵심 의견 조회
'09.12.7	-운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 3핵심 의견 회신
'09.12.22	-운영기관의 시범노선 운영시나리오 검토의견에 대한 검토 회의
'10.1.25	-'09.12.22일 회의 결과를 반영한 개정(Rev.0.3.00)
'10.1.25	-운영시나리오(안) 승인 요청
'10.2.17	-운영기관 검토 의견 수신
'10.2.23	-시범노선 운영시나리오(안)의 운영기관 검토의견에 대한 조치계획 작성 요청
'10.3.19	-시범노선 운영시나리오(안)의 운영기관 검토의견에 대한 조치계획 및 운영분야 요구사항에 대한 3핵심 회신
'10.4.5	-운영기관 검토의견 및 운영분야 요구사항을 반영(Rev.0.4.00)
'10.4.5	-운영시나리오(안) 승인 요청
'10.6.25	--도시형자기부상열차실용화사업단 승인

다) 결론 및 특기 사항

- 시범노선 운영시나리오는 운영기관 검토의견 및 2, 3핵심의 검토의견을 반영(rev. 0.4.00)하여 사업단 승인을 득함
- 시범노선 운영시나리오는 2, 3핵심의 설계에 그 내용이 반영되며, 향후 운영기관에서 상세 운영 계획 수립에 적용될 사항임

3) 통합공정표 작성/배포

가) 개요 및 목적

- 시범노선건설 공정표는 3핵심에서 작성/관리
- 차량개발 공정표는 2핵심에서 작성/관리
- 종합시운전 공정표는 종합시운전 마스터플랜의 일환으로 1핵심에서 작성

- 또한 1핵심은 상기 시범노선건설 공정표, 차량개발 공정표 및 종합시운전 공정표를 병합한 통합공정표를 작성, 배포 및 관리

나) 추진 경과

일 시	내 용
'10.09.09	통합공정표(안) 작성
'10.09.10	사업단, 2핵심과제, 3핵심과제 및 1-3과제에 검토 의견 조회
'10.09.30	2핵심과제 검토의견 접수
'10.10.01	3핵심과제 검토의견 접수
'10.10.04	2핵심과제 질의 사항에 대해 3핵심에 검토의견 조회
'10.10.14	2핵심과제 질의 사항에 대해 3핵심에 검토의견 접수
'10.10.14	2핵심과제 질의 사항에 대한 3핵심과제 의견 조회결과 회신
~'10.10.24	통합공정표(안) 보완 및 쟁점사항 정리
'10.10.25	통합공정표(안) 및 쟁점사항 사업단 송부 및 확정 요청
'10.11.24	사업단장-핵심과제 책임자 회의에서 통합공정표(안) 확정
'10.12.08	확정된 통합공정표를 2, 3핵심과제 및 1핵심세부과제에 배포

다) 쟁점사항 및 조정결과

① 쟁점사항에 대한 각 과제 의견

구분	2핵심 의견	3핵심 의견	1핵심 의견
가	잔여편성(6량 3개편성) 차량제작은 '11년 말에 완료될 예정이나 , 시범노선 차량기지 건설 및 전력 투입은 '12년 8월경에야 가능한 일정으로 구성되어 있어 8개월의 gap이 있음. 이와 관련, 토목/궤도 건설공사 공정 단축일정 및 대책방안은?	-자기부상철도 시범노선은 절대공기 24개월('12.2월 주요구조물 완료)을 목표로 공사를 시행하고 있어 더 이상의 공정단축은 불가능함. (신교통사업처-528, 2010.10.01호 참조)	차량 튜닝 등에 필요한 차량기지 일부구간을 우선 시공하는 등의 방안에 대해 3핵심과 별도 협의 필요. 차량 제작 일정 조정 필요.
나	잔여편성 제작 후 시범노선에 차량을 이송/설치(셋팅)/튜닝하기 위해서는 소요 시설물/장비가 사전에 준비되어 있어야 함 (세부내역은 2핵심 공문의 첨부 참조)	-차량셋팅 및 튜닝을 위한 사전준비 요구사항은 검수설비 업무를 원활히 추진하기 위하여 2핵심과 인터페이스 협의가 필요함.(차량부속품에 대한	소요 시설물 장비의 사전준비 요구사항은 2, 3핵심이 상호 협의 진행 필요함.

	이미 시범노선 차량시험기간 분석 시 제시되었던 첨부 준비 요구사항에 대해서 확인/검토를 요청	규격서, 안전진단장치, 각종 시험기를 제작할 수 있는 기술사양 등 협의) -참고로, 상기 가항과 연계하여 주요 구조물 및 장비 등은 '12.2월말이며, 전기분야(전력, 신호, 통신 등)는 '12.8월 완료예정임.	

② 조정결과('10.11.24 사업단장-핵심과제 책임자회의)

- 차량 3편성 제작을 2012년 4월까지 완료하여, 2012년 5월부터 차량기지 시험선에서 차량조립 및 조정작업이 수행될 수 있도록 2, 3핵심은 상호 협조
- 1핵심에서 작성한 시범노선 통합공정표는 각 핵심별로 확인이 된 사항이므로 시범노선 통합공정표로 확정

라) 결론 및 향후 계획

- 확정된 통합공정표는 사업단, 2핵심과제, 3핵심과제 및 1핵심 하위과제에 배포되어 반영되고 있음
- 향후 시범노선건설 공정, 차량개발공정 또는 종합시운전 공정표의 변경이 있을 경우 이를 반영하여 통합공정표를 보완/관리 예정

4) 시범노선건설 종합시운전 마스터 플랜 개발

가) 개요

- 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 차량, 토목, 궤도, 건축, 차량기지, 전력, 신호, 통신분야의 공사완료 시점에서부터 개통까지의 체계적이고 효율적인 업무절차(공종·공정별 추진사항에 대한 개념정리와 시험관계 조직별 세부추진업무를 명시, 상호 긴밀한 업무협조 체계)를 구축/관리함으로서 시범노선이 영구적인 시설로

서 신뢰성 있고 안전하게 운영될 수 있는 기본 요건을 마련

- 종합시운전 업무를 각각의 관리 가능한 단위작업으로 세분화하여 단위작업간 연계관계와 목표일정을 수립하고 공정계획에 따른 시운전 수행실적을 분석하여 정확한 시운전 공정현황 파악과 대책수립을 위한 기본 자료 제공

나) 추진 경과

일 시	내 용
~'10.07.14	초안 작성(Rev.0.1.00)
'10.07.22	사업단 및 1-3과제와 1차 검토 회의 실시
'10.07.22	1차 검토회의 내용 반영(Rev.0.2.00)
'10.07.28	사업단 및 1-3과제와 2차 검토 회의 실시
'10.07.29	2차 검토회의 내용 반영(Rev.0.3.00)
'10.12.01	사업단, 2핵심과제, 3핵심과제 및 1-3과제와 3차 검토회의 실시
~'10.12.06	3차 검토회의 결과로 제시된 3핵심과제 검토의견 반영(Rev.0.4.00)
'11.01.19	사업단 경유 운영기관 검토의견 접수
~'11.01.25	사업단 및 운영기관 검토의견 반영(Rev.0.5.00)
'11.02.17	사업단, 2핵심과제, 3핵심과제 및 1-3과제와 4차 검토회의 실시
~'11.04.08	철도종합시험운행 시행지침에 따른 3핵심 의견 및 '11.4.6일 실시한 검토회의 결과 반영(Rev.0.6.00)
'11.04.08	사업단 승인 요청

다) 결론 및 특기 사항

- 사업단 승인 후 관련과제에 배포하여 종합시운전계획 등 수립에 반영 예정

5) 현안 검토/보고

가) 시험선시험 안전관리 현황보고

① 개요

- 1-3과제의 시험선시험에 따른 안전관리에 대한 사업단의 현황보고 요청에 따라 보고함

② 보고 내용('10.06.28 보고)

□ 시험선시험 안전관리계획 수립

○ 경과 사항
- 시험선시험 안전관리계획(안) 작성 (~'10.3.26) : 1핵심의 시험선시험총괄 임무 수행의 일환으로 기계연 시험선시험 안전관리계획(안) 작성
- 관련기관 검토 요청 (M1000-SE+SI-145, '10.3.29)
- 도시형자기부상열차실용화사업단 검토의견 접수 (도시형자기부상열차실용화사업단-465 , '10.4.13)
- 시험선시험 안전관리계획(안) 개정('10.5.30) : 상기 도시형자기부상열차실용화사업단 검토의견 반영
- RFP 내용 변경('10.6.16) : '10.6.16일 실시된 운영위원회 의결로 확정된 RFP에는 1핵심의 연구내용 중 "시험선 시험평가총괄"이 삭제됨
- 시험선시험 안전관리계획(안) 개정('10.6.21) : 1핵심의 역할 수정, 비상사태발생시 조치계획 등 추가

○ 향후 계획
- 상기 변경 사항이 반영된 시험선시험 안전관리계획의 도시형자기부상열차실용화사업단 승인을 계획하고 있음.(별도 공문 발송 예정)

□ 시험선시험 안전관리 현황

○ 현재까지의 현황
- 일일안전점검표에 따른 안전관리 항목 점검 : 현재까지 미실시됨. 안전관리계획 승인후 실시 예정
- 변전소와 전기실, 또는 차량유지보수설비동 등 전기설비가 설치된 곳에서는 관계자 외의 사람의 출입을 제한하기 위한 장치를 설치함

- 차량시험시작 전 분기기 시험분야 책임자(정:이종민, 부:임세빈)와 사전 협의/확인을 실시함
- 정비고, 격납고 및 비상사다리(2개소)에 "고압위험"의 안전경고 표시판을 설치하고 비상사다리는 출입을 제한할 수 있도록 시건장치함

- 일반인의 잦은 방문이 예상되는 탑승장에는 DC1500V 급전과 연계하여 보호장치를 설치함

- 시험선시험운행전 시험운행 안전수칙(시험선시험 안전관리계획서 표 2 참조)을 항시 숙지, 준수함
- 전차선 전원투입 절차(시험선시험 안전관리계획서 그림 9 참조)를 준수함
- 차량시험중 분기기 성능시험 규정(시험선시험 안전관리계획서 4.1.(9) 참조)을 준수함
- 고가궤도에서의 작업 안전관리 규정(시험선시험 안전관리계획서 4.1.(10) 참조)을 준수함
- 기계연 내 업무 체계에 따라 시험선에서 전차선이 가압되는 시험기간을 기계연 내에 공지함(구내 방송 및 인트라넷 게시판에 공지)

○ 향후 계획

- “시험선시험 안전관리계획” 승인 후, 이에 따라 각 분야가 안전관리활동을 수행해야 함

□ 시험선 시험중 비상사태 발생시 조치계획

○ “시험선시험 안전관리계획(안)”의 4.4절 “비상사태 발생시 조치계획” 보완함

③ 결론 및 향후 계획

- 시험선 시험 안전관리계획은 ’10.6.16일 실시된 운영위원회 의결로 확정된 RFP(1핵심의 연구내용 중 “시험선 시험평가총괄”이 삭제됨)에 따라 안전관리계획 수립을 1-3과제에 이관하여 ‘10.07.07일 사업

단 승인을 득하고

- 이에 따라 시험선 시험 안전관리에 만전을 기하고 있음(1-3 과제 주관으로 적합하게 안전관리 중임)

나) 전기분야 CDR 결과 검토

- 본 보고서 제3장 제8절 3-2 품질관리의 3)항 참조

다) 인천공항 운영계획(안) 검토

① 개요

- 인천국제공항공사의 운영계획이 사업단을 경유하여 검토 요청되어 이를 검토하여 의견을 사업단으로 회신함

② 검토 내용('10.09.13 검토)

□ 구간운행 계획

○ 구간별 승객 수요를 고려하여 1구간 및 2구간으로 구분 운행하는 방안은 적절하다고 판단됨.
○ 3핵심의 "신호 및 열차제어시스템"에 해당 내용의 반영이 필요함.

□ 당초 계획(제안서)의 소요 편성수 검토

○ 적용공식 : 운행편성수 = 왕복운행시간/배차시간X112%로 12%의 예비율을 적용하여, 22.9/7.2X1.12=3.56으로 4편성을 계획하였으나,
○ 첨두시간에 실질적으로 운행에 투입되는 편성수는 22.9(왕복운행시간)/7.2(배차시간)=3.18(4편성)이므로, 4편성 계획으로는 예비 편성이 전혀없는 시간대가 있을 수 있음.

□ 변경(안)의 소요 편성수 검토

○ 1구간 운행편성수(12/12X1.12=1.12)+2구간 운행편성수(20/20X1.12=1.12)는 2.24로 예비율 12%적용시 3편성이 소요되는 것으로 계산됨
○ 그러나, 다음과 같은 예방정비 계획(검수계획)을 고려하면,

구분	검수주기	작업시간	비고
일상검사	3일	1시간	
월상검사	3개월	4시간	
중간검사	3년	80시간	
전반검시	6년	112시간	

일상검사, 월상검사 등을 비 영업 시간대에 시행하거나, 그렇지 않을 경우는 예비편성이

전무한 시간대가 발생 가능한 것으로 판단되며, 또한 중간검사가 시행되는 시점 이후에는 예비 편성이 전무한 상태가 지속 될 수 있으므로 3편성 계획은 부적절하다고 판단됨. □ 국가 기술력 홍보 측면의 검토 ○ 변경(안)의 경우 첨두 시간대의 시간당 운행수가 8편성으로 60/8=7.5분간격으로 운행됨. ○ 인천국제공항을 이용하는 내/외국인들에게 우리기술로 개발된 도시형자기부상철도의 적절한 홍보를 위해서는 최소한 5분 정도의 시격으로 운행할 필요성이 있다고 판단됨.

③ 결론 및 향후 계획

- 검토 의견 회신 후 추가 Action 사항 발생치 않음

라) 서브시스템 조견표 검토

① 개요

- 1-1과제에서 작성하여 검토 요청한 규격서 조견표에 대해 검토함

② 검토 내용('10.09.27 검토)

○ 조견표 내용

번호	제목	규 격 현 안	수정안	비고(근거)
18	5.8.2 차상 ATO 장치	차상 ATO장치는 지상설비로부터 정보를 수신하는 수신기와 열차자동운전 시 필요한 역간 자동열차주행, 정위치 정차, 출입문 자동개폐, 스크린도어 제어, Skip stop, 역에서 자동출발 등의 기능을 수행한다.	차상 ATO장치는 지상설비로부터 정보를 수신하는 수신기와 열차자동운전 시 필요한 역간 자동열차주행, 정위치 정차, 출입문 자동개폐, ~~스크린도어 제어~~, Skip stop, 역에서 자동출발 등의 기능을 수행한다.	**~~담당과제 규격서 수정 요청~~** 스크린도어 제어 기능을 지상 ATO Local 장비로 이동 스크린도어는 신호 및 열차제어시스템에서 제어하지 않으며 PSD 시스템에서 확인 필요 <'10.08.30_전기분야 CDR 검토회의>

○ 검토 의견

- "스크린도어 제어 기능을 지상 ATO Local 장비로 이동 스크린도어는 신호 및 열차제어시스템에서 제어하지 않으며 PSD 시스템에서 확인 필요"를

- “스크린도어 제어 기능을 지상 ATO Local 장비로 이동. 스크린도어는 차상 ATO 장치에서 제어하지 않으며 지상 ATO Local 장비에서 제어(PSD 개폐 정보 제공)함“으로 수정 필요

③ 결론 및 향후 계획

- 1-1과제에서 상기 검토 의견을 기반으로 관련과제에 조회하여 규격서에 반영함

마) 열차제어시스템 공장시험절차서/계획서 검토

① 개요

- 3핵심과제에서 검토 의뢰한 열차제어시스템의 공장시험절차서/계획서를 검토하여 의견을 3핵심과제로 회신함

② 검토 내용(‘~10.11.03 검토)

□ Integration Test

○ 계약자가 해당 제품을 제작하여, 납품, 설치, 준공에 이르기까지 시행하게 되는 시험의 종류와 시험 내용에 대한 정의가 필요함(계약관련기관에서는 본 내용이 계약서 등에 명시되어 있겠지만 기타 기관에서는 본 공장검사계획서/절차서 만을 보고 검토 등을 시행하게 되므로 간략하게 계획서 내에 기술할 필요 있음)

○ 본 공장 검사 이후에 적정 판정을 받은 경우 현장 인도로 진행되는 지? 아니면, 본 검사 이후 현장 인도 전에 단품 단위로 검사한 열차제어시스템 전체에 대한 시스템 조합 시험(Integration Test)이 시행 되는 지? 불명확하나, 주자재의 현장 인도 전에 열차제어시스템 레벨의 Integration Test는 필요하리라 판단됨

□ Data sheet

○ 검사 결과를 기록하는 양식은 별도로 제공될 것으로 판단되나 가급적 기록을 위한 양식도 본 절차서와 같이 검토될 필요 있음

○ 기록 양식에는 허용 오차 범위를 포함한 “판정기준”이 각 시험 항목 별로 제시될 필요 있음

□ 타 문서의 수치 참조

○ 타 문서의 수치 등을 참조 할 경우는 해당 수치를 포함하여 기재 필요(예를 들면 전자연동장치 절차서 번호 18에는 “전원을 제작사양서에 명기된 변동범위 +/-10%로 변동 시켜~~”로 기재되어 있으므로 이에 제작사양서에 명기된 수치를 본 절차서 내에 기재할 필요 있음)

□ 오류 수정

○ 절차서의 내용을 타 문서에서 복사한 경우 색인 번호 등의 적정 수정이 필요함(예를 들면, 전자연동장치절차서 번호 75의 1/2에는 해당시험항목에 “~~진로해정은 6.6.5 13)항 구분진로~~”등으로 표기 되어 있음)

□ 연동검사표 등

○ 전자연동장치절차서 번호 124에는 “승인된 연동도표에 의해 작성된 연동검사표에 의해 연동검사를 한다”로 기재하고 있음. 이경우 승인된 연동도표 및 연동검사표를 부록 등으로 첨부하여 시험전에 사전 검토할 필요 있음

③ 결론 및 향후 계획

- 상기 검토의견은 3핵심에 회신되어 3핵심 연구에 반영되었으며,
- 1핵심과제는 ‘10.12.20~23일 대우엔지니어링 공장에서 실시된 신호 및 열차제어시스템 공장검사에 참가하여 이를 확인 함

바) 성능시험기준(안) 및 운전규칙(안) 검토

- 본 보고서 제3장 제8절 3-2 품질관리의 5)항 및 6)항 참조

사) CDR 결과보고서 검토

- 본 보고서 제3장 제8절 3-2 품질관리의 7)항 참조

사) LCC 수행범위에 대한 검토

- 본 보고서 제3장 제8절 3-2 품질관리의 8)항 참조

아) 무인운전 용어통일 검토

① 개요

- 1-1과제 주관으로 수행 중인 규격관련 회의 시에 제기된 인터페이스 현안 중 1핵심과제의 검토가 필요한 사항에 대해 검토하여 해결 방안 모색

② 현안 내용

제목	**열차운전모드 용어통일**
규격	4.4.3.3 열차 운전모드 1) 무인운전모드 - **무인운전모드**는 지상 및 차상 신호시스템에 의하여 승무원의 어떠한 개입 없이 출발, 가속, 감속, 타행, 제동, 승강장 정위치 정차 등 완전자동운전 상태로 운전되어야 한다.
안건	○ RFP/운영시나리오는 “무인자동운전모드”로 제시되었으나, 3핵심 설계결과는 “완전자동운전모드”로 표기되어 있음 -“완전자동운전모드” 용어를 사용하게 될 경우 규격의 만족여부는? <참조자료> • RFP 운전방식 : ATO 무인자동운전방식 • 운영시나리오 1.5 열차 운행 열차의 운행은 기본적으로 무인운전모드(필요에 따라 자동운전모드, 수동운전모드 선택 가능)로 운전 된다. 열차 영업운행은 정상적인 주중, 공휴일, 일요일 등의 열차 다이아에 따라 유지된다. 1.7 운영 조직 **안전요원** : 시범노선의 열차 운행은 무인운전을 기본으로 설계/건설/운영되지만 운영의 효율성, 승객의 불안 해소, 비상시 긴급 상황 대처 등의 목적으로 열차에 탑승하여 비상시 열차의 응급조치 및 필요시 유인운전을 수행하는 직원을 통칭한다.
검토의견	-도시형자기부상열차의 운전방식은 Driverless의 무인운전 개념을 따름, 단 비상상황을 대비한 안전요원은 탑승해야 함 _ 3핵심 -도시형자기부상열차사업은 무인운전 개발 과제이므로 안전요원의 동승이 없이도 운행이 가능해야하는 것이 기본개념임 _공항공사
조치사항	- 1-0(운영시나리오), 1-4(운전규칙) 과제의 검토/조정을 통해 운전방식 용어 통일 후 추가검토

③ 검토 내용

가. 실용화사업 RFP 기재 내용 도시형자기부상열차실용화사업 RFP에는 다음과 같은 내용이 명기되어 있음

최종목표 : 기술보완을 통한 110km/h급 **무인운전** 자기부상시스템 개발

시스템 목표사양 : 운전방식 : ATO **무인자동운전**

나. 시범노선 운영시나리오 기재 내용

시범노선 운영시나리오에는 다음과 같은 내용이 명기되어 있음

열차의 운행은 기본적으로 **무인운전모드**(필요에 따라 자동운전모드, 수동운전모드 선택 가능)로 운전 된다.

무인운전 : ATP의 방호 하에서 ATO 시스템이 자동으로 출발에서 정지까지 승객 서비스에 필요한 제반 기능을 수행하며 열차 내에는 운전을 위한 인원 배치의 필요성이 없는 Driverless operation.

다. 1-1과제 개발 신호 및 열차제어시스템 규격 내용 및 1-4과제 개발 표준규격 내용

"무인운전모드"로 정의

라. 시범노선 신호 및 열차제어시스템 설계반영 내용

"완전자동운전모드"로 정의

마. 도시철도 운전규칙 관련 내용 내용

도시철도운전규칙[시행 2010. 8. 9] [국토해양부령 제272호, 2010. 8. 9, 일부개정]에는 무인운전 관련 다음 사항이 포함되어 있음

제3조(정의) 이 규칙에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

11. "**무인운전**"이란 사람이 열차 안에서 직접 운전하지 아니하고 관제실에서의 원격조종에 따라 열차가 자동으로 운행되는 방식을 말한다.

제32조의2(**무인운전** 시의 안전 확보 등) 도시철도운영자가 열차를 무인운전으로 운행하려는 경우에는 다음 각 호의 사항을 준수하여야 한다.

1. 관제실에서 열차의 운행상태를 실시간으로 감시 및 조치할 수 있을 것

2. 열차 내의 간이운전대에는 승객이 임의로 다룰 수 없도록 잠금장치가 설치되어 있을 것

3. 간이운전대의 개방이나 운전 모드(mode)의 변경은 관제실의 사전 승인을 받을 것

4. 운전 모드를 변경하여 수동운전을 하려는 경우에는 관제실과의 통신에 이상이 없음을 먼저 확인할 것

5. 승차·하차 시 승객의 안전 감시나 시스템 고장 등 긴급상황에 대한 신속한 대처를 위하여 필요한 경우에는 열차와 정거장 등에 안전요원을 배치하거나 안전요원이 순회하도록 할 것

6. 무인운전이 적용되는 구간과 무인운전이 적용되지 아니하는 구간의 경계 구역에서

의 운전 모드 전환을 안전하게 하기 위한 규정을 마련해 놓을 것

7. 열차 운행 중 다음 각 목의 긴급상황이 발생하는 경우 승객의 안전을 확보하기 위한 조치 규정을 마련해 놓을 것

가. 열차에 고장이나 화재가 발생하는 경우

나. 선로 안에서 사람이나 장애물이 발견된 경우

다. 그 밖에 승객의 안전에 위험한 상황이 발생하는 경우

[본조신설 2010.8.9]

바. 도시철도 차량 표준규격 관련 내용

'10.1.26일 고시(국토해양부고시 제2010-48호)에 따른 철제차륜형식, 선형유도전동기형식 및 모노레일형식 경량전철 차량 표준규격에 정의된 내용은 다음과 같음

1.4 운전모드

열차 운전모드는 다음과 같다. 다만, 필요시 발주기관과 협의하여 자동운전모드 또는 기지운전모드를 삭제할 수 있다.

1) **무인운전모드**

2) 자동운전모드

3) 수동운전모드

4) 비상운전모드

5) 기지운전모드

사. 도시철도 시설 표준규격 관련 내용

도시철도시설 표준규격의 신호 및 열차제어시스템 편에 정의된 내용은 다음과 같다.

2.1.6. 자동운전모드 : 자동운전모드(ATO 운전)라 함은 운전자의 출발버튼 조작만으로 자동열차방호장치에 의해 계산된 목표거리를 운전자의 개입 없이 권고속도로 가속, 주행, 감속, 정위치 정차 등 자동으로 열차를 운행하는 운전모드를 말한다.

2.1.7. 완전자동운전모드 : 완전자동운전모드(Driverless)라 함은 자동출발, 가속, 주행, 정위치 정차, 출입문 제어 등을 노선의 시작부터 종료까지 완전 자동으로 열차를 운행하는 운전모드를 말한다.

2.5. 열차 운전모드

열차 운전모드의 적용은 도시철도차량표준규격의 "전동차 주요 구성요소의 규격"에 따른 다음의 5가지이다. 필요시 발주자의 요구조건을 수용할 수 있어야 한다.

1) 완전자동운전모드
2) 자동운전모드
3) 수동운전모드
4) 비상운전모드
5) 기지운전모드

아. 도시철도 건설규칙 일부개정령안(10.7.27) 관련 내용
다음과 같이 운전모드 분류를 간접적으로 나타내고 있음

"제83조(무인운전 안전설비) 무인운전을 적용하려는 경우에는 한국산업표준 KS C IEC PAS62267의 자동도시철도교통(AUGT) 안전 요구사항에 따라 적절한 설비를 갖추어야 한다."

자. 도시형자기부상철도 운전규칙(안) 관련 내용
상기 "아"항과 같이 다음과 같이 KS C IEC PAS62267(붙임 1 참조)를 적용 예정임

차. 용인경전철 적용 내용
UTO(Unattended Train Operation) 적용함

④ 결론

- 상기 내용을 기반으로 사업단장-핵심과제책임자회의를 통해 우리사업에서는 무인운전모드로 용어를 통일하기로 결정함

(4) (실용화사업 연구수행 총괄관리 및 시스템 통합)결과

(가) 문제점 및 보완계획

세부연구내용	문제점	보완계획
월간공정보고	2010년 6월 16일 "4차년도 연차평가 결과보고 및 조치계획"이 운영위원회의 의결을	2핵심 공정보고는 2011년 3월부터 제출하기로 협의하여 시행하고 있음.

	득함에 따라 과제별 RFP 내용 조정으로 1핵심은 5, 6, 7차년도 연구 내용에 실용화사업 연구수행 총괄관리(일정관리)가 추가되어 5차년도 1분기에 공정관리계획서를 작성하여 사업단 승인을 득한 후 이에 따라 1, 2, 3핵심의 월간공정보고를 실시하고 있으나, 2핵심의 경우 2핵심 내부 사정으로 인해 월간보고서 제출이 제대로 시행되지 않고 있었음.	
인터페이스 관리	미완료 인터페이스 현황 5%	제3장 제7절 3-3의 8항에 제시된 1핵심 검토 의견에 제시된 방안 및 기간에 따라 조치 예정임
리스크 관리	리스크 관리 실적 저조	5차년도 1분기에 리스크관리계획을 보완하여 사업단 승인을 득하고, 승인된 리스크 관리계획의 이해 증진을 위해 1, 2, 3핵심과제를 대상으로 리스크관리계획 설명회를 실시하고, 각 핵심과제에 리스크관리활동을 독려하여, 3핵심으로 부터는 리스크 등록부 및 관리부를 제출 받았으며, 2핵심 관련사항은 1핵심의 리스크 항목식별(안)을 송부하여 2핵심에서 검토 중이며, 향후 상호협의를 통해 연구수행 예정

(나) 기대효과 및 활용계획

○ 공정관리계획서

우리사업과 같이 연구과제와 노선건설공사가 병행하여 시행되는 유사사업의 공정관리 수립에 참조가 될 수 있을 것으로 기대한다.

○ 리스크관리 계획서

정부에서 추진 중인 “도시형자기부상열차 실용화 사업”은 국내에서 개발된 대형, 첨단기술을 실용화함으로서 국내의 연구능력을 재고하고 필요한 교통기술을 확보하는데 그 목적이 있다. 그러나 세계적으로 3번째 추진되는 실용화인 관계로 많은 선례가 없고 경험도 부족하기 때문에 본사업의 추진에는 많은 어려운 문제의 발생 즉 “리스크”가 있을 것으로 예상된다. 실용화사업을 책임지고 있는 사업단이나 운영을 책임질 기관(인천국제공항공사)은 이러한 리스크를 최소화하고 리스크가 발생했을 때 적절한 관리를 통해 피해를 최소화하고 조속한 운행재개를 함으로써 본 사업이 성공적인 사업이 될 수 있도록 하는 것이 필요하다. 본 실용화사업이 도시형 자기부상열차가 가지고 있는 상징성과 대형연구개발사업에 미치는 영향을 생각하면 성공적인 실용화가 절실히 요구되고 있으며 이를 뒷받침하는 효율적인 리스크관리가 요구된다.

본 리스크관리의 목적은 리스크발생을 최소화하고 리스크발생으로 인한 충격과 피해를 최소화하며 조속한 복구를 위해 “리스크”를 극복하는데 그 목적이 있다. 리스크관리는 상기한 목적달성을 위한 일연의 조직적 노력을 의미한다.

1단계에서는 우리사업에 적용할 리스크관리계획(초안)을 개발하였으며, 2단계에 보완 작업을 수행하여 각 핵심과제의 검토와 사업단 승인을 거쳐 본 사업에 적용할 리스크 관리계획을 확정하고, 이를 도시형자기부상열차 실용화사업 전 기간에 걸쳐 활용될 수 있도록 관리할 계획이다. 또한 리스크관리의 결과물들은 제1세부과제의 규격 추적관리 DB에 기록되어 향후 유사 사업 시행시 유용하게 사용될 수 있도록 할 예정이다.

○ 통합공정표

3핵심에서 작성/관리하는 시범노선건설 공정표, 2핵심에서 작성/관리하는 차량개발 공정표 및 종합시운전 마스터플랜의 일환으로 1핵심에서 작성하는 종합시운전 공정표를 통합하여 관련 과제의 검토의견을 반영하여 사업단 차원(사업단장-핵심과제책임자회의를 통

해 최종 확정)에서 확정된 통합공정표는 우리사업 관련 과제에 배포되어 각 과제의 연구에 반영되고 있다.

○ 시범노선걸설 종합시운전 마스터플랜

도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 차량, 토목, 궤도, 건축, 차량기지, 전력, 신호, 통신분야의 공사완료 시점에서부터 개통까지의 체계적이고 효율적인 업무절차(공종·공정별 추진사항에 대한 개념정리와 시험관계 조직별 세부추진업무를 명시, 상호 긴밀한 업무협조 체계)를 구축/관리함으로서 시범노선이 영구적인 시설로서 신뢰성있고 안전하게 운영될 수 있는 기본 요건을 마련한 종합시운전 마스터플랜은 향후 3핵심에서 작성할 예정인 종합시운전 계획의 기본 자료로 활용되기를 기대한다.

사. 하위세부과제 관리(2단계 2차년도)

(1) 개요

- “하위세부과제 관리”의 연구목표 달성을 위한 세부연구 내용을 ①공정관리 및 ②품질관리로 계획하고 연구 수행

연구내용	세부내용		개요	산출물
하위세부과제 관리	1	공정관리	- 월간공정회의를 통한 세부과제 현황 및 진도 검토/관리 - 관련 세부과제들의 현안사항 협의 및 일정조정 - 월간공정회의 등을 통해 도출된 하위세부과제간의 I/F 현안 조정 및 타핵심과의 I/F 점검/조정	-월간 공정회의록 -현황점검회의록
	2	품질관리	- 세부과제 연구성과물 검토/반영, 연관 과제와의 협의 주관/지원/조정 등을 통하여, 세부과제의 연구가 원활히 추진될 수 있도록 지원/관리	-산출물 검토서

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

* 3월말 현재 달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(5차년도) 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도(%)
하위세부과제 관리													
1.공정관리	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····		·····	83%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———			
2.품질관리	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	83%
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———			

····· 당초계획

——— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 공정관리

1) 세부과제 현안 점검 및 진도 점검을 위한 공정회의 실시

가) ‘10년 9월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : 2010년 9월16일(목) 10:30 ~ 12:30, 한국기계연구원 2층 국제회의실

○ 주요 회의 내용 :

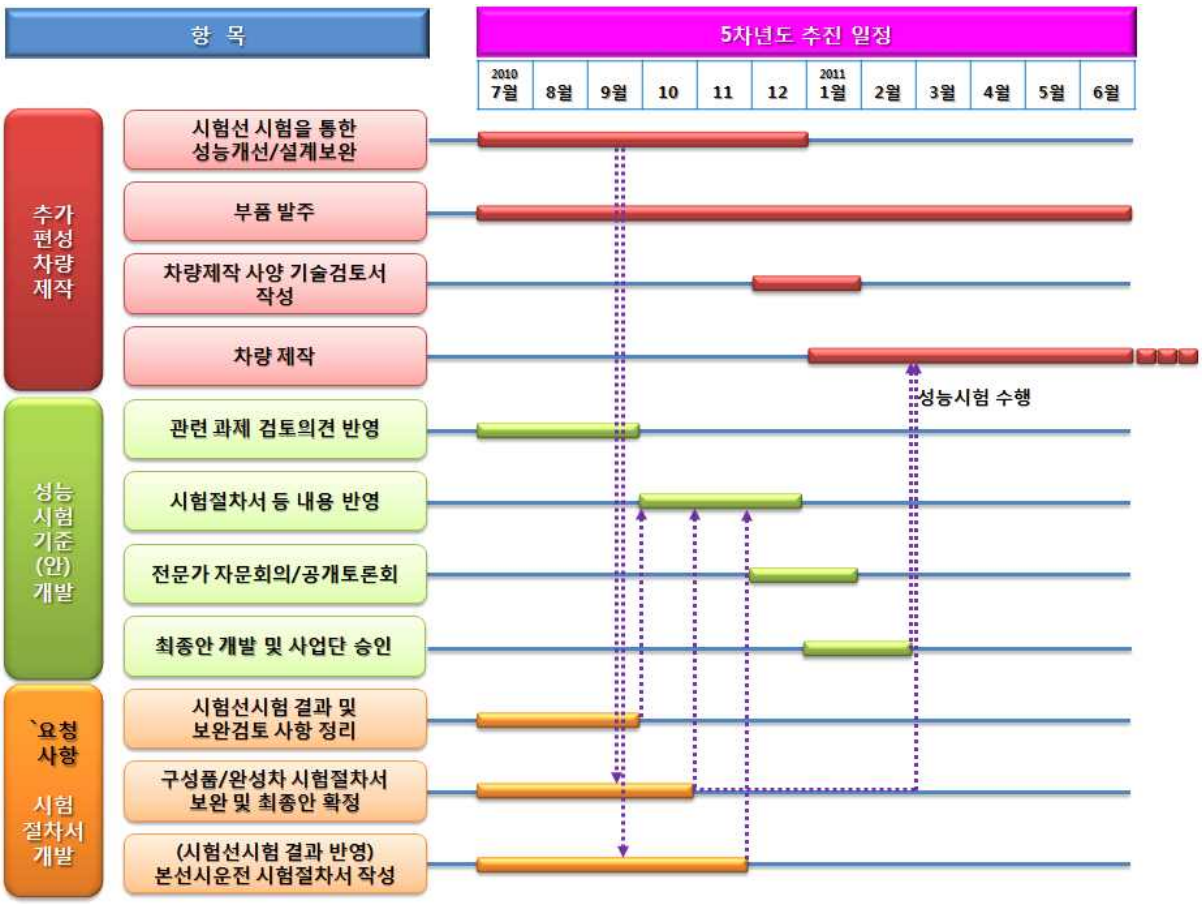
- 과제별 계획 대비 실적 공정, 과제별 주요 공정현황, 과제별 세부진도현황, 과제별 성과물, 과제별 이슈사항&해결방법(안) 등 협의
- 공정보고서 양식 : “연구내용”에 대한 간략한 설명 추가 필요. 지연공정이 아닌 정상공정의 연구내용도 추진 내용을 기술하고 “주요지연현황” 칼럼에 “지연사항 없음”으로 기재 필요
- 관리문서 리스트 색인 현황 : 3핵심의 관리문서 리스트 색인 지연
- 서브시스템 규격 상세설계검토(CDR) 쟁점사항 : 레일 이음매 구간 모따기, 곡선부 추진레일 (Reaction Plate) 가공, 최고속도구간 처짐비, 비상제동 동작 후의 동작, 열차운전모드 용어통일, 고장정보의 통합관제실 전달 등에 대해 협의
- 신호 및 열차제어시스템 RAMS 활동 : 3핵심에서 수행 중인 신호 및 열차제어시스템의 RAMS 성과물 제출 일정 지연 관련 협의
- 시험선 시험 일정 지연 만회 방안 협의
- 성능시험기준(안) 개발 일정 조정 : 추가편성차량의 제작 및 성능시험 수행 일정 등을 고려하여, 자기부상열차 성능시험기준(안)의 개발 계획과 시험절차서 개발 일정 등을 조정함

○ 결과 및 특기사항

- 공정보고서 양식을 변경하여 관련 과제에 배포하였으며, 2010년 10월 공정보고 시부터 적용함
- 3핵심의 관리문서 리스트 색인 지연 사항은 1핵심에서 3핵심의 연차보고서 및 단계보고서 내용을 확인하여 완료함
- 서브시스템 규격 상세설계검토(CDR) 쟁점사항에 대해서는 관련 과

제 등과 협의를 거쳐 인터페이스를 완료함

- 신호 및 열차제어시스템의 RAMS 성과물 제출 일정 지연 문제는 신호 및 열차제어시스템 분야에 대한 RAMS 활동이 국내에서 최초로 시행하고 있는 점을 감안 할 때 성과물 제출 지연은 예상될 수 있는 상황이며, 3핵심과 협조하여 지속적으로 해결해 나가야할 사항임
- 시험선 시험은 당초 8월중 완료 예정이었으나 기상상태 및 자기부상열차의 대대적인 홍보를 위한 시승으로 원활한 시험 진행에 차질이 발생되었으나, 시승을 자제하고 차량제작사와 시험일정 협의하여 10월 중순경 모든 시험을 마무리 할 수 있도록 계획을 수립함
- 성능시험기준(안) 개발 일정(1-4과제 안)



나) ‘10년 10월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : 2010년 10월 21일 10:30 ~13:00, 한국산업기술시험원 C동 2층 국제회의실(안산)

○ 주요 회의 내용 :

- 과제별 계획 대비 실적 공정, 과제별 주요 공정현황, 과제별 세부진도현황, 과제별 성과물, 과제별 이슈사항&해결방법(안) 등 협의
- CDR 종결절차 : CDR 종결절차는 문서로 사업단 승인을 득하는 것보다는 사업단장-핵심과제 책임자 회의 시 보고를 통해 종결하는 것이 바람직함
- LCC 수행범위 : LCC 슈행범위에 대해 1-2과제에서는 RAMS 기반의 LCC를 구현하므로 RAMS수행 범위와 동일하게 추진하고 있으나, 사업단/1핵심의 입장에서는 전체 시스템에 대해 수행토록 요청함

○ 결과 및 특기사항

- CDR 보고서를 1-1과제에서 작성하여 이를 사업단장-핵심과제 책임자회의에서 보고함.
- LCC 수행범위는 ‘10.11.16일 별도 협의를 통해 이견을 해소하지 못하였으며, 재검토 의견교환, LCC S/W 개발 워크숍 실시(’11.1.17) 등을 통해 전체 범위로 수행하는 것으로 결정하고 연구수행 중임(본 보고서 제3장 제7절 3-5의 5)의 (8)항 LCC 수행범위에 대한 검토 참조)

다) ‘10년 11월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : 2010년 11월 18일(목) 10:30 ~ 12:30, 한국기계연구원 본관 2층 세미나실

○ 주요 회의 내용 :

- 과제별 계획 대비 실적 공정, 과제별 주요 공정현황, 과제별 세부진도현황, 과제별 성과물, 과제별 이슈사항&해결방법(안) 등 협의
- 통합공정표 확정 일정 등에 대해 협의 : ①통합공정표(안) 사업단 송부 : M1000-SE+SI-236(‘10.10.25) : 2, 3핵심의 쟁점사항(차량기지

에 차량 투입 일정 이견) 포함 ②사업단으로부터 조정 진행 사항 회신 : 도시형자기부상열차실용화사업단-1477('10.11.05) : 차량 3편성 제작을 2012년 4월까지 완료하여, 2012년 5월부터 차량기지 시험선에서 차량조립 및 조정작업이 수행될 수 있도록 2, 3핵심에 요청 중 ③2010년 11월 사업단장-핵심과제책임자회의 등에서 일정(통합공정표) 확정을 기대함

- 상세설계검토(CDR)의 이슈 사항 정리 방안 : CDR 쟁점 사항 중 상위 기관의 중재가 필요한 사항에 대해서는 1-1과제에서 정리하여 1핵심으로 보고하고, 1핵심은 이를 사업단장-핵심과제책임자회의에 상정하여 해결
- 서브시스템 규격서 승인 절차 수행 방안 : 각 서브시스템 별 2, 3핵심의 최종 기술검토서를 첨부하여 사업단 승인 절차 수행 필요. 기한 이내에 2, 3핵심의 기술검토서 취합이 불가능할 경우 수차에 걸친 규격서 검토 회의를 통해 2, 3핵심의 의견이 반영된 점을 감안하여, 관련 검토회의 내용 및 조견표 등을 첨부하여 사업단 승인 절차 수행 필요

○ 결과 및 특기사항

- '10.10.25일 1핵심의 통합공정표(안) 및 쟁점사항 정리 내용을 사업단에 송부하고 확정 요청을 한 사항에 대해 사업단이 2, 3핵심의 협조(쟁점사항 해결 협조)를 거쳐 '10.11.24 사업단장-핵심과제 책임자회의 시에 확정함. 이를 '10.12.08 1핵심에서 관련 과제로 배포하여 각 과제의 연구 개발에 적용하고 있음
- CDR 쟁점사항인 '차량접지장치', '열차운전모드 용어통일', '고장정보의 통합관제실 전달' 및 '곡선부 추진레일 가공' 관련 사항에 대해 '10.11.24일 및 '11.2.23일 사업단장-핵심과제책임자회의를 통해 결정됨
- 서브시스템 규격서는'10.12.3일 사업단에 승인 요청하여, '11.1.14일 사업단 승인을 득함

라) '11년 1월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : 2011년 1월 20일(목) 13:30 ~16:00, 한국생산기술연구원 1동 2층 대회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 과제별 계획 대비 실적 공정, 과제별 주요 공정현황, 과제별 세부진도현황, 과제별 성과물, 과제별 이슈사항&해결방법(안) 등 협의
- 시험선 시험 및 연속주행시험 관련 : 현재 미완료된 시험선 시험 및 연속주행시험을 위해서는 차량 성능 보장이 필요하므로 2핵심의 적극적인 대응과 이를 위한 사업단 및 1핵심의 협조가 필요
- 표준규격(안) 보완/심의 관련 : 도시형 자기부상열차 및 시설 표준규격은 3차년도에 완료되었으며, 5차년도에 도시철도기술실무위원회에 상정 예정이나, 4, 5차년도 연구과정 중 기존의 설계가 보완 또는 변경되는 부분이 발생하고 있어, 이 부분들은 상용화 후에도 보편적으로 적용될 수 있는 내용이므로 현재 상태로 위원회 상정은 무리가 있을 것으로 예상되어 위원회 상정 이전에 핵심과제별 최종 검토 및 수정 요청을 받을 필요 있음

○ 결과 및 특기사항

- 시험선 시험 관련 사업단 협조 요청 사항을 정리하여 사업단에 보고하여 사업단 차원의 2핵심 협조 진행 현황을 주간단위로 보고받아 현재는 원활한 연속주행시험이 진행되고 있음
- 표준규격(안)은 위원회 상정 전에 각 핵심과제의 최종 검토 과정을 수행하는 것으로 결정함

마) '11년 2월 1핵심 공정회의

○ 일시 및 장소 : 2011년 2월 24일 13:30 ~ 16:30, 한국기계연구원 본관2층 간부회의실

○ 주요 회의 내용 :

- 과제별 계획 대비 실적 공정, 과제별 주요 공정현황, 과제별 세부진도현황, 과제별 성과물, 과제별 이슈사항&해결방법(안) 등 협의
- 기계연 시험선 자기부상열차 시승 및 분기기 시연
- 3핵심의 차량외 시스템 분야의 RAMS 성과물 등록 주체 협의

- 시험선시험 절차서 조건부 승인 내용에 대한 후속 조치 협의
- 미완료 인터페이스 현황 협의
- 시험선 시험 현황 협의
- 성능시험기준 관련 진행 현황 설명(1-4과제) :
  . 자기부상열차 성능시험기준(안)에 대한 외부 전문가(지자체/운영기관/철도연) 자문을 진행 중에 있으며, 의견 취합을 2/21일까지 진행하고 그에 대한 반영·수정안 개발을 2/25까지 진행할 계획임 (※필요시 외부 전문가의 자문의견에 대한 반영검토 회의를 2/25 이내에 개최)
  . 성능시험기준(안)의 제·개정 방향 설정에 대해 2/18일에 국토부의 검토를 진행하였으며, 이에 대한 관계 기관 의견 수렴 후 최종 결정될 것임
  . 2월 말경 1핵심/사업단/건교평을 통해 자기부상열차 성능시험기준(안)이 국토부에 제안될 것이며, 빠르면 3, 4월 중 고시 될 수 있을 것으로 예상

○ 결과 및 특기사항
- 차량외 시스템 분야의 RAMS 성과물 작성의 주체는 각 분야의 제작사로 연구과제 공정보고 프로세서에 포함되어 있지 않으므로 1-2과제에서 등록신청을 하는 것으로 결정
- 시험선시험 절차서 조건부 승인 내용에 대한 후속 조치로 1-3과제에서 시험선 시험 절차서를 보완하여 '11.3.21 1핵심의 승인을 득함
- 미완료 인터페이스 현황에 대한 1핵심 의견('11.2.24일 기준)

No.	자료요청	자료전달	인터페이스 요구(결과물)	인터페이스 요구사항/상세사항	1핵심 의견
238	12	10	E&M 분야 보완된 운영계획	2단계 및 3단계시 도시형 자기부상열차 운전계획(정상/비상), 열차운행계획, 시나리오	사업기간내 운영기관의 2, 3단계 운영계획 접수는 현실적으로 어렵다고 판단됨.
252	14	13	구성품시험절차서	차체시험,대차시험,부상장치시험,추진장치시험,보조전원장치시험,신호보안장치시험,종합제어장치시험	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '11.3월 말 이내 완료

					계획
408	14	13	TEMP	시험평가 종합계획(TEMP) 개정안	2011년 3월 중으로 완료 예정임.(1-3과제)
410	14	13	완성차시험절차서	각 완성차 시험 절차서	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '11.3월 말 이내 완료 계획
411	14	13	시험결과보고서	각 구성품 시험 결과 보고서	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '12.5월 말경 구성품 시험이 완료될 예정임
412	14	13	시험결과보고서	각 완성차 시험 결과 보고서	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '12.8월 말경 완성차 시험이 완료될 예정임
235	14	20	차량부품구성체계도 및 부품제작사양서	대차,부상장치,추진장치,보조전원장치,종합제어장치,차상신호장치(삭제, 신규로 이동),기장/제동장치,실내내장	1-4과제와 2핵심과제와 상호 이견이 있으므로, 조정이 필요함
226	21	30	검수고내외부수전(shoresupply)	검수고내Stinger(가선전원DC1500V공급용)적용여부,검수고내외부수전장치(ShoreSupply)적용여부검토용검수고내외부수전적용시,사용전압구분(DC100V,DC340V,AC380V등)검수고내외부수전용도(기능시험등)검수고내외부수전미적용시,차량기지에서시험가능여부 (유치선에서 시험 또는 별도의 시험실 구비여부	2핵심과 3핵심(분야별 계약자 포함) 간의 기술적 인터페이스 협의가 필요한 사항임
227	21	30	무선 영상 송/수신 장치	차지상 영상 전송에 필요한 interface 및 상세 설계 필요함 (Ethernet)	상동
228	21	30	차상카메라영상사령실현시 및 저장방안	영상 표시 및 저장 장치 방안 (MPEG-4)	상동
229	21	30	열차무선(TETRA) 운영 방안	인천 신공항 노선과 연계 방안 (TRS)	상동
416	13	30	(성능시험)차상신호장치시	열차제어시스템 제작사 확정으로 성능시험을 위한 절차서를 제작사	2011년 5월~6월 중에 대우엔지니어링에서

			험절차서제시	에서 제시하고 1-3과제에서 검토/보완/확정 필요	예비시험 준비 후 절차서 수정하여 성능시험신청 예정임.(1-3과제)
308	30	32	3-way 형태 관절형 분기기 현장설치 및 성능시험	시범노선 구축 건설공사시 최적 반영을 위한 3-way 형태 관절형 분기기 현장설치 및 성능시험 결과	'11년 4월말까지 완료될 것으로 예상
340	30	32	3-way 형태 관절형 분기기 실차 주행성능 시험 결과	시범노선 구축 건설공사시 최적 반영을 위한 3-way 형태 관절형 분기기 실차 주행성능 시험 결과	상동
341	30	32	관절형 분기기 유지관리 지침서 작성	관절형 분기기 유지관리를 위한 유지관리 지침서	상동
342	30	32	분기기 시험평가 기법 개발	시범노선 구축 건설공사시 최적 분기기 시공을 위한 시험평가 기법	상동
343	30	32	3way 관절형 분기기의 수정 설계도면 및 설계자료	시험선에 설치된 3way 분기기에 대한 실차 주행시험결과를 반영한 수정 설계도면 및 설계자료, 도면은 AutoCAD 형식	상동
404	11	13	성능시험 관련 절차서	규격추적관리 DB체계구축을 위해 1-3과제에서 개발중인 절차서 우선제공 요청	1-3의 차량시험평가 일정계획에 따르면, '11.3월 말 이내 완료 계획

- 시험선 시험 중 공차 시험 일부 항목이 지연되고 있었으나 2월 16일 제동시험 완료하였으므로, 연속주행시험과 병행하여 잔여시험 완료예정

2) 1-2세부과제 현황 점검회의('10.11.2)

가) 목적

- 1-2과제의 현안(인터페이스 사항에 대한 토의&점검, LCC 분석의 범위 등) 점검

나) 주요 점검 내용

○ 인터페이스 현안 점검

번호	요청	전달	요구성과물	상세사항
회의결과				
123	30	12	차량주요장비 수명주기 등	- 차량유지보수 계획 및 검수설계를 위한 기준자료· 검수체계/주기/항목/검수 및 시험장비/시설 레이아웃/예비품/특수검수공구 리스트 공급계획 및 수량 (경정비, 중정비 계획 포함)※ 차량기지에 포함되는 분야(노반, 궤도, 건축, 차량, 전력, 신호, 통신분야 및 기지 운영 S/W 등)
☞ 3핵심에서 설계 완료한 사항이며, 현재 대안설계에 따라 시공사가 현대 로템(2핵심)과 필요 부분에 대해 협의 진행 중으로 본 항목은 3핵심과 협의 시 종결 요청 예정				
152	12	30	시범노선 기본설계서/RAMS 요구조건 반영결과서	시범노선 기본설계서를 RAMS 측면에서 검토
☞ 3핵심의 기본 및 실시설계 계약상에 RAMS가 반영되어 있지 않으며, '10.10월 말 기준으로 전기분야(전력, 신호, 통신) 설계가 준공될 예정인 점을 고려하면 현실적으로 3핵심에서 제공하는 것이 불가능하므로 종결 처리함				
166	12	30	시범노선 실시설계서(중간본) / RAMS 요구조건 반영결과서	시범노선 실시설계서 RAMS 요구조건 반영여부 검토
☞ 3핵심의 기본 및 실시설계 계약상에 RAMS가 반영되어 있지 않으며, '10.10월 말 기준으로 전기분야(전력, 신호, 통신) 설계가 준공될 예정인 점을 고려하면 현실적으로 3핵심에서 제공하는 것이 불가능하므로 종결 처리함				
181	12	30	시범노선 실시설계서(중간본) 검토보고서	시범노선 실시설계서 RAMS 요구조건 반영여부 검토
☞ 3핵심의 기본 및 실시설계 계약상에 RAMS가 반영되어 있지 않으며, '10.10월 말 기준으로 전기분야(전력, 신호, 통신) 설계가 준공될 예정인 점을 고려하면 현실적으로 3핵심에서 제공하는 것이 불가능하므로 종결 처리함				
311	12	13	완성차 시험선 평가 RAMS 데이터 항목 송부	완성차 시험선 평가 RAMS분석을 위한 데이터 요구항목 및 양식송부
☞ "종료시점"을 '11.06.30으로 수정키로 함				
318	12	10	인터페이스 현황 종합검토의견 및 권고사항	인터페이스 현황 종합검토 결과, 문제점 및 대책, 권고사항 등
☞ SE동향보고서를 지속적으로 배포하고 있으므로 완료 처리 함				
326	12	10	시스템통합 연차별 종합자료	시스템통합(SI) 종합보고서 (4차)
☞ 1핵심 4차년도 실적보고서(첨부파일)를 제공하였으므로 완료 처리함				
415	12	30	열차제어시스템 RAMS 관련 계획서 및 분석서	RAMS관리계획(또는 RAM 관리계획, 안전성 관리계획), PBS 및 예비 기능분석, 예비 RAM분석, 예비 FMECA, 예비 해저드 인식 및 분석(PHIA),

				종합안전계획기술서 계획(Safety Case Plan), 소프트웨어 종합안전대책기술서 계획(Software Safety Case Plan), IEC 62278 규격준수표, IEC 62279 규격준수표, EN 50129 규격준수표
☞ “종료시점”을 ‘12.12.30으로 기재키로 함				

○ LCC 관련 사항 점검 결과

- 1-2과제에서 수행하는 LCC 관련 연구 수행이 “LCC 분석”, "LCC 분석 결과 DB화“, ”LCC 모델 상세 수준 구현“ 등의 RFP 항목들을 충족하는 지 확인 필요
- LCC 분석의 범위(RAMS 분야와 연동 또는 도시형자기부상철도 시스템의 전체 서브시스템 적용 등) 확인 필요
- 상기 사항에 대해서 필요시 1-2위탁과제(철도연)와 별도 회의 실시

다) 점검결과 및 특기사항

- 인터페이스 점검 결과는 도시형자기부상열차실용화사업 전체 인터페이스 현황에 반영함
- LCC 분석 범위에 대해서는 1-2위탁 과제와 이견 사항이 있어 별도 회의를 실시하여 합의점 도출하여 연구관리 수행

3) 1-1세부과제 현황 점검회의(‘10.11.4)

가) 목적

- 1-1과제의 현안(인터페이스 사항에 대한 토의&점검, 규격서 승인 진행 현황, 상세설계검토 등) 점검

나) 주요 점검 내용

○ 인터페이스 현안 점검

번호	요청	전달	요구성과물	상세사항
회의결과				
324	11	20	시험선 시험/설계 보완 자료	시험선 시험/설계 보완 자료-기계연 시험선에서의 시험결과 및 설계 보완 자료가 언제 나올지는 확실히 알 수 없으나 대략 4차년도 후반으로 추측하

				여 이와 같이 설정함. 그러나 시험선 시험의 결과나 과정이 사양 추적 관리 데이터베이스에 보완되는 것은 시험선 시험기간 동안 지속적으로 이루어질 가능성이 큰 것으로 판단됨-시험선에서 시스템이 요구사항을 만족하는지 설계의 어떤 내용이 보완되었는지에 대한 모든 내용이 사양 추적 관리 데이터베이스에 반영되어야 함
☞ “상세사항”의 내용을 “규격 변경사항 발생시 관련 자료(시험결과, 변경 요청 내용 등)를 제공”으로 내용 수정				
325	11	10	시스템통합 연차별 종합자료	시스템통합(SI) 종합보고서 (4차)
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
338	10	11	전체 시스템 사양서 종합(1)	자기부상 실용화 사업의 모든 종류의 사양서 종합 버전으로, 각종 공장내/시험선 시험검증 내용이 모두 반영되어야 함
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
347	10	11	자기부상열차 시스템 및 하부시스템 인터페이스 통제 문서	자기부상열차 시스템 및 하부시스템 인터페이스 통제 문서
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
348	10	11	SE현황자료 (DB자료 포함)	I/F현황, 5차년도 중간결과- I/F현황, 요구사항관리도구 및 데이터베이스 구조(DB schema) 자료 - High Risk 예상항목
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
365	11	10	시스템통합 연차별 종합자료	시스템통합(SI) 종합보고서 (5차)
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
374	10	11	전체 시스템 사양서 종합(2)	자기부상 실용화 사업의 모든 종류의 사양서 종합 버전으로, 각종 공장내/시험선 시험검증 내용이 모두 반영되어야 함
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
379	10	11	SE현황자료 (DB자료 포함)	I/F현황, 요구사항관리도구 및 데이터베이스 구조(DB schema) 자료 - High Risk 예상항목 - 고위험 항목 식별 및 세부내역(성능,비용,일정 별) , 위험 요인 , 위험 관리방안 - Design Review (SRR=System Requirement Review) 안건
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
392	11	10	시스템통합 연차별 종합자료	시스템통합(SI) 종합보고서 (최종)
☞ 6월 17일 회의 결과에 따라 종결 처리함				
401	11	10	1, 2, 3핵심 4차년도	1, 2, 3핵심 4차년도 성과물

			성과물	
☞ 제공하였으므로 완료 처리함				
404	11	13	성능시험 관련 절차서	규격추적관리 DB체계구축을 위해 1-3과제에서 개발중인 절차서 우선제공 요청
☞ 현재버전은 제공 받았으며, 완료 버전은 11.1.30일 경까지 받기로함. 그러므로 “종료시점”을 “11.1.30”로 기재함				
406	14	11	운영개념서	시범노선의 운영개념서 개정안
☞ 현재 버전을 1-4과제에 제공하고 완료 처리 요청 필요				

○ 규격서 승인 진행 현황 점검

- 규격서 승인(안)제출일정(10. 10. 31)이 3핵심 검토결과 접수로 지연 됨.
- 3핵심 검토결과를 반영한 규격서 승인(안)제출일정 : 2010. 11. 10(수) (제출문서 : 규격서 최종 버전, 기술검토 요청 버전, 기술검토서, 조견표)
- 3핵심 검토결과에 대한 미결사항 조정 : 차량접지장치 외 10건

<차량시스템>

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
1	4.2.6 차량접지장치	4.2.6 차량접지장치 1) 차량이 역 또는 비상정차할 경우 충전전류의 방전을 위하여 접지장치를 설비하여야 한다.	□ 4.2.6 차량접지장치 ○ 검토 - “비상 정차”의 의미는 본선 내 전구간에 해당되는 것으로 범위가 너무 광범위 함. - 본선 전체구간에 충전전류 방전을 위한 접지설비를 반영할 경우 본선 전체구간 내 접지동판을 설치하여야 함. - 충전전류 방전을 위한 설비는 차량분야와 전력분야 간 인터페이스 협의가 필요하며 현재 충전전류 방전을 위한 접지장치는 역구내에 설치가 되어 있음.	**1핵심/사업단의 판단 필요** **(회의 후기 2핵심 의견으로 비상시 본선에서는 차체가 착지가 되며 이경우 레일 접지를 통해 방전되므로 안전에 문제가 없다고 함. 그러므로 3핵심 의견 반영 필요)**

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
			○ 결과 - “비상 정차의 경우” 삭제요망	
2	4.4.3 전력	4.4.3 전력 ·최고설계속도 주행 및 최소곡선반경 통과를 감안한 차량 집전장치와 가선(측면접촉식 전차선로 가선방식)과의 물리적 인터페이스가 되어야 한다. ·차량에 인가되는 가선 전력 제원 ·가선에 인가되는 회생 전력 제원	4.4.3 전력 ○ 검토 - 전력분야와의 인터페이스 사항 중 충전전류 방전을 위한 차량내 접지장치 위치 및 형상을 전력분야에 제공 해야 함. ○ 결과 - “충전전류 방전을 위한 차량 내 접지장치 위치 및 형상” 추가	**3핵심 검토의견 반영 및 2핵심 검토요청** 4.4.3 전력 • 최고설계속도 주행 및 최소곡선반경 통과를 감안한 차량 집전장치와 가선(측면접촉식 전차선로 가선방식)과의 물리적 인터페이스가 되어야 한다. • 차량에 인가되는 가선 전력 제원 • 가선에 인가되는 회생전력 제원 • 충전전류 방전을 위한 차량 내 접지장치 위치 및 형상

<통신시스템>

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
1		○ Co. p. 1. 1 전송망 설비 - Co. p. 1. 1. 1 전선관로 설비 - Co. p. 1. 1. 2 통신 케이블설비 - Co. p. 1. 1. 3 광전송망 설비 - Co. p. 1. 1. 4 접지 설비 ○ Co. p. 1. 2 역무용 통신설비	□ p.2 통신시스템 구성 체계 변경 ○ Co. p. 1. 1 전선관로설비 - Co. p. 1. 1. 1 관로 설비 - Co. p. 1. 1. 2 케이블설비 - Co. p. 1. 1. 3 연선 전화설비 ○ Co. p. 1. 2 전송설비 - Co. p. 1. 2. 1 광전	**3핵심 PBS 체계 반영 후 조정이 필요한 사항에 대하여 협조 요청**

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
		- Co. p. 1. 2. 1 교환설비 - Co. p. 1. 2. 2 여객안내설비 - Co. p. 1. 2. 3 정보통신망 설비 - Co. p. 1. 2. 4 전기시계설비 - Co. p. 1. 2. 5 통합통신망 관리시스템(TNMS) - Co. p. 1. 2. 6 전원설비 - Co. p. 1. 2. 7 CCTV - Co. p. 1. 2. 8 장애인 편의시설 - Co. p. 1. 2. 9 항공운항정보시스템 - Co. p. 1. 2. 10 여행정보설비 ○ Co. p. 1. 3 역무자동화설비 - Co. p. 1. 3. 1 중앙전산기 - Co. p. 1. 3. 2 자동발매기 - Co. p. 1. 3. 3 자동발권기 - Co. p. 1. 3. 4 자동개집표기 ○ Co. p. 1. 4 열차무선설비 - Co. p. 1. 4. 1 영상정보전송설비 - Co. p. 1. 4. 2 음성통신	송설비 - Co. p. 1. 2. 2 접지설비 - Co. p. 1. 2. 3 전원설비 ○ Co. p. 1. 3 역무용통신설비 - Co. p. 1. 3. 1 교환설비 - Co. p. 1. 3. 2 관제전화설비 - Co. p. 1. 3. 3 영상감시설비 - Co. p. 1. 3. 4 무인기능실 감시설비 - Co. p. 1. 3. 5 자동안내설비 - Co. p. 1. 3. 6 열차행선안내설비 - Co. p. 1. 3. 7 정보통신망설비 - Co. p. 1. 3. 8 전기시계설비 - Co. p. 1. 3. 9 건축통신설비 - Co. p. 1. 3. 10 교통약자편의설비 - Co. p. 1. 3. 11 항공운항정보설비 - Co. p. 1. 3. 12 여행정보설비 - Co. p. 1. 3. 13 토크백설비 - Co. p. 1. 3. 14 통합망관리시스템 ○ Co. p. 1. 4 열차무선	

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
			설비 - Co. p. 1. 4. 1 열차무선설비 ○ Co. p. 1. 5 게이트통신설비 - Co. p. 1. 5. 1 게이트통신설비 ○ Co. p. 1. 6 양방향무선데이터통신설비 - Co. p. 1. 6. 1 양방향무선데이터통신설비	
2	5.3.1 중앙전산기 5.3.1.1 기능	5.3.1.1 기능 ·각 역에 설치된 모든 시스템에 대한 감시 및 통제 ·시스템 운영에 필요한 모든 자료들을 각 역으로 전송 ·모든 승차권 발행 여부 통제 ·모든 회계 통계자료의 Back Up 및 재생	○ 5.3.1.1 기능 - 내용 삭제	**3핵심 검토의견 반영** ~~5.3.1.1 기능~~ • ~~각 역에 설치된 모든 시스템에 대한 감시 및 통제~~ • ~~시스템 운영에 필요한 모든 자료들을 각 역으로 전송~~ • ~~모든 승차권 발행 여부 통제~~ • ~~모든 회계 통계자료의 Back Up 및 재생~~
3	5.3.2 자동발매기	5.3.2 자동발매기 1) 각 역사에서 승객이 직접 조작하여 승차권을 발매하는 장치로서 노약자, 장애인의 이용이 편리하도록 설치되어야 한다. 2) 발매기의 승차권 걸림 및 부족, 잔돈부족, 문열림 및 각종 모듈 고장 발생	- 5.3.2 역단위 통합전산기로 변경 - “자동개집표기를 제어하는 컴퓨터로서 역의 회계관리 및 각 장비별 운용 상태를 감시 통제하고 역의 회계데이터, 장비운용 상태 등의 자료를 중앙전산기로 전송하는 기기이다.“ 로 내용 변경	**3핵심 검토의견 반영** ~~5.3.2 자동발매기~~ ~~3) 각 역사에서 승객이 직접 조작하여 승차권을 발매하는 장치로서 노약자, 장애인의 이용이 편리하도록 설치되어야 한다.~~ ~~4) 발매기의 승차권 걸림 및 부족, 잔돈부족, 문열림 및~~

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
		시 이를 식별하고 조치할 수 있어야 한다.		~~각종 모듈 고장 발생시 이를 식별하고 조치할 수 있어야 한다.~~ 5.3.2 역단위 통합전산기 자동개집표기를 제어하는 컴퓨터로서 역의 회계관리 및 각 장비별 운용 상태를 감시 통제하고 역의 회계데이터, 장비운용 상태 등의 자료를 중앙전산기로 전송하는 기기이다.

<전력시스템>

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
1	4.4 인터페이스 4.4 인터페이스 요구사항 4.4.1 타 서브시스템과의 인터페이스 4.4.1.1 차량	4.4.1.1 차량 ·최고설계속도 주행 및 최소곡선반경 통과를 감안한 차량 집전장치와 제3궤조 전차선로의 물리적 인터페이스 - 추진시스템 효율을 고려한 집전장치 및 집전판 규격 - 제3궤조 전차선로의 공차(설치 및 유지보수 공차) - 제3궤조 전차선로의 설치 및 유지보수 공차, 전차선 단면적, 낙하방지 설계안, 무가압 구간의 절연구분장치 길이 및 형태	○ 검토 - 전력분야와의 인터페이스 사항 중 충전전류 방전을 위한 차량내 접지장치 위치 및 형상을 전력분야에 제공 해야 함. ○ 결과 - “충전전류 방전을 위한 차량 내 접지장치 위치 및 형상” 추가	**3핵심 검토의견 반영** 4.4.1.1 차량 • 최고설계속도 주행 및 최소곡선반경 통과를 감안한 차량 집전장치와 제3궤조 전차선로의 물리적 인터페이스 - 추진시스템 효율을 고려한 집전장치 및 집전판 규격 - 제3궤조 전차선로의 공차(설치 및 유지보수공차) - 제3궤조 전차선로의 설치 및 유지보수 공차, 전차선 단면적, 낙

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
		·차량에 인가되는 전원 ·가선(제3궤조)에 인가되는 회생전력 제원		하방지 설계안, 무가압 구간의 절연구분장치 길이 및 형태 • 차량에 인가되는 전원 • 가선(제3궤조)에 인가되는 회생전력 제원 • 충전전류 방전을 위한 차량 내 접지장치 위치 및 형상
2	4.4 인터페이스 요구사항 4.4.1 타 서브시스템과의 인터페이스 4.4.1.2 신호	4.4.1.2 신호 ·신호장치용 전원공급설비(변전소) 위치 ·신호용 UPS 1차측 전원 공급방식 ·분기부 인터페이스 사항 ·통합관제센터 구축에 따른 SCADA와의 인터페이스 조건	○ 검토 - 전력분야와의 인터페이스 사항 중 신호장치의 공용접지 필요개소를 명기할 필요가 있음 - 신호장비의 부하용량 리스트 및 장비배치도가 있어야 전력분야에서 필요한 개소에 분전반 설치가능 ○ 결과 - “신호장치의 공용접지 개소” 추가 - “신호장비의 부하용량표” 추가	**3핵심 검토의견 반영** 4.4.1.2 신호 • 신호장치용 전원공급설비(변전소) 위치 • 신호용 UPS 1차측 전원 공급방식 • 분기부 인터페이스 사항 • 통합관제센터 구축에 따른 SCADA와의 인터페이스 조건 • 신호장치의 공용접지 개소 • 신호장비의 부하용량표
3	4.4 인터페이스 요구사항 4.4.1 타 서브시스템과의 인터페이	4.4.1.5 건축 ·변전소 바닥 무근콘크리트 반영 ·관로 인입구 반영 ·변전소 환기 설비 반영	4.4.1.5 건축 ○ 검토 - 전력분야와의 인터페이스 사항 중 추가로 명기할 필요가 있음 ○ 결과 - “전기실 및 변전실 크기 반영” 추가 - “전기실 및 변전실 장비반입구 반영 ” 추가 - “전기실 및 변전실	**3핵심 검토의견 반영** 4.4.1.5 건축 • 변전소 바닥 무근콘크리트 반영 • 관로 인입구 반영 • 변전소 환기 설비 반영 • 전기실 및 변전실 크기 반영 • 전기실 및 변전실 장비반입구 반영 • 전기실 및 변전실 바

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
	스 4.4.1.5 건축		바닥 트렌치 반영" 추가 - "전기실 및 변전실 바닥 마감 반영" 추가	닥 트렌치 반영 • 전기실 및 변전실 바닥 마감 반영

<역사시스템>

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
1	5.3.2. 재 난 방 지 시설	5.3.2 재난방지시설 1) 재난방지시설은 긴급 상황시에 즉각적으로 사용할 수 있도록 계획하여 설치하도록 하여야 한다. 2) 역사 별로 보관함 위치를 지정하여 관리해야 하며, 유사 방재시설물들은 존(Zone)화하여 재난발생시 효과적으로 대응할 수 있도록 하여야 한다. 3) 시인성 확보를 위하여 붉은색 픽토그램(발광소재) 사용을 원칙으로 하며, 전 역사에 동일하게 적용하도록 하여야 한다. 4) 보관함은 이중벽 공간을 활용, 매입하는 것을 원칙으로 하고, 불가능한 경우 벽면, 기둥 등에 인접하여 설치하여야 한다. 단, 매입형의 경우 벽면 모듈에 맞추도록 하며, 유사시 사용하기 용이	○ 검토 - 소방시설 설치유지 및 안전관리에 관한 법률에 의거 지상역사는 공기호흡기 제외 - 방독면은 별도 규정 없음. ○ 결과 - 5.3.2 재난방지시설 삭제	1-4과제의 협조를 받아 재난방지시설 관련 법규 검토 후 조치

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
		한 위치에 설치하여야 한다. 5) 섬식 정거장의 경우 동선에 방해를 주지 않는 위치에 설치해야 하며, 가급적 낮게 설치하여 시야를 가리지 않도록 하고, 주변에 다른 시설물 등을 적치하지 말아야 한다. 6) 상대식 승강장의 경우에는 매입형을 원칙으로 하고 벽체 모듈에 맞는 규격으로 하여야 한다. 7) 방독면, 공기호흡기 보관함 주변에 광고, 자판기 등은 설치하지 말아야 한다. 또한, 보관함 주변에 스티커형 광고물을 부착하지 않도록 철저한 유지 관리가 이루어져야 한다. 8) 보관함의 인지성을 위하여 주변벽체 등과 명도 차이를 두거나 내부 시설물이 보이도록 투명소재 등으로 마감해야 한다.		

<차량기지시스템>

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
1	구성체계 (2page)	· 경수선공장(검수고) · 중수선공장(중수선고)	○ 검토 - 용어의 변경(대안설계 반영) 및 건물 추가	**3핵심 검토의견 반영** ~~경수선공장(검수고)~~ 검수고(경정비)

번호	제목	규 격 현 안	3핵심 검토내용	조치
		·통합관제실 ·자재창고 ·재활용집하장	○ 결과 - 건축구조물 ·경수선공장(검수고)→검수고 ·중수선공장(중수선고)→검수고 ·통합관제실→종합관리동으로 포함 ·자재창고→종합창고 ·재활용집하장→쓰레기처리장 ·(추가)변전소 ·(추가)자동일상검사장치실 ·(추가)차체세척고	~~중수선공장(중수선고)~~ 검수고(정비선) ~~통합관제실 종합관리동~~ ~~자재창고 종합창고~~ ~~재활용집하장~~ 쓰레기처리장 **검토 중** 변전소, 자동일상검사장치실, 차체세척고에 대한 설계 검토 후 조치
2	5.1 건축구조물	·경수선공장(검수고) ·중수선공장(중수선고) ·통합관제실 ·자재창고 ·재활용집하장	○ 검토 - 차량기지 내 누락된 변전소, 자동일상검사장치실, 차체세척고 추가 ○ 결과 - 변전소, 자동일상검사장치실, 차체세척고 추가	**검토 중** 변전소, 자동일상검사장치실, 차체세척고에 대한 설계 검토 후 조치

○ 상세설계검토(CDR) 진행 현황 검토

- 상세설계검토(CDR) 종료보고서 제출 일정 : 2010. 11. 08(월) (상세설계검토(CDR) 종료보고서, 상세설계검토서, 쟁점사항)
- 사업단장-핵심과제 책임자회의(11월 24일 예정)에서 상세설계검토 종료 및 쟁점사항 보고, “장애없는 생활환경 인증” 관련 안건 제기 (1-1세부과제)

다) 점검결과 및 특기사항

- 인터페이스 점검 결과는 도시형자기부상열차실용화사업 전체 인

터페이스 현황에 반영함

- 상세설계검토(CDR) 종료 보고서는 기한 내 사업단에 제출하였으며, 2010년 11월 24일 실시한 사업단장-핵심과제책임자회의 시에 1-1과제에서 이를 보고함
- 규격 관련 사항은 검토 내용을 반영하여 사업단 승인을 완료함

4) 1-4세부과제 현황 점검회의('10.11.5)

가) 목적

- 1-4과제의 현안(인터페이스 사항에 대한 토의&점검, 성능시험 일정 등) 점검

나) 주요 점검 내용

○ 인터페이스 현안 점검

번호	요청	전달	요구성과물	상세사항
회의결과				
235	14	20	차량부품구성체계도 및 부품제작사양서	대차,부상장치,추진장치,보조전원장치,종합제어장치,차상신호장치(삭제,신규로 이동),기장/제동장치,실내내장
☞ 2핵심과 협의 중이나, 현재까지 미수신 상태임				
252	14	13	구성품시험절차서	차체시험,대차시험,부상장치시험,추진장치시험,보조전원장치시험,신호보안장치시험,종합제어장치시험
☞ 현재까지의 최신 버전은 수신하였으나, 승인본은 미 수신 상태임				
302	14	13	완성차 시험선 시험 계획서	완성차 시험선 시험 계획서 및 절차서
☞ 현재 버전은 수신함. 구성품시험, 완성차시험, 본선시운전의 절차서/계획서 요청 항목이 별도로 있으므로 본 항은 종결 처리함				
331	14	10	시스템통합 연차별 종합자료	시스템통합(SI) 종합보고서 (4차)
☞ 보고서 공유로 완료함				
336	14	20	시범노선 시험 계획서	시범노선 시험 계획서 및 절차서
☞ 1-3과제에 별도로 요청하고 있으므로 본항은 종결 처리함				
337	30	14	자기부상열차 운전규칙, 정밀진단기준	노반, 궤도, 역사, 차량기지(검수설비 등) 시공에 반영할 전 분야 자료 역사(정거장), 차량기지내 배선, 시설 Layout 구성 및 차량 정비를 위한 검수차고 건설을 위한 기준필요※ 차량기지에 포함되는 분야(노반, 궤도, 건축, 차량, 전력, 신호, 통신 분야 및 기지 운영 S/W 등
☞ 현재 3핵심 등에 검토의견 조회 등의 목적으로 제공된 바 있으나, 3핵심에서 별도로 필				

요시는 현재 개발 버전을 제공 가능함.				
339	10	14	운전규칙 및 정밀진단 기준	자기부상열차 운전규칙, 자기부상열차 품질인증기준
☞ 기 협의된 바와 같이 완료 처리함				
351	10	14	기준(안) 보완방안, 법제화 방안	자기부상열차 규칙 및 기준 보완 현황 및 계획. 법제화 현황 및 계획
☞ 기 협의된 바와 같이 완료 처리함				
361	14	10	인터페이스 현황 종합검토의견 및 권고사항	인터페이스 현황 종합검토 결과, 문제점 및 대책, 권고사항
☞ 과제별 방문 인터페이스 확인으로 가름. 완료처리함				
376	10	14	최종 7개 법령	최종 7개 법령의 법제화 추진
☞ 기 협의된 바와 같이 완료 처리함				
382	10	14	법령/기준 종합정비 실적, 최종 마무리 계획	법령/기준 종합정비 실적, 최종 마무리 계획, 관련 DB 자료
☞ 과제보고서로 대체하고 본항은 종결처리함				
387	14	10	인터페이스 현황 종합검토의견 및 권고사항	인터페이스 현황 종합검토 결과, 문제점 및 대책, 권고사항
☞ 과제별 방문 인터페이스 확인으로 가름. 완료처리함				
396	14	10	시스템통합 연차별 종합자료	시스템통합(SI) 종합보고서 (최종)
☞ 보고서 공유로 본항 종결 처리함				
407	14	10	운영규정	운영규정
☞ '11.12월에 운영기관의 운영규칙 제공시는 1-4과제 개발업무에 반영 불가하므로 종결처리함				

○ 성능시험 일정 검토

- 성능시험 일정계획, 방법, 절차 등에 대해 1-0과제와 1-3과제가 별도 협의 계획
- 관련 회의 내용은 필요시 별도로 1-4과제에 제공 예정

○ 통합공정계획 검토

- 현재 1핵심에서 사업단으로 보고한 통합공정표(안)을 1-4과제에 우선 제공
- 통합공정과 연계된 일정 변경 등에 대해서는 별도로 1-4과제에 제공 예정

○ 표준규격 관련

- 1-4과제에서 개발한 표준규격에 대한 도시철도기술실무위원회 심

의전, 설계변경 부분 등에 대한 사업단 내의 확인 절차 필요성 검토 요망

다) 점검결과 및 특기사항

- 인터페이스 점검 결과는 도시형자기부상열차실용화사업 전체 인터페이스 현황에 반영함
- 성능시험 일정계획, 방법 등에 대해서는 1-3과제, 1-4과제가 유기적으로 협조 가능토록 1-0과제에서 관리 수행
- 우리사업의 확정된 통합공정표를 1-4과제를 포함한 전체 과제에 공식적으로 배포함
- 표준규격에 대해서는 실무위원회 심의전 사업단 내의 확인 절차를 수행하는 방향으로 결정함

5) 1-2세부과제 현황 점검회의('11.1.7)

가) 목적

- 1-2과제의 현안(인터페이스 사항에 대한 토의&점검, RAMS 진행현황 등) 점검

나) 주요 점검 내용

○ 인터페이스 현안 점검

- 1-2과제 관련하여 문제되는 사항은 운영기관 관련 사항으로 운영기관에서 계획 제시 시 제공 가능

○ 서브시스템 RAMS 요구조건(차량 서브시스템)에 정의된 RAMS 문서 대비 RAMS 진행 현황

- 서브시스템 요구조건(차량) 요구문서의 요약본은 보고서에 포함되어 있음
- 요구문서 1-17번까지는 1-2과제 보고서 "완성차 신뢰성 및 안전성 분석 보고서" 및 "차량 주요장치 신뢰성 및 안전성 분석보고서"등에 요약 포함되어있고, 별도의 문서는 별권(RPD, FMECA)을 확인

함

○ 차량외 서브시스템 RAMS 진행 현황
- 신호 및 열차제어시스템(5가지 분석표)에 대해 검토 진행 중

○ 기계연 시험선 시험 관련 RAMS 활동 현황
- 기계연 시험선 시험 관련 RAMS 활동방안에 대해서는 1-3과제와 협의 완료
- 연속주행시험 시 주기적으로 고장정보를 제공 받아 FRACAS 수행
- 시험선 RAMS에 관해서는 1-2과제가 주도해서 수행하고, 1-3과제와 2-0과제의 지원을 받음

다) 점검결과 및 특기사항
- 차량서브시스템에 대한 RAMS는 정상적으로 수행됨
- 기계연 시험선에서늬 RAMS 활동은 상기에서 협의된 방향으로 수행 중

6) 1-1세부과제 현황 점검회의('11.1.13)
가) 목적
- 1-1과제의 현안(인터페이스 사항에 대한 토의&점검, 규격서 미결사항 검토, 시험/시운전 시의 역할 등) 점검

나) 주요 점검 내용
○ 인터페이스 현안 점검

번호	요청	전달	요구성과물	상세사항
회의결과				
324	11	20	시험선 시험/설계 보완 자료	시험선 시험/설계 보완 자료-기계연 시험선에서의 시험결과 및 설계 보완 자료가 언제 나올지는 확실히 알 수 없으나 대략 4차년도 후반으로 추측하여 이와 같이 설정함. 그러나 시험선 시험의 결과나 과정이 사양 추적 관리 데이터베이스에

				보완되는 것은 시험선 시험기간 동안 지속적으로 이루어질 가능성이 큰 것으로 판단됨-시험선에서 시스템이 요구사항을 만족하는지 설계의 어떤 내용이 보완되었는지에 대한 모든 내용이 사양 추적 관리 데이터베이스에 반영되어야 함
☞ 규격서 승인으로 본항은 종결 처리함. 규격 관련 변경사항 발생 시는 별도로 제공 요청 예정.				
406	14	11	운영개념서	시범노선의 운영개념서 개정안
☞ 1-4과제와 완료키로 협의된 사항임.				

○ 규격서 관련 미결 항목 검토

- 운전모드 통일 및 곡선부 궤도 사항 : 지난 사업단장-핵심과제책임자회의에서 협의된 사항으로 3핵심의 추가 action이 필요한 사항임. 진행 현황 모니터링 예정
- 통신분야 PBS 변경 사항 : 1-1과제에서 3핵심의 통신 담당자와 별도 협의

○ 시험/시운전 관련 1핵심/세부과제 역할 검토

- 시범노선 각 분야의 절차서는 해당분야에서 작성하여 감리 등 3핵심 내부 절차를 수행 후 사업단 승인 절차를 수행토록 하고,
- 사업단은 3핵심으로부터 승인 요청이 있을 시는 1핵심을 경유하여 1-1세부과제에 해당 절차서의 규격 만족여부 등을 검토 의뢰하고, 이에 대해 1-1과제는 절차서를 검토하여 규격 만족 여부를 확인함
- 또한 1-1과제는 규격 각 항목에 대응하는 검증 요구사항(검증 매트릭스)을 개발하고 이를 1-3과제에 전달함
- 1-3과제는 1-1과제에서 제시된 검증 요구사항 각 항목에 대한 시험에 참가하여 요구사항 만족 여부를 확인함

다) 점검결과 및 특기사항

- 인터페이스 점검 결과는 도시형자기부상열차실용화사업 전체 인터페이스 현황에 반영함

- 운전모드 통일 및 곡선부 궤도 사항은 사업단장-핵심과제책임자 회의에서 협의가 완료되어 그 결과를 1-1과제에 통보하여 규격서에 반영함
- 통신분야 PBS 변경 사항은 1-1과제에서 3핵심의 통신 담당자와 별도 협의 완료함
- 시험/시운전 시의 1핵심 세부과제 역할 정의는 사업단과 추가 협의가 필요한 사항으로 1핵심(안)을 사업단에 보고함

(나) 품질관리

1) 개요

- 세부과제 연구성과물 검토/반영, 연관 과제와의 협의 주관/지원/조정 등을 통하여, 세부과제의 연구가 원활히 추진될 수 있도록 지원/관리

2) 시험선시험절차서 검토

가) 검토내용

□ 시험일정계획과 절차서 승인요청 일정
○ 시험일정계획에서는 6월 14일부터 완성차 역행시험을 시작하는 것으로 계획하고 있으나, 본 시험절차서는 6월 15일에 승인을 요청하고 있으므로 일정상 부조화가 발생함.

□ 차량개발과제의 기술 검토
○ 시험선 시험절차서는 승인 전 2핵심의 기술검토가 필요하다고 판단되나, 1-3과제와 차량개발과제가 협의를 통해 “1-3과제와 2-0핵심과제간 기본적인 협의 검토에 의거하여 실시하되 일부 미진한 부분에 대하여 시험과정에 협의 후 보완 예정”(첨부 회의록 사본 참조)으로 제시하고 있으므로 시험과정에서 필요시 절차서의 수정보완이 요망됨.
○ 또한, 현재 사업단 승인 요청 중인 구성품 및 완성차 시험절차서와 같이 본 절차서의 내용/일정 등이 타과제(법규개발과제 등)의 연구 개발 일정에 미치는 영향을 최소화 할 수 있는 방안 마련 필요

□ 시험대상
○ “자기부상열차 시험선”을 “자기부상열차(시험선)”으로 수정

□ 세부시험평가계획 10부
○ 매 절차서 표지의 “별첨 세부평가계획 10부”에서 10부의 의미?

□ 적용범위 및 시험대상

○ 일부 절차서의 2절 “적용범위 및 시험대상”에 “건설교통부고시~~”으로 구버전을 기록하고 있으므로 수정 필요

□ 관련자료
○ 일부 절차서의 3절 “관련자료”부분이 TBD로 되어 있으므로 보완 필요

□ 용어 및 약어 설명
○ 일부 절차서의 4절 “용어 및 약어설명”부분이 TBD로 되어 있으므로 보완 필요

□ 측정장비
○ 일부 절차서의 6절 “측정장비”부분이 TBD로 되어 있으므로 보완 필요

□ 시험수행 조직
○ 일부 절차서의 7절 “시험수행조직”부분이 TBD로 되어 있으므로 보완 필요

□ 운전실
○ 일부 절차서의 내용에 “운전실”을 사용하고 있으나 이를 “간이운전대” 등으로 수정 필요

□ 보조전원장치시험 절차서
○ 3절 이후 부분 누락으로 보완 필요로 판단됨

□ 절차서 형식
○ 다음의 절차서는 다른 절차서와 형식이 다르므로 통일 필요
- 축전지 및 충전기 시험절차서
- 집전장치 시험절차서
- HVAC 시험절차서
- 주요기기 온도 및 상태시험 시험절차서
- 소음시험 시험절차서
- 진동시험 시험절차서
- 승차감시험 시험절차서

□ 부상장치시험 절차서

○ 10.1.1)~5)의 각 도표의 각 항목 설명칸 추가 필요

□ 모듈 레일추종 성능시험 절차서
○ 8.2.3에서 분기기 정위 방향으로 25km/h를, 분기기 반위 방향으로 10km/h를 적용하고 있으나, 해당 속도 조건이 최악 조건인지 확인이 필요함
○ 10절 시험기록서의 각 도표의 “순”을 “순번” 등으로 칸 넓이 조정 필요

□ 역행시험 절차서

○ 8절 시험절차 중 “전수시험은 공차만 실시”, “성능시험자가 협의하여” 등 시험선 시험절차서에 부적적한 용어 수정 필요
○ 8.2.5의 “동일한 편성에 의한 구원운전” 등 시험선 시험에 부적절한 부분 수정 필요

□ 비상롤러추진시험 절차서
○ “시험결과 기록 양식” 추가 필요

나) 결과 및 기타

- 검토의견을 1-3세부과제 연구개발(시험선시험 절차서)에 반영

3) 전기분야 상세설계검토(CDR) 결과 검토

가) 검토내용

<신호 및 열차제어시스템>

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
1				일부 항목에 리스크 수준이 기록되어 있는 바, 향후 우선순위를 결정하여 관리 대상으로 지정 가능한 지?
2	4.1 신호 및 열차제어 시스템의 특징	1) 궤도회로와 상관없이 **고정밀의 열차위치**가 결정되어야 한다.	열차검지는 열차의 전두부와 후두부에 송신안테나를 설치하여 열차의 진행방향에 따라 전두부에서 열차 진입을 알리는 체크인 신호, 후두부에서 열차가 빠져나온 것을 알리는 체크아웃 신호를 각각 송신하고 각 폐색마다 포설된 평행 2선식의 루프코일에서 이 신호를 수신하여 열차를 검지하는 체크인, 체크아웃 방식을 채용하고 있다.	고정밀의 열차위치 검지와 설계검토내용과는 차이가 있는 것 같음.
3	4.2.1 환경조건	2) 신호 및 열차제어시스템의 각 하부장치에 대한	1. ATO Local 제어장치 (1) 온도 : 0℃ ~	전자기 적합성에 대한 설계검토내용 없음

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
			45℃(옥내 신호기계실) (2) 습도 : 90%이하일 것 2. ATO Local 전송장치 (1) 온도 : - 옥내 : 0℃ ~ 45℃ - 옥외 : -25℃ ~ 45℃ (2) 습도 : 90%이하일 것 - 옥내 : 90%이하일 것 - 옥외 : 90%이하일 것(지상자는 100%이하) 1. ATO Data 송수신장치(옥외) (1) 동작온도: -40℃ ~ 55℃ (2) 상대습도: 10 ~ 90% 2. ATO Data 스위칭허브(옥내) (1)- 동작온도: 0℃ ~ 45℃ (2) 상대습도: 10 ~ 85% - 전자연동장치 1.4 환경조건 본 사양서에서 규정하는 장치는 [표1-1]의 사용 환경조건에 의한다. ATP (1) 온도 : - 옥내 : 0℃ ~ 45℃ - 옥외 : -25℃ ~ 45℃ (2) 습도 : 15~80%이하일 것 (3) 진동 : 0.5G 이하 (4) 적설량 : 30cm 이하	
		전자기 적합성은 KS C IEC 61000 또는 KS C IEC 62236에 따른다.		
4	4.3 설계 요구사항	6) 장래 시스템 확장을 대비하여 인터페이스 방안을 제시하여야	• 장래 시스템 확장을 대비하여 인터페이스	규격 내용에 대한 단순 기재가 아닌 실질적인

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
		한다.	방안을 제시하여야 한다.	설계반영 내용이 설계검토내용에 기재될 필요가 있음
5	4.3 설계 요구사항	7) 전원 Set-up시 자동적으로 시스템 초기화가 이루어져야 하며, 별도 조작 없이 정상 동작이 되어야 한다.	• 전원 Set-up시 자동적으로 시스템 초기화가 이루어져야 하며, 별도 조작 없이 정상 동작이 되어야 한다.	규격 내용에 대한 단순 기재가 아닌 실질적인 설계반영 내용이 설계검토내용에 기재될 필요가 있음
6	4.4.3 신호방식	본선 구간의 신호방식은 **차상거리연산제어방식을 기반으로 한 차상신호방식**의 ATC(Automatic Train Control)System 방식으로 ATP, ATO, ATS Sub-System으로 구성되며, 비상시에는 지상신호 방식인 입환신호 현시에 따라 수동운전을 수행한다.	차상 ATP 시스템은, 4 가지의 동작 모드와 1 가지의 차단 모드(FMC 모드)를 가진다. 4 가지의 동작 모드는 완전자동 운전모드(Full Automatic mode), 자동 운전 모드(Automatic mode), 수동 운전 모드(ATP Manual mode) 및 기지 운전 모드(Yard mode) 가 그것이다.	DTG에 대한 설계검토내용 없음.
7	4.4.3.1 ATP/ATO 방식	자기부상열차 신호시스템은 **차상거리연산제어방식(Distance-to-Go)**을 기반으로 한 ATC(Automatic Train Control) 차상신호방식으로 신뢰성, 안전성을 갖춘 무인운전시스템으로 한다.		
8	1) 무인운전모드	- **무인운전모드**는 지상 및 차상 신호시스템에 의하여 승무원의 어떠한 개입 없이 출발, 가속, 감속, 타행, 제동, 승강장 정위치 정차 등 완전자동운전 상태로 운전되어야 한다.	**완전자동 운전모드**는 완전한 자동 운행을 의미한다. 이 모드에 있어서 열차는 운행 중에 승무원의 간섭을 요구하지 않는다. 차상 ATO 시스템은 가속, 감속, 자동 정차 등의 주행을 자동으로 수행한다. 차상 ATP 시스템은 열차의 속도를 감시하다가 모든 과속 조건에 대해 반응한다.	무인운전모드를 “완전자동운전모드”로 달리 사용할 경우 규격 만족 여부는?
9	4.5.2.4 선로구축물	● 분기기 구간에 대한 시공 방법 및	-	설계검토내용 없음

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
		업무 구분		
10	4.5.2.6 차량기지	● 신호시스템 → 검수정보 간 고장정보의 인터페이스 관련 구성	-	설계검토내용 없음
11	5.1.2 열차출입문 제어	4) 자동열차보호장치는 열차 출입문 제어 시스템의 고장정보를 검지해야 한다.	-	설계검토내용 없음
12	5.2.2 정위치 정차	2) 제동시스템의 허용치 이내에서 모든 역 정차에 대해 역 정차 정확도는 도시형자기부상열차 성능시험기준을 따른다.	ATO 시스템은 목표 정차 지점 **±31 cm** 이내의 범위에 자동적으로 열차를 정차시킨다.	오타 ?
13	5.2.3 출입문 제어	3) 자동열차운전 기능을 갖는 시스템은 열차 출입문 제어 시스템의 고장정보를 검지하여야 한다.	-	설계검토내용 없음
14	5.5.1 정보전송장치	1) 무선통신설비는 제공되는 정보를 데이터 형태로 가공하여 전송하여야 한다.	-	설계검토내용 없음
15	5.6.1 기상검지장치	3) 강설검지장치 선로변의 적설량을 측정하여 ATS 장치로 정보를 전송하고 열차속도제한을 하여야 한다. 강설검지는 20mm 단위로 강설량을 표시하여야 한다. 열차 정지 조건은 다음과 같다. ● 적설량 300mm 이상 시 열차운행 정지 ● 최대강설강도 시간당 125mm 이상시 열차운행 중지 4) 지진 검지설비 ● 설치 위치 : 자기부상열차 차량기지 ● 경보 내진 : 지진 가속도 계수 0.15 이상 일 때	미반영	미반영하는 것이 맞는 것인지? 맞다면 규격 변경 필요성은?
16	5.7.2 축전지	6) 축전지를 보관할 경우에는 방전되지 않도록 적절한 보호조치를	-	설계검토내용 없음

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
		강구하여야 한다.		
17		2) 고장정보는 주기적으로 지상과의 통신네트워크를 통해 관제실에 보고되어야 한다.	-	설계검토내용 없음
18	5.8 차상신호설비	4) ATP/ATO장치는 종합제어장치와 연계하여 필요 DATA의 수신, 고장 정보 및 기타 정보의 송/수신 기능을 갖는다.	-	설계검토내용 없음
19	5.8.1.2 열차 속도 제한	7) 열차가 운행 중인 선로구간에서 차량, 선로 또는 통합관제실 중에 설치된 비상정지 스위치가 동작한다면, 최대 안전 속도는 즉시 0으로 설정되어야 한다. 작동될 기능은 다음과 같다. ● 비상정지 활성화 ● 부저의 작동 ● 역내 운영자 및 통합관제실 운영자로 알람의 작동 ● 역내 운영자 및 통합관제실 운영자에 의한 비상정지 활성화의 종료	-	설계검토내용 없음
20	5.8.1.3 수동모드 속도제한	수동모드 중에는 제한된 최대안전속도를 만족하여야 한다. 운전석에 있는 비상제동 버튼이 눌러지면 안전속도는 즉시 0으로 되어야 한다.	-	설계검토내용 없음
21	5.8.1.4 열차속도 표시 및 경고	2) 수동모드 운전에서 자동열차보호의 정보가 없으면 제한 속도정보가 0으로 표시되어야 한다.	-	설계검토내용 없음
22	5.8.1.6 비상제동 동작 후의 동작	1) 비상제동이 적용된 경우에 열차는 완전히 정지하여야 한다. 열차는 비상제동	-	설계검토내용 없음

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
		원인이 해결되고, 운전자나 통합관제실에서 재기동을 하여야만 출발이 허용되어야 한다.		
		2) 재기동 수행 후 자동열차보호/자동열차운전 기능을 확인하는데 걸리는 시간은 이상적으로 1초 이내가 되어야 하고 3초를 초과하여서는 안 된다.		
		3) 본선구간에서 비상정지하고 승객이 대피하여야 할 경우, 비상통로와 연결되는 출입문을 전부 개방하는 기능이 있어야 한다.		
23	5.8.2 차상 ATO장치	5) 회차역에서 운전 전환은 지상신호설비와 연계동작에 의하여 자동으로 이루어질 수 있도록 한다.	-	설계검토내용 없음
24	5.8.2.1 자동속도제어	6) 속도제어 알고리즘은 정상 운행 조건 하에서 높은 승차감을 제공하도록 설계되어야 한다. 또한 필요한 시격성능과 조화를 이루면서 저크가 최소치를 갖도록 하여야 한다.	-	설계검토내용 없음
		7) 속도조정, 시격조정, 신호검사 또는 역 정차로 인한 모든 제동 요구사항에 대해 저크 한계는 모든 역간 운행에서 자동열차운전에 의해 최대 0.2m/s3 로 제한되어야 한다. 궤도의 구배, 열차길이 및 상용제동의 응답시간과 허용치를 고려하여 저크의 최대치는 0.8m/s3 로서 모든 설계 시에 이 값을 초과하지 않도록 한다.		

<통신시스템>

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
1	모든항목			검증방안 및 검증 항목이 전체적으로 “설계성과물”로 기재되어 있음
2	모든항목			리스크 영향성에 대한 검토 내용 없음
3	5.2.7.1 세부 기능	● 낙뢰 및 서지로부터 시스템을 보호할 수 있는 기능을 확보해야 한다.	'-낙뢰 및 서지로부터 시스템을 보호할 수 있도록 접지설비 반영	접지설비 만 반영하는 경우 서지로부터 보호가 가능한지?

<전력시스템>

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
1	모든 항목			리스크 영향성에 대한 검토 내용이 획일적으로 품질(성능) 0.3으로 기재되어 있음
2	4.4. 인터페이스 요구사항 4.4.1. 타 서브시스템과의 인터페이스 4.4.1.1. 차량	● 최고설계속도 주행 및 최소곡선반경 통과를 감안한 차량 집전장치와 제3궤조 전차선로의 물리적 인터페이스 추진시스템 효율을 고려한 집전장치 및 집전판 규격 제3궤조 전차선로의 공차(설치 및 유지보수공차) 제3궤조 전차선로의 설치 및 유지보수 공차, 전차선 단면적, 낙하방지 설계안, 무가압 구간의	-	- 설계검토내용 없음 - 검증 주체가 “한국시설공단” 보다는 “시공감리”로 수정할 필요 있음

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
		절연구분장치 길이 및 형태		
3	5.2.1. 직류계통	2) 변전설비는 선로 조건, 운전 조건에 따라 정류계통의 단위정격을 결정하되 **수전전압을 고려하여 4,000 kW 이하로 한다**	* 직류계통의 변전설비는 선로 및 운전조건에 따라 정류기 용량이 선정되었으며 차량에 공급전압은 DC 1500V임	**"수전전압을 고려하여 4,000 kW 이하로 한다"**에 대한 설계검토내용 없음
	5.3.1. 급전계통	● 검수고 내부에는 검수계획에 따른 **스팅거 시스템을 구비**하여야 한다.	* 급전계통 1) 본선구간 - 계통별 상하선, 방면별로 구분하여 급전계통 구성 - 비상용 단로기를 분기기에 설치하여 장애발생시 장애구간 최소화한다 - 단로기는 투입, 개방 및 접지의 3단계 조작 가능 2) 기지구내 - 급전계통 구분 : 입출고선, 시운전선, 정비선, 유치선 - 작업자 안전확보를 위해 BLS(Blue Light Station)설치 - 단로기는 투입, 개방 및 접지의 3단계 조작 가능 - 검수고 전단에 단로기 설치로 작업자 안전확보 3) 입/출고선 - 상,하선별 급전계통은 구분하고 입출고선 전원공급의 신뢰성 확보를 위하여 연장급전할 수 있도록 구성함 4) 정/부 급전선 사양 - 정급전선과 부급전선은 직류 급전계통에 적합할 뿐 아니라 케이블의 유연성이 확보되어 제3궤조 전차선로	**스팅거 시스템**에 대한 설계검토내용 없음

번호	제목	규 격	2차 설계검토 결과 (대안설계)	(1-0) 과제 검토 내용
			연결지점의 하중이 최소화되도록 1.5kV 저독성 절연 연동선 케이블을 적용한다 5) 급전계통은 보호계전기에 의하여 보호 및 차단할 수 있도록 구성	
4	5.3.2. 제3궤조 전차선로 구성	1) 직선구간 **2.5m**, 곡선구간 **1.5m를 기준**으로 한다.	1) 지지점 간격 : 직선구간 **3.6m**, 곡선구간 **2.5m** - 선로 조건에 따라 직선구간 및 곡선구간은 표준거리를 초과하지 않는 범위 내에서 상세 또는 설계 시 조정 가능함	기준이 서로 상이함
5		2) 전차선로의 높이 ● 거더(주행지지대)의 양 측면에 설치되는 3궤조 전차선로의 높이는 자기부상열차의 집전장치의 제원 및 구조, 거더(Girder)의 형상 및 열차의 부상간격과 기울기에 따라 표준높이를 설정하여야 하며, **부상레일 상면에서부터 1,169±5㎜ 아래에 설치**하여야 한다.	2) 전차선로의 높이 - 구조물의 양 측면에 설치되는 제3궤조 강체전차선로의 높이는 자기부상열차의 집전장치의 제원 및 구조에 따라 표준 높이를 설정하며 구조물 거더(Girder)의 형상에 따라 자기부상 열차의 부상간격과 기울기를 고려하여 설정한다 - **궤도부상레일상면(b)으로부터 전차선(a) 습동면 중심까지의 수직거리 : 767㎜±5㎜**	기준이 서로 상이함

나) 결과 및 기타

- 검토의견을 1-1세부과제 연구개발(CDR 결과)에 반영

4) 신호 및 열차제어시스템 규격서 조견표 검토

가) 검토내용

번호	제목	규 격 현 안	수정안	비고(근거)
18	5.8.2 차상 ATO 장치	차상 ATO장치는 지상설비로부터 정보를 수신하는 수신기와 열차자동운전 시 필요한 역간 자동열차주행, 정위치 정차, 출입문 자동개폐, 스크린도어 제어, Skip stop, 역에서 자동출발 등의 기능을 수행한다.	차상 ATO장치는 지상설비로부터 정보를 수신하는 수신기와 열차자동운전 시 필요한 역간 자동열차주행, 정위치 정차, 출입문 자동개폐, ~~스크린도어 제어~~, Skip stop, 역에서 자동출발 등의 기능을 수행한다.	**~~담당과제 규격서 수정 요청~~** 스크린도어 제어 기능을 지상 ATO Local 장비로 이동 스크린도어는 신호 및 열차제어시스템에서 제어하지 않으며 PSD 시스템에서 확인 필요 <'10.08.30_전기분야 CDR 검토회의>
<1핵심 검토 의견> - "스크린도어 제어 기능을 지상 ATO Local 장비로 이동 스크린도어는 신호 및 열차제어시스템에서 제어하지 않으며 PSD 시스템에서 확인 필요"를 - "스크린도어 제어 기능을 지상 ATO Local 장비로 이동. 스크린도어는 차상 ATO 장치에서 제어하지 않으며 지상 ATO Local 장비에서 제어(PSD 개폐 정보 제공)함"으로 수정 필요				

나) 결과 및 기타

- 검토의견을 1-1세부과제 연구개발(신호 및 열차제어시스템 규격서)에 반영

5) 성능시험기준(안) 검토

가) 검토내용

① 성능시험기준(안)의 별표 25 지상설비와의 연계동작 시험 검토

○ 성능시험기준(안) 개발 시 특정제품(신호 및 열차제어시스템)에 국한된 용어, 기능 등은 배제 되어야함.

○ 이런 측면에서 대우엔지니어링(신호 및 열차제어시스템 계약자)에서 제시한 검토 의견보다는 1-4과제가 개발한 원안이 보다 일반적인 용어 및 기능을 제시하고 있으므로, 원안을 유지할 필요가 있음

② 차내 외 누설자속측정 필요성에 대한 타당성 검토

☐ 도시형자기부상열차실용화사업단 제공 Q&A자료 내용

Q4. 도시형 자기부상열차에서 발생하는 전자파는?

- 자기부상열차의 전자장은 열차내, 역구내, 선로주변 어디에서나 인체에 안전한

수준으로 측정결과 최대 약 3.5 μT 임
(바닥에서 1m 높이, 5 ~ 32 kHz 대역, 한국표준연구원 측정)

[보충설명] 전자장 기준 및 지하철 전자장 측정결과

- 인체보호기준: 83.3 μT (60 Hz, 정보통신부고시 2001-88호)
- 서울 지하철 전자장 비교

서울 지하철*	비고	인체보호기준
최대 17.47 μT	바닥에서 1.5 m, 1호선	83.3 μT
최소 0.29 μT	바닥에서 1.5 m, 2호선	

* 국립환경연구원, "국내 전철 및 가전제품을 대상으로 한 전자장 수준 실태조사", 한국산업위생학회지 제15권 제1호, 2005. 3.
조사대상 서울시 지하철 9개 노선 중 5개 노선이 1 μT 이상

- 기타 자기장 세기
  - 地磁界(Earth's Magnetic field) : 50 μT(한국은 38 μT)
  - 독일의 자기부상열차(Transrapid) : 100 μT
  - 컬러TV : 500 μT
  - 헤어드라이어 : 1000 μT
  - 전기스토브 : 1000 μT

(출처 : Transrapid Maglev System, HESTRA-VERLAG Darmstadt)

□ 검토 의견

○ 한국표준연구원에서 한국기계연구원 시험선의 도시형 자기부상열차(UTM-01)를 대상으로 측정한 결과 최대 약 3.5 μT(바닥에서 1m 높이, 5 ~ 32 kHz 대역)로 다른 도시철도와 같이 정보통신부고시 2001-88호의 인체보호기준인 83.3 μT (60 Hz) 보다 월등히 낮은 수준임

○ 우리 사업 초기에 일부에서 자기부상열차 유발 자기장의 인체 안전성 검토필요 제기가 있었으나, 상기와 같이 도시형자기부상열차실용화사업단 주관으로 한국표준연구원이 실측하여 도시형 자기부상열차로 인한 자기장은 인체에 안전한 수준임을 입증한 바 있음

○ 이와 같이 타 도시철도와 같이 정통부고시 인체보호기준 대비 월등히 낮은 자기장 수준을 유지하는 도시형 자기부상열차에만 유독 누설자속시험 항목을 성능시험으로 추가한다는 것은 일부에서 제기하는 자기부상열차는 자기장의 세기가 인체에 영향을 줄 수 있다는 잘못된 오해를 증가 시킬 가능성도 있으므로, 현시점에서는 별도로 본 항을 추가하지 않고, 향후 도시철도 성능시험기준의 개정 방향과 그 맥을 같이하는 것이 타당할 것으로 판단됨

③ 선로 조건에 따른 차량성능시험 관련 검토

□ 도시형자기부상열차실용화사업단 제공 선로요구조건

항목		시공완료 기준	유지관리 기준
레일처짐		· 부상레일 끝단 0.3mm 이하	-
레일공차	· 수직	±3mm	±5mm
	· 수평	±3mm	±5mm
	· 궤간	±3mm	±4mm
	· 이음매 단차 수직	±1mm	±1mm
	· 이음매 단차 수평	±0.5mm	±1mm
	· 좌우높이차	±2mm	±4mm
	· 뒤틀림	±1mm	±2mm
거더 처짐한계		· 90km/h 미만구간 : L/2,000 이하 · 90km/h 초과구간 : L/3,000 이하	-

□ 이론적 고찰

○ 이론적으로는 자기부상열차는 상기의 선로 요구조건들의 최악 조건 조합은 물론 곡선, 구배를 포함하는 최악 조건 조합에서도 성능을 발휘하는 것을 확인하도록 성능시험기준을 정립하는 것이 타당함

○ 이를 위해서는 어떤 조합이 최악 조건 조합인지를 이론적으로 정립하고, 해당 조건 조합을 시험선/영업선 등에서 구축한 후에 시험열차를 운행하여 측정된 결과가 기준치(차량의 성능 마진 포함) 이내 인지를 확인하면 될 것으로 판단됨

□ 리니모 고찰

○ 2-3과제의 기술자문인 일본전문가의 설명에 따르면,
- 단차의 경우 시험선 등에서 수차례 시험 및 시뮬레이션을 통해 자기부상열차의 단차(d)와 부상갭 변동(g) 사이에는 약 1.5배의 함수 관계(g=약 1.5d)가 있는 것을 확인하였으며,
- 영업노선에 투입된 열차들에 대해 별도로 최악 선로 조건 하에서의 차량 성능시험 확인을 하지 않고, 영업 선로를 주행하면서 gap 변동을 측정하여 기준치(리니모의 경우 +/-4mm) 이내 인지를 확인함

□ 현실적 고찰(검토 의견)

○ 상기 선로 요구조건의 각 항목별 최악 조건을 시험선, 영업선 등에서 구현하여 해당 열차의 성능시험을 실시하는 것은 가능하리라 판단되나,
○ 단위 항목에 대한 성능이 입증된 경우라도 둘 이상의 조건이 조합된 최악 조건에서 열차성능 확인이 여전히 필요하나, 이러한 조합된 최악 선로 조건들을 모두 구현하는 것

은 상당히 어려운 문제라 판단됨

○ 또한, 구현된 최악 조건 조합의 신뢰성(구현된 최악 선로 조건 조합의 측정 데이터의 신뢰성) 또한 입증이 간단한 문제가 아니라고 판단됨

○ 이러한 현실적 어려움을 고려하여, 도시형자기부상열차도 일본 전문가가 설명한 바와 같이 단차와 갭변동 간에 유사한 함수 관계가 있다는 가정 하에, 별도로 시험선 등에서 최악 조건 조합 상의 성능을 입증하는 대신 해당 영업노선 전 구간을 영업 운행 조건으로 운행하여 갭 변동 기준(차량의 성능 마진 포함) 이내로 성능을 유지하는 지를 확인하는 방안

○ 가능하다면 영업운전 개시 후 주기적(예를들면 매 1년 주기)으로 영업노선을 운행하여 갭 변동 기준 이내 유지를 확인하는 내용 포함 방안도 고려 필요

※ 차량의 성능마진 이란 “갭”의 경우 +/-3mm가 기준인 반면 기준 보다 더 큰 갭변동 예를 들면 4mm의 갭 변동이 발생하더라도 열차, 승객 등에 별다른 영향을 미치지 않는다면, 이 경우 차량의 성능마진은 1mm 이상 있는 것으로 간주 될 수 있음

○ 자기부상열차 성능시험기준과는 별개로 도시철도시설 성능시험기준에 상기의 선로요구조건 만족 여부를 확인하는 내용이 포함될 필요 있음

○ 또한, 주기적 성능확인시험이 자기부상열차 성능시험기준에 포함된다면 도시철도시설 성능시험기준에도 “자기부상철도의 경우는 영업개시 후 매 1년 주기로 자기부상열차를 이용한 시험을 실시하여 차량이 갭변동 기준 이내로 유지될 수 있도록 선로요구조건을 유지해야 한다.“는 규정을 추가하는 것도 고려할 필요가 있음

④ 모듈 흡착 시험 관련 검토

□ 리니모 고찰

○ 2-3과제의 기술자문인 일본전문가의 설명에 따르면,

- 부상실패로 인한 추락과 전자석의 흡착은 방향성의 차이와 접촉면의 모양, 성질 등의 차이가 존재하지만 유사한 성격을 가지고 있음
- 주행 중 추락의 경우 착지 스키드 등이 추락 시의 충격을 최소화하기 에 적합하게 설계되어 있는 반면,
- 주행 중 흡착의 경우 흡착 시의 충격을 최소화하기에 적절하게 모듈을 설계함

- 리니모의 경우는 시험 및 시뮬레이션 결과 추락에 의한 stress가 흡착에 의한 stress보다 약 2배 이상 강하게 나타나는 점과, 주행 중 흡착시험 구현이 어려운 점을 감안하여 운행 최고속도에서 추락 시험은 실시하였지만 흡착시험은 실시하지 않았음

□ 검토의견

○ 도시형자기부상열차도 상기 일본 전문가의 설명과 유사한 특성을 가지고 있다면 최고

속도에서의 추락 시험은 고려하되 별도의 흡착시험은 시행하지 않는 것이 타당하다고 판단됨

⑤ 자문의견 대비 조견표 검토

□ 일반사항

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
총칙	제1조(목적) 이 기준은 도시철도법시행령(이하 “영”이라 한다) 제25조의4 및 제25조의5의 규정에 의한 자기부상차량 ~(생략)~	제1조(목적) 이 기준은 도시철도법 시행령(이하 “영”이라 한다) 제25조의4 및 제25조의5의 규정에 의한 도시형 자기부상차량 ~(생략)~	◦제목 및 법에 “도시형” 및 “도시철도법 시행령”으로 정해져 있음	◦반영	
	제3조 구성품시험 4. 부상장치시험의 세부기준 및 방법은 별표 4와 같다.	제3조 구성품시험 (삭제)	◦2. 대차시험의 세부기준 및 장치에 추가 시험항목으로 수행 -부상장치에 대한 시험은 구성품시험과 완성차 시험에서 별첨내지는 추가시험 항목으로 별도로 정하여 시험하면 문제 없음	◦미반영 -부상장치는 신규 장치로서 기존의 구조에 편입하여 포함하는 것은 바람직하지 못한 것으로 판단됨	
	제3조 완성차시험 6. 부상제어장치시험의 세부기준 및 방법은 별표 13과 같다.	제2조 구성품시험 (삭제)	◦2. 대차시험의 세부기준 및 장치에 추가 시험항목으로 수행 -부상장치에 대한 시험은 구성품시험과 완성차 시험에서 별첨내지는 추가시험 항목으로 별도로 정하여 시험하면 문제	◦미반영 -부상장치는 신규 장치로서 기존의 구조에 편입하여 포함하는 것은 바람직하지 못한 것으로 판단됨	

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
			없음		
	제5조(본선시운전) ① 영 제25조의4제2항에 의한 본선시운전의 세부기준 및 방법은 다음 각 호와 같다.	-	◦도시철도 차량성능시험과 다를 이유 없음	◦미반영 -본 성능시험기준(안)은 현행 기준의 시험목적과 그 방법에 따라 재분류한 것임 -또한 자기부상열차의 특성(비상착지시험)과 관계된 시험은 별도로 추가하여 나타냄이 바람직함	
	제6조(동일차량의 확인) ③ 성능시험자는 제1항의 규정에 의하여 동일 차량으로 확인된 차량에 대하여 제5조제1항제1호의 주행시험 중 최고속도시험과 제2호, 제3호, 제5호, 제6호, 제7호, 제10호의 시험을 실시하지 아니한다. 다만, 차량의 안전 및 성능확인이 필요하다고 인정되는 경우에는 아니한다.	제6조(동일차량의 확인) ③ 성능시험자는 제1항의 규정에 의하여 동일 차량으로 확인된 차량에 대하여 제5조제1항제1호의 주행시험 중 최고속도시험과 제2호, 제3호, 제5호, 제6호, 제7호, 제10호의 시험을 실시하지 아니한다. 다만, 차량의 안전 및 성능확인이 필요하다고 인정되는 경우에는 아니할 수 있다.	◦강제 하는 것보다 여건을 보아가면서 시행여부를 판단함이 바람직함	◦미반영 -“안전 및 성능확인이 필요하다고 판단된 경우”이므로 성능시험자의 판단에 따르도록 하는 것이 바람직함	원문 내용 수정 - 원문의 내용 “경우에는 아니한다”를 “경우에는 그러하지 아니하다”로 수정 요망
	제7조(시험의 신청) ③ 2. 시험시설의 규격서	제7조(시험의 신청) ③ 2. 시험시설의 사양서	◦용어사전에 규격서 보다는 사양서가 더 타당함	◦미반영 -사양은 (일본)외래어로서 ‘설계 구조’, ‘설명’, ‘설명서’, ‘품목’ 등을 의	

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
				미함 -규격은 “제품이나 재료의 품질, 모양, 크기, 성능 따위의 일정한 표준”을 나타냄	
	제18조(수수료) 영 제25조의5제2항에 의하여 성능시험자 지정서를 교부받은 성능시험자는 업무개시일로부터 30일 이내에 도시철도법 제23조의2제2항에 따른 시험수수료를 국토해양부장관에게 승인을 받아야 한다.	(삭제)	◦도시철도 차량성능시험과 다를 이유 없음	◦반영 -제18조 “수수료”는 삭제함	

□ 세부사항

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
별표 24. 지상설비와의 연계동작시험	1. 적용범위 이 규정은 자기부상열차	1. 적용범위 이 규정은 도시형 자기부상열차	◦명칭 통일 필요	◦반영	
	2. 용어정의 ATP Automatic Train Control, 자동열차제어	2. 용어정의 ATP Automatic Train Protection, 자동열차보호	◦용어 정의 수정	◦반영	
	(표1) 시험항목 -	(표1) 시험항목 (형식시험) -스테이터부와 리액션플레이트 간 인터페이스 항목추가 - 차상에 스테이터부와 지상	◦차상에 스테이터부와 지상의 리액션플레이트는 차량의 전후, 좌우, 상하 진동에도 불구하고 자동적으로	◦미반영 -차량과 선로의 일정 공극과 관련된 시험은 주행시험에 포함되어 있음. -본 연계동작시험은 차	

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
		의 리액션 플레이트간 일정 간극을 유지하도록 규정치를 적용하여 인터페이스 시험을 일정 자속수를 유지하도록 하여야 한다.	응동하여 일정 자속수를 유지하도록 적정 간극이 유지되어야 누설자속 및 유도장애가 최소화되므로 생명주기 관점의 단품수명주기와 연계하여 양 자극간 일정 간극이 유지토록 시험항목에 규정치를 설정하여야 함	량과 선로의 동적인 행위가 확인되는 시험으로 국한되어야 할 것임	
	5.2.2 ATO 운행시험 4) 자동운전모드 운행시험 ⑬ ⑫에 의하여 정위치 정차율을 산정할 경우, 특별한 규정이 없다면 차량은 지정된 정차위치에 대하여 ±500 mm를 초과하지 않아야 하며, 측정된 정차위치는 ±350 mm의 범위내에서 90% 이상의 정위치 정차율을 가져야 한다. 5) 무인운전모드 운행시험 ⑬ ⑫에 의하여 정위치 정차율을 산정할 경우, 특별한 규정이 없다	5.2.2 ATO 운행시험 4) 자동운전모드 운행시험 ⑬ ⑫에 의하여 정위치 정차율을 산정할 경우, 특별한 규정이 없다면 차량은 지정된 정차위치에 대하여 ±500 mm를 초과하지 않아야 하며, 측정된 정차위치는 ±350 mm의 범위내에서. 99.5% 이상의 정위치 정차율을 가져야 한다. 5) 무인운전모드 운행시험 ⑬ ⑫에 의하여 정위치 정차율을 산정할 경우, 특	◦ 역사내 PSD 설치 및 승객안전과 서비스 향상을 위해 차량의 정위치 정차 향상이 필요 ◦ 90%의 정차율은 너무 낮은수치임. 현재 운영중인 자동운전차량의 경우 99.5% 이상의 정차율을 규정하고 있음. 90%의 정차율은 하루 5000번	◦ 미반영 -정위치 정차 성능 스펙은 발주시 제시되는 조건으로서 본 성능시험기준(안)에서는 도시철도에서 요구되는 최소한의 수준을 제시하는 것이 바람직함 ◦ 추가 검토 필요 -적정한 정위치 정차율의 수준(특히, 무인운전 고려)	-시범노선의 신호 및 열차제어시스템 규격서에는 “정위치 정차는 정차지점에서 편차가 ±30cm 이하이어야 하며, 신뢰도는 99.9% 이상이어야 한다.”로 규정되어 있으며, 이는 3핵심과제에 의해 승

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
	면 차량은 지정된 정차위치에 대하여 ±500 mm를 초과하지 않아야 하며, 측정된 정차위치는 ±350 mm의 범위내에서 90% 이상의 정위치 정차율을 가져야 한다.	별한 규정이 없다면 차량은 지정된 정차위치에 대하여 ±500 mm를 초과하지 않아야 하며, 측정된 정차위치는 ±350 mm의 범위내에서 99.5% 이상의 정위치 정차율을 가져야 한다.	이상 역을 정차하는 대전의 경우에도 500번 이상이 정차율을 못 지켜도 성능시험에 합격하는 수준임		인된 제작 승인도에 도 반영되어 있으므로 향후 성능시험자는 승인된 규격서/제작 승인도에 따라 해당 신뢰도 달성을 확인할 것으로 판단되나, -본 성능시험기준은 시범노선에 국한되는 법규가 아니기 때문에 도시철도차량성능시험기준에서 정의하 듯이 승객의 승하차에 문제가 될 수 있는 ±500 mm는 초과하지 못하도록 규정하고 정차의 정확도는 ±350 mm의 범위내에서 90% 이

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
					상으로 원안을 유지하는 것이 타당하다고 판단됨
	5.2.2 ATO 운행시험 <신설>	5) 무인운전모드 운행시험 열차가 역에 정위치정차를 실시하고 승강장스크린도어(PSD) 연계되어 정상동작을 확인하고 차량의 정보가 TWC를 통하여 지상에 정확하게 전달되는지 확인한다.	◦무인 자동운전시 열차의 고장이나 상태정보를 관제가 알 수 있도록 수신되는지 확인하고 승강장 스크린도어와의 연계에 대한 사항도 확인시험	◦미반영 -본 성능시험기준(안)은 차량에 대한 시험·인증이므로, 지상에 대한 동작 평가는 적합하지 못함 -실제 운행에서와 같이 지상설비의 연계동작은 일부 시설성능시험기준에서 제시되거나 최종적인 종합시험에서 실시함이 바람직할 것임	미반영 의견을 명확히 정리 필요 있음 - 지상설비와 연계하여 차량의 출입문이 적절하게 개폐되는 것을 확인하는 시험과 TWC 메시지의 정상동작확인 시험은 별표24에 이미 포함되어 있으며, PSD와의 연계동작시험은 지상신호설비를 경유한 2차적 인터페이스 사항이므로 이는 본 성능시험기준에 포함되기 보다는 시설분야(지상신호) 성능시험기준에서 제시되거나 최종적인 종합시험에서 실시함이 바람직

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
					할 것임
별표 26. 비상착지시험	-	-	◦비상시 실시하는 착지 주행에 대한 최대 구배 기동, 신호 연계 등 안전에 관련한 시험항목 추가	◦미반영 -본 성능시험기준(안)에서는 본선 선로의 각종 구배 상태 등에 대해 더 악조건인 구원운전 상태로 실시되기 때문에 별도로 비상시험에 착지-구배시험을 추가하는 것은 적합하지 못한 것으로 판단됨 -이 “비상착지시험”의 최대 악조건(충격량이 큰)은 차량이 최고속도를 발휘하는 직선코스이므로 감속상태에 있는 구배시험을 추가하는 것은 바람직하지 못함	미반영 의견을 명확히 정리 필요 있음 - “최대구배 기동”은 본 성능시험기준(안)에서는 본선 선로의 각종 구배 상태 등에 대해 더 악조건인 구원운전 상태로 실시되기 때문에 별도로 비상착지시험에 ~~착지~~ 구배시험을 추가하는 것은 적합하지 못한 것으로 판단됨 - 최대구배 등에서의 비상착지시험은 이 “비상착지시험”의 최대 악조건(충격량이 큰)은 차량이 최고속도를 발휘하는 직선코스이므로 감속상태에 있는 구배시험을 추가하는 것은 바람직하지 못함

대상	원안	자문 의견		1-4과제 반영검토	1핵심 검토
		수정안	수정사유		
					- “신호연계 등 안전 관련 사항은 과도한 제동력 인가로 인한 승객의 전도/부상 등을 규정하는 것을 의미하는 것으로 판단되며, 이는 평가기준에 ”비상착지 시의 열차 감속도는 규정된 비상제동 감속도 이내“로 기술하고 있음 *다만, 시험방법에 신호설비 등에의한 제동 지령과 동시에 비상착지사건이 발생하는 경우를 추가할 필요성에 대해서는 2핵심 등과 협의가 필요할 것으로 판단됨*

나) 결과 및 기타

- 검토의견을 1-4세부과제 연구개발(성능시험기준)에 반영

다) 성능시험기준 검토 합동회의 지원

① 개요

- 성능시험기준 개발을 담당하는 1-4과제와 성능시험절차서를 개발하는 1-3과제 및 차량개발을 담당하는 2핵심 상호 간의 정보 제공 인터페이스의 원활화와
- 우리사업 일정에 따른 성능시험실시 일정 개시 전 성능시험기준 상정을 위한 합동회의 필요성이 사업단에서 제기됨에 따라
- 이를 실질적으로 지원하는 역할을 수행

② 주요 내용

- 우리사업의 RFP에는 성능시험절차서를 1-3과제에서 개발(2핵심 제시)하고 이를 기반으로 1-4과제에서 성능시험기준을 개발하도록 정의되어 있으나, 차량개발 일정에 따른 성능시험 실시일정 등을 고려하여 본 회의 등의 성능시험기준 검토회의를 통해 성능시험기준을 우선 확정하고 이를 바탕으로 성능시험절차서(안)을 확정
  - 본 회의 전에 1-3과제에서 2핵심에 요청한 성능시험절차서 관련 검토 요청 사항은 본 회의 등을 통한 성능시험기준(안) 확정 후 2핵심에서 검토/회신

③ 결론 및 향후 계획

- 사업단 주관, 1핵심 지원으로 2핵심, 1-3세부과제 및 1-4세부과제가 참석하는 합동회를 1차(2010.12.2일), 2차(2010.12.23), 3차(2011.1.12) 및 4차(2011.1.28)에 걸쳐 실시하여, 세부 기술 사항이 정리됨

6) 운전규칙(안) 검토

가) 검토내용

○ 도시철도 운전규칙 대비 자기부상열차의 특성이 반영되어야 하는 특별한 운전규칙이 있는 경우 이를 검토 반영하고, ○ 또한, 무인운전 관련 기술 발전에 따른 추가 사항이 있는 경우 이를 검토 반영할 필요 있음.

나) 결과 및 기타

- 검토의견을 1-4세부과제 연구개발(운전규칙)에 반영

7) CDR 결과보고서 검토

가) 검토내용

□ 승강장스크린도어(이슈사항-1)
○ PSD제어는 PSD제어기에서 하지만, 개폐지령에 대한 정보는 지상 ATO 시스템에서 제공하고 있으므로, 열차제어시스템 제작사와 추가 협의 필요 사항임

□ 운전모드(무인운전/완전자동운전모드)(이슈사항-2)
○ 무인운전에 대한 정의가 확립되지 않은 상태에서 작성된 우리사업의 RFP 상의 무인운전과
○ 시범노선 운영시나리오에서 정의한 무인운전모드 및 열차제어시스템에서 구현하고자하는 완전자동운전모드에 대한 이견(1핵심&3핵심 간)이 있으므로
○ 상위 기관(사업단)의 조정이 필요함

□ 차량고장정보의 통합관제실 전달(이슈사항-3)
○ 본 건은 사업단 주관으로 조정하기로 협의된 사항이므로, 상위 기관 판단 조회 필요

□ Skip Stop 및 비상정지기능(이슈사항-4)
○ 신호설비 제작사에서 본 규격을 해석할 때 신호설비가 자동으로 비상상황을 검지/판단하는 것으로 오해할 수 있는 여지가 있으므로 이를 명확히하여 상호 협의 조정이 필요한 사항임

□ 열차 출입문 개방 방향(이슈사항-5)
○ 열차 출입문 개방 방향 결정은 일반적으로 지상 신호설비에서 하며, 이를 차상 신호설비에 제공하여 출입문을 개방하고 있는 점을 감안하여 조정 필요

□ 검수고, 피트선 등 조명(타분야 이관 사항)
○ 본 사항에 대해서는 “조치/반영”란에 “전력분야 담당과제 확인 요”로 면기하고 있으므로, 확인 후 조치 결과를 기재할 필요 있음.

나) 결과 및 기타

- 검토의견을 1-1세부과제 연구개발(상세설계검토)에 반영

8) LCC 연구범위 검토

가) 개요

- 1-2위탁과제에서 수행하는 LCC 분석 연구 수행 범위에 대한 사업단/1핵심과 1-2세부 과제의 이견 발생으로 이를 해소하기 위한 검토 및 회의를 통하여 합일점 도출

나) 1차 회의('10.11.16)내용

○ 이견 사항

- 1-2과제의견 : 현재 1-2과제에서 개발 중인 LCC 모델은 RAM 데이터 기반으로 구축되고 있으므로, RAMS 수행 범위에 준해 LCC 분석을 진행하고 있음

- 사업단/1핵심의견 : 1-2과제에서 수행하는 LCC 분석은 RFP의 요구사항과 사업계획서를 충족해야 하므로, RAMS 수행분야로 국한하지 말고 전체 서브시스템을 수행 분야에 포함하여야 함

○ 결정 사항

- 1-2과제(주관/위탁)는 LCC 분석 연구 범위 및 연구 성과물에 대해 RFP 요구사항 및 사업계획서 충족을 위한 방안을 2010년 11월 22일(월)까지 수립함.

다) 1차 회의 후속 조치로 송부된 1-2과제 의견에 대한 1핵심 검토내용

□ 항목별 검토의견

○ 검토대상 자료는 "LCC 연구범위에 대한 검토 의견(위탁과제), 2010.11.22"이며, 1-2위탁과제에서 작성한 것으로 판단되나, 1-2주관과제를 경유하여 1핵심으로 제출된 점을 감안하여, 1-2주관과제의 의견도 1-2위탁과제와 맥락을 같이 한다고 간주하고 1핵심 검토의견을 제시

○ LCC 연구범위에 대한 1-2위탁과제의 검토의견 대비 1핵심 검토의견을 항목 별로 제시

1. 사업단/1핵심 요구사항(11/16일 회의록)
□ LCC 분석은 RAMS 수행분야로 국한하지 말고 자기부상열차 전체서브시스템에 대해 수행하여야 함 (첨부 1 참조)
☞ 특이 사항 없음
2. 현재까지 LCC 위탁과제 수행내용 및 결과

2.1 LCC관련 RFP 내용

□ 최종목표

- 실측데이터를 기반으로 구성된 LCC 예측모델 구축
- 수명주기비용 분석

□ 연차별 개발목표

- 1차년도 : 도시형 자기부상철도 시스템 LCC 설계특성 예측 및 모델 수립
- 2차년도 : 부품 및 개발시스템 LCC 설계특성 분석
- 3차년도 : 완성차 LCC 분석 및 검증
- 4차년도 : 시험선 시험평가를 통한 LCC 분석 및 검증
- 5차년도 : 유지보수성 향상을 위한 LCC 분석
- 6차년도 : 분석결과 관리

□ 연차별 연구개발내용

- 1차년도
  - 도시형 자기부상철도 LCC 분석 모델 수립
  - DB 체계 구축 및 유사사업을 통한 LCC 분석
- 2차년도
  - 차량시스템 LCC 분석 및 검증
  - 차량시스템 LCC 분석결과 DB화
- 3차년도
  - 완성차 LCC 분석 및 검증
  - 완성차 LCC 분석 및 검증결과 DB화
  - 차량외 시스템 LCC 분석 및 DB 반영
- 4차년도
  - 시험선 시험평가를 통한 LCC 분석 및 검증
  - 차량외 시스템 LCC 분석 및 DB 반영
  - LCC 모델 상세수준 구현
- 5,6차년도
  - 도시형 자기부상철도 시스템 LCC 검증
  - 도시형 자기부상철도 시스템 LCC 분석결과 종합

☞ RAMS 수행분야로 국한하여 LCC 분석을 수행한다는 문건 없음

2.2 제출된 LCC 과제계획서 연도별 주요내용

요약서 (연도별 주요 내용)			
단계	연도	연구개발목표	연구개발내용 및 방법
1 단계	1차년도	1.기존 도시철도 시스템의 검수체계 분석	▪국내외 도시철도 검수체계 분석 보고서 작
		2.자기부상열차 수명주기비용 분석모델 수립	▪LCC 분석 요구사항 정의 ▪유사 시스템의 LCC 모델 자료 분석 ▪자기부상열차 LCC 예측 절차, 모델, 방법
	2차년도	1.차량주요장치	▪PBS 분석 및 CBS 구축

		계층모형구축	
		2.차량 주요장치 수명주기 예측 및 분석	▪장치별 실 데이터 수집 및 수명주기간 LCC 예측
		3.차량 주요장치 LCC 분석결과 데이터베이스화	▪주요장치별 LCC 계산모델 및 분석결과 DB화
	3차년도	1.완성차 수명주기비용 분석	▪완성차 LCC 모델 구축 ▪완성차 LCC 예측 및 분석 ▪완성차 주요 비용변수에 대한 민감도 분석
		2.완성차 LCC 분석결과 데이터베이스화	▪완성차 LCC 분석 결과 데이터베이스화
2 단 계	4차년도	1.시험선 시험평가를 통한 LCC 분석 및 검증	▪시험선 운행 환경을 반영한 완성차량의 LC 데이터 및 분석결과 Update
		2.차량 외 시스템 LCC 분석 및 DB반영	**▪데이터 지원이 가능한 차량외 시스템 LCC 모델 구축** ▪차량외 시스템 LCC 예측 및 분석 ▪차량외 시스템 주요 비용 변수에 대한 민감 분석 ▪차량외 시스템 LCC 분석결과 DB 구축 ▪3차년도 연구결과를 반영한 완성차량 LCC S/W 1차 버전 개발 - 완성차 주요장치별 LCC 계산 모델 반영 - 사용자 GUI 환경 구축 완료 - 완성차량 DB 체계 구축 완료
	5차년도	1.도시형 자기부상철도 시스템 LCC분석	▪서브시스템별 실측 비용정보 갱신 및 예측 보완 ▪자기부상철도 시스템 LCC 예측 및 분석 ▪자기부상철도 시스템 LCC 분석결과 DB화 ▪4차년도 연구결과를 반영한 차량외 시스템 분석 S/W 2차 버전 개발 - 차량외 시스템 주요장치별 LCC 계산 모델 반영 - 사용자 GUI 환경 구축 완료 - 차량외 시스템 DB 체계 구축 완료
		2.시험선 시험평가를 통한 LCC분석	▪시험선 운행 환경을 반영한 차량외 시스템 LCC 데이터 및 분석결과 Update(2)
3 단 계	6차년도	1.도시형 자기부상철도 시스템 LCC 분석	▪서브시스템별 실측 비용정보 갱신 및 예측 보완
		2.시험선 시험평가를 통한 LCC 분석	▪시험선 운행환경을 반영한 자기부상열차 L 데이터 및 분석결과 Update
		3.LCC 모델 상세수준 구현	▪실측데이터를 반영한 자기부상열차 LCC 분 S/W 개발
	7차년도	1.도시형 자기부상철도 시스템 LCC 분석	▪실측데이터를 기반으로 한 유지보수 측면에 LCC 예측 모델 구축
		2.도시형 자기부상철도 시스템 LCC 분석결과 종합	▪LCC 분석 최종보고서 작성
		3.LCC 모델 상세수준 구현	▪자기부상열차 LCC 분석 S/W 구현 및 검증

		및 검증	

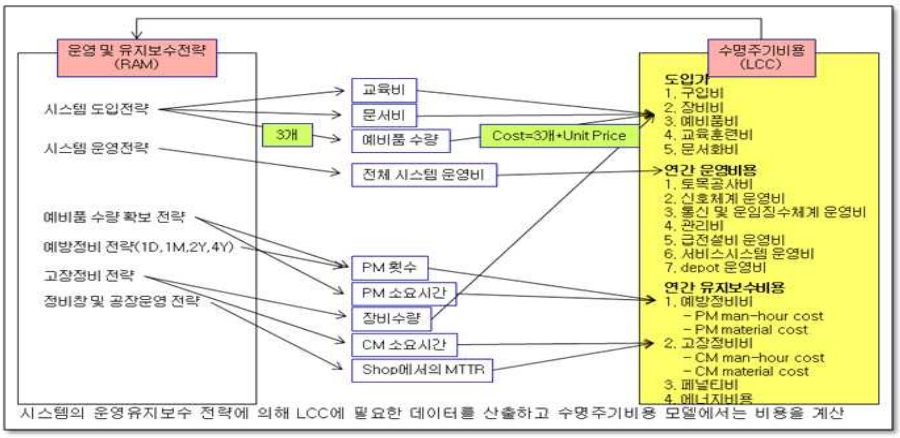
☞ 4차년도 연구 내용에 “데이터 지원이 가능한 차량외 시스템 LCC 모델 구축”이 명기되어 있으나, 이는 관련과제 등에서 필요한 데이터를 수집(수집과정에서 1-2주관, 1핵심, 사업단의 지원이 필요할 수도 있을 것임)하여 수행하는 것으로 이해 가능함

☞ 그 외에는 RAMS 수행분야로 국한하여 LCC 분석을 수행한다는 문건은 없음.

2.3 LCC 수행방안 요약 (기존 발표자료 중심)

1. 과제 최종 목표

도시형 자기부상열차의
- 실측 데이터를 기반으로 한 유지보수 측면에서의 LCC 예측모델 구축
- 수명주기비용 분석



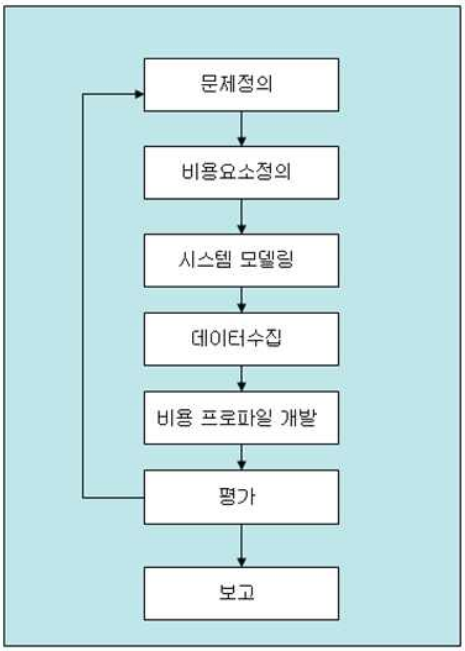
☞ RFP의 최종 목표 “실측데이터를 기반으로 구성된 LCC 예측모델 구축”을 “실측데이터를 기반으로 한 **유지보수 측면에서의** LCC 예측모델 구축”으로 일부 내용을 수정한 부분은 1-2세부과제 측면에서 RFP 만족을 입증가능하든지, 아니면 상위과제(사업단)의 승인을 득해야 할 사항으로 판단됨

2. 5차년도 연구목표 (현재까지 연차 별 연구목표)

연구내용	일정 (2006.12-2012.12) 1차년	2차년	3차년	4차년	5차년	6차년	7차년	연구성과물
유사시스템 LCC 모델자료분석								-유사철도시스템 사례 및 관련규격 분석보고서
LCC 예측절차/방법 구축								-자기부상열차 LCC 예측을 위한 절차 문서
LCC DB(안) 구축								-LCC DB 체계 개발 보고서
기존도시철도시스템 검수체계분석								-기존도시철도시스템 검수체계 조사분석보고서
차량주요장치 계층모형 구축								-차량 주요장치 LCC 모형 구축 보고서
차량 주요장치 LCC 예측 및 분석								-차량 주요장치 LCC 예측 결과 보고서
차량주요장치 LCC 분석결과 DB화								-분석결과 DB
완성차 LCC 분석								-완성차 LCC 분석 보고서
완성차 LCC 분석결과 DB화								-완성차 DB 관리 시스템 S/W 개발
차량외 시스템 LCC 분석 DB 반영								-차량외 시스템 LCC 예측 보고서
시험선 운행환경 반영을 통한 LCC 분석								-LCC 데이터 및 분석결과 Update DB
자기부상철도 시스템 LCC 분석								-자기부상시스템 LCC 예측결과 보고서
LCC 분석 S/W 개발								-자기부상열차 LCC 분석 S/W 개발 보고서
LCC 모델 상세수준 구현								-자기부상열차 LCC 모델 개발 보고서
LCC 종합분석 보고서 작성								-자기부상열차시스템 LCC 종합분석 보고서

☞ RAMS 수행분야로 국한하여 LCC 분석을 수행한다는 문건 없음

LCC 산정절차



<산정 단계별 활동내역>

☞ 특이 사항 없음

1단계 문제정의 : LCC 활동 목적

•**대안비교** : 설계단계에서 여러 가지의 대안들에 대한 접근방법과 옵션들에 대한 평가 및 비교

운용단계에서 제품용처, 가동, 시험, 검사, 유지보수 등 정책에 대한 평가 및 비교

교체, 수리, 수명연장, 폐기 등 서로 다른 유지보수 정책에 대한 평가 및 비교

•**비용예측** : 프로젝트 또는 제품 생산시 경제적으로 가능성이 있는지 평가

•**비용요소** : 주요 비용요소의 확인 및 효과적인 비용향상 방법 도출

•**예산편성** : 주어진 예산범위 내에서의 제품개발 및 향상활동에 대한 우선순위 결정

•**제품보증** : 검증시험을 통한 제품보증기준의 평가 및 타협

•**재정설계** : 장기간에 걸친 재정설계

⇨ 추구하고자 하는 LCC 활동의 목적에 따라 LCC 모델의 방향 및 범위가 달라짐

☞ RFP 상에는 상기 사항과 관련된 특별한 언급은 없는 것 같음. 연구수행 방향(추구하고자하는 LCC 활동의 목적) 등에 대해 1-2세부과제가 상위과제에 이를 설명하고 상위과제의 이해를 확보하여 진행하는 것이 타당하다고 판단됨

1단계 문제정의 : LCC 모델 범위

LCC 모델범위

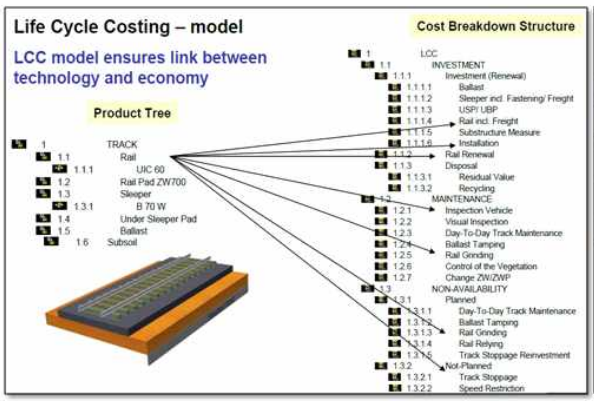
- 도시철도 시스템은 차량, 신호, 전력, 선로, 역사 및 차량기지 시스템으로 구성
- 차량시스템의 LCC 모델은 UNIFE를 기본모델로 하며 도입비, 연간운영비 및 유지보수활동비의 합으로 계산
- UNIFE의 비용 항목중 세분화 가능한 부분(훈련비, 문서화비, 연간 운영비, 페널티 비용 등)은 세분화 계산

☞ 도시형자기부상철도 시스템(차량 및 차량외 서브시스템)을 LCC 모델범위로 하는 것

이 RFP 요구사항임

1. 애로사항 및 건의사항

- RAMS 분석 대상 결정 및 자료 체계(PBS) 확보 : LCC 분석의 시발
  - * RAMS 분석대상: 차량, 신호, 분기기, PSD, 제3궤조
- 차량 외 시스템 RAMS 데이터 미확보로 LCC 분석에 어려움



결 언

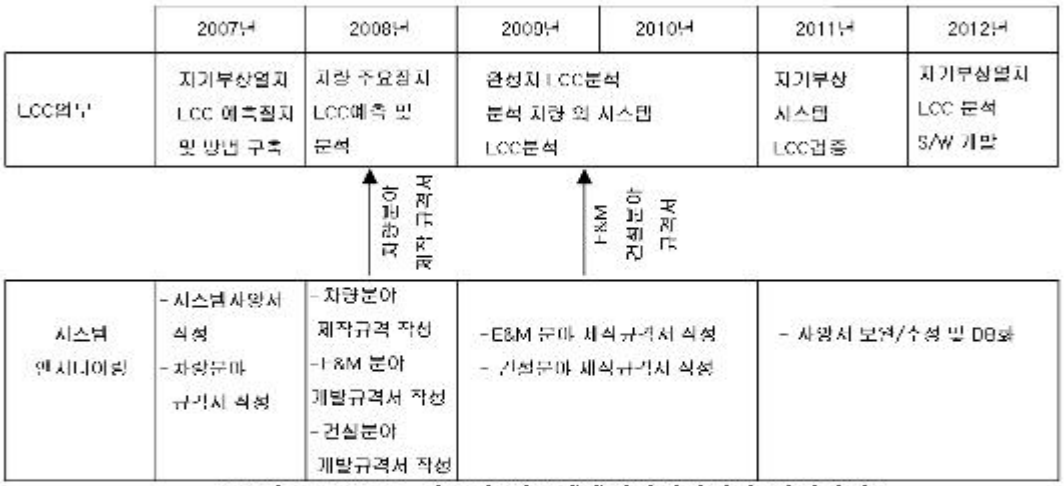
- 설계 단계에서 철도차량 RAM 데이터를 사용한 LCC 예측이 가능한 S/W 개발
  - RAM 데이터와 LCC 데이터 DB 공유 체계 구축
- UNIFE, IEC 60300-3-3 등 국제규격에서 제시한 LCC 분석절차에 따른 철도차량 유지보수비용 중심의 LCC 분석 소프트웨어 1차 버전 개발
  - 향후 신호, 전력, 궤도 등 차량 외 시스템 LCC 분석 모델을 추가 확장할 계획임
- 개발된 LCC S/W 는 타 철도차량에서 일부 PBS(Product Breakdown Structure)의 변경으로 LCC 예측이 가능함
  - 향후 철도 차량별 체계적인 LCC 데이터 DB 구축이 관건임

☞ LCC 분석에 필요한 자료는 1-2주관 및 1핵심을 경유하여 해당 과제(차량은 2핵심, 차량외 서브시스템은 3핵심)로 제공협조요청을 통해 수집하여 수행하는 방안을 강구할 필요가 있으며, 2, 3핵심 협조에 문제가 있는 경우는 사업단 등 상위기관에 지원 요청 가능한 사항으로 판단됨.

2.4 SEMP에 명기된 LCC 관련 내용

10.2 LCC

LCC 연구는 국내외 유사프로젝트인 도시철도/경전철 프로젝트 등에서 축적된 데이터를 활용하여, 자기부상열차 시스템에 대한 LCC 모델을 개발하고, 프로젝트 수행 중 수명주기 비용을 고려할 수 있도록 본 과제를 지원하며, 또한 완성차 단계에서는 실측 데이터를 기반으로 LCC 모델의 검증을 통하여 자기부상열차 시스템의 LCC체계를 완성하는데 목적을 둔다.



<그림 14> LCC 업무와 시스템엔지니어링과의 인터페이스

LCC 업무는 1차년도에 LCC 예측을 위한 프로세스와 방법을 구축하며, 2차년도에는 차량 주요장치에 대한 LCC를 예측 및 분석한다. 3차년도와 4차년도에는 완성차 및 차량외 시스템에 대한 LCC를 분석하며, 5차년도에는 분석한 자기부상열차 시스템의 LCC를 검증한다. 이러한 분석 방법과 결과는 6차년도에 자기부상열차 LCC 분석 S/W개발로 이어진다.

RAMS 와 LCC 업무는 모두 1-2 세부과제에서 수행하고 있으므로 2차년도에 LCC 업무에 필요한 타 과제와의 인터페이스는 RAMS 분야에서 수집되는 자료를 가지고 수행한다.

☞ "**2차년도에 LCC 업무에 필요한** 타과제의 인터페이스는 RAMS 분야에서 수집되는 자료를 가지고 수행"으로 SEMP에는 기술되어 있으나, 본 문장에서 언급한 2차년도에는 RAMS 수행 범위가 일부 분야로 축소되기 전으로 전체 서브시스템을 그 수행 범위로 파악하고 진행하던 시점임.

☞ 단 1-2주관과제 등 상위 과제는 1-2위탁에서 LCC 수행을 위해 필요한 데이터 수집에 협조할 의무는 있는 것으로 판단됨.

2.4 현재까지의 연구 결과

□ 1차년도

1-⑧첨부[1-2_철도연(위)-1]유사시스템 사례 및 관련규격 분석보고서

1-⑨첨부[1-2_철도연(위)-2]LCC 모델링 개발보고서

1-⑩첨부[1-2_철도연(위)-3]춘계철도학회발표논문(자기부상열차 수명주기비용 모델 개발을 위한 기초연구)

1-⑪첨부[1-2_철도연(위)-4]LCC DB 체계 개발보고서

1-⑫첨부[1-2_철도연(위)-5]추계철도학회발표논문(유지보수관점에서의 수명주기비용 예측소프트웨어개발)

1-⑬첨부[1-2_철도연(위)-6]ICEMS발표논문(Life Cycle Cost Modelling for Railway Vehicle)

1-⑭첨부[1-2_철도연(위)-7]기존 도시철도 검수체계 분석 보고서

□ 2차년도

2-⑩첨부[1-2_철기연(위) -1] 차량 주요장치 계층모형 구축 보고서 (08.4.29)

2-⑪첨부[1-2_철기연(위) -2] 차량 주요장치 LCC 분석결과 및 DB체계 구축보고서 (08.7.20)

2-⑫첨부[1-2_철기연(위) -3] 철도차량 수명주기비용 계산을 위한 유지정보 DB 템플릿에 관한 연구, 2008 한국철도학회 춘계학술대회

2-⑬첨부[1-2_철기연(위) -4] 철도차량 수명주기비용 계산을 위한 유지보수정보 템플릿에 관한 연구

2-⑭첨부[1-2_철기연(위) -5] 해외출장보고서(유럽LCC모델 기술현황조사 및 컨설팅)

□ 3차년도

3-⑨첨부[1-2_철도연(위) -9] LCC 분석결과 보고서

3-⑩첨부[1-2_철도연(위) -10] 철도차량 수명주기비용 계산을 위한 유지보수비용 모델 연구

3-⑪첨부[1-2_철도연(위) -11] Maintenance cost prediction model for railway vehicle

3-⑫첨부[1-2_철도연(위) -12] LCC 소프트웨어 사용자 인터페이스 설계서

☞ 특이 사항 없음

3. 사업단/1핵심의견에 대한 검토 결과

3.1 LCC 분석은 RAMS 수행분야로 국한하지 말고

□ RAMS 수행분야 이외로 LCC 분석 범위를 확장시킬 경우 위탁연구의 초점이 없어 연구수행에 어려움

- 철도관련 최근의 LCC 연구는 RAMS와 연계된 LCC 연구가 주요 핵심사항으로, 자기부상열차도 사업 초기부터 이에 초점을 맞춰 연구계획을 수립하고 연구를 진행함

□ 위탁과제는 상위 과제에서 수행하기 어려운 연구내용을 위탁으로 수행하여 결과를 제시하는 것이 목적으로, 상위과제의 연구내용 및 추진방안과 연계되어 연구를 수행하는 것이 타당하다고 판단됨

- RAMS이외의 분야로 LCC 연구분야를 확장할 경우 당초 계획된 연구비 및 연구진을 통해서 연구를 수행하기에 어려움

☞ RFP의 요구사항을 충족해야하는 의무가 1-2위탁/주관에 있음. 범위 축소 등 연구내용 변경이 불가피할 경우는 타당한 근거자료를 포함하여 사업단의 변경 승인 획득이 필요함
3.2 전체 서브시스템을 LCC 수행분야에 포함하여야 함 □ 상기 LCC 문제정의에서 명시된 것과 같이 추구하고자 하는 LCC 활동의 목적에 따라 LCC 모델의 방향 및 범위가 달라짐 (page 5 참조) - 사업단/1핵심에서 요구하는 전체시스템의 대상 및 요구사항을 명확히 해야 할 필요성이 있음 -> 어떤 대상에 대해 어떤 내용을 가지고 언제까지 LCC를 왜 해야 하는지 정의 필요
☞ 1핵심에서 별도의 사항을 요구하는 것이 아니라 RFP의 요구 사항을 준수하라는 것임. 즉 RFP에서 요구하는 수행 범위가 차량, 전력, 신호, 통신, 선로, 역사 및 차량기지 등 자기부상철도 전체 시스템을 의미함. ☞ RAMS 수행 범위로 국한하는 등과 같이 상기 범위와 달리 시행하려는 경우는 임의로 범위 변경을 하는 대신 정당한 사유를 첨부하여 사업단의 승인을 득한 후 수행 범위를 변경하는 것이 타당함. ☞ “언제까지”라는 질문은 RFP에 기본 일정이 연차별로 정의되어 있으며, 사업기간 등 일부 변경 필요 사항 등은 이를 반영한 5차년도 초의 수정 RFP 내용을 준수하면 될 것으로 판단됨 ☞ “왜”라는 질문은 RFP에는 별도로 명기되어 있지는 않은 것 같으며, 모든 목적에 부합하는 LCC 분석 수행이 불가능할 경우 1-2위탁과제에서 세부 목적들의 비교 및 장단점 분석 등을 제시하여 사전에 사업단의 이해/동의/승인을 득하고 시행하는 것이 타당함 ☞ 그러므로 "어떤 대상에 대해 어떤 내용을 가지고 언제까지 LCC를 왜 해야 하는지 정의 필요"라는 명제는 1핵심 등 상위 과제로 질문하여 하달 받을 사항이 아니라, 1-2위탁과제에서 상위 과제에 이를 설명/이해 등을 통해 동의(또는 승인) 받아 수행할 사항임
□ 위탁과제는 사업 초기부터 RAMS 데이터 제공이 가능한 서브시스템을 대상으로 LCC 연구 범위를 정하고, 이와 관련된 유지보수 측면에서의 LCC 예측모델 구축 및 분석을 최종 연구목표로 정해 연구를 추진함 (page 3 참조) - RAMS 데이터 속에는 각 시스템에 대한 신뢰성(MTBF, 수명)과 유지보수성(MTTR, 유지보수주기), 가용성(사용 빈도)가 있어, 각 시스템별 구성요소(PBS)에 대한 비용(CBS) 전개와 LCC 모델링 계산식과 운영/유지보수 시나리오를 통해 모든 사람이 납득할 수 있는 정형화된 LCC 방법론 및 분석 결과를 제시할 수 있음
☞ 위탁과제에서 일방적으로 수행한 사실을 설명하고 있으나, 이와 관련하여 사전에 상위 과제에 사전 설명 등을 통한 동의/승인 등을 득한 사실은 없는 듯 함. ☞ LCC 분석을 위해서, 서브시스템 별 구성요소체계(PBS), 구성요소별 수명(MTBF), 유지보수주기(MTTR) 및 사용빈도(가용성) 데이터 만 필요한 것인지?

4. 결 론 □ 사업단/1핵심과제에서 생각하는 LCC 수행분야의 범위가 광범위하기 때문에 위탁과제에서 수행가능여부를 판단하기가 어려우므로 LCC의 대상 및 요구사항을 명확히 하여 제시해 주시기 바랍니다. -> 이후 LCC 분석 가능여부를 회의를 통해 판단해야 할 것임
☞ 1핵심에서 별도의 사항을 요구하는 것이 아니라 RFP의 요구 사항을 준수하라는 것임. 즉 RFP에서 요구하는 수행 범위가 차량, 전력, 신호, 통신, 선로, 역사 및 차량기지 등 자기부상철도 전체 시스템을 의미함. ☞ RAMS 수행 범위로 국한하는 등과 같이 상기 범위와 달리 시행하려는 경우는 임의로 범위 변경을 하는 대신 정당한 사유를 첨부하여 사업단의 승인을 득한 후 수행 범위를 변경하는 것이 타당함.

□ 종합의견

○ RFP상에는 자기부상철도 시스템 전체 서브시스템을 LCC 수행 범위로 요구하고 있으므로, 이를 충족시킬 수 있는 방안을 모색하여야하고,

- 예를 들면, 차량, 신호, 분기기, PSD, 제3궤조, 양방향 무선데이터 통신설비 등 RAMS 수행범위에 포함되는 서브시스템은 RAMS 데이터 중 LCC 관련 데이터를 추출하여 수행하고,
- 그 외 서브시스템의 경우는 서브시스템 별 구성요소체계(PBS), 구성요소별 수명(MTBF), 유지보수주기(MTTR) 및 사용빈도(가용성) 등 LCC 데이터를 관련과제에 제공협조요청을 통해 취합하여 수행(단 2, 3핵심의 협조 상의 문제점 발생시는 사업단 등 상위과제의 지원 필요)
- LCC 수행목적 등 RFP 상 불명확하여 혼선 방지를 위해 확정 필요사항에 대해서는 별도 설명자료 등의 준비/설명을 통해 사업단의 이해/승인(또는 보고를 통한 확정)을 득함

○ 수행범위 등 불가피하게 변경해야 만하는 경우는 변경의 필요성/타당성/근거를 작성/제시/설명하여 사전에 사업단의 이해/동의/승인을 득하여야 할 것임.

라) LCC S/W 개발 워크숍('11.01.17) 참석

○ 목적

- 차량외 시스템 LCC 모델링 개발을 위한 모델 선정 및 기술 토의 및 이견 해소

○ 협의 내용

- 1-2위탁과제에서 현재 진행 중인 LCC 모델에 대한 설명
- 질의/응답을 통해 상호 이견 해소

○ 향후 방향
- 시범노선의 LCC 개발을 위해서는 이미 구축을 완료한 차량 분야 이외에는 모두 3핵심의 적극적인 협조가 필요함
- 분기기, 역사분야, 궤도분야 등에 대한 관련 3핵심 담당자 및 시공사/제작사 등과의 원활한 협조를 위해 1핵심에서 3핵심 등의 일정을 확인하여 분야별 LCC 관련 협의 계획을 수립함

마) 결과 및 기타
- 1핵심 검토의견에 따라 1-2위탁 과제에서 LCC분석 범위를 설정하고 연구개발 수행 중
- 1핵심에서는 1-2위탁과제의 LCC수행을 지원하기 위해, 2011.1.26일 3-2세부과제와 1-2과제간의 분기기 분야 LCC회의 주관하였으며, 2011.3.16일 3핵심과제(시공사, 감리사 포함)와 검축분야의 LCC 회의를 주관함

- 2011.3.16일 회의 시에 3핵심협조 방안 관련 3핵심과제와 1핵심(1-2세부과제) 간 이견 발생으로 사업단 중재 요청 중

○ 이견사항
- 3핵심과제 의견 : 기본적으로 1-2과제에서 수행하는 LCC 분석에 대해 협조할 예정이지만, 입력 데이터 작성을 위한 기준은 1-2과제에서 제시 되어야함. 작성된 데이터의 신뢰성 확보가 중요한 사항임
- 1-2과제 의견 : 토목, 궤도, 건축, 차량기지, 전력, 신호, 통신 등 각 분야의 세부 항목에 대한 유지보수비 산정을 위한 기준(건축물, 지붕, 기둥, 엘리베이터, 에스컬레이터, 등에 대한 유지보수 회수, 주기, 방법, 대가 기준 등) 은 해당 분야의 전문가가 준비해야 할 사항으로 1-2과제의 연구 범위에 포함되지 않음
- 1핵심과제 의견 : 분야별 유지보수비 산정을 위한 기준 제시에 대해 3핵심과제와 1-2과제 상호 이견 사항은 사업단, 1핵심(1-2과제 포함) 및 3핵심이 별도 회의를 통해 결정할 사항임

○ 향후 계획
- '11.3.24 사업단, 1핵심(1-2과제 포함) 및 3핵심과제 회의 실시 예정

- 2011년 3월 24일 사업단, 1핵심(1-2과제 포함) 및 3핵심회의를 통해 이견 조정함

○ 분야별 적용 모델
- RAMS 수행범위에 포함되는 차량분야, 신호분야, 분기기분야, PSD분야, 제3궤조(급전선)분야, 양방향 무선데이터 통신설비분야는 상세모델(KRRI모델)을 적용하고, 나머지 분야는 간략모델(REMAIN 모델)을 적용하는 것을 원칙으로 함

○ 우선 분석 범위
- 연구과제의 특성과 LCC데이터 취득의 현실성을 고려하여 차량, 전기, 신호, 통신, 분기기, PSD, 엘리베이터, 에스컬레이터 등의 E&M 분야에 대해서는 3핵심의 협조를 통해 우선하여 분석함
- LCC 데이터의 기준이 불명확한 교각, 거더 등의 구조물에 대해서는 LCC데이터 취득에 장애가 되는 구체적인 사유 등 해당 분야 엔지니어의 의견 등을 확인하여 향후 우리사업 적용 여부를 별도 결정함

○ REMAIN 모델 제공
- 1-2과제는 3핵심(시공사/제작사/감리 포함)의 이해 증진을 위해 REMAIN 모델 양식을 이해하기 용이하게 재정리하여 2011년 3월 31일까지 1핵심을 경유하여 3핵심에 제공함

○ 3핵심 협조 방안
- 1-2과제에서 제공하는 REMAIN모델 양식을 검토하여 3핵심에서 협조 가능한 E&M 분야를 식별하여 분야별 담당자를 지정하여 조속한 시일 내로 1핵심(1-2과제 포함)에 통보함

○ 향후 계획
- 3핵심(시공사/제작사/감리 포함)의 분야별 담당자 지정 후는 1-2과제 담당자와 3핵심의 분야별 담당자간의 직접 기술적 협의를 통해 LCC 자료 취득에 협조함

- 향후에도 1-2과제의 요청이 있을 경우는 적극적으로 지원 예정

9) 신호 및 열차제어시스템 RAMS 회의

가) 개요

- 신호 및 열차제어시스템에 대한 1-2세부과제의 검토의견 조치 방안

에 대해 3핵심(신호 및 열차제어시스템 공급사) 및 1-2세부과제와 이견 발생에 따라, 1핵심의 중재 필요

나) 1차 회의('10.7.7) 주요 내용

○ 열차제어시스템 RAM 목표치

- "열차제어시스템 RFP의 RAM 목표치"와 1-2과제가 제시한 "서브시스템 RAMS 요구조건"에서 제시된 목표치의 상이점 인식
- '10.8.9일까지 상관관계를 파악하고, '10.8.11일 후속 회의를 통해 조정 절차 수행 예정

○ RAMS 문서의 종류/양식

- 서브시스템 RAMS 문서의 표준 양식 '10.8.9일까지 제공
- RAMS 제출문서 제출예정일정을 '10.8.9일까지 확정

○ RAMS 관리 절차

- RAMS 관리 절차 확정

○ 열차제어시스템 RAMS ISA 인증과 1-2검토안 상충시 처리문제

- 열차제어시스템 RAMS 성과물에 대한 ISA 검토의견과 1-2과제 검토의견이 상충되는 경우에 대한 처리방안에 대해 사업단 유건해석 요청

다) 2차 회의('10.8.11) 주요 내용

○ 열차제어시스템 RAM 목표

- 1-2과제에서 "열차제어시스템 RAM 목표"에 대해 설명 및 질의응답 실시

○ 추가 질의사항

- 추가 질의사항이 있는 경우는 별도로 정리하여 문서로 요청

○ 후속 회의

- '10.7.7일 회의 내용 중 3핵심(대우엔지니어링 포함) 조치 사항에 대해서는 3핵심에서 검토 후, 회의안건을 포함한 회의일정을 1핵심으로 통보

라) 결과 및 기타

- 2차 회의 후, 유선 상 협의/중재 등을 통해 1-2세부과제의 의견이 수렴되는 방향으로 합의하고 RAMS 활동 수행 중

(4) (하위 세부과제 관리)결과

(가) 문제점 및 보완계획

특별한 문제점 없음

(나) 기대효과 및 활용계획

- 시험선 시험 절차서 검토 내용은 1-3세부과제 연구 내용에 반영됨
- 전기분야 상세설계검토 내용은 1-1세부과제 연구 내용에 반영됨
- 신호 및 열차제어시스템 규격서 조견표 검토 내용은 1-1세부과제 연구 내용에 반영됨
- 성능시험기준(안) 검토 내용은 1-4세부과제 연구 내용에 반영됨
- 운전규칙(안) 검토 내용은 1-4세부과제 연구 내용에 반영됨
- LCC 연구범위 검토 내용은 1-2세부과제 연구 내용에 반영됨

[1-1과제]

가. 시스템 엔지니어링(SE) 문서체계

(1) 개요

(가) 배경 및 필요성

- 본 과제에서 다루는 도시형자기부상열차시스템의 'SE 문서체계'란 목표사양의 달성과 시스템 이해관계자의 요구를 만족하는 시스템을 구축해나가는 전 과정을 관리, 지원하는 시스템엔지니어링 활동의 참조 근거가 되는 문서 및 각 문서간의 관계를 의미

- SE 문서체계 구축 및 관리 활동은 사업을 가장 성공적으로 이끌어가기 위해 주어진 여건 속에서 모든 이해관계자(승객, 운영기관, 제작/건설업체 등 각종 개발/구축자, 정책결정자, 지방자치단체, 각종 법령 등)의 요구를 반영하고 적절히 조정하여 사업의 최종결과물에 반영하기 위한 관리 활동으로, 도시형자기부상열차실용화사업의 궁극적인 목표 자체이며, 사업의 성공과 실패를 결정하는 기준 역할을 함

- 본 사업에서의 SE 문서체계의 핵심은 시스템의 성능과 기능 요구를 정의하는 문서인 시스템요구사항(SR)이며, 이를 도출하기 위한 초기 이해관계자 요구를 반영한 운영개념서를 비롯하여 시스템요구사항의 만족을 위해 각 서브시스템에 할당되는 시스템 규격서 등이 SE 문서체계를 구성

<도시형자기부상열차실용화사업 SE 문서체계>

- ▪ 운영개념서
- ▪ 시스템요구사항서
- ▪ 시스템 구성체계 (PBS; Product Breakdown Structure)
- ▪ 시스템 규격서 (서브시스템별)
- ▪ SE 문서간 추적체계 (요구사항 추적성 DB)

- 이러한 시스템요구사항, 규격서 등이 사업 개시 전에 확정되어 배포되는 일반적인 발주사업과 달리 실용화 연구개발사업인 본 사업에서는 SE 문서 자체가 연구개발 대상이라는 점에서 상세설계 및 구성품 제작 과정에서

일어나는 기술적 문제와 같은 프로젝트 내부 요인 또는 이해관계자의 요구나 대외적 환경 변화에 따른 외적 요인에 의해 지속적으로 변경, 관리되는 문서라는 특징이 있음

- 본 사업 1단계에서는 시스템과 관련된 이해관계자의 요구를 수집하여 운영개념과 초기 요구사항으로 정리하고, 이를 각 서브시스템의 개념설계 단계에서 관련 개발기관과 사업단, 이해관계자와의 조율을 통해 합의를 도출하여 '시스템요구사항서'를 작성하여 사업단 승인을 확보하였으며, 사전설계검토(PDR; Preliminary Design Review) 및 1차 상세설계검토(CDR; Critical Design Review)를 통해 시스템요구사항을 각 개발대상 서브시스템에 배분하여 초기 버전의 시스템 규격서의 형태가 구축되었다.

- 그러나, 1단계에서 구축된 시스템요구사항서는 일부 항목에 대한 합의가 도출되지 않아 미결사항(TBD)으로 남겨지게 되었으며, 각 요구사항 항목의 서브시스템 할당에 대한 실무적 차원의 합의가 이루어지지 않은 상태에서 총괄적인 개념에서의 합의 문서로 승인되어, 시스템 개발자에게 주어지는 기술적 지침으로서의 역할은 가능하나 이를 검증하기 위한 수단으로 활용되기 위해서는 추가적인 도구의 개발이 요구된다.

- 따라서, 시험/검증 단계에서의 시스템요구사항 만족 여부에 대한 검증에 앞서, 각 세부과제와의 협의를 통해 요구사항의 미결사항 해결과 기술환경 변화에 따른 보완, 시스템요구사항의 서브시스템 할당에 대한 합의 도출 등이 필요하며 이를 규격화된 문서로 도출하는 작업이 필요하다.

(나) 최종목표

- SE 문서 구축, 보완 및 유지관리
- SE 문서체계 (추적성 체계) 구축 및 관리

(다) 주요내용

1) SE 문서 구축, 보완 및 유지관리

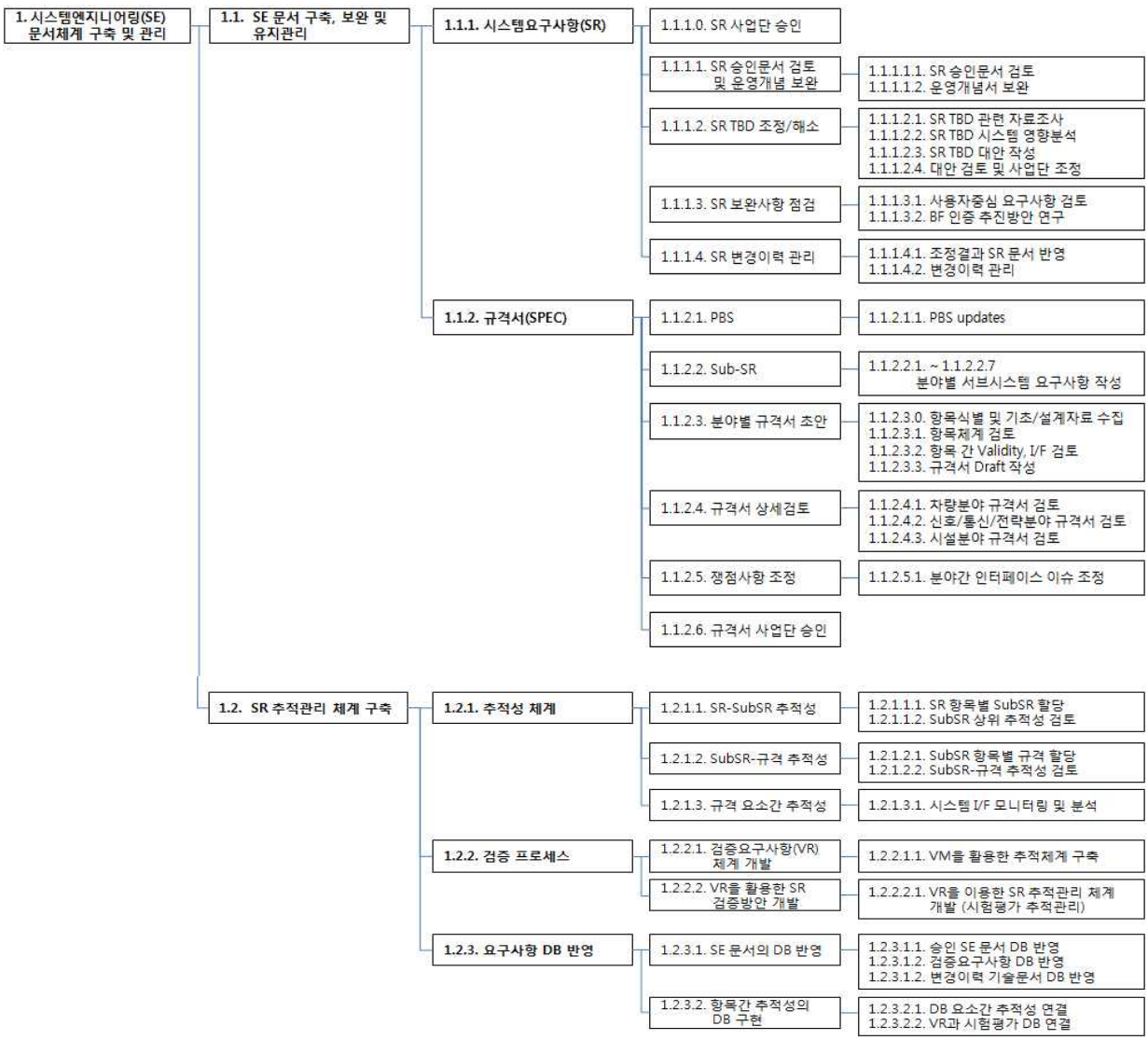
- 시스템요구사항 TBD 사항 협의 및 조정

- 서브시스템 규격서 협의, 조정 및 승인
- 요구사항/규격 변경 이슈 관리

2) 시스템요구사항 추적관리 체계 구축
- 목표사양(RFP), 시스템 운영개념서, 시스템요구사항, 규격 간 추적성 식별
- 시스템요구사항 검증 프로세스 구축
- SE 문서체계의 데이터베이스* 반영

  * 성과물 라. 요구사항 데이터베이스

3) Work Breakdown Structure
- 본 세부항목의 주요 공정의 구성 및 수행 내역은 다음과 같이 구성하였다.



(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

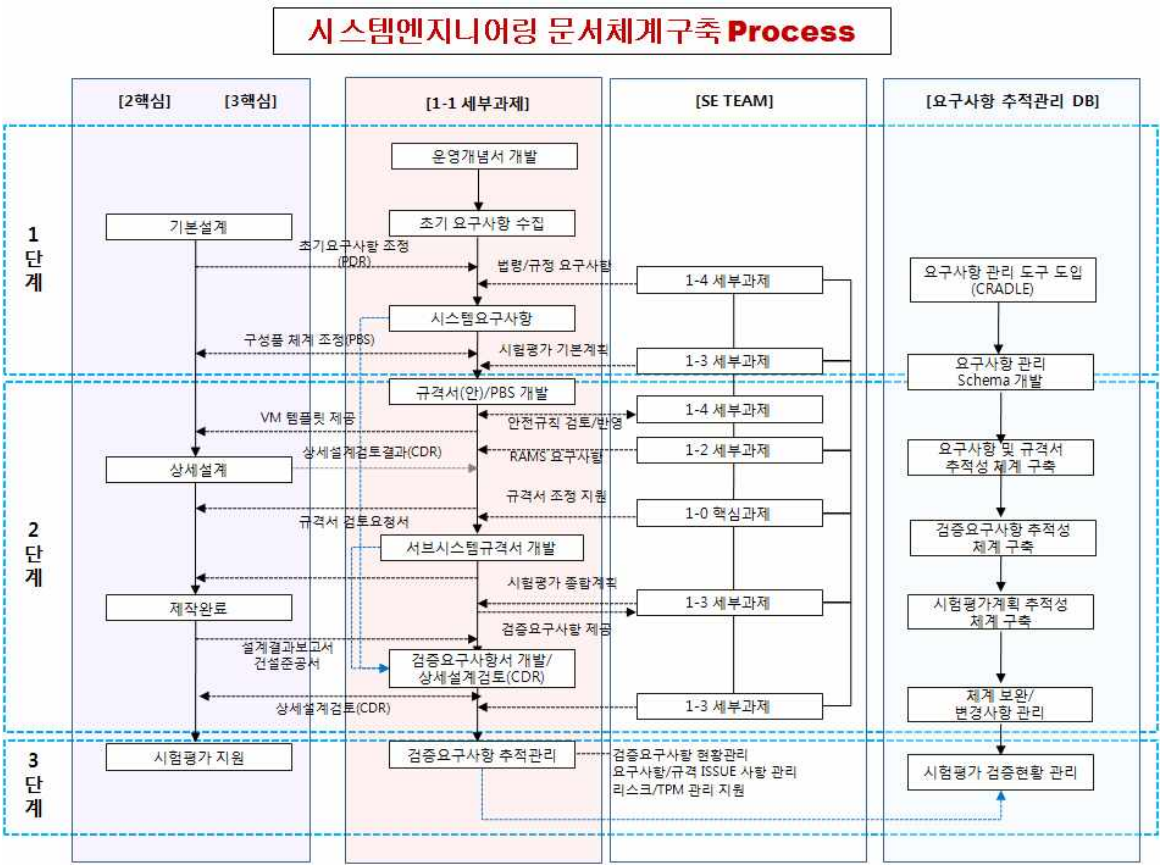
(가) 추진전략 : 단계별 일정 및 과제간 협력체계

- 1단계(1~3차년도) : 운영개념서 개발 및 시스템요구사항서 구축
- 2단계(4~5차년도) : 규격서, 검증요구사항 구축 및 요구사항 추적관리 체계 구축
- 3단계(6~7차년도) : 검증요구사항 추적관리 및 시스템요구사항 검증

□ 당해 단계 "시스템엔지니어링 문서체계" 구축 프로세스

- 4차년도 : 1단계 성과물인 시스템요구사항서와 규격 수집자료, 1차 CDR 결과에 근거하여, 규격서 및 Verification Matrix(VM) Draft 마련 (설계결과 반영)
- 5차년도 : 제2차 상세설계검토를 통해 시스템요구사항, 서브시스템 요구사항, 서브시스템 규격서, 검증방법(시험평가 및 시운전 등)/주체/일정 등을 포함하며 각 요소간 추적성이 구축된 검증요구사항서 체계를 구축

※3단계: 구축된 검증요구사항서 체계를 활용한 시스템의 요구사항 만족여부 검증



(나) 당해 단계 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(2단계) 1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	달성도(%)
시스템엔지니어링 문서체계 구축 및 관리													
1.시스템요구사항 조정													100%
2.서브시스템 규격서 확정													100%
3. 요구사항 추적성 체계 구축													100%
4. 요구사항 검증 프로세스 구축													100%
5. 요구사항 DB 반영													100%

---------- 당초계획

실 적

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 시스템요구사항 조정

1) 개요

- 도시형자기부상열차 실용화사업의 시스템 요구사항은 1단계에 승인(2008. 06. 02)되어 확정되었으나, 일부 사항이 조건부(TBD) 승인되었으며 이에 대한 조정업무 수행
- 또한, 사업의 특성 상, 본 시스템요구사항은 사업 전 주기에 걸쳐 설계변경, 관련 법령(안) 변경 등 요구사항 또는 과제 간 상호 영향을 주는 다양한 ISSUE에 따라 수정보완이 요구되는 특성을 반영하여, 관련 시스템요구사항을 수집하여 제시

2) 1단계 주요 SR 미결사항

- 최대 강우강도 (SR. 31. 최대 강우강도)
- 최대 강설강도 (SR. 30. 환경조건)
- 결빙 (SR. 30. 환경조건)

- 풍속 (SR. 35. 최대 풍속)

3) 미결사항 별 주요 이슈 및 조정 과정, 결과

① 최대 강우강도

가) 개요 및 경과

- 요구사항 승인요청본에는 SR.31. 항목으로 “자기부상열차 시스템은 최대강우강도 103mm/h의 조건에서도 안전하게 운행되어야 한다”는 요구조건을 제시

  * 요구사항 자문회의(‘08. 03.)에서 최근 기후변화의 특성을 고려하여 요구사항 반영 검토가 요청됨

- 실무과제에서는 RFP 목표사양에 일일 강우량은 반영되어 있으나, 최대 강우강도에서의 운행 여부는 RFP 사양을 벗어나기 때문에 수용이 곤란함을 제기

- 사업단에서는 본 이슈에 대한 보다 정확한 실무 차원의 근거자료와 분석결과 제시를 요구(‘10. 04)

- 이에, 본 과제에서는 인천 지역의 최대 강우강도 기록, 타 시스템에서의 사례 등을 검토하여 보고

나) 요구사항에 대한 추적성 검토 보고 (세부성과물 “다. 요구사항 및 규격 추적관리“ 성과물 - 요구사항 추적성 검토보고서 참고)

다) 조치결과

- SR. 31. 최대강우강도 반영 승인 (사업단장-핵심책임자 회의)

  “자기부상열차 시스템은 최대강우강도 125mm/h의 조건에서도 안전하게 운행 가능하여야 한다”

② 최대 강설강도

가) 개요 및 경과

- 요구사항 승인요청본에는 SR.33. 항목으로 최대강설강도 요건을 요구조건을 제시

  * 요구사항 자문회의(‘08. 03.)에서 최근 기후변화의 특성을 고려하여 요구사항 반영 검토가 요청됨

나) 요구사항에 대한 추적성 검토 보고 (세부성과물 “다. 요구사항 및 규격 추적관리“ 성과물 - 요구사항 추적성 검토보고서 참고)

다) 조치결과

- 인천 부근의 30년 기상기록 검토 결과, 적설량이 적고 평균 온도가 높이 눈이 깊게 쌓이지 않는 점, 관련 법/규제가 존재하지 않는 점 등을 고려 최대 강설강도 삭제

③ 결빙

가) 개요 및 경과

- 요구사항 승인요청본에는 SR.34. 항목으로 “자기부상열차 시스템은 6mm의 결빙에서 운행이 가능하여야 한다”는 요구조건을 제시
- 승인요청 당시에는 동 요구조건의 현실적 구현 가능성에 대한 이견으로 TBD 상태로 승인되었으나, 동절기 시제차량 운행 과정에서 확인된 배장기의 제빙 성능 등을 고려하여 수용 가능한 것으로 검토됨

나) 요구사항에 대한 추적성 검토 보고 (세부성과물 “다. 요구사항 및 규격 추적관리“ 성과물 - 요구사항 추적성 검토보고서 참고)

다) 조치결과

- SR. 34. 결빙 반영 조건부 승인 (사업단장-핵심책임자 회의)

“자기부상열차 시스템은 6mm의 결빙에서 운행이 가능하여야 한다”

- 승인 조건 : 동 요구사항은 일부 구간(분기기 등)에 결빙 방지 장치를 설치함으로써 만족되는 것으로 판정

④ 최대 풍속

가) 개요 및 경과

- 요구사항 승인요청본에는 SR.35. 항목으로 “자기부상열차 시스템은 최소 풍속 26m/s의 조건에서도 안전하게 운행 가능하여야 하며, 그 이상의 풍속에서는 안전을 고려하여 별도의 운영 지침이 마련되어야 한다”는 요구조건을 제시
- 동 요구조건은 RFP의 목표 사양에 명시되어 있는 사항이나, RFP의 풍속 26m/s에 대한 해석에 대한 이견이 지속적으로 발생
- 핵심 이슈: 풍속 26m/s 이상에서의 차량 운행 여부
- 차량사의 경우, 풍속 26m/s는 차량운행의 정지 조건이며, 최대풍속 26m/s에 도달하는 과정에서 별도의 운영 지침에 의한 감속운행이 필요함을 제시. 시설 분야에서는 차량 요구조건에 26m/s까지 차량의 안전운행 요구의 명기를 요청

나) 요구사항에 대한 추적성 검토 보고 (세부성과물 “다. 요구사항 및 규격

추적관리“ 성과물)

다) 조치결과

- SR. 35. 최대 풍속 수정 승인

“풍속 26m/s 이하 조건에서 안전하게 운행이 가능하도록 차량의 형상, 구조를 반영하여야 한다.”

- 승인 조건 : 반드시 순간 최대풍속에 따른 안전시침 및 운행 시나리오를 제시할 것

4) 시스템요구사항 보완사항 점검

가) 개요 및 경과

- 본 도시형자기부상열차실용화사업의 시스템 요구사항은 RFP의 목표 사양을 기준으로, 차량 및 시설 분야의 기본설계 과정에서의 협의 및 조정을 통해 도출되었으며, 1단계 종료 시점(차량 제작, 시설 설계준공 시점)에서 사업단 내 합의, 조정을 통해 확정되었음
- 시스템요구사항에 대한 자문회의(2008. 04.) 등의 과정에서, 기술 관점에 치우친 점이 지적되었으며, 이에 대한 검토가 요구되었음
- 이에, 본 과제에서는 시스템요구사항에의 사용자 중심의 요구사항 반영 여부를 재검토하고, 현 단계(추가편성 제작, 대안입찰 시행)에서 추가적으로 반영 가능한 사항을 추출하기 위한 연구를 수행
- 이를 위해, 철도분야의 사용자 요구사항 관련 경험이 있는 연구기관(한국산업기술대학교)에의 기술용역을 통해 선진 교통수단의 적용 사례를 검토하고, 이를 바탕으로 본 사업의 시스템 요구사항 및 규격 초안, 상세설계 결과 등을 비교 분석하는 등 시스템요구사항의 보완 관련 연구를 수행

나) 주요 성과물

- 세부성과물 “마. 요구사항 보완” 성과물 참고

다) 관련 SE 활동 내역

- 사용자 중심의 철도시스템 현황 분석 및 관련 법률 검토
- 교통약자의 특성 및 고려사항 분석
- 사용자 중심의 디자인 및 요구사항 개념 정립
- 현장 관찰 및 사용자 인터뷰 종합 분석
- 차량시스템 및 역사 시스템의 사용자 중심 요구조건 분석
- ″장애물 없는 생활환경 인증(BF 인증)“ 제도의 본 사업에의 적용성 검토

- BF 인증 관련, 설계변경 가능사항 검토 및 관련과제 협의

라) 과업수행의 성과 및 한계, 향후 활용

- 차량 추가편성에 대한 설계변경 요구사항 규격 반영(수직손잡이, 안내 현시물 등), 교통약자 관련 고려사항 대안입찰안내서 반영 및 시설분야 설계 반영, 시설분야의 BF 인증 추진 등을 유도한 점은 성과로 평가됨
- 반면, 본 과업이 사업 초기단계인 기본설계 단계에 이루어져 상세설계에 반영되었어야 하나, 제작설계가 진행된 2단계에 과업이 이루어진 관계로, 본 사업에 본격적으로 반영되지 못하는 한계가 있으나, 향후 추가편성의 제작 또는 후속 사업에서의 실용화차량의 제작 등의 과정에서 요구사항의 수립 지침으로 활용 가능할 것으로 기대

(나) 서브시스템 규격서 확정

1) 개요

- 본 과제의 1단계 수행 결과, 시스템요구사항이 승인되었으며, 1단계 후반부에 추진된 사전설계검토(PDR; Preliminary Design Review)와 제1차 상세설계검토(CDR; Critical Design Review) 과정에서 각 서브시스템에서의 시스템요구사항 만족을 위한 규격 요소들이 수집되었음
- 본 과업에서는 이러한 성과물을 바탕으로 시스템요구사항을 각 서브시스템에 배분하는 서브시스템요구사항을 정립하고, 이에 대한 규격 항목을 식별, 조정, 확정하는 업무를 수행함

2) 서브시스템 요구사항

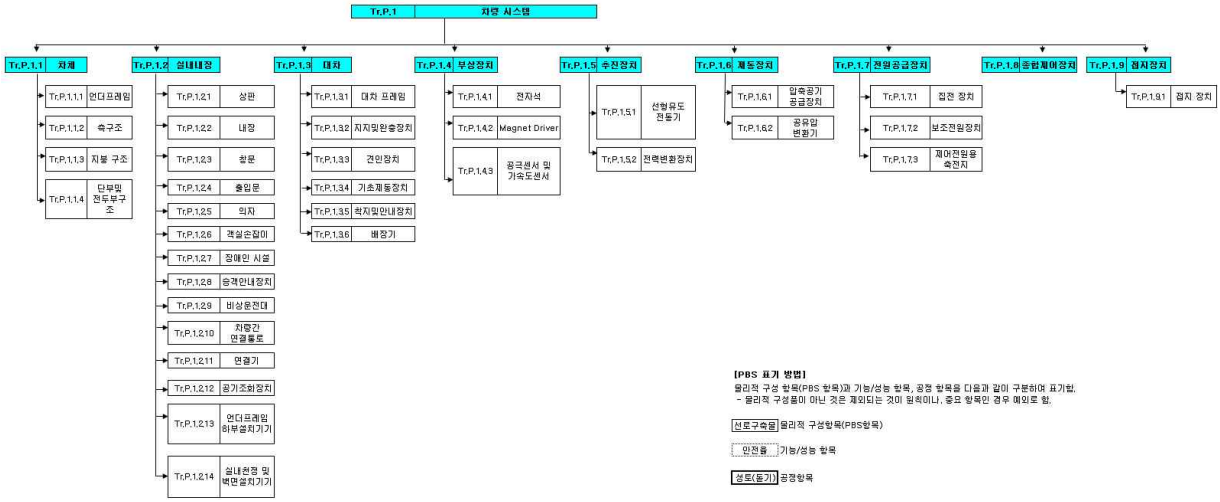
가) 개요 및 경과

- 제1차 상세설계검토 결과, 각 세부과제로부터 bottom-up 방식으로 수집된 서브시스템 요구사항에 대한 Review
- VM(Verification Matrix) 최상위 문서인 시스템요구사항-서브시스템요구사항 상관표 작성을 통해, 시스템요구사항을 각 서브시스템에 할당하고 상호 추적성을 구축
- 각 서브시스템 요구사항에 대한 근거 확보 (상위, 시스템요구사항 및 관련 법령, 규칙 등)

나) 주요 성과물

-도시형자기부상열차실용화사업 서브시스템요구사항서 (M1100-SE+SE-100-0002-rev-0-0-07)

• 도시형자기부상열차시스템 구성품체계 (PBS; 서브시스템요구사항 협의/조정 과정에서 3차에 걸쳐 보완; M1000-SE+SE-619-0009-rev-0-0-02)

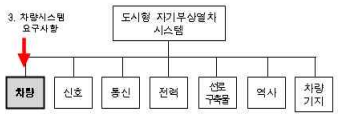


• 차량시스템요구사항 209 항목

3. 차량시스템(Level 1)

3.1 범위

3장은 도시형 자기부상열차 차량시스템 수준의 요구사항이다. 차량 및 각종 차상 설비 등 2-0 핵심과제에서 담당하는 분야가 이에 해당된다.



3.2 목표

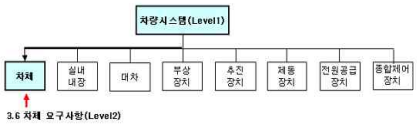
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Tr.R.1.	차량시스템	차량시스템은 승객을 안전하게 수송할 수 있어야 한다.	S.R.1 수송성, S.R.2 안전성, S.R.18 수송기능	

3.3 기능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Tr.R.2.	차체	차체는 승객, 화물을 수용하고, 외부 환경이나 충격으로부터 보호할 수 있어야 한다. 량당 93명, 2량 1편성 기준에 적합하도록 설계되어야 한다.	S.R.1 수송성, S.R.10 차량보호	
Tr.R.3.	실내내장	실내내장은 승객들에게 안전하고 편안한 환경을 제공할 수 있어야 한다.	S.R.2 안전성, S.R.5 승차감 및 소음, S.R.6 편의성, S.R.72	

3.6 차체(Level 2)

3.6.1 범위



3.6.2 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Tr.R.47.	언더 프레임	언더프레임은 수직하중(승객 하중 및 각종 기기 하중), 연결기를 통하여 전달되는 수평하중 및 대차를 통하여 전달되는 하중을 견딜 수 있어야 한다.	S.R.1 수송성, P.B.S 구성체에 따라 영	
~~Tr.R.48.~~	측구조	차체의 출입구나 창문 등과 같은 개구부 및 결단부는 응력 집중을 충분히 고려하여 설계되어야 한다.	P.B.S 구성체에 따라 영	
~~Tr.R.49.~~	지붕구조	차체의 개구부나 결단부는 응력 집중을 충분히 고려한 구조이어야 한다.	추가	
~~Tr.R.50.~~	단부및전두부구조	차체의 운전실 전두부는 비관한 외관을 갖도록 하고, 단부에는 통로연결막을 설치하는 구조이어야 한다.	P.B.S 구성체에 따라 영	

3.6.3 품질 요구사항

3.6.3.1 설계 및 구축

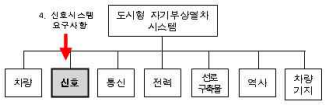
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Tr.R.51.	강도	차체는 최대 하중의 운행 조건하에서 시스템의 기능을 만족하도록 강성 및 강도를 가져야 하며, 차체의 구조 및 제	차량개발	

• 신호 및 열차제어시스템 요구사항 102 항목

4. 신호 및 열차제어 시스템(Level 1)

4.1 범위

4장은 신호 및 열차 시스템 수준의 요구사항이다. 본 장에서 등장하는 ATP, ATO, ATS 등의 장비는 별도의 언급이 없는 한 지상 장비를 의미한다.



4.2 목표

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
SI.R.1.	원활하고 안전한 운행	신호시스템은 각 열차가 서로 간섭하거나 충돌하지 않고 계획된 일정에 따라 원활하고 안전하게 운행할 수 있도록 차량의 운행을 제어할 수 있어야 한다.	S.R. 1차 TFT회의 (수정)	

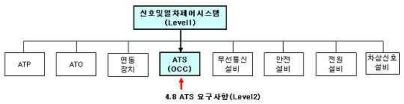
4.3 기능 및 성능 요구사항

4.3.1 기능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
SI.R.2.	열차자동보호기능 (ATP)	ATP는 열차가 안전 한계를 벗어나 운행할 경우 열차간의 안전 이격 거리를 유지하기 위하여 안전이 확보되도록 제동명령을 내릴 수 있어야 한다.	자체 추가	
SI.R.3.	열차자동운전기능 (ATO)	ATO는 ATP에 의해 부여된 안전한계 내에서 미리 정한 운행 조건에 따라 열차를 자동적으로 제어할 수 있어야 한다. 또한 비상시를 대비하여 수동운전기능을 제공해야 한다.	자체 추가	
SI.R.4.	연동기능	연동장치는 열차 오동작을 방지할 수 있어야 하며, ATP ATO ATS와 인터페이스 될 수 있어야 한다. 또한 비상시를 위한 수동조작 기능도 포함된다.	자체 추가	
SI.R.5.	ATS기능	ATS는 시스템 기능에 대한 자동제어를 감시하고 정보를 제공할 수 있어야 한다.	자체 추가	
SI.R.6.	무선통신	무선통신설비는 연속적, 고성능, 양방향성 차상-지상 간 정	자체	

4.8 ATS(Level 2)

4.8.1 범위



4.8.2 기능 및 성능 요구사항

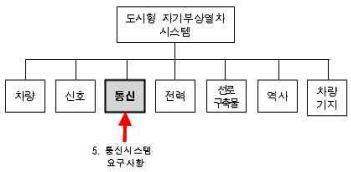
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
SI.R.68.	대형표시기능	ATS는 시스템 내의 장치 상태 및 통행 상태를 개괄하여 파악하기 위해 항상 고정된 화면에 표시할 수 있어야 한다.	S.R. 계획 및 내용수정	
SI.R.69.	운영제어기능	ATS 중앙 컴퓨터는 열차 운영시 중앙 운영자로부터 하달되는 명령에 따라 열차제어 및 열차운행에 관련된 제반사항(열차 운행 계획 유지, 조정)등을 제어할 수 있어야 한다.	S.R. 2차 TFT회의,계획 및 내용수정	
SI.R.70.	기지제어기능	ATS는 기지의 열차운행에 대하여 집중적으로 관리, 제어할 수 있어야 한다.	추가	
SI.R.71.	역제어기능	ATS는 관제실에서 제어가 불가능할 경우를 대비하여 각 역에 지역 제어 기능을 할 수 있도록 하여야 한다.	추가	
SI.R.72.	콘솔기능	시스템에 관한 전반적인 정보를 중앙 운영자에게 관제 콘솔을 통해 표시할 수 있어야 한다.	S.R. 계획 및 내용수정	
SI.R.73.	스케줄 컴퓨터기능	ATS는 열차 운행에 관한 모든 정보들을 중앙과 신호기기실 간의 통신망을 통해 감시하고 정기적으로 수집 및 기록하고 지연 감시를 통해 열차의 운행 스케줄을 관리할 수 있어야 한다.	S.R. 계획 및 내용수정	

- 통신시스템 요구사항 57 항목

5. 통신시스템(Level 1)

5.1 범위

5장은 통신시스템의 요구사항이다. 차량, 신호, 역사, 차량기지 간에 원활한 운영을 위해 설치되는 통신시스템이 이 장에 속한다.



5.2 목표

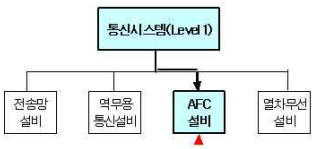
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Co.R.1.	통신시스템	통신시스템은 연속, 고밀도, 양방향 통신 상태를 유지하여 자기부상열차시스템의 원활한 운영 및 사고 처리를 지원할 수 있어야 한다.	S.R.	

5.3 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Co.R.2.	전송망 기능	전송망설비는 일정한 형태의 전기통신신호를 전송하기 위해 사용하는 전송매체와 그 전송매체를 수용 또는 접속하기 위한 기능을 할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Co.R.3.	역무용 통신 기능	역무용통신설비는 원활한 운행관계가 이루어지고 비상상황 발생 및 안내 필요시 통신할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Co.R.4.	AFC기능	AFC설비는 승객에게 승차권을 구입하고 승하차하는 과정에서 편리한 서비스를 제공할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Co.R.5.	열차 무선 기능	열차무선설비는 열차 운행시 통합관제실과 차량 간의 음성 및 데이터 통신을 할 수 있어야 한다.	자체 추가	

5.7 AFC 설비(Level 2)(T.B.D)

5.7.1 범위



5.7.2 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Co.R.42.	중앙관산 기능	AFC설비는 승차권의 발매, 개/집표 업무와 이에 따른 요금 정산, 각종 회계 및 통계 업무 등을 효율적으로 처리할 수 있어야 한다.	2차 TFT회의	
Co.R.43.	자동발매 기능	AFC설비는 각 역사에서 승객이 직접 조작하여 승차권을 발매할 수 있고 특히 교통 약자의 이용이 편리하여야 한다.	2차 TFT회의	
Co.R.44.	발권기능	AFC설비는 발매기의 이상시 승차권을 일괄 공급할 수 있어야 하며 모든 종류의 승차권을 관독할 수 있어야 한다.	2차 TFT회의	
Co.R.45.	개집표기능	AFC설비는 승차권에 기록된 정보를 관독 및 기록하여 개집표구간의 승객 이동을 검표 및 통계할 수 있어야 한다. 단, 각 역사의 수송수요에 근거하여 설치하고, 장애우를 위한 전용 개집표기는 반드시 1대 이상을 설치하여야 한다.	2차 TFT회의	
Co.R.46.	정산기/충전기능	AFC설비는 여객의 교통카드 잔액 확인 및 충전 을 할 수 있어야하며, 기기고장, 교통카드의 이상시 카드 업체 사항의 조치 및 정산 기능을 하여야한다.	2차 TFT회의	

5.7.3 품질 요구사항

5.7.3.1 설계 및 구축

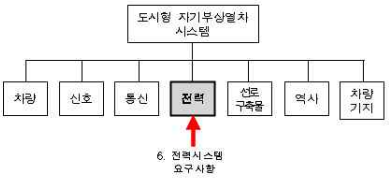
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Co.R.47.	관제원격방송	통합관제실에서 열차 운행 사항 및 공지 사항 등을 각 역의 대합실, 승강장, 차량 내의 승객들에게 방송할 수 있어야 한다.	2차 TFT회의	

- 전력시스템 요구사항 88 항목

6. 전력시스템(Level 1)

6.1 범위

6장은 전력시스템의 요구사항이다. 차량, 신호, 통신, 역사, 차량기지 등에 적절한 전력을 공급하기 위해 설치되는 전력시스템이 이 장에 속한다.



6.2 목표

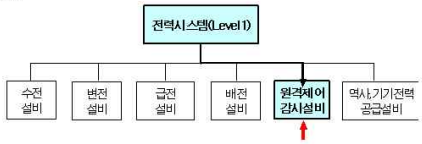
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Pw.R.1.	전력공급	전력시스템은 전력공급 사업자로부터 받은 특고압 전력을 자기부상열차 운전용 전력 및 부대용 전력으로 변환하여 공급할 수 있어야 한다.	S.R	

6.3 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Pw.R.2.	수전기능	수전설비는 전력 공급 사업자로부터 전력을 공급 받아 자기부상열차 시스템용 직류 급전변전소로 전달할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Pw.R.3.	변전기능	변전설비는 변압기 등에 의하여 특별 고압 전력을 자기부상열차 운전용 전력 및 부대용 전력으로 변전/공급할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Pw.R.4.	급전기능	급전설비는 차량시스템에 운전 전력을 공급할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Pw.R.5.	배전기능	배전설비는 전력 공급 사업자로부터 전력을 공급 받거나 변전한 전력을 필요한 기기에 공급할 수 있어야 한다.	자체 추가	

6.9 원격제어감시설비(Level 2)

6.9.1 범위



6.9.2 품질 요구사항

6.9.2.1 설계 및 구축

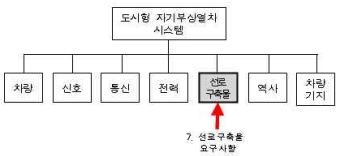
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Pw.R.77.	설비제어 기능	원방제어 및 감시설비는 중앙 제어실에서 전달되는 제어명령을 수신하여 각 장치를 제어할 수 있어야 한다.	Pw.R.	
Pw.R.78.	중앙통제 기능	원방제어 및 감시설비는 각 설비의 개폐 상태 및 계전기의 동작 상태의 감시와 변압기의 온도 및 각 배전반의 전기량 등을 감시할 수 있어야 한다.	Pw.R., 2차 TFT회의	
Pw.R.79.	전력감시 기능	원방제어 및 감시설비는 원격지에서 데이터를 수집해 전송 가능한 형식으로 데이터를 변환한 뒤 중앙제어실 설비로 송신할 수 있어야 한다.	Pw.R	
Pw.R.80.	고장검지	전력시스템은 고장 검지 및 표시 기능 등을 갖추어 신속히 고장을 복구할 수 있어야 한다.	Pw.R.	
Pw.R.81.	전원차단	자기부상열차 시스템은 긴급 사항 발생시 통합관제실에서 전원공급을 차단할 수 있어야 한다.	O.C.2 2 1차 TFT회의 (보류), 2차 TFT회의, "시스템 요구사항"에서 이동	

- 선로구축물 시스템 요구사항 74 항목

7. 선로구축물(Level 1)

7.1 범위

7장은 선로구축물에 대한 요구사항이다. 차량의 운행을 위한 궤도 및 관련 시설물, 분기기 시설 등이 포함된다.



7.2 목표

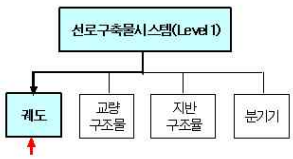
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Ra.R.1.	선로구축물의 역할	선로구축물은 수송 거점(역사) 간 이동하는 자기부상열차의 지지와 안내 역할을 할 수 있어야 한다.	운영개념 "시스템 범위"	

7.3 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Ra.R.2.	궤도	궤도는 열차의 주행으로 인해 발생하는 하중을 확실하게 상부구조에 전달하고 지진 바람 등에 안전하도록 설계되어야 한다.	자체 추가	
Ra.R.3.	교량구조물	교량구조물은 차량 운행시 발생되는 모든 하중을 지지할 수 있는 상부 구조, 하부 구조, 기초로 설계되어야 한다.	자체 추가	
Ra.R.4.	지반구조물	지반구조물은 철도 설계 기준 및 경규도를 참고로 하며, 지반 조사 결과에 따라 조정할 수 있어야 한다.	자체 추가	
Ra.R.5.	분기기	분기기는 차량 운행 시격을 충분히 만족하도록 허용 시간 내에 분기를 완료할 수 있어야 한다.	자체 추가	

7.5 궤도(Level 2)

7.5.1 범위



7.5.2 기능 및 성능 요구사항(Level2)

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Ra.R.21.	Cross arm	Cross arm은 레일, 침목 및 거더의 결합이 열차의 주행 안전성 및 안정성에 영향을 주지 않도록 충분한 강도를 가지며, 완전히 고정되는 구조로 설치되어야 한다.	추가	
Ra.R.22.	Guide rail	Guide Rail은 전자석과 반응하여 흡인력을 발생시켜 자기부상열차를 안전하게 부상 및 지지할 수 있어야 한다.	추가	
Ra.R.23.	Back iron	Back Iron은 부상레일과 추진도체판이 움직임이 없도록 완전히 체결하며, 주행 중 부상장치에 고장이 발생하더라도 열차를 운행할 수 있어야 한다.	추가	
Ra.R.24.	Reaction plate	Reaction Plate는 자기부상열차가 추진할 수 있는 추진력을 발생할 수 있어야 한다.	추가	

7.5.3 품질 요구사항

7.5.3.1 설계 및 구축

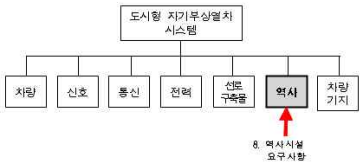
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
Ra.R.25.	차량주행 기능	선로구축물 시스템은 차량이 안전하게 주행 할 수 있도록 지지/안내될 수 있어야 한다.	Ra.R., 2차 TFT회의	
Ra.R.26.	추진력발생 제공기능	궤도의 도체판은 차량의 견인 전동기 1차측과 자기력을 제공하여 차량이 추진할 수 있는 추진력이 발생될 수 있어야 한다.	Ra.R., 2차 TFT회의	
Ra.R.27.	지지 및 안내기능	궤도의 가이드레일은 차량의 하중을 지지하고 진행 방향을 안내할 수 있어야 한다.	Ra.R., 2차	

- 역사시스템 요구사항 61 항목

8. 역사(Level 1)

8.1 범위

8장은 역사시설에 대한 요구사항이다. 승객의 승하차를 돕고 사고발생을 방지하고 대처하기 위한 시설들이 포함된다.



8.2 목표

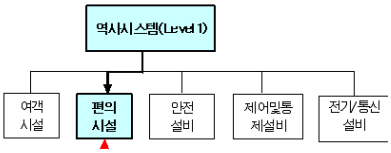
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
St.R.1.	승객 승하차 기능	역사는 승객이 원하는 목적지로 안내하고 안전한 승하차가 이루어지도록 지원하여야 한다.	S.R., 2차 TFT회의	

8.3 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
St.R.2.	여객시설	역사는 승객이 자기부상열차에 안전하게 승하차 할 수 있는 공간을 제공하고, 승객의 안전을 모니터링 할 수 있어야 한다.	자체 추가	
St.R.3.	편의시설	역사를 이용하는 승객에게 편의를 제공하여야 한다.	자체 추가	
St.R.4.	안전설비	역사는 승객이 안전하게 자기부상열차를 이용할 수 있도록 안전시설을 갖추어야 한다.		
St.R.5.	제어 및 통제설비	역사는 승객의 안전을 위해 감시하고 제어할 수 있어야 한다.		
St.R.6.	전기/통신시설	역사를 운영하고 유지관리하기 위한 전기/통신 시설이 적용되어야 한다.	자체 추가	

8.6 편의시설(Level 2)

8.6.1 범위



8.6.2 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
St.R.31.	위생시설	편의시설은 역사를 이용하는 승객에게 화장실을 제공하고, 기타 폐기물을 처리할 수 있어야 한다.	S.R., 1차 TFT회의 ("8.4.3"에서 이동)	
St.R.32.	이동시설	편의시설은 엘리베이터 및 에스컬레이터를 설치하여 계단 또는 복도를 편리하게 이동할 수 있도록 이동 편의 기능을 제공하여야 한다.	S.R., 1차 TFT회의 ("8.4.3"에서 이동)	
St.R.33.	장애인시설	편의시설은 장애인의 층간 이동이 용이하도록 장애인용 엘리베이터를 설치하고 관련법에 의한 편의시설을 제공하여야 한다.	S.R., 1차 TFT회의 ("8.4.3"에서 이동, 수정)	
St.R.34.	안내시설	편의시설은 역사 내·외부의 승객에게 열차 운행 노선, 운행 상황 등의 열차 이용에 필요한 정보를 제공할 수 있어야 한다.	S.R., 1차 TFT회의 ("8.4.3"에서 이동)	
St.R.35.	냉난방시설	편의시설은 역사 내 온도를 일정하게 유지할 수 있어야 한다.	추가	
St.R.36.	공기조화 시설	편의시설은 역사 내부 승객의 쾌적한 활동이 가능하도록 관련법 기준을 만족할 수 있어야 한다.	S.R., 1차	

- 차량기지 시스템 요구사항 101 항목

9. 차량기지(Level 1)

9.1 범위

9장은 차량기지에 대한 요구사항이다. 도시형 자기부상열차 시스템의 운행상황을 감시하고 각종 사고에 대처하기 위한 통합관제실 및 차량을 검수하기 위한 시설들이 포함된다.

9.2 목표

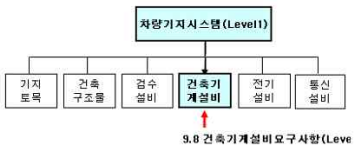
일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
De.R.1.	정비시간 준수	차량기지는 자기부상열차의 가용성 유지 및 완벽한 정비를 위하여 예방 유지 보수 체계 및 검수 작업 공정 표준화를 수립하여 유지 보수 단계별 정비 시간을 준수할 수 있어야 한다.	운영개념 "시스템 범위", 1차 TFT회의 (수정), 2차 TFT회의 'Level 2 검토 회신 건	

9.3 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
De.R.2.	기지토목	자기부상열차의 입출고, 유지 및 검수선 간의 안정된 이동을 위한 노반 및 선로 시설물이 설치되어야 한다.	Level 2 검토	

9.8 건축기계설비(Level 2)

9.8.1 범위



9.8.2 기능 및 성능 요구사항

일련번호	제 목	내 용	출처/추적성	
			상위	하위
De.R.67.	공기조화 및 환기설비	차량기지내에 있는 각 건물별 열원공급방식의 결정, 냉난방 및 공조기기의 용량 결정을 위한 냉난방/공조/환기 부하량(설별, 구역별)의 산정, 냉난방 및 공조장비의 형식 선정, 각 장비의 설치, 설치후의 종합시험조정(TAB), 효율적인 장비의 운영 및 유지보수 계획 등을 고려하여야 한다.	Level 2 검토 회신 건	
De.R.68.	급배수/위생설비	토목의 시상수 인입 계획에 따른 각 건물별/용도별(음용수, 위생용수, 세척용수, 청소용수, 소화용수 등) 소요수량 산정 및 공급·배분·처리하기 위한 모든 시설의 계획, 펌프의 형식 및 용량 산정, 급수/소화용수 저수조의 용량 산정 등을 계획하여야 한다.	Level 2 검토 회신 건	
De.R.69.	소방설비 (기계)	소방기본법, 소방시설공사업법, 동법시행령 및 시행규칙, 국가화재안전기준(NFSC) 등에 따른 차량기지 내 각 건물의 소방시설(소화설비, 피난설비, 소화용수설비, 소화활동설비 등)을 계획하여야 한다.	Level 2 검토 회신 건	
De.R.70.	가스설비	가스 인입계획에 따른 각 건물별/용도별(냉난방용, 취사용 등) 소요량산정 및 공급·배분·처리·사용하기 위한 모든 시설(정압실 포함)및 연소기기에 대한 시설계획을 하여야 한다.	Level 2 검토 회신 건	
De.R.71.	압축공기설비	각 용도별/장비별 압축공기 사용량 산정 및 최대 사용 압력 조사, 공기압축기의 형식, 용량 및 대수결정, 압축공기 공급용 옥내·외 배관, 제어반, 안전장치 및 공기압 측정기 등 압축공기설비와 관련된 모든 계반설비를 설계하여야 하며, 효율적인 장비의 운영 및 유지보수 계획 등을 설계하여야 한다.	Level 2 검토 회신 건	
De.R.72.	주방설비	주방 열원 공급 계획, 주방 인원에 따른 주방 면적 산정, "식	Leve	

3) 분야별 규격서 확정

가) 개요

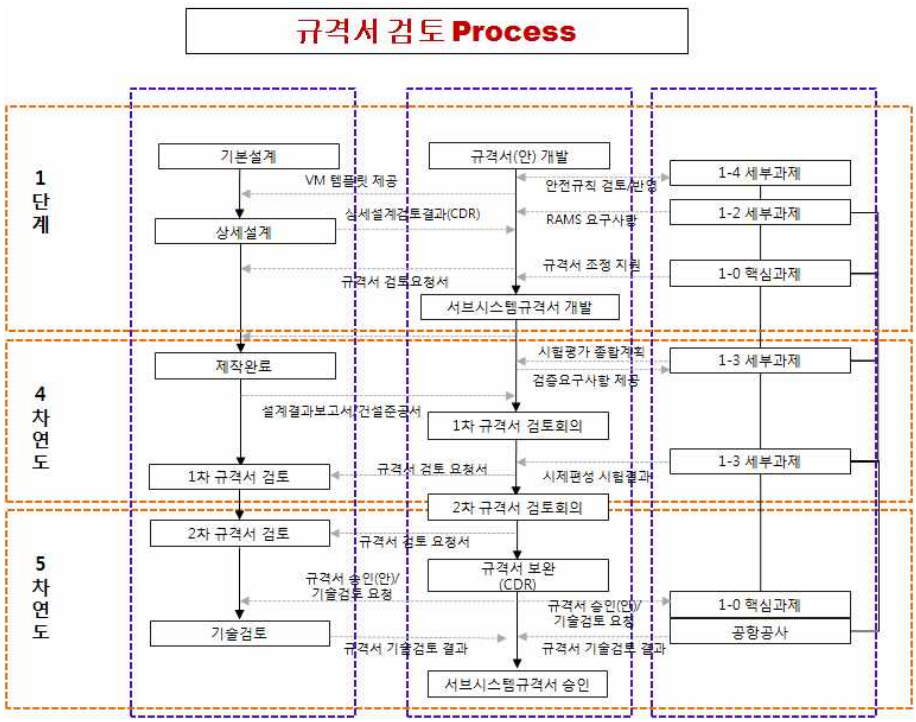
- 구축된 각 서브시스템 요구사항에 대응하여, 각 서브시스템에서의 구현 지침을 기술한 서브시스템 규격서를 각 담당과제와 핵심과제, 사업단의 협의/조정을

통해 합의를 도출

나) 수행 경과

- 1단계 후반부에 수행된 제1차 상세설계 검토회의 결과 수집된 서브시스템 요구사항은 상기 절에 기술된 바와 같이 2단계 4차년도에 수정, 보완됨
- 본 과업은 보완된 서브시스템 요구사항을 바탕으로, 각 서브시스템의 상세 규격을 수집하여 문서화, 규격화하여 각 서브시스템 요구사항에 대응함으로써 요구사항과의 추적성이 구축된 서브시스템 규격을 확정하는 것을 핵심 내용을 수행
- 이를 위해, 각 세부과제로부터 수집된 규격 및 기본설계 결과를 바탕으로 보완된 PBS 체계와 규격 작성 체계에 맞도록 서브시스템 규격서 Draft를 작성하고 제1차 실무검토 및 핵심과제 기술 검토, 제2차 실무검토를 통해 규격서 합의 안을 도출
- 도출된 합의안은 2010. 11. 사업단장-핵심책임자 회의를 거쳐 사업단에 “도시형 자기부상열차 실용화사업 시스템규격서(안)”으로 승인 요청되어 2010.12. 승인됨

□ 도시형자기부상열차실용화사업 시스템규격서 협의/조정 및 승인 수행 절차



다) 규격서 상세항목 협의/조정 결과

- 1차 조정 (4차년도)

구분	검토/보완의견	비고
시스템규격서	21건	실내/외부 소음기준 조정, 주요용어 통일 등
차량시스템	20건	출입문 Misting 적용, 교통약자를 위한 객실손잡이 설치, 차량만차중량 기준 재검토, 정지상태 검지 기준 명시 등
신호 및 열차제어시스템	38건	열차위치 검지, PSD 물체 끼임 처리, TTC/ATS 구분 명확화, 정위치정차검지 등
통신시스템	39건	이중화 기준, 관로선형 곡률반경, MPLS형 광전송망설비 검토 등
전력시스템	43건	PBS 보완, 참조규격 추가, 용어 통일 등
선로구축물	15건	궤도간 중심간격 재검토, 침목규격, 대피통로폭 검토 등
역사시스템	40건	승강장 폭, 대합실 규격, 여객화장실 내 긴급호출, 장애인 이동편의시설 등
차량기지시스템	8건	PSD 운전 제어 위치, 검수설비 RAMS, 자동일상검사장치 규격 등
계	**214건**	**규격서 검토보고서 총 146건**

- 1차 조정 (4차년도)

구분	검토/보완의견	비고
시스템규격서	16건	차량보호, 이벤트표시, 출입문연동 등
차량시스템	2건	차량접지장치, 전력인터페이스
신호 및 열차제어시스템	65건	연동장치, 안전설비, 기상검지장치 등
통신시스템	20건	구성 체계, 전송망설비, 전선관로설비 등
전력시스템	32건	급전계통, 제 3궤조 전차선로 구성 등
역사시스템	19건	엘리베이터, 재난방지시설 등
선로구축물	42건	부속시설, 하부구조, 선로표지 등
차량기지시스템	19건	건축구조물, 자재창고, 소방설비 등
계	**215건**	**규격서 검토보고서 총 146건**

라) 주요 성과물

- 도시형자기부상열차 서브시스템 규격서 승인(안)

  * 규격서 수립 과정에서의 추적성 검토보고서는 세부공정성과물 “다. 요구사항 및 규격 추적관리” 성과물 중 서브시스템규격 추적성 검토보고서에 반영됨

4) 추적성 체계 구축

가) 개요

- 시스템요구사항 추적관리를 위해, 각 시스템요구사항과 서브시스템 요구사항, 서브시스템 규격 간 상하위 추적성 식별 및 데이터베이스화 수행

나) 주요 내용

- 검증요구사항 데이터베이스를 활용한 요구사항 추적성 관리 체계 구축
- 상하위 추적성은 최상위 RFP, 운영개념서, 시스템 요구사항, 서브시스템 요구사항, 서브시스템 규격서, 검증요구사항, 시험평가 항목 간 추적성을 식별하여 구축함
- 각 규격 요소간 I/F 추적성은 각 세부과제간 상세 I/F 협의·조정 과정을 모니터링하여 추적성 링크 구축

다) 주요 성과물

- 서브시스템요구사항 추적성 보고서

  • 요구사항-분야별 서브시스템요구사항 연계표
- 본 과업의 성과물은 세부성과물 “라. 요구사항 데이터베이스”에 각 클래스의 요소간 추적성 링크를 통해 반영됨 (성과물 시연)

5) 요구사항 DB 반영

가) 개요

- 본 세부공정 “시스템엔지니어링 문서체계 구축 및 관리”의 성과물은 세부공정 “라. 요구사항 데이터베이스”의 성과물인 요구사항 추적관리 DB의 핵심 구성 콘텐츠로 반영

나) 수행내용

- 시스템요구사항 보완사항 및 기술문서 DB 입력
- 서브시스템요구사항 수정·보완사항 DB 입력

- 시스템요구사항 ↔ 서브시스템요구사항 추적성 Link 및 검증
- 시스템규격서 및 서브시스템 규격서 승인사항 및 관련 기술문서 DB 입력
- 규격서 ↔ 서브시스템요구사항, 검증요구사항, 시험평가 항목 간 추적성 Link 및 검증

다) 주요 성과물

- 본 과업의 성과물은 세부성과물 “라. 요구사항 데이터베이스”의 입력 내용 및 각 요소간 추적성 링크를 통해 반영됨 (성과물 시연)

(4) 결과

(가) 문제점 및 보완계획

- 본 과업의 핵심 성과물인 시스템요구사항 수정본과 서브시스템 규격서는 사업단 승인을 통해 확정되었으나, 사업 초기에 수행되지 못한 한계로 인하여 실제 차량 및 시설분야 제작 과정에 기준 문서로써 활용되지는 못하는 한계가 있었음
- 그러나, 1단계 요구사항 승인 및 설계검토와 더불어, 규격의 협의·조정 과정에서 각 담당과제와 실무 검토를 통해 변경 가능한 범위에서 설계 재검토와 변경을 유도하였다는 점에서는 일부 의미있는 성과를 달성
- 앞서, 세부공정의 개요에서 언급된 바와 같이, 본 과업이 다루는 요구사항과 규격은 상용화 성공 시점까지 지속적으로 ‘개발되어야 하는’ 사안으로, 향후 제작 및 시험평가 과정에서도 기술환경이나 기술 수준, 사업 환경의 변화에 따라 지속적으로 변경될 것이며, 이 과정에서 본 사업의 시스템을 기술하는, 나아가 후속 상용화를 위한 사양 검토/조정 과정에서 기준 문서가 될 수 있도록 각종 기술검토와 I/F 조정 사항과 더불어 설계/제작/시험평가 결과까지를 포괄하는 SE 문서체계로 최종 정비할 예정

(나) 기대효과 및 활용계획

- 승인된 규격서는 3단계의 시스템 통합 및 시험평가 과정에서 SE 총괄과제 관점에서의 시스템 통합 관리와 본선 시운전에 따른 시스템 변경 요구에 대한 SEMP에 따른 체계적인 접근의 근거 문서로 활용 예정
- 또한, 시스템요구사항 및 규격서 도출 과정의 기술, 정책적 이슈 처리에 대한 추적성 구축 및 문서화 성과물은 본 실용화사업의 실질적인 성과로 볼 수 있는 후속 차량/시설물의 판매(국내 지자체 또는 해외 영업) 과정에서 새로운

발주사업자가 요구하는 시스템 수준을 충족시키기 위한 요구사항/규격 개발 및 검토 과정의 핵심 지침으로 활용이 기대됨

(다) 최종 산출물(연구결과물)

- M1100-SE+SE-100-0001-rev-1-1-06 도시형자기부상열차 시스템 요구사항 (수정)
- M1100-SE+SE-100-0002-rev-0-0-07 서브시스템요구사항
- M1100-SE+SE-619-0009-rev-0-0-02 구성품체계(PBS)
- M1100-SE+SE-619-0001-rev.0.0.04 시스템규격서
- M1100-SE+SE-619-0001-rev.0.0.04 시스템규격서
- M1100-SE+SE-619-0002-rev-0-0-05 차량시스템 규격서
- M1100-SE+SE-619-0003-rev-0-0-06신호 및 열차제어시스템규격서
- M1100-SE+SE-619-0004-rev-0-0-06 통신시스템 규격서
- M1100-SE+SE-619-0005-rev-0-0-06 전력시스템 규격서
- M1100-SE+SE-619-0006-rev-0-0-06 역사시스템 규격서
- M1100-SE+SE-619-0007-rev-0-0-06 선로구축물 시스템 규격서
- M1100-SE+SE-619-0018-rev-0-0-06 차량기지 시스템 규격서
- 서브시스템요구사항 추적성 보고서

나. 상세설계 검토 (Critical Design Review)

(1) 개요

(가) 배경 및 필요성

- 본 도시형자기부상열차실용화사업 1단계에서는 인터페이스 조정 워크숍을 통해 사전 설계검토회의 (PDR; Preliminary Design Review, 2008. 6.)와 상세설계검토회의 (CDR; Critical Design Review, 2008. 12.)가 수행되었음
- 그러나, 자기부상 차량시스템, 자기부상 시설물 등이 상용화 경험이 없는 처음으로 개발되는 실용화시스템인 관계로, 1단계의 CDR (이하, 제1차 CDR) 과정에서 시스템 요구사항이 각 서브시스템에 불완전하게 할당된 상태로 단순한 설계결과 수집에 그침
- 특히, 검증체계와 검증 방안을 식별하기 위한 VM(Verification Matrix)의 작성은 각 VM 요소 간 validity 검증이 이루어지지 못한 채로 수집된 자료에 머물렀으며, 이러한 검증 요소의 validity 검증 기준조차 마련되지 못한 한계를 보임
- 통합 시스템에 대한 SE 차원에서의 기술통합 및 검증 도구의 개발이 요구되며, 이에 본 과제에서는 추가적인 “상세설계 검토”를 검증 체계의 구축 및 합의 도출을 세부 공정으로 수행

(나) 최종목표

- 시스템요구사항 검증 프로세스 구축
- 검증요구사항서 작성 및 validity 검증, 상세 검증방안 협의・조정

(다) 주요내용

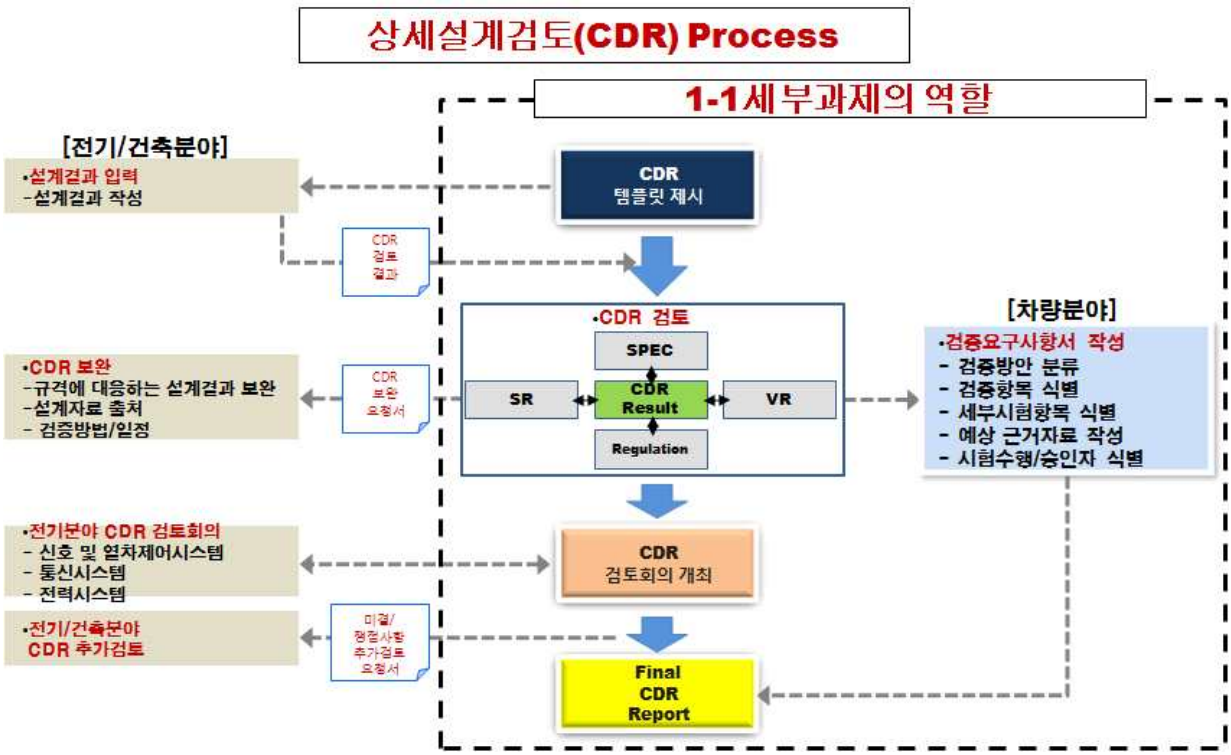
1) 시스템요구사항 검증 프로세스 구축
- VM을 이용한 검증 방법론 제시
- 검증요구사항 체계 구성

2) 검증요구사항서 작성 및 협의・조정
- 분야별 검증요구사항서 작성
- 규격 항목의 상세화를 통한 검증항목 식별
- 항목별 검증방법 및 주체, 시기 식별 및 시험평가 종합계획 연계
- 법안/규칙 검토・반영, 항목별 설계결과 검토・반영
- 검증요구사항서 협의・조정 및 사업단 보고

3) Work Breakdown Structure

- 본 세부항목의 주요 공정의 구성 및 수행 내역은 다음과 같이 구성하였다.

4) 상세설계검토 업무수행 절차



(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(2단계)												달성도 (%)
	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	
상세설계검토													
1. VM을 이용한 검증 방법론 제시	– –												100%
2. 검증요구사항 체계 구성		– – –											100%
3. 검증요구사항서 작성/협의/조정				– – – – – – – –									100%
4. 검증요구사항서 승인										– – –			100%
5. 검증요구사항 DB 반영										– – –	– – –	– – –	100%

---------- 당초계획

실 적

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) VM을 이용한 검증 방법론 제시 및 검증요구사항 체계 구성

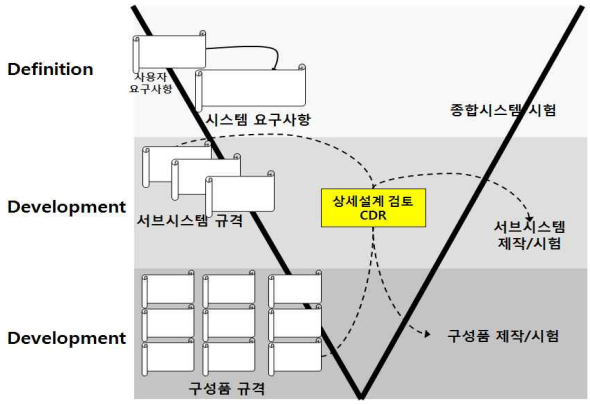
1) 개요

- 시스템요구사항 추적관리 활동의 핵심은 시스템요구사항을 각 서브시스템에 할당하여 시스템의 상세 구성요소들의 조합이 각각의 시스템요구사항을 만족시킬 수 있도록 설계 및 제작 지침으로 제시하고, 이를 시험평가, 검사, 도면검토 등을 통해 확인하는 활동을 수행하는데 있음
- 본 사업의 SEMP 체계에서는 시스템 요구사항의 추적관리 절차를 제시하고 있으나, 주로 요구사항의 변경관리 중심으로 구성되어 있으며, 시스템의 성능과 통합 과정에서의 문제는 시험평가 측면에서의 담당 과제(1-3과제, 3핵심)의 역할로 규정
- 반면, 이러한 1-3과제(차량 성능시험 및 시험선 시험) 또는 3핵심(본선 시운전 시험)은 도시철도 차량의 성능시험 기준을 규정한 관계 법령에 따른 시험에 국한되어 추진됨으로써 개발 및 발주 특성이 혼재된 본 사업에서의 시스템 요구사항 만족 여부를 검증하기 위한 수단으로의 활용에는 한계가 있음

- 특히, 차량, 분기기, 선로구축물 등 개발과제의 개발 결과가 시스템에 미치는 영향과 시스템 요구사항 만족/불합치 여부, 오류 발생 시 타 시스템에 미치는 영향 분석 및 오류 수정에 따른 설계변경이 시스템에 미치는 영향 등을 검증하기 위한 도구로 활용되기 어려움
- 따라서, 시스템 통합과제인 1핵심과제의 시스템엔지니어링 관점에서의 시스템 검증/확인을 위한 도구가 요구되며, 본 과제에서는 이를 위한 새로운 검증 방법론을 개발하여 제시

2) 연구수행 결과

- 통상적인 시스템 엔지니어링 프로세스인 'VEE' 모델을 수행하는 절차를 보완하여, 각 구성품의 설계도면 검토, 제작시험, 시험선 시운전 시험, 본선 시운전 시험 등의 과정에서 검증이 요구되는 항목이 검증되도록 검증요구사항 체계를 구성

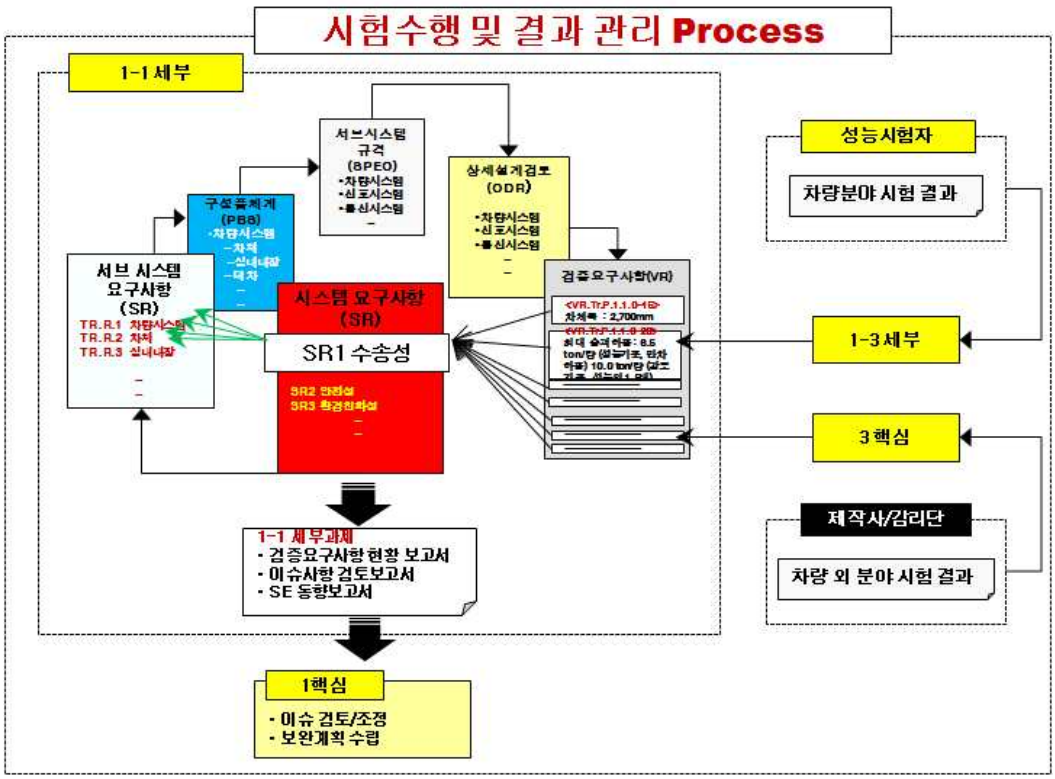


- 구성품 규격을 1개 이상의 검증방법으로 검증 가능한 수준으로 상세화하여 검증요구사항을 구성
- 다음 항목을 포함하는 검증요구사항 템플릿 작성
  - 상위 추적성 : 서브시스템 요구사항
  - 검증요구사항 항목 : 규격서 상세화 결과 (검증 가능한 최소단위 식별)
  - 항목별 준수하여야 할 법령/기준 근거자료
  - 설계검토 결과 : 1차 CDR, 2차 CDR 과정에서의 협의/조정 결과 History 반영
  - 설계내용 : 설계결과, 설계반영 내용
  - 검증방법 : 성능시험/개발시험/제작검사/품질인증 등 방법 구분
  - 검증방안 : 시험/검사/측정 등 검증 수단
  - 검증항목 : 검증요구사항 검증에 필요한 시험/검사명

• 세부 시험항목 : 시험항목 및 절차서
• 검증 근거자료 : 검증여부 판정 기준
• 검증수행 주체 및 승인자
• 검증일정 등

- 검증요구사항을 활용한 시스템 통합 및 시험평가 결과 관리 절차 수립 : 3단계에서 중점 진행될 예정인 시스템 통합 및 본선 시운전, 성능시험 등의 과정에서 시스템 요구사항의 만족 여부와 SE 차원에서의 시스템 통합의 기술적 완결성을 검증하기 위한 절차를 제시

* 검증요구사항을 활용한 시험수행 및 결과 관리 Process



3) 주요 성과물

- 검증요구사항서 템플릿 (CDR 보고서, M1100-SE+SE-616-0001-rev-0-0-01 참고)

Requirement			Specification			Verification								Risk (영향성)	현황	비고
일련번호	요구사항 제목	요구사항 내용	규격서 제목	규격서 내용	설계검토 결과	근거자료	검증방안	검증항목	세부 시험항목	근거자료	검증수행 주체	검증 확인자	검증완료 일정			
이준호1	통신시스템	통신시스템은 연속, 고밀도, 양방향 통신 상태를 유지하여 자기부상열차시스템의 원활한 운영 및 사고 처리를 지원할 수 있어야 한다.	4. 통신시스템 요구사항 4.1 통신시스템의 목표	무인운전 기반의 자기부상열차 통신시스템은 열차의 안전 운행과 승객의 안전을 위한 주요시스템이다. 이를 구현하기 위해 경제적이고 신뢰성 있는 최적의 통신시스템으로 구축하여야 한다.												
			4.2 통신시스템 운영조건 4.2.1 환경조건	1) 환경조건 요구사항은 도시형 자기부상열차 안전기준에 관한 규칙에서 규정한 환경조건을 따른다.												
			4.3 기능 및 성능 4.3.1 생산 및 조립	본 규격서에 의하여 제작되는 모든 기기 및 부품은 통일 도면에 의하여 제작되고, 호환성을 가져야 하며, 모든 부품은 유지보수에 지장이 없어야 한다.												

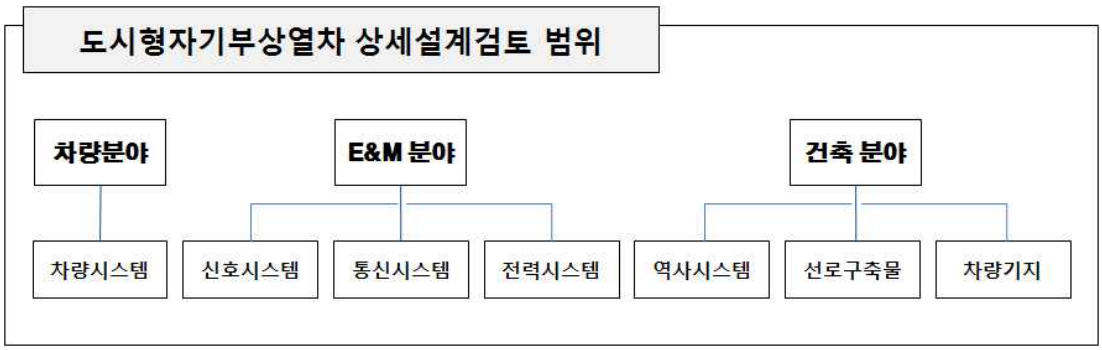
- 검증요구사항 추적관리 데이터베이스 (세부공정 “라. 요구사항 데이터베이스” 참고)

(나) 검증요구사항서 작성/협의/조정

1) 연구범위

가) 요구사항 및 규격 검증

- 도시형자기부상열차 상세설계검토는 요구사항으로부터 파생된 서브시스템 7개 분야(차량시스템, 신호 및 열차제어 시스템, 통신시스템, 전력시스템, 역사시스템, 선로구축물시스템, 차량기지시스템)를 대상으로 각 서브시스템 규격서에 대한 설계결과의 적합성을 검토



나) 관련 법규 및 규정 검토

- 규격과 관련된 법규를 식별하고 설계결과의 법규 만족여부를 검토

다) 설계결과 검증계획 검토

- 확인된 설계 결과에 대한 검증방안/계획(검증방안, 검증항목, 세부시험항목, 예상 근거자료, 시험수행 주체/승인자 등)을 검토

구 분	내 용
● Requirement	1. 일련번호 2. 요구사항제목 3. 요구사항 내용
● Specification	4. 규격서제목 5. 규격서내용 6. 관련근거 7. 1차 상세설계검토 ('08. 12. 02) 및설계기준/실시설계 결과 8. 근거자료 9. 설계내용(대안) 10. 근거자료(대안) 11. 담당과제
● Verification	12. 시험구분 13. 시험평가 항목 14. 판정기준 15. 시험일정 16. 시험결과 17. 후속조치 18. 시험담당/승인권자
● 기타	19. Risk 20. 현황 21. 비고

<상세설계검토(CDR) 템플릿 구성항목>

2) 추진 방법

가) 상세설계검토(CDR)추진 체계

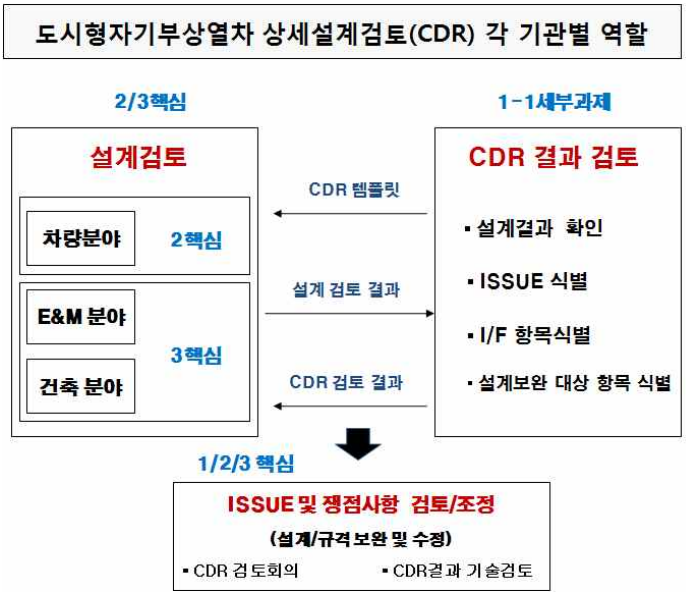
- 상세설계검토(CDR)템플릿은 시스템요구사항과 서브시스템간의 추적성을 구축하고 서브시스템 규격을 세분화하여 설계자(설계검토자)가 모든 규격에 대한 설계결과를 상세히 입력할 수 있도록 작성
- 본 과제(1-1세부과제)는 도시형자기부상열차 실용화 사업의 특성을 고려하여 상세설계검토(CDR)를 위한 각 서브시스템 CDR템플릿 작성하였고 이를 1핵심 및 사업단의 검토를 거쳐 CDR 수행기관(2/3핵심)에 배포

[그림 247]상세설계검토(CDR) 템플릿

- 상세설계검토의 완전성을 기하기 위하여 규격을 세분화하고 각 각의 규격에 대한 답으로 설계결과를 식별하여 배치
- 상세설계검토(CDR)과정에서 발생되는 ISSUE 및 쟁점사항을 도출하고 관련기관과의 협의를 통해 규격 및 설계 재검토/보완/수정 활동을 수행

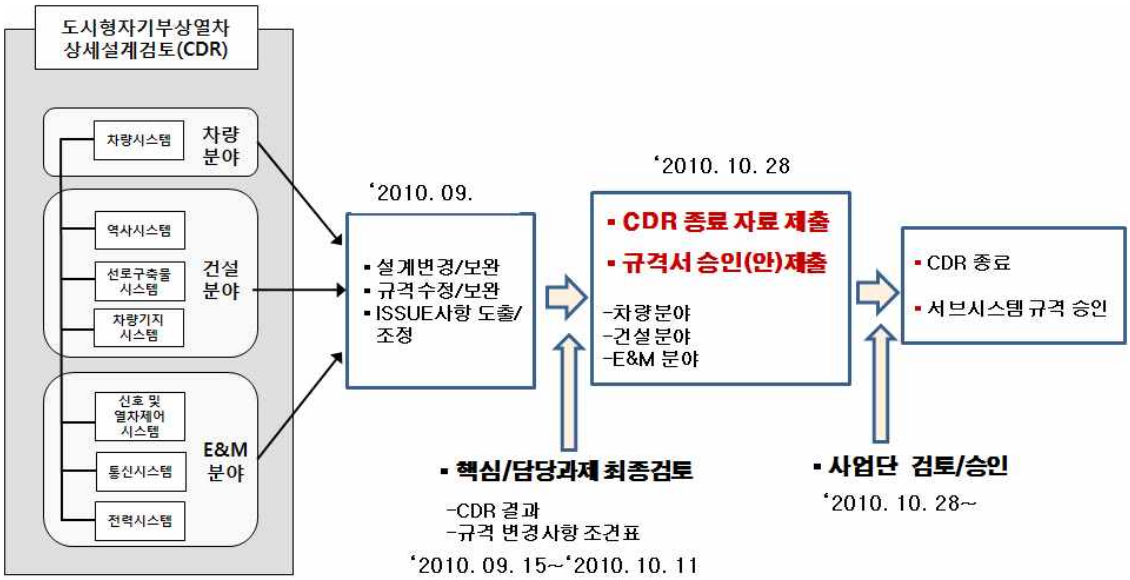
나) 각 기관별 역할

- 1-1세부과제는 상세설계검토(CDR) 수행을 위한 템플릿을 작성하여 각 핵심과제(2/3핵심)에 배포
- 각 핵심과제(2/3핵심)의 상세설계검토(CDR)템플릿 검토
- 각 핵심과제(2/3핵심)은 해당 서브시스템 규격에 대응하는 설계결과를 입력하고 1핵심 및 세부과제(제 3자)의 검토를 요청
- 1핵심 및 세부과제는 각 핵심으로부터 전달받은 설계결과를 확인하고 타당성을 검토하여 ISSUE 및 I/F사항을 식별
- 1핵심 및 세부과제는 각 핵심으로부터 전달받은 설계결과를 확인하고 타당성을 검토하여 ISSUE 및 I/F사항을 식별
- 각 핵심(1/2/3핵심)은 식별된 ISSUE 및 I/F 사항을 검토 하여 설계 및 규격의 보완/수정 활동을 수행



3) 상세설계검토(CDR) 추진 이력

- 도시형자기부상열차 상세설계검토는 1차, 2차로 수행되었음
- 2차 상세설계검토는 대안입찰에 따라 건설분야(역사/선로/차량기지시스템)와 E&M분야(신호 및 열차제어/통신/전력시스템)를 대상으로 실시되었음



[그림 248]도시형자기부상열차 상세설계검토(CDR) Process

구분	상세설계검토(CDR) 진행결과
차량 분야	• 검증방안(시험항목)반영 • 상세설계검토(CDR)결과 DB반영_10월 2주

	• 상세설계검토(CDR)종료 자료 제출_10월 2주
건설 분야	• 대안설계의 상세설계검토(CDR) 수행을 위한 템플릿 제시_'10.01.28 • CDR(안) 접수/검토_'10. 04. 06 • CDR 보완 요청_'10. 04. 08 • 상세설계검토(CDR) 결과 접수_'10. 04. 15 • 추가검토 대상항목 제시 (5차년도 인터페이스 조정회의)_'10. 08. 20 • 추가검토 대상항목 송부_'10. 09. 03 • 추가검토결과 접수 및 검토_'10. 09. 14 • 핵심/담당과제 최종검토 요청_'10년 9월 3주 • 핵심/담당과제 검토결과 접수/반영_'10년 10월 2주 • 상세설계검토(CDR)결과 DB반영_'10년 10월 2주 • 상세설계검토(CDR)종료 자료 제출_'10년 10월 3주
E&M 분야	• CDR 양식배포_'10년 7월 3주 • CDR 진행_'10년 8월 2주 • CDR 결과 접수 및 검토_'10년 8월 3주 • CDR 최종 검토회의_'10. 08. 30 • 추가검토 대상항목 송부_'10. 08. 31 • 추가검토결과 접수_'10. 09. 09 • 상세설계검토(CDR)결과 DB반영_'10년 10월 2주 • 상세설계검토(CDR)종료 자료 제출_'10년 10월 3주

4) 2차 상세설계검토(CDR) 수행 결과

시스템	2차 상세설계검토		추가 검토		계
	확인	미확인	확인	미확인	
●신호 및 열차제어 시스템	254	65	65	1	385
●통신시스템	197	20	20	1	238
●전력시스템	167	32	32	0	231
●역사시스템	136	27	19	8	190
●선로구축물 시스템	191	45	42	3	281
●차량기지 시스템	167	19	19	0	205
	1,114	208	197	13	1,530

* 차량시스템은 대안설계범위가 가 아니므로 1차 상세설계검토 결과와 1-1세부과제와 1-3세부과제간 시험평가 계획 검토결과로 대체

* 미확인 사항은 상세설계검토(CDR) 종료 후 별도 검토

5) 상세설계검토(CDR) 추가 ISSUE 사항 조정

시스템	ISSUE사항	상태	비고
● 차량시스템	-	-	
● 신호 및 열차제어 시스템	• 비상제동 동작 후의 동작	Closed	
	• 열차운전모드 용어통일	Open	
	• 고장정보의 통합과제실 전달	Open	
	• 승강장 스크린도어 PSD	Open	
	• Skip Stop 및 비상정지	Open	
	• 차상 ATP 장치	Open	
● 통신시스템	-	-	
● 전력시스템	-	-	
● 역사시스템	• 여객시설 (소음 및 진동에 관한 사항)	Open	
● 선로구축물 시스템	• 곡선부 추진레일(Reaction Plate) 가공	Open	
	• 레일이음매 구간 모따기	Closed	
● 차량기지 시스템	• 환경조건	Open	
	• 검수고, 피트선, 작업대의 조명	Open	

* 미결 ISSUE는 사업단장 및 핵심과제 책임자 회의를 통해 추가 조정

(다) 검증요구사항서 승인 및 검증요구사항 DB 반영

1) 주요 내용

- 세부과제간 협의, 조정을 통해 작성·합의된 검증요구사항서는 동 과정에서 담당 과제와의 협의를 거친 도시형자기부상열차 시스템/서브시스템 규격서와 함께 사업단에 보고되어 승인됨
- 승인된 검증요구사항서는 요구사항 데이터베이스에 추적성을 유지하여 반영

2) 주요 결과물

- 도시형자기부상열차 상세설계검토보고서

도시형 자기부상열차 실용화 사업

상세설계검토(CDR) 결과 보고서

1. 상세설계검토(CDR) 개요 ---- 4
가. 상세설계검토(CDR) ---- 4
나. 연구목표 ---- 5
2. 상세설계검토(CDR)추진전략 및 내용 ---- 5
가. 연구범위 ---- 5
1) 요구사항 및 규격 검증 ---- 5
2) 관련 법규 및 규정 검토 ---- 6
3) 설계결과 검증계획 검토 ---- 6
나. 추진전략 ---- 6
1) 상세설계검토(CDR) 추진 체계 ---- 6
2) 각 기관별 역할 ---- 7
나. 상세설계검토(CDR) 추진 이력 ---- 8
다. 2차 상세설계검토(CDR)결과 ---- 10
라. 상세설계검토(CDR) ISSUE 사항 ---- 10
3. 상세설계검토(CDR) 활용방안 ---- 11
4. 상세설계검토(CDR) 결과 ---- 12
가. 건설분야 주요 검토내용 ---- 12
1) 역사시스템 주요 검토내용 ---- 12
2) 선로구축물시스템 주요 검토내용 ---- 17
3) 차량기지시스템 주요 검토내용 ---- 21
나. E&M분야 상세설계검토 결과 ---- 24
1) 신호 및 열차제어시스템 주요 검토내용 ---- 24
2) 통신시스템 주요 검토내용 ---- 60
3) 전력시스템 주요 검토내용 ---- 66
다. 타분야 이관사항 ---- 76
1) 역사시스템 ---- 76
라. ISSUE 사항 ---- 77
1) 승강장 스크린 도어 ---- 77
2) 열차 운전모드 용어 통일 ---- 78
3) 고장정보의 통합관제실 전달 ---- 79
4) Skip Stop 및 비상정지 ---- 80
5) 차상 ATP 장치 ---- 81
6) 여객시설_소음 및 진동 ---- 82
7) 곡선부 추진레일 가공 ---- 83
8) 화재 안전기준 ---- 84
9) 검수고, 피트선, 작업대의 조명 ---- 85
마. 미확인 항목 ---- 86

- 검증요구사항 데이터베이스 (“라. 요구사항 데이터베이스” 성과물 참고)

(4) 결과

(가) 성과 자체평가 및 문제점, 보완 대책

- 상세설계검토(CDR)는 당초 차량 제작설계와 시설분야 설계기준서가 완료되는 시점인 1단계 후반부에 수행되는 과업으로, 1단계 3차년도 후반부에 사업단 인터페이스 조정회의 워크숍을 통해 1차적으로 수행되었으나, 당시 SEMP에 대한 각 핵심/세부과제의 이해의 차이와 대안입찰 진행에 따른 설계 미확정, 각 세부과제간 I/F 조정 절차의 지연, 규격 미확정 및 시험평가 상세계획의 미수립 등으로 인하여 검증요구사항의 확립으로 이어지지 못한 채 1단계가 종료됨
- 이에, 1-1 세부과제에서는 2단계(4차년도/5차년도)에 실무 협의를 통한 제2차 상세설계검토를 진행하였으며, 본 과업의 수행 과정에서 실무 협의/검토를 통해 PBS 보완, 규격의 확정 및 검증 방안의 식별, 시험평가 과제와의 연계 구축 등을 성공적으로 수행한 결과, 3단계 시스템 통합 및 본선 시운전 시험 단계에서 시스템 통합과제(1핵심 과제)가 활용 가능한 검증 도구를 제시하였다는 점에서 큰 의의가 있는 업무 성과를 도출함
- 반면, 차량시스템의 공장내 시험, 기계연 시험선 시운전 시험 등의 검증 활동이 본 과제의 검증요구사항 승인 이전에 이루어져 동 시험 결과가 동시에 검증요구사항 DB에 반영되어 관리되지 못한 한계가 있었음
- 이러한 한계를 보완하기 위하여, 본 과제의 2단계 종료 시점인 '11. 6. 20. 이전에 시운전 시험 결과를 담당 과제인 1-3세부과제와 2핵심 과제와 협의하여 검증요구사항 DB에 반영할 예정이며,
- 본선 시운전의 경우, 3단계 시작 단계에서 1핵심과제와 더불어 종합시운전 TF 등 협의체 활동을 통해 시험일정과 결과 도출 일정/내용과 연계하여 검증요구사항의 검증 활동이 병행될 수 있도록 수행할 예정임
- 이를 위해, 1핵심과제에서는 본 과제 및 사업단 협의를 통해 "시험-시운전 시 1핵심 과제의 역할"을 정립하여 3단계 업무추진 계획을 수립

• 시험절차서 개발과 연계하여, 시험절차서 및 추진계획의 규격서/검증요구사항 부합성 검토 및 지원

• 시험결과의 검증요구사항 DB 반영, 성능시험 외 시험/검사 항목에 대한 검증항목 제시 및 충족여부 확인(1-3과제 입회, 담당과제 주관, 1-1과제 결과 DB 반영)

• 절차서 대비 규격/검증요구사항 만족 여부 확인 리뷰미팅 실시 (TF 협의체

활동)

(나) 기대효과 및 활용계획

- 상세설계검토(CDR) 문서는 사업단과 1핵심의 검토를 거쳐 시스템 통합 및 인터페이스 조정차원에서 검증요구사항의 검증진행현황(검증과정에서 이슈식별/조정/관리)을 관리하는 기준문서(검증요구사항서)로 사용될 것이며, 운영사 또는 관련 기관에게 규격에 대한 설계결과를 제공
- 특히, 추가편성 제작과 시설물 건축, 본선 시운전 등 핵심 시스템 통합 과업이 진행되는 3단계 수행에 있어, 시스템 통합과제(1핵심 및 1핵심 예하 과제)의 시스템 검증 및 엔지니어링 수단으로 활용될 예정
  - 검증 일정별 검증현황 보고
  - 검증 일정의 관리
  - 검증 결과에 따른 설계변경 이슈 관리 등

(다) 최종 산출물(연구결과물)

- 도시형자기부상열차 상세설계검토 결과보고서
- M1100-SE+SE-616-0001-rev-0-0-01 상세설계검토서(차량)
- M1100-SE+SE-616-0002-rev-0-0-01 상세설계검토서(신호)
- M1100-SE+SE-616-0003-rev-0-0-01 상세설계검토서(통신)
- M1100-SE+SE-616-0004-rev-0-0-01 상세설계검토서(전력)
- M1100-SE+SE-616-0005-rev-0-0-01 상세설계검토서(역사)
- M1100-SE+SE-616-0006-rev-0-0-01 상세설계검토서(선로)
- M1100-SE+SE-616-0007-rev-0-0-01 상세설계검토서(차량기지)
- 검증요구사항 검토보고서

다. 요구사항 및 규격 추적관리

(1) 개요

(가) 과업의 개요

- 승인 또는 개발 과정에서의 시스템요구사항과 규격에 대한 변경/조정/협의 이력 관리를 통해 주어진 여건에서 관련 이해관계자들의 요구를 반영하고 조정하는 과정을 추적하여 기록, 관리하고 나아가 상충되는 이해관계를 조정하기 위한 기술문서 작성을 통해 관련 사항의 조정을 지원

(나) 최종 목표

- 요구사항 및 규격 추적성 검토 보고서 작성
- 쟁점사항 수집 및 협의, 조정

(다) 주요내용

1) 추적성 검토 보고서 작성

- 요구사항 미결사항에 대한 추적성 검토보고서 작성 및 조정
- 서브시스템 규격서 협의 과정에서의 이슈 사항에 대한 추적성 검토보고서 작성 및 합의한 도출

2) 쟁점사항 수집 및 협의, 조정

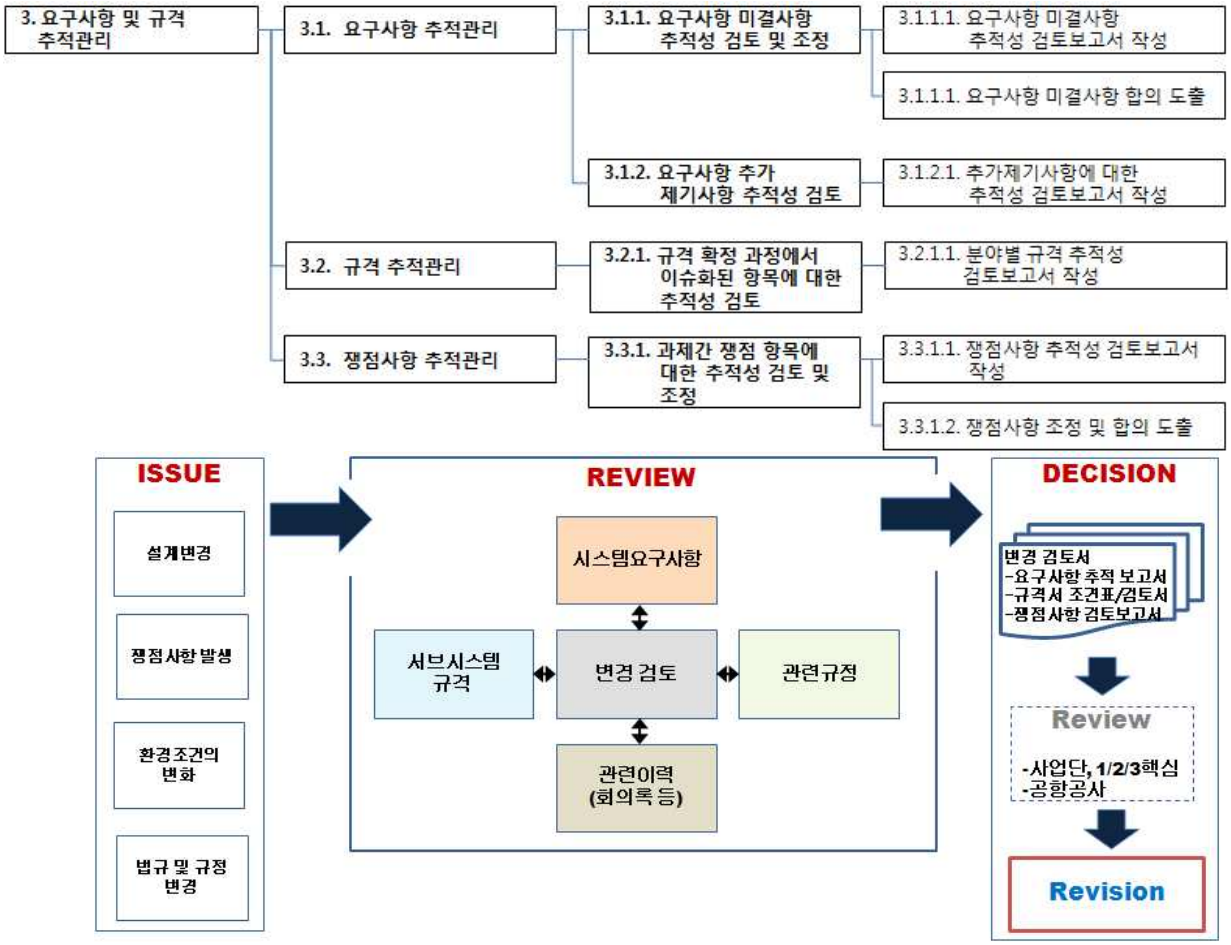
- 과제간 인터페이스 이슈 제기 사항에 대한 추적성 검토보고서 작성 및 조정

3) Work Breakdown Structure

- 본 세부항목의 주요 공정의 구성 및 수행 내역은 다음과 같이 구성하였다.

4) 요구사항 및 규격 추적관리 절차

- 본 과제에서 수행하는 요구사항 및 규격 추적관리의 절차와 범위는 다음과 같음



(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(2단계) 1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	달성도 (%)
요구사항 및 규격 추적관리													
1. 시스템요구사항 추적관리							- -	- -					100%
2. 규격 추적관리				- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	- -	100%
3. 쟁점사항 추적관리								- -	- -	- -	- -	- -	100%

---------- 당초계획

실 적

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 시스템요구사항 추적관리

1) 개요

- 미합의 승인된 시스템요구사항 항목(세부공정 “가. 시스템엔지니어링 문서체계 구축 및 관리” 참고)에 대한 기술문서인 추적성 검토보고서 작성 및 합의 도출
- 사업 수행과정에서 추가 제기된 시스템요구사항 관련 이슈항목에 대한 추적성 검토 보고서 작성

2) 연구수행 결과

- 4개 항목의 미결사항과 1개 항목의 사업단 이슈 사항에 대한 추적성 검토보고서 작성 및 제공을 통한 협의/조정 과정 지원

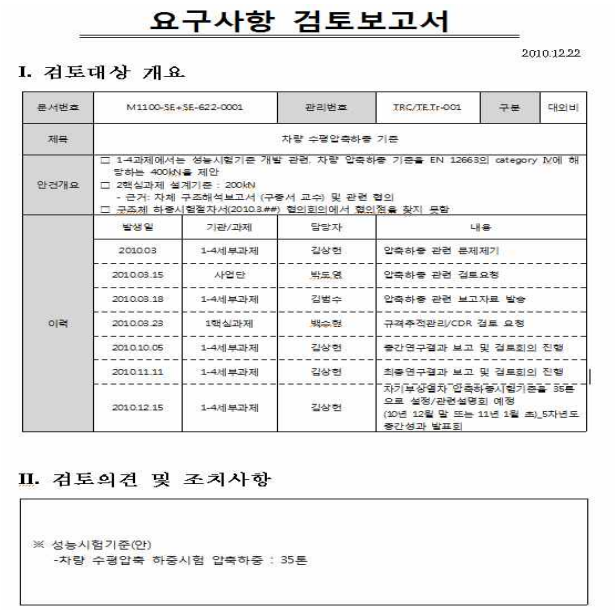
<미결사항>

- 최대 강우강도 (SR. 31. 최대 강우강도), • 최대 강설강도 (SR. 30. 환경조건)
- 결빙 (SR. 30. 환경조건), • 풍속 (SR. 35. 최대 풍속)

<사업단 이슈사항>

- 수평압축하중 관련 사항

- 요구사항 추적성 검토보고서 결과(사례 - 첨부 7. 참고)



요구사항 검토보고서

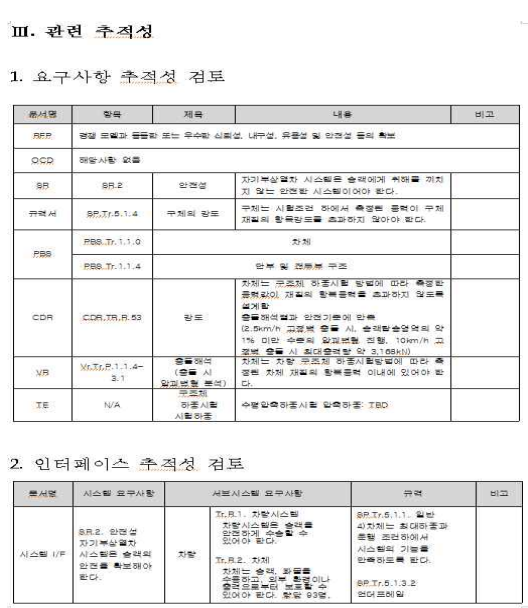
2010.12.22

I. 검토대상 개요

문서번호	M1100-SE+SE-622-0001	관리번호	TRC/TE.Tr-001	구분	대외비
제목	차량 수평압축하중 기준				
안건개요	□ 1-4과제에서는 성능시험기준 개발 관련, 차량 압축하중 기준을 EN 12663의 category IV에 해당하는 400kN을 제안 □ 2핵심과제 설계기준 : 200kN - 근거: 자체 구조해석보고서 (구중서 교수) 및 관련 협의 □ 구조체 하중시험절차서(2010.3.##) 협의회의에서 협의점을 찾지 못함				
이력	발생일	기관/과제	담당자	내용	
	2010.03	1-4세부과제	김상헌	압축하중 관련 문제제기	
	2010.03.15	사업단	박도영	압축하중 관련 검토요청	
	2010.03.18	1-4세부과제	김범수	압축하중 관련 보고자료 발송	
	2010.03.23	1핵심과제	백수현	규격추적관리/CDR 검토 요청	
	2010.10.05	1-4세부과제	김상헌	중간연구결과 보고 및 검토회의 진행	
	2010.11.11	1-4세부과제	김상헌	최종연구결과 보고 및 검토회의 진행	
	2010.12.15	1-4세부과제	김상헌	자기부상열차 압축하중시험기준을 35톤으로 설정/관련설명회 예정 (10년 12월 말 또는 11년 1월 초)_5차년도 중간성과 발표회	

II. 검토의견 및 조치사항

※ 성능시험기준(안)
-차량 수평압축 하중시험 압축하중 : 35톤



III. 관련 추적성

1. 요구사항 추적성 검토

문서명	항목	제목	내용	비고
RFP	경쟁 모델과 동등하 또는 우수한 신뢰성, 내구성, 유용성 및 안전성 등의 확보			
OCD	해당사항 없음			
SR	SR.2	안전성	자기부상열차 시스템은 승객에게 위해를 끼치지 않는 안전한 시스템이어야 한다.	
규격서	SP.Tr.5.1.4	구체의 강도	구체는 시험조건 하에서 측정된 공력이 구체 재질의 항복강도를 초과하지 않아야 한다.	
PBS	PBS.Tr.1.1.0	차체		
	PBS.Tr.1.1.4	안부 및 전동부 구조		
CDR	CDR.TR.R.53	강도	차체는 구조체 하중시험 방법에 따라 측정한 공력값이 재질의 항복공력을 초과하지 않도록 설계함 충돌해석결과 안전기준에 만족 (2.5km/h 고정벽 충돌 시, 승객탑승영역의 약 1% 미만 수준의 압괴변형 진행, 10km/h 고정벽 충돌 시 최대충격량 약 3.168kN)	
VR	Vr.Tr.R.1.1.4-3.1	충돌해석 (충돌 시 압괴변형 분석)	차체는 차량 구조체 하중시험방법에 따라 측정된 차체 재질의 항복공력 이내에 있어야 한다.	
TE	N/A	구조체 하중시험 시험하중	수평압축하중시험 압축하중: TBD	

2. 인터페이스 추적성 검토

문서명	시스템 요구사항	서브시스템 요구사항		규격	비고
시스템 I/F	SR.2. 안전성 자기부상열차 시스템은 승객의 안전을 확보해야 한다.	차량	Tr.R.1. 차량시스템 차량시스템은 승객을 안전하게 수송할 수 있어야 한다. Tr.R.2. 차체 차체는 승객, 화물을 수용하고, 외부 환경이나 충격으로부터 보호할 수 있어야 한다. 항당 93명,	SP.Tr.5.1.1. 일반 4)차체는 최대하중과 운행 조건하에서 시스템의 기능을 만족하도록 한다. SP.Tr.5.1.3.2 언더프레임	

3) 주요 성과물

- 요구사항 추적성 검토보고서 (5건)

(나) 규격 추적관리

1) 개요

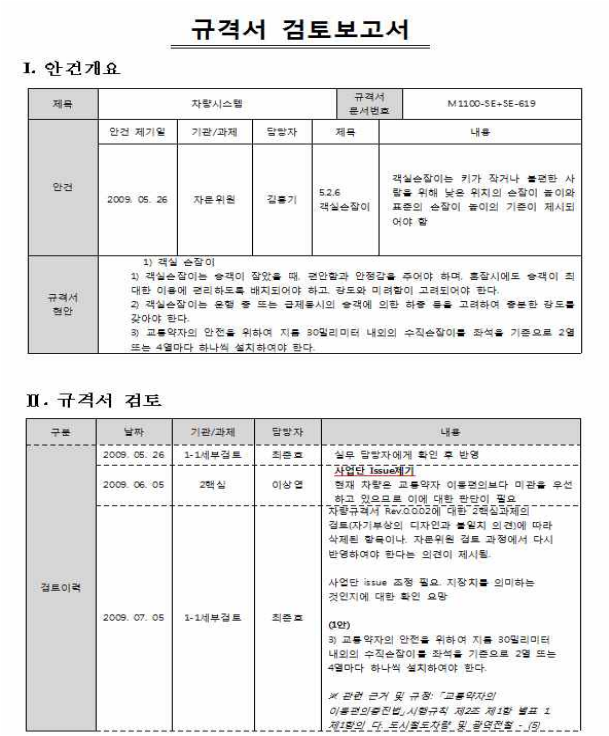
- 본 사업의 시스템 및 서브시스템 규격서는 사전설계검토와 상세설계검토, 검증요구사항 검토, 법령/규제 부합성 검토 등의 과정을 통해 각 핵심/세부과제와 법제, 운영사, 사업단 등의 협의/조정을 통해 확정되었음
- 본 세부공정에서는 이와 같은 규격에 대한 초안 수립, 외부 자문/검토, 내부 협의/조정 과정에서 이슈가 된 규격 항목에 대해 이슈 제기 및 근거, 관련 검토사항, 담당과제 협의/조정/보완 사항 등을 추적성 체계에 기반하여 추적성 기술문서로 작성함으로써 향후 시스템 통합 과정에서의 문제의 해결과 요구사항/규격 변경 절차 추진의 근거, 향후 후속 시스템 개발과정에서의 참조 문서화 등을 도모하였음

2) 연구수행 결과

- 규격 추적관리보고서 작성 실적 (4차년도) : 1단계 종료 시점에서 시행된 요구사항 및 규격서 외부 자문/검토 회의 결과에 대한 검토 및 조정 사항

시스템	이슈(건)	주요 내용
●차량시스템	31	약어정의, 기후조건, 승객하중, 유지보수 조건, 출입문 개폐장치, 객실손잡이, 공기조화장치, 제동장치, 정차제동, 집전장치 등
●신호 및 열차제어시스템	15	ATP/ATO 방식, 재료 및 재질, 연동장치, 안전설비, 기상검지장치, 축전기 등
●통신시스템	22	전송망설비, 전선관로설비, 접지설비, 전원설비, 역무자동화설비, 자동개집표기 등
●전력시스템	25	수전설비, 수전계통, 변전설비, 회생전력 이용 설비, 제3궤조 급전선로 구성, 급전계통 등
●역사시스템	32	승강장, 위생시설, 에스컬레이터, 통기설비, 자동제어 관제범위, 대피유도시설 등
●선로구축물 시스템	13	차막이설비, 대피통로, 궤간틀림, 안내레일 유간조정장치 등
●차량기지 시스템	8	중수선 공장, 출발 및 도착 검사, 재활용 집하장, 검수설비, 자동일상검사장치 등
계	146	*용어수정 및 통일 포함

※ 규격서 추적성 검토보고서 사례



규격서 검토보고서

I. 안건개요

제목	차량시스템			규격서 문서번호	M1100-SE+SE-619
안건	안건 제기일	기관/과제	담당자	제목	내용
	2009. 05. 26	자문위원	김홍기	5.2.6 객실손잡이	객실손잡이는 키가 작거나 불편한 사람을 위해 낮은 위치의 손잡이 높이와 표준의 손잡이 높이의 기준이 제시되어야 함
규격서 현안	1) 객실 손잡이 1) 객실손잡이는 승객이 잡았을 때, 편안함과 안정감을 주어야 하며, 혼잡시에도 승객이 최대한 이용에 편리하도록 배치되어야 하고, 강도와 미려함이 고려되어야 한다. 2) 객실손잡이는 운행 중 또는 급제동시의 승객에 의한 하중 등을 고려하여 충분한 강도를 갖아야 한다. 3) 교통약자의 안전을 위하여 지름 30밀리미터 내외의 수직손잡이를 좌석을 기준으로 2열 또는 4열마다 하나씩 설치하여야 한다.				

II. 규격서 검토

구분	날짜	기관/과제	담당자	내용
검토이력	2009. 05. 26	1-1세부검토	최준호	실무 담당자에게 확인 후 반영
	2009. 06. 05	2핵심	이상엽	사업단 Issue제기 현재 차량은 교통약자 이동편의보다 미관을 우선하고 있으므로 이에 대한 판단이 필요
	2009. 07. 05	1-1세부검토	최준호	차량규격서 Rev.0.0.02에 대한 2핵심과제의 검토(자기부상의 디자인과 불일치 의견)에 따라 삭제된 항목이나, 자문위원 검토 과정에서 다시 반영하여야 한다는 의견이 제시됨. 사업단 issue 조정 필요. 지장치를 의미하는 것인지에 대한 확인 요망 (1안) 3) 교통약자의 안전을 위하여 지름 30밀리미터 내외의 수직손잡이를 좌석을 기준으로 2열 또는 4열마다 하나씩 설치하여야 한다. ※ 관련 근거 및 규정: "교통약자의 이동편의증진법」시행규칙 제2조 제1항 별표 1 제1항의 다. 도시철도차량 및 광역전철 - (5) 수직손잡이 ※ BF 인증 (교통약자의 이동편의증진법에 따른 장애물 없는 생활환경(Barrier Free) 인증제도) 평가항목 (2안) 3) 객실손잡이는 모든 입석자 수를 고려하여 충분한 수의 손잡이가 마련되어야 하고, 키가 작거나 팔이 불편한 사람을 위해 낮은 위치의 손잡이가 제공되어야 한다. 4) 객실 손잡이는 힘이 약한 장애인 등 다양한 이용자가 손잡이에 지탱하여 이동하거나 시각장애인이 손잡이를 잡고 이동할 수 있도록 적절한 높이 및 형태로 설치되어야 한다.
	2010. 03. 02	3핵심	-	이견 없음
	2010. 04. 07	2핵심	이상엽	(1안) 채택 3) 교통약자의 안전을 위하여 지름 30밀리미터 내외의 수직손잡이를 좌석을 기준으로 2열 또는 4열마다 하나씩 설치하여야 한다.

III. 조치사항

구분	개정번호	조치내용
규격서	Rev.0.0.05	3) 교통약자의 안전을 위하여 지름 30밀리미터 내외의 수직손잡이를 좌석을 기준으로 2열 또는 4열마다 하나씩 설치하여야 한다.

- 규격 추적성 검토보고서 작성 실적 (5차년도) : 검증요구사항 협의/조정 및 규격서 확정 과정에서의 각 핵심과제 및 담당과제 기술검토서에 대한 검토 및 조정 사항

시스템	이슈(건)	주요 내용
●시스템	10	사고별 조치계획 고려, 예비전원 설비, 열차 정지 검지 기능 등
●차량시스템	2	차량접지장치, 전력(차량내 접지장치의 형상/위치)
●신호 및 열차제어시스템	36	연동논리부, 차상 ATP 장치, UPS 등
●통신시스템	23	타 시스템 I/F, 전송망 설비, 역무자동화설비 등
●전력시스템	22	타 시스템 I/F, 제3궤조 전차선로 구성, 안전율 등
●역사시스템	11	자동제어 제어항목, 소방기계설비 등
●차량기지 시스템	16	경수선공장, 임시검사, 검수안전설비, 차량하부기취장치, 자기부상열차 안전진단장치 등
계	120	*용어수정 및 통일 포함

3) 주요 성과물

- 규격서 추적성 검토보고서 (266건)

(다) 쟁점사항 추적관리

1) 개요

- 규격 및 검증요구사항 검토/조정 과정에서 각 세부과제간 인터페이스 과정에서 이견이 제기된 항목의 경우, 담당 과제의 실무검토 범위를 벗어나 1핵심 또는 사업단장-핵심과제 책임자 회의 등을 통해 조정이 요구됨
- 이러한 규격 조정/합의 프로세스의 진행을 위해서는 SEMP에 따른 해당 규격에 대한 추적성 검토보고서가 기술문서로 요구되며, 이에 1-1 세부과제에서는 제기된 이슈 항목에 대한 추적성 검토보고서 작성 및 조정회의 안건 제출 및 조정 등의 업무를 수행

2) 연구수행 결과

- 총 15건의 실무과제 미 조정 사항에 대한 인터페이스 이슈 제기 및 관련 기술문서 (추적성 검토보고서 작성)
- 주요 이슈사항

분야	이슈 항목	주요 내용	검토결과
신호	비상제동 동작 후의 동작	비상제동 후 재기동의 의미와 수행 범위	'재기동'의 의미 정의
신호	승강장 스크린도어 PSD	승강장 스크린도어 제어의 주체	열차제어시스템에서 제어하지 않으며, PSD 시스템의 자체 제어
신호	열차 운전모드 용어 통일	문서별로 상이한 운전모드 관련 용어 통일	"무인운전모드(Driver- less)"로 용어 통일
신호	고장정보의 통합관제실 전달	통합관제실로 전달되는 차량의 고장정보의 범위	ATO Data 전송장치 정보전송(안)
신호	Skip Stop 및 비상정지	차량 내 화재 및 기타 비상상황 검지장치 설치 여부	skip stop 및 비상정지 기능은 구현하되, 판단 기준은 별도 선정 (차량내 안전요원 등)
신호	차상 ATP 장치	열차 출입문 열림 조건 중 "열차 위치의 출입문 방향" 일치 여부	미확정
선로구축물	레일 이음매 구간 모따기	모따기의 범위와 정도	레일에 5개소 모따기 추가 (공정에 명시)
선로구축물	최고속도 구간 처짐비	최고속도 시험구간, 시험중 90km/h 이상의 구간으로 L/3000 이상 필요	105 정거장 후방 약 30m 지점에서 110km/h 속도가 나며, 이 구간에서 처짐량 기준 만족 확인
선로구축물	곡선부 추진레일 가공	곡선부 추진레일 가공 방법 명기 필요	추진레일 곡선부 시공 및 궤도 시공오차 검측 관련 사항 사업단 협의/검토 진행 중
차량	차량 접지장치	역사 외 구간에서의 차량 비상착지	접지 관련 규격 중 "비상정

		시 접지요구 제외	차의 경우” 삭제
역사	여객시설 소음 및 진동	건축설계보고서에 여객시설에 대한 소음/진동 관련 설계결과 미 기록	입찰안내서에 따른 설계 결과와 부자재 적용, 기타 방음대책 보고
차량기지	환경조건	내진 설계 등 환경조건에 대한 대안설계 결과 제시 요청	검증요구사항 VM에 관련 설계결과 제시
차량기지	검수고 피트선 작업대의 조명	조명은 전기분야의 과업으로, 규격 위치변경 요청	반영

3) 주요 성과물

- 쟁점사항 추적성 검토보고서 (13건)

(4) 결과

(가) 성과 자체평가 및 문제점, 보완 대책

- 본 과제에서 정형화한 이슈에 대한 요구사항, 규격, 쟁점사항 추적성 검토보고서는 과거 인터페이스 조정회의, 실무 협의, 사업단 회의 등을 통해 구두로 설명되어 조정되던 기술적 이슈사항을 추적성을 포함하여 검토된 문서로 정리하여 활용하기 위한 틀을 제시하고 있다는 점에서 기술문서로써의 가치가 높다고 판단됨
- 특히, 본 과제에서는 관련 쟁점 및 이의제기, 각 관련 담당 기술진의 검토의견 및 책임자 조정의견 등을 DB를 이용하여 관리함으로써 어떤 과정과 판단에 의거하여 규격이 결정되고 이슈가 조정되었는지를 기록으로 남기게 되어 향후 본 사업에서의 시운전 과정에서의 규격 변경이슈와 후속 사업을 위한 규격 개발 과정에 중요 참고자료로 활용 가능성이 높음
- 세부 규격의 협의, 조정과정에서 과제간 미합의 이슈에 대해 사업단장-핵심책임자 회의 등의 안건 상정을 통해 조정한 결과는 쟁점 사항에 대한 이해의 공유와 합의 도출이라는 점에서 성과라고 볼 수 있으나, 기타 사항에 대해서는 해당 과제와의 개별 실무협의를 통해 조정되었다는 점은 본 과제 2단계 연구의 한계로 지적될 수 있음
- 규격 승인안에 대한 각 핵심과제의 기술검토를 통한 이해 공유와 이의 제기의 과정을 거쳤다고는 하나, 규격의 도출되고 조정되는 과정에서 차량, 신호, 시설 등 각 분야의 실무진과의 공동 검토회의가 개최되지 못한 점은 향후 3단계 시스템 통합과정에서 최우선적으로 개선되어야 하는 절차임
- 특히, 3단계에 진행될 본선 시운전 과정에서 발생하는 오작동과 설계변경 이슈에 대한 관리 과정에서는 이와 같은 실무 차원에서의 공동 검토회의가

반드시 필요하며, 본 과제에서는 전 절에서 언급한 “시험-시운전 시 1핵심 과제의 역할”에 의거한 TF 협의체 활동 과정에서 특정 이슈와 관련된 타 분야의 규격/검증요구사항 등이 동시에 검토될 수 있도록 조치할 예정 (이슈에 대한 기술문서(추적성 검토보고서) 사전 배포 등)

(나) 기대효과 및 활용계획

- 요구사항 및 규격을 개발하는 과정에서의 기술검토 활동을 문서로 정리한 본 추적성 검토보고서는 향후 3단계 시험/평가/통합 과정에서의 기술 이슈 및 규격 변경이슈 검토/조정/협의 과정에서 중요 참조자료로 활용될 수 있을 것으로 기대됨
- 본 사업에서는, 3단계 통합, 검증 및 시스템 보완 과정에서의 이슈들에 대해 추가적으로 추적성 검토보고서를 확보하여 요구사항 관리 DB에 반영함으로써, 사업 종료 시점에서 본 실용화사업 차량 시스템 및 시설물에 대한 기술문서의 형태(각 서브시스템 요소 별 기술 History 문서)로 정리할 예정이며, 이는 후속 사업의 진출 과정에서 동일한 시행착오의 반복을 예방하고, 보다 효율적인 규격 개발에 활용될 것임

(다) 최종 산출물(연구결과물)

- ▸ 요구사항 추적성 검토보고서
- ▸ 규격서 추적성 검토보고서
- ▸ 쟁점사항 추적성 검토보고서

라. 요구사항 데이터베이스

(1) 개요

(가) 과업의 개요

- 본 과제에서는 1단계 연구 수행을 통해 도시형자기부상열차 사업의 요구사항 및 규격을 체계적으로 관리하기 위하여 Cradle 소프트웨어를 이용한 요구사항 추적관리 데이터베이스를 구축하였음
- 1단계 연구에서는 요구사항 추적관리 데이터베이스의 스키마를 작성하고, RFP, 초기 요구사항 수집결과, 운영개념서, 시스템요구사항 간 상호 추적성을 구축하고 관련 데이터를 반영하여 요구사항 추적관리 시스템의 기본 프레임워크를 개발
- 당해 2단계에서는, 1단계 연구를 통해 확보된 요구사항 추적관리 DB 시스템에 기반하여 2단계 성과물인 서브시스템 요구사항, 서브시스템 규격서 및 검증요구사항 추적관리 체계를 효율적으로 관리하기 위한 DB 시스템 보완 및 구현을 핵심 공정으로 수행함

(나) 최종 목표

- 요구사항 관련 콘텐츠의 DB 반영 및 추적성 구축
- DB 기반 요구사항 검증관리서비스 체계 수립

(다) 주요내용

1) 요구사항 관련 콘텐츠의 DB 반영 및 추적성 구축

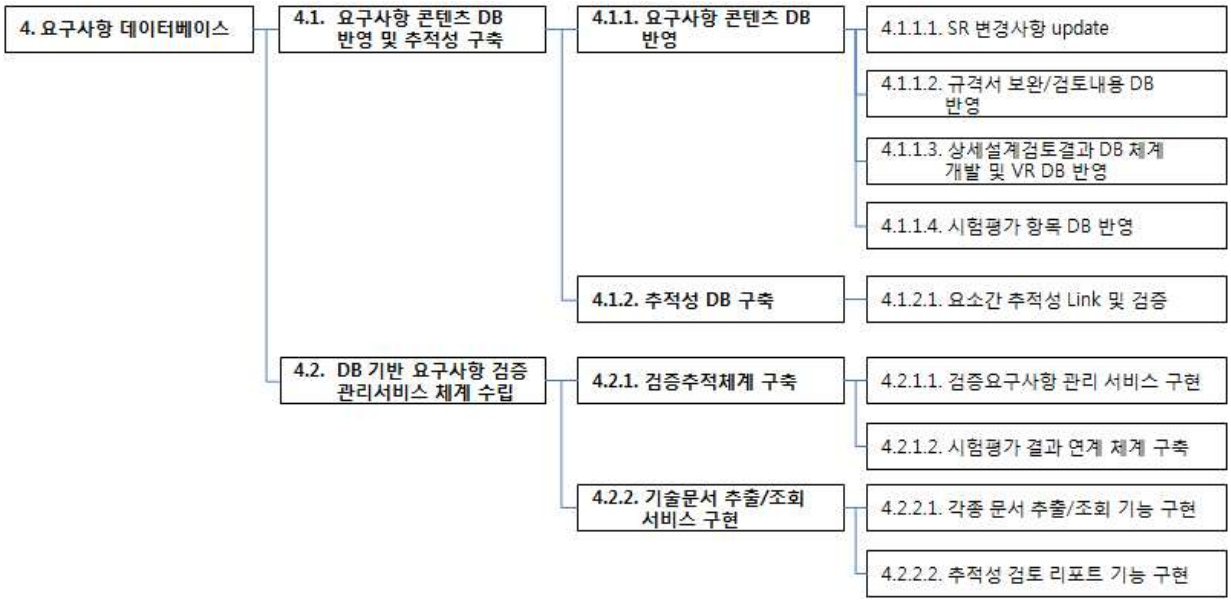
- 시스템요구사항 변경사항 DB 반영
- 시스템 및 서브시스템 규격서 DB 반영
- 상세설계검토결과 (검증요구사항서) DB 반영
- 시험평가 방법 DB 반영
- 시스템요구사항-서브시스템요구사항-규격-검증요구사항 간 추적성 반영

2) DB 기반 요구사항 검증관리서비스 체계 수립

- 요구사항 항목별 검증 추적체계 구축
- 시험평가 결과 연계 체계 구축
- SE 관련 기술문서 추출/조회 서비스 구현
  - SE 문서 조회, 추적성 조회, 이력현황 조회, 시험평가 현황/결과 조회 등

3) Work Breakdown Structure

- 본 세부항목의 주요 공정의 구성 및 수행 내역은 다음과 같이 구성하였다.



(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구 분 / 개발내용	연 구 개 발 기 간(2단계) 1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	달성도 (%)
요구사항 데이터베이스													
1. 요구사항 콘텐츠 DB 반영									- -	- -	- -	- -	100%
2. 검증 추적체계 구축 (검증관리 서비스 구현)							- -	- -	- -	- -	- -	- -	100%
3. 기술문서 추출/조회서비스 구현						- -	- -	- -	- -				100%

---------- 당초계획

_____ 실 적

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 요구사항 콘텐츠 DB 반영

1) 개요

- 2단계 연구수행 주요 결과물인 검증요구사항 및 서브시스템 규격서, 검증항목(시험평가 항목) 등을 기 구축된 요구사항 데이터베이스에 반영하고, 각 항목별 세부 요소 간 추적성을 구축하는 과업으로, 각 항목별로 협의/조정/합의 과정의 history를 포함하여 DB에 반영하였음

2) 문서관리 범위

- 요구사항DB의 구축목적은 요구사항과 관계된 문서들 간의 연관된 항목을 식별하고 추적성을 부여하여 체계적인 요구사항 추적관리를 수행하기 위함이다. 따라서 본 과제가 관리할 문서관리의 범위는 아래와 같다.

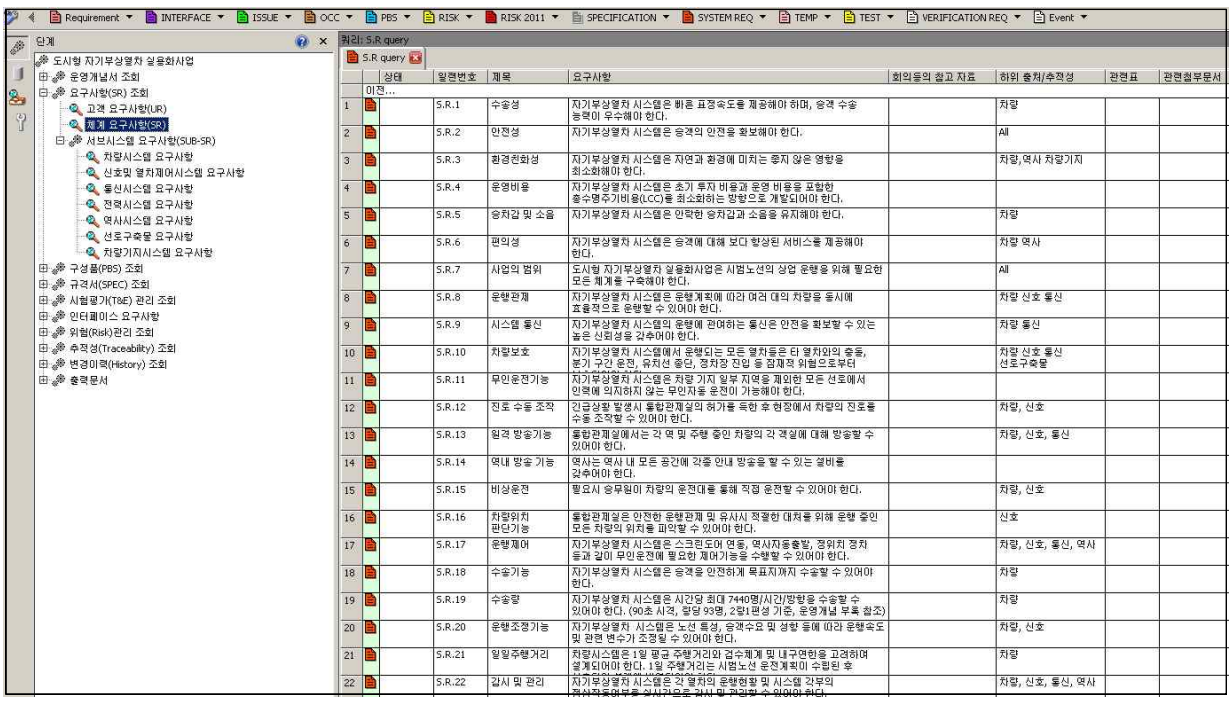
문서명	입력범위	비고
• 운영개념서(OCC)	-운영개념서 내용	
• 시스템요구사항서(SR)	-요구사항 내용 -관련자료(출처) -시스템요구사항 변경 History	
• 서브시스템요구사항서(Sub-SR)	-요구사항 내용 -관련자료(출처) -시스템요구사항 변경 History	
• 구성품체계(PBS)	-구성품 명 -구성품 설명 -관련 도면	관련 도면은 해당 기관과의 협의 후 반영 여부를 결정
• 검증요구사항서(VR)	-검증요구사항 내용 -검증방법 -설계결과 -관련 법령 및 규정	
• 쟁점사항검토보고서	-쟁점사항 내용 -관련 기술사항 -검토 현황 -관련 검토보고서(첨부)	
• RISK 관리	-리스크 관리 계획서 -리스크 관리 현황	리스크관리 계획서 및 현황은 해당기관과의 협의 후 반영 여부를 결정

3) 연구수행 결과

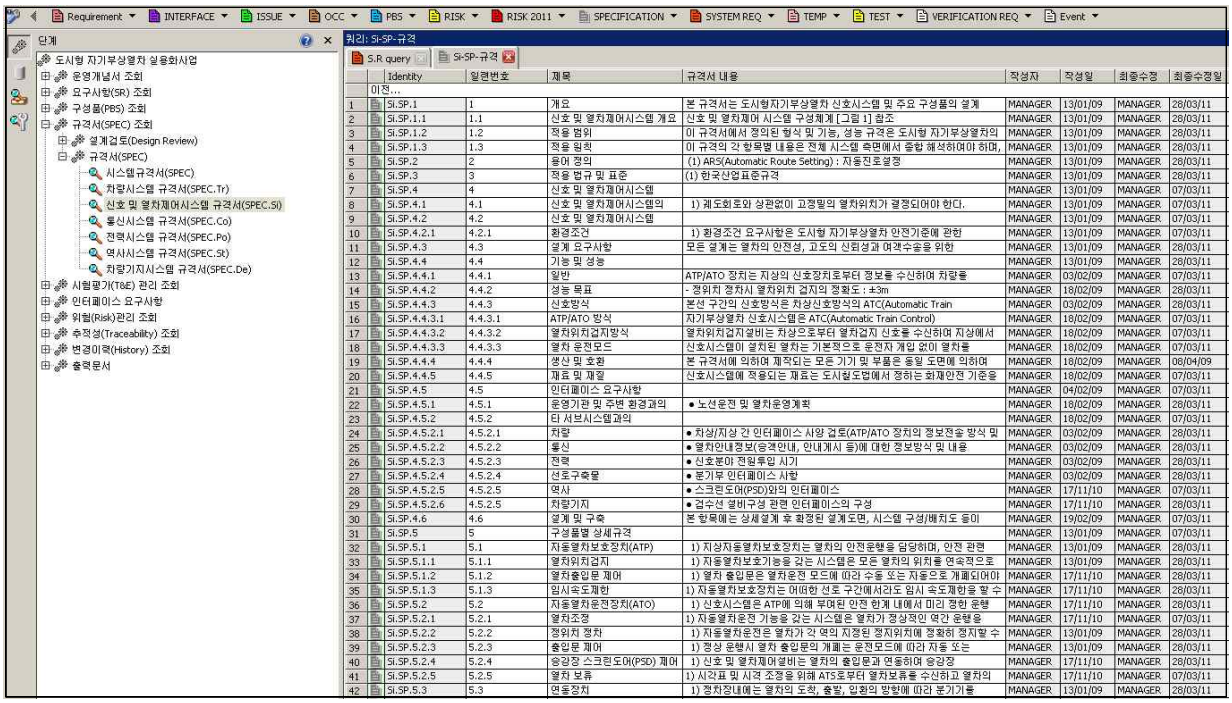
- 요구사항 DB의 주요 구성항목 (입력 사항)
  - 시스템요구사항 및 PBS (변경사항 update)
  - 서브시스템 요구사항 및 서브시스템 규격서
  - 검증요구사항 및 상세설계검토 결과
  - 시험항목/절차서 및 시험평가 결과

- 요구사항 데이터베이스의 마스터 트리 구조

- 시스템 요구사항



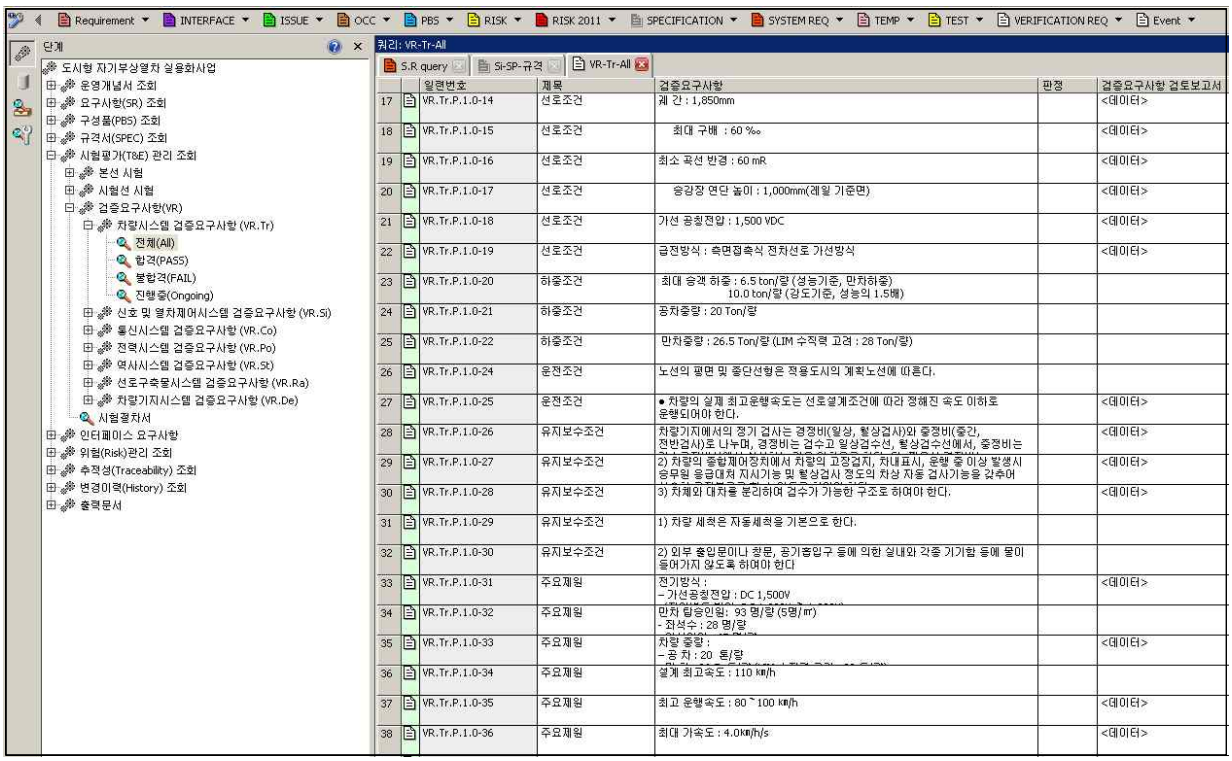
- 서브시스템 규격서



쿼리: Si-SP-규격

	Identity	일련번호	제목	규격서 내용	작성자	작성일	최종수정	최종수정일
	이전...							
1	Si.SP.1	1	개요	본 규격서는 도시형자기부상열차 신호시스템 및 주요 구성품의 설계	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
2	Si.SP.1.1	1.1	신호 및 열차제어시스템 개요	신호 및 열차제어 시스템 구성체계 [그림 1] 참조	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
3	Si.SP.1.2	1.2	적용 범위	이 규격서에서 정의된 형식 및 기능, 성능 규격은 도시형 자기부상열차의	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
4	Si.SP.1.3	1.3	적용 원칙	이 규격의 각 항목별 내용은 전체 시스템 측면에서 종합 해석하여야 하며,	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
5	Si.SP.2	2	용어 정의	(1) ARS(Automatic Route Setting) : 자동진로설정	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
6	Si.SP.3	3	적용 법규 및 표준	(1) 한국산업표준규격	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
7	Si.SP.4	4	신호 및 열차제어시스템		MANAGER	13/01/09	MANAGER	07/03/11
8	Si.SP.4.1	4.1	신호 및 열차제어시스템의	1) 궤도회로와 상관없이 고정밀의 열차위치가 결정되어야 한다.	MANAGER	13/01/09	MANAGER	07/03/11
9	Si.SP.4.2	4.2	신호 및 열차제어시스템		MANAGER	13/01/09	MANAGER	07/03/11
10	Si.SP.4.2.1	4.2.1	환경조건	1) 환경조건 요구사항은 도시형 자기부상열차 안전기준에 관한	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
11	Si.SP.4.3	4.3	설계 요구사항	모든 설계는 열차의 안전성, 고도의 신뢰성과 여객수송을 위한	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
12	Si.SP.4.4	4.4	기능 및 성능		MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
13	Si.SP.4.4.1	4.4.1	일반	ATP/ATO 장치는 지상의 신호장치로부터 정보를 수신하여 차량을	MANAGER	03/02/09	MANAGER	07/03/11
14	Si.SP.4.4.2	4.4.2	성능 목표	- 정위치 정차시 열차위치 검지의 정확도 : ±3m	MANAGER	18/02/09	MANAGER	28/03/11
15	Si.SP.4.4.3	4.4.3	신호방식	본선 구간의 신호방식은 차상신호방식의 ATC(Automatic Train	MANAGER	03/02/09	MANAGER	28/03/11
16	Si.SP.4.4.3.1	4.4.3.1	ATP/ATO 방식	자기부상열차 신호시스템은 ATC(Automatic Train Control)	MANAGER	18/02/09	MANAGER	07/03/11
17	Si.SP.4.4.3.2	4.4.3.2	열차위치검지방식	열차위치검지설비는 차상으로부터 열차검지 신호를 수신하여 지상에서	MANAGER	18/02/09	MANAGER	07/03/11
18	Si.SP.4.4.3.3	4.4.3.3	열차 운전모드	신호시스템이 설치된 열차는 기본적으로 운전자 개입 없이 열차를	MANAGER	18/02/09	MANAGER	07/03/11
19	Si.SP.4.4.4	4.4.4	생산 및 호환	본 규격서에 의하여 제작되는 모든 기기 및 부품은 동일 조면에 의하여	MANAGER	18/02/09	MANAGER	08/04/09
20	Si.SP.4.4.5	4.4.5	재료 및 재질	신호시스템에 적용되는 재료는 도시철도법에서 정하는 화재안전 기준을	MANAGER	18/02/09	MANAGER	07/03/11
21	Si.SP.4.5	4.5	인터페이스 요구사항		MANAGER	04/02/09	MANAGER	07/03/11
22	Si.SP.4.5.1	4.5.1	운영기관 및 주변 환경과의	• 노선운전 및 열차운영계획	MANAGER	18/02/09	MANAGER	28/03/11
23	Si.SP.4.5.2	4.5.2	타 서브시스템과의		MANAGER	18/02/09	MANAGER	07/03/11
24	Si.SP.4.5.2.1	4.5.2.1	차량	• 차상/지상 간 인터페이스 사양 겁토(ATP/ATO 장치의 정보전송 방식 및	MANAGER	03/02/09	MANAGER	28/03/11
25	Si.SP.4.5.2.2	4.5.2.2	통신	• 열차안내정보(승객안내, 안내게시 등)에 대한 정보방식 및 내용	MANAGER	03/02/09	MANAGER	28/03/11
26	Si.SP.4.5.2.3	4.5.2.3	전력	• 신호분야 전원투입 시기	MANAGER	03/02/09	MANAGER	28/03/11
27	Si.SP.4.5.2.4	4.5.2.4	선로구축물	• 분기부 인터페이스 사항	MANAGER	03/02/09	MANAGER	28/03/11
28	Si.SP.4.5.2.5	4.5.2.5	역사	• 스크린도어(PSD)와의 인터페이스	MANAGER	17/11/10	MANAGER	07/03/11
29	Si.SP.4.5.2.6	4.5.2.5	차량기지	• 검수선 설비구성 관련 인터페이스의 구성	MANAGER	17/11/10	MANAGER	28/03/11
30	Si.SP.4.6	4.6	설계 및 구축	본 항목에는 상세설계 후 확정된 설계도면, 시스템 구성/배치도 등이	MANAGER	19/02/09	MANAGER	07/03/11
31	Si.SP.5	5	구성품별 상세규격		MANAGER	13/01/09	MANAGER	07/03/11
32	Si.SP.5.1	5.1	자동열차보호장치(ATP)	1) 지상자동열차보호장치는 열차의 안전운행을 담당하며, 안전 관련	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
33	Si.SP.5.1.1	5.1.1	열차위치검지	1) 자동열차보호기능을 갖는 시스템은 모든 열차의 위치를 연속적으로	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
34	Si.SP.5.1.2	5.1.2	열차출입문 제어	1) 열차 출입문은 열차운전 모드에 따라 수동 또는 자동으로 개폐되어야	MANAGER	17/11/10	MANAGER	28/03/11
35	Si.SP.5.1.3	5.1.3	임시속도제한	1) 자동열차보호장치는 어떠한 선로 구간에서라도 임시 속도제한을 할 수	MANAGER	17/11/10	MANAGER	28/03/11
36	Si.SP.5.2	5.2	자동열차운전장치(ATO)	1) 신호시스템은 ATP에 의해 부여된 안전 한계 내에서 미리 정한 운행	MANAGER	17/11/10	MANAGER	28/03/11
37	Si.SP.5.2.1	5.2.1	열차조정	1) 자동열차운전 기능을 갖는 시스템은 열차가 정상적인 역간 운행을	MANAGER	17/11/10	MANAGER	07/03/11
38	Si.SP.5.2.2	5.2.2	정위치 정차	1) 자동열차운전은 열차가 각 역의 지정된 정지위치에 정확히 정지할 수	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
39	Si.SP.5.2.3	5.2.3	출입문 제어	1) 정상 운행시 열차 출입문의 개폐는 운전모드에 따라 자동 또는	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11
40	Si.SP.5.2.4	5.2.4	승강장 스크린도어(PSD) 제어	1) 신호 및 열차제어설비는 열차의 출입문과 연동하여 승강장	MANAGER	17/11/10	MANAGER	28/03/11
41	Si.SP.5.2.5	5.2.5	열차 보류	1) 시각표 및 시격 조정을 위해 ATS로부터 열차보류를 수신하고 열차의	MANAGER	17/11/10	MANAGER	07/03/11
42	Si.SP.5.3	5.3	연동장치	1) 정차장내에는 열차의 도착, 출발, 입환의 방향에 따라 분기기를	MANAGER	13/01/09	MANAGER	28/03/11

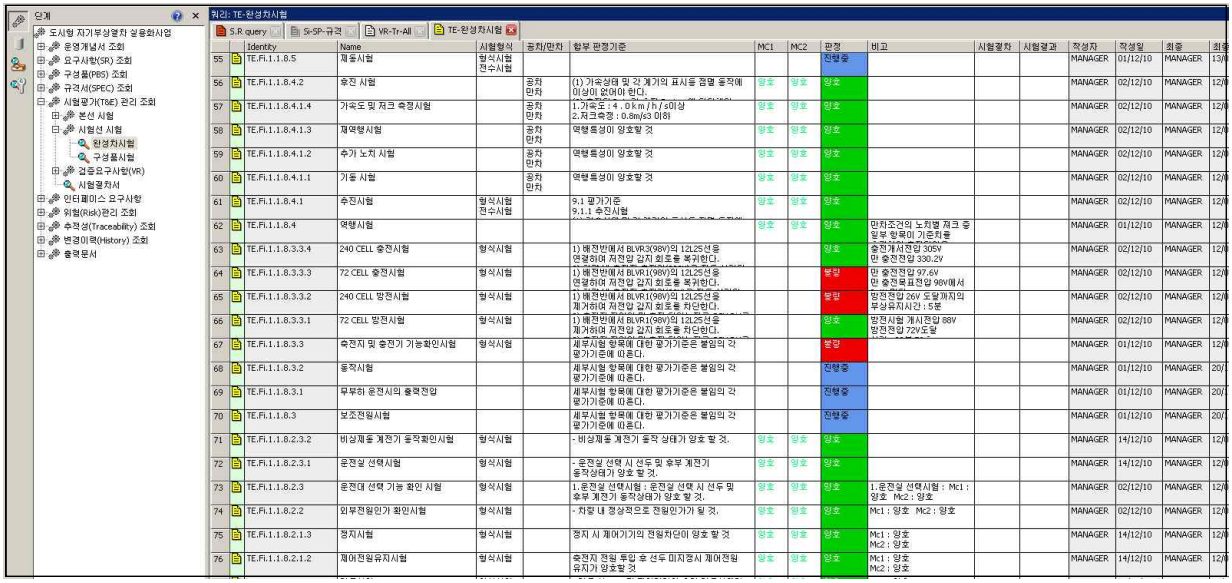
- 검증요구사항



쿼리: VR-Tr-All

	일련번호	제목	검증요구사항	판정	검증요구사항 겁토보고서
17	VR.Tr.P.1.0-14	선로조건	궤 간 : 1,850mm		<데이터>
18	VR.Tr.P.1.0-15	선로조건	최대 구배 : 60 ‰		<데이터>
19	VR.Tr.P.1.0-16	선로조건	최소 곡선 반경 : 60 mR		<데이터>
20	VR.Tr.P.1.0-17	선로조건	승강장 연단 높이 : 1,000mm(레일 기준면)		<데이터>
21	VR.Tr.P.1.0-18	선로조건	가션 공칭전압 : 1,500 VDC		<데이터>
22	VR.Tr.P.1.0-19	선로조건	급전방식 : 측면접촉식 전차선로 가선방식		<데이터>
23	VR.Tr.P.1.0-20	하중조건	최대 승객 하중 : 6.5 ton/량 (성능기준, 만차하중) 10.0 ton/량 (강도기준, 성능의 1.5배)		
24	VR.Tr.P.1.0-21	하중조건	공차중량 : 20 Ton/량		
25	VR.Tr.P.1.0-22	하중조건	만차중량 : 26.5 Ton/량 (LIM 수직력 고려 : 28 Ton/량)		
26	VR.Tr.P.1.0-24	운전조건	노선의 평면 및 종단선형은 적용도시의 계획노선에 따름다.		
27	VR.Tr.P.1.0-25	운전조건	• 차량의 설계 최고운행속도는 선로설계조건에 따라 정해진 속도 이하로 운행되어야 한다.		<데이터>
28	VR.Tr.P.1.0-26	유지보수조건	차량기지에서의 정기 검사는 경정비(일상, 월상검사)와 중정비(중간, 전반검사)로 나누며, 경정비는 검수고 일상검수선, 월상검수선에서, 중정비는		<데이터>
29	VR.Tr.P.1.0-27	유지보수조건	2) 차량의 종합제어장치에서 차량의 고장검지, 차내표시, 운행 중 이상 발생시 승무원 응급대처 지시기능 및 월상검사 정도의 차상 자동 검사기능을 갖추어		<데이터>
30	VR.Tr.P.1.0-28	유지보수조건	3) 차체와 대차를 분리하여 검수가 가능한 구조로 하여야 한다.		<데이터>
31	VR.Tr.P.1.0-29	유지보수조건	1) 차량 세척은 자동세척을 기본으로 한다.		
32	VR.Tr.P.1.0-30	유지보수조건	2) 외부 출입문이나 창문, 공기흡입구 등에 의한 실내와 각종 기기함 등에 물이 들어가지 않도록 하여야 한다		
33	VR.Tr.P.1.0-31	주요제원	전기방식 : - 가선공칭전압 : DC 1,500V		<데이터>
34	VR.Tr.P.1.0-32	주요제원	만차 탑승인원: 93 명/량 (5명/㎡) - 좌석수 : 28 명/량		
35	VR.Tr.P.1.0-33	주요제원	차량 중량 : - 공 차 : 20 톤/량		<데이터>
36	VR.Tr.P.1.0-34	주요제원	설계 최고속도 : 110 ㎞/h		
37	VR.Tr.P.1.0-35	주요제원	최고 운행속도 : 80 ~ 100 ㎞/h		<데이터>
38	VR.Tr.P.1.0-36	주요제원	최대 가속도 : 4.0㎞/h/s		<데이터>

- 시험평가 항목/절차서



(나) DB 기반 요구사항 검증관리서비스 체계 수립

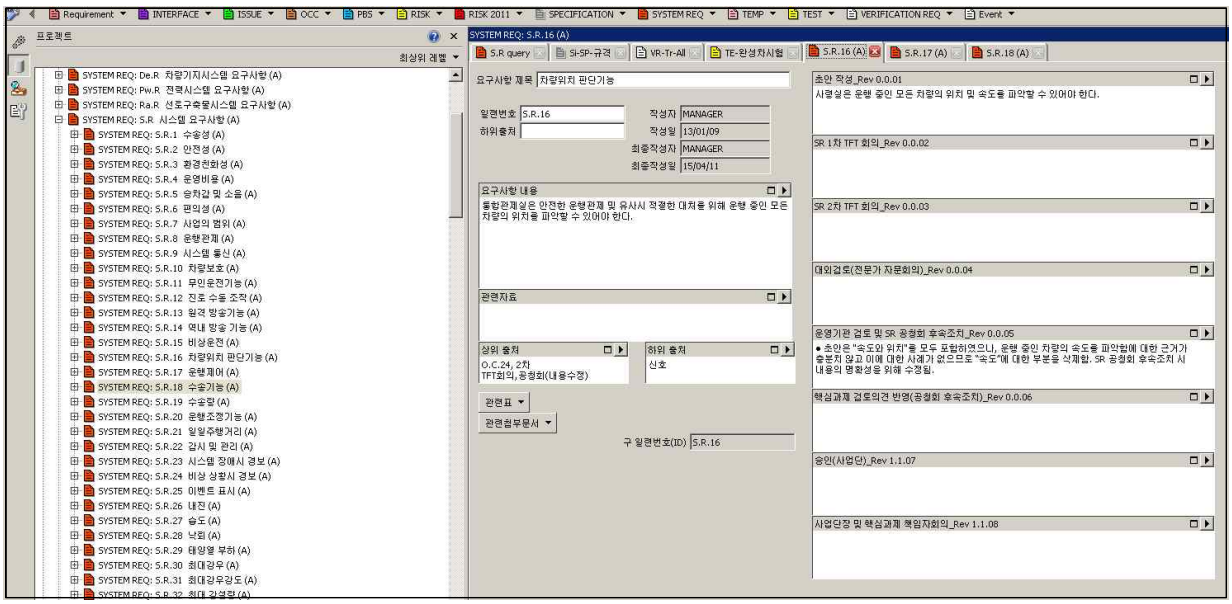
1) 개요

- 입력/구축된 요구사항 관련 데이터베이스 항목 및 추적성 체계를 활용하여 SE 관리 활동에서 요구되는 문서 또는 프로세스 진행 절차를 출력하는 DB 서비스 체계를 개발

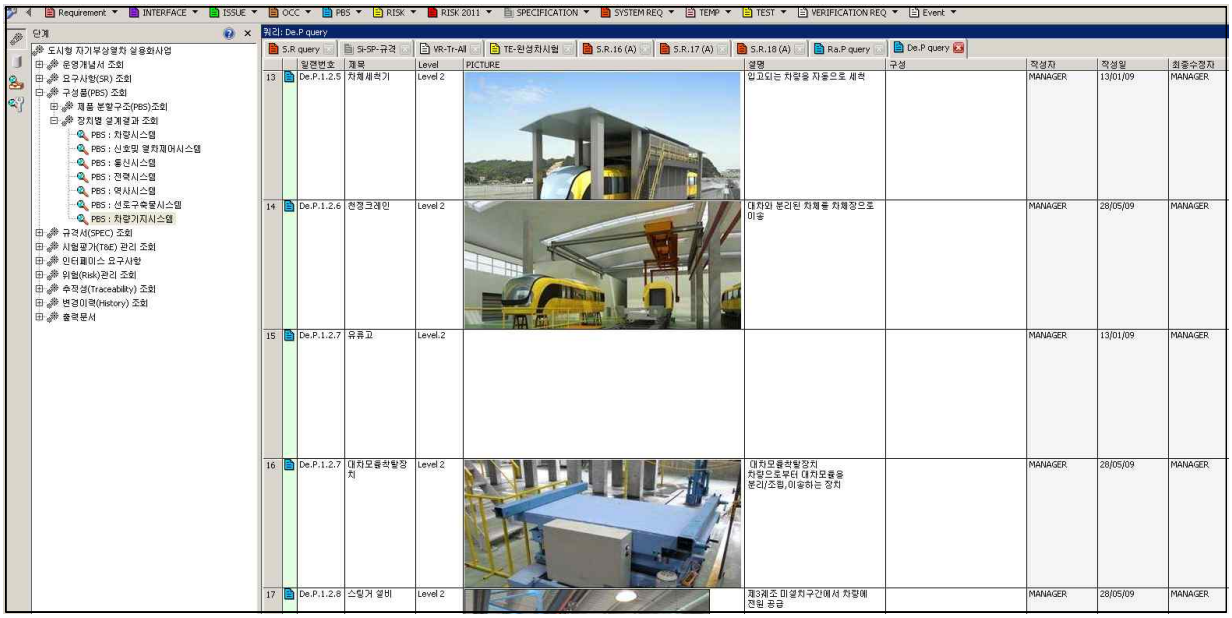
2) 연구수행 결과

- SE 문서 조회서비스 구현

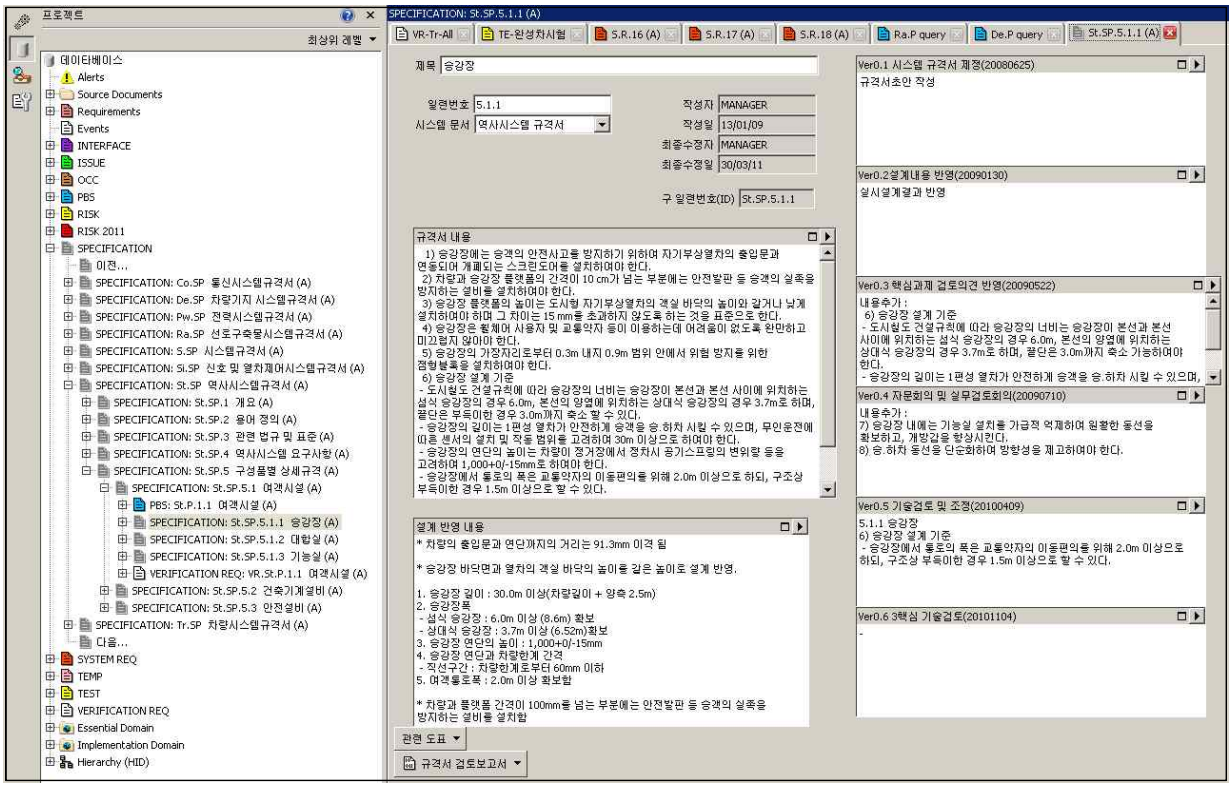
  - 요구사항 조회



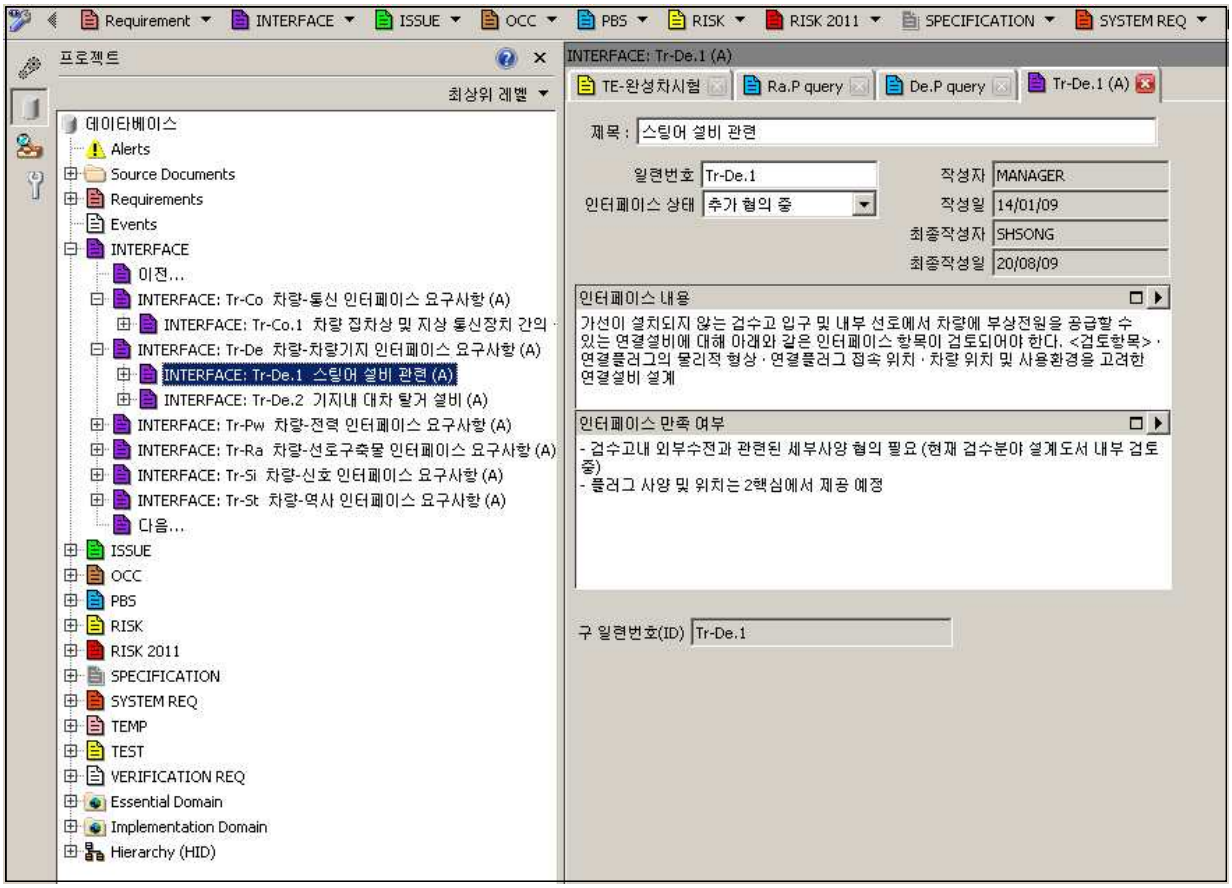
- 구성품 체계 조회



- 규격서 조회

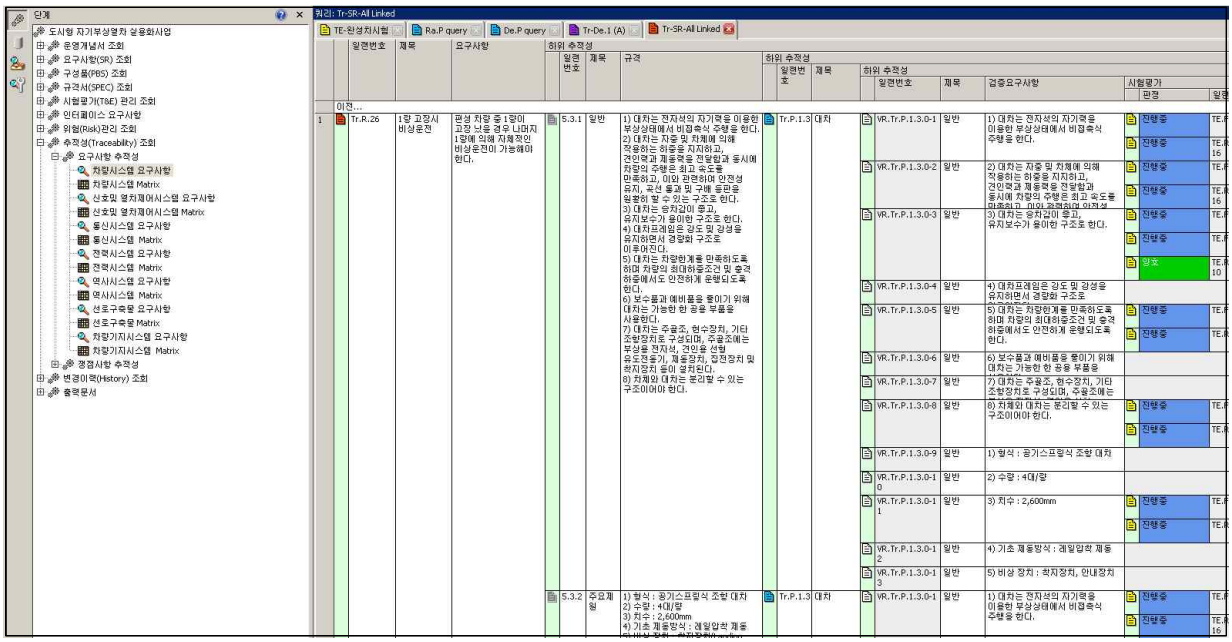


- 인터페이스 조회

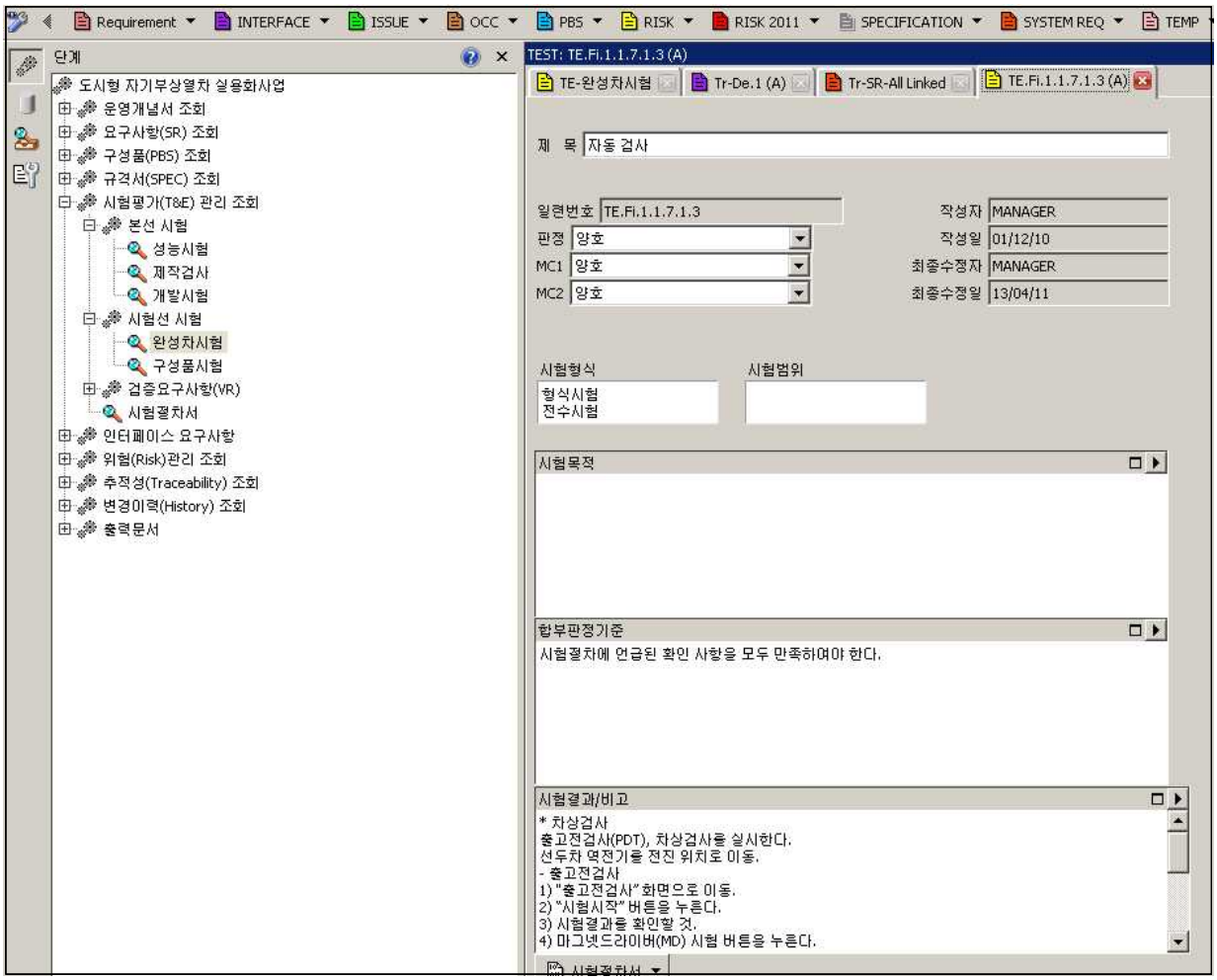


- SE 활동 지원서비스

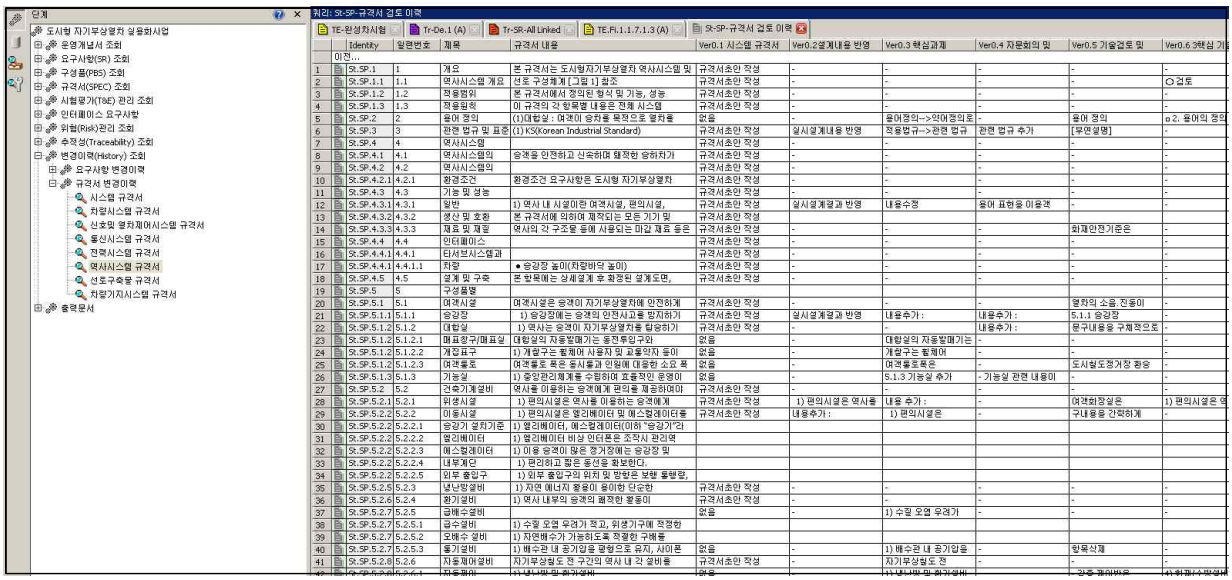
- 추적성 조회



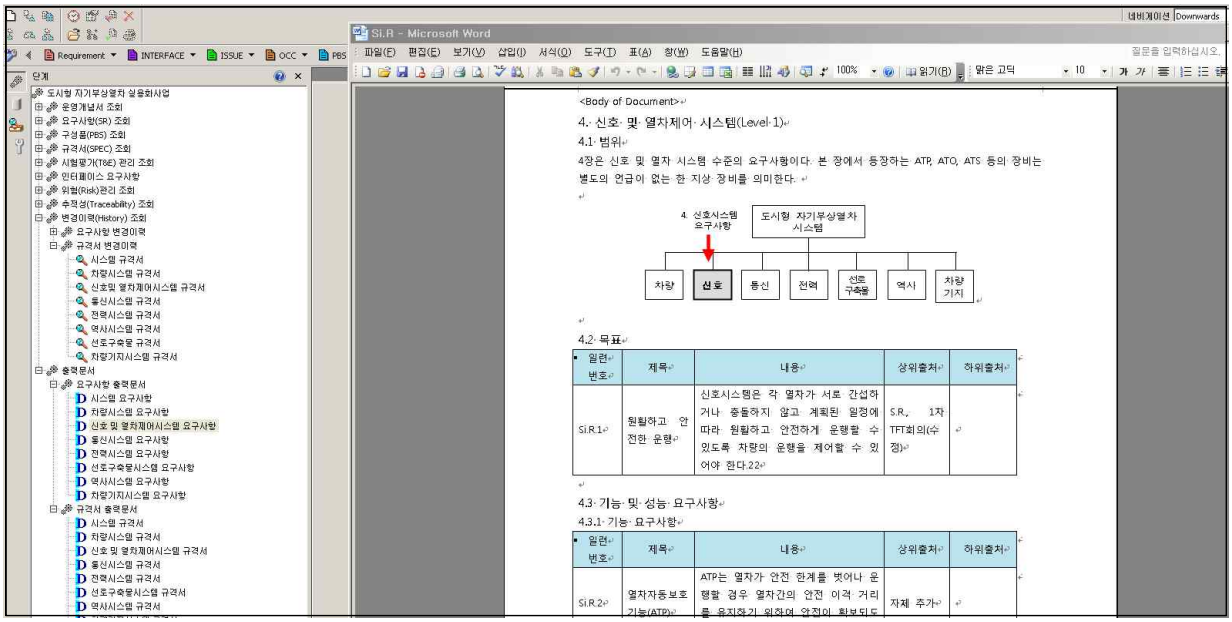
- 시험평가 관리 현황 조회



- 변경이력 조회



- 문서 출력


Si.R - Microsoft Word
<Body of Document>
4. 신호 및 열차제어 시스템(Level 1)
4.1 범위
4장은 신호 및 열차 시스템 수준의 요구사항이다. 본 장에서 등장하는 ATP, ATO, ATS 등의 장비는 별도의 언급이 없는 한 지상 장비를 의미한다.
4. 신호시스템 요구사항
도시형 자기부상열차 시스템
차량
신호
통신
전력
선로 구축물
역사
차량 기지
4.2 목표
일련 번호
제목
내용
상위출처
하위출처
Si.R.1
원활하고 안전한 운행
신호시스템은 각 열차가 서로 간섭하거나 충돌하지 않고 계획된 일정에 따라 원활하고 안전하게 운행할 수 있도록 차량의 운행을 제어할 수 있어야 한다.22
S.R., 1차 TFT회의(수정)
4.3 기능 및 성능 요구사항
4.3.1 기능 요구사항
일련 번호
제목
내용
상위출처
하위출처
Si.R.2
열차자동보호 기능(ATP)
ATP는 열차가 안전 한계를 벗어나 운행할 경우 열차간의 안전 이격 거리를 유지하기 위하여 안전이 확보되도
자체 추가

(4) 결과

(가) 성과 자체평가 및 문제점, 보완 대책

- 본 과업을 통해 구축된 요구사항 데이터베이스는 도시형자기부상열차 실용화시스템의 핵심 기술문서의 총합으로, 요구사항을 만족하기 위한 각 세부 기술요소/과제에서의 구현 활동을 추적성이 구축된 문서 체계로 정리하였다는 점에서 시스템 통합 및 검증 활동이 이루어지는 3단계에서의 SE 과제(1핵심 및 예하 과제)의 업무 수행에 요구되는 도구가 개발되었다는 점에서 개발 성과가 평가됨
- 요구사항 추적성에 대한 기술문서를 보고하는 임무를 가진 본 과제(1-1 세부과제)의 업무를 지원하는 소프트웨어로써는 활용도가 높은 반면, SE 총괄과제 등 타 과제에서 DB에 접속하여 불특정하게 요구되는 SE 관련 문서 요청을 처리하는 시스템으로는 개발되지 않은 한계가 있어, 활용도에 다소 제약이 있는 실정
- SEMP에 따른 이슈사항 관리 절차를 비롯하여, 새로이 정의된 3단계 시험평가 과정에서의 1핵심 역할 분담방안에 따른 업무수행을 검토할 때, 요구사항 및 규격, 시험평가 관련 추적성을 검토하여 보고하는 과업은 현행과 같이 1-1 세부과제에서 구축된 DB를 활용하여 수행하되, 1핵심 과제의 활동에 요구되는 최소한의 현황 조회 및 분석을 위한 UI를 2단계 잔여기간에 제작하여 1핵심과제와 공유하도록 조치 예정

(나) 기대효과 및 활용계획

- 구축된 요구사항 데이터베이스 시스템은 3단계에서 진행될 요구사항 검증 여부에 대한 추적관리 및 SE 활동의 기본 도구로 활용
- 사업 최종단계에서 각 요구사항에 대한 서브시스템의 구현 내용/검토 history, 검증 결과 및 검증 과정에서의 시행착오 등 각종 기술문서가 기록될 “도시형자기부상열차 실용화사업의 요구사항 추적관리 데이터베이스”는 요구사항 관리 시스템과 더불어 본 사업의 과정과 성과를 집결한 기록유산화하여 후속 자기부상열차 상용화 과정을 비롯하여 철도 분야 SE 활동의 참고자료로 활용

(다) 최종 산출물(연구결과물)

▶ 요구사항 추적관리 데이터베이스 (시연)

마. 요구사항 보완 및 SE 활동

(1) 개요

(가) 과업의 개요

- 연구개발과제인 도시형 자기부상열차 실용화사업에서 본 과제의 핵심 업무는 자기부상 열차시스템에 특화된 요구사항을 개발하는 것으로, 1단계 연구수행을 통해 설계자, 제작/시공자, 승객, 운영자 및 전문가 등 다양한 이해관계자의 요구를 수렴하여 요구사항으로 추출하고 이를 체계화하여 '시스템 요구사항서'로 구축하고 핵심과제 검토를 거쳐 사업단 승인을 확보
- 그러나, 최종 승인된 요구사항에 대한 외부 검토 및 자문 과정에서, 본 시스템 요구사항이 기술 중심으로 구성되어 교통약자(장애인・고령자・임산부・외국인 등)를 포함해 예상되는 각계각층의 사용자 관점에서의 요구사항 반영이 미흡하다는 점이 지적됨 (2008. 4. 시스템요구사항 자문회의)
- 이러한 문제는 시스템 개발 후에 승객들에게 쾌적한 철도 환경을 제공하는 데에 어려움이 있을 뿐만 아니라, 직접적으로 불편함과 안전성의 위험을 초래함은 물론, 추후 설계변경이나 보완으로 인한 추가적인 개발비용 증가로 경제적 손실을 야기할 수 있음
- 한편, 일본, 프랑스 및 독일과 같은 철도선진국들은 신뢰성 및 안전성 등 차량자체의 기술적인 성능뿐만 아니라 경제적인 측면을 넘어 승객편의를 고려한 사용자 친화적 기술개발에 많은 투자를 아끼지 않고 있음. 철도선진국들의 이와 같은 노력은 승객 만족도를 높이며, 철도서비스를 한 단계 향상시키고 있음
- 본 시스템의 가치창출과 경쟁력 제고를 위해 사용자(승객)의 니즈(needs)를 선도하고 충족시켜줄 수 있는 고품격의 차량개발이 절실히 요구되고 있으며, 기존의 공급자 측면의 기술 중심 개발에서 철도문화를 한 단계 더 향상 시킬 수 있는 사용자 중심의 미래지향적인 시스템 개발의 필요성 대두
- 더욱이 본 사업은 실용화사업으로 바로 상용화되어 시민들에게 서비스되기 때문에 고객의 불편요소를 최소화하고 만족도를 극대화하기 위해 면밀한 사용자 연구를 통해 사용자 요구조건을 도출하고 시스템에 체계적으로 반영해야함. 특히 노인과 장애인 등과 같이 신체적으로 불편하고 움직임에 애로사항이 있는 교통약자들에 대한 사용자 요구사항 보완이 반드시 필요
- 차량 제작설계와 시설분야 대안설계가 진행되는 시점인 2단계에서 이러한

부분을 보완하여 시스템에 반영하는 것은 비록 시기적으로 어려운 상황이나, 대안입찰 과업 제시 과정 또는 추가 편성 제작 과정에서 최소한의 비용 부담으로 설계변경이 가능한 분야에 대한 검토를 수행하고, 나아가 추가적인 시스템(차량, 시설) 제작 과정에서 참조 가능한 형태의 사용자 중심 요구사항 관련 기술문서를 확보하는 활동은 도시형 자기부상열차 시스템에 대한 연구개발과제에서 의미있는 수행 과업으로 판단하여 동 요구사항 보완 과제를 공정에 포함하여 수행하였음

- 신교통시스템으로서 기술적 측면뿐만 아니라 사용자(교통약자) 특화된 최고 수준의 시스템 개발로 경쟁력을 제고하여 미래 신규시장에서 예상되는 요구사항에 적극적으로 대응하고자 하였음
- 또한, 사용자 중심설계 개념인 '유니버설디자인', '장애없는 생활환경 디자인' 등 다양한 설계 개념뿐만 아니라 관련 국제규격, 국내외 시장환경을 반영하고자 하였음
- 본 과업에서의 SE 활동은 요구사항 관련 관리 활동 과정에서의 중요 인터페이스 사항을 비롯하여 SE 관점에서 사업 참여 주체들이 이해를 공유하여야 할 핵심 사항을 요구사항 데이터베이스를 활용하여 정리하여 전 주체에게 정기 Letter 형태의 정보 제공을 의미

(나) 최종 목표

- 사용자(승객) 관련 시스템요구사항, 규격 보완 및 추적관리
- 교통약자 이동편의 관련 시스템요구사항, 규격 보완 및 추적관리
- 도시형자기부상열차 시스템엔지니어링 동향보고서 (SE Letter) 정기 배포

(다) 주요내용

1) 사용자 관련 시스템요구사항, 규격 보완 및 추적관리

- 국내외 사용자 중심의 철도시스템 사례 및 현황 분석
- 국내외 관련 법률 및 국제규격 분석
- 차량 및 역사 현장관찰, 사용자 인터뷰 분석
- 사용자 중심의 차량 및 역사 시스템요구사항, 규격 보완방안

2) 교통약자 이동편의 관련 시스템요구사항, 규격 보완 및 추적관리

- 국내외 도시철도분야의 교통약자 이동편의시설 동향 및 고려사항 조사

- 국내외 ‘장애물 없는 생활환경 인증’ 유사제도 현황 분석
- 본 사업의 BF 인증 추진 타당성 검토
- BF 인증기준 대비 도시형자기부상열차 시스템요구사항 및 규격 부합도 분석

* 설계기준서, 설계보고서 검토 등

- BF 인증기준 대비 시스템요구사항, 규격 보완방안
- BF 인증 항목기술 해설서 작성 및 관련 시스템요구사항, 규격 평가
- 시범노선 설계결과 및 대안입찰안내서 항목 분석 및 이슈 도출
- 시제차량 설계 및 제작결과에 대한 인증 항목 분석

3) 시스템엔지니어링 동향보고서 정기 배포
- 요구사항 관련 사업단 내, 과제간 협의/조정회의 모니터링
- 자기부상 관련 국내외 동향정보 수집
- 시스템 엔지니어링 동향보고서 격주 작성 및 배포

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간(2단계) 1	3	5	7	9	11	13	15	17	19	21	23	달성도(%)
요구사항 데이터베이스													
1. 사용자(승객) 관련 요구사항, 규격 보완 및 추적관리	----	----	----				----	----	----				100%
	====	====	====				====	====	====				
2. 교통약자 이동편의 관련 요구사항, 규격 보완 및 추적관리				----	----	----				----	----	----	100%
				====	====	====				====	====	====	
3. 시스템엔지니어링 동향보고서 (SE Letters) 작성, 배포	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	100%
	====	====	====	====	====	====	====	====	====	====	====	====	

---------- 당초계획

실 적

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 사용자 관련 시스템요구사항, 규격 보완 및 추적관리

1) 개요: 과업추진의 이유 및 동기

- 본 사업은 기 개발된 자기부상열차를 미래 도시형 친환경 교통수단으로 상용화하기 위한 연구개발 사업으로, 기본설계 기술 수준, 단위시스템 간 인터페이스 기술 등을 비롯하여 경량전철 요구조건에 맞추어 필요한 기술보완, 실제적인 수요자 요구조건의 반영 등을 통해 타교통수단 대비 수요자 입장에서 선택할 수 있도록 성능과 서비스를 향상시키고 승객만족도를 높이는 것을 목표로 함 (타당성조사 보고서)
- 본 사업의 성과물은 바로 상용화되어 시민들에게 서비스되기 때문에, 고객의 불편요소를 최소화하고 만족도를 극대화하기 위해 면밀한 사용자(승객) 연구에 따른 기술적 요구사항 재정립이 요구됨
- 또한, 미래 신규시장에 대한 선제적 대응과 경쟁력 제고를 위한 사용자 특화 시스템 요구사항 개발이 필요
- 지금까지의 개발자 중심의 기술개발을 넘어서서, 시스템의 사용 환경과 승객 등 시스템의 최종 사용자의 니즈를 수렴하고 반영하는 기술적 요구사항을 지속적으로 보완, 점검, 재구축하여야 함

* 선진국의 경우, 차량 자체의 기술적인 성능 뿐만 아니라 경제적인 측면을 넘어 승객 편의를 고려한 사용자 친화적 기술개발에 투자를 아끼지 않고 있음. 실제로 차량과 역사 설계 단계 혹은 그 이전부터 예상되는 승객에 대한 분석을 통해 불편요소를 미연에 방지하고 다양한 승객 편의요소를 도출하여 설계에 반영하고 있음

** KTX 개통초기의 사례와 같이, 역방향 좌석 문제 등 사용자의 문화적, 정서적 특성을 고려하지 못해 개조비용으로 1천2백억원이 넘는 비용이 소요되는 등 수요자 요구조건의 반영은 실질적인 실용화 성공을 통한 시장 확대를 목표로 하는 사업의 성패와 직결

- 이러한 취지에서 본 사업은 큰 틀에서, (1)발주사업 형태의 상용화 모델 및 시설 구축, 운영 경험의 확보, (2)경량화, 소형화, 고효율화 등 R&D 형태의 기술보완 및 완성, (3)사용자(승객) 중심의 차별화된 가치 확보를 위한 시스템 요구사항 개발 및 적용 확대, RAMS 수행 등의 활동 등을 병행하여 추진하도록 기획됨
- 1-1 세부과제는 실용화를 위한 요구조건을 도출하여 시스템요구사항으로 구축하고, 이를 실제 차량제작과 시설 구축에 반영될 수 있도록 추적관리하는

것을 목표로 하는 과제로, 공급자 중심의 기술적 측면 뿐만 아니라 수요자 중심의 승객편의 측면에서도 사용자 친화적인 최고수준의 시스템으로서 경쟁력을 확보할 수 있도록 지속적으로 '차별화된 가치' 관련 니즈를 발굴하고, 이를 기술적 요구사항으로 정립하여 시스템에 반영하기 위한 활동을 수행하고 있으며, 이러한 기술적 요구사항을 규격에 반영하여 최종 시스템에 적용될 수 있도록 협의·조정하고, 시간적, 비용적 측면에서의 고려 등으로 인하여 본 사업의 초기에 반영되지 못한 요구사항은 후속 양산차량 제작, 대안입찰, 후속사업 기획 등에 활용하여 적용될 수 있도록 사용자 중심의 기술요구사항의 문서화, 정형화, 체계화하는 것이 핵심 임무임

- 이러한 배경에서, 사용자 관점의 요구사항 보완 및 추적관리 활동의 일환으로 추진됨

2) 현황 및 필요성

- 본 사업의 초기 목표사양은 사용자나 활용환경 등의 측면에서의 고려가 다소 부족하여, 이와 관련한 초기 요구사항이 일부 누락됨
- 사용자 측면의 고려는 소음, 진동 등만이 고려되었으며, 활용환경 측면에서는 풍속, 강우량 등 일부 환경조건에 대해서만 고려되어 목표사향이 구성됨
- 1-1세부과제에서는 요구사항 및 규격 개발 활동을 통해 강설, 결빙, 최대 강우강도 등 부상하여 운행하는 본 사업 산출물의 특성을 고려한 요구를 발굴하고, 각 담당과제와의 인터페이스 조정을 통해 시스템 요구사항 및 규격에 반영
- 사용자 측면에서의 고려는 본 사업에서 가장 취약했던 부분으로, 1-1 세부과제에서는 사용자 조사, 공청회, 자문회의 등을 통해 미래 활용환경에서 요구되는 사용자 요구사항에 대한 연구를 지속 수행하여 왔으며, 그 결과가 시스템 설계에 적용되도록 지속적으로 노력
- 이와 같이 발굴된 새로운 요구사항은 각 단계별로 이루어진 설계검토 (PDR, CDR) 및 검증요구사항 협의, 규격서 협의 과정에서 실무과제와의 협의를 거쳐 시스템 설계에 적용
- 본 사업에서의 시스템요구사항은 발주사업의 발주 규격과 달리, 연구개발을 통해 지속적으로 개발되어야 하는 사안임
- 기본설계 완료단계, 상세설계 단계, 대안입찰 단계, 초도편성 제작단계, 양산차량 제작단계 등에서 지속적으로 발굴·보완된 요구사항을 적용하고, 당 사업에 최종적으로 반영되지 못한 요구사항은 기술서로 정립하여 후속 사업의 기획 또는 타 지자체 사업 수주, 해외 사업 수주 등에 활용

3) 과업 수행내역

○ 국내외 사용자 중심의 철도시스템 현황 분석

- 해외 사례 분석

열차구분	주요내용	UFD 컨셉 코드
ICE	- 휴대전화 통화 차량을 위한 수신 안테나 설치 - 정숙차량(Silence Car)에서의 차내 방송금지, 검표 대신에 티켓 홀더 설치	①②④⑤
ICE Ideen Zug	- 서비스 카운터 설치 - 여승무원 접속열차 안내 - 승무원의 열차 DB(Die Bahn) 오리지널 상품 판매 - VTR 수상기 차량에서는 주행 중 전면 전망실행중계	①④⑤⑦⑩⑪
ICE 2	- 1, 2등실 - 변환 가능 설계	④⑦⑧
ICE 3	- 전두부 연결부에 라운지(바) 설치 - 화장실 - 곡면 출입문, 여유 공간 확보, 두 개 맞대어 설치 - 객실 중간에 개방형 옷장(의장라커), 짐 보관대 설치 - 가족실 설치 - 회전식과 고정식 의자 절충형/고정식에는 탁자 배치 - 5인용, 6인용 구분실, 회의실 설치 - 차장실(conductor), 매점, 회의용 탁자 설치	①②③④⑤⑥⑦⑧⑨⑩⑪
X2000	- 대형 테이블 부착 - 실내내장의 목재 사용 - 주말에는 1등실을 2등실로도 사용	①②③④⑤⑨⑩⑪
AVE	- 10분 지연 시 요금 환불 - 천정형 TV 모니터 - standing type 뷔페차량 - 좌석을 3등급으로 구분/클럽(Club), 프리퍼렌샬(Preferential), 투어리스트(Tourist)	①②③④⑤⑥⑨⑩⑪
Eurostar	- 1등실-3코스의 콜드 밀(cold meal) 제공/ 프리미엄 1등실-차별화된 서비스(샴페인과 신문 제공) - 전두부 연결부 단체실	①②③④⑤⑥⑨⑩⑪
TGV Duplex	- 화장실-유아용 기저귀교체대와 보온병 비치 - 2등실-가족실 설치	①②③④⑤⑥⑦⑨⑩
TGV Atlanta	- long seat의 salon room 구비/가족, 그룹 이용객 배려 - 반구분실(Semi compartment), 격실	①②③④⑤⑨⑩⑪

* Concept Code : ①사용성 증가 ②새로운 권위, 품위 ③공간미학, 창의 ④쾌적함/즐거움 ⑤편의성 ⑥신뢰성 ⑦정보인식성 ⑧조작성 ⑨피로감소 ⑩능률향상 ⑪여유공간 확보

- 국내 사례 분석(서울지하철 9호선, 공항철도)

더 넓어지고 개방된 객실간 연결통로

승객 맞춤형으로 개선된 손잡이

안락하고 여유롭게 개선된 의자

유모차 · 휠체어용 안전벨트 설치

실내 동영상 표시장치 개선

비상 대피용 출입문 설치

○ 사용자 인터뷰 분석

조사대상	서울 지하철 1호선~8호선 이용자 및 역무원
유효표본	총 10 명
표본추출	지하철 한 호선당 1인(환승 포함) 이상 (출퇴근 시 주요 교통수단이 지하철)
조사방법	가이드라인을 통한 1:1 심층 인터뷰
결과분석	인터뷰 내용 스크립트 → 키워드를 추출

편의시설 종류		문제점	대안
매개시설	주출입구 접근로	- 차량과 보행자간의 동선 교차 - 시각장애인의 안전 접근 미비	- 안전보행통로의 우선확보 및 안전보행통로를 이용한 시각장애인 유도방안 마련

편의시설 종류		문제점	대안
	장애인전용 주차구역	- 설치위치의 인지도 부족	- 입식표시 및 과태료 부가에 대한 안내문 확충 - 연속 안내표시의 의무 설치화 추진
	주출입구 높이차이 제거	- 과다 설치된 계단 혹은 단차	- 신축건물의 경우, 출입구에 계단 설치 지양 - 설치되는 경사로 기울기는 반드시 1/12 이하 등 기준 준수 -시각장애인 접근 동선과 휠체어사용자 및 비장애인의 접근 동선을 분리하여 이용자 모두에게 편의 제공
내부 시설	출입구 (문)	- 주요실에 대한 시각장애인 안내설비 부족	- 주요 출입문 앞에 시각장애인을 위한 점자표시의 확충 - 통과 유효폭 확보 - 규정에 적합한 수직막대형 손잡이 설치
	복도	- 설치물의 장애물이 다수	- 기타 장애물 제거 - 현재 장애인복지시설만 의무설치 시설인 복도 연속손잡이의 확대 의무화 필요(공공시설, 노인, 아동시설 등)
	계단	- 시각장애인용 유도물 미흡	- 규정에 적합한 연속된 손잡이 - 계단과 끝지점에 0.3m전면에 점형블록을 설치하거나 색상을 달리함
	승강기	- 장애인용 승강기 버튼위치가 다소 높음	- 설치위치에 대한 법 조항 재검토 필요
위생 시설	화장실	- 대변기 칸막이내 휠체어회전 공간 부족 - 대변기 세정밸브의 설치위치상 대부분의 이용자 불편 초래 - 세면대 휠체어사용자 이용상 불편 초래	- 신축시 개정법(2005년 12월 30일자 편의증진법 개정) 적용으로 휠체어회전 가능 화장실 확보 - 대변기 세정밸브 설치위치의 정확한 정보 제공 필요 - 세면대 하부공간 확보 및 거울 등의 바른 설치방법 홍보
안내 시설	점자블록	- 설치된 블록간의 연계성 부족으로 인지 불가능 - 표준블록 미사용으로 인한 이탈블록이 다수	- 주출입구 접근로에 연속적으로 설치하여 시각장애인의 이용에 연계성 확보 - 미끄럽지 않은 재질의 사용
	유도 및 안내설비	- 유도 안내설비의 필요성 인지 부족	- 시각장애인을 위한 시설안내 설비에 대한 필요성 홍보 확대 - 설치된 편의시설에 대한 안내표시의 의무 설치화 추진
	경보 및 피난설비	- 청각장애인을 위한 피난설비 부족 - 소방설비에만 피난설비가 설치되어 피난방향 인지가 미약	- 시각경보기 확충 - 피난방향으로 연계성 있게 설치
기타	매표소·판매기	- 기존의 판매기 사용으로 물건의 분출구가	- 바닥으로부터 적절한 높이에 설치된

편의시설 종류		문제점	대안
시설	·음료대	너무 낮아 휠체어사용자 불편 초래	판매기 등 설치 유도

종합분석

○ 지하철은 지하공간이라는 특성상 다양한 사고 상황에서 대피통로와 방재, 배연 등 복합적인 위험요소가 항상 산재해 있으며, 출근길 잦은 지하철 고장과 방화사건 등으로 인해 시민들은 안전에 대한 항목을 중요시 여기는 것으로 사료됨.

○ 지하철 이용자들의 전반적인 의견을 종합해볼 때 안전에 대한 중요도가 가장 높은 것으로 나타나, 자기부상열차 실용화 사업 계획시 이용자들의 안전에 대한 세심한 배려가 필요할 것으로 사료됨.

○ 안전한 지하철 이용을 위한 스크린 도어의 확대 등 인명사고를 최소화 할 수 있는 시설물 설치 및 시스템 확대가 필요.

○ 지하철 이용자의 주 이동 동선을 충분히 파악하고 분석함과 동시에 유동인구를 분산하여 이동통로의 밀도 완화가 필요함.

○ 지하철의 모든 요소들이 단순히 이동 수단이 아닌 하나의 문화공간으로 탈바꿈할 수 있도록 다양한 아이템 개발을 통해 지하철에 대한 일부 부정적인 인식을 긍정적으로 전환시킬 수 있는 시도가 필요.

(나) 교통약자 이동편의 관련 시스템요구사항, 규격 보완 및 추적관리

1) 개요: 과업추진의 이유 및 동기

- 일반사용자 뿐만 아니라 고령자과 장애인 등과 같이 신체적으로 불편하고 움직임에 애로사항이 있는 교통약자 측면에서 역사나 차량에서 장애없는 이동편의를 제공하기 위해 보다 면밀한 연구와 그에 대한 요구사항 보완이 반드시 필요
- 또한 교통약자 이동편의증진 등의 정부정책을 반영하는 요구사항 검증 필요
- 국토해양부는 교통약자의 이동권 보장에 대한 사회적 요구 증가에 대응하기 위해, “장애물 없는 생활환경(BF; Barrier Free) 인증제도”를 도입하고, 제도 정착과 확대를 적극 추진 중으로 이러한 환경에서, 본 사업의 시제차량과 시설물에 대해 실용화 시점에서 획득자(지자체 등)의 BF 인증 가능 여부에 대한 요구가 있을 것으로 예상됨
- 이에, 본 사업 최종 산출물에 대한 인증기준 부합여부 점검과 시스템 설계 보완 필요성 및 설계 변경에 따른 기술적 인터페이스 문제 검토 등 교통약자의 이동편의 증진 관련 요구사항 관리 활동이 요구됨
- 설계에 반영하기 위한 요구사항 작성 단계부터 교통약자에 대해 세심하게 배려함으로서 교통약자들이 이동하거나 접근하는 데 있어 불편을 없애고(접근성 향상) 보행환경을 대폭 개선할 수 있을 뿐만 아니라, 차량이나 역사의 유지·관리 단계에서도 각종 이동편의시설이 최상의 상태로 유지될 수

있게 되어 선진국 수준의 장애없는 교통환경을 갖추게 될 것임

- 이러한 배경에서, BF 관련 연구활동은 교통약자 관점의 요구사항 보완 및 추적관리 활동의 일환으로 추진됨

2) 현황 및 필요성

- 본 사업의 초기 목표사양은 교통약자 측면에서의 고려가 다소 부족하여, 이와 관련한 초기 요구사항이 일부 누락됨
- 본 사업의 시스템요구사항(SR) 구축 과정에서 장애인의 이동편의와 관련된 검토 요구가 제기됨에 따라 관련 사항이 SR에 반영되어 승인

* SR 공청회 및 공청회 후속조치에 대한 검토의견 ('08.04.18.)

** 도시형자기부상열차시스템요구사항(M1100-SE+SE-100) SR.80. (교통약자의 이동편의 증진) 자기부상열차 시스템은 교통약자의이동편의증진법(법률 제9071호) 및 관련 시행령, 시행규칙을 준수해야 함

- SR.80.에 대한 1-1 세부과제 자체 검토 결과* ('09. 03), SR.80. 만족을 위한 구체적인 검증 기준의 필요성이 제기되었으며, 이에 1-1 세부과제에서는 BF 인증 추진을 통한 요구사항 관리 및 검증 전략을 수립

* (차량시스템) 차량시스템 요구사항에 장애인 관련 설비 기준 누락, (역사) 관련 기준이 설계기준서에 명시적으로 반영되지 못하는 등 SR.80 만족을 위한 별도의 기준이 요구됨

3) 과업 수행내역

○ 사전 활동 (1단계)

- 시스템 기본설계 검토 (PDR; '08. 05. 15.) : (건축분야) 엘리베이터 및 에스컬레이터, 계단; (통신분야) 역무자동화설비 구축 등이 기본설계에 반영 확인 보고
- 시스템 상세설계 검토 (CDR; '08. 12. 09.) : (차량분야) 표준규격 '실내설비' 준수, (건축분야) 층간 이동편의 시설 반영, (통신분야) AFC 설비에 교통약자 이동편의 장치 반영

○ BF 인증 기준 대비 차량시스템 규격서 보완방안 제시(이텔릭체)

- '실내 내장' 규격 보완

5.2 실내 내장

5.2.6 객실 손잡이

1) 객실손잡이는 승객이 잡았을 때, 편안함과 안정감을 주어야 하며, 혼잡시에도 승객이 최대한 이용에 편리하도록 배치되어야 하고, 강도와 미려함이 고려되어야 한다.

2) 객실손잡이는 운행 중 또는 급제동시의 승객에 의한 하중 등을 고려하여 충분한 강도를 갖아야 한다.

3) ***입석 승객의 안전과 교통약자의 차량 내의 이동을 위하여*** 지름 30밀리미터 내외의 수직손잡이를 좌석을 기준으로 2열 또는 4열마다 하나씩 설치하여야 한다. ***(BF인증기준 교통수단 평가항목 3.2.2)***

5.2.7 교통약자용 좌석 및 전용공간

1) 각 차량의 단부측 1개소에 휠체어 또는 유모차 사용자의 편의를 위한 시설을 설치한다. 단, 비상상황시 신속한 대피를 위하여 휠체어 또는 유모차 등을 고정하는 별도의 장치는 적용하지 아니한다.

2) 휠체어 사용자를 위한 공간은 차량의 출입문으로부터 접근하기 쉬운 위치에 설치하여 이동의 편의를 높여야 한다.

3) 휠체어 사용자 및 교통약자를 위한 공간에는 휠체어 사용자용 또는 교통약자용임을 나타내는 안내판을 부착하여야 한다.

4) 객실 내에는 시·청각 장애인을 위한 자동 신호표시 알림 장치 및 명확하고 쉽게 판독 가능한 그래픽을 제공하여 각 역과 구간 및 시스템 사용에 필요한 기타 다른 정보를 구별할 수 있어야 한다.

5) ***또한 휠체어 및 유모차 전용공간 외에도 일반적으로 도시철도 및 광역철도 차량은 1개 각 차의 앞, 뒤 출입구에 있는 3인용 좌석 4개를 교통약자용 좌석으로 지정하여 교통약자의 이동편의를 도와야 한다. (BF인증기준 교통수단 평가항목 3.2.1)***

5.2.8 승객안내장치

1) 객실 내에는 각종 안내정보 제공을 위해 시각적으로 표시되는 승객안내장치를 설치하여야 하며, 설치 위치 및 수량 등은 승객이 시각적 인지가 용이하도록 배치되어야 한다.

5.2.8.2 방송장치

1) 차량의 방송장치는 차량의 안전운행 및 승객을 위한 자동 안내방송, 평상시의 공지사항 전달 및 비상시 안내방송 등을 행할 수 있는 것으로 한다.

2) 자동 안내방송은 차량의 종합제어장치와 연계하여 자동으로 안내방송이 될 수 있도록 하며, 항시 차량에서의 자체 운용이 가능하도록 한다.

3) 승객의 안전정보는 ***객실 전면(前面) 윗부분 혹은 중간문 부근 등 적정한 위치에*** 설치된 표시기와 방송장치가 조화를 이루어 현시 및 방송될 수 있도록 하며, 자동 및 수동으로 작동될 수 있도록 설계 제작한다. ***(BF인증기준 교통수단 평가항목 3.3.3)***

4) ***자동안내방송은 차량 내에서 도착정류장의 정보를 시각적으로 확인하기 어려운 장애인을 비롯한 고령자를 위하여 명확한 음량과 음색으로 도착정류장의 정보를 제공하여야 하며 또한 교통약자의 범주가 장애인과 고령자 뿐만 아니라 교통시설을 이용하는데 어려움을 겪는 집단을 포함하고 있으므로, 한국어로 전달이 어려운 재외국인을 위한 교통정보 제공 서비스를 해야 한다. (BF인증기준 교통수단 평가항목 3.3.2)***

○ BF 인증 기준 대비 역사시스템 규격서 보완방안 제시(이텔릭체)

- '여객시설' 규격 보완

5.1 여객시설

여객시설은 ***교통약자를 포함한 모든 승객이*** 자기부상열차에 안전하게 승하차 할 수 있는 공간을 제공하여야하 하며, 소음·진동을 고려하여 계획하여야 한다.

5.1.1 승강장

1) 승강장에는 승객의 안전사고를 방지하기 위하여 자기부상열차의 출입문과 연동되어 개폐되는 스크린도어를 설치하여야 한다.

2) 차량과 승강장 플랫폼의 간격이 10 cm가 넘는 부분에는 안전발판 등 승객의 실족을 방지하는 설비를 설치하여야 한다.

3) 승강장 플랫폼의 높이는 도시형 자기부상열차의 객실 바닥의 높이와 같거나 낮게 설치하여야 하며 그 차이는 15 mm를 초과

하지 않도록 하는 것을 표준으로 한다.

4) 승강장은 휠체어 사용자 및 교통약자 등이 이용하는데 어려움이 없도록 완만하고 미끄럽지 않아야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목5.3.1과 5.3.2)

5) 승강장의 가장자리로부터 0.3m 내지 0.9m 범위 안에서 위험 방지를 위한 점형블록을 설치하여야 한다.

6) 차량 내부에 설치된 휠체어사용자를 위한 전용좌석 및 전용공간으로 통하는 승강장에 휠체어사용자의 승차위치를 표시해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목5.3.6)

7) 승강장 설계 기준

- 도시철도 건설규칙에 따라 승강장의 너비는 승강장이 본선과 본선 사이에 위치하는 섬식 승강장의 경우 6.0m, 본선의 양옆에 위치하는 상대식 승강장의 경우 3.7m로 하며, 끝단은 부득이한 경우 3.0m까지 축소 할 수 있다.
- 승강장의 길이는 1편성 열차가 안전하게 승객을 승·하차 시킬 수 있으며, 무인운전에 따른 센서의 설치 및 작동 범위를 고려하여 30m 이상으로 하여야 한다.
- 승강장의 연단의 높이는 차량이 정거장에서 정차시 공기스프링의 변위량 등을 고려하여 1,000+0/-15mm로 하여야 한다.
- 승강장에서 통로의 폭은 교통약자의 이동편의를 위해 2.0m 이상으로 하되, 구조상 부득이한 경우 1.5m 이상으로 할 수 있다.

8) 승강장 내에는 기능실 설치를 가급적 억제하여 원활한 동선을 확보하고, 개방감을 향상시킨다.

9) 승·하차 동선을 단순화하여 방향성을 제고하여야 한다.

5.1.2 대합실

1) 역사는 승객이 자기부상열차를 탑승하기 위해 표를 구매하거나 개표를 하기 위한 공간을 제공하여야 한다.

2) 역무용 자동화설비는 한 방향으로 근접 배치하여 안내, 감시, 정산 업무가 집중되도록 한다.

3) 화장실은 남·여 구분하되, 내부가 직접보이지 않도록 하여야 하고 유지관리가 용이하도록 한다.

4) 승객의 승·하차 동선에 지장이 없는 위치에 편의시설을 설치한다.

5) 승객 흐름의 교차를 최대한 억제하고, 막다른 동선을 배제한다.

6) 설치 기둥의 크기 및 간격은 원활한 동선 흐름을 고려하여 배치한다.

7) 천정 내 공간은 기계, 전기 등의 설비 설치가 지장이 없는 범위 내에서 최소화 한다.

5.1.2.1 매표창구/매표실

대합실의 자동발매기는 동전투입구와 안내표시창, 발권 및 영수증 취출구의 높이가 휠체어 사용자에게 적합해야하고 시각장애인이 다른 사람의 도움 없이 이용가능 하도록 고려하여야 한다.

1) 휠체어 사용자가 사용하는데 편리한 매표소 높이와 하부공간을 확보하여야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 5.1.1)

2) 접수대 및 기타 안내소는 출입문 가까운 곳에 단차없이 접근 가능하여 교통약자 등 다양한 사용자가 이용가능하도록 해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 4.4.1)

5.1.2.2 개집표구

1) 개찰구는 휠체어 사용자 및 교통약자 등이 통과하기에 지장이 없도록 ***위치와 유효폭, 동선 등에 대해 고려하여야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 5.2.2)***

2) 승하차 동선을 고려하여 매표 대기 행렬이 승하차 동선을 방해하지 않도록 배치한다.

3) 유지관리와 편의성을 고려하여 발매기와 개집표기는 근접하여 설치한다.

4) 개집표기 전후에는 여유 공간을 확보하여 승객 유동공간의 쾌적성이 확보되도록 하고, 장래 교통수요 증가에 대비한다.

5) 휠체어가 통과 가능한 자동개찰구 등에 역무원을 호출할 수 있는 호출벨을 별도로 설치해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 5.2.1)

5.1.2.3 여객통로

여객통로 폭은 동시통과 인원에 대응한 소요 폭 이상을 확보하되 최소폭이 3m이상이어야 하며 동선이 간결하고 명확하여야 한다.

1) 모든 통로는 휠체어의 교행이 가능해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.1.1)

2) 모든 문과 연결된 통로에는 단차가 전혀 없어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.1.2)

3) 통로의 바닥은 미끄럽거나 사용자가 걸려 넘어지지 않아야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.1.3)

4) 통로의 벽면에는 부적절한 돌출물 등이 없어야 하며 모서리부분은 둥글게 마감해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.1.4)

5) 복도의 손잡이는 장애인 등 다양한 사용자가 이용할 수 있도록 적절한 높이와 형태로 설치되어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.1.5)

- '건축기계설비' 규격 보완

5.2 건축기계설비

역사를 이용하는 승객에게 편의를 제공하여야 한다.

5.2.1 위생시설

1) 편의시설은 역사를 이용하는 승객에게 화장실을 제공하고, 기타 폐기물을 처리할 수 있어야 한다.
2) 화장실은 여성, 어린이, 노약자의 편익을 우선적으로 고려하여 영아 및 유아변기, 베이비시트 등의 편의시설 도입을 권장하며, 화장대 설치 등을 고려해야 한다.
3) 화장실 바닥은 장애인 및 노약자 등 다양한 사용자가 미끄러지거나 걸려 넘어지지 않고 안전하게 화장실 사용이 가능하도록 고려하여야 한다.
4) 시각장애인을 위한 점자안내판을 설치하고 도출된 부분이 없도록 하여야 한다.
5) 장애인용 화장실은 남녀를 구분하여 설치하여야 하고, ***칸막이의 출입문이 장애인 등 다양한 사용자가 접근하는데에 불편함이 없도록 적절한 형태 및 유효폭을 확보하도록 해야 하며,(BF인증기준 여객시설 평가항목 3.3.1)*** 대변기 옆쪽 유효공간 및 휠체어 회전공간을 확보하여야 한다.
6) 변기 수량은 공중화장실 등에 관한 법률에 의거한 숫자를 적용하여야 하며, ***대변기와 소변기의 형태 및 설치 높이 등은 장애인을 고려하여 설치되어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 3.3.3)***
7) 내식성 및 위생성, 청결성이 우수하고 내부 보강이 간결하여 저수조 청소 및 점검이 용이한 저수조를 사용하여야 한다.
8) 화장실 하부가 대합실 하부(도로 상부)에 해당하므로 노출할 경우, 미관에 나쁘고 동절기 동파 우려가 있으므로 열선 등으로 동파를 방지하여야 한다. (동절기 동파방지와 유지보수를 위한 핏트를 설치하여야 한다.)
9) 긴급상황에 대비하여 화장실 내 긴급호출시설을 설치하여야 한다.
10) 화장실의 출입구는 다양한 사용자가 접근하는데 불편함이 없도록 적절한 형태의 출입문 및 적절한 폭을 확보하여야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 3.2.3)
11) 세면대의 수도꼭지는 시각장애인이나 팔이나 손이 불편한 사람 등의 다양한 사용자가 사용하기 쉬운 형태로 설치해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 3.5.3)

5.2.2 이동시설

1) 편의시설은 엘리베이터 및 에스컬레이터를 설치하여 계단 또는 이동동선에 편리하도록 이동편의를 제공하여야 한다.
2) 장애인·노약자·임산부 등의 교통약자가 이동하는데 어려움이 없고 소통에 지장이 없도록 하여야 한다.

5.2.2.1 승강기 설치기준

1) 엘리베이터, 에스컬레이터(이하 "승강기"라 한다.)는 장애인 등의 접근이 가능한 동선에 설치하되, 가급적 여객들이 이용하는데 편리하도록 설치해야 한다.
2) 지상에서 대합실까지 엘리베이터는 장애인 및 교통약자의 역사 접근 이동 동선에 지장이 없도록 2개소 이상 설치하여야 한다.
3) 엘리베이터는 승강장이 상대식인 경우에는 대합실에서 승강장까지 각각의 승강장에 1개소씩 설치하되, 승강장이 섬식인 경우에는 대합실에서 승강장까지 1개소만 설치할 수 있다.
4) 승강기의 전면에는 ***2.1m X 2.1m*** 이상의 활동공간을 확보하여야 한다. ***(BF인증기준 여객시설 평가항목 2.4.2)***
5) 승강장 바닥과 승강기 바닥의 간격은 3cm 이하로 하여야 한다.
6) 수송 능력 및 규격은 15인승 이상을 기준으로 한다.
7) 각 승강기와 승강시설로 이어지는 부분 등 적절한 곳에 점형블록을 설치하도록 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.4.7)

5.2.2.2 엘리베이터

1) 엘리베이터 비상 인터폰은 조작시 관리역 역무실에 연결되어야 한다.
2) 엘리베이터는 ***조작설비나 수평손잡이 등이*** 장애인 및 노약자가 이용하기에 불편함이 없도록 하여야 한다. ***(BF인증기준 여객시설 평가항목 2.4.4)***
3) 지상에 설치되는 승강기는 버스, 택시 등 대중교통 수단의 정차장과 역사 유지 보수를 위한 장비 및 기타 수송물 등의 하역장소와 장애인용 주차장에 근접하여 설치한다.

4) 계단 및 에스컬레이터 사용이 어려운 이용자, 수리 및 유지보수장비, 수리반, 보수반 등의 접근이 용이하며 ***주출입구에서 시야에 들어오는 위치에 설치한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.4.1)***

5) 장애인용 음성장치 : 시각장애인이 버튼 조작시 음성안내가 될 수 있는 장치와 ***도착을 알리는 점멸등 등을 마련하며, 청각장애인을 위한 점자버튼 등을 마련한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.4.6)***

6) 냉방장치 설치 : 이용자의 편의를 위해 냉방장치를 설치한다.

5.2.2.3 에스컬레이터

1) 이용 승객이 많은 정거장에는 승강장 및 대합실 편의 제공을 위해 에스컬레이터를 설치하여야 한다.
2) 자동감지 센서에 의한 에너지 절약 자동운전이 되어야 하고, 인버터 방식을 채용하여 상황에 따라 운행속도를 조절할 수 있어야 한다.
3) 옥외형으로 적용하는 경우 우수와 기온 등에 강한 내마모성 등을 고려하여야 한다.
4) 이용 승객이 넘어지는 사고 등의 안전사고에 대비, 비상정지 버튼과 역무실 호출 버튼을 설치하여, 작동시 감시모니터가 작동할 수 있도록 하여 승객의 안전을 최대한 보장하여야 한다.
5) 에스컬레이터의 경사도는 30°이하로 하여야 한다.
6) 에스컬레이터의 속도는 40m/min 이하로 하여야 한다.
7) 설치 가능한 모든 계단에 상하행 에스컬레이터를 1개소 이상씩 설치한다.
8) 인도상에서 승강장까지 연속 동선으로 연결되도록 한다.
9) 주변 도로 여건 및 승객 동선을 고려하여 외부 출입용을 배치한다.
10) 승객이 다음 장소로 이동을 결정할 때 시간적 여유를 갖게 해 주고, 혼잡시 승객이 안전하게 머무를 수 있는 최소의 공간을 확보한다.

5.2.2.4 내부 계단

1) 편리하고 짧은 동선을 확보한다.
2) 승객 처리 용량에 충분하고 비상시 긴급대처가 가능하도록 충분한 용량을 확보한다.
3) 역사 내부의 대합실이나 승강장의 계단은 승객의 주 동선이므로 정거장 계획에 있어서 가장 우선시 되어야 한다.

4) 계단의 형태와 유효폭은 비상시 모든 사용자가 사용할 수 있으므로 적절한 높이와 너비로 설치되어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.2.1)

5) 계단의 바닥은 미끄럽지 않고 걸려 넘어질 염려가 없어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.4.3)

6) 계단 손잡이는 장애인 등 다양한 사용자가 이용할 수 있도록 적절한 높이 및 형태로 설치되어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.2.4)

7) 시각장애인이 계단의 시작과 끝을 감지할 수 있도록 적절한 경고블록을 설치하도록 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 2.2.5)

5.2.2.5 외부 출입구

1) 외부 출입구의 위치 및 방향은 보행 통행량, 교차로, 인근 공공시설, 승객의 편리성, 타 대중 교통수단과의 연계성 등을 고려하여 결정한다.
2) 기존의 인도폭이 협소할 경우 다음의 방법으로 보행폭을 우선 확보한다.
   - 주변 녹지 및 공원 등의 공공용지를 활용
   - 나대지 등의 공지 수용을 적극 고려
   - 일부 차선 조정 및 도로 법면에 데크(DECK) 설치 등
   - 인접건물의 공개 공지, 건물 후퇴선 등을 활용

3) 주출입구에 대하여 다음과 같이 고려해야 한다.

- ***주출입구는 단차 없이 접근 가능해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.3.4)***
- ***주출입구는 모든 사용자가 가능하도록 적절한 형태와 유효폭 등을 고려해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.3.2과 1.3.3)***
- ***주출입구는 적절한 전면 유효거리를 확보하여 휠체어사용자를 고려해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.3.5)***
- ***장애인 등을 고려하여 자동문을 설치하거나 또는 손잡이가 있는 문에 점자표지판 등을 설치하여야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.3.6)***
- ***모든 주출입구의 전후면에 장애인 등이 인지할 수 있는 경고블럭을 설치한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.3.7)***

4) 접근로에 대하여 다음과 같이 고려해야 한다.

- ***보도와 차도를 완전히 분리하여 사용자가 안전하게 주출입구로 접근이 가능해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.1.1)***
- ***사용자가 종합안내소로 접근하기 위해 안전한 동선과 안내시설을 설치해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.1.2)***

- *휠체어 사용자가 통행할 수 있도록 적절한 유효폭을 유지해야 하며, 모든 구간에 단차가 없어야 하고 완만하고 적절한 기울기를 가져야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.1.3부터 1.1.5까지)*
- *보행시 불필요한 장애물은 없도록 하며 안전구간을 확보하고 배수로 덮개는 안전한 것으로 사용해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.1.7과 1.1.8)*
- *교통약자의 안전한 시설로의 접근 및 이동을 위해 차량이 보도 등을 통과할 수 있는 차량 진출입부의 턱 낮추기 또는 바닥 마감재의 색상 및 질감을 달리하여야 하고 연석의 경사로와 유효폭 등도 적절한 규격을 유지해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.1.9와 1.1.10)*

5) 주차시설에 대하여 다음과 같이 고려해야 한다.

- *장애인전용주차구역에 주차 후 안전하게 주출입구나 승강설비 등으로 접근이 가능하도록 해야 하며, 보행안전통로를 확보해야 한다.(BF인증기준 여객시설 평가항목 1.2.1과 1.2.4)*
- *장애인전용주차구역은 규정비율 이상으로 주차면수를 확보해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.2.2) 또한 주차면 당 일정한 면적을 확보해야 한다. (평가항목 1.2.3)*
- *장애인전용주차구역을 포함한 모든 주차구역의 안내 및 유도표시를 설치해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 1.2.5)*

5.2.7 안내시설 및 안내설비 (BF인증기준 여객시설 평가항목 4.안내시설)

자기부상철도 전 구간의 역사 내에는 청각장애인이나 시각장애인 등의 교통약자를 위한 안내시설 및 안내설비를 마련해야 한다.

1) 시각장애인의 접근 및 이동에 도움을 줄 수 있도록 적정한 곳에 점자블록을 설치해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 4.1.1)

2) 장애인 등이 건축물 내부의 위치 및 실의 기능에 대한 적절한 정보를 제공받을 수 있도록 안내판을 설치해야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 4.2.1)

- '안전설비' 규격 보완

5.3.2 대피유도시설

1) 역사는 화재 및 비상시에 승객이 안전하게 대피할 수 있는 시설을 갖추어야 한다.

2) 역사구조물은 각 승강장마다 독립적인 탈출 경로가 두 가지 이상 되어야 한다.

3) 화재, 폭발물, 유독 가스등의 위험 요인이 발생될 경우, 역사 실내 또는 역사 내 정차중인 차량 내부 승객에게 즉각적으로 경고 메시지를 제공하여 안전한 대피를 유도할 수 있어야 한다.

4) 대피유도시설은 통합관제실로부터 경고 신호를 수신할 경우, 경고하여 주변 승객에게 경고 메시지를 제공할 수 있어야 한다.

5) 대피유도시설은 통합관제실로부터 경고 신호를 수신할 경우, 정전 또는 정상 상태에서 전송되는 시그널의 차단 등의 사건의 발생 시 자체 전원으로 점등하여 주변 승객을 출구로 안전하게 유도할 수 있어야 한다.

6) 유독 가스 및 정전 등으로 시계가 불량한 상황에서 비상 출구를 안내할 수 있어야 한다.

7) 비상시 시각장애인 및 청각장애인이 대피할 수 있도록 비상벨 또는 음성안내 등 청각경보시스템 및 경광등 또는 문자안내 등의 시각경보시스템이 연속적으로 설치되어야 한다. (BF인증기준 여객시설 평가항목 4.3.1)

○ SR. 80에 따른 규격 추적성 검토 및 규격서 보완

- 교통약자의 이동편의 관련 규격 검토 및 설계 검토, 관련 조항 규격 반영 결과

<table>
<tr><th>시스템</th><th>규격(초안)</th><th>규격(승인안)</th><th>상세설계검토 내용</th></tr>
<tr><td rowspan="5">차량시스템</td><td>5.2.1 상판
2) 바닥재는 불연성, 내마모성, 내화학성 등의 기능을 가져야 하며, 승객출입구의 바닥재는 미끄럼 방지용을 설치한다.</td><td>5.2.1 상판
3) 승객출입구의 바닥재는 미끄러지지 않는 재질을 사용하여야 하며, 휠체어 사용자 및 교통약자에게 안전해야 한다.</td><td>* 비끄럼방지 기능이 있는 바닥재 적용
-3mm 합성고무바닥재 적용
-완충고무: 6mm sika적용</td></tr>
<tr><td>5.2.4출입문(Passenger Door)
1) 각 차량에 설치되는 문의 종류 및 수량은 다음과 같다.
<table><tr><td>구분</td><td>Mc1, Mc2</td></tr><tr><td>승객용 측출입문</td><td>각 4</td></tr></table>
2) 모든 문의 형상은 차체와 조화를 이루도록 하며, 개폐가 원활하고 규격화되도록 한다.</td><td>5.2.4 출입문
3) 출입문은 휠체어 사용자 등의 교통 약자가 통과하기에 적합한 유효폭을 확보하여야 한다.
4) 휠체어 사용자의 탑승이 가능한 승강설비를 갖춘 차량의 경우 휠체어 사용자의 이동에 불편함을 주지 않도록 출입문의 유효폭을 확보하여야 한다.
5) 출입문의 손잡이 형태 및 설치 높이는 교통약자 등의 이용자가 손잡이를 잡고 문을 여는데 어려움이 없어야 한다.</td><td>-</td></tr>
<tr><td>5.2.5 객실의자
1) 객실의자는 승차감 및 미려도 등이 우수하고 경량재질을 적용하여야 한다.
2) 객실의자는 등쿠션을 포함한 의자가 측출입문 사이에 차체 측변을 따라 종방향 및 횡방향으로 배치되어야 하며, 분해조립이 용이하여야 한다.</td><td>5.2.5 의자
5.2.5.1 객실의자
1) 객실의자는 승객이 편안하게 이용할 수 있도록 고려되어야 한다.
2) 객실의자는 승객의 편의 및 통행에 지장을 주지 않도록 배치되어야 한다.</td><td>* 의자
-기준에 맞게 설계.
-경량설계(인석당 9KG 이하)
-조감도에 따라 미려하게 설계
-안락한 구조가되도록 설계</td></tr>
<tr><td>5.2.6 객실손잡이
1) 객실손잡이는 승객이 잡았을 때, 편안함과 안정감을 주어야 하며, 혼잡시에도 승객이 최대한 이용에 편리하도록 배치되어야 하고, 강도와 미려함이 고려되어야 한다.</td><td>5.2.6 객실손잡이
1) 객실손잡이는 승객이 잡았을 때, 편안함과 안정감을 주어야 하며, 혼잡시에도 승객이 최대한 이용에 편리하도록 배치되어야 하고, 강도와 미려함이 고려되어야 한다.</td><td>* 객실손잡이는 적용치 아니하며, 손잡이봉을 설치하여 입석승객의 안전성을 증대시킨다.
-손잡이재질: STS445NF 파이프
-직경: 34mm
-두께: 1.2</td></tr>
<tr><td>5.2.7 장애인시설
1) 각 차량의 단부측 1개소에 휠체어 또는 유모차 사용자의 편의를 위한 시설을 설치한다.
2) 객실 내에는 시·청각 장애인을 위한 자동 신호표시 알림 장치 및 명확하고 쉽게 판독 가능한 그래픽을 제공하여 각 역과 구간 및 시스템 사용에 필요한 기타 다른 정보를 구별할 수 있어야 한다.</td><td>5.2.7 장애인시설
1) 각 차량의 단부측 1개소에 휠체어 또는 유모차 사용자의 편의를 위한 시설을 설치한다. 단, 비상상황 시 신속한 대피를 위하여 휠체어 또는 유모차 등을 고정하는 별도의 장치는 적용하지 아니한다.
2) 휠체어 사용자를 위한 공간은 차량의 출입문으로부터 접근하기 쉬운 위치에 설치하여 이동의 편의를 높여야 한다.</td><td>* 장애인 시설
-휠체어 및 유모차등을 이용하는 승객이 불편없이 자유로이 이용할 수 있도록 차량당 출입문 옆 별도의 다용도 공간을 1개소 설치 한다.
-다용도 공간은 일반인들도 장애인이 없을때 입석으로 이용이 가능며 무거운 짐이나 여행용 가방등을 놓는 공간으로 활용 가능하다.
-다용도 공간에는 휠체어나 유모차 등을 고정하는 별도의 장치는 적용</td></tr>
</table>

		3) 휠체어 사용자 및 교통약자를 위한 공간에는 휠체어 사용자용 또는 교통약자용임을 나타내는 안내판을 부착하여야 한다. 4) 객실 내에는 시·청각 장애인을 위한 자동 신호표시 알림 장치 및 명확하고 쉽게 판독 가능한 그래픽을 제공하여 각 역과 구간 및 시스템 사용에 필요한 기타 다른 정보를 구별할 수 있어야 한다.	하지 아니한다. 이유는 고정장치 적용시 비상상황이 발생하면 신속한 대피가 곤란하므로 국제적으로 철도차량에는 적용을 하지 않는 것을 권장한다. * 장애인 시설 -휠체어 및 유모차등을 이용하는 승객이 불편없이 자유로이 이용할 수 있도록 차량당 출입문 옆 별도의 다용도 공간을 1개소 설치 한다. * 적절한 표기를 적용하여 교통약자를 위한 편의성 증대 시각장애인을 위한 점자표기 추가 색상대비의 극대화를 통한 명확한 표기 적용
	5.2.8 승객안내장치 1) 객실 내에는 각종 안내정보 제공을 위해 시각적으로 표시되는 승객안내장치를 설치하여야 하며, 설치 위치 및 수량 등은 승객이 시각적 인지가 용이하도록 배치되어야 한다.	5.2.8 승객안내장치 객실 내에는 각종 안내정보 제공을 위해 시각적으로 표시되는 승객안내장치를 설치하여야 하며, 설치 위치 및 수량 등은 승객이 시각적 인지가 용이하도록 배치되어야 한다.	* 멀티미디어콘트롤시스템 사양 및 설계 - 승객안내장치: 차량당 2대 설치 (전/후) LCD 19"" Wide - 열차번호 및 행선지표시기 : 차량 전두부 1대 설치, LED
	5.2.9 비상운전대 1) 비상운전대는 차량의 실내에 설치하며, 정상운행시에는 승객의 시야에 보이지 않는 형태로 한다. (비상시에만 조작) 2) 모든 제어스위치와 운전에 사용되는 기기는 승무원이 쉽게 취급할 수 있는 위치에 설치되어야 한다. 3) 비상운전대쪽 전면창에는 창닦기와이퍼가 설치되어야 한다. 4) 전두쪽 언더프레임 하부에 기적을 설치하여야 한다.	5.2.9 비상운전대 1) 비상운전대는 차량 운전에 필요한 필수 장치를 최소화 하여 설치한다. 2) 비상운전대는 무인운전시 일반 승객의 조작이 불가능한 구조이어야 한다. 3) 비상운전대 기기 및 지시등은 차량 운행시 운전자에게 눈부심이 일어나지 않도록 하여야 한다. 4) 외부의 경고나 주의를 집중시키기 위해 기적을 설치하고, 승무원에 의해 작동될 수 있도록 해야 한다.	* 차량 전면 운전실 하부에 기적 2개 설치.
	5.2.10 차량간 연결통로 1) 차량간 통로연결막은 각 차량간의 연결부위에 설치한다. 2) 연결통로막은 소음방지 및 방수, 방풍 효과가 우수한 구조 및 화재방지 구조이어야 한다. 3) 연결통로에는 통로를 통과하는 승객을 위한 안전장치를 설치하여야 한다. 4) 연결통로의 발판은 통로로 이동하는 승객의 인체에 피해를 주지 않으며, 미끄럼을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.	5.2.10 차량간 연결통로 1) 차량간 통로연결막은 각 차량간의 연결부위에 설치한다. 2) 연결통로막은 소음방지 및 방수, 방풍 효과가 우수한 구조 및 화재방지 구조이어야 한다. 3) 연결통로에는 통로를 통과하는 승객을 위한 안전장치를 설치하여야 한다. 4) 연결통로의 발판은 통로로 이동하는 승객의 인체에 피해를 주지 않으며, 미끄럼을 방지할 수 있는 구조이어야 한다.	-곡선통과시 연결통로막에 무리가 없도록 설계 -미끄럼 방지 발판 및 안전장치 추가 -연결통로막의 고무재질을 사용하여 승객안전 도모.
통신시스템	5.2 역무용통신설비 5.2.1 교환설비 1) 교환 기능, 중계 기능 및 가입	5.2 역무용통신설비 5.2.1 교환설비 1) 교환 기능, 중계 기능 및 가입	-통합관제실에서 공항공사 AOC와 중계회선을 구성하여 공항공사 관제실, 경찰서, 소방대 등과 긴급 연락

	자 기능이 있어야 하며 통화 중에는 별도의 Line이 할당되어 신속하고 정확한 음성 교환이 제공되어야 한다. 또한 운영요원과 관제원 사이에 일제 통화 또는 호출 방식이 가능하여야 한다. 2) 역사 및 차량기지 간의 통신을 위해 유선전화 단말기 및 교환기가 설치되어야 한다. 3) 원활한 운행 관제가 이루어지고 각 역사의 상황이 수시로 보고될 수 있도록 실무자 간의 긴밀한 통신 체계가 구축되어야 한다. 4) 무인역사 운영에 필요한 승강장, 대합실에서의 비상연락이 가능하여야 한다.	자 기능이 있어야 하며 통화 중에는 별도의 Line이 할당되어 신속하고 정확한 음성 교환이 제공되어야 한다. 또한 운영요원과 관제원 사이에 일제 통화 또는 호출 방식이 가능하여야 한다. 2) 역사 및 차량기지 간의 통신을 위해 유선전화 단말기 및 교환기가 설치되어야 한다. 3) 원활한 운행 관제가 이루어지고 각 역사의 상황이 수시로 보고될 수 있도록 실무자 간의 긴밀한 통신 체계가 구축되어야 한다. 4) 무인역사 운영에 필요한 승강장, 대합실에서의 비상연락이 가능하여야 한다. 5) 시스템 구성 • Network Hub - 전송장비를 통한 업무용 VoIP 음성 및 화상 전화기 접속 • 비상전화 - 종합관제실에서 공항공사 AOC와 중계회선을 구성하여 공항공사 관제실, 경찰서, 소방대 등과 긴급 연락 • 음성통합장치 - 각 시스템 간의 통신로를 실시간으로 관리하며, 장애 발생시 시스템별로 즉시 알람을 발생 • 단말 통화장치 - 업무용 IP폰, 인터폰, 콜폰	하는 비상전화설치_실시설계보고서 :교환설비 -VoIP, 인터폰, 콜폰 반영 -무인역사이므로 역간 직통전화는 관제전화로 대체 반영 담당과제 의견 • 무인역사 운영방식이므로 정거장과 관제실간 화상 전화기는 불필요한 것으로 검토됨 • 업무용 IP폰, 인터폰, 콜폰은 반영함_실시설계보고서 : 교환설비
	5.2 역무용통신설비 5.2.2 열차행선 안내설비 1) 열차 운행에 관한 정보를 제공하여야 하며 열차 운행 제어 컴퓨터에서 열차 정보 수신, 역사에 설치된 표시기 제어, 정보 표출 안내 표시 등의 기능을 할 수 있어야 한다. 2) 승강장에 대기 중인 승객에게 당역 열차진입 안내 및 열차접근 상황 등을 표시기에 표출하여 안내할 수 있어야 한다. 3) 역사 외부 또는 개집표기 통과 이전 구역에 열차 접근 상황을 알려주는 설비가 구축되어야 한다. 4) 방송설비는 역서버와 연동하여 열차진입 안내 및 열차접근 상황 등을 자동으로 방송할 수 있어야 하며, 사령 원격방송, 화재수신반과 연동되어 원격방송 및 비상방송을 역사 내로 자동	5.2 역무용통신설비 5.2.2 여객안내설비 1) 열차 운행에 관한 정보를 제공하여야 하며 열차 운행 제어 컴퓨터에서 열차 정보 수신, 역사에 설치된 표시기 제어, 정보 표출 안내 표시 등의 기능을 할 수 있어야 한다. 2) 승강장에 대기 중인 승객에게 당역 열차진입 안내 및 열차접근 상황 등을 안내할 수 있어야 한다. 3) 역사 외부 또는 개집표기 통과 이전 구역에 열차 접근 상황을 알려주는 설비가 구축되어야 한다. 4) 사령 원격방송, 화재수신반과 연동되어 원격방송 및 비상방송을 역사 내로 자동으로 할 수 있어야 한다. 5) 정전 및 재수전에는 경보를 발하여야 하며, 이 때 표시용 램프(정전 및 경보 : 적색, 부동충전 : 충전, 전원감시 : 백색)가 현시되어야 한다.	-신호분야의 열차운행제어 컴퓨터에서 열차운행정보를 수신하는 호스트역장치(HSE), 각 역사에 설치되어 표시기를 제어하는 국부역장치(LSE), 그리고 정보를 시각적으로 제공하는 안내표시기(TDI)들로 구성하여 여객의 편의 증진과 철도 역무운영의 효율 향상을 목적으로 구축_실시설계보고서 : 열차행선안내설비 -승강장에 대기 중인 승객에게 당역 열차진입 안내 및 열차접근 상황 등을 안내할 수 있도록 홈표시기 반영_실시설계보고서 : 열차행선안내설비 -역사 외부 또는 개집표기 통과 이전 구역에 열차 접근 상황을 알려줄 수 있도록 개표구표시기 반영_실시설계보고서 : 열차행선안내설비 -방송설비와 연동하여 통합관제실에서 열차 운행 사항 및 공지 사항 등을 각 역의 대합실, 승강장, 차량

	으로 할 수 있어야 한다. 5) 주요기능 • 음호스트역장치 (HSE) - HSE는 이중화로 구성 - 당일 운행정보 수신 및 각 역 분석 LSE에 전송 - 공익정보(홍보 등) 편집·보관 및 각 역 LSE에 전송 - 수동조작에 의한 변경 및 각 표시기 표출내용 제작 및 전송 - 각 역 표시기상태 및 회선 모니터링과 자체점검 기능 - 자료관리, 장애통계 등 장애종류/일자별 관리. 출력 - 시간정보 수신 및 수정 - 유동문자 표시정보 기능 • 국부역장치(LSE) - HSE로 부터 전송된 열차 운행정보를 보유하며 각종 안내표시기에 필요한 표출정보 제공 - HSE로부터 당일 운행정보 수신 및 안내표시기에 전송 - 수동조작에 의한 변경 및 각종 표시기 표출내용 제작· 전송(HSE와 통신두절 등 이상 발생 시) - 영업종료, 열차지연의 표시등 상황에 따라 임의 문안 작성 표출 - 유동문자 표시정보 기능 • 표시기 - 출발·도착안내, 행선지 안내, 타는 곳 안내, 현재시각 등 각종 안내정보 표출 - 유동문자 표시		내의 승객들에게 방송할 수 있도록 반영_실시설계보고서 : 열차행선안내설비 -정전시 경보사항은 전력분야에서 관제실등 해당부서에 발령하며, 경보를 위한 회선은 통신분야의 전송로 이용 -통신분야에서는 정전시 축전지를 이용한 비상전화가 가능토록 구축__실시설계보고서 :전송설비 담당과제 의견 • 정전시 경보상황 및 표시용 램프는 전력설비에서 반영 되었으므로 여객안내설비의 표시기에서 정전관련 정보 표출은 불필요함
	없음	5.2.8 교통약자 편의시설 역사 내 장애인, 노약자 및 임산부 등이 장애인용 승강기, 화장실 등 기타 설비를 이용시 안전하고 편리하게 사용할 수 있고, 긴급상황 발생시 통합관제실과 연락이 필요할 때 통화할 수 있는 인터폰 또는 콜폰을 설치를 한다. 또한 시각장애인이 정거장 내 시설물을 이용할 때와 열차에 승·하차시 특정지점에 설치된 음성안내장치를 리모콘으로 호출하여 음성안내장치에서 위치 및 이용시설 안내정보를 음성, 음향으로 안내 방송하여 장애인이 역사내 관련시설을 이용할 수 있도록 하는 장애인의 편의설비이다.	역사내 장애인, 노약자 및 임산부등이 장애인용 승강기, 화장실등 기타 설비를 이용시 안전하고 편리하게 사용할 수 있고, 긴급상황 발생시 통합관제실과 연락이 필요할 때 통화할 수 있는 인터폰 또는 콜폰을 설치를 한다. 또한 시각장애인이 정거장내 시설물을 이용할 때와 열차에 승·하차시 특정지점에 설치된 음성안내장치를 리모콘으로 호출하여 음성안내장치에서 위치 및 이용시설 안내정보를 음성, 음향으로 안내방송하여 장애인이 역사내 관련시설을 이용할 수 있도록 하는 장애인의 편의설비이다._실시설계보고서 :교통약자편의시설 3.12.1 개 요
	없음	5.2.8.1 인터폰/콜폰 설비 1) 무인역사 및 자동화시스템 운영으로 승객과 통화를 위해서는 통합관제실과 연락할 수 있	-비상시 통합관제실과 긴급연락이 가능하도록 인터폰. 콜폰설비 반영_실시설계보고서 :교통약자편의시설

		도록 시스템을 구축하여 긴급 상황 발생시 대비하여야 한다. 2) 노약자 및 장애인편의시설 중심으로 인터폰 또는 콜폰의 통신시설이 설치되어야 한다. 3) 주요기능 • 인터폰/콜폰 설비는 교환설비(IP 전화교환기)에 통합 수용되어 자동 호접속 처리되므로 주요기능은 교환설비에서 반영하도록 한다.	
	없음	5.2.8.2 시각장애인 음성유도기 시각장애인이 역사내 시설물을 이용할 때 음성안내장치로부터 위치 및 이용시설의 안내정보를 음성, 음향으로 안내 방송하여 장애인이 역사내 관련시설을 이용할 수 있는 통신수단을 설치하여야 한다. 1) 설비의 주요기능 ▪ 시각장애인이 휴대하는 리모콘(송신기)은 작동시 음성유도기를 호출하여 입력된 음향 및 음성정보를 청취할 수 있어야 한다. ▪ 음성안내장치는 시각장애인이 휴대한 리모콘을 작동시키면 무선신호를 수신하여 음성 IC Chip에 녹음된 시설물위치 및 이용정보를 스피커를 통해 안내하여야 한다. ▪ 유도기는 비상전원 및 밧데리를 내장하고 있어야 하며, 전원은 부하용량에 맞게 공급할 수 있어야 한다. 2) 설치 기준 ▪ 시각장애인관련단체인 한국시각장애인연합회와 기타 관련단체의 설치기준을 준수하여야 하며, 협의 설치 반영하여야 한다.	-시각장애인이 정거장 내 시설물을 이용할 때와 열차에 승·하차시 특정지점에 설치된 음성안내장치를 리모콘으로 호출하여 음성안내장치에서 위치 및 이용시설 안내정보를 음성, 음향으로 안내 방송하여 장애인이 역사내 관련시설을 이용할 수 있도록 편의설비 반영_실시설계보고서 : 교통약자편의시설 -특정지점에 설치된 음성안내장치를 리모콘으로 호출하여 음성안내장치에서 위치 및 이용시설 안내정보를 음성, 음향으로 안내 방송하여 장애인이 역사내 관련시설을 이용할 수 있도록 편의설비 반영_실시설계보고서 :교통약자편의시설 -시각장애인이 정거장 내 시설물을 이용할 때와 열차에 승·하차시 특정지점에 설치된 음성안내장치를 리모콘으로 호출하여 음성안내장치에서 위치 및 이용시설 안내정보를 음성, 음향으로 안내 방송하여 장애인이 역사내 관련시설을 이용할 수 있도록 편의설비 반영_실시설계보고서 : 교통약자편의시설 -유도기는 비상전원 및 밧데리를 내장하고 있어야 하며, 전원은 부하용량에 맞게 공급할 수 있도록 반영_실시설계보고서 :교통약자편의시설 -시각장애인관련단체인 한국시각장애인연합회와 기타 관련단체의 설치기준을 준수하여야 하며, 설치위치는 최종건축 도면으로 협의 반영_실시설계보고서 :교통약자편의시설 -주요설치 개소는 정거장 주출입구 앞, 개·집표기 앞, 엘리베이터 앞, 남, 여 화장실 입구 앞, 승강장 연결통로 계단 상부, 하부, 승강장 각 열차별 출입구 앞, 승강장 시·종점 끝부분_실시설계보고서 :교통약자편의시설
전력시스템	없음	5.6.6 경보 및 피난설비 1) 경보 및 피난설비의 시각·청각	

		장애인 설비를 평가하여 비상시 시각·청각장애인이 대피할 수 있도록 비상벨 또는 음성안내 등의 청각경보시스템 및 경광등 또는 문자 안내 등의 시각경보시스템이 연속적으로 설치되도록 하여야 한다.	
역사시스템	없음	4.3 기능 및 성능 4.3.1 일반 8)시민 및 장애인이 이용하는데 편리하도록 승강설비(엘리베이터, 에스컬레이터 등)를 설치한다.	각 정거장별 수요에 맞는 승강설비 계획 건축분야보고서 p49~54
	없음	5.1.2 대합실 5.1.2.1 매표창구/매표실 대합실의 자동발매기는 동전투입구와 안내표시창, 발권 및 영수증 취출구의 높이가 휠체어 사용자에게 적합해야하고 시각장애인이 다른 사람의 도움 없이 이용가능 하도록 고려하여야 한다.	입찰안내서 기준으로 장애인이용에 편리하게 계획 건축분야보고서 p97~101
	없음	5.1.2 대합실 5.1.2.2 개집표구 1) 개찰구는 휠체어 사용자 및 교통약자 등이 통과하기에 지장이 없도록 고려하여야 한다. 2) 승하차 동선을 고려하여 매표 대기 행렬이 승하차 동선을 방해하지 않도록 배치한다. 3) 유지관리와 편의성을 고려하여 발매기와 개집표기는 근접하여 설치한다. 4) 개집표기 전후에는 여유 공간을 확보하여 승객 유동공간의 쾌적성이 확보되도록 하고, 장래 교통수요 증가에 대비한다.	-원안설계 기준으로 장애인이용에 편리하게 계획 건축분야보고서 p97~101 -승하차동선을 고려한 동선계획 건축분야보고서 p49~54 -근접하여 계획 건축분야보고서 p59~64 -원안설계 동등적용 건축분야보고서 p59~64
	없음	5.2 건축기계설비 5.2.1 위생시설 1) 편의시설은 역사를 이용하는 승객에게 화장실을 제공하고, 기타 폐기물을 처리할 수 있어야 한다. 2) 화장실은 여성, 어린이, 노약자의 편익을 우선적으로 고려하여 영아 및 유아변기, 베이비시트 등의 편의시설 도입을 권장하며, 화장대 설치 등을 고려해야 한다. 3)화장실 바닥은 장애인 및 노약자 등 다양한 사용자가 미끄러지거나 걸려 넘어지지 않고 안전하게 화장실 사용이 가능하도록 고려하여야 한다. 4)시각장애인을 위한 점자안내판을 설치하고 도출된 부분이 없도록 하여야 한다. 5)장애인용 화장실은 남녀를 구분하	-장애인용 화장실은 남, 여를 구분하여 설치 (장애인용 대소변기각 1개씩 설치)_각정거장화장실평면도 -화장실바닥타일은 대형폴리싱타일 및 동등이상의 자재로 설계에 따라 마감재 적용하였음. 계단코는 논슬립(경질고무논립)을 설치하여 미끄럼 방지 .(정거장 공통상세도)_입찰안내서[p187] -장애인 화장실(남,여 각1개소 설치)_각정거장 화장실평면도

		여 설치하여야 하고, 대변기 옆쪽 유효공간 및 휠체어 회전공간을 확보하여야 한다.	
	없음	5.2 건축기계설비 5.2.2 이동시설 1) 편의시설은 엘리베이터 및 에스컬레이터를 설치하여 계단 또는 이동동선에 편리하도록 이동편의를 제공하여야 한다. 2) 장애인·노약자·임산부 등의 교통약자가 이동하는데 어려움이 없고 소통에 지장이 없도록 하여야 한다.	-1200형 3STEP 에스컬레이터 설치, 15인승 장애인겸용 엘리베이터 설치_건축분야보고서 p164 -교통약자를 위한 지상→대합실→승강장으로 이동 할수 있는 엘리베이터를 설치_건축분야보고서 p164
	5.2.3 장애인시설 장애인의 층간 이동이 용이하도록 장애인용 엘리베이터를 설치하고 관련법에 의한 편의시설을 제공한다.	5.2 건축기계설비 5.2.2 이동시설 5.2.2.1 승강기 설치기준 1) 엘리베이터, 에스컬레이터(이하 “승강기”라 한다.)는 장애인 등의 접근이 가능한 동선에 설치하되, 가급적 여객들이 이용하는데 편리하도록 설치해야 한다. 2) 지상에서 대합실까지 엘리베이터는 장애인 및 교통약자의 역사 접근 이동 동선에 지장이 없도록 2개소 이상 설치하여야 한다.	장애인용겸용 엘리베이터(4대설치) • 정거장입구⇔맞이방(2대), 맞이방⇔승강장(2대) 설치 : 명쾌한 동선체계를 유도함
	5.2.3 장애인시설 장애인의 층간 이동이 용이하도록 장애인용 엘리베이터를 설치하고 관련법에 의한 편의시설을 제공한다.	5.2 건축기계설비 5.2.2 이동시설 5.2.2.2 엘리베이터 1) 엘리베이터 비상 인터폰은 조작시 관리역 역무실에 연결되어야 한다. 2) 엘리베이터는 장애인 및 노약자가 이용하기에 불편함이 없도록 하여야 한다. 3) 지상에 설치되는 승강기는 버스, 택시 등 대중교통 수단의 정차장과 역사 유지 보수를 위한 장비 및 기타 수송물 등의 하역장소와 장애인용 주차장에 근접하여 설치한다. 4) 계단 및 에스컬레이터 사용이 어려운 이용자, 수리 및 유지보수장비, 수리반, 보수반 등의 접근이 용이한 위치에 설치한다. 5) 장애인용 음성장치 : 시각장애인이 버튼 조작시 음성안내가 될 수 있는 장치를 마련한다. 6) 냉방장치 설치 : 이용자의 편의를 위해 냉방장치를 설치한다.	-무인역사 운행계획에 따라 승객안전과 직접적인 관련이 있는 엘리베이터는 통합관제실에 CCTV 모니터 및 승강기 종합감시반을 설치하여, 범위내에 있는 장비를 감시 하도록 한다. -장애인용15인승적용
	5)차량운행 및 승객의 안전을 위해 승강장에 PSD를 설치하여 차량의 도어와 연계되어 개폐되도록 한다. 스크린도어는 5mm 이상의 물체가 끼인 상태도 감지할 수 있어야 한다.	5.3 안전설비 5.3.1 스크린도어 6) 시각장애인이나 청각장애인이 개폐를 확인할 수 있는 음성정보와 시각정보를 제공할 수 있어야 한다.	시각장애인이나 청각장애인이 계폐를 확인할수 있는 음성정보와 시각정보를 제공 하도록 설계 반영함_건축시방서29-38

	끼임을 감지하는 장치는 정상작동 여부를 자동으로 감시할 수 있는 안전체계가 도입되어야 한다. 물체 끼임 감지시에는 문을 재개방하고 열차는 출발할 수 없어야 한다.		

○ BF 인증 항목기술 해설서 작성 및 관련 시스템요구사항, 규격 평가

평가부문	**3 도시철도 및 광역전철**
평가범주	**3.3 정보설비**
평가항목	**3.3.3 전자문자안내판**
평가목적	전자문자안내판은 탑승객이 도시철도 및 광역전철의 행선지와 다음 도착정류장의 정보를 알 수 있도록 적정한 위치에 식별 가능하도록 설치해야 함
평가방법	출입구 부근에 전자문자안내판 설치, 식별, 문자서비스 제공 여부 평가

해설

알반 승객 뿐만 아니라 교통약자에게 다음 도착정류장의 정보를 알 수 있도록 차량 내부의 전면 윗부분 또는 중간문 부근에 전자문자안내판이 설치되어야 하고, 전자문자안내판의 문자와 기호는 두터운 글씨체로 표기하고, 바탕색과 구별하기 쉬운 색을 사용하여 쉽게 식별가능하도록 해야한다. 또한 한국어 전달이 어려운 재외국인을 위해 문자서비스로 교통정보제공이 되어야 한다.

사례

관련 시스템요구사항

- SR.83. 열차 운행 정보 제공

자기부상열차 시스템은 승객에게 열차 운행에 대한 정보를 제공하여야 한다.

- SR.84. 현시 장치 한글화

자기부상열차 시스템에 사용되는 모든 전자기기의 출력정보는 한글을 기본으로 하고 해외시장 진출을 대비하여 영어 및 제3외국어를 쉽게 구현할 수 있는 유니코드 체계를 채택해야 한다.

관련 PBS

- Tr.P.1 차량시스템
- Tr.P.1.2 실내 내장
- Tr.P.1.2.8 승객안내장치

관련 규격

○ 차량시스템 규격서
- 5.2 실내 내장
- 5.2.8 승객안내장치
1) 객실 내에는 각종 안내정보 제공을 위해 시각적으로 표시되는 승객안내장치를 설치하여야 하며, 설치 위치 및 수량 등은 승객이 시각적 인지가 용이하도록 배치되어야 한다.
- 5.2.8.1 표시기 장치
1) 표시기 장치는 제어장치, 열차번호표시기, 행선표시기(정면), 승객안내표시기로 구성된다.
2) 승객안내표시기는 제어장치와 연계하여 운전실에서 설정된 안내정보가 자동 및 수동으로 표시되도록 하며, 방송장치의 방송내용과 조화되어 표시될 수 있도록 한다.

평가

BF 인증 기준 대비 시스템요구사항은 만족하나 규격서에서는 전자문자안내판의 설치, 식별, 문자서비스 등의 내용 구체적으로 명시되어야할 것으로 사료된다.

○ BF 인증의 실용화 사업에의 적용 타당성 검토

- 기술용역을 통해 국내외 이동편의시설 현황 및 인증 확보에 따른 효과 분석, 인증기준(check-list) 관점에서 본 사업의 설계결과 종합 분석 및 대안 도출 등을 수행

▶ 국내외 철도 분야 교통약자 이동편의시설 동향 조사 및 BF 인증 타당성 분석

▶ 인증기준 대비 도시형자기부상열차 시스템요구사항 및 규격 부합도 분석

▶ 시범노선 설계결과 및 대안입찰안내서 항목 분석 및 이슈 도출

▶ 시제차량 설계 및 제작결과에 대한 인증항목 분석

- 성과물 : '장애물 없는 생활환경 인증' 획득을 위한 도시형 자기부상열차 시스템 요구사항 추적관리 지원 연구보고서

○ BF 관련 연구 성과의 적용 성과

- 차량시스템 설계 결과, 이동편의시설 설치기준 미합치 내용 issue 제기 및 조정 (상기 표 참고)

- 대안입찰안내서 검토회의 ('09. 08. 24.)

* 대안입찰안내서 검토 결과, 「교통약자의 이동편의증진법」 준수 요청 내용이 누락되어, 합동검토회의 ('09. 08. 24.) 과정에서 추가로 요청하여 입찰안내서에 반영

(나) 시스템엔지니어링 동향보고서 정기 배포

1) 개요

- SE 활동 및 요구사항 추적관리 관점에서 사업 참여 주체들이 이해를 공유하여야 할 핵심 사항을 요구사항 데이터베이스를 활용하여 정리하여 사업단 및 각 세부과제, 외부 이해관계자에게 정기 Letter 형태의 정보를 정기 제공

2) 수행 절차

- 기간 중 사업단 내·외부 회의 모니터링 및 정보 수집
  - 규격서 관련 검토회의 및 상세설계 검토회의
  - SE 성과물 관련 설명회 (RAMS 설명회, 성능시험기준 설명회 등)
  - 각 핵심과제 공정회의
  - 사업단장 및 핵심과제 책임자 회의
  - 기타 각 세부과제 간 인터페이스 협의
  - 학회/기술정보 수집
- SE 동향보고서 작성
  - 주간 회의 내역 및 요구사항/규격 관련 주요 참고사항
  - 요구사항/규격/쟁점사항 관리 현황 및 이슈
  - SE 문서 (1핵심 관장) 정보 (최신 version, update 내역 등 문서관리 정보)
  - 학술대회/심포지움/기술동향 정보

3) 수행 실적

- 4차년도 : 총 9건 발송
- 5차년도 (4.20. 현재) : 총 12건 발송
- 주요 발송 내역

번호	날짜	주요내용

1	2009년 6월 4주	▪ 차량 및 시범노선 분야 규격서 자문회의 ▪ 신호 및 열차제어시스템 규격서 검토 회의 ▪ '가속도계수 0.15' 지진 검지 기준에 대한 타당성 재검토 요청 ▪ 시스템 요구사항 중 T.B.D. 항목 조정
2	2009년 8월 4주	▪ 요구사항/규격 및 추적관리시스템 전문가 자문회의(7월 3일 at 대전역) ▪ 차량시스템 규격서 검토 회의(7월 23일 at 로템) ▪ 차량-신호시스템간 인터페이스 회의(8월 6일 at 기계연) ▪ 시스템 요구사항 중 T.B.D. 항목 조정 ▪ 신호 및 열차제어시스템 '최소운전시격'
3	2009년 9월 4주	▪ 규격서 검토회의(통신/전력) ▪ 시스템 인터페이스 관리현황 ▪ '신호 및 열차제어시스템 성능 목표' 기준 설정 ▪ '열차 조정' 기능 ▪ 자기부상열차 '객실손잡이' ▪ 시스템 요구사항(SR) 환경조건 중 T.B.D. 항목 관련
4	2009년 11월 2주	▪ 규격서 검토회의(역사/선로/차량기지) ▪ 시험평가와 연계된 검증체계 구성(안) 작성 및 시험평가항목 비교분석 ▪ 시스템 인터페이스 관리현황.
5	2010년 2월 1주	▪ 성능시험 절차서 검토회의 ▪ 열차제어시스템 구매설치 공정회의 ▪ 1핵심 2월 공정회의 ▪ 건설분야 CDR 진행 ▪ 규격서 검토 ▪ 제20차 사업단장-핵심과제 책임자회의
6	2010년 2월 2주	▪ 도시형자기부상열차 실용화사업 추진현황 ▪ 시험선시험 관련자 회의 ▪ 1핵심 2월 공정회의 ▪ 부상장치 검증요구사항서(안) ▪ SE 관리문서 현황
7	2010년 3월 2주	▪ '09.12.22일 사업단장-핵심과제 책임자 회의결과 및 조치사항 ▪ 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 건설 ▪ 전기분야 합동 월간 공정회의. ▪ 요구사항 및 규격 추적성 검토보고서 ▪ 시험평가 진행현황 ▪ 검증요구사항 검증률 관리계획(안)
8	2010년 3월 4주	▪ 1핵심 3월 공정회의 결과 ▪ 도시형자기부상철도 건설규칙(안) 변경 ▪ 담당과제 규격서 검토결과 및 조치
9	2010년 4월 2주	▪ 사업단장_핵심과제 책임자 회의 ▪ 과제간 주요 쟁점사항 추적관리 ▪ 건설분야 CDR 검토회의
10	2010년 7월 1주	▪ 전문가 초청 세미나 ▪ 과제간 주요 쟁점사항 추적관리

		▪ 건설분야 CDR 검토 보고서 ▪ 요구사항추적성 검토보고서_최대강우강도
11	2010년 8월 1주	▪ 도시형자기부상열차 기공식 ▪ 전기분야 상세설계검토 진행 ▪ 요구사항추적성 검토보고서_최대강설강도
12	2010년 9월 1주	▪ 5차년도 인터페이스 조정회의 ▪ 전기분야 상세설계검토(CDR) 회의 결과 ▪ 공정관리 및 문서관리계획 송부 ▪ 운영시나리오 사업단 승인
13	2010년 9월 4주	▪ 1핵심 9월 공정회의 ▪ ISSUE사항관리 -레일 이음매 구간 모따기 -곡선부 추진레일(Reaction Plate) 가공 -최고속도구간 처짐비 -비상제동 동작 후의 동작 -열차운전모드 용어통일 -고장정보의 통합관제실 전달
14	2010년 10월 3주	▪ 요구사항 추적성 검토보고서 (승강장 스크린 도어 PSD) ▪ 상세설계검토(CDR) 주요 검토내용 ▪ 1핵심 10월 공정회의 개최 ▪ 연구관리종합정보시스템 ▪ (통합진도관리)-EVMS 입력 요청
15	2010년 11월 1주	▪ 1핵심 리스크관리계획 설명회 ▪ 1-1세부과제 실무점검 회의 ▪ 도시형자기부상열차 상세설계검토(CDR) 종료 ▪ 도시형자기부상열차 차량제작일정 조정요청 ▪ SEMP 승인본 송부
16	2010년 11월 4주	▪ 1핵심 11월 공정회의 ▪ 제22차 사업단장-핵심과제책임자회의 ▪ 도시형자기부상열차 서브시스템 규격서 승인요청 ▪ 도시형자기부상열차실용화사업 5차년도 14차 Workshop 중간성과 발표회 개최 ▪ 시범노선건설 통합공정표 송부
17	2010년 12월 2주	▪ 종합시운전계획 회의결과 ▪ 요구사항 검토보고서 ▪ 과제간 인터페이스 미완료 리스트 송부 및 정리방안 제출 요청
18	2011년 1월 2주	▪ 쟁점사항 관리현황/보고서 ▪ 도시형자기부상열차 규격서 승인 알림 ▪ 5차년도 Workshop 중간성과 발표회 결과 알림 ▪ 11년 1월 1핵심 공정회의 계획

(4) 결과

(가) 성과 및 보완사항, 기대효과

- 본 과업을 통해 수행된 교통약자의 이동편의 증진 관련 '장애물 없는 생활환경 인증' 제도 관련 요구사항 관리 활동의 성과는 도시형자기부상열차의 미래 친환경 신교통수단으로서의 차별성 확보를 통한 홍보 효과 극대화에 기여하고, '인간 중심의 선진 교통시스템 구축'을 통해 상용화 과정에서 경쟁 도시철도 시스템 대비 경쟁력 추가 확보에 기여할 것으로 기대
- 대안설계 과정에서 "교통약자의 이동편의 증진법" 준수를 요건으로 요구한 결과, 본 사업의 시설분야(역사시스템)에서는 BF 인증 기준에 부합하는 시스템 설계 결과가 도출되었으며, 이에 3핵심과제에서는 BF 인증을 추진하는 성과를 도출
- 차량분야의 경우, 차량 제작이 이미 완료되어 본 과업의 성과물 적용이 어려우나, 규격 협의/조정과정에서 관련 내용이 차량시스템 규격서에 반영되어 추가편성 제작 과정에서 관련 내용이 반영될 것으로 기대됨
- 또한, 사용자 중심의 요구사항 보완 결과물은 본 사업 적용 여부와 별도로 향후 후속 상용화 사업 추진 과정에서 미래형 교통시스템의 설계 지침으로 활용될 것으로 기대
- SE Letters의 정기 작성 및 공유는 각 세부과제별로 분담하여 개발되고 있는 현실에서 시스템 및 시스템 인터페이스에 대한 이해를 공유하고, 요구사항 및 규격 등의 변경 관리에 대한 공지를 통해 설계변경 또는 규격 변경 결과에 대한 이해 부족으로 인한 시스템 통합 과정의 문제점을 사전에 대비하는 효과가 기대됨

(나) 최종 산출물(연구결과물)

- ▸ '장애물 없는 생활환경 인증' 획득을 위한 도시형 자기부상열차 시스템 요구사항 추적관리 지원 연구용역보고서
- ▸ 시스템엔지니어링 동향보고서 (SE Letters)

[1-2과제]

가. 차량 외 서브시스템 설계단계에서 시스템 수준의 RAMS 관리

(1) 시스템 RAMS 보고서

(가) 개요

본 문서에서는 자기부상 시범노선에 건설될 E&M 서브시스템들에서 제출받은 RAMS 분석 자료를 검토하여 E&M시스템이 RAMS 목표를 달성하는지 여부를 제작설계 단계에서 확인하기 위한 목적으로 작성이 계획되었다. 그러나 기전 서브시스템들 중 RAMS수행대상 결정이 2008년 9월에서 2010년 03월까지 지연되고 시범노선건설 관련 업체선정 일정이 지연되어, 당시까지 차량 외 서브시스템들의 RAMS 분석이 진행되지 않았고, 일부 서브시스템 공급업체들이 결정되지 않아 서브시스템 RAMS 수행 기관들이 결정되지 않았다.

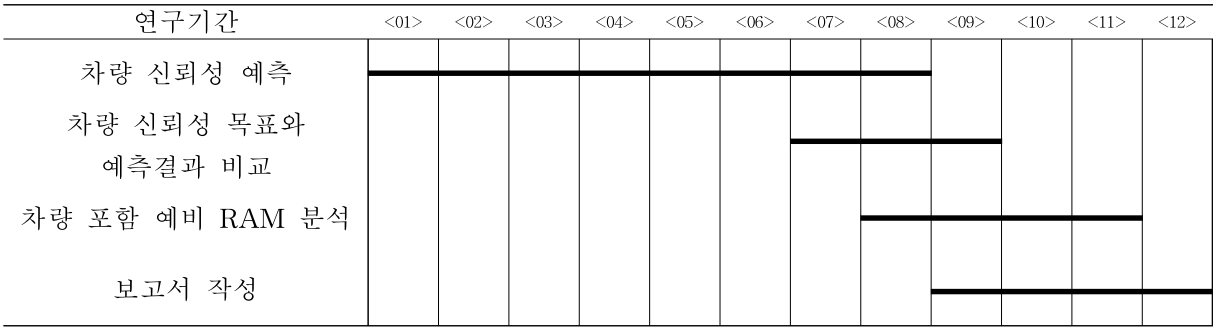
따라서 4차년도 연구개발이 종료되는 당시까지 차량 외 서브시스템들로부터 RAMS 분석 자료를 제출 받지 못하여 시스템 수준에서 예비 분석한 서브시스템 RAMS 요구사항 개발단계에서 분석된 자료를 바탕으로 작성한다. 또한 서브시스템들로부터 RAMS 분석 자료를 제출 받을 때 아래 사항을 고려하여 본 문서는 개정될 예정이다.

① 각각 서브시스석과 관련된 고장들과 각 고장이 전체 시스템 운영에 미치는 잠재적 영향에 대한 개요

② 각각 서브시스템이 할당된 RAM 목표 값을 달성할 수 있는지 확인

③ 각각 서브시스템 공급업체에서 제공한 서브시스템 RAM 데이터를 서비스 가용성 모델의 형태로 통합하여 전체 시스템이 서비스 성능을 달성할 수 있는지 확인

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※ 서브시스템 RAMS 목표 및 분석결과 중 일부

기전 서브시스템들 중 RAMS수행대상은 자비부상열차실용화 사업단과 1, 2, 3핵심 연구 기관이 2008년 09월~2010년 03월까지 협의하여 2010.03.19일에 아래와 같이 결정 하였다.

[표 160]서브시스템 중 RAMS 수행 대상

서브시스템	RAMS 수행대상	연구기관	공급업체
차량	차량시스템 전체	2핵심	현대로템
신호	열차제어시스템 전체	3핵심	대우ENG
전기	궤3궤조	3핵심	미정
통신	열차무선	3핵심	미정
궤도	분기기	3핵심	GS건설/대명ENG
기계	PSD	3핵심	GS건설
검수	해당 없음	3핵심	GS건설

각 서브시스템 RAMS 요구조건은 아래 표와 같이 문서로서 1핵심을 경유하여 2, 3핵심에 통보되어 각 서브시스템 별로 검토가 진행되었다.

[표 161]서브시스템 RAMS 요구조건 문서

서브시스템	RAMS 관리대상	RAMS 요구조건 통보	비 고
차량	차량	2008.07.08(초안) 2009.03.12(개정안)	
신호	신호	2008.07.08 (초안) 2008.10.23 (개정안)	
전기	궤3궤조	2008.07.08(초안)	
통신	열차무선	2008.07.08(초안)	
궤도	분기기	2008.07.08(초안) 2009.03.12 (개정안)	
기계	PSD	2008.07.08(초안) 2009.03.12 (개정안)	

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	RAMS 수행 대상 확정 지연 및 시범노선 건설 업체 선정 지연으로 인해 차량 외 서브시스템 RAMS 분석이 진행되지 않아 서브시스템에서 분석 제출한 서브시스템 RAMS 데이터를 통해 자기부상시스템 RAMS 분석이 진행되지 못했다. 이는 5-7차년도에 걸쳐 서브시스템의 RAMS 분석 성과물이 제출될 때 적절히 보완될 것이다.
• 기대효과	예비 시스템 RAM 분석을 통해 전체 시스템의 향후 신뢰성, 가용성, 유지보수성 및 안전성을 예비적으로 확인해 볼 수 있으며 이는 전체 시스템의 RAMS 성능을 미리 예측해 볼 수 있다.
• 활용계획	연구가 지속되면서 차량 외 서브시스템의 RAMS 분석 데이터가 입수되는 되로 보완해 나갈 것이며 이는 향후 전체 시스템의 가용성, 신뢰성, 유지보수성, 안전성을 예측하는데 입력 데이터로서 사용될 것이다.

(2) 시스템 Hazard 분석 보고서

(가) 개요

본 문서는 자기부상 시범노선의 운영 중에 잠재적으로 사망이나 부상을 초래할 수 있는 시스템 수준의 모든 해저드들을 포괄적이고 체계적으로 식별하고 기록하기 위하여 작성한다. 이 문서의 목적은;

① 포괄적이고 체계적으로 시스템의 해저드를 식별하고

② 식별된 해저드 관련 리스크를 예비적으로 평가하며

③ 리스크를 적절하게 관리하고 축소하기 위한 안전장치, 절차 등을 형식화 한다.

본 문서의 결과로서 서브시스템에서 상세하게 분석해야 할 위험도 높은 잠재적 해저드의 영역들을 나타내어 서브시스템 공급업체에 제공할 수 있다. 이러한 해저드 목록은 자기부상열차 실용화사업 향후 수행단계에서 해저드의 발생빈도와 결과의 심각도를 수용 가능한 수준까지 낮추기 위해 서브시스템 공급자들이 제출하는 서브시스템 해저드에 대한 체크 리스트로 활용이 가능하다.

각각의 해저드에 대하여 최악의 불운한 발생 결과들과 발생빈도 및 발생결과를 완화하기 위한 안전조치와 보호조치가 정의된다. 이 문서에서는 “서브시스템 RAMS 요구사항” 문서에 있는 예비 해저드 분석 내용을 보다 깊이 있게 분석한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
예비 Hazard 분석												
차량 Hazard 분석												
시스템수준 Hazard 통합												
보고서 작성												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※차량 Hazard Log

Hazard ID	Hazard category	Designation (System, Sub-System, Interface system, Operating and Support task etc.)	Hazard Description	Potential Cause	Effects/Consequences	Operational Phase(s)	Mitigation Candidate	Residual Risk			Remark
								Frequency	Severity	Risk	
HL001	PHA	Signaling Interface	두 차량간 충돌	신호오류를 발생할 수 있는 차량의 서브시스템에서 전자파간섭 또는 ATC장치와의 전자파간섭	A. 인명 : 사망 B. 차량 : 충돌위험, 차체손상 C. 시스템 : 주요서비스운행지연	All	Design: 1. EMC규격을 만족하는 전기장치 설계 및 Mainline 시험	E	I	To	
HL002	PHA	제동 및 공기공급장치	두 차량간 충돌	Brake rate와 응답시간에 대한 부적절한 설계로 인한 제동거리범위안에 정차 실패	A. 인명 : 사망 B. 차량 : 충돌위험, 차체손상 C. 시스템 : 주요서비스운행지연	All	Design: 1.emergency brake rate , minimum response time를 보증하는 설계	E	I	To	
HL003	PHA	차량	시스템 구조물과 충돌	강풍으로 인한 차량과 구조물간 충돌	A. 인명 : 사망 B. 차량 : 차체손상 C. 시스템 : 주요서비스운행지연 D. 기타 : 없음	All	Design: 1. Mainline과 Station platform에서 dynamic envelope를 고려한 설계 2. Force와 wind가해진 상황에서 차량이 dynamic envelope범위안에 존재하도록 설계 3. 강도검증을 위한 구조분석과 하중시험	E	I	To	
HL004	PHA	차량	차량운행 선로에 사람존재/승강장에서 선로로 승객떨어짐	혼잡시간에 승객이 사로고 선로로 떨어짐	A. 인명 : 사망 또는 중상 B. 차량 : 없음 C. 시스템 : 주요서비스운행지연 D. 기타 : 없음	All	Design 1. 혼잡시간에 운영처 안전요원 배치	E	II	To	
HL005	PHA	출입문장치	승객이 차량에서 선로로 떨어짐	다음의 원인으로 차량이 출입문을 개방한채로 승강장에서 운행될 수 있음 1. Door safety Loop의 오류 2. Trainline의 회로단락	A. 인명 : 사망 또는 중상 B. 차량 : 출입문 제어 trainline 결합 C. 시스템 : 주요서비스운행지연	All	Design: 1. TCMS에 의한 출입문 개폐상황 및 고장알림기능 모니터링 2. 출입문은 차량속도가 "0"일때 자동으로 개폐되도록 설계	E	II	To	
HL006	PHA	출입문장치	승객이 차량에서 선로로 떨어짐	승객이 다음의 원인으로 운행중인 차량에서 떨어질 수 있음 1. Train control system 고장으로 인한 측출입문 개방 2. Trainline의 회로단락	A. 인명 : 사망 또는 중상 B. 차량 : 출입문 제어 trainline 결합 C. 시스템 : 주요서비스운행지연음	All	Design 1. 차량운행시 출입문 개방이 불가하도록 interlock 되도록 설계	E	II	To	

Hazard ID	Hazard category	Designation (System, Sub-System, Interface system, Operating and Support task etc.)	Hazard Description	Potential Cause	Effects/Consequences	Operational Phase(s)	Mitigation Candidate	Residual Risk			Remark
								Frequency	Severity	Risk	
HL007	PHA	출입문장치	승객이 차량에서 선로로 떨어짐	다음의 원인으로 정거장사이에서 측출입문이 개방될 수 있음 1. Locking mechanism상 고정자 느슨(시스템 조기 고장) 2. 기계적인 고장 : 도어작동중 도어 고착 3. 기계적인 파손	A. 인명 : 사망 또는 중상 B. 차량 : 출입문 결함 C. 시스템 : 주요서비스운행지연	All	Design: 1. 300,000 cycle Door Open/Close Endurance Test 2. DCU 와 TCMS에 의 한 출입문 개폐상태 모니터링되도록 설계 Maintenance: 1. 출입문 예방정비실시	E	II	To	
HL008	PHA	대차 및 현가장치	승객 승하차시 넘어짐	차량 leveling control 불량으로 승강장과 차량출입발판 단차로 승객이 걸려 넘어짐	A. 인명 : 경상 B. 차량 : 없음 C. 시스템 : 서비스운행지연	All	Design: 1. 차량바닥높이와 승강장 높이를 고려하여 단차가 없도록 설계 Maintenance: 1. 규격에 맞도록 주기적으로 차량 바닥높이 점검실시	D	III	To	
HL009	PHA	출입문장치	출입문에 의한 승객부상	승객의 부주의로 출입문과 차체사이에 손가락 끼임	A. 인명피해 : 경상 B. 차량 : 없음 C. 시스템 : 서비스운행지연	All	Design: 1. 차체와 출입문사이의 틈을 최소화하도록 설계 2. 손가락 끼임방지를 위한 출입문과 출입문기둥 사이에 Soft rubber 또는 brush 사용 3. Obstacle detection function구현	E	II	To	
HL010	PHA	출입문장치	출입문에 의한 승객부상	승객의 부주의로 출입문 닫힘시 승객 또는 소지품이 끼임	A. 인명 : 경상 B. 차량 : 없음 C. 시스템 : 서비스운행지연	All	Design: 1. 역무원과 연락할 수 있는 인터콤 설치 2. Obstacle detection function구현	E	II	To	
HL011	PHA	출입문장치	출입문에 의한 승객부상	Door control unit(DCU)고장으로 obstruction detection작동 불량으로 승객끼임	A. 인명 : 경상 B. 차량 : 출입문결함 C. 시스템 : 서비스운행지연	All	Design: 1. 역무원과 연락할 수 있는 인터콤 설치 Maintenance: 1. Door Control Units 예방정비실시	E	II	To	

Hazard ID	Hazard category	Designation (System, Sub-System, Interface system, Operating and Support task etc.)	Hazard Description	Potential Cause	Effects/Consequences	Operational Phase(s)	Mitigation Candidate	Residual Risk			Remark
								Frequency	Severity	Risk	
HL012	PHA	차체 및 실내설비	차량실내에서 승객이 미끄러짐과 넘어짐	손잡이 고정볼트 풀림과 파손	A, 인명 : 경상 B, 차량 : 손잡이결함 C, 시스템 : 서비스운행지연	All	Maintenance: 1, 객실 손잡이 정기점검실시	E	III	Ne	
HL013	PHA	차체 및 실내설비	유리또는 날카로운 부위에 의한 승객상해	고의적인 공공물의 파손 또는 날아오는 외부물체의 충격으로 창문 파손	A, 인명 : 경상 B, 차량 : 창문결함 C, 시스템 : 서비스운행지연	All	Design: 1, 안전강화유리사용	E	II	To	
HL014	PHA	차체 및 실내설비	유리또는 날카로운 부위에 의한 승객상해	승객이 창문에 충격을 주거나 혼잡시간에 밀침으로 창문이 파손	A, 인명 : 경상 B, 차량 : 창문결함 C, 시스템 : 서비스운행지연	All	Design: 2, 안전강화유리사용	E	II	To	
HL015	PHA	제동 및 공기공급장치	정비사 상해	정비시 고온의 장치의 접촉으로 인한 정비사 화상	A, 인명 : 경상 B, 차량 : 없음 C, 시스템 : 없음	All	Design: 1, 정비절차에 안전경고문구제공 Maintenance: 1, 정비사의 안전사항 준수	E	II	To	
HL016	PHA	출입문장치	비상시 승객 고립	Door loop circuit고장으로 정거장에서 비상상황시 출입문 개방불가	A, 인명 : 사망 B, 차량 : 출입문 결함 C, 시스템 : 주요 서비스 운행지연	All	Design: 1, 비상시 사용할 수 있는 인터폼설치 2, 비상출입문개방장치 및 탈출도구설치 Operation: 1, 비상상황시 역무원이 외부에서 차량으로 출입할 수 있도록 외부에서 수동개방이 가능하여야 함.	E	II	To	
HL017	PHA	Signaling Interface	비상시 승객 고립	설계결함, 부적절한 cable위치선정과 shielding불량으로 ATC와 다른 신호사이의 간섭 및 혼선	A, 인명 : 없음 B, 차량 : 없음 C, 시스템 : 주요 서비스 운행지연	All	Design: 1, 신호와 통신케이블이 전력케이블과 분리되고 sheild처리되도록 설계 2, EMC요구사항에 만족하는 시험	E	II	To	

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	각 서브시스템 수준에서 식별되는 모든 Hazard와 시스템 수준에서 예비 식별된 모든 Hazard 들이 저감되어 본선에서 발생 가능한 Hazard를 제거 또는 저감 할 수 있다.
• 활용계획	식별된 Hazard는 시스템 해저드 로그(또는 해저드 분석 보고서)에 기록되어 리스크를 제거 또는 저감하는 활동을 기술시운전 시까지 진행할 예정이며 기술시운전 후에 잔존 리스크가 큰 해저드는 펀치리스트(punch List)에 기술되어 시범노선 운영기관에 이관함으로써 시범노선을 운영하는 수명주기까지 자기부상시스템의 승객/직원 안전성 수준 관리를 지속할 수 있도록 한다.

(3) 시스템 FMECA

(가) 개요

시스템 FMECA는 시스템의 고장모드와 영향, 심각도 분석을 통해 신뢰도를 예측 하는 것으로 시스템의 신뢰성 예측에 중요한 분석 방법이라 할 수 있다. 본 문서에서는 아래 사항을 추진하기 위해 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선에 대한 시스템 수준의 통합 FMECA를 기술한다.

① 고장모드의 전체시스템 수준에서의 검토와 이 모드가 열차운행서비스 장애에 미치는 잠재적인 중요도를 평가하고
② 시스템 작동상태에 대한 유용한 기술정보, 시스템 설계를 평가하기 위한 고장에 대한 용인범위, 그리고 만약 존재하면 주요한 싱글포인트 고장(critical single point failures)를 식별하며
③ 시스템 RAM 분석을 지원한다

현재의 시스템 FMECA는 각 서브시스템의 FMECA가 분석되지 않은 상태에서 작성한다. 이러한 관점에서 본 문서는 시스템의 예비 FMECA이며 서브시스템의 고장모드의 기능과 운영상의 양상을 상위 수준에서 예비적으로 분석하며 서브시스템 RAMS 분석 자료가 제출되면 개정될 것이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
예비 FMECA 분석												
차량 FMECA 분석												
시스템수준 FMECA 통합												
보고서 작성												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※차량 FMECA(출입문 시스템)

Ref ID	Item	Function	Failure Mode	Cause(s) of Failure	Failure Effects / Consequences		Component Failure Rate (case/hr)	No. of items per car	No. of items per train	Likelihood of failure	Criticality				Diagnosis	Preventive/Corrective Actions	Remarks
					Subsystem (Local) Impact on concerned sub-subsystem	System (Overall) Impact on RS					Failure Rate of Occurrence of Effect Per Train (case/yr)	Frequency	Severity	Risk			
Body Side Door System																	
910000	Door Control Unit	1, 모터 제어 2, 입출력 신호 제어 3, 모터 엔코더 파워 공급 4, 차량과 통신 5, DCU로 인입되는 전압의 고전압 차전압 판단 6, Motor Brake 제어	모터 제어부 에러	온도범위 초과, 과부하	DCU의 모터구동회로를 정상적으로 구동시킬 수 없어 열림/닫힘 동작이 안됨	1, 도어 동작 불능으로 승객 불편을 초래함 2, 도어 동작 불능으로 열차 지연을 초래함	7,41E-05	4	8	0,025	9,74E-03	D	III	To	Fault Code 현시	정기적인 기능 검사/ DCU 교체	
			입출력 신호 제어 에러	I/O Module 파손	1.DCU에서 Zero speed, Enable signal 감지가 안되어 도어 열지 못함 2. DCU에서 open/close command signal 감지가 안되며 도어를 열고 닫을 수 없음 3. DCU에서 lock/close switch signal 감지가 되지않아 정상적으로 도어가 닫히지 않음 4. DCU에서 crew switch signal 감지가 되지않아 도어를 열고 닫을 수 없음 5. DCU에서 emergency signal 감지가 되지않아 비상시 도어를 수동으로 열수 없음 6. DCU에서 isolation signal 감지가 되지않아 도어를 바이패스 시키지	1, 정차 위에도 도어를 열 수 없는 경우를 초래함 2. 정상적으로 도어를 못 닫는 경우를 초래함 3. 비상시 도어를 열수 없는 경우를 초래함 4. 도어 바이패스 시킬수 없는 경우를 초래함	7,41E-05	4	8	0,025	9,74E-03	D	III	To	Fault Code 현시	정기적인 기능 검사/ DCU 교체	
75			모터 엔코더 파워 공급 에러	DCU 파워부 파손	Motor Encoder의 파워를 정상적으로 공급하지 못하며 엔코더의 출값을 입력받지 못하고, 이에 따라 도어가 움직이지 않거나 빠르게 동작하게됨	1, 비정상적으로 도어 열고 닫힘 속도가 빨라 도어 소음 발생 2. 도어 동작 불능으로 승객 불편을 초래함 3.도어 동작 불능으로 열차 지연을 초래함	7,41E-05	4	8	0,025	9,74E-03	D	III	To	Fault Code 현시	정기적인 기능 검사/ DCU 교체	

Fixed Components																	
921000	Right Over Center Assembly	기계적으로 도어 잠금	파손	외부 충격	기계적으로 도어 잠금기능 불가능	1.오른편 도어 잠김기능이 상실되나 Redundancy(left over center) 설계로 해당 도어 Isolation 후 차량 운행 가능. 2.Isolation된 도어로 인해 승객의 불편이 예상됨	1,60E-08	4	8	0,15	1,26E-04	D	III	To	육안검사	증정비 시 검사/교체	
			Plug Shaft Rod외의 체결부 이탈	체결부 Pin파손	기계적으로 도어 잠금기능 불가능	1.오른편 도어 잠김기능이 상실되나 Redundancy(left over center) 설계로 해당 도어 Isolation 후 차량 운행 가능. 2.Isolation된 도어로 인해 승객의 불편이 예상됨	1,60E-08	4	8	0,6	5,05E-04	D	III	To	육안검사	6개월마다 검사/체결부 재작업	
			마모	기계적 수명 초과	기계적으로 도어 잠금기능 저하	차체와 도어관넬과의 기밀성이 저하될 뿐 서비스에 영향을 주지 않음	1,60E-08	4	8	0,25	2,10E-04	D	IV	Ne	육안검사	증정비 시 검사/교체	
922000	Left Over Center Assembly	기계적으로 도어 잠금	파손	외부 충격	기계적으로 도어 잠금기능 불가능	1.오른편 도어 잠김기능이 상실되나 Redundancy(Right over center) 설계로 해당 도어 Isolation 후 차량 운행 가능. 2.Isolation된 도어로 인해 승객의 불편이 예상됨	1,60E-08	4	8	0,15	1,26E-04	D	III	To	육안검사	증정비 시 검사/교체	
			Plug Shaft Rod외의 체결부 이탈	체결부 Pin파손	기계적으로 도어 잠금기능 불가능	1.오른편 도어 잠김기능이 상실되나 Redundancy(Right over center) 설계로 해당 도어 Isolation 후 차량 운행 가능. 2.Isolation된 도어로 인해 승객의 불편이 예상됨	1,60E-08	4	8	0,6	5,05E-04	D	III	To	육안검사	6개월마다 검사/체결부 재작업	
			마모	기계적 수명 초과	기계적으로 도어 잠금기능 저하	차체와 도어관넬과의 기밀성이 저하될 뿐 서비스에 영향을 주지 않음	1,60E-08	4	8	0,25	2,10E-04	D	IV	Ne	육안검사	증정비 시 검사/교체	
923000	Guide Track Assembly	플러그 & 슬라이딩 가이드	파손	외부 충격	플러그 & 슬라이딩 가이드기능 불가능	1.도어 열림 위치에서의 고장: 도어 판넬의 움직임을 안내할 수 없어 도어는 닫히지 않는다. 차량은 출발 할 수 없으며 DCU는 오류를 감지 현시한다. 2.도어 닫힘 위치에서의 고장: 도어 판넬의 움직임	8,00E-09	4	8	1	4,20E-04	D	III	To	육안검사	증정비 시 검사/교체	

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	차량시스템의 FMECA를 반영한 시스템 수준의 FMECA가 완성되었으며 차량 외 서브시스템에 대한 공급자 선정 지연 및 RAMS 분석 지연으로 타 서브시스템의 분석결과 반영이 지연되었다. 향후 차량 외 서브시스템의 RAMS 분석 결과가 제출될 때 이들이 시스템 수준으로 통합될 수 있도록 할 것이다.
• 기대효과	시스템 FMECA(Failure Mode Effect and Criticality Analysis)는 고장모드와 고장영향, 고장감지 및 완화 대책,

	고장심각도를 파악할 수 있어 각 서브시스템 뿐 만 아니라 전체 자기부상시스템 수준의 고장모드 영향 등을 파악할 수 있어 대책 수립을 보다 체계적으로 할 수 있을 것이다.
• 활용계획	이 문서는 시스템 고장 모드의 분포 및 잠재적인 중요도를 평가하여 시스템의 신뢰성 예측에 활용한다.

(4) 시스템 RAM 관리계획

(가) 개요

본 문서는 자기부상 시범노선에 건설될 E&M 시스템 RAM 요구조건 달성을 보장하기 위한 활동들을 계획하고 RAM 수행 조직을 구성하는데 그 목적이 있으며 “시스템 RAM 계획” 또는 “시스템 RAM 관리계획”으로 명명된다. 시스템 RAM 관리계획은 RAM 활동과 관련된 시스템 엔지니어링의 설계검증 절차를 구축하고 유지하며 이 절차들의 체계적인 통제가 가능하도록 하는데 그 목적이 있기 때문에 다음과 같은 검증 도구들을 기술한다.

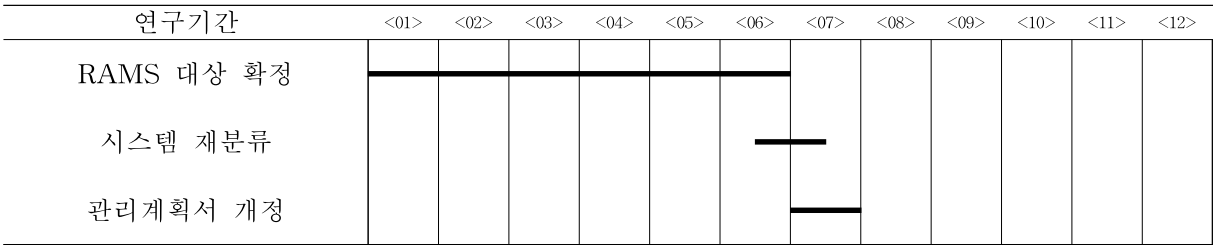
① RAMS 활동들의 준비를 위한 계획문서를 제시
② 적절한 시기에 비용 효과가 높은 방법으로 RAM 원리들이 서브시스템 설계에 반영되도록 감시
③ 각 E&M 서브시스템에서 발생 가능한 고장을 인식, 추적, 및 평가하며 현실적으로 가능할 경우 고장요인을 제거하거나 완화
④ RAM 문서들 관리를 위한 절차나 참조 사항을 기술

서브시스템 설계, 시스템/장치 구성, 또는 운영기능 요구사항과 관련된 변경사항이 RAM 요구조건을 충족하는지 여부를 확인하며. 본 실용화사업 연구기간 전 단계에 걸친 신뢰성, 가용성, 유지 보수성에 대한 중요한 데이터와 결과/경험을 수집하고 문서화 한다.

시범노선 건설 각 단계마다 시스템 RAM 관리계획이 갱신되어 E&M 시스템 수준에서 신뢰성, 유지보수성 엔지니어링을 수행하는데 필요한 절차들과 일정들을 점차 상세화 한다. 시스템 RAM 보증절차를 구축하며 모든 E&M 서브시스템에서 수행하는 RAM 요구사항 달성 검증방안을 표준화 시킨다.

시스템 RAM 관리계획에서는 본 실용화사업 E&M 시스템의 고 신뢰성을 보장하고 열차 운행서비스 중단을 최소화 하기 위한 신뢰성, 가용성, 유지보수성 엔지니어링 활동을 기술한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※시스템 분류

차량 (VEI)	차체
	대차 (부상시스템 포함)
	추진시스템
	도어
	보조전원장치 (차상 전력회로 포함)
	제동시스템
신호 시스템 (SIG)	지상신호 장치
	차상신호 장치
	종합사령실 신호장치
전력 공급(EPS)	제3궤조
통신 (TLC)	열차무선 시스템
노반	선로 전환기
정거장 건축	PSD

[상위수준 시스템 분류]

(라) 결과

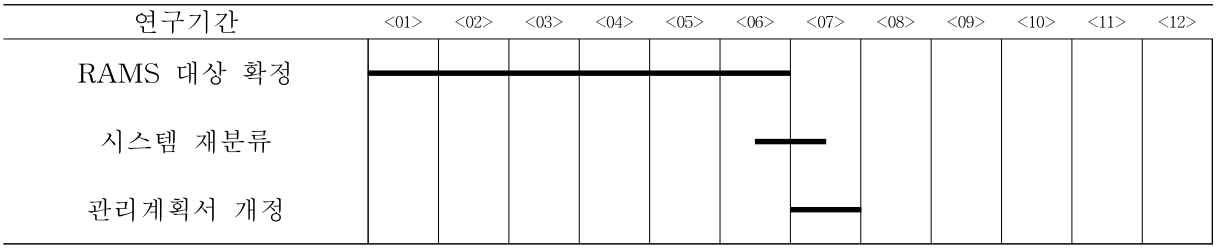
• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	본 시스템 RAM 관리계획에 따라 서브시스템 설계, 시스템/장치 구성, 또는 운영기능 요구사항과 관련된 변경사항이 RAM 요구조건을 충족하는지 여부를 확인하며. 본 실용화사업 연구기간 전 단계에 걸친 신뢰성, 가용성, 유지 보수성에 대한 중요한 데이터와 결과/경험을 수집하고 문서화 할 수 있을 것이다.
• 활용계획	RAM 관리계획을 따라 실용화사업이 완료될 때까지 시스템 RAM 분석 활동을 수행한다.

(5) 시스템 안전성 관리계획

(가) 개요

본 문서는 도시형자기부상 시범노선의 수명주기 동안 수행되는 관리적•기술적 안전성 활동의 포괄적인 개요를 제시함으로써 시범노선 건설기간 동안 안전성 문제들을 관리하고 안전성 관련 시스템들이 요구되는 안전성 특성들을 달성하게 한다. 시스템 안전성 관리구조 및 방법론들은 안전성 활동들과 요구되는 문서들로 종합하여 기술한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※시스템 분류

차량 (VEI)	차체
	대차 (부상시스템 포함)
	추진시스템
	도어
	보조전원장치 (차상 전력회로 포함)
	제동시스템
신호 시스템 (SIG)	지상신호 장치
	차상신호 장치
	종합사령실 신호장치
전력 공급(EPS)	제3궤조
통신 (TLC)	열차무선 시스템
노반	선로 전환기
정거장 건축	PSD

[상위수준 시스템 분류]

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음

• 기대효과	본 시스템 안전성 관리계획에 따라 실용화사업 연구기간 전 단계에 걸친 안전성에 대한 중요한 데이터와 결과/경험을 수집하고 문서화 할 수 있을 것이다.
• 활용계획	안전성 관리계획에 따라 실용화사업이 완료될 때까지 시스템 안전성 분석 활동을 수행한다.

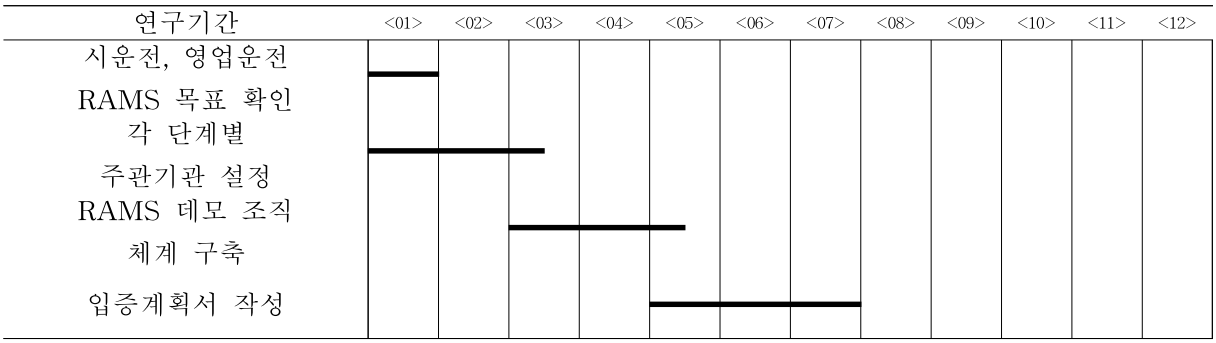
나. RAM 시연 계획(RAM Demonstration Plan) 수립

(1) 시스템 RAM 시연계획

(가) 개요

이 “시스템 RAM 데모 (시연) 계획서”는 도시형 자기부상 열차 실용화 사업 시범노선 기전시스템의 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 시연(입증, 데모) 활동을 수행하기 위해 작성한다. 이 문서는 일반적으로 EN50126의 요구조건을 따른다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※시험시운전 최종단계 및 영업운영기간 동안 기전시스템 서비스가용성 목표 요약

시험 종류			시험기간		운행 열차 수	가용성 목표	시험주관 기관
기술시운전 종료전	1	운전시격 시험	1개월	2012.8.1~ 2012.9.30	3	없음	자기부상열차 실용화사업단 (건설기관)
영업시운전 종료전	2	운전시격 시험	3개월	2012.10.1~ 2012.12.31	3	93%	
영업 운전	3	정상운영 (시간표)	6개월	2013.1.1~ 2013.6.30	3	96%	인천공항공사 (운영기관)
	4	정상운영 (시간표)	6개월	2013.6.1~ 2013.12.31	3	96%	
영업 운전	5	정상운영 (시간표)	12개월	2014	3	98%	

[시스템의 서비스가용성 목표]

[표 162]시스템 RAM 시연 단계에서 기관별 역할

실용화 사업단계		주관기관 (시스템 RAM 시연주체)	역할(책임범위)
시험·시운전	기술시운전	1핵심(기계연구원) 1-2세부(현대로템)	• 시스템 FRACAS 수행의 조율 • 고장검토위원회(FRB) 소집 주관 • FRACAS 고장데이터 경향 분석 • 서비스 가용성 실적 산출
		실용화사업단	• FRACAS 이행 감독 • FRB회의 참석
		운영회사 (인천공항공사)	• 담당자 교육훈련을 시스템 RAM 시연 활동에 참석
		2/3핵심 (서브시스템 공급자)	• 서브시스템 FRACAS 구축/수행 • FRB회의 참석 • 서브시스템 고장데이터 수집/보고 • 서브시스템 RAM 시연계획 보완
	영업시운전	1핵심(기계연구원) 1-2세부(현대로템)	• FRACAS 수행 조율 • 고장검토위원회(FRB) 소집 주관 • FRACAS 고장데이터 경향분석 • 서비스 가용성 실적 산출 • 시스템 RAM 시연 보고서 작성
		운영회사 (인천공항공사)	• FRACAS 고장데이터 수집 지원 • FRB 회의 참석
		실용화사업단	• FRACAS 수행 감독 • FRACAS 고장데이터 수집 지원 • FRB 회의 참석
		2/3핵심 (서브시스템 공급자)	• FRACAS 지원 • 필요 시 FRB 회의 참석 • 서브시스템 고장데이터 수집/보고 • 서브시스템 RAM 시연보고서 작성
영업 운영		운영/유지보수회사	• 고장검토위원회(FRB) 소집, 주관 • FRACAS 고장데이터 수집, 경향분석 • 시스템 RAM 시연보고서 작성
		1핵심(기계연구원) 1-2세부(현대로템)	• 필요 시 FRACAS 지원 • 필요 시 FRB 회의 참석
		2/3핵심 (서브시스템 공급자)	• 필요 시 FRACAS 지원 • 필요 시 FRB 회의 참석

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	본 시스템 RAM 입증계획은 지속적으로 수행환경 변화에 맞게 개정해 나갈 것이다.
• 기대효과	본선 시운전과 영업운전 기간 동안 RAMS 목표 수치를 달성하기 위한 활동 계획에 따라 각 서브시스템 공급자와 전체 시스템 관리자, 운영자 간에 혼란을 막고 효율적인 RAM 입증 과정이 진행 될 수 있도록 본 계획서를 작성했다.
• 활용계획	본 문서는 자기부상 시스템의 본선 시험·시운전과 초기운영 단계에서 수행되는 시스템 RAM 시연활동을 설명하고 시스템 RAM 성능이 적절하게 감시되고 실적 측정이 가능하도록 하는데 있다.

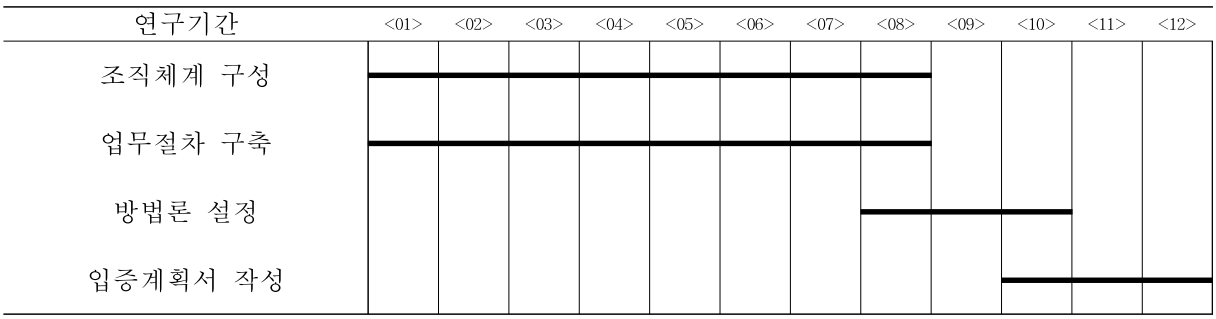
다. FRACAS 절차서 구축

(1) 시스템 FRACAS 절차서

(가) 개요

본 문서는 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 기술시운전, 영업시운전, 기간 동안 수행하는 시스템 RAM 시연활동 중에 발생하는 시스템 고장을 수집, 분석하기 위해 구성되는 조직, 업무절차, 방법론을 기술하고 영업운전기간 동안 “시스템 RAM 시연” 활동을 위한 참조문서로서 “시스템 RAM 시연 계획”의 일부가 된다. FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System, 고장 보고·분석·교정 활동 시스템)는 자기부상시스템의 신뢰성 산출을 위한 정확한 데이터를 제공하고 고장해결을 위한 교정활동의 정확성을 감시/통제하는데 사용된다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※ FRACAS 시험선 양식

No.	고장 발생 시간	고장 소거 시간	고장 설명	부품	부품에 대한 영향	서비스에 대한 영향(Y/N)	지연 여부(Y/N)	차상 복구 가능 여부(Y/N)	비고

- No : 고장 코드
- 고장 발생 시간: 고장이 발생한 시간
- 고장 소거 시간: 고장을 인지한 시간
- 고장 설명: 고장 모드에 대한 설명
- 부품: 고장이 발생한 부품
- 부품에 대한 영향: 각 고장이 부품에 끼친 영향

  예) 고장: 공기 누설 -> 부품에 대한 영향: 제동실패에 따른 제동장치 파손

- 서비스에 대한 영향: 각 고장이 서비스에 영향을 주는 고장인지에 대한 여부
- 지연 여부: 각 고장이 열차의 지연 영향을 주는지에 대한 여부
- 차상 복구 가능 여부: 각 고장이 차상 운전자가 복수 할 수 있는지 여부
- 비고: 차상 복구가 된 항목들 중 어떤 방법으로 복구를 하였는지에 대한 설명

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음.
• 기대효과	본 문서는 각 서브시스템 고장 데이터에 대한 수집/분석/교정하는 절차서로 여기서 제공되는 고장데이터 수집양식으로 본선 및 시험선에서의 차량 및 차량 외 시스템의 고장데이터를 수집하여 서비스에 영향을 주는 고장을 선별 관리하여 자기부상시스템 가용성을 산출할 수 있도록 하고 서브시스템 공급자에 의해 수행되는 교정조치가 정해진 절차에 따라 진행될 수 있도록 한다.
• 활용계획	시범노선 영업시운전 중 및 영업운영 중 시스템 RAM 시연 활동에 업무 절차로서 활용된다.

라. 시험선 완성차 시험을 통한 안전성 확인

(1) 시험선 안전성 보고서

(가) 개요

본 문서에서는 한국 기계연구원에 있는 자기부상시스템 시험선에서 진행되는 자기부상 열차의 주행시험 과정에서 안전성 확인 활동을 통해 안전성 관련 문제(Issue)을 검토하고 그 결과를 반영하여 차량 해저드 로그를 개정 한다. 또한 시험선에서 자기부상 열차 주행시험 중 발생한 고장 데이터를 1-3 세부과제를 통하여 입수하고 분석하여 그 결과를 반영하여 차량 FMECA를 개정하고자 한다. 이러한 RAMS 확인검사(Auditing) 활동은 제작설계 단계 RAMS 분석이 완료된 서브시스템들을 대상으로 제작/설치/시험의 단계에 걸쳐, 현장사정이 허용하는 범위에서 반복적으로 수행될 것이다.

그럼에도 불구하고, 4차년도 연구기간 중에 자기부상열차의 시험선 주행 시험의 진척은 미미하고 5차~6차년도에 주로 진행될 예정이기 때문에 본 문서에서 진행하는 활동도 5차~6차년도에 이어서 계속 진행될 예정이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
차량 Hazard 분석												
안전성 확인 가능 시스템 선별												
TCMS, 추진장치, 출입문 장치 등 확인												
보고서 작성												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※자기부상열차 해저드 분석

[표 163]열차 해저드 로그 요약

차량 시스템		최초 리스크					잔존 리스크				
		계	In	Un	To	Ne	계	In	Un	To	Ne
1	추진장치	24		14	10		24			14	10
2	보조전원시스템	5		1	2	2	5			1	4
3	TCMS	2		1	1		2			1	1
4	대차	1		1			1			1	

5	부상장치	7			7		7				7
6	HVAC	13			2	11	13				13
7	방송/표시기장치	9			6	3	9				9
8	제동/공기공급장치	39		11	28		39			11	28
9	출입문 장치	7		7			7			7	
10	연결 장치	15			3	12	15				15
11	신호 인터페이스	2		2			2			2	

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음.
• 기대효과	시험선 열차주행시험을 통해 식별된 Hazard와 차량 시스템 예비 식별된 Hazard에 대하여 각 차량 시스템별로 Hazard들의 발생빈도, 발생결과의 심각도를 기준으로 리스크를 평가하며, 리스크에 대한 저감대책을 발굴/실시하여 차량과 관련된 안전도를 향상시킬 수 있도록 한다.
• 활용계획	본 보고서의 데이터 내용은 시스템 해저드 로그에 입력 데이터로 활용되어 식별된 해저드는 시범노선 기술시운전 완료 시까지 관리될 것이다.

마. 완성차량 LCC 데이터 및 분석결과 Update

(1) LCC 계산모델을 반영한 완성차 주요장치별 LCC 분석

(가) 개요

3차년도에 수행된 설계단계에서 예측된 LCC 관련 데이터(MTBF, MTTR, 점검주기 등) 및 LCC 분석 결과와 실제 시험선에서 완성차량의 운행을 통해 획득한 실질 데이터 및 LCC 분석결과와의 비교를 통해 실제 활용이 가능한 실질적인 LCC 예측을 수행하기 위한 것으로, 현재 시험선에서의 데이터 취득에 어려움이 있어 3차년도에 수행된 완성차량의 9개 주요장치에 대해 4차년도에 개발된 LCC S/W를 사용하여 LCC 분석을 수행하였다.

4차년도에 개발된 LCC S/W DB에 구축된 LCC 분석 결과는 향후 자기부상열차 완성차량이 시험선 운행을 통해 획득될 완성차 RAM 분석 대상장치의 FRACAS 정보와 연계되어 LCC 관련 정보를 추출하여 자기부상열차 LCC 분석이 가능하도록 하였다.

분석대상 완성차 주요장치는 9개로 상위과제인 현대로템(주)과의 협의를 통해 결정하였으며 아래와 같다.

① 방송 및 표시 장치 ② 대차 ③ 연결기 ④ HVAC ⑤ 추진 장치 ⑥ TCMS ⑦ 부상 장치 ⑧ 제동 장치 ⑨ 출입문 장치

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
완성차 LCC S/W 개발 방향 협의												
완성차 LCC DB 체계 개발												
완성차 주요장치별 LCC 데이터 수집 및 분석												
보고서 작성												

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

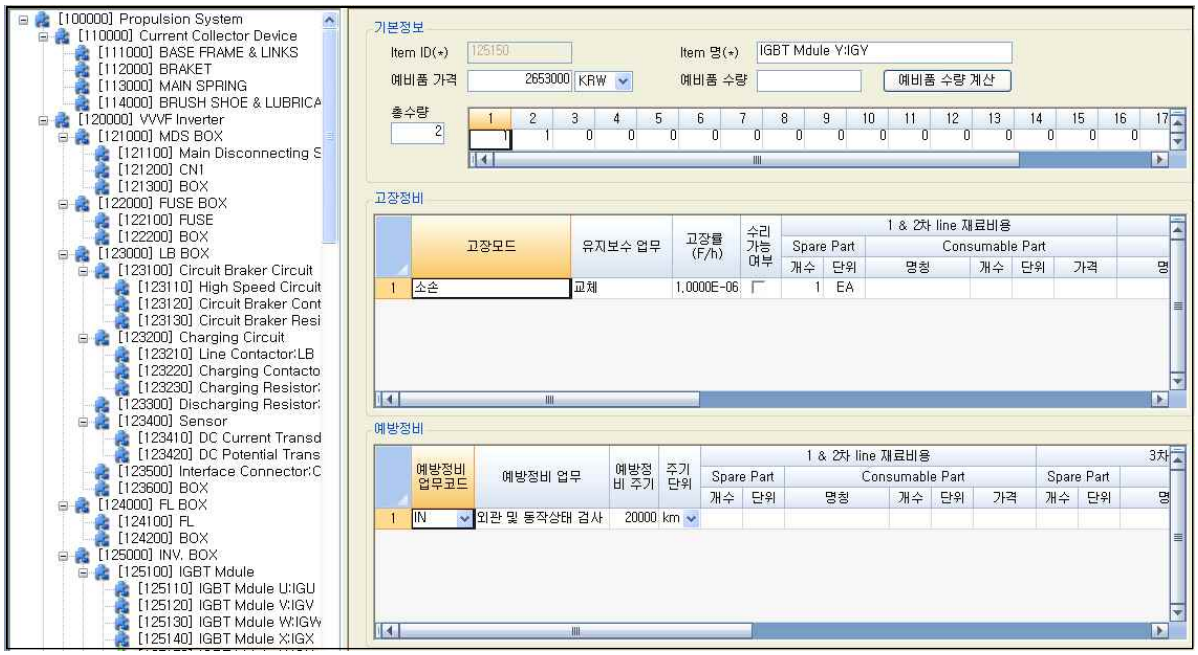
자기부상열차 2량 1편성에 대한 예상 연간운행거리, 수명, 유지보수 인건비, 환율 등 필수적인 글로벌 데이터 항목은 아래 표와 같이 운영시나리오를 바탕으로 가정하여 사용하였으며, 보수 및 예방정비 항목에 관해서는 설계 RAMS 자료를 통하여 계산하였다.

[표 164]글로벌 데이터 항목 및 조사 내용

Manhour cost	9,375원 (= 월평균 1,500,000원 / 근무일 수 20일 / 8시간 근무)
Number of trains	2량 1편성
Operation distance per year	49,093 km/y
Operation time per year	4,320 hour
Life Cycle Length	25 년
Exchange rate	$1=1300원
Inflation rate	4%

한 예로 개발된 S/W를 사용하여 추진장치에 대해 수행한 LCC 비용 계산 결과의 예를 보인다.

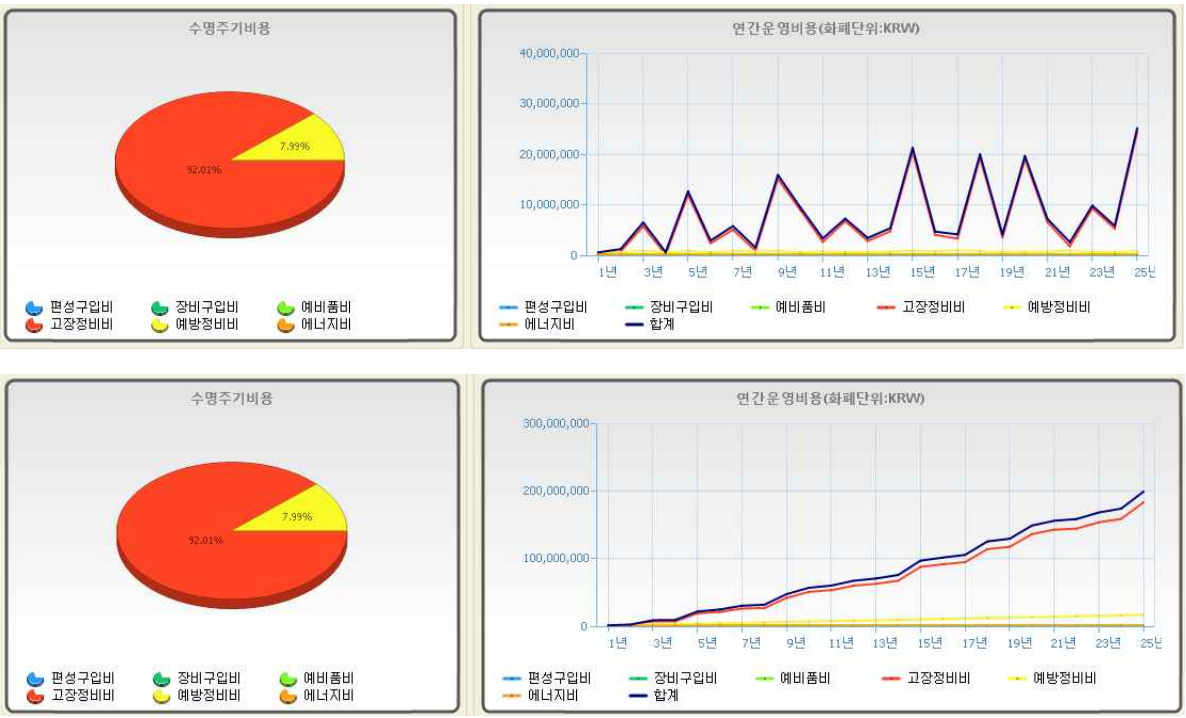
- 추진장치 유지보수 비용 항목 입력



- 추진장치 유지보수 비용 계산 결과

비용항목 (화폐단위:KRW)			자기부상열차100405
총수명주기비용	도입비	편성구입비	0
		장비구입비	0
		예비품비	0
	소계		0
	유지보수비	고장정비비	182,159,337
		예방정비비	15,824,063
		에너지비	0
	소계		197,983,400
	합계		197,983,400

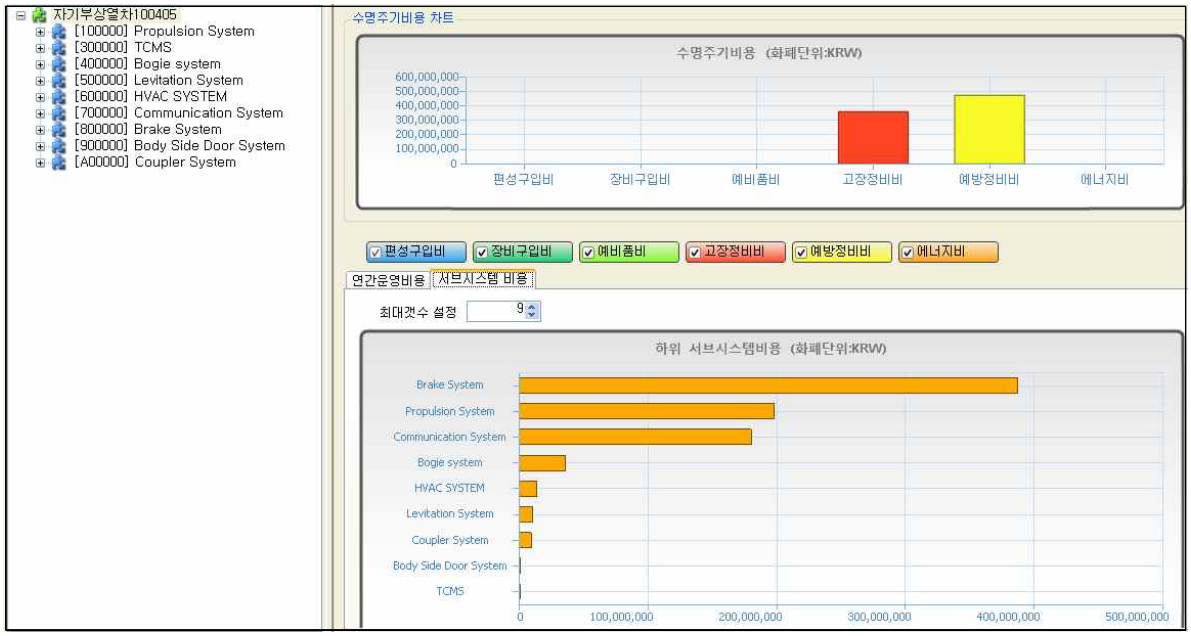
- 추진장치 운영비용(유지보수) 비용 연간 변화 추이 및 연간 누적 증가 추이



(라) 결과

자기부상열차 완성차 서브시스템별 비용 분포를 예측한 결과, 자기부상열차 완성차의 주요 장치 중에서는 제동시스템에 대한 유지보수 비용이 가장 많이 차지하며, 이어서 추진 장치, 방송 및 표시장치, 대차, HAVC, 부상장치, 연결기, 출입문 장치, TCMS 순서로 유지보수 비용이 많이 드는 것으로 예측되었다.

- 자기부상열차 완성차 서브시스템별 비용 분포

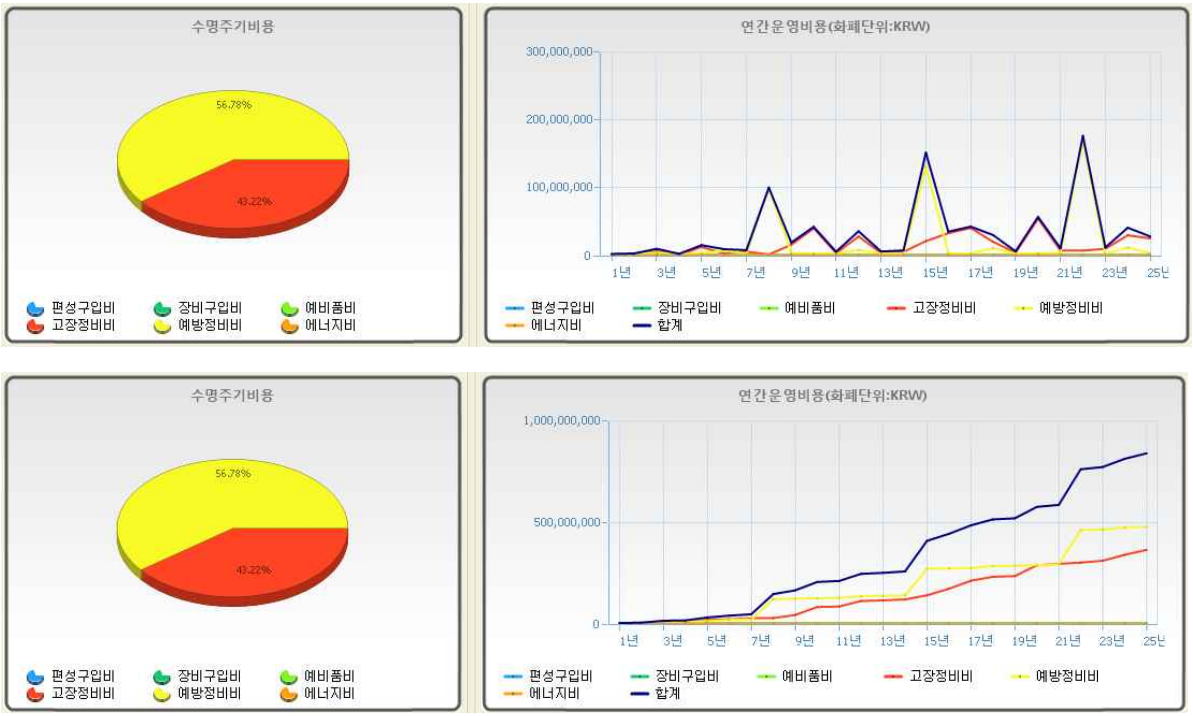


자기부상열차 완성차에 대한 유지보수 비용 계산 결과는 아래와 같으며, 본 LCC 예측은 시스템 설계단계에서 제시된 RAM 데이터를 기반으로 계산된 것으로 향후 시험운행시 수집될 실질적인 RAM 데이터를 통한 계산결과와는 차이가 있을 것으로 사료된다.

- 완성차 유지보수 비용 계산 결과

비용항목 (화폐단위:KRW)			자기부상열차100405
총수명주기비용	도입비	편성구입비	0
		장비구입비	0
		예비품비	0
	소계		0
	유지보수비	고장정비비	361,067,474
		예방정비비	474,270,229
		에너지비	0
	소계		835,337,702
	합계		835,337,702

- 완성차 운영비용(유지보수) 비용 연간 변화 추이 및 연간 누적 증가 추이



바. 데이터 지원이 가능한 차량 외 시스템 LCC 모델 구축

(1) 개요

3차년도까지는 자기부상열차 완성차량에 대한 RAMS 데이터와 연계된 LCC 계산모델을 개발하였으며, 실제로 설계단계에서 제시된 RAMS 데이터와 연계된 LCC DB Sheet를 개발하여 완성차에 대한 LCC를 계산해 보았다. 그러나 차량시스템과는 달리 차량외 시스템에 대해서는 상위과제의 RAMS 분석 대상이 4차년도 과제 착수시점에 결정되지 않아 부득이하게 과제계획서에 데이터 지원이 가능한 차량외 시스템 LCC 모델 구축이라 명기하게 되었으며, 본 위탁과제에서는 차량외 시스템 LCC 모델과 관련된 해외 자료를 조사하여 향후 자기부상열차 차량외 시스템 LCC를 계산하기위한 모델을 제시하였다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
해외 자료 조사 -REMAIN, INNOTRACK												
차량외 시스템 LCC 모델 제시												
보고서 작성												

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) REMAIN 모델

○ 개요

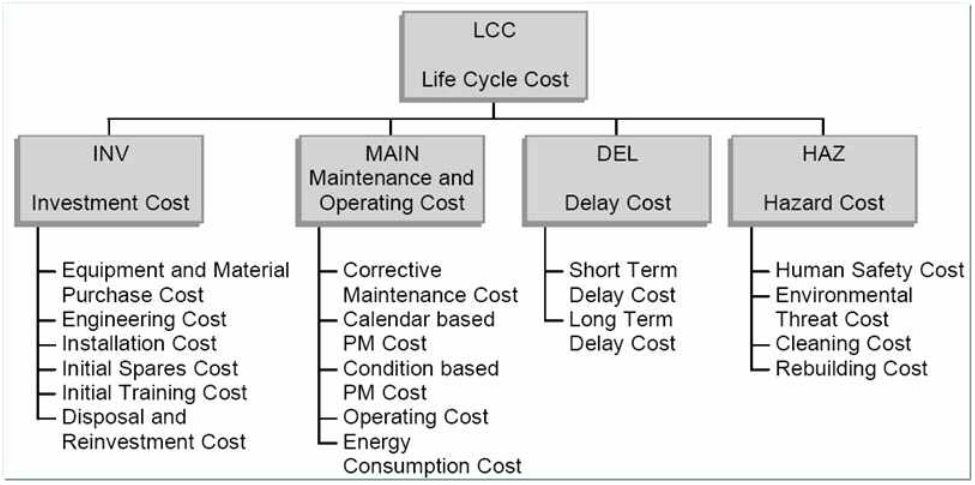
- European Commission 을 위해 수행된 REMAIN (Modular System for Reliability and Maintainability Management in European Rail Transport] 프로젝트[1996~1998]의 일환으로 SINTEF에 의해 개발된 LCC 모형
- 두 가지 이상의 대안의 비교를 위해 LCC 차이의 적정한 추정에 초점을 둠

○ 주요특징

- 철도 인프라 장치에 국한된 모델임
- REMAIN 모델은 데이터 수집 및 질문서(Questionnaire)를 적용하는데 있어 유연함(Flexible): 즉 가용한 데이터 및 결과의 요구되는 정밀도에 따라 데이터 수집 방법을 적합 시킴

- REMAIN 모델은 LCC 비용을 예측하기 위해 아래의 특징을 갖는 단순 모델임
  - 할인율이 일정함
  - 운영, 유지보수 등의 연간비용은 고정됨
  - 두 대안의 비교에 초점을 둠: 주요 목적은 비용 차이의 적정한 예측값을 제공하는 것임. 매우 정교한 전체 비용에 대한 예측값을 확보하는 것이 목적이 아님
  - 장치의 폐기 비용은 고려되지 않음

○ REMAIN 모델의 LCC 구성체계



(나) INNOTRACK LCC 모델

○ LCC 비용 범주

Ⅰ. 획득	Ⅰ.1 준비 일회성/포괄적인/특정 제품 (제품 군) Ⅰ.2 준비 반복적인/특정 프로젝트 (단일 제품) Ⅰ.3 투자 Ⅰ.4 귀속 잔존 가치 Ⅰ.5 해체/철회/안전/제거 (업무) Ⅰ.6 폐기/재활용 (자재) Ⅰ.7 기타 비용
Ⅱ. 운영	Ⅱ.1 서비스 Ⅱ.1.1 에너지 Ⅱ.1.2 기타 비용
Ⅲ. 유지보수	Ⅲ.1 검사 및 서비스 Ⅲ.2 유지보수 - 예방 Ⅲ.3 유지보수 - 상태 기반 Ⅲ.4 유지보수 - 보수 Ⅲ.5 설계 및 시스템 지원 Ⅲ.6 기타 비용
Ⅳ. 불가용성	Ⅳ.1 계획 Ⅳ.1.1 오작동 Ⅳ.1.2 지연 Ⅳ.1.3 서비스 저하 Ⅳ.1.4 기타 비용 Ⅳ.2 비 계획 Ⅳ.2.1 오작동 Ⅳ.2.2 지연 Ⅳ.2.3 서비스 저하 Ⅳ.2.4 기타 비용

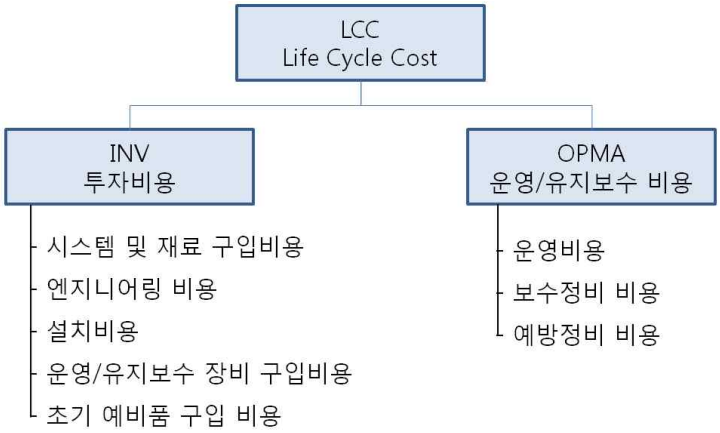
○ Product Breakdown Tree

- 1 TRACK
  - 1.1 Rail
    - 1.1.1 UIC60
  - 1.2 Rail Pad ZW700
  - 1.3 Sleeper
    - 1.3.1 B70W
  - 1.4 Under Sleeper
  - 1.5 Ballast
  - 1.6 Subsoil

○ LCC Cost Breakdown Structure

- 1 LCC
  - 1.1 INVESTMENT
    - 1.1.1 Investment(Renewal)
      - 1.1.1.1 Ballast
      - 1.1.1.2 Sleeper incl. Fastening/Freight
      - 1.1.1.3 USP/UBP
      - 1.1.1.4 Rail incl. Freight
      - 1.1.1.5 Substructure Measure
      - 1.1.1.6 Installation
    - 1.1.2 Rail Renewal
    - 1.1.3 Disposal
      - 1.1.3.1 Residual Value
      - 1.1.3.2 Recycling
  - 1.2 MAINTENANCE
    - 1.2.1 Inspection Vehicle
    - 1.2.2 Visual Inspection
    - 1.2.3 Day-To-Day Track Maintenance
    - 1.2.4 Ballast Tamping
    - 1.2.5 Rail Grinding
    - 1.2.6 Control of the Vegetation
    - 1.2.7 Change ZW/ZWP
  - 1.3 NON-AVAILABILITY
    - 1.3.1 Planned
      - 1.3.1.1 Day-To-Day Track Maintenance
      - 1.3.1.2 Ballast Tamping
      - 1.3.1.3 Rail Grinding
      - 1.3.1.4 Rail Relying
      - 1.3.1.5 Track Stoppage Reinvestment
    - 1.3.2 Not-Planned
      - 1.3.2.1 Track Stoppage
      - 1.3.2.2 Speed Restriction

(다) 자기부상열차 차량외 시스템에 대한 LCC 모델(안)



(4) 결과

도시형 자기부상열차의 차량 외 시스템의 LCC 분석에 사용되는 LCC 모델(안)을 제안하였으며, REMAIN 모델과 달리 자기부상열차는 현재 개발중인 시스템으로 지연비용 및 위험비용에 대해 불확실한 점을 고려하여 투자비용과 유지보수비용 중심의 계산 모델을 제안하였다.

(가) 초기 투자비용(INV)

초기투자비용은 차량 외 시스템 및 재료 구입비용 및 엔지니어링 비용, 설치비용, 초기 예비품 구입비용을 포함

$$INV = (SMPC + ENC + INC + ISC) \times TUL / EUL$$

TUL: 차량 시스템의 사용연한
EUL: 대상 차량 외 시스템의 사용연한
SMPC : 시스템 및 재료 구입 비용
ENC : 엔지니어링 비용
INC : 설치비용
ISC : 초기 예비품 구입 비용

(나) 운영 및 유지보수 비용

철도차량의 수명주기 동안 차량 외 시스템의 운영비용 및 보수정비비용, 예방정비 비용이 포함

OPMA = (OPC + CMC + PMC) x TUL / EUL

TUL: 차량 시스템의 사용연한
EUL: 대상 차량 외 시스템의 사용연한
OPC : 대상 차량 외 시스템의 사용연한 동안의 총 운영비용
CMC : 대상 차량 외 시스템의 사용연한 동안의 총 보수정비비용
PMC : 대상 차량 외 시스템의 사용연한 동안의 총 예방정비비용

① 운영 비용 (OPC)

OPC = EUL x (YOMC + YEC)

NoSys : 철도차량의 사용연한
YOMC : 년간 운영소모품 비용
YEC : 년간 에너지 소비 비용

② 보수정비 비용 (CMC)

CMC = (EUL/MTBLF) x (MMHCM x ULCCM + MCCM)

MTBLF = 평균 로지스틱 고장시간
MMHCM = 1회 보수정비 수행에 필요한 평균인시
ULCCM = 보수정비 인력의 단위시간당 임금
MCCM = 1회 보수정비에 소모되는 예비품 및 자재의 평균 비용

③ 예방정비 비용 (PMC)

$$PMC = \sum_{i=1}^{NoPM} \frac{EUL}{MTBM(i)} \times \{MMHPM(i) \times ULCPM(i) + MCPM(i)\}$$

NoPM : 예방정비 종류의 수

MTBM(i) : i 번째 예방정비의 평균간격(시간)

MMHPM(i) : i 번째 예방정비 수행에 필요한 평균인시

ULCPM(i) : i 번째 예방정비 인력의 단위시간당 임금

MCPM(i) : i 번째 예방정비에 소모되는 예비품의 평균 비용

사. 차량 외 시스템 LCC 예측 및 분석

(1) 개요

차량외 시스템에 대해서는 상위과제의 RAMS 분석 대상이 4차년도 과제 보고서 작성시점까지 선정이 안되었고, 이와 관련하여 차량외 시스템에 대한 LCC 데이터 획득에 어려움이 있어 해외 자료조사를 통해 획득한 데이터를 사용한 LCC 예측 및 분석 방법론을 제시하였다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
해외 자료 조사 -REMAIN, INNOTRACK												
차량외 시스템 LCC 분석 방법론 제시												
보고서 작성												

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

REMAIN 모델을 적용한 상태 모니터링 장치가 있는 분기기와 없는 분기기의 LCC 차이에 대한 평가 사례(SINTEF, 1998)로 사용된 기호는 아래와 같다.

- 기호 정의

REFSYS = 상태모니터링을 포함하지 않는 하나의 분기기로 구성된 시스템

△SYS = 상태모니터링을 수행하기 위해 요구되는 한 분기기의 추가적인 장치

CONSYS = REFSYS + △SYS

LCC_{REFSYS} = REFSYS 에 대한 LCC

△LCC = 상태 모니터링 도입에 의해 추가되는 비용

$LCC_{CONSYS} = LCC_{REFSYS} + \triangle LCC$

- 기본가정

- 폐기 및 재투자비용은 포함되지 않는다.
- PM(예방정비)는 지연을 일으키지 않는다.
- 계약적 검증 비용은 포함되지 않는다.
- 유지보수, 지연 및 위험비용에 대한 연간비용은 주어진다.

위와 같은 가정을 근거로 고속선로에 대한 LCC 입력데이터는 다음과 같음.

- 일반 데이터

아래의 표는 LCC 계산을 위해 요구되는 기본적 입력 데이터이다. 아래의 표와 같이 m = 30년, k = 4.5% 로 주어진다.

기호	설명	REFSYS	CONSYS
m	운영 년수(분기기의 예측 수명)	30	30
NTO	분기기의 개수	280	280
MHR	유지보수 인건비 율	25	25
k	이자율(할인율)	4.5%	4.5%

- 투자비용 데이터

비용 요인		투자비용		
기호	설명	REFSYS	△LCC	CONSYS
EPC	장비 및 재료 구입비	71500	+11500	83000
ENC	엔지니어링 비용			
INC	설치비용	23100	+7700	30800
ISPC	초기 예비품 구입비용	4600	-	4600
ITC	초기 훈련비용	800	-	8000
INV	**총 투자비용**	**100000**	**19200**	**119200**

위에서 장비 및 재료 구입비는 엔지니어링 비용을 포함하며, 위에서 기입된 각 비용은 총 투자비 100,000에 대한 상대적 비용이다.

- 유지보수 및 운영비용 데이터

비용 요인		연간비용		
기호	설명	REFSYS	△LCC	CONSYS
CMC	보수정비 비용	150	0	150
PMC	달력 기반 예방정비 비용	2150	-1250	900
CONC	상태 기반 예방정비 비용	0	+800	800
ADC	행정 및 관리 비용	4250	-1900	2300
ECC	에너지 소비 비용	150	+100	250
AMC	**년간 유지보수 및 운영 비용**	**6700**	**-2300**	**4400**

• 년간 지연 및 위험 비용

비용 요인		연간비용		
기호	설명	REFSYS	△LCC	CONSYS
NSD	년간 단기 지연 회수	0.1	0	0.1
SDC	단기 지연 비용	2000	0	2000
NLD	년간 장기 지연 회수	0	0	0
LDC	장기 지연 비용	-	-	-
ADC	**Annual Delay Cost**	**200**	**0**	**200**

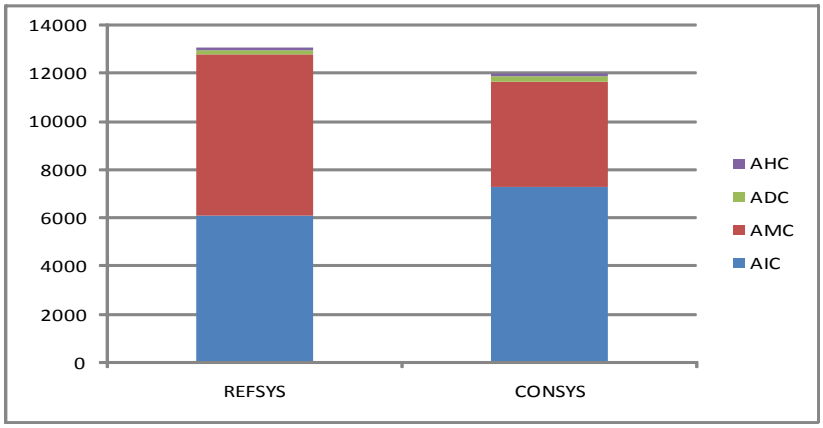
비용 요인		연간비용		
기호	설명	REFSYS	△LCC	CONSYS
NHE	년간 위험 사고 회수	0.001	0	0.001
HEC	위험 사고 비용	100000	0	100000
AHC	**Annual Hazard Cost**	**100**	**0**	**100**

(4) 결과

SINTEF에서 제시한 입력데이터에 사용하여 계산된 LCC 결과는 다음과 같으며, 분석 결과로 상태모니터링을 장착한 분기기 시스템이 LCC가 낮기 때문에 비용측면에서 효과적이라 판단할 수 있다.

• LCC 분석 결과

비용 요인		연간비용		
기호	설명	REFSYS	△LCC	CONSYS
AIC	년간 투자 비용	6100	+1200	7300
AMC	년간 유지보수 및 운영 비용	6700	-2300	4400
ADC	년간 지연 비용	200	0	200
AHC	년간 위험 비용	100	0	100
LCC_{ANNUAL}	**년간 LCC**	**13100**	**-1100**	**12000**



여기서는 해외 자료 조사를 통해 고속선로에서의 분기기 모니터링 장치의 유무와 관련된 LCC 분석 사례를 제시하였으나, 본 과제에서도 차량외 시스템에 대한 LCC 데이터가 주어진다면 이와 유사한 분석이 가능한 모델 및 S/W 구축을 진행중에 있다.

아. 차량외 시스템 주요 비용변수에 대한 민감도 분석

(1) 개요

차량외 시스템에 대해서는 상위과제의 RAMS 분석 대상이 4차년도 과제 보고서 작성시점까지 선정이 안되었고, 이와 관련하여 차량외 시스템에 대한 LCC 데이터 획득에 어려움이 있어 해외 자료조사를 통해 획득한 데이터를 사용한 LCC 예측 및 분석 방법론을 제시하였다.

새로운 시스템이나 정책에 도입하기 위한 대안들의 수명주기비용을 평가할 대 주요 비용변수의 값이 변함에 따라 LCC 가 어떻게 변하는 가를 평가할 필요가 있으므로 앞에서 설명한 상태 모니터링을 장착한 분기기 시스템과 없는 시스템의 LCC를 평가한 사례에 대한 민감도 분석 사례를 제시하였다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
해외 자료 조사 -REMAIN, INNOTRACK												
차량외 시스템 LCC 민감도 분석												
보고서 작성												

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

앞에서의 입력데이터 중 k(할인율), m(예측 수명), INV(투자비용), AMC (년간 유지보수 및 운영비용)이 변함에 따라 LCC의 변화를 민감도를 살펴보기 위한 것으로 여기서 △INV는 상태 모니터링 장치 설치에 따른 추가 비용, -△AMC는 연간 유지보수 및 운영 비용의 절감으로 정의할 때 LCC 비용의 변화인 △LCC는 아래와 같이 계산됨.

$$\triangle LCC = d(k,m) \times \triangle INV + \triangle AMC$$

여기서 $d(k,m) = k/[1-(1+k)^{-m}]$ 이며, 따라서 -△AMC > d(k,m)×△INV 이면 상태모니터링을 장치를 추가한 분기기가 비용 효과적이라 판단할 수 있다.

예) 비용 인자가 아래와 같을 때 상태 모니터링 장치의 비용 효과성 분석

△AMC = -2,300, d(k,m) = 0.0614, △INV = 19,200 이면 -△AMC = 2,300 > 0.0614×19,200 = 1,180 으로 되어 이 경우에도 상태모니터링 장치가 비용 효과적이다.

(4) 결과

LCC에 영향을 미치는 것으로 d(k,m)이 있으며, 여기서 k 및 m의 변화에 따라 d(k,m)의 변화는 아래와 같다.

	할인율					
수명	0%	2%	4.5%	6%	8%	10%
20년	0.050	0.061	0.077	0.087	0.102	0.117
30년	0.033	0.045	0.061	0.073	0.089	0.106
40년	0.025	0.037	0.054	0.067	0.084	0.102
50년	0.020	0.032	0.051	0.063	0.082	0.101

여기서는 해외 자료 조사를 통해 입수된 자료를 가지고 LCC 주요 비용변수에 대한 민감도 분석사례를 제시하였으나, 본 과제에서도 차량외 시스템에 대한 LCC 데이터가 주어진다면 이와 유사한 분석이 가능한 모델 및 S/W 구축을 진행중에 있다.

자. 차량외 시스템 LCC 분석결과 DB 구축

(1) 개요

상기 해외 자료 조사를 통해 구축된 차량외 시스템의 LCC 모델과 계산된 LCC 분석결과에 대해 데이터베이스(DB)를 구축할 때 기본적으로 저장해야 할 정보를 제시해 보았다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
해외 자료 조사 -REMAIN, INNOTRACK												
차량외 시스템 LCC DB 구축(안)												
보고서 작성												

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

차량외 시스템 LCC DB는 기본적으로 LCC 모델에 제시된 각 비용 항목에 대한 DB를 구축하고, 각 조건에 따른 분석결과를 저장하도록 구성되어 진다. LCC 모델에 제시된 각 비용항목의 DB 정보는 아래와 같다.

- 일반 데이터

기호	설명
Name	아이템 명
Description	아이템의 설명
Part No.	아이템의 Part No.
Qty	아이템의 수량
EUL	아이템의 사용연한

- 투자 데이터

기호	설명
SMPC	아이템 및 재료 구입비용
ENC	엔지니어링 비용
ISC	초기 예비품 구입 비용

- 운영 데이터

기호	설명
YOMC	연간 운영소모품 비용
YEC	연간 에너지 소비 비용

- 보수정비 데이터

기호	설명
MTBLF	평균 로지스틱 고장시간
MMHCM	1회 보수정비 수행에 필요한 인시
ULCCM	보수정비 인력의 단위시간당 임금
MCCM	1회 보수정비에 소모되는 예비품 및 자재의 평균비용

- 예방정비 데이터

기호	설명
PM Name	예방정비 명
PM Desc.	예방정비 설명
MTBM	예방정비의 평균간격 (시간)
MMHPM	예방정비 수행에 필요한 인시
ULCPM	예방정비 수행 인력의 단위시간당 임금
MCPM	예방정비에 소모되는 예비품/재료의 평균 비용

(4) 결과

5차년도인 현재 차량외 시스템 LCC S/W 구현을 통해 상기 LCC DB 보다 더욱 세부적인 LCC DB 가 구축되었으며, 데이터 제공이 가능한 대상 차량외 시스템에 대한 LCC 데이터가 주어진다면 바로 LCC 분석이 가능하도록 체계가 구축되었다.

차. 3차년도 연구결과를 반영한 완성차량 LCC 분석 S/W 1차버전 개발

(1) 개요

LCC 관련 데이터는 업체에서도 공개가 어렵고, 해외에서도 공개된 자료가 없는 미지의 영역이다. 이런 조건에서 최근 철도차량의 시스템 구축시 LCC 계산 자료를 요구하고 있는 것은 모순이라고 생각할 수 있다. 그러나 시스템을 운영하는 입장에서는 요구된 성능을 만족시키면서 가장 LCC 비용이 낮은 시스템을 구축하는 것이 가장 중요하며, 특히 성능과 관련해서는 RAMS 데이터와 LCC 데이터가 서로 공유하고 연계될 수 있는 DB 체계를 구축하는 것이 중요하다. 따라서 본 과제에서는 국제규격에서 제시한 일련의 LCC 분석 절차에 따른 도시형 자기부상열차의 LCC S/W를 독자적으로 개발하고, 관련 RAMS 데이터와 LCC 데이터의 상호 연계를 고려한 DB를 구축하는 것을 목표로 하고 있다. 이를 위해 당해 연도에서는 3차년도까지 수행한 자기부상열차 CBS 연구, DB구조 연구, LCC 비용항목 및 계산 연구 등 자기부상열차 LCC 모델링 개발을 위한 연구결과를 바탕으로 LCC 분석 S/W 1차 버전 개발을 외부용역업체와 협조를 통해 S/W 코딩 작업을 수행하여 완성차량에 대한 LCC 분석 S/W 개발을 추진하였다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

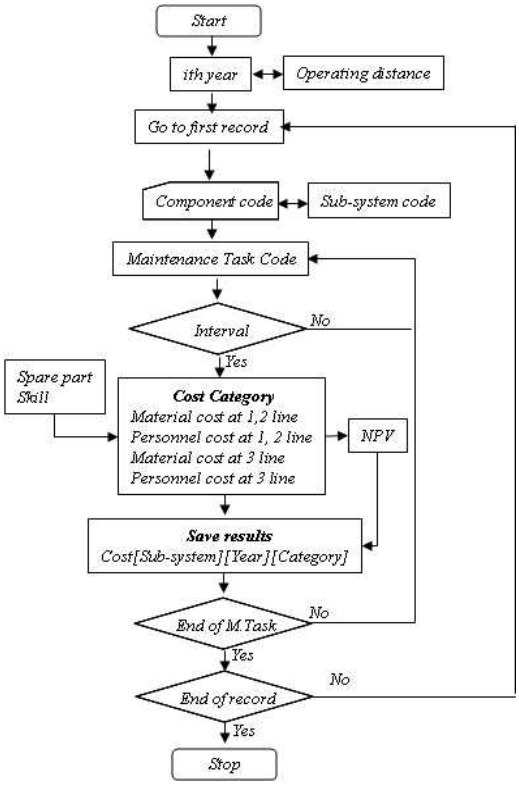
연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
LCC S/W 개발 방향 협의												
LCC S/W 개발 과업지시서 작성												
LCC S/W 코딩업체 선정												
LCC S/W 개발 진행 - 완성차 LCC 계산모델 반영 - 사용자 GUI 환경 구축 - 완성차량 DB 체계 구축												
보고서 작성												

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

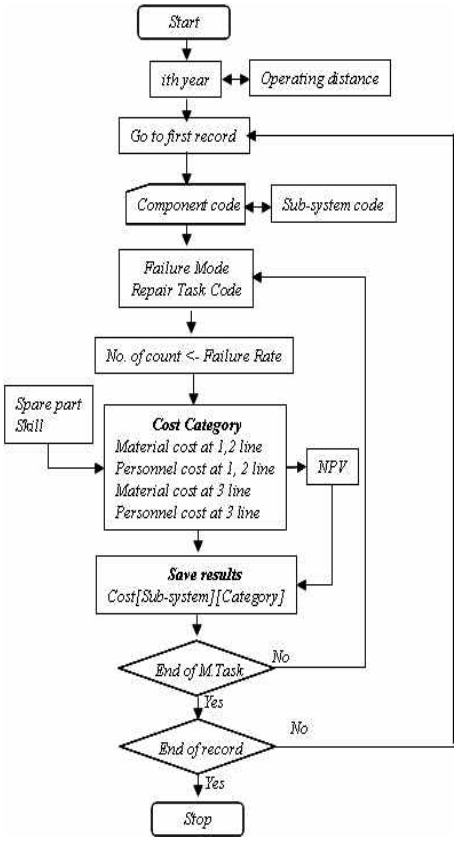
1) LCC S/W 개발 과업지시서 작성

완성차 LCC S/W를 개발하기 위해 선정된 용역업체에 제공하기 위한 요구사항을 아래내용을 포함하여 작성하였다.

① 완성차 LCC 계산 모델 및 계산 예 제시



<예방정비비 계산 절차>



<고장정비비 계산 절차>

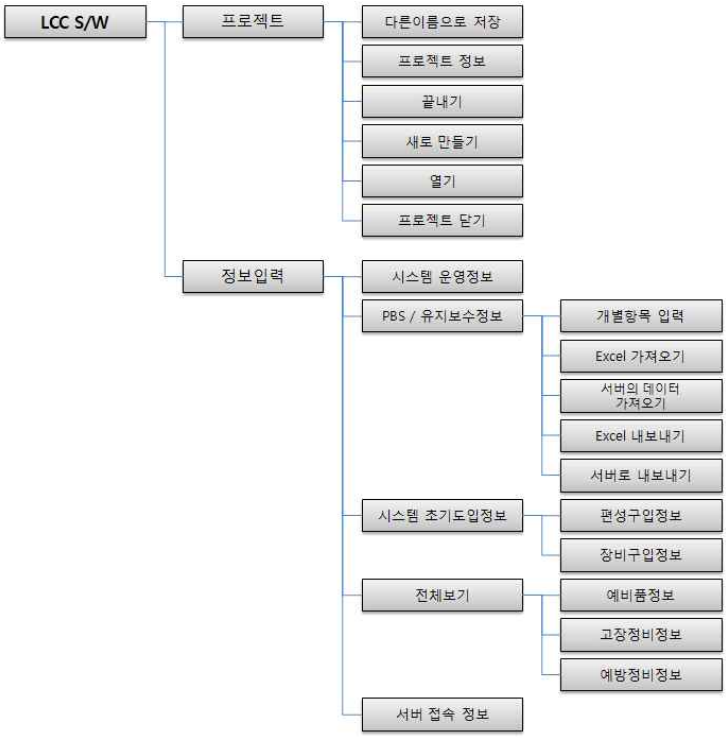
② LCC 계산 결과 출력 설계 및 설계 모듈 예 제시

- 자기부상열차의 도입시 필요한 비용과 수명주기동안 운행하는데 필요한 비용의 예측기능을 제공하여야 한다.
- 자기부상열차의 년간운행비용을 주요부품별 비용 프로파일형태로 제공하여야 한다.
- 서브시스템(예. 제동장치) 단위로 도입 및 수명주기 동안 사용하는데 필요한 모든 비용의 예측기능을 제공하여야 한다.
- 서브시스템(예. 제동장치) 단위로 년간운행에 필요한 비용 프로파일을 제공하여야 한다.
- 서브시스템 A를 사용했을 경우와 B를 사용했을 경우에 대한 대안비교 기능을 제공하여야 한다.

2) 사용자 GUI 환경 구축

완성차 LCC S/W를 구현하기 위해 해외 규격에서 요구하고 있는 LCC 계산 절차를 고려하여 LCC 분석자가 사용하기 용이하도록 화면을 설계하였다.

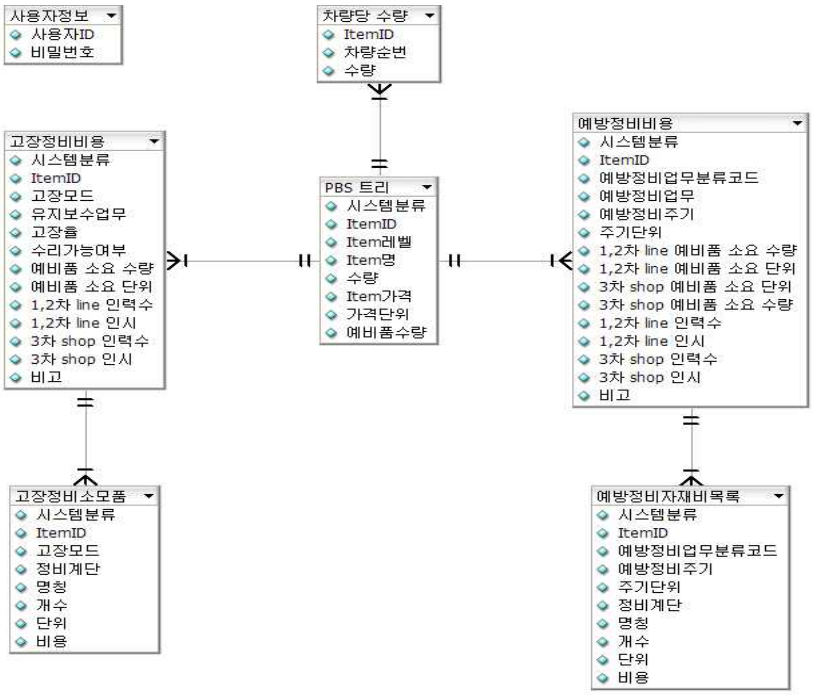
① 화면메뉴 구조



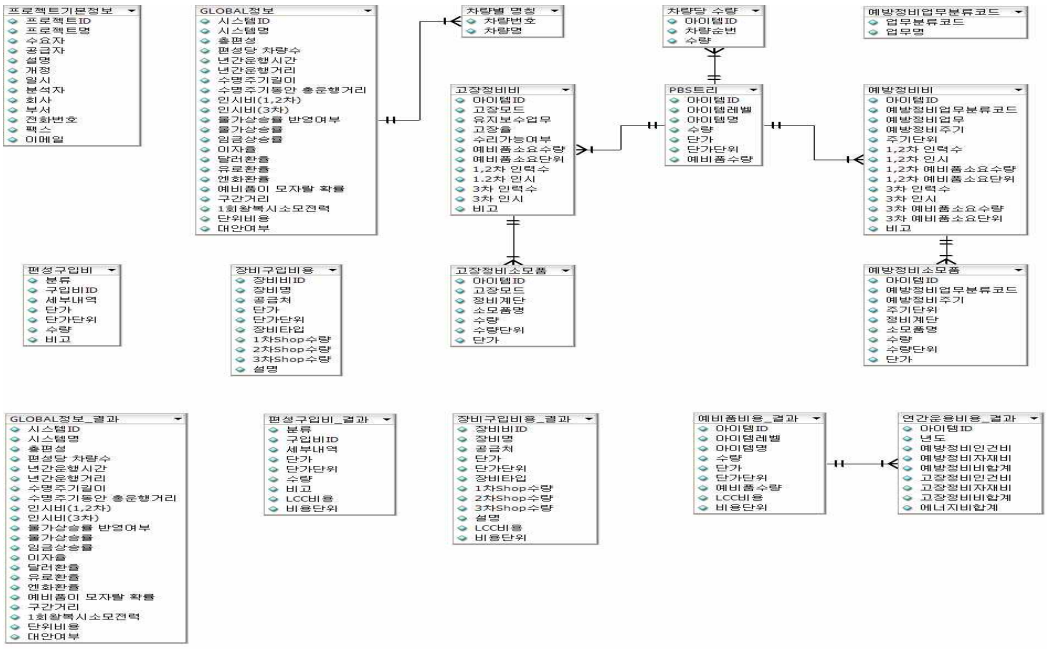
3) 완성차량 DB 체계 구축

완성차 LCC를 계산하기 위한 LCC 각 항목별 DB 구조 및 요구항목을 설계하여 S/W로 구현하였다.

① 시스템 DB 구조



② 사용자 DB 구조



(4) 결과

3차년도까지 수행한 자기부상열차 CBS 연구, DB구조 연구, LCC 비용항목 및 계산 연구 등 자기부상열차 LCC 모델링 개발을 위한 연구결과를 바탕으로 LCC 분석 S/W 1차 버전 개발을 외부용역업체와 협조를 통해 개발을 완료하였다.

개발된 S/W는 LCC와 관련된 정확도가 높은 LCC 데이터가 제공되어 DB가 구축된다면 본 과제를 통해 개발된 LCC 모델을 적용과 제시된 LCC 계산 시나리오에 의거하여 LCC 분석자가 자유롭게 제공된 LCC 비용 범위내에서 상대적으로 정확한 LCC 비용을 예측할 수 있을 것이다.

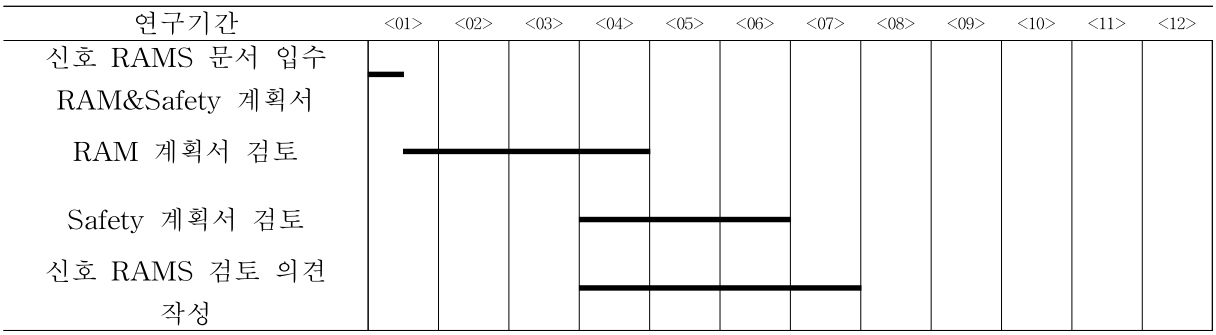
카. 차량 외 서브시스템 제작/설치단계에서 시스템 수준의 RAMS 관리

(1) 열차제어시스템 RAMS 문서 검토

(가) 개요

열차제어시스템(또는 신호시스템)은 철도시스템의 가용성과 안전성에 가장 큰 영향을 미치는 서브시스템으로 전체 시스템 수준의 RAMS 관리에 있어 필수적인 시스템이다. 실용화 사업 초기 신호시스템에 할당된 RAMS 요구사항들이 적절히 반영 되었는지? 또는 서브시스템에서 실행하는 RAMS 업무들이 전체 시스템 활동과 조화를 이루는지? 검토하여 신호시스템이 전체 자기부상시스템의 RAMS 목표달성에 기여할 수 있도록 하는 것이 주된 목표이다. 이를 위해, 시스템 수준에서 열차제어시스템의 RAMS 분석 데이터를 검토 또는 승인 활동을 한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음.
• 기대효과	신호시스템의 RAMS 문서들을 시스템 수준에서 검토하고 검토 의견을 제시하여 신호시스템의 RAMS 활동이 전체 자기부상시스템 수준에서의 RAMS 목표달성에 기여할 수 있도록 할 것이다.
• 활용계획	신호시스템 뿐만이 아니라 타 서브시스템의 RAMS 분석 성과물들을 검토하여 전체 자기부상시스템의 RAMS 목표달성에 기여할 수 있도록 할 수 있을 것이다.

(2) RAMS 분석 서식 안내

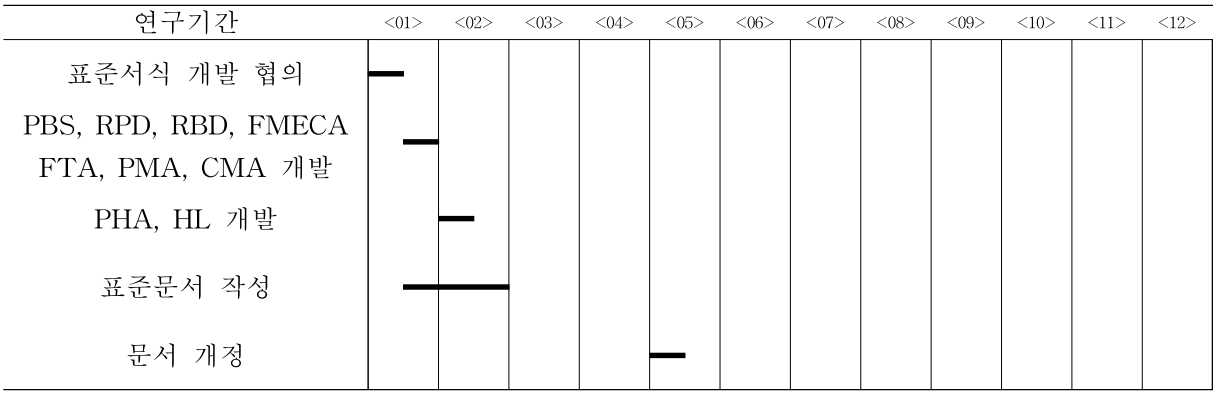
(가) 개요

본 문서에서는 도시형자기부상열차실용화사업 각 서브시스템 공급자들이 작성 제출할 아래의 서브시스템 RAMS 분석용 표준서식들을 제시하고 그 작성방법을 간략히 설명한다.

- PBS(제품계통분석, Product Breakdown Structures)
- RPD (신뢰성 예측, Reliability Prediction Data)
- RBD(신뢰성블록 다이어그램, Reliability Block Diagrams)
- FMECA (Failures Modes and Criticality Effects Analyses)
- FTA(고장계통분석, Fault Tree Analyses)
- PMA(예방정비분석, Preventive Maintenance data Analyses)
- CMA(고장정비분석, Corrective Maintenance data Analyses)
- PHA(예비 해저드분석, Preliminary Hazard identification & Analyses)
- HL(해저드 로그, Hazard Log)

상기 분석서식 중 일부는 서브시스템 수준에서 의무적으로 표준서식을 사용해야 하고 기타 서식도 가급적 표준서식을 사용하는 것이 자기부상열차실용화사업의 RAMS 활동 수행에 보다 효율적이다. 서브시스템에서는 분석되는 항목별 분석주체(설계1팀, 2팀 등), 분석 진행상태(Open, Closed out), 확인/검증상태(open, verified, validated), 확인자/검증자, 개정상태(2010.07.10revised),경감방안 주체/계획일/완료일(설계1팀, 2팀/ 2010.08.01/ 2010.08.01),증빙문서(문서번호, 발행일, 개정 등) 등을 표준서식에 추가함으로써 분석/검증 /감독(audit) 진행상태를 관리하여 분석증빙 제시, 담당자 변경 등 향후 발생가능 업무를 대비할 수 있다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음.
• 기대효과	자기부상시스템은 국내 뿐 아니라 세계적으로도 2번째로 실용화가 추진되는 생소한 시스템이며, 또한 일부 공급업체들은 철도분야 RAMS 분석 경험이 적어 생소할 수 있다. 이에 따라 서브시스템 RAMS 분석에 어려움을 겪을 수 있는 서브시스템 공급업체에게 RAMS 분석 표준서식과 작성방법을 제시하여 높은 품질의 서브시스템 RAMS 분석활동 성과를 기대 한다.
• 활용계획	서브시스템 공급업체들은 이 문서에서 제공되는 가이드라인과 양식을 통해 서브시스템 RAMS 분석을 진행해 나가면 그 분석 결과를 전체 자기부상시스템 수준에서 통합해 나갈 수 있을 것이다.

(3) 시스템 RAM 관리 계획

(가) 개요

본 문서는 자기부상 시범노선에 건설될 E&M 시스템 RAM 요구조건 달성을 보장하기 위한 활동들을 계획하고 RAM 수행 조직을 구성하는데 그 목적이 있으며 “시스템 RAM 계획” 또는 “시스템 RAM 관리계획”으로 명명된다. 시스템 RAM 관리계획은 RAM 활동과 관련된 시스템 엔지니어링의 설계검증 절차를 구축하고 유지하며 이 절차들의 체계적인 통제가 가능하도록 하는데 그 목적이 있기 때문에 다음과 같은 검증 도구들을 기술한다.

① RAMS 활동들의 준비를 위한 계획문서를 제시

② 적절한 시기에 비용 효과가 높은 방법으로 RAM 원리들이 서브시스템 설계에 반영되도록 감시

③ 각 E&M 서브시스템에서 발생 가능한 고장을 인식, 추적, 및 평가하며 현실적으로 가능할 경우 고장요인을 제거하거나 완화

④ RAM 문서들 관리를 위한 절차나 참조 사항을 기술

서브시스템 설계, 시스템/장치 구성, 또는 운영기능 요구사항과 관련된 변경사항이 RAM 요구조건을 충족하는지 여부를 확인하며. 본 실용화사업 연구기간 전 단계에 걸친 신뢰성, 가용성, 유지 보수성에 대한 중요한 데이터와 결과/경험을 수집하고 문서화 한다.

시범노선 건설 각 단계마다 시스템 RAM 관리계획이 갱신되어 E&M 시스템 수준에서 신뢰성, 유지보수성 엔지니어링을 수행하는데 필요한 절차들과 일정들을 점차 상세화 한다. 시스템 RAM 보증절차를 구축하며 모든 E&M 서브 시스템에서 수행하는 RAM 요구사항 달성 검증방안을 표준화 시킨다.

시스템 RAM 관리계획에서는 본 실용화사업 E&M 시스템의 고 신뢰성을 보장하고 열차 운행서비스 중단을 최소화 하기 위한 신뢰성, 가용성, 유지보수성 엔지니어링 활동을 기술한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
용어정의 오류, 수정					—							
관리계획 개정					▬							

(다) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	서브시스템 설계, 시스템/장치 구성, 또는 운영기능 요구사항과 관련된 변경사항이 RAM 요구조건을 충족하는지 여부를 확인하며. 본 실용화사업 연구기간 전 단계에 걸친 신뢰성, 가용성, 유지 보수성에 대한 중요한 데이터와 결과/경험을 수집하고 문서화 할 수 있을 것이다.
• 활용계획	본 시스템 RAM 관리계획을 따라 실용화사업이 완료될 때까지 시스템 RAM 분석 활동을 수행한다.

(4) 시스템 FMECA

(가) 개요

본 문서에서는 아래 사항을 추진하기 위해 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선에 대한 시스템 수준의 통합 FMECA를 기술한다.

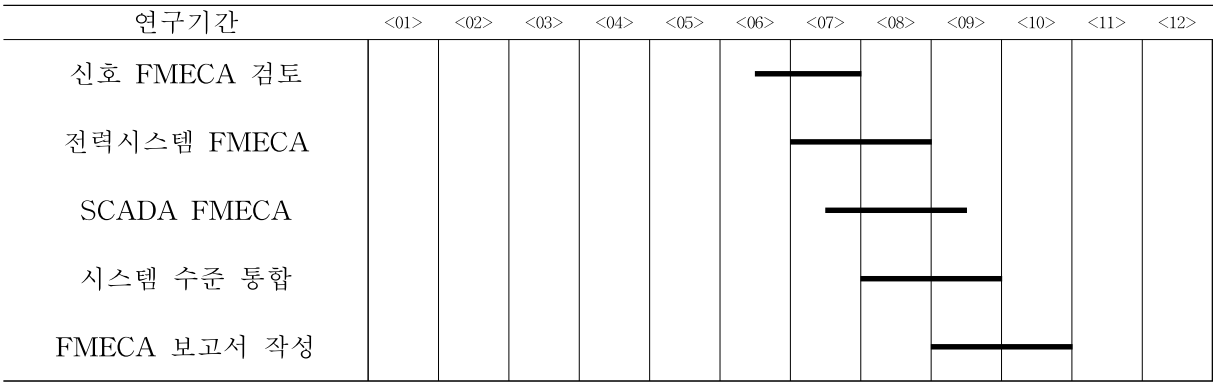
① 고장모드의 전체시스템 수준에서의 검토와 이 모드가 열차운행서비스 장애에 미치는 잠재적인 중요도를 평가하고

② 시스템 작동상태에 대한 유용한 기술정보, 시스템 설계를 평가하기 위한 고장에 대한 용인범위, 그리고 만약 존재하면 주요한 싱글포인트 고장(critical single point failures)를 식별하며

③ 시스템 RAM 분석을 지원한다

현재의 시스템 FMECA는 각 서브시스템의 FMECA가 분석되지 않은 상태에서 작성한다. 이러한 관점에서 본 문서는 시스템의 예비 FMECA이며 서브시스템의 고장모드의 기능과 운영상의 양상을 상위 수준에서 예비적으로 분석하며 서브시스템 RAMS 분석 자료가 제출되면 개정될 것이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※전력 FMECA

시스템/서브시스템: 자기부상열차/전력시스템									시스템/서브시스템 코드: 1000000 / 1100000			
고장 식별					고장 영향				고장 감지&관리		고장 결과 분류	기타
품목 코드	품목명	기능	고장 모드 코드	고장 모드	지역	서브시스템	시스템		고장 감지 방법	방지/완화 대책		
5100000	DC 급전 - 고압 Switchboard	변전소 전원 공급	51000001	변전소 고압 switchboard 단일 고장	고압 switchboard 장비 고장	변전소가 변압기에 전원을 공급할 수 없음.		없음. 자동으로 SCADA가 reconfiguration함.	자동 복구/SCADA	높은 신뢰성 부품 주기적 검사	Mi	없음
5200000	DC 급전 - 변전소 전원 정류기	제3궤조에 대한 급전	52000001	변전소 정류기 고장	변전소 정류기 과열 혹은 합선	섹션내 제3계전 급전 손실		없음. 자동으로 SCADA가 reconfiguration함.	자동 복구/SCADA	높은 신뢰성 부품 주기적 검사	Mi	없음
5300000	DC 급전 - Depot 전원 정류기	Depot 제3궤조 전원 급전	53000001	Depot 변전소 정류기 고장	Depot 정류기 과열 혹은 합선	Depot 내의 제 3계전 급전 손실		없음. 자동으로 SCADA가 reconfiguration함.	자동 복구/SCADA	높은 신뢰성 부품 주기적 검사	Mi	없음
5400000	DC 급전 - Depot 전원 정류기	Depot DC 및 제 3계전 급전	54000001	이중 Depot 정류기 고장	양 Depot 정류기 과열 혹은 합선	DC급전과 제 3계전 손실		서비스 중단, 직원 개입으로 관리 가능한 고장 발생	자동 복구/SCADA	없음	MJ	없음
5500000	정거장 전원 공급 - DC switchboard	제3궤조에 대한 급전	55000001	DC Switchboard 고장	고속에서 직류 breaker board 고장	섹션내 제3계전 급전 손실		없음. 자동으로 SCADA가 reconfiguration함.	자동 복구/SCADA	없음	Mi	없음
5600000	정거장 전원 공급 - 전원 공급 변전소	제3궤조에 대한 급전	56000001	변전소 고장	전원 공급 변전소 장비 고장	섹션내 제3계전 급전 손실		없음. 자동으로 SCADA가 reconfiguration함.	자동 복구/SCADA	없음	Mi	없음
5700000	정거장 전원 공급 - 전원 공급 변전소	제3궤조에 대한 급전	57000001	두 근접 변전소 고장 동시 발생	전원 공급 변전소 장비 고장	섹션내 제3계전 급전 손실		섹션 라인 사용 불가(양쪽 트랙 모두)	자동 복구/SCADA	없음	SG	승객들의 무분별한 탈출 가능성이 있는 상황에서 가이드웨이 상에 열차가 고정됨.
5800000	정거장 전원 공급 - 전원 공급 네트워크 AC/LV	비상 및 일반 섹션 230/380 Vac 공급	58000001	저압 switchboard 고장	저압 switchboard 장비 고장	없음		없음. 자동적으로 UPS back-up 개입.	육안 검사/SCADA	높은 신뢰성 부품 주기적 검사	Mi	없음
5900000	정거장 전원 공급 - 전원 공급 네트워크 AC/LV	비상 및 일반 섹션 230/380 Vac 공급	59000001	저압 Switchboard 및 back-up UPS 고장	저압 switchboard 장비와 UPS 고장	전원 공급 네트워크 AC/LV 시설 손실		서비스 중단, 직원 개입으로 관리 가능한 고장 발생	육안 검사/SCADA	높은 신뢰성 부품 주기적 검사	MJ	안전 관련 시스템 손실
5(10)00000	정거장 전원 공급 - 저압 switchboard	비상 및 일반 섹션 230/380 Vac 공급	5(10)000001	저압 switchboard 고장	저압 switchboard 장비 고장	없음		없음. 자동적으로 UPS back-up 개입.	자동 복구/SCADA	높은 신뢰성 부품 주기적 검사	Mi	없음
5(11)00000	UPS 전원 공급 - UPS	비상 및 일반 섹션 230/380 Vac 공급	5(11)000001	저압 전원 공급 원회 도중 UPS 고장	비상 상황에서 UPS 시설 손실	비상 섹션 공급 손실		서비스 중단, 직원 개입으로 관리 가능한 고장 발생	자동 복구	없음	MJ	안전 관련 시스템 공급 없음
5(12)00000	정거장 전원 공급 - 컨버터	배터리 충전과 110 Vdc 섹션 공급	5(12)000001	컨버터 장비에 대한 중대한 고장	리던던트 컨버터 손실	110 Vdc 섹션 손실		서비스 중단, 직원 개입으로 관리 가능한 고장 발생	자동 복구	없음	MJ	안전 관련 시스템 손실

※SCADA FMECA

시스템/서브시스템: 자기부상열차/SCADA시스템								시스템/서브시스템 코드: 1000000 / 1100000			
고장 식별					고장 영향			고장 감지&관리		고장 결과 분류	기타
품목 코드	품목명	기능	고장 모드 코드	고장 모드	지역	서브시스템	시스템	고장 감지 방법	방지/완화 대책		
7100000	Host Computer	PDS 장치 상태 감시 -PDS 장치 운행 제어 -경보 및 오작동 보고 -데이터 기록 및 보고	71000001	데이터 손실	호스트 컴퓨터 고장, 리던던트 호스트 컴퓨터로 자동 전환	마스터 컴퓨터 서버의 리던던시 손상	자동 전환을 완료하고 모든 커넥션(연결)을 복구하기 위해 필요한 시간 동안 SCADA 시스템 기능이 일시적으로 손실됨. 양쪽 서버가 모두 실패하면 OCC SCADA 기능이 손실됨.	커뮤니케이션 타임아웃	서버 리던던시 -주기적인 검사	MI	운영자 제어 센터에서의 단일 고장이 발생한 경우, 모든 SCADA 시스템 기능은 계속해서 사용 가능함. 같은 기능을 수행하는 해당(correspondent) 리던던트 부품에서 두 번째 고장이 발생하면 (두 서버 컴퓨터의 일시적인 고장인 경우), SCADA 시스템 기능 사용에 전반적으로 영향을 미칠 것임.
			71000002	부정확 출력	호스트 컴퓨터 고장, 리던던트 호스트 컴퓨터로 자동 전환	마스터 컴퓨터 서버의 리던던시 손상	자동 전환을 완료하고 모든 커넥션(연결)을 복구하기 위해 필요한 시간 동안 SCADA 시스템 기능이 일시적으로 손실됨. 양쪽 서버가 모두 실패하면 OCC SCADA 기능이 손실됨.	커뮤니케이션 타임아웃	서버 리던던시 -주기적인 검사	MI	운영자 제어 센터에서의 단일 고장이 발생한 경우, 모든 SCADA 시스템 기능은 계속해서 사용 가능함. 같은 기능을 수행하는 해당(correspondent) 리던던트 부품에서 두 번째 고장이 발생하면 (두 서버 컴퓨터의 일시적인 고장인 경우), SCADA 시스템 기능 사용에 전반적으로 영향을 미칠 것임.

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	차량시스템의 FMECA를 반영한 시스템 수준의 FMECA가 완성되었으며 차량 외 서브시스템에 대한 공급자 선정 지연 및 RAMS 분석 지연으로 타 서브시스템에 대한 반영이 지연되었다. 전력시스템과 SCADA는 유사사례를 반영하여 분석을 수행하였다. 향후 차량 외 서브시스템에 대한 RAMS 분석이 제출될 때 이 데이터가 시스템 수준에서 통합될 수 있도록 할 것이다.
• 기대효과	시스템 FMECA(Failure Mode Effect and Criticality Analysis)는 고장모드와 고장영향, 고장감지 및 완화 대책, 고장 심각도를 파악할 수 있어 각 서브시스템 뿐 만 아니라 전체 시스템 수준의 고장 모드 영향과 심각도를 파악할 수 있을 것이다.
• 활용계획	이 문서는 시스템 고장 모드의 분포 및 잠재적인 중요도를 평가하여 시스템의 신뢰성 예측에 활용한다.

(5) 시스템 Hazard 분석 보고서

(가) 개요

본 문서는 자기부상 시범노선의 운영 중에 잠재적으로 사망이나 부상을 초래할 수 있는 시스템 수준의 모든 해저드들을 포괄적이고 체계적으로 식별하고 기록하기 위하여 작성한다. 이 문서의 목적은;

① 포괄적이고 체계적으로 시스템의 해저드를 식별하고

② 식별된 해저드 관련 리스크를 예비적으로 평가하며

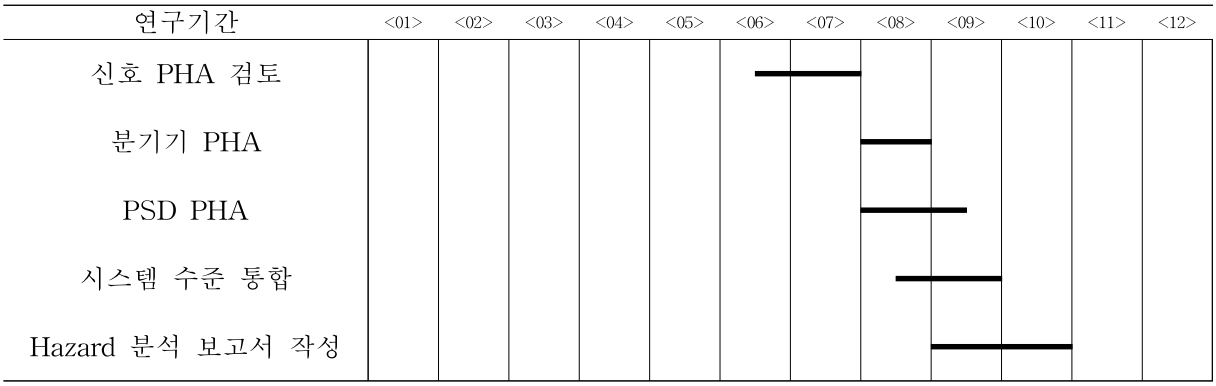
③ 리스크를 적절하게 관리하고 축소하기 위한 안전장치, 절차 등을 형식화 한다.

본 문서의 결과로서 서브시스템에서 상세하게 분석해야 할 위험도 높은 잠재적 해저드의 영역들을 나타내어 서브시스템 공급업체에 제공할 수 있다. 이러한 해저드 목록은 자기부상열차 실용화사업 향후 수행단계에서 해저드의 발생빈도와 결과의 심각도를 수용 가능한 수준까지 낮추기 위해 서브시스템 공급자들이 제출하는 서브시스템 해저드에 대한 체크 리스트로 활용이 가능하다.

각각의 해저드에 대하여 최악의 불운한 발생 결과들과 발생빈도 및 발생결과를 완화하기 위한 안전조치와 보호조치가 정의된다. 이 문서에서는 “서브시스템 RAMS 요구사항” 문서에 있는 예비 해저드 분석 내용을 보다 깊이

있게 분석하였다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※시스템 젠체 수준 Hazard log

Hazard ID	Hazard Description	Involved Subsystem Assembly	Location	Causes	Consequences	Mitigation Measures	Risk Assessment			Remarks
							Severity	Frequency	Risk	
SYS/MISC/15	Unsafe environment for passenger at station	Air Conditioning System	Station	- environmental cause (e.g. hot temperature) - air Conditioning system failure	Passenger Discomfort Minor injury	1. adequate design, installation and testing of air conditioning system	3	E	Negligible	Nothing to remark
	역사에 승객에 안전하지 않은 환경	에어컨 시스템	역사	- 환경적 원인(예, 고온) - 에어컨 실패	승객 불편, 경상	1. 에어컨 시스템의 적절한 설계, 설치, 시험				
SYS/MISC/16	Unsafe environment for O&M personnel	Air Conditioning System	Technical areas	- environmental causes (e.g. hot temperature) - air Conditioning system failure	Minor injury.	1. adequate design, installation and testing of air conditioning system	3	E	Negligible	Nothing to remark
	O&M 인원에 대한 안전하지 않은 환경	에어컨 시스템	기술 지역	- 환경적 원인(예, 고온) - 에어컨 실패	경상	1. 에어컨 시스템의 적절한 설계, 설치, 시험				
SYS/ENV/1	Earthquake	System	Whole Network	Natural hazard	Potential for multiple fatalities and/or multiple severe injuries	1. verification and validation of the civil works design with respect to the compliance with national building codes; 2. proper definition of the safety margins with respect to the nominal load conditions 3. adequate emergency procedures	1	E	Tolerable	Nothing to remark
	지진	시스템	전 구간	자연 재해	다수의 사망 또는 다수의 중상	1. 국가 건축 코드에 맞는 토목 설계의 확인과 검증; 2. 명목 하중 조건에 대한 안전 마진의 적절한 정의 3. 적절한 비상 조치				
SYS/ENV/2	Geological displacement (e.g. variation in the water level, settlement of buildings adjacent to stations,etc.)	System	Whole Network	Natural hazard	Potential for multiple fatalities and/or multiple severe injuries	1. verification and validation of the civil works design with respect to the compliance with national building codes; 2. proper definition of the safety margins with respect to the nominal load conditions; 3. periodic inspection to the critical points of the structures related to seasonal weather conditions 4. adequate emergency procedures	1	E	Tolerable	Nothing to remark
	지질학적 이동(예, 수위 차이, 역사에 근접한 빌딩의 이동 등)	시스템	전 구간	자연 재해	다수의 사망 또는 다수의 중상	1. 국가 건축 코드에 맞는 토목 설계의 확인과 검증; 2. 명목 하중 조건에 대한 안전 마진의 적절한 정의 3. 계절 환경 조건과 관련된 구조물의 중요 포인트에 대한 주기적 검사 4. 적절한 비상 조치				
SYS/ENV/3	Weather conditions, limit of accumulated ice and snow on the trackway	Vehicle Trackway Signalling System	Whole Network	Weather	possible suspension of train operation and possibility of train evacuation along the	1. appropriate procedures for line inspection and cleaning (from accumulated ice and snow) in extreme weather conditions	3	D	Tolerable	

※분기기 및 PSD Hazard Log

Hazard ID	Hazard Description	Involved Subsystem Assembly	Location	Causes	Consequences	Mitigation Measures	Risk Assessment			Remarks
							Severity	Frequency	Risk	
PSD/HUM/1	Passenger opens PSD voluntarily	PSD	station	Irresponsibility of passenger or malicious intent	passenger can fall on the track and be struck by a train	1. electric locking device installed on PSD drive device 2. locking device installed on the OPS	2	E	Tolerable	Nothing to remark
	승객이 PSD 열림	PSD	역사	승객의 무책임 또는 악의적 의도	승객 선로 위 추락 및 열차 끼임	1. PSD 드라이브 장치에 설치된 전기적 잠금 장치 2. OPS에 설치된 잠금 장치				
PSD/FAIL/12	Inappropriate PSD Design	PSD	station	presence of protrusion and/or sharp edges	passenger may soofer from minor injuries	1. PSD Design improvement to remove protrusion and sharp edges	3	E	Negligible	Nothing to remark
	부적절한 PSD 설계	PSD	역사	날카로운 부분이나 돌출부	승객 경상	1. 날카로운 부분이나 돌출부 제거 위해 PSD 설계 개선				
PSD/MISC/3	Unauthorized access to ICP	PSD	station	- malicious intent or vandalism -human error by O&M Staff	passengers may be trapped between PSD and injured	1. locking device at ICP 2. adequate training of O&M Staff	3	E	Negligible	Nothing to remark
	ICP에 권한없는 사람의 접속	PSD	역사	- 악의적 의도 또는 난달리즘 - O&M직원에 의한 실수	PSD 사이에 승객 갑힘, 부상	1. ICP에 잠금 기능 2. O&M직원의 적절한 훈련				
PSD/HUM/2	Passenger trapped between PSD	PSD	station	passengers visually impaired or deaf	passengers may be trapped between PSD and injured	1. visually impaired people will hear an audible signal when PSD open/close 2. deaf people will see a LED light when PSD open/close	3	E	Negligible	Nothing to remark
	PSD 사이에 승객 갑힘	PSD	역사	장님이나 귀머거리	PSD사이에 승객 갑힘, 부상	1. 장님이 PSD 개폐 시 청각 신호를 들을 수 있게 한다. 2. 귀머거리는 PSD 개폐시 LED 빛을 볼 수 있게 한다.				
SWT/ENV/1	Severe weather conditions (low temperatures, heavy snowfall, ice)	SWT	Whole Network	Natural Hazard	Blockage of turnout Potential for Train Derailment	1. visual daily inspection in periods of extreme weather conditions 2. O&M Procedures	1	E	Tolerable	Nothing to remark
	안 좋은 날씨 환경(저온, 폭설 등)	SWT	전 구간	자연 재해	분기기 몽쇄 탈선	1. 가혹한 날씨 환경 동안 매일 육안 검사 2. O&M절차				
SWT/O&M/1	Maintenance staff entering track without authorisation	SWT	Whole Network	Improper maintainer behaviour	Fatality or severe injuring of maintainer	1. implementation of strict Safety Regulations	2	F	Tolerable	Nothing to remark
	유지보수 직원 권한 없이 선로 진입	SWT	전 구간	부적절한 유지보수원의 행동	유지보수원의 사망 또는 중상	1. 엄격한 안전 규격의 시행				
SWT/FAIL/1	EMI / EMC between Switching Turnouts equipment and Vehicle equipment	SWT	Whole Network	Interference among Switching Turnouts equipment and equipment onboard such as propulsion, levitation and signalling systems	Potential for trains and/or turnout improper behaiiour Potential for fatality and/or severe injuries	1. EMI / EMC compliance with the norms by all the electrical equipment installed onboard and on the turnout	2	E	Tolerable	Nothing to remark
	분기기 장비와 차량 장비 사이에 EMI/EMC	SWT	전 구간	분기기 장비로 인한 부상 그리고 신호 시스템 같은 차상 신호 장비 사이 간섭	차량과 분기기 오동작 사망 또는 중상	1. 차상과분기기에 설치된 모든 전자 장비가 EMI/EMC 기준에 부합				

6 페이지

(라) 결과

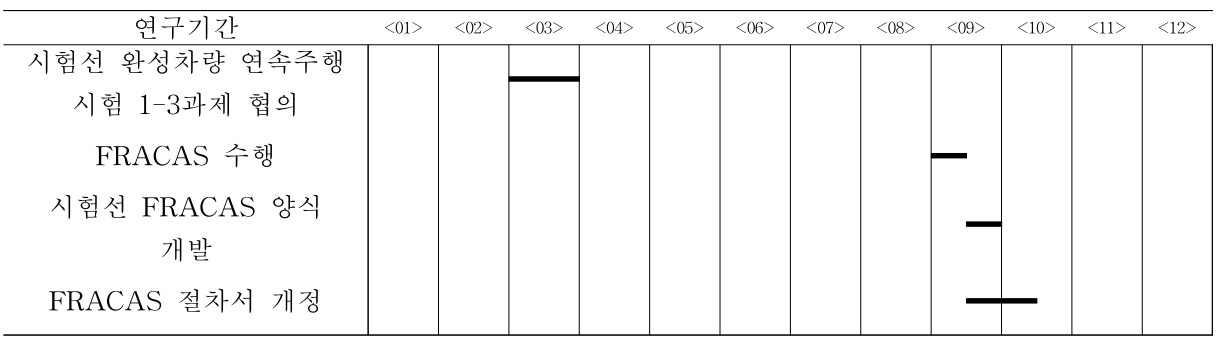
• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	각 서브시스템수준에서 식별되는 모든 Hazard와 시스템 수준에서 예비 식별된 모든 Hazard 들이 저감되어 본선에서 발생 가능한 Hazard를 제거 또는 저감 할 수 있다.
• 활용계획	시스템 해저드 로그(또는 해저드 분석 보고서)에서 식별된 Hazard의 리스크를 제거 또는 저감하는 활동을 기술시운전 시까지 진행할 예정이나. 기술시운전 후에 잔존 리스크가 큰 해저드는 펀치리스트(punch List)에 기술되어 시범노선 운영기관에 이관함으로써 시범노선을 운영하는 수명주기까지 자기부상시스템의 승객/직원 안전성 수준 관리를 지속할 수 있도록 한다.

(6) 시스템 FRACAS 절차서

(가) 개요

본 문서는 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 기술시운전, 영업시운전, 기간 동안 수행하는 시스템 RAM 시연활동 중에 발생하는 시스템 고장을 수집, 분석하기 위해 구성되는 조직, 업무절차, 방법론을 기술하고 영업운전기간 동안 “시스템 RAM 시연” 활동을 위한 참조문서로서 “시스템 RAM 시연 계획”의 일부가 된다. FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System, 고장 보고·분석·교정 활동 시스템)는 자기부상시스템의 신뢰성 산출을 위한 정확한 데이터를 제공하고 고장해결을 위한 교정활동의 정확성을 감시/통제하는데 사용된다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도



(다) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	본 문서는 각 서브시스템 고장 데이터에 대한 수집/분석/교정하는 절차서로 여기서 제공되는 고장데이터 수집양식으로 본선 및 시험선에서의 차량 및 차량 외 시스템의 고장데이터를 수집하여 서비스에 영향을 주는 고장을 선별 관리하여 자기부상시스템 가용성을 산출할 수 있도록 하고 서브시스템 공급자에 의해 수행되는 교정조치가 정해진 절차에 따라 진행될 수 있도록 한다.
• 활용계획	시범노선 영업시운전 중 및 영업운영 중 시스템 RAM 시연 활동에 업무 절차로서 활용된다.

(7) 시스템 FRACAS 보고서

가. 개요

본 문서에서는 대전시 한국기계연구원 시험선에서 수행된 완성차량 예비 주행시험에서 얻은 초기 고장발생을 정리하고, 완성차량 예비 주행시험 중 발생한 고장조사를 위해 고장분석을 수행한다.

또한 시범노선 영업시운전 중 또는 영업운영 중에 발생하는 고장들을 FRACAS 절차에 따라서 수행할 예정인 고장분석 결과를 유사 무인운전시스템에서 얻은 데이터를 바탕으로 예제로서 설명하여 FRACAS 절차에 대한 연구원들의 이해를 돕고자 한다.

FRACAS(Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System) 수행의 목적은 자기부상 시스템의 신뢰성에 관한 정확한 정보를 제공하고 고장해결을 위해 서브시스템 공급자들이 교정조치를 정확하게 수행하는지 감시하기 위해서 수행한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
시험선 완성차량 연속주행												
시험 1-3과제 협의												
차량 고장데이터 수집 (1-3)												
차량 고장데이터 분석												
시험선 FRACAS 수행												
현장 고장데이터 분석												
시험선 FRACAS 양식 개발												
보고서 작성												

(다) 결과

• 문제점 및 보완계획	시험선에서 완성차 주행시험이 5-6차년도에 걸쳐 진행되기 때문에 본 문서는 6차년도에 수집된 완성차 고장데이터를 기반으로 개정될 것이다.
• 기대효과	한국기계연구원에서 FRACAS 절차를 예비 수행해 봄으로써 수행 절차상 문제점을 사전에 점검하고자 진행하였으며, 동 활동은 6차년도에도 1-3세부과제의 지원으로 수행되며 수집된 고장데이터는 2핵심에 전달되어 완성차 설계개선에 활동될 것으로 기대된다.
• 활용계획	6차년도 시험선 완성차 주행시험 및 7차년도 영업시운전 중 진행될 “시스템 RAM 시연계획”의 하부 절차로 진행될 FRACAS 수행에 입력 데이터로 활용될 것이다.

(8) 시스템 RAMS 관리 보고서

(가) 개요

본 문서는 자기부상실용화사업 5차년도에 분석을 진행한 시스템 FMECA (M1200-SE+RM-101-0017, Rev 01)과 시스템 해저드 로그 (M1200-SE+RM-101- 0035 , Rev 01)로 구성되며 각각의 내용은 RAMS 분석을 수행하는 서브시스템들의 분석 자료를 기반으로 작성 한다.

그러나 대부분 서브시스템들의 FMECA 및/또는 해저드 로그를 제출 받지 못한 상태에서 자기부상시스템 수준에서 유사 무인운전시스템에서의 경험을 바탕으로 서브시스템의 기능적 운영적 특성을 기술함으로써 향후 제출 받을 서브시스템 공급자의 분석 내용과 차이가 발생 할 수도 있다. 따라서 관련 문서는 서브시스템 공급자가 공급범위의 RAMS 분석 자료들을 제출하면 적절하게 개정 될 예정이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
보고서 작성										━		

(다) 결과

• 문제점 및 보완계획	대부분 서브시스템들의 FMECA 및 또는 Hazard Log를 제출 받지 못한 상태이다. 이들이 제출되면 관련 내용이 개정될 것이다.
• 기대효과	본 보고서는 시스템 FMECA와 해저드 로그로 구성되며, 작성된 데이터는 6-7차년도 시스템 RAMS 분석에 입력 데이터로서 활용이 기대된다.
• 활용계획	본 보고서의 내용은 6-7차년도 시스템 RAMS 분석 활동에 입력 데이터로서 활용할 예정이다.

(9) 시스템 RAM 시연계획

(가) 개요

이 “시스템 RAM 데모 (시연) 계획서”는 도시형 자기부상 열차 실용화 사업 시범노선 기전시스템의 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 시연(입증, 데모) 활동을 수행하기 위해 작성한다. 이 문서는 일반적으로 EN50126의 요구조건을 따른다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
용어정의 수정, 시험노선용 FRACAS 개정내용 반영									━			
시연계획서 개정										━		

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※본선 시운전 및 영업운영기간 동안 기전시스템 서비스가용성 목표 요약

[표 165]시스템의 서비스가용성 목표

시험 종류			시험기간		운행 열차 수	가용성 목표	시험주관 기관
기술시운전 종료전	1	운전시격 시험	1개월	2012.8.1~ 2012.9.30	3	없음	자기부상열차 실용화사업단 (건설기관)
영업시운전 종료전	2	운전시격 시험	3개월	2012.10.1~ 2012.12.31	3	93%	
영업 운전	3	정상운영 (시간표)	6개월	2013.1.1~ 2013.6.30	3	96%	인천공항공사 (운영기관)
	4	정상운영 (시간표)	6개월	2013.6.1~ 2013.12.31	3	96%	
영업 운전	5	정상운영 (시간표)	12개월	2014	3	98%	

[표 166]시스템 RAM 시연 단계에서 기관별 역할

실용화 사업단계		주관기관 (시스템 RAM 시연주체)	역할(책임범위)
시험·시운전	기술시운전	1핵심(기계연구원) 1-2세부(현대로템)	• 시스템 FRACAS 수행의 조율 • 고장검토위원회(FRB) 소집 주관 • FRACAS 고장데이터 경향 분석 • 서비스 가용성 실적 산출
		실용화사업단	• FRACAS 이행 감독 • FRB회의 참석
		운영회사	• 담당자 교육훈련을 시스템 RAM 시연 활

		(인천공항공사)	동에 참석
		2/3핵심 (서브시스템 공급자)	• 서브시스템 FRACAS 구축/수행 • FRB회의 참석 • 서브시스템 고장데이터 수집/보고 • 서브시스템 RAM 시연계획 보완
	영업시운전	1핵심(기계연구원) 1-2세부(현대로템)	• FRACAS 수행 조율 • 고장검토위원회(FRB) 소집 주관 • FRACAS 고장데이터 경향분석 • 서비스 가용성 실적 산출 • 시스템 RAM 시연 보고서 작성
		운영회사 (인천공항공사)	• FRACAS 고장데이터 수집 지원 • FRB 회의 참석
		실용화사업단	• FRACAS 수행 감독 • FRACAS 고장데이터 수집 지원 • FRB 회의 참석
		2/3핵심 (서브시스템 공급자)	• FRACAS 지원 • 필요 시 FRB 회의 참석 • 서브시스템 고장데이터 수집/보고 • 서브시스템 RAM 시연보고서 작성
영업 운영		운영/유지보수회사	• 고장검토위원회(FRB) 소집, 주관 • FRACAS 고장데이터 수집, 경향분석 • 시스템 RAM 시연보고서 작성
		1핵심(기계연구원) 1-2세부(현대로템)	• 필요 시 FRACAS 지원 • 필요 시 FRB 회의 참석
		2/3핵심 (서브시스템 공급자)	• 필요 시 FRACAS 지원 • 필요 시 FRB 회의 참석

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음.
• 기대효과	본선 시운전과 영업운전 기간 동안 RAMS 목표 수치를 달성하기 위한 활동 계획에 따라 각 서브시스템 공급자와 전체 시스템 관리자, 운영자 간에 혼란을 예방하고 효율적인 RAM 입증 과정이 진행 될 수 있을 것이다.
• 활용계획	본 문서는 자기부상 시스템의 영업시운전과 운영 단계에서 수행될 시스템 RAM 시연 활동에 대한 계획을 수립하여 자기부상시스템 RAM 성능이 적절하게 측정 될 수 있도록 하는데 사용된다.

(10) 국외기술자문활용방안

(가) 개요

각 서브시스템 공급자들의 RAMS 활동 결과들을 자기부상시스템 수준 RAMS 결과로서 통합하고, 각 서브시스템 RAMS 활동들에 대해 촉진하는 역할을 하기 위해서는 RAMS 기술과 전체시스템/서브시스템 설계, 제작, 설치, 시운전 전반에 대한 경험과 지식이 풍부한 RAMS 전문가 집단의 지원이 필요하나 국내에서 RAMS 전문가의 신규채용도 거의 불가하고 RAMS 전문 인력 육성(1개 프로젝트의 수행경험 획득)에도 보통 5-6년 이상이 소요된다. 또한 프로젝트 수행에 소요되는 적절한 인원수의 전문 RAMS 집단을 육성하거나 회사조직 내부에 유지할 정도로 충분한 무인운전 도시철도 건설 프로젝트 수가 현재까지는 국내에서 진행되고 않고 있다.

그럼에도 불구하고, 국내 현실만을 탓하며 돌발 상황(기관 간에 이견발생 등)에서 장기간 결론 없이 관련 연구 기관들 간에 논의만 지속 한다면 해외 선진시스템 들과 경쟁우위 확보에 의한 수출을 목적으로 실용화 하고 있는 자기부상시스템 RAMS 수행성과가 충분하기 않을 수도 있기 때문에, 실용화사업 참여 기관들은 최선(또는 차선)의 대안 선택을 요구 받고 있다고 할 수 있다.

또한 자기부상시스템 수준의 RAMS 기술들, 유사 무인운전시스템 사업에서의 경험들, 각 서브시스템 설계, 제작, 설치, 시운전에 대한 지식, 경험이 풍부한 전문가 집단의 지원이 자기부상열차실용화사업 시스템수준의 RAMS 분석과 입증 활동 수행과 그 과정에서 발생 가능한 돌발상황의 조기 해결에 극히 중요하다.

첨부된 본 문서에서 논의된 것과 같이 제한된 연구예산, 국내업체 RAMS 경험과 지식 관련 현실, 철도선진국의 요구되는 RAMS 수행의 기초 수준과의 차이를 매울 수 있는 거의 유일한 방법으로 전문회사의 국외기술자문을 최소화된 비용으로 받는 것은 자기부상열차실용화사업 설치/시운전 단계에서도 불가피 하다.

이러한 RAMS 전문 기술자문회사는 "무인운전시스템" RAMS 기술자문 실

적이 풍부해야 하고, 본사 내부에 적절하게 RAMS 분석수행, 자료검토를 위한 전문인력(자기부상실용화사업에 지원이 가능한)과 조직을 보유하며, 현재 다수의 RAMS 국외기술자문(전체사업에서 해당 업체의 구체적인 역할과 참여기간 등을 감안 필요) 진행 프로젝트들을 여러 국가들에 갖고 있는 회사를 선정해야 상기의 제한된 비용과 인력으로도 앞에서 논의된 것 같은 시스템수준 RAMS 국외기술자문에서의 계획한 다양한 성과들을 달성할 수 있을 것이다.

이러한 관점에서 국내 자기부상열차실용화사업(무인운전), 김해경전철(무인운전), 인천2호선(무인운전), 해외 데살로니끼 메트로(무인운전, 그리스), 두바이 메트로(무인운전, UAE), 로마 메트로 C 라인(무인운전, 이태리), 브레시아 메트로(무인운전, 이태리) 등 다수의 건설 진행중인 무인운전 프로젝트들에 참여 중이며, 본사에 여러 무인운전 프로젝트들의 "RAMS 분석 및 검토"를 수행하는 조직(전문 인력들)이 자기부상실용화사업에 직접적/지속적 지원이 가능한 디아폴로니아는 국외기술자문 회사로서 적합하다고 할 수 있다.

(나) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	자기부상열차실용화사업 사업단 등의 의사결정 권이 있는 책임자들이 국외기술자문 불가피성과 이에 따른 기대효과를 이해하는 데 참조 자료가 될 수 있기를 기대 한다.
• 활용계획	자기부상열차실용화사업 사업단 등의 의사결정 권이 있는 책임자들에게 국외기술자문 불가피성과 이에 따른 기대효과를 설명하는 참조 자료로 제공할 예정 이다.

(11) 도시형 자기부상철도 시스템 LCC 분석

(가) 개요

LCC 분석과 관련하여 복합 시스템인 철도시스템의 특성상 자기부상철도 시스템은 크게 완성차량과 차량 외 시스템으로 구분할 수 있으며, 해외에서도 완성차량에 대해서는 UNIFE에서 개발한 LCC 모델을 적용하고 있으며, 전력, 신호, 궤도, 역사 등 차량외 시스템에 대해서는 아직까지 해외에서 통일화된 LCC 모델은 없는 상황이다. 따라서 본 과제에서도 완성차량에 대해서는 4차년도까지 UNIFE 모델을 기초로 한 RAMS 설계 데이터를 적용하여 분석을 수행하였으며, 차량외 시스템에 대해서는 REMAIN 모델을 중심으로 한 차량외 시스템 LCC 모델을 개발하였다. 차량과 차량외 시스템 LCC 모델의 큰 차이점은 RAMS 데이터를 활용한 LCC 분석인가, 수집가능한 LCC 데이터를 활용한 LCC 분석인가에 있다. 현재 국내 수준을 볼 때 차량외 시스템의 RAMS 활동은 신호/통신 등 일부 시스템에 한정되어 수행하고 있어 차량외 시스템에 대해서는 RAMAIN 모델을 활용한 간략화 모델을 적용하는 것이 타당하다고 생각하며, 5차년도에는 분기기 등 실제 차량외 시스템 대상 업체에 대한 3회에 걸친 설명회와 입수가능한 데이터를 토대로 하여 LCC 예측 모델의 보완과 사례 분석을 통해 제안된 모델을 입증하고자 하였다.

현재 완성차량에 대해서는 시험선 운행과 관련하여 고장데이터가 불안정한 상태(초기결함 발생 단계)이므로, 상위과제와 연계하여 고장데이터가 안정화된 이후에 FRACAS를 통해 입수되는 RAM 데이터를 수집하여 LCC를 분석할 계획이며, 차량외 시스템의 경우에는 인천공항철도 시험노선의 차량외 시스템을 대상으로 LCC 분석을 위한 DB Sheet를 개발하여 관련 업체의 데이터 제공과 관련된 협조를 요구하고 있으며 일부 설계 데이터를 입수하여 분석을 수행중이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
서브시스템별 실측 비용정보 갱신										━	━	━
시스템별 LCC 예측모델 보완	━	━	━	━	━	━	━	━	━			
자기부상철도 시스템 LCC 분석 및 DB화								━	━	━	━	━
보고서 작성										━	━	━

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

1) 서브 시스템별 LCC 예측 모델 보완

4차년도에 개발된 차량외 시스템 LCC 모델에 대해 실제 현장에서 획득가능한 LCC 데이터 수준을 고려하여 LCC 분석 모델 보완을 수행하였다. 이와 관련하여 차량 및 차량외 시스템에 대한 LCC 모델 개발 내용과 구축예정인 LCC S/W DB 구조에 대해 상위과제가 참여한 가운데 관련 설명회를 3회 실시(2011.1.17, 1.26, 3.16)하였다. 이후 차량외 시스템 LCC 분석 대상으로 작성되는 LCC 데이터 수준에 따라 분석 가능하도록 아래의 2개의 LCC 계산 모델을 제시하였다.

① RAMS 데이터 활용모델 (KRRI 모델)

② 비용 위주의 계산모델 (REMAIN 모델 또는 간략화 모델)

2) 자기부상철도 시스템 LCC 분석 및 DB화

당초 계획된 RAMS 와 연계된 LCC 분석을 위한 차량외 시스템의 RAMS 분석 대상(신호, 분기기, PSD, 제3궤조)에 대한 자료제공이 지연되고 있어 차량외 시스템에 대한 LCC 분석이 지연되고 있다. 이와 관련하여 상위 과제와 3개월에 걸쳐 LCC 분석 대상과 관련된 의견조정 회의가 있었다. 4월 현재 분기기에 대한 LCC 데이터 입수가 진행중에 있으며, 기타 차량외 시스템에 대해 데이터 협조를 위한 공문을 발송한 상태이다. 아래 그림은 초기 수준의 입수된 분기기에 대한 LCC 데이터 내용을 보인 것이다.

: 필수 입력사항 : 공통 입력사항 : REMAIN 모델 입력사항 : KRRI 모델 입력사항

L5	L6	Item명 (+)	수량 (+) Total	고장 모드 (+)	유지보수 업무 (+)	고장횟수(+) 고장률 (F/h)	고장횟수(+) 연간고장 횟수	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 Spare Part 수량	Spare Part 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	Spare Part 계수	Spare Part 단위
		거더 조립	1	CORROSION	PAINTING			Y					
		시작단 고정거더	1										
		단거더 A	1										
		단거더 B	1										
		정거더	1										
		끝단 고정거더	2										
		구동로울러	1										
		장경거더 구동로울러 조립(1.5)	2	UNWOUND	TIGHTEN			Y		0			
		BRACKET 고정(1.5)	1										
		BRACKET 휠	1										
		휠 ROLLER	2										
		SHAFT 휠	2										
		SPACER	2										
		COVER 휠	4										
		SHAFT 브라켓	1										

3) 서브시스템별 실측 비용정보 갱신

현재 기계연구원 시험선에서 완성차량에 대한 성능시험이 진행중으로 서브 시스템의 수준이 아직 유지보수 중심의 LCC 비용 정보 수집단계까지 도달하지 못한 상황이다. 완성차량에 대해서는 향후 시범노선에서의 FRACAS

정보를 활용한 비용정보를 수집하여 RAM 데이터를 반영한 LCC 비용 갱신이 이루어질 예정이다.

(라) 결과

향후 LCC 분석을 위해서는 현재 자기부상열차 추진체계 및 공정 진행 수준과 관련하여 차량외 시스템의 LCC 분석 대상 확정과 함께 관련 LCC 분석 대상에 대한 사업단 및 상위(세부, 핵심)과제의 LCC 데이터 수집을 위한 적극적인 협조가 필요하다.

파. 4차년도 연구결과를 반영한 차량외 시스템 LCC분석 S/W 구현(Rev.2)

(1) 개요

4차년도에는 해외 자료 조사를 통해 차량외 시스템에 대한 LCC 분석을 위한 모델을 수립하고 분석 결과의 LCC DB 구축을 위한 연구를 수행하였다. 5차년도에는 4차년도에 수행한 연구 결과를 S/W로 구현하기 위해 4차년도와 동일하게 S/W 구현을 위한 외부 코딩업체를 선정하여 차량외 시스템에 대한 LCC S/W 구현 작업을 수행하였다. S/W의 기본 체계는 4차년도에 개발된 완성차량 LCC 분석 S/W의 분석 체계를 가지고 오면서, 차량외 시스템의 대상이 신호, 궤도, 역사, 분기기 등 다양한 점을 고려하여 계산 모델의 변경이 가능하고, 어떠한 LCC 모델로 계산되었는지를 확인할 수 있도록 구성하였다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
LCC S/W 개발 방향 협의				━	━							
LCC S/W 개발 과업지시서 작성						━						
LCC S/W 개발 진행 - 주요장치별 LCC 계산모델 반영 - 사용자 GUI 환경 구축 - DB 체계 구축							━	━	━			
보고서 작성										━	━	━

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

1) LCC S/W 개발 과업 지시서 작성

4차년도에 수행한 연구 결과에 대해 용역업체와 함께 S/W 구현을 위한 계산 모델, DB 체계, 화면 구성 등에 대한 개발 방향에 대해 협의를 수행하였다. 본 과제에서는 LCC 모델 및 분석과 관련된 기술을 제공하고 구체적인 S/W 코딩은 외부용역 업체((주)카이엠)을 통해 진행하였다. 차량외 시스템 LCC S/W 구현을 위한 주요 요구사항은 아래와 같다.

LCC 분석 S/W 개발 요구사항

1. 기존 차량시스템 LCC 예측 프로그램과 연동되어야 한다. 즉 차량시스템에서 저장한 데이터를 시스템 모듈단위로 가져오기 기능이 가능해야 한다.
2. 차량 외 시스템은 최대 개수에 관계없이 사용자가 모듈을 추가나 삭제 할 수 있어야 한다.
3. 시스템 모듈 별 입력데이터는 DB에 저장되어야 하고, 사용자에 의해 기 저장된 정보를 불러와서 변경 가능해야 한다.
4. 시스템 모듈 별 LCC가 산출되어야 한다.
5. 추가된 차량 외 시스템 모듈의 계산된 LCC는 전체 LCC에 반영되어야 한다.
6. 차량 외 시스템이 삭제되면 전체 LCC에서 삭제된 시스템의 LCC 만큼 차감되어야 한다.
7. 각 시스템 별 연간운영비용을 프로파일 형태로 제공하여야 한다.
8. 대안비교 기능을 제공해야 한다.
9. 과거 데이터를 이용할 수 있도록 엑셀파일 또는 서버의 공용 DB에서 데이터의 로딩 및 조합 기능을 제공해야 한다.
10. 예측 결과를 표와 그래프로 화면에 표시해야 하며, 파일로 저장할 수 있어야 한다.
11. 사용자는 특정한 시스템 모듈의 계산모델을 변경할 수 있어야 하며, 계산 모델이 변경되면 LCC는 다시 예측되어야 하고, 이 결과를 총 LCC에 반영해야 한다.
12. 시스템 모듈 별 사용되고 있는 계산 모델을 시스템 정보에 명시해야 하며, LCC 결과에도 같이 명시해야 한다.

2) LCC S/W 개발 진행

개발을 위해 수시로 용역업체와 업무회의를 추진하여 S/W 개발 범위를 확정하고, 상위 과제가 참여한 가운데 워크샵 및 외부 설명회를 통해 외부 의견을 반영한 LCC S/W가 구현되도록 하였다.

(4) 결과

개발된 LCC 모델에 대한 상세수준의 구현을 위한 S/W 개발은 본 과제에서 진행되고 있으나, LCC 계산과 관련된 데이터는 참여 업체에서 제공되어야 한다. 또한 분석 대상인 차량외 시스템의 종류가 명확히 정해지지는 않았으나 신호, 분기기, 역사, 궤도 등 다양하고, 분석 대상 시스템에 따라 제공되는 데이터의 수준이 다르게 되어, S/W 구현을 위한 계산 모델 변경과 함께 DB 체계 구조 등 변화가 예상되므로, 현재 국내 업체에서 제공되는 데이터의 상황을 반영한 S/W 구현에 어려움이 있다. 개발중인 S/W는 모델 변경을 반영한 계산도 수행할 수 있도록 추진하고 있으나, 현재 진행상황으로는 LCC 분석 대상에 대한 충분한 LCC 데이터 입수에 어려움이 있어 LCC 계산 모델 입증에 어려움이 있어 차기년도에는 이에 대한 보완 연구가 이루어져야 한다.

하. 시험선 시험평가를 통한 RAMS/LCC 분석

(1). FRACAS 절차서(양식)

(가) 개요

4차년도에 시스템 FRACAS 절차서를 완성하며 본선 시운전 기간 동안 고장데이터에 대한 수집 양식을 개발 배포하였다. 하지만, 이 양식은 시험선 완성차에 대한 고장데이터 수집 양식으로는 적절치 않다고 판단되어 시험선에 적용할 수 있는 고장데이터 수집 양식을 추가로 개발하여 FRACAS 절차서에 반영 하였다.

기존의 양식은 시범노선에서 차량 뿐 아니라 전체 시스템 운행 시 발생하는 모든 데이터를 기록하고 고장보고회를 통해 문제점을 파악하는 양식이었지만 이는 시험선 환경에는 적절치 않았다. 5차년도 새로 개발/배포된 시험선 완성차량 고장 데이터 수집 양식은 차량에 대해서만 적용할 수 있는 양식으로 차량의 고장 데이터를 수집하고 차량에 대해서만 부분적 FRACAS를 진행한다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
시험선 완성차량 연속주행 시험 1-3과제 협의			━									
시험선 FRACAS 수행									━			
시험선 FRACAS 양식 개발										━		
양식 배포										━		

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

※ FRACAS 시험선 양식

No.	고장 발생 시간	고장 소거 시간	고장 설명	부품	부품에 대한 영향	서비스에 대한 영향(Y/N)	지연 여부(Y/N)	차상 복구 가능 여부(Y/N)	비 고

- No : 고장 번호
- 고장 발생 시간: 고장이 발생한 시간

● 고장 소거 시간: 고장을 인지한 시간
● 고장 설명: 고장 모드에 대한 설명
● 부품: 고장이 발생한 부품
● 부품에 대한 영향: 각 고장이 부품에 끼친 영향
예) 고장: 공기 누설 -> 부품에 대한 영향: 제동실패에 따른 제동장치 파손
● 서비스에 대한 영향: 각 고장이 서비스에 영향을 주는 고장인지에 대한 여부
● 지연 여부: 각 고장이 열차의 지연 영향을 주는지에 대한 여부
● 차상 복구 가능 여부: 각 고장이 차상 운전자가 복수 할 수 있는지 여부
● 비고: 차상 복구가 된 항목들 중 어떤 방법으로 복구를 하였는지에 대한 설명

(라) 결과

• 문제점 및 보완계획	없음
• 기대효과	새로 개발/배포된 양식을 통해 5차년도에 이어 6차년도에 걸쳐 완성차량 주행시험 중 고장데이터를 수집하여 차량 시스템의 고장 분포와 고장 모드, 빈도수 등을 확인 할 수 있을 것으로 파악된다.
• 활용계획	한국기계연구원 시험선에서 완성차량에 대한 신뢰성 데이터를 확인하는데 사용할 수 있을 것이다.

(2) 차량 외 시스템 LCC 분석결과 Update

(가) 개요

상위 세부과제와 연계하여 완성차량 및 차량외 시스템의 RAMS 설계 데이터 및 시험선 운행중에 FRACAS 시스템을 통해 입수되는 고장 및 유지보수 관련 자료를 제공받아 4차년도까지 개발된 완성차량 및 차량외 시스템 LCC 모델을 입증하고 분석을 수행하고자 한다. 현재 완성차량에 대해서는 시험선 운행과 관련하여 고장데이터가 불안정한 상태(초기결함 발생 단계)이므로, 상위과제와 연계하여 고장데이터가 안정화된 이후에 FRACAS를 통해 입수되는 RAM 데이터를 수집하여 LCC를 분석할 계획이며, 차량외 시스템의 경우에는 인천공항철도 시험노선의 차량외 시스템을 대상으로 LCC 분석을 위한 DB Sheet를 개발하여 관련 업체의 데이터 제공과 관련된 협조를 요구하고 있으며 일부 설계 데이터를 입수하여 분석을 수행중이다.

(나) 계획일정/수행일정/목표달성도

연구기간	<01>	<02>	<03>	<04>	<05>	<06>	<07>	<08>	<09>	<10>	<11>	<12>
분석 대상 차량외 시스템 선정				━	━	━						
차량외 시스템 LCC 분석 방법 설명회							━	━	━			
대상 차량외 시스템 LCC DB Sheet 제시								━	━			
분석결과 Update										━	━	━

(다) 세부공정별 수행내역 및 결과

1) 분석대상 차량외 시스템 선정

차량외 시스템에 대한 LCC 데이터를 수집하기 위해서는 상위 과제의 협조를 얻어야 할 필요가 있다. 이를 위해 본 과제는 위탁과제로 계획서에 의거하여 RAMS 분석 대상에 대해 LCC 모델을 수립하고, 관련 데이터를 수집하여 분석하고자 하였으나, RAMS 분석 대상 차량외 시스템에 대한 선정과 관련 데이터 작성이 현재 진행중에 있어 LCC관련 데이터 입수가 현재로서는 어려운 상황이다. 이를 위해 상위 과제와 3개월에 걸쳐 LCC 분석 대상과 관련된 의견조정 회의가 있었다.

2) 차량외 시스템 LCC 분석 방법 설명회 및 DB Sheet

본 과제에서 진행되고 있는 차량 및 차량외 시스템에 대한 LCC 모델 개발 내용과 구축예정인 LCC S/W DB 구조에 대해 상위과제가 참여한 가운데 관련 설명회를 3회 실시(2011.1.17, 1.26, 3.16)하였다. 이후 차량외 시스템 LCC 분석 대상으로 작성되는 LCC 데이터 수준에 따라 분석 가능하도록 아래의 2개의 LCC 계산 모델을 제시하였다.

① RAMS 데이터 활용모델 (KRRI 모델)

② 비용 위주의 계산모델 (REMAIN 모델 또는 간략화 모델)

3) 대상 차량외 시스템 LCC DB Sheet 제시

LCC 분석 방법 설명회 이후 LCC 분석 대상이 선정(분기기)되었고, 상기 계산 모델을 적용한 LCC 계산을 위한 LCC DB Sheet를 가지고 대상 업체와 LCC 데이터 입수를 위한 개별 활동을 e-mail과 방문 등을 통해 진행중에 있다. 분기기 분석을 위해 제시된 LCC DB Sheet의 예를 아래에 보인다.

Global data	
Project 명칭 :	자기부상열차 lcc 계산
총 운영 년수 (•):	40
시간당 인건비 (•):	50,000
화폐 단위 (•):	KRW
할인율 :	6%

(단위 : 년)
(단위 : 아래의 화폐단위)
(KRW/USD/EUR/JPY)
(미자옴 – 물가상승률)

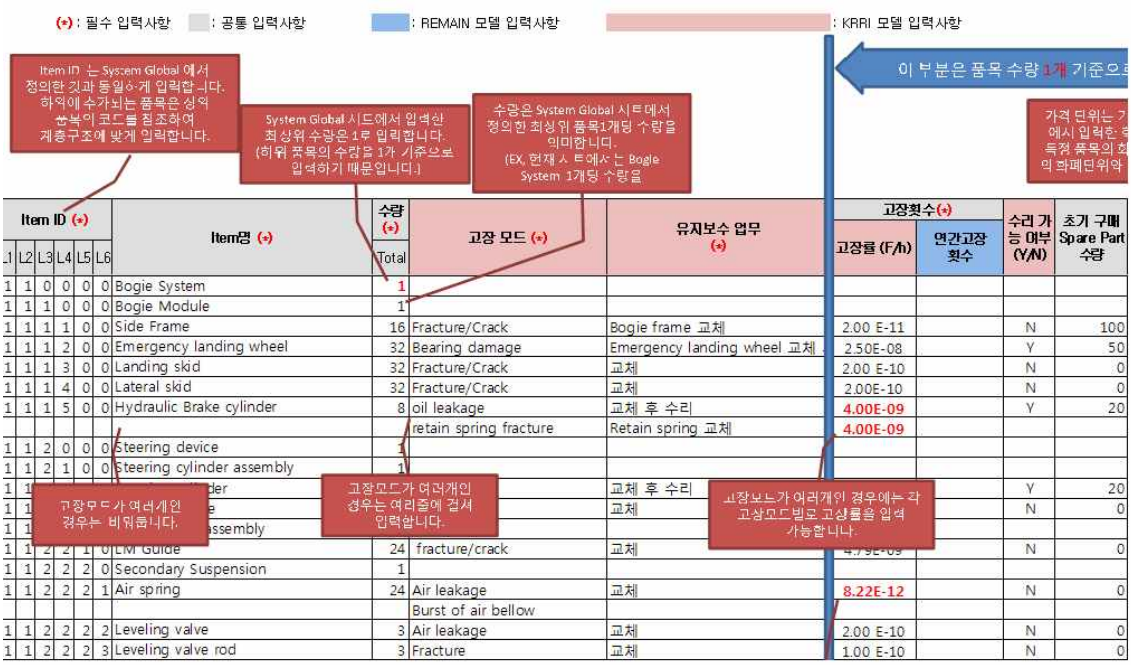
(•) : 필수 입력사항
: 공통 입력사항
: REMAIN 모델 입력사항
: KRRI 모델 입력사항

Item ID (•)						시스템 명칭 (*)	수량 (•)	수명주기 길이 (year) (•)	EPC (장비 및 소모품 구입 비용)	ENC (엔지니어링 비용)	INC (건설구입비 또는 설치 비용)	ITC (초기 훈련 및 교육비용)	ECC (연간 에너지소비 비용)
L1	L2	L3	L4	L5	L6								
1	1	0	0	0	0	Bogie System	20	40	10,000,000		50,000,000		23,000,000
1	2	0	0	0	0	Door System	360	15	20,000,000		########		0

수명주기 유역에 필요한 모든 수명을 입력합니다. (초기 예비품 제외)

서브시스템은 여러 개인 경우 하위에 입력합니다.
여기에 입력한 (서브)시스템은 다음의 DM 시트와 PM 시트에 반드시 정의되어야 합니다.

Item ID 는 파일(프로젝트)에서 중복없이 개별적으로 할당되어야 합니다.



Item ID (*)						Item명 (*)	수량 (*)	고장 모드 (*)	유지보수 업무 (*)	고장회수 (*)		수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 Spare Part 수량
L1	L2	L3	L4	L5	L6		Total			고장률 (F/h)	연간고장 회수		
1	1	0	0	0	0	Bogie System	1						
1	1	1	0	0	0	Bogie Module	1						
1	1	1	1	0	0	Side Frame	16	Fracture/Crack	Bogie frame 교체	2.00 E-11		N	100
1	1	1	2	0	0	Emergency landing wheel	32	Bearing damage	Emergency landing wheel 교체	2.50E-08		Y	50
1	1	1	3	0	0	Landing skid	32	Fracture/Crack	교체	2.00 E-10		N	0
1	1	1	4	0	0	Lateral skid	32	Fracture/Crack	교체	2.00E-10		N	0
1	1	1	5	0	0	Hydraulic Brake cylinder	8	oil leakage	교체 후 수리	4.00E-09		Y	20
								retain spring fracture	Retain spring 교체	4.00E-09			
1	1	2	0	0	0	Steering device	1						
1	1	2	1	0	0	Steering cylinder assembly	1						
1	1					der			교체 후 수리			Y	20
1	1					e			교체			N	0
1	1					ssembly							
1	1	2	2	1	0	LM Guide	24	fracture/crack	교체	4.79E-09		N	0
1	1	2	2	2	0	Secondary Suspension	1						
1	1	2	2	2	1	Air spring	24	Air leakage	교체	8.22E-12		N	0
								Burst of air bellow					
1	1	2	2	2	2	Leveling valve	3	Air leakage	교체	2.00 E-10		N	0
1	1	2	2	2	3	Leveling valve rod	3	Fracture	교체	1.00 E-10		N	0

(라) 결과

현재 차량외 시스템 LCC 분석과 관련하여 우선적으로 결정되어야 할 사항은 LCC 분석을 위한 대상 차량외 시스템의 선정과 선정된 시스템의 관련 LCC 데이터에 대해 해당 업체가 제공 가능한 가이다. 또한 이렇게 제공된 데이터를 가지고 분석된 결과를 누가, 어떻게 사용할 것인가에 있다. 현재 상위 과제와 위의 문제점에 대한 해결 방안을 모색중에 있다. 국내 철도 분야에서 체계적인 LCC 분석은 초창기이고, 분석 대상과 분석 결과의 사용 방법에 따라 LCC 분석 결과의 활용이 다르게 되고, DB 내용이 다르게 되므로 이와 관련된 표준화된 LCC 분석 체계와 DB 구축과 관련된 별도 과제 진행도 필요하다고 생각한다.

[1-3과제]

가. 구성품시험 및 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리

(1) 개요

- “구성품시험 및 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리”의 연구목표 달성을 위한 세부연구내용을 ①구성품시험 지원 및 관리, ②완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리로 계획하고 연구 수행.
- 1단계에서 자체적으로 개발한 구성품 및 완성차 시험절차서를 차량제작사와 세부 협의하여 성능시험용 절차서 도출.
- 차량제작사의 입회 요청 시 입회하여 시험 진행 확인 및 결과 확인.

연구내용	세부내용		개요	산출물
1.구성품시험 및 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리	1-1	구성품시험 지원 및 관리	차량성능시험용 구성품 시험절차서의 시험방법/평가기준 도출	구성품 시험절차서
	1-2	완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리	시험선 시험을 위한 시험절차서 작성 (시제편성 튜닝/계측/분석 지원)	시험선 시험절차서

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도(%)
1. 구성품 시험 및 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리													
1-1. 구성품시험 지원 및 관리	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	————	————	————	————	————	————	————	————	————	————	————	————	
1-2. 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	————	————	————	————	————	————	————	————	————	————	————	————	

····· 당초계획

———— 실 적

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 구성품시험 지원 및 관리

1) 차량시험평가계획 수립

가) 목적

도시형 자기부상열차 실용화사업에 있어서 개발되는 차량의 구성품, 완성차 및 본선 시운전에 대한 시험평가를 체계적으로 관리하고 관련된 개발기관 사이의 책임과 권한 등 역할을 정하는 것으로, 일관되고 효율적인 시험평가를 수행하는데 목적을 둔다.

나) 시험평가 종류

도시형 자기부상열차 실용화 사업의 차량시험평가는 개발시험, 성능시험으로 구분하여 수행한다.

[그림 249]도시형 자기부상열차 실용화사업 시험평가

다) 시험평가 구분

- 개발시험

개발시험은 개발차량에 대한 기능 및 성능을 확인, 검증하기 위하여 한국기계연구원 시험선에서 수행하는 시험이다. 시험수행주체는 차량개발자이며, 시험주관은 본 세부과제가 담당하였다.

- 성능시험

성능시험은 도시철도법 시행령 제25조의 4에 따라 구성품, 완성차, 본선 시운전으로 구분한다. 다만, 자기부상열차가 가지는 고유성능을 확인하기 위한 시험은 성능시험자와 협의하여 결정한다.

2) 차량시험평가계획 수립 추진 현황

번호	추진내용	추진일정	비고
1	차량시험평가계획 초안 작성	2009년 11월 6일	
2	관련과제와의 협의	2009년 12월	
3	1핵심 및 2핵심에 기술검토 요청	2010년 1월 21일	
4	1핵심 기술검토의견 접수	2010년 1월 27일	
5	2핵심 기술검토의견 접수	2010년 2월 4일	
6	검토의견 반영된 차량시험평가계획 1핵심에 승인 요청	2010년 2월 9일	
7	사업단의 조건부 승인	2010년 2월 16일	

3) 구성품 시험절차서 보완 협의

가) 목적

구성품 개발 후의 품질수준을 결정하고 양산단계에서의 제품 결함 발생을 줄이며, 설계기준에 필요한 설계변수를 도출하여 완성품의 제조 및 시험평가에 대한 기반기술을 확보하고자 함.

나) 요약

구성품시험은 차량의 성능을 확인하는 초기 단계로서 주요 구성품에 대한 성능기준에 따라 시험의 항목, 방법, 기준평가

4) 시제편성 구성품시험 입회

가) 개요

시제편성차량에 대한 시험은 도시철도법에서 규정하는 시험항목 외에 연구목적을 위한 개발시험이 병행하여 수행되었음. 차후 시험기준 및 절차서 정립의 기초자료로 활용할 예정임.

나) 구조체 하중시험(개발시험)

○ 진행현황

* 시제편성차량 구조체 하중시험 완료 (개발시험; TEMP 근거)

- 시험일시 : 2009. 6.
- 시험장소 : 현대로템 창원공장 연구시험동
- 시험항목
  - 수평압축하중시험
  - 수직하중시험 : 최대 수직하중시험, 중앙 6점지지 수직하중시험, 양단

4점지지 수직하중시험, 수직 굽힘 하중시험

- 비틀림 하중시험 : CAB측 1점제거 비틀림시험, END측 1점제거 비틀림시험, 선형 비틀림시험, 3점 비틀림시험
- 3점지지시험
- 고유진동수 측정시험

(나) 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리

1) 완성차 시험절차서

가) 목적

도시형 자기부사열차를 대상으로 완성차의 품질을 검증하고, 양산단계에서의 제품 결함발생을 줄이며, 설계기준에 필요한 설계 변수를 도출하여 완성품의 제조 및 시험평가에 대한 기반기술을 확보하고자 함.

2) 시험선 시험 지원 및 관리

점검 시기	점검 내용	비 고
'09/12/17	- 자기부상열차 시제차량 시험선 입고	
'09/12/21 ~12/31	- 배전반 결선/차량하부 배선/배관 check - 배전반 장치류 결선 작업/De나 도면 수정 및 Mc2 벨 Check - 배전반 장치류 결선 작업/차량 하부 배선 - Battery 결선/전압 확인 - 차량 하부 배선(전자석) - Mc1/Mc2 벨 Check 및 오결선, 추가 배선 등 수정	배선작업 지원
'10/01/04 ~01/27	- 배전반 장치류 결선 작업/Battery signal converter 결선 - 회로도 및 Running list 수정 및 확인 - MR sensor/Doppler sensor cable 배선/대차 접지 결선 - Gap & Acc 센서 입고/도플러 센서 결선용 배선 작업 - GDB Main Desk 간 결선 점검 - Gap & Acc 센서 취부, 결선 점검(LJB↔GDB간, 비상도어스위치↔도어 결선 간, CD↔GDB 간) - 열차 간 LJB 연결 및 결선 점검 - Levelling Valve 교체 및 배관작업/Air spring 동작/배관점검 - 집전장치 배선/MASCON 취부 및 결선 - 부상 전자석 극성 체크 - 제어전원투입/차량기동점검(외부 DC100V) - SIV 및 HF DC/DC Converter 취부	역사 하층 창고 공사 및 바람막이 지원

점검 시기	점검 내용	비 고
	- VVVF Inverter 제어기 전원 투입/점검	
‘10/0201 ~02/26	- 종합제어장치 소프트웨어 로딩 작업 - MD box 입고 - 전차선 가압(직류 1,500V) 투입 - 승강장 입구 측 단로기 동작 및 안전 확인완료 - 차량 내 주전원(SIV/DD Converter)점검 및 동작확인 - 차량 내 부하(전등, 냉난방 등) 동작확인 - 차량 부상시험 지원(계측기 준비 및 세팅) - 부상용 전자석 극성 최종확인 시험 - MD(Magnet Driver) 순차적 입고 및 차체 취부 및 동작확인 - Mc2 모듈 별, 대차 별, 전체 정지부상 확인 - 편성 정지 부상시험을 위한 전체 점검(컨버터 부하 기동시험) - 차량 전체 정지부상시험(위치별 부상상태 확인시험) - 역사 내부 정지부상시험 시 가이드레일 진동측정 - 추진제어장치 고압투입 후 LIM 극성 Check - DAQ장치 인터페이스 장치 입고	계측장비 및 차내 계측설비 지원
‘10/03	- DAS장비 지원/계측 기록 및 분석 - 차상계측신호장치 결선 확인 - 역사 앞 ↔ 분기기 이전/이후 GAP, Vertical Acc 측정 - 시험분석(추진시스템 최고가속예비시험 일부구간) - 시험선 전원투입 절차서 작성 - 고주파 진동으로 인한 문제점 파악을 위하여 적정속도 주행 확인시험 - 곡선 진입 및 진출 시 좌우 운동에 대한 문제점 기록 및 분석 - 차량 내부의 Lateral 진동 측정(주행 시 차량내부의 저주파수 진동 측정)	차량 CCTV 관련 구매설치지원
‘10/04	- 시험선 시험 계측장비 추가 지원(64CH) - 계측장비 디스플레이 장치 지원(2세트)	

(4) 결과

(가) 기대효과 및 활용계획

당해 연도에 개발된 차량시험평가계획을 바탕으로 시제편성 시험선 시험 및 향후 진행될 양산편성의 차량성능시험 및 평가를 체계적으로 관리하고, 개발기관 사이의 책임과 권한 등 역할을 정의함으로써 일관되고 효율적인 시험평

가가 수행될 것으로 기대된다.

(나) 산출물

⇒ 차량시험평가계획

⇒ 구성품시험-구조체하중시험절차서

⇒ 구성품시험-대차정하중시험절차서

⇒ 구성품시험-부상제어장치시험절차서

⇒ 구성품시험-추진제어장치형식시험절차서

⇒ 구성품시험-추진제어장치조합시험절차서

⇒ 구성품시험-보조전원장치시험절차서

⇒ 구성품시험-신호보안장치시험절차서

⇒ 구성품시험-종합제어장치시험절차서

나. 시범노선 시운전 시험 계측시스템 구축

(1) 개요

(가) 목적

'자기부상열차 통합계측시스템'은 도시형 자기부상열차 실용화차량의 성능평가를 위해 제작된다. '자기부상열차 통합계측시스템'은 시험선 및 본선시운전 시 수행되는 차량 및 관련 시스템의 시험평가 및 인증을 위한 것으로 안정적인 데이터 획득 및 시험평가 측정시스템의 통합 운영을 목적으로 제작된다.

(나) 필요성

도시형 자기부상열차의 성능평가를 위해서는 다양한 센서로부터 측정되는 계측신호를 이용한 시험평가 과정이 필연적이다. 따라서 다수의 다양한 계측신호를 얼마나 안정적으로 획득할 수 있는가는 자기부상열차의 성능평가 과정에서 매우 중요하며, 계측신호 데이터에 대한 정확하고 안정된 계측시스템의 구축은 필수적이라 할 수 있다. 또한 각각의 시험에 필요한 측정시스템을 통합계측시스템으로 통합하여 운영할 경우 같은 시험조건에 대해 한 번의 시험으로 모든 데이터를 측정할 수 있어 시험일정을 단축 할 수 있으며 거리가 멀리 떨어진 계측신호간의 직접적인 비교도 용이하게 된다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도(%)
2. 시범노선 시운전시험 계측시스템 구축													
2-1. 통합계측시스템 상세설계	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	
2-2. 통합계측시스템 제작/발주	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	

····· 당초계획

——— 실　　적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 시스템의 구성 원칙

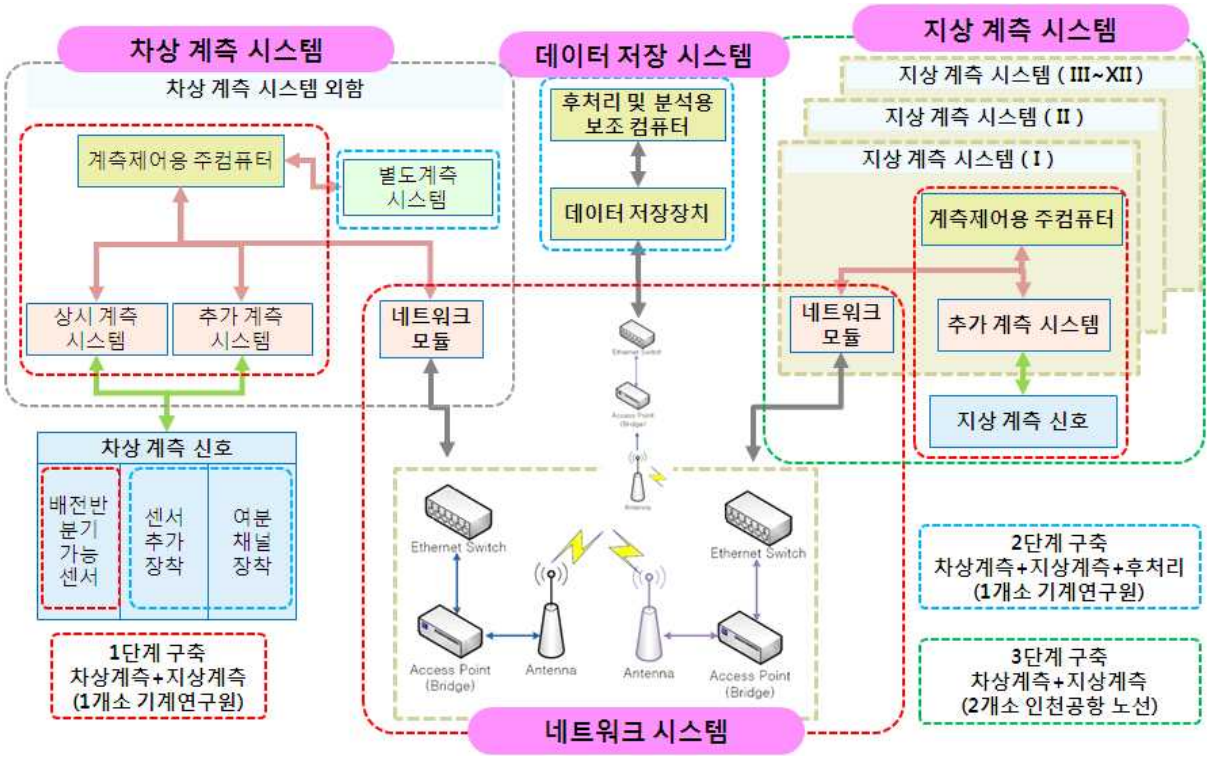
도시형 자기부상열차 성능평가에서는 다양한 계측신호 데이터를 필요로 하

므로 계측시스템을 설계할 경우 시험항목과 계측항목을 토대로 측정 위치 및 용도를 고려하고 계측신호를 분류하여 최적의 통합시스템을 구축하도록 하여야 한다.

- ㅇ 차상 및 지상시스템의 신호 간 시간동기를 위해 GPS를 이용한 클럭 동기 발생기를 설치하여 채널 간 시간동기가 가능한 통합계측시스템 구축
- ㅇ 다양한 계측 신호의 추가 및 제거가 용이하도록 멀티입력 계측시스템 구축
- ㅇ 상시계측항목, 추가계측항목, 필요시 별도계측항목을 구분하여 시스템을 구축
- ㅇ 장시간 연속측정 및 안정적인 측정 데이터분석이 가능한 시스템 구축
- ㅇ 무선 네트워크를 활용한 차상 및 지상의 분산 통합계측시스템 구축

(나) 통합계측시스템의 구성

통합계측시스템은 크게 차상계측시스템, 지상계측시스템, 그리고 이 둘 사이의 동기화를 위한 GPS를 이용한 동기신호발생기를 설치하여 실시간 데이터 획득 시 모든 신호 간 클럭이 동기화되는 시스템을 구축하여야 한다. 차상계측시스템은 데이터 수집을 위한 랙(Rack)과 센서부, 지상계측시스템과 동기화를 위한 네트워크 모듈로 구성이 되며, 지상계측시스템은 각 측정 지점에 대해 개별적으로 구성된 데이터수집 시스템과 차상 계측시스템과 동기화를 위한 네트워크 모듈로 구성된다. 차상과 지상 계측시스템에서 측정된 데이터는 데이터 백업(Backup) 장치에 저장된 후 후처리 과정을 통해 분석된다. 이에 대한 개략도를 아래 그림에 나타내었다.



[그림 250]통합계측시스템 전체 구성도

(다) 통합계측시스템 4차년도 추진현황

번호	내용	일정	비고
1	연구개발 1단계에서 완료한 통합계측시스템 기본설계 결과에 대한 적정성 검토를 위한 자문회의 추진 - 도시형자기부상열차 시범노선 시운전 시험 계측시스템 기본설계 적정성 검토 자문회의 개최	10/03/23	자문위원 12명 (서면검토 4명 포함)
2	자문회의 결과를 반영하여 제작 발주 - 구매 요구 완료	10/04/22	
3	한국기계연구원 홈페이지 입찰 공고	10/04/23	
4	제안서 접수마감일	10/05/07	
5	업체설명회 및 기술심사 -시간동기화 방안/편집기능 강화/실시간 Display 추가	10/05/11	
6	가격입찰	10/05/14	

(4) 결과

(가) 기대효과 및 활용계획

통합계측시스템을 한국기계연구원 시험선 연속주행시험에 활용하여 시스템 성능 및 적합성을 확인하고, 본선시운전시험 시 장비 지원하여 활용함으로써 신뢰

성 있는 계측데이터를 취득할 수 있을 것으로 기대된다.

(나) 산출물

⇒ 통합계측시스템 기본설계 요약보고서

⇒ 통합계측시스템 기본설계 자문회의록

다. 시험선 상부구조 계측 및 분석

(1) 목적

시험선의 각기 다른 상부구조의 고유 특성을 파악하여 최적의 상부구조 도출, 시범노선 건설 시 반영하고자 함.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간 1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	달성도(%)
3. 시험선 상부구조 계측 및 분석													
3-1. 시험선 상부구조 계측 및 분석	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	

····· 당초계획

——— 실　　적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 거더 열 변형, 거더처짐 시험(하절기 처짐 측정)

1) 측정 위치 및 구조

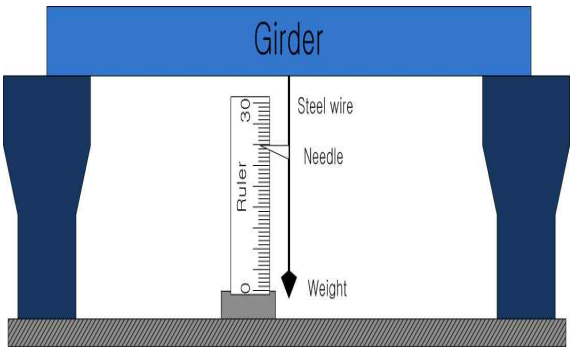
[그림 251]5종 가이드웨이 위치

[표 167]가이드웨이별 재질과 구조

위치	재질	구조	비고
①	PC	25m 단 경간	신설
②	PC	25m 단 경간	기존
③	Steel	17m 2경간	기존

2) 측정 방법

아래 그림과 같이 거더 중간에 강선을 매달고, 강선 끝에 추를 달아 강선이 지표면과 수직을 유지하고 강선 중간에 철판으로 지침(바늘)을 고정시켰다. 그리고 바닥으로부터 수직으로 자를 설치하여 자에 지침이 표시하는 값을 일일 2회(09:00, 13:00) 측정하여 변화를 기록.

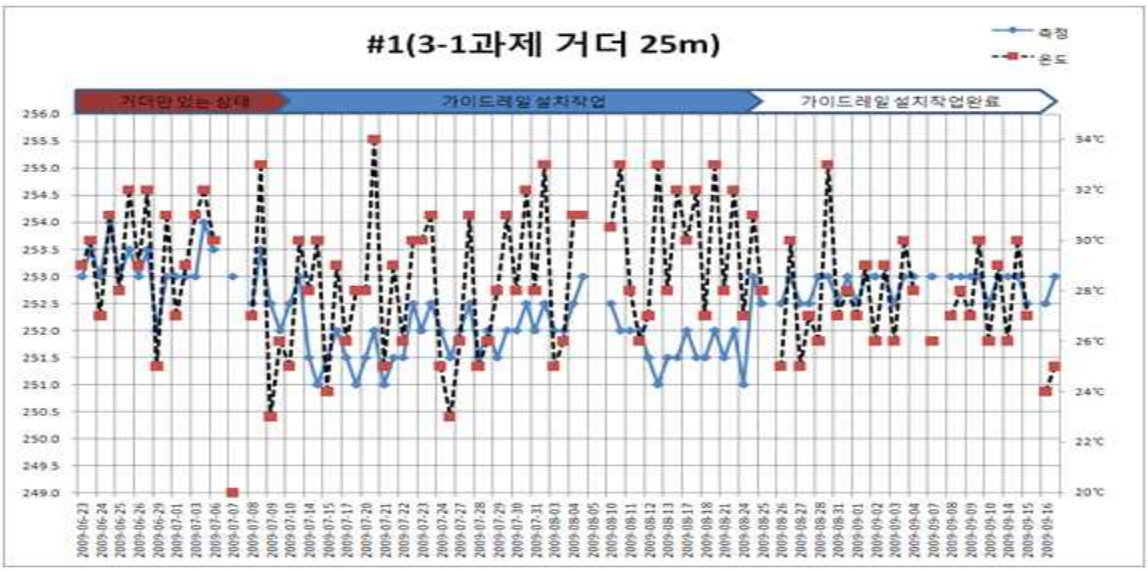


[그림 252]측정 장치의 구성

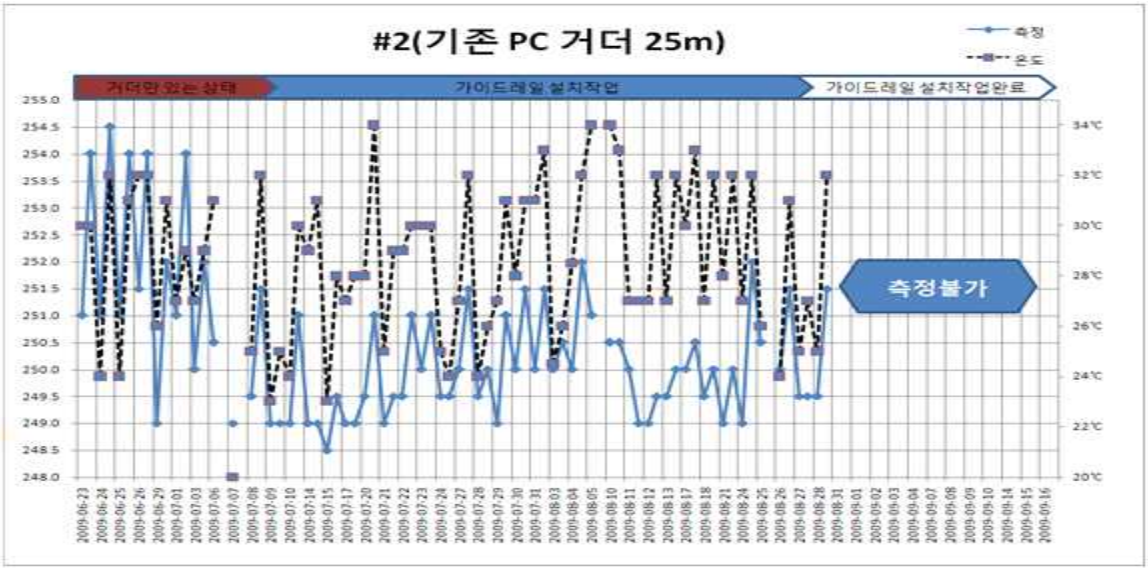
[그림 253]측정 모습

3) 시험 결과

- 측정 결과



[그림 254]#1 3-1과제 거더의 처짐 및 온도 측정값



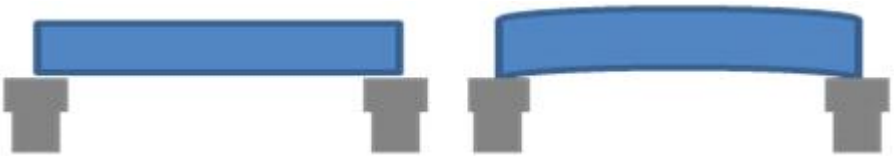
[그림 255]#2 기존 PC 거더의 처짐 및 온도 측정값

[그림 256]#3 기존 Steel 거더의 처짐 및 온도 측정값

- 시험 분석

- 거더는 온도가 높아지면 그림과 같이 위쪽으로 변형이 나타난다.
- 온도변화에 따른 거더의 변형 크기는 #2(기존 PC 거더) > #1(3-1과제 거더) > #3(기존 Steel 거더)로 나타난다.
- #2의 기존 PC 거더가 1일 변화와 온도에 따른 변화가 가장 크다.
  (최대 3mm, 평균 1.3mm)
- #3의 기존 Steel 거더는 1일 최대 변화와 온도에 따른 변화가 가장 작다.
  (최대 1mm, 평균 0.1mm)

- 변화가 작은 원인으로는 재질, 거더의 길이 (17.5m)와 경간 (2경간) 등의 차이를 들 수 있다.
- 10월 28일 기준 #3은 레일과 거더를 고정하는 몰탈 작업이 미완성 상태



[그림 257]온도증가 시 변형 모습

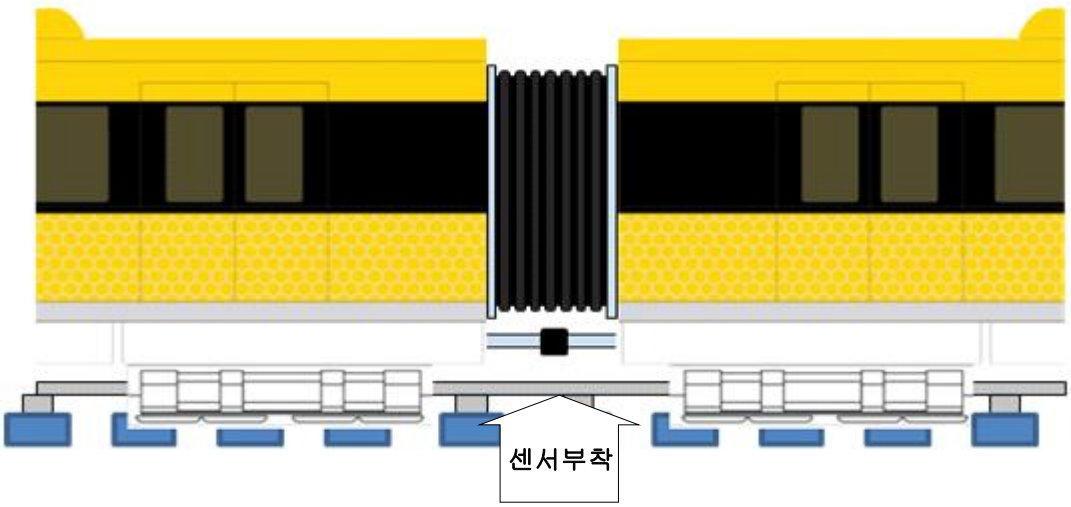
(나) 레일 진동 특성 시험

1) 역사주변 레일의 진동 시험

가) 목적

부상계 안정화를 위하여 부상 시험 시의 가이드레일 진동을 측정하여 부상 제어기 게인 설정에 이용한다.

나) 측정 위치 및 구조



[그림 258]측정 모습

그림 258과 같이 두 차량의 연결 부위 주변 가이드레일에 가속도 센서를 레일 상면을 기준하여 수직방향으로 부착하고 열차의 정지부상시의 가이드레일 진동을 측정한다.

다) 시험 결과

시험은 역사 내부에서 이루어졌으며, 제자리에서 징지 부상 후 열차의 위치를 조금씩 바꿔 가면서 3회 측정하였다.

측정결과 정지부상시의 영향을 미치는 주요 주파수는 64, 74Hz 등이 있으며, 착지 단계는 대차별 순차적인 착지가 진행되며 이때는 50, 100Hz가 주요한 영향을 미친다.

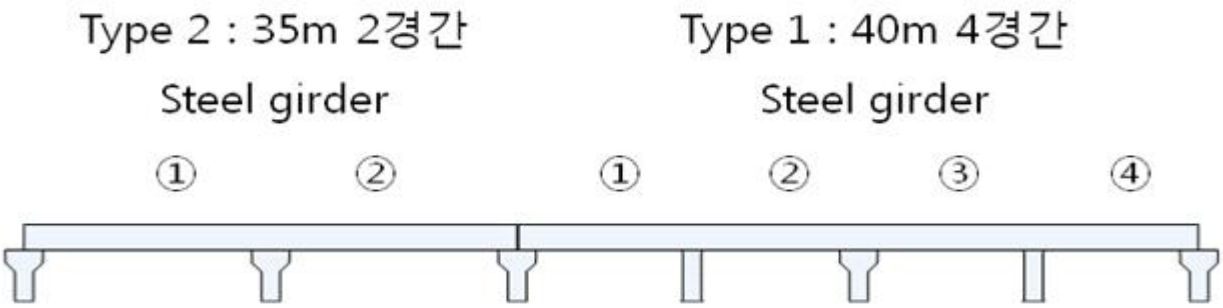
2) 역사 앞 가이드레일

가) 목적

역사 앞 가이드레일의 보강공사 (40m 2경간 → 40m 4경간)이후 가이드레일의 특성 파악

나) 측정위치 및 구조

측정위치는 역사 앞 40m 4경간 가이드레일, 35m 2경간 가이드레일이며 거더의 재질은 steel이다.



[그림 259]측정 경간의 위치

레일 삽입체 세부사항

Washer plate(5t)
TPU(8t)
200×200×15t 각관
TPU(10t)
Shim plate
Base plate : HDPE

[그림 260]해당구간 레일의 삽입체

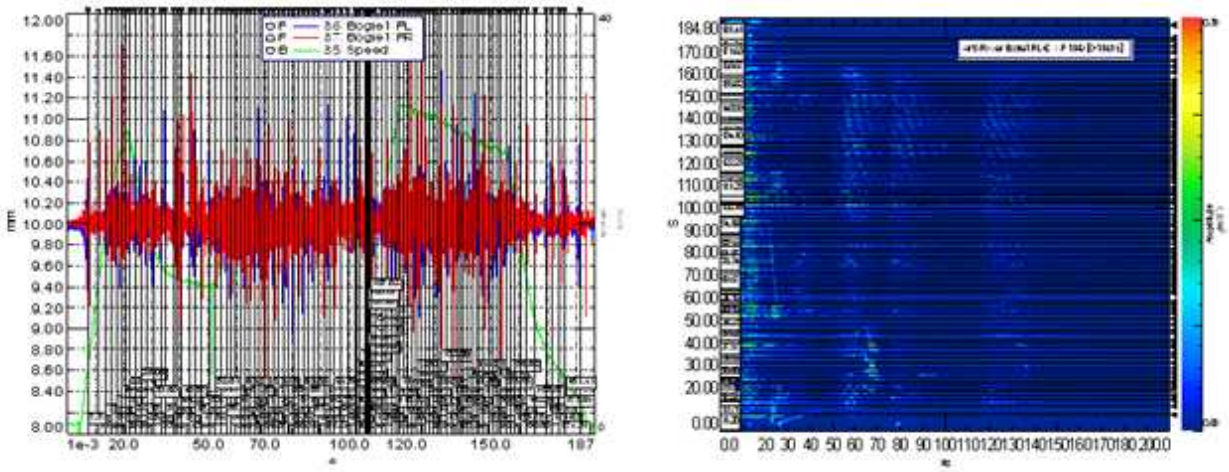
3) 분기기 ~ 역사 서행 주행 시 레일 별 진동 분석

가) 목적

한국기계연구원에 있는 시험 선로 중 분기기에서 역사 구간 서행 주행 시의 Gap과 가속도 신호를 분석하여 가이드레일 별 진동 특성을 알아본다.

나) 측정방법

측정구간의 Gap 신호를 확대하여 레일의 연결 부분마다 순간적으로 튀는 부분을 잡아서 구간을 나누고, 나눈 구간을 레일의 길이와 비교 판단하여 위치를 선정한다. 그리고 이때의 가속도 신호를 주파수 별로 분석하여 그래프를 출력한다.



[그림 261]레일의 구간별 위치선정과 측정 전구간의 주파수 별 응답

다) 시험결과

결과는 크게 분기기 구간과, PC거더 12m 가이드레일, PC거더 유간장치포함구간, Steel 후문 구간, Steel 구간, Steel 40m 구간, 유지보수설비 구간으로 나누어 표시하였다.

[표 168]구간별 주요 주파수

구간	분기기	PC거더	후문	Steel거더
주파수	10~15Hz	8~20Hz 60Hz 부근	15Hz, 60Hz	10~15Hz, 60Hz 부근

4) 분기기 진동 시험

가) 목적

분기기에서의 부상안정성 평가를 위하여 분기기의 진동특성 및 진동모드를 시험에 의하여 얻는데 있다.

나) 진동시험 결과

① 거더만의 진동 특성

레일이 설치되기 전에 주)대명엔지니어링 공장에서 거더의 진동특성을 분석하였다. 분기기는 4 Segment로 구성되어 있다.(그림 17) 각 Segment의 길이는 17m, 3m, 3m, 1m 이다.

[그림 262]기계연 설치 이전 분기기 모습

[표 169]진동모드 계측 결과

Type	세부 내용	1차모드		1차 차이상
		고유진동수 (Hz)	감쇠비(%)	고유진동수(Hz)
분기기A 고정	17m	13.15	2.67	21.03, 30.04, 41.99, 51.08
분기기A 비 고정	17m	11.12	19.02	31.13, 41.99, 52.96
분기기B	3m	31.34	6.43	40.06, 42.39, 45.94, 50.16
분기기C	3m	31.68	7.07	45.05, 55.27, 58.72, 73.82
분기기D	1m	155.17	2.25	62.36, 68.28, 77.29, 88.56, 121.24, 130.25, 143.49, 155.17

② 완성품 진동 특성

기계연에 설치된 분기기의 모습은 아래 그림과 같다.

[그림 263]기계연에 설치된 분기기 모습

[표 170]진동모드 계측 결과

Type	세부 내용	진동모드		1차 차이상
		고유진동수(감쇠비)		
분기기A 고정	17m	1차 모드	2차 모드	18.85(3.56), 22.05(3.41), 26.23(3.83), 28.50(3.48), 37.85(2.12), 40.94(2.31), 57.01(3.17), 66.81(1.61), 70.26(5.00), 96.90(1.38), 102.9(1.72), 110.0(1.40), 133.5(2.60), 156.7(0.99), 176.6(0.89)
		12.11Hz (4.47%)	51.53Hz (3.04%)	
분기기A 비 고정	17m	1차 모드	2차 모드	25.82(6.13), 37.83(3.69), 39.96(3.29), 66.87(1.29), 84.40(2.94), 102.7(1.73), 109.6(2.32), 163.5(1.23), 176.0(1.25)
		11.66Hz (3.14%)	51.40Hz (3.01%)	
분기기B 고정	3m	Bounce	Roll	10.70(2.58), 26.10(2.67), 32.42(1.55), 35.15(0.97), 37.00(1.34), 40.36(1.11), 42.24(1.48), 51.07(1.06), 52.08(0.89)
		30.14Hz (2.36%)	41.31Hz (1.32%)	

Type	세부 내용	진동모드 고유진동수(감쇠비)	1차 차이상
분기기B 비 고정	3m	Roll 40.84Hz (1.96%)	35.59(4.64), 40.84(1.96), 51.49(2.91), 92.07(2.32), 95.90(2.88), 109.4(2.10), 121.7(2.20), 176.0(1.20), 183.3(0.56), 202.9(1.22), 241.6(1.11)
분기기C 고정	3m	Roll 41.17Hz (3.15%)	25.86(3.60), 29.65(3.46), 36.27(4.23), 41.17(3.15), 51.76(2.22), 80.64(3.57), 93.49(3.10), 97.20(2.40), 104.3(1.90), 110.8(2.43), 123.4(3.13), 136.5(1.41), 151.2(2.60), 157.2(1.73), 170.6(1.63), 183.6(0.33), 203.3(0.89), 213.6(1.47), 216.6(1.47), 218.6(1.47), 232.1(1.06), 240.5(1.58)
분기기C 비 고정	3m	Roll 40.82Hz (2.08%)	25.88(5.60), 35.66(5.00), 40.82(2.08), 51.68(3.33), 71.12(2.20), 78.38(2.92), 92.16(1.28), 96.23(2.21), 106.0(1.93), 110.0(1.93), 140.2(1.59), 170.4(2.00), 182.4(2.00), 204.4(1.10), 217.2(1.34), 228.4(1.87), 237.8(0,87), 242.7(1.43)
분기기 D 고정	1m	Bounce 57.10Hz (4.37%)	57.11(4.37), 81.31(1.52), 90.32(2.59) 81.31(1.52), 90.32(2.59), 100.9(4.19) 125.5(2.83), 169.4(1.18), 206.2(1.15) 212.0(0.72), 228.7(1.12), 242.1(0,90)
분기기 D 비 고정	1m	Bounce 25.42Hz (3.49%)	25.42(3.49), 67.32(0.56), 79.49(1.44) 82.47(0.91), 120.2(0.31), 124.8(1.67) 196.5(0.65), 206.1(1.11), 211.2(1.11) 214.1(0.93), 240.9(1.12)

다) 고찰

분기기 상부레일 설치 전의 계측결과와 설치 후의 계측 결과를 비교하여 보면 다음과 같다.

		거더만의 진동특성	완성품 진동 특성
분기기 A	고정	13.15(2.67), 21.03, 30.04, 41.99, 51.08	12.11(4.47), 22.05(3.41), 28.50(3.48), 40.94(2.31), 51.53(3.04)
	비고정	11.12(19.02), 31.13, 41.99, 52.96	11.66(3.14) 39.96(3.29), 51.40(3.01)

	거더만의 진동특성	완성품 진동 특성
분기기 B	31.34(6.43), 40.06, 42.39, 45.94, 50.16	35.59(4.64), 40.84(1.96), 51.49(2.91) 92.07(2.32), 121.7(2.20)
분기기 C	31.68(7.07), 45.05, 55.27, 58.72, 73.82	35.66(5.00), 51.68(3.33), 71.12(2.20) 78.38(2.92),
분기기 D	62.36, 77.29, 88.56, 121.24, 130.25, 143.49, 155.17(2.25)	67.32(0.56), 79.49(1.44), 124.8(1.67), 206.1(1.11), 211.2(1.11), 240.9(1.12)

- A구간은 1차 모드는 12Hz 부근으로 거더만의 진동특성과 완성품의 진동 특성이 유사하고 2차 모드는 51Hz이다.
- B, C, D 구간은 완성품 진동 측정시의 측정위치를 늘려서 측정해본 결과 거더만의 진동특성에서 1차라고 판단되었던 주파수대역은 Bounce 전체적으로 상하로 진동하는 모습을 보여준다.
- B, C, D 구간은 거더만의 진동 측정값과 완성품의 진동특성이 다른 것은 상부레일이 설치되어 영향을 받은 것으로 추측됨.
- B, C 구간에서 40Hz 부근은 진행방향을 기준으로 Roll의 모습을 보여준다.
- B, C 구간은 1차 모드가 명확하지 않으나 96Hz 근처로 예상되고, D 구간은 0~250Hz 측정결과 판단이 불가능하여 250Hz 이상으로 판단됨.

5) 침목 삽입체 별 진동시험

가) 목적

기계연의 시험선로에 사용된 4가지 종류의 삽입체에 따른 상부레일의 특성을 분석하여 적합한 삽입체를 알아내는데 목적이 있다.

나) 측정 위치 및 구조

① 기계연 시험선로에 사용된 삽입체에 따른 4가지 종류의 레일 중에 다른 변이들이 가장 유사한 구간을 선정 후, 가속도계를 설치하고 Impact 시험

② 계측된 가속도 신호를 분석

(a) 3-1과제

(b) Linimo

(c) 기계연

(d) 동명

[삽입체 Type(침목 받침 구조) 종류별 모습]

[표 171]진동모드 계측 결과

Type	세부 내용	주요주파수Hz(감쇠비%)
3-1과제	25m 트윈블럭	38.2(5.28),52.8(6.16), 62.7(2.01),77.6(0.18), 80.6(1.92),141.6(2.79), 156.9(0.38),161.7(1.17), 174.6(0.69), 189.3(0.81)
Linimo	25m 침목24개	7.21(16.79),60.0(0.98), 67.3(0.83),81.7(0.82), 138.8(0.37),159.5(0.50), 182.8(0.77), 191.0(0.22), 196.0(0.21)
KIMM	25m 침목22개	7.45(6.12),25.3(2.83), 65.6(1.01),67.3(0.53),

Type	세부 내용	주요주파수Hz(감쇠비%)
		70.3(3.29),77.4(1.79), 84.4(0.99), 106.1(0.82), 115.6(1.32),120.0(0.95), 127.9(0.63), 187.5(0.36)
동명	25m 침목24개	7.29(8.63),65.6(1.34), 70.5(1.63),99.2(0.88), 109.4(0.15),136.0(1.55), 140.0(0.60),143.8(1.51), 194.6(0.20)

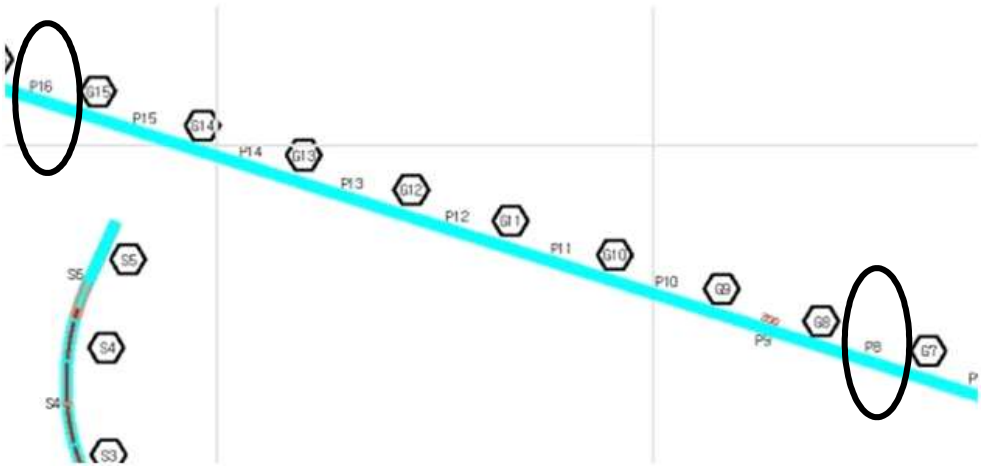
6) 시험주행 시 특이구간 진동시험

가) 목적

시험선 주행시험시의 특이 진동을 보인 유간구간에 대하여 레일의 고유특성을 알아본다.

나) 대상 가이드레일 위치

대상 가이드레일의 위치는 아래 그림과 같이 G15와 G16사이, G7과 G8 사이의 유간장치로서 각각 6100m이다.



[그림 264]측정대상 유간장치 구간 위치

다) 시험결과

측정된 결과는 다음과 같으며 같은 길이의 유간구간이나 259Hz에서 G7~8 구간의 응답이 매우 크게 나타났으며, 이는 주변의 G7과 G8의 가이드레일

과의 관계로 인해서 진동 과대가 일어났다고 생각된다.

[표 172]주요 주파수와 감쇠비

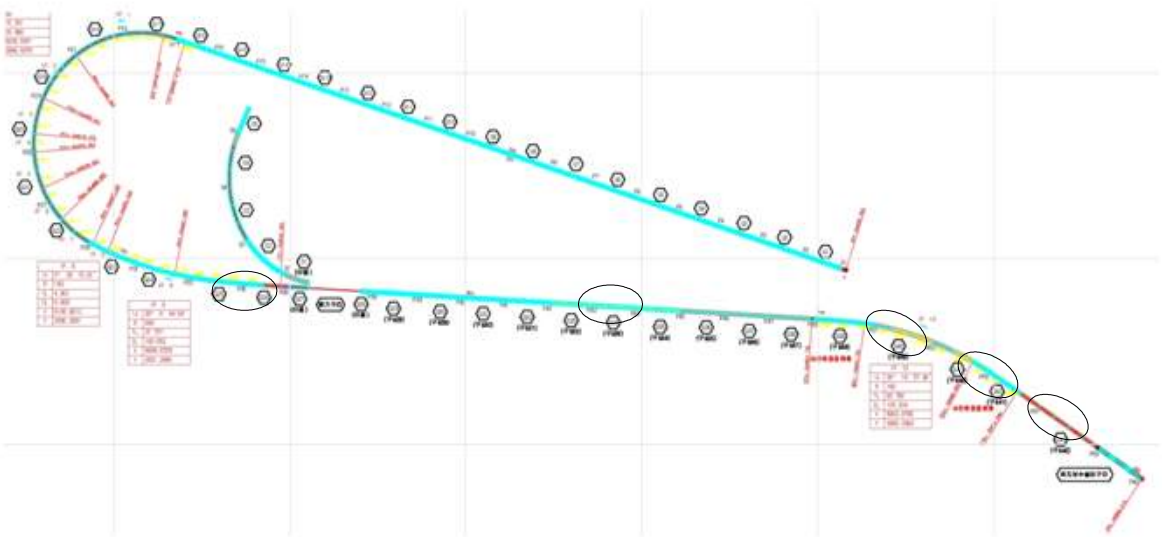
G15~G16 구간			G7~G8 구간		
주파수[Hz]	감쇠비[%]	비고	주파수[Hz]	감쇠비[%]	비고
82.2	1.56		103.8	3.7	
143.0	0.89	Bounce	122.2	3.81	
160	1		145.7	2.48	
231.1	1.11		186.7	1.44	Roll
266.0	1.01		218.9	2.16	
			259.0	1.71	1차
			287.1	1.68	
			300.4	0.72	

(다) 거더의 진동 특성 시험

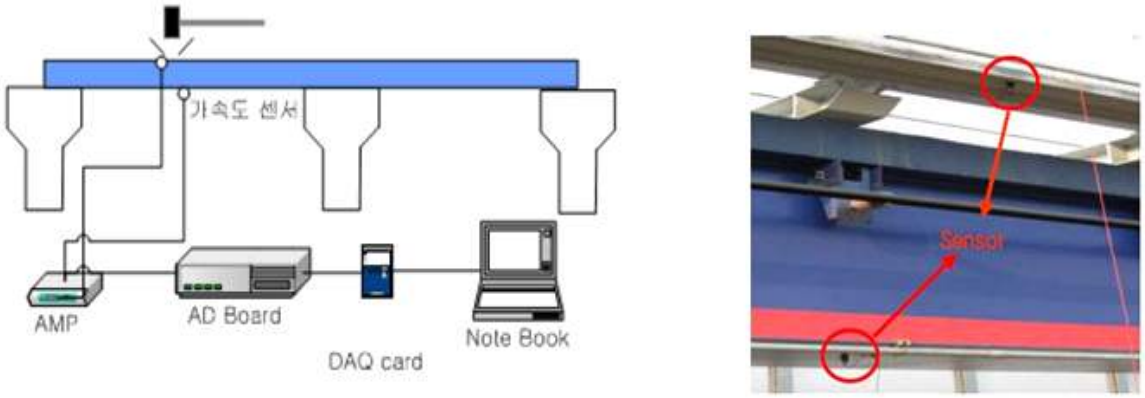
1) 시험선 거더 5종 진동 특성시험

가) 목적

기계연 시험선을 구성하는 5종 가이드웨이 및 거더에 대한 진동 특성 시험을 수행, 고유 진동수 및 감쇠비를 계측하여 특성을 파악한다.



[그림 265]5종 가이드웨이 위치



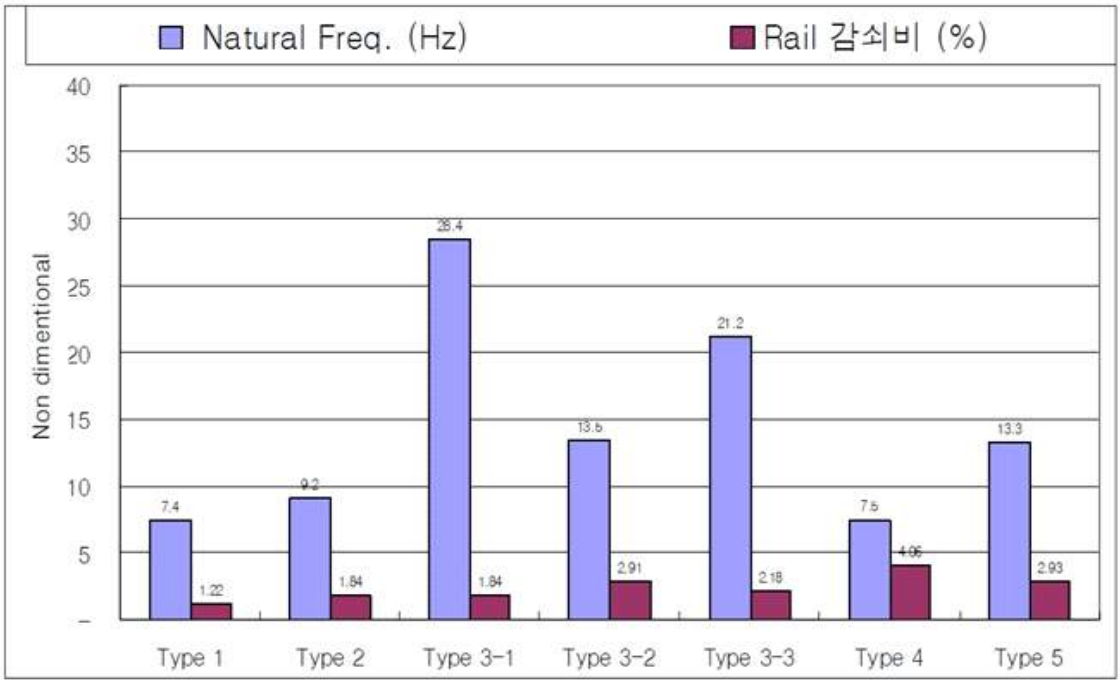
[그림 266]시험 방법 및 센서의 위치

나) 시험 결과

종류별 고유진동수와 감쇠비는 다음과 같다.

[표 173 Type 별 주요 주파수

	차모드		차모드		차이상
	고유 진동수 (Hz)	감쇠비 (%)	고유 진동수 (Hz)	감쇠비 (%)	고유진동수(Hz)
Type 1	7.4	1.22	9.5	3.76	43.4, 47.7, 57.2, 66.8, 71.0, 76.3, 79.5, 90.1. 95.4
Type 2	9.2	1.84	12.8	3.72	48.3, 67.9, 78.7, 79.7, 83.3, 86.9, 98
Type3-1	28.4	1.84	48.1	0.66	50.2, 61.2, 74.2, 81.0, 88.5, 93.8, 95.3, 97.5
Type 3-2	13.5	2.91	34.5	1.51	45.0, 55.5, 64.5, 74.2, 81.0, 88.5, 93.8, 95.3, 97.5
Type 3-3	21.2	2.18	24.1	1.7	60.9, 66.7, 72.5, 79.3, 90.9
Type 4	7.5	4.06	11.2	3.78	48, 60, 63.7, 73.5, 81, 85.5, 88.5, 93, 96
Type 5	13.3	2.93	16.6	2.64	28.6, 36, 42.7, 53.3, 56, 62, 66, 81.4, 86.7, 92.7, 100.1



[그림 267]시험결과 비교

(4) 결과

(가) 기대효과

시험선 상부구조의 특성을 파악하여 레일 및 거더, 침목 삽입체 등 각 Type 별 Back Data로 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

(나) 산출물

⇒ 상부레일 계측보고서

라. 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리

(1) 개요

(가) 배경

국내에서는 도시형 자기부상열차에 대한 객관적인 공식적 시험평가·인증의 사례가 없으며 실용화를 하기위해서는 법적인 성능시험을 거쳐야 한다. 이와 관련하여 도시형 자기부상열차 시제편성에 대하여 한국기계연구원 시험선로에서 시험선 시험 및 연속주행시험을 진행하여 자기부상열차의 신뢰성 및 안정성 검증을 확인하고 문제점 및 보완점을 도출하여 양산편성 제작시 반영하여 최고의 품질을 지향하는 도시형 자기부상열차를 제작하는데 지원하고자 함.

(나) 필요성

도시형 자기부상열차의 양산편성을 제작하기 이전에 시험선에서의 충분한 검증을 거쳐 문제점 발생 시 양산편성 설계에 반영

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간												달성도
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
4. 완성차시험(시험선 시험) 지원 및 관리													
4-1. 완성차 시험 지원 및 관리	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———		
4-2. 시험선 시험 지원 및 관리	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———		
4-3. 연속주행시험			·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
			———	———	———	———	———	———	———	———	———		
4-4. 시범노선 시설분야 시험평가 지원							·····	·····	·····	·····	·····	·····	50
							———	공사 진행에 따라 유동적임		———	———		
4-5. 시험선 상부구조 계측 및 분석	·····	·····	·····	·····	·····	·····							100
	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———	———		
4-6. 자체 진도회의	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	50
	———	———	———		———		———	———					

····· 당초계획

——— 실　　적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 시험선시험 안전관리계획 수립

1) 개요

본 실용화사업 RFP에 의하면 본 실용화사업에서 개발된 자기부상열차를 인천 신공항 6.1 km 시범노선에 적용하기 전에 2 량 1 편성 시제차량 및 선로에 대한 시험을 기계연 자기부상열차시험선로에서 실시하여 본 실용화사업에서 적용될 차량 및 선로의 성능을 확인하도록 계획되어 있다.

기계연구원 자기부상열차 시험선로에는 시험을 위한 DC 1500V의 고압 전력이 현장에 공급되는 등 안전위해요소가 시험 현장에 산재해 있다. 이러한 안전위해요소로부터 인력 및 설비의 안전한 보호를 위한 대책(계획) 수립이 필요하며, 수립된 계획의 준수, 준수여부 확인 등의 활동이 필요하다. 이 시험선시험에는 여러 조직이 참여하고 있으며, 각 조직은 자체적인 안전관리계획에 따른 안전관리를 수행하는 것을 기본으로 하며, 본 문서에서는 주로 안전관련 조직간 인터페이스 및 시험주관의 관점에서 관리할 필요가 있는 안전위해요소의 관리계획을 기술한다.

2) 시험선시험 안전관리계획(안) 구성

시험선시험 안전관리계획(안) 구성	
1. 목적	
2. 시험선시험일정	2.1 기계연구원 자기부상열차 시험선로 주요시설 2.2 시험선시험 일정
3. 안전관리 조직구성	3.1 조직구성 3.2 연락체계 3.3 임무 및 역할
4. 안전관리운영	4.1 현장안전관리 4.2 안전교육 4.3 안전점검 4.4 비상사태 발생 시 조치계획

(나) 시험선 시험절차서 개발

1) 개요

자기부상열차 시제차량의 시험선 시험을 위하여 한국기계연구원 시험선로에 적합한 시험조건 및 시험항목에 대한 시험절차서 개발

2) 시험선 시험 항목

구분	시험명	문 서 번 호

구분	시험명		문 서 번 호
시험선 시험절차서	추진제어장치시험		M1300-SE+TS-101-0135
	종합제어장치시험		M1300-SE+TS-101-0137
	조합된 차량의 기능 및 동작 측정시험	제어회로시험	M1300-SE+TS-101-0138-1
		시동, 정지 및 운전실 교환시험	M1300-SE+TS-101-0138-2
		보조전원시험	M1300-SE+TS-101-0138-3
		축전지 및 충전기 기능확인시험	M1300-SE+TS-101-0138-4
		역행시험	M1300-SE+TS-101-0138-5
		제동시험	M1300-SE+TS-101-0138-6
		집전시험	M1300-SE+TS-101-0138-7
		냉난방, 환기시험	M1300-SE+TS-101-0138-8
		출입문시험	M1300-SE+TS-101-0138-9
		방송장치시험	M1300-SE+TS-101-0138-10
		표시기장치시험	M1300-SE+TS-101-0138-11
		화재감지기 시험	M1300-SE+TS-101-0138-12
		표시등 및 조명장치시험	M1300-SE+TS-101-0138-13
		부상장치시험	M1300-SE+TS-101-0138-14
	모듈레일 추종성능 시험		M1300-SE+TS-101-0139
	역행시험(본선)		M1300-SE+TS-101-0141
	누설자속측정시험		M1300-SE+TS-101-0142
	주행저항측정시험		M1300-SE+TS-101-0143
	주요기기 온도 및 상태시험		M1300-SE+TS-101-0144
	소음시험		M1300-SE+TS-101-0145
	진동시험		M1300-SE+TS-101-0146
	승차감시험		M1300-SE+TS-101-0147
	부상장치 축전지 백업시험		M1300-SE+TS-101-0148
	유도장애시험		M1300-SE+TS-101-0149
	비상롤러 추진시험		M1300-SE+TS-101-0150
	가속도시험		M1300-SE+TS-101-0151

(다) 시험선 시험 지원 및 관리

1) 만차/공차 조건 주요 추진현황

시험일자	시험제목	비고
2010.06.16	시험선시험 '추진제어장치'역행시험/가감속시험(본선)	
2010.06.17	· 시험선시험'추진제어장치'추가시험 · 완성차 추진제어장치 기능 동작 확인시험 · 구배구간 등판능력시험(6% 상구배)	

시험일자	시험제목	비고
	· 비상롤러 구배 기동시험 · 개방운전시험(구배 구간 : 6% 상구배)	
2010.06.18	· 주행저항시험(속도 별) 만차 조건 · 비상롤러 주행시험 만차 조건	
2010.06.21	· 부상장치 시험 · 부상장치 축전지 백업 시험	
2010.06.22	보조전원장치시험 만차 조건	
2010.06.23	축전지 및 충전기 시험선 시험	
2010.06.24	조합된 차량의 기능 및 동작측정시험 - 출입문시험/표시등 및 조명장치시험	
2010.06.25	조합된 차량의 기능 및 동작측정시험 - 제어회로시험/시동, 정지 및 운전대 교환시험	
2010.06.29	조합된 차량의 기능 및 동작측정시험 - 객실 및 운전실 기기시험-방송장치시험/표시기 장치 시험	
2010.06.30	자기부상열차 시험선 - 화재감지기 시험/누설자속측정시험/냉난방환기시험	
2010.07.02	자기부상열차 시험선-주요기기 온도 및 상태시험	
2010.07.05	자기부상열차 시험선 집전장치시험	
2010.07.06	자기부상열차 시험선 제동장치시험	
2010.07.07	자기부상열차 시험선 제동시험	
2010.07.08	자기부상열차 시험선 제동시험/TCMS 시험	
2010.07.14	자기부상열차 시험선 소음측정시험	
2010.07.15	자기부상열차 시험선 승차감/진동측정시험	
2010.07.16	자기부상열차 시험선 진동시험/모듈레일 추종성능시험(예비시험)	
2010.08.11	시험선 누설자속 F/L Box 부분 재측정	
2010.09.28	시험선 보조전원장치 리플율 재측정	
2010.11.09	시험선 역행시험 공차조건 실시	
2011.02.16	시험선 제동시험 공차조건 실시	
2011.04.18	시험선 소음시험 공차조건 실시	

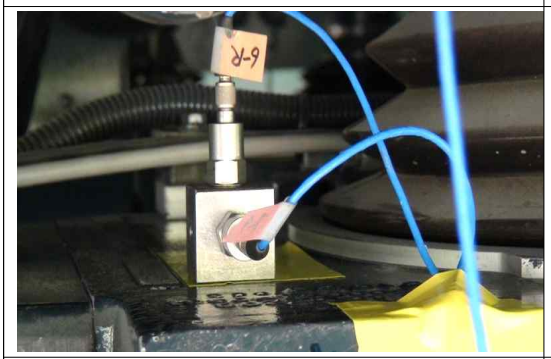
2) 주요 시험선 시험 사진

소음측정시험

누설자속측정시험

역행시험

보조전원장치시험



가속도 센서 부착모습

조도측정시험

3) 시험선 시험 결과

가) 추진제어장치시험

시험항목	결과	검토의견
제어전압확인시험	양호	양산차량 적용
입력 및 출력신호 확인시험		
Self Test확인시험		
기능/기동 확인시험		

나) 종합제어장치시험

세부시험항목	결과	검토의견
TCMS	양호	- 신호의 입출력 양호

운전부		- 고장정보표시 정리필요 및 일부 오류 수정 제시 - 부상장치 간 오류정보 표시 H/W 개선 제안.
회로차단기(NFB) 감시		
제동장치 연계동작시험		
SIV 연계동작시험		
Lamp 연계동작시험		
출입문 연계동작시험		
화재경보 연계동작시험		
냉난방장치 연계동작시험		
방송표시기장치 연계동작시험		
마그넷드라이버 연계동작시험		
비상롤러 연계동작시험		

다) 제어회로시험

세부시험항목	결과	검토의견
제어회로 전원 투입시험	양호	양산차량 적용
고속차단기 투입 및 차단시험		
비상제동 안전루프 회로시험		

라) 시동, 정지 및 운전대 교환시험

세부시험항목	결과	검토의견
제어전원 개폐시험	양호	양산차량 적용
외부전원인가 확인시험		
운전대 선택 기능 확인시험		

마) 보조전원시험

세부시험항목	결과	검토의견
기동 및 정지시험	양호	전압 리플율 기준 초과 측정/필터 개선 후 조치됨
무부하 운전시의 교류 출력 전압		
전부하 운전시의 교류 출력 전압		
직류 출력전압		
연장 급전시험		

바) 부상장치시험

세부시험항목	결과	검토의견
입력 및 출력신호 확인시험	양호	양산차량 적용
기동/정지 확인시험		
정지 부상/착지시험		

사) 축전지 및 충전기 기능 확인시험

세부시험항목	결과	검토의견
72 CELL 충/방전시험	양호	충전방식 및 충전기 회로 변경 적용 검토 필요
240 CELL 충/방전시험		

아) 역행시험

세부시험항목	결과	검토의견
기동시험	양호 향후 정밀 시험/분석 필요	양산차량 적용
추가노치시험		
재 역행시험		
가속도 및 저크 측정시험		
후진시험		

자) 제동시험(공차 조건)

세부시험항목	결과	검토의견
상용제동시험	- 공기제동 4.1km/h/s 이상 - 혼합제동 4.2km/h/s 이상 기준치 4.0km/h/s 이상 만족 - 비상제동 4.7km/h/s 이상 기준치 4.5km/h/s 이상 만족	만차 제동시험 시 감속도가 기준 미달하여 제동패드, 공기압축기, 공유압 변환기 등 개선 요구됨. 일부 유압계통의 누유 및 유량 점검(잔량) 추가 제시
비상제동시험		
정차제동시험		
압부력시험		
충기/완해시험		
주공기 압축기시험		
공기건조기시험		
공기 누설시험		
공기 작용장치시험		

차) 집전시험

세부시험항목	결과	검토의견
동작시험	양호	신개발품 적용/양산차량 적용
압상력시험		
내전압시험		
집전상태 확인시험		

카) 냉난방, 환기시험

세부시험항목	결과	검토의견
냉난방장치 작동상태	실내소음이 냉방장치 하부에서 기준치인 63dB(A)를 초과	냉방장치 소음저감 대책 요구됨
실내/외 소음		
풍속(풍량)		
온도측정		

난방시험(미실시)	함.	

타) 표시등 및 조명장치시험

세부시험항목	결과	검토의견
각종 등구류	양호	양산차량 적용
운전대 표시등		
실내 조도측정		

파) 방송장치시험

세부시험항목	결과	검토의견
객실방송시험	양호	실내 방송 시 울림현상 방지 요구됨
차외방송시험		
비상통화시험(CCTV 확인)		

하) 표시기장치시험

세부시험항목	결과	검토의견
LED 정면 행선 표시시험	양호	양산차량 적용
LCD 동영상 표시시험		
LCD 자막 표시시험		
CCTV 카메라 영상시험		
CCTV 카메라 비상인터폰 연계시험		

거) 화재감지기시험

세부시험항목	결과	검토의견
부품사전검사 확인	양호	양산차량 적용
열/연기 감지 동작 확인시험		

너) 출입문시험

세부시험항목	결과	검토의견
출입문 개폐확인	양호	양산차량 적용/일부 볼트 풀림현상 대책 요구됨
출입문 동작시간 확인		
출입문 작동압력 확인		
출입문 장애물 감지 확인		
비상핸들 작동확인		
이상 소음확인		

더) 누설자속시험

세부시험항목	결과	검토의견
부상 시 누설자속 측정	F/L Box에서 다소 높게 측정됨.	해당위치 차폐 및 저감 대책 필요 제안
착지 시 누설자속 측정		
주행 시 누설자속 측정		

러) 비상롤러 추진시험

세부시험항목	결과	검토의견
비상롤러 추행저항 측정시험	양호	양산차량 적용/유압장치 및 베어링류 수명 연장 등 개선 제안
비상롤러 착지 주행시험		
착지 및 부상 조합시험		
곡선 통과 재기동 시험		
구배 등판 재기동 시험		

머) 부상장치 축전지 백업시험

세부시험항목	결과	검토의견
부상장치 동작 확인시험	양호	양산차량 적용 축전지 수명 연장 제시
330V 축전지 방전시험		

버) 승차감시험

세부시험항목	결과	검토의견
진동가속도 측정	UIC 기준 2.0에 비해 1.0 미만으로 양호	양산차량 적용

서) 소음시험

세부시험항목	결과	검토의견
주행 시 실내소음시험	측정결과 67dB(A)로 기준치인 65dB(A)를 만족 못함.	냉방장치 소음저감대책 필요 제안. 인버터 IGBT의 스위칭 주파수 상향제시(열 문제 극복해야 할 것)
실외소음시험		

어) 진동시험

세부시험항목	결과	검토의견
상하좌우방향 진동의 진동가속도 및	양호	양산차량 적용

진동수		
좌우방향 정상가속도		

저) 주행저항 측정시험

세부시험항목	결과	검토의견
주행저항	양호	양산차량 적용

처) 주요기기 온도 및 상태시험

세부시험항목	결과	검토의견
온도시험	-	일부 온도센서의 설정오류로 인하여 재시험 실시 예정
상태시험		

(라) 완성차시험절차서 보완

시험선 시험절차서를 바탕으로 완성차 시험항목 및 시험 절차 및 방법 등을 성능시험절차서에 반영하여 보완 확정하였음.

(마) 연속주행시험

1) 목적

시제차량에 대한 연속주행시험을 실시하여 1단계 5,000km를 목표로 진행하며, 당초 설계한 기능 및 성능을 확인하고 신뢰성, 안정성을 확인하고자 한다.

2) 연속주행시험계획 구성

연속주행시험계획은 일정 및 운행 패턴, 측정신호 및 유지보수 등에 대한 내용으로 구성되어 있다.

연속주행시험계획(안) 구성	
1. 목적	
2. 시험조건	2.1 궤도조건 2.2 차량조건 2.3 주행조건 2.4 차량 정기점검 및 유지관리 2.5 측정항목
3. 시험방법	3.1 운행 전 확인사항 3.2 시험 방법

	3.3 운행 Pattern 3.4 시험시간 3.5 시험인력 및 유지보수 인력 3.6 시험일지 3,7 고장발생 및 정비기록표 3.8 FRACAS 기록 3.9 계측시스템 3.10 주요 측정신호
4. 첨부양식	1. 운행 전 상태 점검표 2. 일일안전점검표 3. 시험선 연속주행시험일지 4. 고장발생 및 정비 기록표 5. FRACAS 양식 6. 자기부상열차 시제차량 유지보수품 목록(안) 7. 계측시스템 측정보고서 별첨 1. 도시형 자기부상열차 시제편성 연속주행시험 일정 및 담당(안) 별첨 2. 시제편성 연속주행시험 잔여기간 시험일정(안)

3) 연속주행시험계획 승인 추진현황

번호	내용	추진일정	비고
1	최초 제정	2010년 12월 15일	
2	운행 패턴 및 시험일정 등 보완하여 개정	2011년 2월 8일	
3	연속주행시험계획 회의	2011년 3월 3일	
4	운행 전 상태 점검표 등 보완 및 회의내용 반영하여 개정	2011년 3월 3일	
5	사업단으로 승인요청	2011년 3월 14일	
6	사업단 승인	2011년 3월 23일	

4) 시험선 연속주행시험 추진현황

2011년 3월 15일 연속주행시험 실시하여 4월 29일 현재 누적거리 598km를 달성하였다. 연속주행시험 시 발생하는 차량의 상태 및 궤도와의 상관관계를 분석하여 양산차량 제작 시 반영할 수 있도록 지원하고자 한다.

(바) 시범노선 시설분야 시험평가 지원

1) 목적

시범노선 시설분야에 대한 규격 적합성 및 설계 검토 지원

2) 추진현황

① 종합시운전 TF 1차 회의 (2010년 7월 8일)

② 시범노선 종합시운전 마스터플랜 검토회의 (2010년 12월 1일)

③ 시범노선 종합시운전 마스터플랜 검토회의 (2011년 2월 17일)

④ 열차제어시스템 제작승인도 검토 (2009년 12월 10일)

⑤ 열차제어시스템 공장검사 참관 (2010년 12월 20일 ~ 22일)

3) 열차제어시스템 주요 시험내용

① 각종 시험성적서 확인

② 수량 및 겉모양 검사

③ 구조 및 치수검사

④ 전자연동장치 연동검사 및 기능시험(단동, 연동, 진로제어, 표시)

⑤ 지상 ATP/ATO 장치 기능시험(열차검지, 속도검출, 모의시험)

⑥ ATO LOCAL 장치 기능시험(주파수 전송 모의시험)

⑦ ATO Data장치 기능시험(주파수 전송, 간섭시험, 모의시험)

⑧ 전원공급장치 기능시험(내전압시험, 절연내력시험, 입출력시험)

(사) 시험선 상부구조 계측 및 분석

1) 목적

시험선의 궤도구조물 동특성 도출 및 자기부상열차 주행 시의 진동현상 개선 방안 도출

2) 계획 수립

- 궤도 구조 별 거동 특성

▪ 동명(원안) 구간, 기계연(기존) 구간, 리니모 구간, 3-1구간 등의 특성 비교 예정.

3) 추진 현황

- 자기부상열차 운행 중 진동 발생구간(리니모 구간) 진동 측정 및 분기기 구간 진행 속도 별 진동가속도 측정

- 계측결과 보고서 작성 중.

(아) 회생제동저항시스템 증설

1) 개요

회생제동저항 시스템은 자기부상열차가 전기제동 시 발생된 회생에너지(회생전력)를 부하저항에서 소비하여 전원 계통의 가선의 과전압을 억제하는 장치이다. 이는 자기부상열차의 가감속 능력시험에서 필수적인 요소이며, 가속된 열차를 감속하여 제동에 이르기까지 발생하는 회생전력을 충분히 소모시킬 수 있어야 한다. 따라서 열차의 가감속 능력을 최대한 발휘토록 하여 관련 성능확인시험에 활용한다.

2) 시스템 규격 및 구성

회생제동 저항 시스템은 크게 제동쵸퍼장치와 제동저항장치로 구성되어야 한다. 제동쵸퍼장치는 차량 운행시험 중 빈번히 발생하는 제동 시 발생하는 회생전력을 가선과 부하저항을 On/Off를 통하여 소모시켜 가선의 과전압을 막는데 있다. 이 On/Off의 폭을 제어하여 가선전압을 일정하게 유지할 수 있어야 한다.

① 제동쵸퍼장치

항 목		사 양	비 고
1. 방식	주회로 방식	IGBT Chopper	
	제어방식	가선전압에 따른 PI제어	
	냉각방식	히트파이프에 의한 자연 냉각	
2. 입력	정격 전압	DC 1500V	
	제어 전원	AC 220V, 60Hz / DC100V	
3. 용량	정격용량	600kw(30초)	
	과부하 내량	정격의 150% 10초	
	효율	90%이상	
4. 사용조건	주위온도	- 25℃ ~ + 50℃	
	상대습도	30%~90% (결로 없는 상태)	

② 제동저항장치

항 목		사 양	비 고
1. 정 격	사용전압	DC 1,500V	
	저 항 치	4Ω ± 10%(AT20℃)	
	용 량	200kw x 3회로 (30초)	
	온도상승	450℃ 이내(30초)	
	절연내압	5,400V(AC 60Hz, 절연체와 외함간 1분)	
2. 사용조건	냉각방식	강제 풍냉식(단상 220V)	
	설치장소	옥내	
	주위온도	- 25℃ ~ + 55℃	
	상대습도	30%~90% (결로 없는 상태)	

(4) 결과

(가) 문제점 및 보완계획

1) 연속주행시험

당초 4월 중순경 1,000km 이상의 누적거리를 달성하고자 계획했으나, 사업단 및 기계연구원 등의 각종 시승 요청 및 행사지원으로 인하여 원활한 연속주행시험이 이루어지지 않았음.

또한, 연속주행시험을 대비하여 안전성, 유지보수성, 기능 및 성능 등을 확보하기 위한 차량의 주요장치 점검 및 정비를 병행하였음.

현재 미진한 누적거리는 1일 15시간 이상의 연속주행을 실시하여 7월 말까지 1단계 목표인 5,000km를 달성하고자 함.

(나) 기대효과 및 활용계획

1) 회생제동저항시스템 증설

차량 주행성능시험은 차량의 역행 능력, 가속 및 감속 능력을 포함하며, 특히 최근 감속기술로 활용되는 전기제동(회생제동)은 기계적 제동과 공조되어 열차의 제동 능력 향상과 차량의 운행시격을 단축시킬 수 있어 차량운영에 유연하게 대처할 수 있는 장점이 있다.

기계연 시험선이 보유하고 있는 기존의 회생제동저항장치는 필용 용량에 비해 크게 떨어지는 수준으로 각종 주행성능시험 시 속도 향상에 큰 어려움이 있어왔다. 이에 따라 회생제동저항장치의 증설은 효율적 주행시험 및 시험 시 안전 등에 큰

기여를 할 것으로 기대된다.

(다) 산출물

⇒ 시험선 안전관리계획(안)

⇒ 시험선 시험절차서

⇒ 시험선 시험 결과보고서

⇒ 연속주행시험계획

⇒ 연속주행시험 중간보고서

⇒ 회생제동저항시스템 규격서

⇒ 완성차시험-외관구조검사절차서

⇒ 완성차시험-측정에 의한 검사절차서

⇒ 완성차시험-차체누수시험절차서

⇒ 완성차시험-차체 리프팅시험절차서

⇒ 완성차시험-추진제어장치시험절차서

⇒ 완성차시험-신호보안장치시험절차서

⇒ 완성차시험-종합제어장치시험절차서

⇒ 완성차시험-조합된 차량의 기능 및 동작 측정 시험절차서

⇒ 완성차시험-제어회로시험절차서

⇒ 완성차시험-시동, 정지 및 운전대 교환시험절차서

⇒ 완성차시험-보조전원장치시험절차서

⇒ 완성차시험-축전지 및 충전기 기능확인시험절차서

⇒ 완성차시험-역행시험절차서

⇒ 완성차시험-제동시험절차서

⇒ 완성차시험-집전시험절차서

⇒ 완성차시험-냉난방장치시험절차서

⇒ 완성차시험-출입문시험절차서

⇒ 완성차시험-방송장치시험절차서

⇒ 완성차시험-표시기장치시험절차서

⇒ 완성차시험-화재감지기시험절차서

⇒ 완성차시험-표시등 및 조명장치시험절차서

⇒ 완성차시험-부상장치 축전지 백업시험절차서

⇒ 완성차시험-부상장치시험절차서

마. 본선시운전 시험계획서/절차서 개발

(1) 개요

도시철도법 및 자기부상열차 고유 특성에 대한 본선시운전 차량성능시험평가를 위하여 시험절차서 개발 필요.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간												달성도
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
5. 본선시운전 시험계획서/절차서 개발													
5-1. 본선시운전시험 항목 확정	····· ——												100
5-2. 본선시운전 시험계획서 작성	····· ——	····· ——	····· ——										100
5-3. 본선 시운전 시험계획서 승인				·····									0
5-4. 본선시운전시험 절차서 개발				····· ——	····· ——	····· ——	····· ——	····· ——	····· ——	····· ——	····· ——	·····	100
5-5. 본선시운전시험 절차서 승인												···	0

····· 당초계획

—— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 자기부상열차 성능시험기준 확정 협의

1) 개요

본선시운전 시험계획서 및 절차서를 개발하기 위하여 성능시험기준 개발을 담당하는 1-4과제와 차량개발 담당인 2핵심과 협의하여 성능시험기준을 우선 확정하고 이에 따른 시험계획서 및 절차서 개발.

2) 추진현황

① 성능시험 기준 1차 검토회의 (2010년 12월 2일)

② 성능시험 기준 2차 검토회의 (2010년 12월 23일)

③ 성능시험 기준 3차 검토회의 (2011년 1월 12일)

④ 성능시험 기준 4차 검토회의 (2011년 1월 28일)

다. 본선 시운전 시험 항목 확정

도시형 자기부상열차 성능시험기준(안)을 토대로 본선 시운전 시험 항목은 다음과 같다.

① 주행시험
② 주행저항시험
③ 구원운전시험
④ 집전시험
⑤ 유도장애시험
⑥ 보호 장치 동작확인시험
⑦ 소음, 진동 및 승차감시험
⑧ 지상설비와의 연계동작시험
⑨ 주요기기 온도 및 상태시험
⑩ 비상착지시험

(나) 본선시운전 시험계획서 개발

1) 개요

본선시운전 시험계획서는 관련 과제와의 협의를 거쳐 시험항목을 확정하고 계획서 초안을 작성한 후 종합시운전시험계획(안)과 연계하여 진행.

(다) 본선시운전 시험절차서 개발

가. 개요

자기부상열차 성능시험기준을 반영하여 본선에서 수행되는 시험항목들에 대한 시험절차를 규정.

(4) 결과

(가) 기대효과 및 활용계획

도시철도법에서 요구되는 본선 시운전 시험항목에 대한 각각의 절차서를 성능시험자가 본선 시운전시험 시 활용할 수 있도록 진행하며, 자기부상방식을 고려한 본선 시운전 시험절차가 확립될 것으로 기대됨.

(나) 산출물

⇒ 시험계획서-본선시운전시험

⇒ 본선시운전시험-주행시험절차서

⇒ 본선시운전시험-주행저항시험절차서

⇒ 본선시운전시험-구원운전시험절차서

⇒ 본선시운전시험-집전시험절차서

⇒ 본선시운전시험-유도장애시험절차서

⇒ 본선시운전시험-보호장치 동작확인시험절차서

⇒ 본선시운전시험-소음, 진동 및 승차감시험절차서

⇒ 본선시운전시험-지상설비와의 연계동작시험절차서

⇒ 본선시운전시험-주요기기 온도 및 상태시험절차서

⇒ 본선시운전시험-비상착지시험절차서

바. 시범노선 시운전시험 계측시스템 구축 및 보완(제작/임차)

(1) 개요

(가) 목적

'자기부상열차 통합계측시스템'은 도시형 자기부상열차 실용화차량의 성능평가를 위해 제작된다. '자기부상열차 통합계측시스템'은 시험선 및 본선시운전 시 수행되는 차량 및 관련 시스템의 시험평가 및 인증을 위한 것으로 안정적인 데이터 획득 및 시험평가 측정시스템의 통합 운영을 목적으로 제작된다.

(나) 필요성

도시형 자기부상열차의 성능평가를 위해서는 다양한 센서로부터 측정되는 계측신호를 이용한 시험평가 과정이 필연적이다. 따라서 다수의 다양한 계측신호를 얼마나 안정적으로 획득할 수 있는가는 자기부상열차의 성능평가 과정에서 매우 중요하며, 계측신호 데이터에 대한 정확하고 안정된 계측시스템의 구축은 필수적이라 할 수 있다. 또한 각각의 시험에 필요한 측정시스템을 통합계측시스템으로 통합하여 운영할 경우 같은 시험조건에 대해 한 번의 시험으로 모든 데이터를 측정할 수 있어 시험일정을 단축 할 수 있으며 거리가 멀리 떨어진 계측신호간의 직접적인 비교도 용이하게 된다.

(2) 계획일정/수행일정/목표달성도

구분 / 개발내용	연구개발기간												달성도
	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12	
6. 시범노선 시운전시험 계측시스템 구축 및 보완(제작/임차)													
6-1. 계측시스템 제작/임차	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
	———	———	———	———	———	———					———		
6-2. 계측시스템 자체시험/보완/수정							·····	·····	·····	·····	·····	·····	100
							———	———	———	———	———		

····· 당초계획

——— 실 적

(3) 세부공정별 수행 내역 및 결과

(가) 계측시스템 제작/임차

1) 추진현황

번호	내용	추진일정	비고

1	자기부상열차 온도 측정 협의	2010년 7월 21일	
2	통합계측시스템 1단계 제작 중간점검회의	2010년 9월 27일	
3	네트워크 설치 위치 및 데모 시연 결과보고	2010년 10월 5일	
4	차상계측시스템 설치방안 협의	2010년 10월 15일	
5	무선 네트워크 설치 사전 점검	2010년 11월 3일	
6	무선 네트워크 중계기 설치	2010년 11월 15일 ~ 18일	
7	차상계측 시스템 설치	2010년 11월 19일	
8	2단계 제작 수의계약	2010년 12월 9일	
9	통합계측시스템 1단계 제작 진행현황 발표	2011년 1월 13일	
10	통합계측시스템 검수시험 진행	2011년 2월 17일	

(나) 계측시스템 자체시험/보완/수정

1) 추진현황

시제편성 연속주행시험 시 활용하여 계측을 진행하며, 요구사항 발생 시 바로 반영할 수 있도록 체계를 갖추어 수행하고 있음.

또한, 2단계 추가제작을 위하여 센서 구매 수량 및 측정 채널 수 조사를 완료하여 2단계 구매 진행 중임.

(4) 결과

(가) 기대효과 및 활용계획

시험선 및 본선 시운전 시 수행되는 차량 및 관련 시스템 시험평가를 위한 것으로 안정적인 데이터 획득 및 시험평가 측정, 분석 등 시스템의 통합 운영이 용이하다.

차량 및 지상의 신호를 동기화하여 측정하고, 다양한 계측장치의 추가 및 제거가 용이한 모듈형 계측시스템으로 구성되어 시운전시험 시 다방면으로 활용도가 높을 것으로 기대된다.

(나) 산출물

⇒ 통합계측시스템 1단계 납품문서

[1-4과제]

가. 품질인증요령(안) 개발

(1) 개요

품질인증요령은 구성품 이하의 세부 단품 또는 부품에 대한 품질검사기준으로서, 본 자기부상열차용품 품질인증요령은 자기부상열차에 사용되는 주요 용품 중 품질검사 관리가 필요한 제품을 선별하고 그 제품에 대한 품질시험기준을 마련하는데 있다.

(가) 필요성

품질인증요령은 지속적이고 신뢰성 있는 부품 생산을 유도하여 내수 조달을 통해 국내 철도산업을 육성하고 철도시장의 경제성을 향상시키는데 그 목적이 있다.

특히 본 실용화사업을 통해 개발되는 자기부상열차 시스템은 국내 철도를 세계 최고수준으로 발돋움 할 수 있게 하며, 해외시장 개척을 염두에 두고 있다. 이러한 자기부상열차에 사용되는 부품을 국산화 육성해야 참된 자기부상철도의 선진화를 이룩할 수 있을 것이다.

(나) 주요내용

1) 품질인증 대상 용품 선정

품질인증기준(안)은 해당 시스템 PBS(product breakdown structure)의 3~5 level의 품목을 주요 대상으로 한다. 그보다 상위인 2 level 수준은 구성품 단위로서 구성품은 하나의 주된 기능을 발휘하도록 여러 개의 단위 품목들이 결합된 용품이다. 또한 구성품 이상의 수준은 법적 강제 규정인 성능시험을 통해 검증을 받도록 되어 있다. 다만, 구성품 수준에 해당하더라도 그 품목이 단품으로 생산가능하며 품질인증을 통해 국내 지속적인 품질 관리를 유도하기 위해서는 품질인증 대상에 포함할 수 있다. 또한 6레벨 이하의 품목은 세부 부품 단위로서 일반적인 부품에 해당하여 모든 산업에서 사용할 수 있는 부품으로 철도산업으로 한정하여 관리하기에는 범위가 적합하지 않다.

관련 품질인증 시행지침에서는 품질인증 대상 품목 선정요건을 다음과 같이 나타내고 있다. “철도의 안전운행에 직접적으로 영향을 줄 것”, “철도 건설 및 운영에 호환성을 유지할 수 있을 것”, “철도용품이 철도시스템에 중요한 영향을 미칠 것”, “철도용품의 성능이 철도 건설 및 운영에 중요한 영향을 미칠 것”, “철도용품의 성능이 다수의 이해관계인과 관련이 있을 것”, “국산화 개발품 또는 신개발품으로 우수한 성능을 보유 할 것” 등이다.

여기에 자기부상열차 관련 산업 발전성 등을 고려하여, 용품의 설계변경 가능성, 발전성, 일반화 등을 고려해서 모듈화를 지향하였으며, 한국산업표준(KS) 및 타 법령에서 규정한 동일한 용품은 품질인증 대상에서 제외하였다.

2) 품질인증기준(안) 개발

품질인증기준은 우선 각 품질검사 대상의 적용범위를 나타내고, 용품의 설계상에 필요한 구조, 형식 및 필요조건을 명시하도록 한다. 그 다음 각각의 품질을 확인할 수 있는 검사와 시험에 대한 방법 및 평가기준 등을 제시한다. 따라서 대상 용품의 제작사양서를 바탕으로 도시철도에서 공통적으로 요구하는 품질 조건을 선별하고 해당 용품의 호환성과 신뢰성 등의 품질을 보장할 수 있는 시험으로 구성해야 한다.

또한 「철도안전법 시행규칙」에서는 품질 시험을 “외관 및 치수검사”, “재료시험”, “작동 및 성능시험”, “(필요한 경우)내구성시험”, “(필요한 경우)설치시험” 등으로 구분하고 있다.

(3) WBS

당초, 자기부상열차용품 품질인증요령(안) 개발은 대상 용품선정과 그에 따른 품질인증기준 개발이 연계되어 추진할 계획이었다. 그러나 본 실용화사업 2단계에 접어들면서 기존의 지하철과 같은 중형 전동차를 대상으로 하던 도시철도법령 및 기준에 최근의 각종 경량전철을 통합하고 포함하도록 하는 정책의 변화가 있었다.

도시형 자기부상열차도 경량전철에 해당하기 때문에 이러한 정책에 따라 도시철도법 내에 신규 제정에서 각각의 법안에 대응하는 현행 규정에 통합하는 것으로 조정되고 있다.

그 결과 자기부상열차용품 품질인증요령(안)의 개발은 품질인증 대상 품목

선정과 품질인증기준 개발로 크게 나누어지게 되었다. 이는 「도시철도법 시행령」에서 품질인증 대상 품목 선정과 품질인증기준 제·개정을 별도로 구분하고 각각을 도시철도기술실무위원회의 심의를 수행하도록 한 것과도 같은 맥락에 있다.

[표 174]품질인증요령(안) 개발 WBS

Level 1	Level 2
1.품질인증 대상 품목 선정	1-1. 자기부상열차 세부 PBS 개발
	1-2. PBS 각 항목에 대한 품질인증 대상 적합성 검토
	1-3. 자기부상열차 품질인증 대상 품목 선정 초안 개발
	1-4. 품질인증기관 등의 유관기관과의 검토·협의
	1-5. 자기부상열차 품질인증 대상 선정(안) 개발
2.품질인증기준 개발	2-1. 자기부상열차 부품 제작사양서 등 기술자료 취합
	2-2. 각 부품의 품질요구조건 분석
	2-3. 품질인증기준 초안 개발
	2-4. 관련 기술자료 검토 및 반영
	2-5. 전문가 검토 및 의견수렴
	2-6. 품질인증기준(안) 개발

(2) 계획일정 및 목표달성도

품질인증요령(안) 개발을 위한 계획일정 및 목표달성도는 아래와 같다.

[표 175]품질인증요령(안) 개발의 연구내용별 달성도

세부 연구 내용	일 정								달성도
	4차 1분기	4차 2분기	4차 3분기	4차 4분기	5차 1분기	5차 2분기	5차 3분기	5차 4분기	
1-1. 자기부상열차 세부 PBS 개발	▬▬	▬▬							100 %
1-2. PBS 각 항목에 대한 품질인증 대상 적합성 검토		▬▬	▬▬						100 %
1-3. 자기부상열차 품질인증 대상 품목 선정 초안 개발			▬▬	▬▬					100 %
1-4. 품질인증기관 등의 유관기관과의 검토・협의				▬▬	▬▬				100 %
1-5. 자기부상열차 품질인증 대상 선정(안) 개발					▬▬	▬▬			100 %
2-1. 자기부상열차 부품 제작사양서 등 기술자료 취합	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬	▬▬			100 %
2-2. 각 부품의(전장품) 품질요구조건 분석		▬▬	▬▬	▬▬					100 %
2-3. 품질인증기준 초안 개발				▬▬					100 %
2-4. 관련 기술자료 검토 및 반영					▬▬	▬▬	▬▬		100 %
2-5. 전문가 검토 및 의견수렴							▬▬	▬▬	100 %
2-6. 품질인증기준(안) 개발								▬▬	100 %

※ 현재 품질인증기준에 대한 “2-5 전문가 검토 및 의견수렴”을 진행 중에 있으며, 2단계 종료까지 100% 완료 할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 품질인증 대상 용품 선정 관련

품질인증 대상 품목 선정은 우선적으로 자기부상열차 세부 PBS를 재정립하고 이를 도시철도와 비교하여 특이사항 및 검토필요사항을 구분/도출하였다.

이를 바탕으로 관련 법령에서 규정하고 있는 품목 선정 요건과 자기부상열차 시스템의 발전성 등을 검토하여 초안을 개발하였다.

자기부상열차의 품질인증 대상 품목 선정 요건은 다음과 같다.

- 철도의 안전운행에 직접적으로 영향을 줄 것
- 철도 건설 및 운영에 호환성을 유지할 수 있을 것
- 철도용품이 철도시스템에 중요한 영향을 미칠 것
- 철도용품의 성능이 철도 건설 및 운영에 중요한 영향을 미칠 것
- 철도용품의 성능이 다수의 이해관계인과 관련이 있을 것
- 국산화 개발품 또는 신개발품으로 우수한 성능을 보유 할 것
- 용품의 설계변경 가능성, 발전성, 일반화 등을 고려해서 모듈화를 지향
- 한국산업표준(KS) 및 타 법령에서 규정한 동일한 용품은 품질인증 대상에서 제외

또한 개발한 품목 선정 초안을 도시철도용품 품질인증기관인 한국철도기술연구원의 도시철도 표준화연구단 등의 유관기관과 검토·협의하여 자기부상열차의 고유품목 6개 항목과 일반 전동차용 품목 6개 항목을 법적 신규 등록 품목으로 결정하였다.

분류	대상 용품	품목수	품질인증 대상 선정 심의 추진 여부
자기부상열차 고유 용품	전자석, 부상제어기(제어기, 초퍼), 대차프레임(캐스팅블록, 타이빔, 링크), 조향장치(슬라이딩테이블, 유압실린더, 테이블블록, LM 가이드, 트랙선링크), 착지장치(착지/안내스키드, 착지바퀴), 제동패드 (※ 세부 품목은 상위 품목에 모듈화하여 포함)	6	O
전동차 신규 용품	선형유도전동기, 공유압변환기, 유압실린더, 밀폐형 Ni-Cd 축전지, 전기 출입문 제어기, 3궤조 집전장치	6	O
전동차 사용 용품	출입문, 도어엔진, 냉방기, 주간제어기, 승객정보장치, 공기스프링, 차압밸브, 레벨링밸브, 전력변환장치, 보조전원장치, 충전기, 차단기, 피뢰기, 주퓨즈, 필터리액터, 점퍼커플러, 배전반, 연장급전상자, 차상자동열차보호장치, 차상자동열차운전장치, 차량제어컴퓨터, 편성제어컴퓨터, 제동실린더유니트, 제동제어기, 구원제동장치, 다중연결기, 밀착연결기, 고무완충기, 주공기압축기, 공기건조기	30	X (※품질인증기준 개정 심의 대상에는 포함됨)

[그림 268]품질인증 대상 선정(안)

(나) 품질인증기준 개발 관련

품질인증기준은 자기부상열차에 적용되는 용품 전체를 대상으로 하여, 기존 전동차 용품과 동일 항목이더라도 도시철도 전동차 전체에 개정이 필요한 부분/자기부상열차에만 적용되는 품목 전체를 그 대상으로 하여 개발하게 되었다.

자기부상열차용품 품질인증기준 초안의 주요 내용은 다음과 같다.

- ◦ 부상장치, 추진장치 등의 자기부상열차의 특성 장치에 대한 품질인증기준 신설
- ◦ 최근 제·개정된 국제표준 적용 보완
- ◦ 용품의 품질에 대한 요구조건을 도출하고 환경시험, 특성시험, EMI시험 등의 신뢰성 시험 개발

자기부상열차용품 중 기계분야는 1단계에 초안을 개발하였으며, 본 2단계에는 전장품 분야 초안을 개발하는 것으로 순차적으로 진행하였다. 자기부상열차의 부상장치 등 주요 전장품의 품질요구조건을 조사·검토하기 위해, 직접 제조업체를 방문하여 관련 사항을 토의하였다. 대상기관은 전자석 개발·제조기업인 (주)WSM과, 부상제어기 개발·제조기업인 (주)이2에스, 추진제어장치 개발·제조기업인 (주)브이씨텍 그리고 부상·추진시스템 개발 담당을 맡았던 한국전기연구원과 차량개발을 총괄담당하는 (주)현대로템 등이다. 그 결과로서 자기부상열차의 주요 전장품의 품질요구조건을 도출하였다.

이 전장품 품질 요구조건과 관련한 국내외 최신 표준 내용을 반영하여, 전장품 품질인증기준 초안을 개발하였고, 기 개발한 기계분야와 통합하여 자기부상열차용품 품질인증요령 초안을 개발하였다.

적용된 최신의 국제표준과 한국산업표준은 아래의 표와 같다.

[표 176]전장품 적용 국내외 표준

대 상	적용 표준
전자석	◦KS C IEC 60529 외곽의 밀폐 보호등급(IP코드) ◦KS D 8301 알루미늄 및 알루미늄 합금의 양극 산화 피막 ◦KS D 9502 코팅 표면의 염수분무 시험(중성, 아세트산

	및 캐스분무 시험)
마그넷 드라이버	◦KS R 9144 철도차량 부품의 진동시험방법 ◦KS R 9146 철도차량 부품의 충격시험방법 ◦IEC 60068-2-30 Environmental testing Part 2-30: ◦IEC 60068-2-2 Basic Environmental Testing Procedures Part 2 ◦IEC 6255-4 Multicore and symmetrical pair/quad cables for broadband digital communications ◦IEC 61000-4-4 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4-4 ◦IEC 61000-4-3 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-3 ◦EN 55011 Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement
선형유도전동기	◦KS R 9144 철도차량 부품의 진동시험방법 ◦KS R 9156 철도차량용 전자기기의 시험통칙 ◦KS R 9158 전기차용 제어기기의 시험방법 ◦KS R 9197 철도차량의 절연저항 및 내전압 시험방법 ◦KS R 9213 철도차량부품-고온 및 저온시험방법
컨버터	◦KS R 9144 철도차량 부품의 진동시험방법 ◦EN 50121-3-2 Railway applications - Electromagnetic compatibility ◦IEC 61000-4: Electromagnetic compatibility ◦EN 55011 Industrial, scientific and medical equipment - Radio-frequency disturbance characteristics - Limits and methods of measurement ◦KS C IEC 61991 철도용 전기 설비-전기 위험 방지를 위한 보호 대책
축전기	◦KS C 8544 밀폐형 니켈·수소 축전지
공기조화장치	◦ASTM E 662 화염의 연기 밀도 ◦ISO4589-2 산소지수 시험 방법
보조전원장치	◦KS R 9158 전기차용 제어기기의 시험 방법 ◦KS R 9156 철도 차량용 전자기기의 시험 통칙 ◦EN 50121-3-2: Railway applications, Electromagnetic compatibility-Part 3-2: Requirement for rolling stock apparatus

	◦ IEC 61000-4: Electromagnetic compatibility ◦ KS C 0220 환경 시험 방법 - 전기·전자 - 저온(내한성) 시험 방법 ◦ KS C 0221 환경 시험 방법 - 전기·전자 - 고온(내열성) 시험 방법
표시기	◦ KS R 9156 철도 차량용 전자기기의 시험 통칙 ◦ KS C IEC 62236-3-2 철도용 전기 자기 적합성－제3－2부 : 철도 차량－장치 ◦ IEC 61000-4-2 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4-2 ◦ IEC 61000-4-3 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-3 ◦ KS R 9197 철도 차량의 절연 저항 및 내전압 시험 방법
종합제어장치	◦ KS R 9156 철도 차량용 전자기기의 시험 통칙 ◦ KS C IEC 62236-3-2 철도용 전기 자기 적합성－제3－2부 : 철도 차량－장치 ◦ IEC 61000-4-2 Electromagnetic Compatibility (EMC) Part 4-2 ◦ IEC 61000-4-3 Electromagnetic compatibility (EMC) Part 4-3 ◦ KS R 9197 철도 차량의 절연 저항 및 내전압 시험 방법 ◦ KS C IEC 61373 철도 차량 설비의 충격 및 진동 시험 방법

품질인증요령 초안에서 도시철도용품의 품질인증요령 개정고시('09.08.21) 내용을 반영하고 2핵심(현대로템)에서 인터페이스 한 초도편성의 주요 부품제작사양서를 반영하여 보완하였다. 해당 수정안의 주요 내용은 다음과 같다.

◦ 도시철도법령 개정에 따라 본칙의 인용 기준 4개 조항 내용 수정
◦ 대통령 훈령 제248호에 따라 폐지, 개정 등의 재검토기한 설정
◦ 별지의 서식 순번 입력 및 기타 별지 양식 조정
◦ 각 시험에 적용되는 표준규격을 최근의 제·개정된 내용으로 수정
◦ 부상전자석 품질인증기준 수정 보완
  - 코팅두께 측정 시험 추가
  - 부상전자석의 방수시험 등급 "5 → 4" 조정
  - 특성시험에서 노선별 정격공극, 만차하중, 포화온도 등의 설계수치

는 삭제

◦ 공유압 변환기 시험 항목 추가

◦ 조향장치는 일반 산업용품으로 구성되어 있으므로, 모듈화 부분은 삭제하고 조향실린더에 대한 시험기준으로만 구성하여 조정

수정안의 내용에 대해서 2핵심 등의 각 분야 전문가와 검토를 진행하고 있으며, 외부 유관기관의 전문가들을 대상으로 자문회의를 6월 초 중에 개최할 예정에 있다.

(4) 결과

(가) 연구결과

2단계 수행 연구결과로서 자기부상열차용품 품질인증 대상 선정(안)과 자기부상열차 품질인증기준(안

(나) 보완계획

품질인증요령은 이후의 각 상용 노선의 자기부상열차에 적합하게 활용되기 위해서는 본 실용화사업의 최종 연구 성과가 충분히 반영되어야 할 필요성이 있다.

본 실용화사업 2단계 종료시점인 현재에는 초도편성의 제작 및 기계연의 시험선 시험을 통해 대차의 조향장치와 제동장치, 그리고 열차간 댐퍼 등의 부품이 추가로 적용되거나 개선되는 방안이 강구되고 있으며, 이에 따라 실제 상용운행에 투입될 양산편성에는 이들 보완된 부품이 장착될 것이다.

따라서 3단계의 6차년도에는 양산편성에 최종 적용된 부품제작사양서를 취합하고 이를 검토 반영한 품질인증요령(안) 개발이 필수적인 것으로 판단된다.

(다) 기대효과

3단계에 양산편성에 적용된 부품 제작사양서를 반영하여 최종 개발될 품질인증요령(안)은 도시철도기술실무위원회의 심의를 거쳐 도시철도용품 품질인증요령에 자기부상열차 용품 항목과 품질인증기준이 신설 또는 개정이 될 것이다. 이 신규 기준을 통해 향후 자기부상열차의 각종 상용 노선에 사용되는 부품의 품질을 일정 수준이상으로 유지할 수 있으며, 국내 자기부상열차 시스

템의 원활한 정착과 철도산업 향상 및 나아가 국내 기술력에 신뢰성을 주고 자기부상열차를 포함한 국내 철도산업의 수출시장 개척에도 일조를 할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 성능시험기준(안) 개발

(1) 개요

성능시험기준은 의무(강제) 규정으로서 이 기준에서 나타내고 있는 검사 및 시험을 통해 성능을 인정받아야 운행허가를 받을 수 있게 된다. 성능시험기준은 본칙과 시험기준을 모은 별표로 구성되어 있으며, 별표는 크게 구성품시험/완성차시험/본선시운전시험으로 구분된다.

(가) 필요성

성능시험기준은 법적인 안전 및 성능 요구사항 등에 따라 설계, 제작된 차량이 해당하는 최소한의 성능을 만족할 수 있는지를 검사와 시험을 통해 확인할 수 있도록 하는데 그 목적이 있다.

국내에 운영할 모든 도시철도차량은 국토해양부에서 정하는 이 성능시험기준에 따라 시험을 수행하고 인증을 받아야 영업운전을 할 수 있게 된다. 본 실용화사업을 통해 개발되는 자기부상열차는 인천공항 시범노선을 통해 첫 번째 상용운행을 하게 되므로, 이 성능시험을 거쳐야 한다.

자기부상열차는 부상장치 등의 고유장치와 독특한 차량 구조와 운행 특성에 적합한 성능시험기준이 마련되어야 시범노선에서 운행할 차량뿐만 아니라 향후의 각종 상용노선에서 운행할 차량의 성능에 대한 신뢰성을 확보할 수 있게 된다.

(나) 주요내용

본 실용화사업 1단계에서는 성능시험기준 초안을 개발하였으며, 2단계 4차년도에는 완성차시험 단계까지를 중점적으로 보완하였고, 5차년도에는 성능시험기준 전체에 대한 보완 및 사업단 내·외부 전문가 검토 및 의견수렴을 거쳐 최종안을 개발하여 현재 국토부에 제안하여 관계기관의 의견수렴을 진행중에 있다.

자기부상열차 성능시험기준은 각각의 구성품 단계에서 시험을 수행하는 구성품시험 7종과 이들 구성품을 조립하여 완성된 차량에서 시험을 수행하는 완성차시험 9종 그리고 최종 본선에서 영업운전을 하는데 적합한 성능을 발휘할 수 있는지를 확인하기 위한 본선시운전시험 10종 등으로 구성된다.

[그림 269]자기부상열차 성능시험기준 항목 구성도

각각의 대상 항목은 일반 제작상태를 확인하는 검사와 기계적·전기적 시험으로 분류되며, 각각의 특징에 따라 강도, 결함여부, 동작상태, 환경성, 신뢰성, 안전성 등을 확인하는 시험으로 구성된다.

여기에 자기부상열차의 특수한 장치 및 구조에 따라 아래 표와 같이 기존의 차륜식 차량과의 기술적 차별성이 필요하게 된다.

[표 177]자기부상열차의 주요 특징과 반영이 필요한 성능시험 항목

자기부상식 차량의 성능시험 항목		차륜식차량과의 기술적 차별성 필요 여부	사 유
구성품 시험	구조체	◎	◦ 구조체 지지구조 다름 ◦ 구조체 동적 특성 다름
	대차	◎	◦ 대차구조, 작용하중, 피로특성 등 모두 다름
	추진장치	○	◦ 선형유도방식만을 사용
	부상장치	◎	◦ 고유장치
	보조전원장치	×	-
	신호보안장치	×	-
	종합제어장치	×	-
완성차 시험	외관구조검사	×	-
	측정에 의한 검사	◎	◦ 차체 지지구조 다름 ◦ 차량하중분포특성 다름
	차체 누수	×	-
	차체 리프팅	×	-
	추진제어장치	×	-

자기부상식 차량의 성능시험 항목		차륜식차량과의 기술적 차별성 필요 여부	사 유
	부상제어장치	◎	◦ 고유장치
	신호보안장치	×	-
	종합제어장치	×	-
	편성차량의 기능 및 동작측정	○	◦ 기초제동방식 다름 ◦ 집전장치의 형식 다름
본선 시운전 시험	주행(역행・가속도・제동・감속도・최고속도)	◎	◦ 주행방식 다름
	주행저항	○	◦ 최고속도 다름 ◦ 주행저항인자 다름
	구원운전	◎	◦ 주행방식 다름
	집전	◎	◦ 집전장치의 형식 다름
	유도장애	◎	◦ 부상주행에 따른 유도성 간섭측정 다름 ◦ 부상전자석 등의 누설자속 측정 필요
	보호장치동작확인	○	◦ 확인 대상 다름
	소음, 진동 및 승차감	◎	◦ 운행방식의 차이로 적정 수준이 다름
	지상설비와의 연계동작	×	-
	주요기기 온도, 상태	○	◦ 측정 대상 다름
	비상착지	◎	◦ 부상주행 안전성

(다) WBS

자기부상열차 성능시험기준(안) 개발을 위한 WBS는 아래의 표와 같다.(1단계에 초안을 개발한 부분은 제외하고 2단계 연구 내용만을 표시함)

[표 178]성능시험기준(안) 개발 WBS

Level 0	Level 1 / Level 2
자기부상열차 성능시험기준 (안) 개발	1. 관련 기술자료 취합 및 검토・반영
	1-1. 성능시험 절차서 등 관련 과제의 1단계 연구성과물 취합 및 반영
	1-2. 도시철도차량 성능시험기준 개정 내용 반영
	1-3. 차량압축하중시험기준 도출 연구용역 결과 반영
	2. 전문가 검토 및 의견수렴
	2-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴
	2-2. 운영기관 및 성능시험기관 등의 외부 전문가 검토 및 의견수렴
	3. 성능시험기준(안) 개발

(2) 계획일정 및 목표달성도

성능시험기준(안)은 본 실용화사업의 성능시험 추진을 위해 당초 계획보다 앞당겨 수행・완료하였다. 계획일정 및 목표달성도는 아래 표와 같다.

[표 179]품질인증요령(안) 개발의 연구내용 및 달성도

세부 연구 내용	일 정																달성도
	4차 1분기		4차 2분기		4차 3분기		4차 4분기		5차 1분기		5차 2분기		5차 3분기		5차 4분기		
1-1. 시험절차서(안) 등 관련과제의 연구 성과 취합 및 반영	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬	▬						100 %
1-2. 도시철도 차량 성능시험기준 개정 내용 반영					▬	▬											100 %
1-3. 차량압축하중시험기준 도출 연구용역 결과 반영									▬	▬	▬						100 %
2-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴							▬	▬				▬	▬				100 %
2-2. 외부 전문가 검토 및 의견수렴													▬	▬			100 %
3. 성능시험기준(안) 개발															▬		100 %

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 관련과제 1단계 연구 성과 반영

차량의 설계 내역과 성능시험절차서 초안 그리고 차량시스템 요구사항 및 규격 등을 반영하여 성능시험기준 초안을 수정·보완하였다. 해당 내용은 아래의 표와 같다.

[표 180]1단계 연구성과 반영을 통한 성능시험기준 수정·보완 내용 요약

시험항목	주요 검토사항 및 반영내용
구조체시험	◦ “구조체하중시험”을 “구조체시험”으로 명명함 - 하중시험 이외에도, “변위제어시험”과 “진동수측정시험” 등이 추가 또는 변경됨 - 차체의 내외장재와 차체설비는 설치하지 않은 상태로 수행하기 때문에 구성품을 구조체로 지정함 ◦ 비틀림하중 시험을 “하중제어시험”과 “변위제어시험” 중 적합한 방법을 선택하여 시험하도록 함 - 도시철도차량 성능시험기준의 비틀림하중시험은 모든 차종에 획일적인 기준을 사용함 - 차량의 형식과 구조가 다양하고, 특히 차체의 비틀림은 선로선형에 따라 가변적이므로, 해당 조건에 적합한 시험을 수행할 수 있도록 함 ◦ 고유진동수 측정시험에 “충격해머”를 사용하는 방법을 추가함 - 자기부상열차는 다수의 차체지지점을 갖기 때문에 기존의 언더프레임 중앙에 순간적인 하중부하 방법, 강제가진기를 사용하는 방법 등은 적합하지 않을 수 있음
대차시험	◦ 정하중시험을 “부상주행”과 “착지주행”으로 구분함 - 자기부상열차는 부상주행을 원칙으로 하지만 이례적인 상황에서 착지주행 할 수 있으므로 구분함 ◦ 각 정하중시험에 적합한 동하중계수 적용 - 일본의 리니모에서 적용한 값과, 해석결과, 기존의 UTM 등 적용 결과를 반영 ◦ “전자석 폴 흡착 하중시험”, “수직낙하하중시험”, “착지주행 좌우복합하중시험” 등의 특수시험 신설 - 발생 가능한 최악조건에 대해서도 구조적 안전성을 확보하도록 함
추진장치시험	◦ “추진제어장치시험”을 “추진장치시험”으로 명명함

시험항목	주요 검토사항 및 반영내용
	- 부상제어장치로 국한할 경우, 대상이 마그넷 드라이버에 한정되므로 전자석을 포함하도록 함 ◦ 기존 “진동시험”을 “진동 및 충격 시험”으로 확대 - 착지시, 궤도와 접촉시에 충격이 가해질 수 있으므로, 안전성 검증을 위해 충격시험 추가
부상장치시험	◦ “부상제어장치시험”을 “부상장치시험”으로 명명함 - 부상제어장치로 국한할 경우, 대상이 마그넷 드라이버에 한정되므로 전자석을 포함하도록 함 ◦ “부상/안내력시험”, “온도상승시험”, “전류상승시험”, “운전주기에 따른 온도상승시험”, “온도상승에 따른 전류, 부상력 시험” 등을 전자석의 “특성시험”으로 함 - 부상장치의 전자석은 부상력을 발생시키는 중요 장치로서, 구성품단계에서 부상/안내력, 온도특성, 시정수 등 전류특성 등에 대한 성능 확인이 필요함 ◦ “절연저항”과 “내전압시험”을 강화하여 수행하도록 함 - 전자석은 절연 상태를 유지하는 능력이 기본적인 성능이 되어야하므로 일반 전기장치보다 시험수준을 강화함 - 절연저항시험은 각각의 환경시험을 수행한 다음에 다시 확인되도록 함 ◦ 전자석 성능시험 중 “코일내부단락시험”을 환경조건과 연계하도록 함 - 전자석은 코일의 층간 절연 상태이어야 하므로, 극한의 환경조건에서 이를 만족하는지 확인하도록 함 ◦ 마그넷 드라이버의 전기적 특성시험에 “전원변동시험”을 추가함 - 전원의 변동에도 안정적으로 작동하는지 확인하도록 함 ◦ “보호동작확인시험”과 “이중계제어기 자동전환시험”을 추가함 - 자기부상열차 안전기준(안), 표준규격(안)에서 규정한 고장방지제어 기능과, 이중계의 성능확인을 위해 각 시험을 추가함
보조전원장치, 신호보안장치, 종합제어장치 시험	◦ 각각의 시험 적용규격을 국제규격에 부합화하여 변경, 보완함 - 진동 및 충격: KS R 9144, R 9146 → IEC 61373 - 방수 시험: KS C 0904 → IEC 60529 - 냉각 시험: KS C 0220 → IEC 60068-2-1 - 냉각 시험: KS C 0221 → IEC 60068-2-2

시험항목	주요 검토사항 및 반영내용
	- 건열 시험: KS C 0227 → IEC 60068-2-30 - 온도사이클링 시험: KS C 0225 → IEC 60068-2-14 - 정전기방전 시험 : KS C 0263 → IEC 61000-4-2 - 과도버스트 대자율 시험: KS C 0265 → IEC 61000-4-4 - 무선주파수 간섭 시험: KS C 0267, C 0264 → IEC 61000-4-6, 61000-4-3 - 소음 시험: IEC 551 → IEC 60076-10, ISO 3381
측정에 의한 검사	◦ 중량측정검사의 수행 방법을 독일 MSB 내용을 반영함 - 기존의 바퀴식 차량은 KS R 9142에 따라 중량검사를 수행하지만, 이를 자기부상열차에 동일 적용하기에는 구조상 적합하지 않아 독일 MSB의 선진사례를 적용함
부상제어장치 시험	◦ 자기부상열차의 특성장치인 “부상제어장치시험”을 신설함 - 절연저항 측정 시험 및 내전압 시험을 수행하도록 함 - 완성차 조립 후 부상장치가 원활히 작동하는지 확인할 수 있도록 기능확인시험, 부상기동확인시험을 수행하도록 함
추진장치시험	◦ “추진제어장치시험”을 “추진장치시험”으로 명명함 - 부상제어장치로 국한할 경우, 대상이 마그넷 드라이버에 한정되므로 전자석을 포함하도록 함 ◦ 기존 “진동시험”을 “진동 및 충격 시험”으로 확대 - 착지시, 궤도와 접촉시에 충격이 가해질 수 있으므로, 안전성 검증을 위해 충격시험 추가
편성차량의 기능 및 동작측정시험	◦ “제동시험”과 “압축공기장치시험”은 분리함 - 압축공기는 일부는 제동력 생산을 위해 사용되고 일부는 공기스프링장치 등에 사용되므로, 제동시험으로 한정하는 것은 바람직하지 못함 또한 실질적인 제동작용은 유압에 의함 ◦ 압축공기장치시험 중 “공기작용장치시험”, “공기압축기 부하시험”을 별도의 시험항목으로 조정함 - 공기작용장치시험의 운전실창닦이/공기경적 등은 삭제하고 항목 조정함 - 공기압축기 부하시험을 비상제동시험으로 국한하는 것은 바람직하지 못하므로 별도의 항목으로 분리함 ◦ 집전시험 중 각 세부시험항목을 조정, 변경함

시험항목	주요 검토사항 및 반영내용
	- 동작시험 / 기밀시험 / 접은상태유지력시험 / 최처동작공기압 및 최저동작전압시험/완충작용높이검사 / 집전장치편향시험 등은 자기부상열차의 집전장치와 구조가 상이한 시험이므로 삭제함 - 집전헤드추종성시험은 본선시운전에서 실시하는 것으로 함 ◦ 유도장애시험은 본선시운전시험으로 이동하여 신설함 ◦ 출입문시험에 장애물검지시험을 추가 신설함 - 무인운전을 고려하여 시험항목 기준을 강화함 ◦ 모니터장치의 표시시험항목 신설 추가 - 부상제어장치의 동작 및 고장표시 확인 항목을 추가함 ◦ 부상전자석 온도특성 시험을 신설함 - 부상전자석의 연속운전시, 포화온도한계를 만족하고 절연에 대하여 안전한지 확인하도록 함
모듈레일추종성능시험	◦ 자기부상열차의 대차가 레일 추종성능을 확보하는지 확인하는 시험을 신설함 - 기존 도시철도차량 성능시험에서는 관련 시험을 구성품 단계에서 수행하지만, 자기부상열차의 부상장치는 하중에 직접적으로 연관되므로, 완성차 단계에서 수행하도록 함 - 추종성능이외에도 “레일단차 통과성능 시험”을 신설하여 선로의 각종 단차에서 안전한 주행이 가능한지 확인하도록 함
주행시험	◦ 시험항목을 재분류함 (※ “3) 시험항목 재분류” 참조)
집전시험	◦ 집전시험 중 각 세부시험항목을 조정, 변경함 - 동작시험/기밀시험/접은상태유지력시험/최처동작공기압 및 최저동작전압시험/완충작용높이검사/집전장치편향시험 등은 자기부상열차의 집전장치와 구조가 상이한 시험이므로 삭제함 - 집전헤드추종성시험은 기존의 각 방향으로 움직임을 갖는 판토의 자유도와 무관하므로 카메라를 활용하여 확인하도록 함
보호장치동작확인시험	◦ 과부하시험, 순간정전시험, 전압급변시험 등 각 시험항목의 측정 시험항목을 추가함 - 주요 장치에 전자석 초퍼의 전력을 측정하도록 하고, 보호동작을 확인하도록 함

시험항목	주요 검토사항 및 반영내용
소음, 진동 및 승차감시험	◦ 관련된 국내시험기준에 적합하도록 보완함 - UIC 규격을 대신하여 KS를 적용함 - 환경소음규제 기준이 강화됨에 따라 관련 시험기준을 조정함
지상설비와 연계동작시험	◦ ATO시험의 “자동절체시험”을 추가함 - 무인운전에 따른 ATO설비의 이중계의 안전 확인을 위해 자동절체시험을 추가함
주요기기 온도 및 상태시험	◦ 자기부상열차의 측정시험 대상을 조정함 - 선형유도전동기/전자석코일 내부 온도 측정을 추가함
차내외 누설자속 측정시험	◦ 자기부상열차의 특성을 고려하여 신설함 - 정지착지상태/정지부상상태/표준가속상태 등 자기부상열차의 각종 운행시의 누설자속을 측정하여 주변 설비와 환경에 미치는 영향을 확인할 수 있도록 신설함
소비전력 측정시험	◦ 자기부상열차의 특성을 고려하여 신설함 - 자기부상열차의 전력소비와 효율 그리고 친환경차량 개발을 위해 성능시험항목으로 신설함
이상주행시 안전확인시험	◦ 자기부상열차의 특성을 고려하여 신설함 - 자기부상열차의 주행안전성 확보를 위해, 전자석 흡착 및 모듈낙하시험 등을 수행하도록 함

(나) 도시철도차량 성능시험기준 개정 내용 반영

도시철도차량 성능시험기준이 개정 고시(제2009-641호)된 내용을 검토하여 반영하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

◦ 시설분야 성능시험기준 제정 등에 따라 성능시험 수행의 근거가 「도시철도법시행령」 제26조에서 「도시철도법」 제23조의2제2항으로 조정 이설됨. 또한 법적인 절차를 “신고”에서 “승인”으로 변경함

◦ 본칙의 규정에서, 구성품시험/완성차시험/본선시운전시험의 성능시험을 수행함에 있어 차량 구조 및 형식의 다양성을 고려하여, “세부기준 및 방법의 일부를 적용하기 어려운 경우”, “성능시험 신청자가 협의하여 시험을 실시한다.”를 적용함

◦ 본칙의 규정에서, 동일 형식의 차량에 대하여 동일 시험 수행을 면할

수 있도록 허용하는 대상을 반영하여 조정함

- 성능시험기준(안) 제5조제1항제1호의 주행시험 중 “최고속도시험”
- 성능시험기준(안) 제5조제1항제2호의 “주행저항시험”
- 성능시험기준(안) 제5조제1항제5호의 “유도장애시험”
- 성능시험기준(안) 제5조제1항제6호의 “보호장치동작 확인시험”
- 성능시험기준(안) 제5조제1항제7호의 “소음, 진동 및 승차감시험”
- 성능시험기준(안) 제5조제1항제11호의 “소비전력 측정시험”
- 성능시험기준(안) 제5조제1항제12호의 “이상주행시 안전확인시험”

◦ 예비주행을 본선에서 실시할 경우 성능시험자와 운영자가 협의하여 주행거리를 조정할 수 있도록 하였으나, 노선의 구분 없이 형식시험은 5000 km 이상, 전수시험은 1000 km 이상을 예비주행하도록(도시철도 차량 공통) 적용함

◦ 「훈령·예규 등의 발령 및 관리에 관한 규정」(대통령훈령 제248호)에 따라 훈령 이하의 기준에 대하여 제·개정 및 폐지 등의 조치를 최대 3년이내에 수행하도록 함

(다) 차량압축시험하중기준 도출 연구 결과 반영

도시형 자기부상열차는 부상운행 제어 및 효율에 있어 차량의 경량화가 매우 중요한 역할을 한다. 그러나 차량을 무조건 적으로 경량화할 경우 구조적인 안전에 영향을 미칠 수 있으므로, 본 법제화 과제의 연구용역으로서 “차량압축시험하중기준 도출 연구”를 수행하도록 하였다. 수평압축시험은 차량의 구조적인 강도를 측정하는 대표적인 시험으로서, 현행 안전기준에서 규정하고 있는 열차간 조차시의 안전 및 열차간 충돌 발생시의 안전과 직접적인 연관이 있다. 따라서 해당 연구를 통해 국내외 관련 표준을 조사 분석하고, 전산 해석을 통해 도시형 자기부상열차의 안전과 경량화의 적정 범위를 찾도록 하였으며, 그 결과를 성능시험기준에 반영하도록 하였다.

해당 연구를 진행하며, 사업단, 1핵심, 2핵심 등의 관련 과제 전문가들과 4회에 걸쳐 검토·협의하여 성능시험기준에서 수평압축하중시험 기준의 적정 범위를 도출하였다. 또한 시범노선 차량 연결기의 설계 조정도 함께 이뤄지게 되었다.

“차량압축시험하중기준 도출 연구” 결과 도시형 자기부상열차 압축하중은 345 kN으로 결정되었다. 이는 조차시 등에서의 차량의 구조적 강도를 유지하며, 고속 주행 중의 열차 충돌발생시에 승객의 공간을 확보할 수 있는 안전 범위이다.

(라) 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴

2단계 4차년도에는 사업단 전체 과제에 검토를 문의하여 수정・보완하였으며, 5차년도에는 시범노선차량의 성능시험 추진을 위해 사업단/1핵심(시스템통합)/1-3과제(시험평가・인증)/2핵심(차량개발) 등의 각 분야 전문가들이 모여 4차에 걸쳐 회의를 진행하였으며, 성능시험기준을 집중적으로 검토 보완하였다.

주요 검토 내용 및 결과는 다음과 같다.

◦ 1차 검토회의

- 성능시험기준 전반적인 내용에 대한 검토와 구성품시험 중 구조체시험, 대차시험, 추진장치시험, 부상장치시험, 보조전원장치시험 등을 검토・보완함
- 각 시험항목의 “2. 관련규격”은 지속적인 변경가능성이 있으며, 법적 기준에서 나타내는 것은 불합리하므로 삭제 조치
- 구조체시험의 하중시험항목 선별 조정・보완
- 대차시험의 하중시험 조건 선별 조정・보완
- 추진장치시험의 선형유도전동기와 조합시험 관련 세부 시험방법 및 내용을 조정・보완
- 부상장치시험의 시험항목 및 방법 조정・보완
- 보조전원장치시험의 세부 시험방법의 적용 표준 조정・보완

◦ 2차 검토회의

- 구성품시험의 추진장치시험, 종합제어장치시험과 완성차시험의 부상제어장치시험, 종합제어장치시험, 편성차량의 기능 및 동작측정시험, 모듈 레일추종성능시험 그리고 본선시운전시험의 주요기기 온도 및 상태시험 등에 대하여 검토・보완함
- “전차선”, “압상력” 등 사용 용어의 적합성 검토 및 보완

- 종합제어장치시험의 세부시험 적용 표준 조정・보완
- 부상제어장치시험의 절연저항, 내전압시험 삭제 조치
- 완성차시험의 레일추종성시험의 본선시운전시험으로 항목 이동 검토
- 완성차시험의 종합제어장치시험 대상 항목 조정・보완
- 주요기기 온도 및 상태시험의 대상 항목 조정・보완

◦ 3차 검토회의
- 구성품시험의 추진장치시험, 종합제어장치시험과 완성차시험의 부상제어장치시험, 종합제어장치시험, 편성차량의 기능 및 동작측정시험, 모듈 레일추종성시험 그리고 본선시운전시험의 주요기기 온도 및 상태시험 등에 대하여 검토・보완함
- 소음, 진동 및 승차감시험에서 도시철도보다 강화된 실내소음기준 65dB 등은 자기부상열차의 표준 성능 목표로 함
- 소비전력 측정시험은 일반적인 특성시험에 해당하고 성능시험과 법적인 시험으로 수행하는 것은 바람직하지 않기 때문에 삭제함
- 이상주행시 안전확인 시험 중 모듈 흡착시험의 수행 여부 검토

◦ 4차 검토회의
- 구성품시험의 대차 정하중시험, 대차 피로하중시험, 추진장치시험, 부상장치시험, 보조전원장치시험, 종합제어장치시험과 완성차시험의 측정에 의한 검사, 차체 리프팅시험, 편성차량의 기능 및 동작측정시험, 레일추종성능시험 그리고 본선시운전시험의 유도장애시험, 차내외 누설자속 측정시험, 이상주행시 안전확인 시험 등을 검토・보완함
- 주행시험 중 단차시험은 차량과 선로의 인터페이스에 의해 통합적인 차원에서 이뤄져야 하며, 일반적인 주행시험을 통해 설계 사양에 제시된 목표로 안전확인이 이뤄지므로 별도로 항목을 신설하지 않는 것으로 함
- 누설자속측정시험은 인체의 유해성에 대한 검사를 도시철도에서 시행하고 있고 국제적인 표준이 있으므로 이를 반영하여 신설함
- 이상주행시 안전확인 시험 중 모듈 흡착시험은 낙하시험 보다 충격

량이 작을 것이므로 삭제하고, 낙하시험의 평가기준에 승객안전을 위한 도시철도에서 요구하는 저크한계 수준을 추가하도록 함

(마) 외부 전문가 검토 및 의견수렴

성능시험기준은 매우 전문적인 기술 내용이므로, 이를 직접 사용하고 있는 관계 기관에 자문을 수행하였다. 자문 기관은 성능시험자인 한국철도기술연구원과 각 도시별 운영기관인 서울메트로, 인천메트로, 광주도시철도, 대전도시철도, 대구도시철도 등으로 각 기관의 기계/전기/운행총괄 등의 분야별 전문가를 선정하였다.

(4) 결과

(가) 연구결과

2단계 수행 연구결과로서 기술자료 검토 및 반영, 사업단 내외부 전문가 검토 및 의견수렴을 통해 개발한 자기부상열차 성능시험기준(안)과 현행 도시철도차량 성능시험기준과의 대비표

(나) 기대효과

당초에는 시범노선의 완공 이후인 3단계 6차년도 까지 본선시운전 결과를 반영하여 성능시험기준 최종안을 개발하고 국토부에 제안하는 것을 계획하였으나, 본 실용화사업의 원활한 추진과 시범노선 차량의 성능시험 추진시에 적합한 법적 근거 마련을 위해 국토해양부/사업단 등과 협의·조정하여 2단계 5차년도에 최종안을 개발하였고 이 안을 국토부 상정과 제·개정 될 수 있도록 하는 고시지원 수행을 앞당겨 추진하고 있다.

시범노선 차량의 성능시험 일정이 2011년 6월부터 추진될 것이며, 그 이전에 자기부상열차 성능시험기준(안)이 국토부의 제·개정 고시가 될 수 있도록 국토부/건교평/사업단 및 유관기관 등과 최종 검토·협의를 진행하고 있다.

이러한 결과로서 특수한 장치와 구조를 갖는 신개념의 자기부상열차가 신뢰성 있는 성능시험을 할 수 있을 것이며, 본 실용화사업의 탄력적인 추진이 가능할 것으로 기대된다. 또한 국제적으로 자기부상열차의 성능시험과 관련하여 표준이 없는 상태에 있기 때문에 국내 자기부상열차 관련 기술의 우선적인 표준 채택에 길을 열 수 있을 것으로 판단된다.

다. 운전규칙(안) 개발

(1) 개요

운전규칙은 차량의 운전과 차량 및 시설의 유지·보전에 관하여 필요한 사항을 정하여, 안전운전을 도모하는데 그 목적이 있다. 이를 근거로 운영자는 운영규정을 수립할 수 있으며, 승객의 안전을 지킬 수 있다.

(가) 필요성

자기부상열차는 부상주행하는 특성을 갖고 있으며 다양한 운전모드를 적용할 수 있도록 관련 기준이 마련되어야 한다. 특히 무인운전을 새로 도입하기 위해서 시스템 체계 전체를 재검토해야 하며 특화된 기준을 필요로 한다.

(나) 주요내용

2단계 4차년도에는 국내외 기술자료를 검토하여 운전규칙 초안을 개발하였으며 , 5차년도에는 관련 전문가의 자문검토를 통해 초안을 수정·보완하였으며, 또한 최근의 각종 경량전철 및 무인운전과 관련하여 개정한 도시철도 운전규칙의 내용을 반영하여 최종안을 개발하였다.

[그림 270]자기부상철도 운전규칙의 구성과 신규 내용

도시철도 운전규칙의 내용을 기반으로 하여, 자기부상철도에 적합한 기준을 신설하고 기존의 규정에서 자기부상철도에 적용할 수 있도록 보완된 기준을 개발하였다. 특히 무인운전을 고려하여 관제와 관련된 기준을 신설하여, 총 7

장으로 구성하였다.

(다) WBS

자기부상철도 운전규칙(안) 개발을 위한 WBS는 아래의 표와 같다.

[표 181]운전규칙(안) 개발 WBS

Level 0	Level 1 / Level 2
자기부상철도 운전규칙(안) 개발	1. 관련 기술기준 수집 및 분석
	2. 운전규칙 세부 정비방안 수립
	3. 운전규칙 초안 개발
	4. 전문가 검토 및 의견수렴
	4-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴
	4-2. 운영기관 등의 외부 전문가 검토 및 의견수렴
	5. 도시철도 운전규칙 개정 내용 반영
	6. 운전규칙(안) 개발

(2) 계획일정 및 목표달성도

계획일정 및 목표달성도는 아래와 같다.

[표 182]운전규칙(안) 개발의 연구내용 및 달성도

세부 연구 내용	일 정								달성도
	4차 1분기	4차 2분기	4차 3분기	4차 4분기	5차 1분기	5차 2분기	5차 3분기	5차 4분기	
1. 관련 기술 기준 수집 및 분석	▬▬	▬▬							100 %
2. 운전규칙 세부 정비방안 수립		▬▬	▬▬						100 %
3. 운전규칙 초안 개발			▬▬	▬▬					100 %
4-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견 수렴				▬▬	▬▬				100 %
4-2. 외부 전문가 검토 및 의견수렴				▬▬	▬▬				100 %
5. 시범노선 설계 결과 반영					▬▬	▬▬			100 %
6. 도시철도 운전규칙 개정 내용 반영						▬▬	▬▬		100 %
7. 운전규칙 (안) 개발							▬▬		100 %

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 기술기준 수집 및 분석

자기부상철도 운전규칙과 관련된 국내외 기준 및 기술문서를 분석, 정리하여 개발방향을 제시하고 자기부상 운전규칙 정비방안을 수립하기 위한 자료이다. 관련 문서는 국내외 법령과 국제표준, 국외 기술기준 그리고 본 실용화사업에서 연구 개발한 문서 등이 해당한다.

무인·자동화 운전체계, 고가 선로 및 제3궤조의 시설 유지보전, 비상시 운전 및 대피 등이 주요 분석 대상이었으며, 자료 목록은 아래 표와 같다.

[표 183]운전규칙 개발 관련 수집 및 분석 자료 목록

문서 분류	수집 및 분석 자료 목록
국내외 법령 및 기술기준	◦ 도시철도 운전규칙 ◦ 도시철도 운전규칙 개정안(09.10.30, 한국철도기술연구원) ◦ 시설물의 안전관리에 관한 특별법 ◦ 인천국제공항 자동여객 수송시설 안전관리지침 ◦ 서울메트로 운영규정 등 ◦ 광주광역시 도시철도공사 운영규정 등 ◦ 코레일 공항철도 운전 취급 규정 ◦ 일본, 무궤조전차 운전규칙 ◦ 독일, Design Principles High-Speed Maglev System(MSB)
본 실용화사업 연구성과	◦ 운영개념서(안) ◦ 시범노선 운영시나리오(안)
국제표준 및 기술기준	◦ EN 13306 Maintenance terminology ◦ KS C IEC PAS 62267 철도용 전기설비 - 자동도시철도교총(AUGT) 안전 요구사항 ◦ IEC 62290-1 Railway Applicant_Automated Urban Guided Transport Management and Command_control ◦ IEC PAS 62267 Automated Urban Guided Transport Safety Requirements ◦ ASCE 21-96 Automated People Mover Standards - Part1) ◦ ASCE 21-98 Automated People Mover Standards - Part2)

	◦ ASCE 21-00 Automated People Mover Standards - Part3) ◦ VDV 340 - Directive on the Planning and Construction of Train Safety Installations for Light Rail and Metro Systems ◦ VDV 345 - Technical Equipment for the Automation and Remote Control of Train Safety Installations and Route Signalling Installations (BOStrab) ◦ VDV 346 - Maintenance of Electrical Setting and Monitoring Facilities at Switches and Derailers (BOStrab) ◦ VDV 347 - Maintenance of Train Safety Installations (BOStrab) ◦ VDV 349 - Maintenance of Train Safety Installations - Train Control System Route and Vehicle Equipment (BOStrab) ◦ VDV 399 - Requirements for Facilities Ensuring the Passengers' Safety at Stations with Driverless Operation ◦ VDV 420 - Technical Requirements for Automatic Vehicle Location Control Systems - Radio Data Transmission (BON version) with Supplement 1 and Supplement 2 ◦ VDV 422 - Basic Requirements for Automation and Control Systems ◦ VDV 751 - Operational Requirements for a Train Safety System for Non-Federal Railways with Application of New Communications Technology ◦ DIN 31051 Fundamentals of maintenance
국내외 관련 기술자료	◦ IAT 시스템 운영 계획서 ◦ IAT 표준운영절차서-shuttle train 시스템 운영 ◦ 도시철도운영론. 김규찬 지음. 경성문화사

(나) 운전규칙 세부 정비 방안

도시형 자기부상철도 운전규칙 개발을 위해, 도시철도 운전규칙 및 그 개정안의 무인운전 등과 관련 내용을 적용하고, 관련된 국내외 기준 및 기술문서를 바탕으로 도시형 자기부상철도 운전규칙의 세부 정비 방안을 수립하였다.

정비방안의 주요 내용은 다음과 같다.

◦ 무인운전 방식에 따른 관련 기준의 신설
  - 운전자 부재에 따른 안전을 위해 관제 및 순회요원 등 관련 신설
  - 무인/자동/수동/비상/기지운전 등 운전모드 관련 내용 정립
  - 무인·자동화 설비와 관련된 요구 기준 강화

◦ 현행 도시철도 운전규칙의 내용의 보완 및 수정
  - 관제와 연관하여 관제사의 자격과 관제실 보안 등을 신설
  - 비상시 열차 운전 등 관련 내용 강화
  - 자기부상열차의 운행 특성에 따른 관련 내용 적용
  - 전체적으로, 국제표준 및 국내외 기술자료의 동향 반영
  - 관련 규정에서 사용하는 용어를 적용
  - 문장조정 및 용어를 순화하여 보완

(다) 자기부상철도 운전규칙 초안 개발

세부 정비방안을 토대로 하여 자기부상철도 운전규칙 초안을 개발하였다.

운전규칙 초안의 주요 내용은 다음과 같다.

◦ 무인운전시 운전자 부재에 따른 감시, 관리, 운전제어 등에 관하여 규정한다.

◦ 무인운전 방식 등 여러 운전모드 사용을 위해 운전모드의 설정 및 전환에 대한 기준을 제시한다.

◦ 열차 및 시설의 무인·자동화에 따른 관제의 기능 및 보안을 강화하도록 관련 기준을 신설 한다.

◦ 자기부상열차 부상 주행 특성에 따른 주행 안전 및 선로시설의 유지를 위해 부상주행 및 착지주행에 대한 관련 기준을 신설한다.

◦ 정상 운영 및 운전 계획 이외에도 비상시의 승객대피 및 복구계획을 마련하도록 규정한다.

◦ 본선 운영 전, 열차와 시설의 점검을 통한 안전을 확보할 수 있도록 관련 기준을 강화 한다.

자기부상열차의 고유특성 및 무인운전 등을 고려하여 개발된 기준의 내용

은아래 표와 같다.

[표 184]운전규칙(안) 주요 내용

주요조항	법안 주요 내용
비상 대피 및 복구	열차 및 시설에 화재 또는 고장 등의 비상 발생 경우를 대비하여 각 경우별로 비상 대피 및 복구 계획을 마련하도록 규정한다.
본선 선로의 점검	운영 전 본선의 선로를 점검차량 등을 통해 매일 순회점검 하도록 한다.
전차선로의 점검	운영 전 본선의 전차선로를 점검차량 등을 통해 매일 순회점검 하도록 한다.
통신설비의 검사 및 사용	본선 및 이와 연계된 통신설비의 변경시에는 검사를 통해 확인한 후 승객 수송 운전을 하도록 한다.
운전보안장치의 검사 및 사용	본선 및 이와 연계된 운전보안장치의 변경시에는 검사를 통해 확인한 후 승객 수송 운전을 하도록 한다.
열차의 점검	본선 운전 전 제동기능, 부상장치, 승객 출입문 동작, 운전보안장치, 종합제어장치, 통신장비 등을 매일 점검하도록 한다.
열차 등의 검사 관리 및 기록보존	열차 등의 검사 등을 계획, 시행, 조치함에 있어 문서로 관리하도록 한다.
운전계획	안전하고 효율적인 승객 수송을 위해 열차 운전계획과 마련하도록 한다.
열차 등의 운전	운전자가 약물의 영향 등에 의하여 정상적인 운전을 할 수 없을 우려가 있는 상태에서 열차를 운전하지 않도록 한다.
부상운전	본선 운전 중 이례적인 상황을 제외하고 부상운전 하도록 한다.
착지주행	부득이하게 착지주행하는 경우 탑승 승객의 대피 등의 안전조치를 취하도록 하고, 해당 구간에는 이상유무를 점검하도록 한다.
운전모드의 선정	KS C IEC PAS 62267의 자동화 등급에 준하여 적합한 운전모드를 선정하도록 한다.
운전모드의 전환	열차운행 중 운전모드를 전환하기 위해서는 승무원과 관제사 간의 운전모드 변경 승인을 통한 확인을 받도록 한다.
무인운전	무인운전 중 열차를 수동운전 해야 하는 경우 통신을 확인하도록 한다.

	위험도분석 결과에 따라 열차 및 정거장 등에 안전요원을 배치하거나 순회하도록 한다. 무인운전에서 타 운전모드로의 전환을 안전하게 수행하기 위한 안전설비를 갖추도록 규정한다.
무인운전시의 관제	무인운전시에는 관제사가 열차의 실시간 운행상태, 승강장 및 승객 승하차, 운행 중인 열차 내 객실, 간인운전대 등의 운전조작장치의 개방상태, 열차 주요장치의 이상유무, 비상시의 안내 방송 등을 감시, 수행하도록 한다.
관제시설의 보안	관제실에 무단으로 침입하는 것을 방지하도록 한다.

(라) 전문가 검토 및 의견수렴

사업단 내외부 전문가에게 의견을 문의하였으며, 내부 전문가 검토는 4차년도, 5차년도 각 1회씩 수행하였고, 외부 기관 의견문의는 지자체, 도시철도 운영기관, 철도전문 연구기관 및 협회 그리고 관련 기업체 등을 대상으로 하여 전문가 100 여명에게 조회하였다. 또한 최종적으로 자문회의를 개최하여 관련 기관의 대표와 함께 의견수렴을 진행 하였다.

(마) 도시철도 운전규칙 개정 내용 반영

도시철도 운전규칙은 각종 경량전철을 포함하고 무인운전과 관련된 기준이 추가되어 개정('10.8.9)되었다. 자기부상철도 운전규칙 개발시에 이 도시철도 운전규칙 개정안의 내용을 검토해 왔으므로, 특별히 추가되거나 변경된 내용은 없었으나 최근의 바른말 사용과 어문 규정 등에 적합하게 문장이 변경된 것을 확인하였고 이를 반영하였다.

(4) 결과

(가) 연구결과

2단계 수행 연구결과로서 자기부상철도 운전규칙(안)과 대조표를 아래와 같이 첨부함.

(나) 기대효과

시범노선 완공이후의 각종 상용 노선에 자기부상열차의 안전운전을 이룩하

며, 무인운전을 포함한 각종 운전모드 선택적 적용이 가능할 것이다. 또한 각 운영기관에서 이를 토대로 해당 노선에 필요한 운영규정을 수립할 수 있을 것으로 판단된다.

라. 정밀진단지침(안) 개발

(1) 개요

정밀진단지침은 설계수명을 다한 차량을 검사하여 연장운행 가능 여부를 결정하는 기준이다. 국내 도시철도차량은 설계수명을 주로 25년으로 삼고 있었으나 보수를 통해 최장 10년 추가 운행을 할 수 있을 것으로 예측된다. 이는 신규 차량을 구입하는 것보다 비용이 저렴할 수 있다. 따라서 안전운행이 가능한지의 여부를 정밀진단을 통해 확인하여 추가 운행을 허가해 줄 수 있는 제도가 바로 정밀진단지침이다.

(가) 필요성

신규 도입되는 자기부상열차는 국내외에서 정밀진단을 수행한 사례가 없고, 독특한 구조와 장치를 갖고 있어, 기존 정밀진단을 적용하는데는 큰 무리가 있다. 따라서 자기부상열차 정밀진단지침 개발을 통해 향후 설계수명을 다한 자기부상열차에 적합한 정밀진단 방법과 평가기준이 마련되어야 한다.

(나) 주요내용

본 실용화사업 1단계에서는 정밀진단지침 초안을 개발하였으며, 2단계 4차년도에 전문가검토 등을 통해 최종안을 개발하였다.

자기부상열차 정밀진단은 열차의 잔존수명을 결정하기위한 시험·검사와 운행 안전성 확보를 위한 시험으로 구성된다. 잔존수명 결정을 위한 시험·검사는 다시 상태평가, 안전성평가, 잔존수명평가로 이루어지며, 안전성 확보를 위한 시험은 전기장치 및 소자를 그 대상으로 한다. 개발 결과 주기적으로 검사 및 교체를 하는 품목은 정밀진단 대상에서 제외되었고, 부상전자석과, 선형유도전동기, 자기부상식 대차와 취부 브래킷 등이 정밀진단 대상으로 추가되었다.

[그림 271]자기부상열차 정밀진단지침과 신규 내용

(다) WBS

자기부상열차 정밀진단지침(안) 개발을 위한 WBS는 아래 표와 같다.(1단계에 초안을 개발한 부분은 제외하고 2단계 연구 내용만을 표시함)

[표 185]정밀진단지침(안) 개발 WBS

Level 0	Level 1 / Level 2
자기부상열차 정밀진단지침 (안) 개발	1. 도시철도차량의 정밀진단 사례분석
	2. 도시철도차량 정밀진단지침 개정 내용 반영
	3. 전문가 검토 및 의견수렴
	3-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴
	3-2. 정밀진단기관 등의 외부 전문가 검토 및 의견수렴
	4. 정밀진단지침(안) 개발

(2) 계획일정 및 목표달성도

정밀진단지침(안) 개발을 위한 계획일정 및 목표달성도는 아래 표와 같다.

[표 186]정밀진단지침(안) 개발의 연구내용 및 달성도

세부 연구 내용	일 정								달성도
	4차 1분기	4차 2분기	4차 3분기	4차 4분기	5차 1분기	5차 2분기	5차 3분기	5차 4분기	
1. 도시철도차량 정밀진단 사례 분석	▬▬	▬▬							100 %
2. 도시철도차량 정밀진단지침 개정 내용 반영		▬▬	▬▬						100 %
3-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴			▬▬	▬▬					100 %
3-2. 외부 전문가 검토 및 의견수렴				▬▬	▬▬				100 %
4. 정밀진단지침(안) 개발					▬▬				100 %

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 도시철도차량 정밀진단 사례 분석

자기부상열차의 정밀진단은 국내외에서 전례가 없으므로 기존 전동차의 정밀진단사례를 통해 동일하거나 유사한 항목은 적용하고, 그 외의 자기부상열차의 특성 장치 및 구조에 적합한 사항을 도출하는 방식으로 정밀진단 지침을 수정·보완함

기존에 국내에서 수행했던 정밀진단 사례분석(※ 도시철도표준화2단계연구개발사업 제1차년도 최종보고서 참조)을 통하여 자기부상열차에 반영사항을 도출 하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

◦ 철도청 전동차 정밀진단 사례분석

- 2002.10.21～2002.12.14 기간에 철도청에서 운행된 전동차 6량에 대해 한국철도기술연구원에서 수행한 정밀진단 사례를 분석
- 외관검사/치수검사/용접부검사/부식 및 마모부 검사 등을 수행

- 용접부의 비파괴검사에서 최대 147 mm 길이의 균열이 발견되는 등 다수의 크고 작은 균열에 의한 손상이 예측한 것보다 심각하게 이루어지는 것으로 판단

◦ 서울지하철공사 정밀진단 사례분석
- 2005.6.14~2005.8.10 기간에 (구)서울지하철공사에서 운행된 일본식 초파제어 전동차 6량 1편성 및 영국식 초파제어 전동차 8량 1편성에 대해 한국철도기술연구원에서 수행한 정밀진단 사례를 분석
- 상태검사/치수검사/결함검사 등을 수행
- 검사결과 균열은 대부분 용접부에서 발생하였고, 사이드 프레임과 센터프레임이 연결되는 용접부에서 균열이 가장 많이 발생함. 이로부터 하중을 많이 받는 대차가 균열이 발생할 가능성이 더 큼을 확인

◦ 철도청 기관차 정밀진단 사례분석
- (구)철도청에서 운용중인 디젤기관차 용접대차 형식의 86량 중 11량에 대한 비파괴검사를 수행하고 3량에 대하여는 실차시험을 통해 실동응력을 측정한 후 취약부위에서의 피로수명을 예측함
- 용접부 예열부족, 용접 후 열처리 미흡 등에서부터 발생되는 열영향부 균열이 용접부 모재 주변에서 발견되었으며 사이드 프레임과 트랜솜을 연결하는 구조취약부에서 균열이 발생되고 있음을 확인
- 균열의 발생 원인이 반복하중에 의한 것보다 용접결함에 의한 균열 발생 원인이 더 많은 것으로 파악됨

◦ 서울메트로 폐 전동차 대차정밀진단 사례분석
- 서울메트로에서 25년 사용 후 폐기되는 대차 5량에 대한 비파괴 검사를 수행
- 균열의 형태 등을 통해 용접으로 인한 불연속부가 다수 존재하는 것을 확인
- 불연속부는 용접작업이 한 방향으로 제한됨으로써 발생한 것으로 완전히 제거할 수 없으므로 상시 균열 발생 가능성을 내포하고 있는 것으로 파악됨

◦ 반영사항

- 사례분석 결과, 용접구조물에서 발생하는 결함을 원천적으로 방지할 수는 없으므로 이러한 결함으로부터 균열이 발생하여 성장하는 것을 관리하고 무분별한 보수용접을 방지하는 등의 적절한 용접과정을 통해 발생된 균열이 대차의 구조건전성을 저해하지 않는 방안을 수립하는 것이 요원함
- 본 실용화사업의 자기부상열차는 용접을 사용하지 않고 리벳접합 등에 의해 제작되고 있으나, 용접접합은 철도에서 널리 사용되고 있는 방식임을 고려하면, 이들 사례분석의 내용은 자기부상열차 정밀진단에 반영함이 바람직한 것으로 판단됨

(나) 도시철도차량 정밀진단지침 전부개정 내용 반영

(구)도시철도차량의 정밀진단지침에서는 항목별로 차체/대차/제동장치/전기장치 등 대상으로 구분하여 정밀검사를 수행하도록 하였으나, “도시철도차량의 정밀진단지침 전부개정 고시(‘09.07.31)”에서는 진단항목 별로 검사를 수행하도록 구조가 조정되었다. 또한 상태평가, 안전성평가에서 명확한 시험항목이 없어 이를 보완하는 등 전면 개정이 이뤄졌다.

이 개정내용 등은 자기부상열차 정밀진단에도 전체 반영하였으며, 그 내용은 다음과 같다.

[표 187]도시철도차량 정밀진단지침 주요 개정 내용 및 반영사항

기존 도시철도차량의 정밀진단지침	주요 개정내용 및 반영사항
◦ 차체, 대차, 전기장치 등의 장치별로 일반검사, 정밀검사를 수행	◦ 진단항목 별로 검사를 수행
-	◦ 신청자의 요청시, 주행 및 승차감 관련 정밀검사를 수행하도록 관련 내용을 신설 추가
◦ 각 장치별 일반검사에서 외관검사를 수행 ◦ 별도의 평가 기준이 없으며, 치수검사 부위와 허용공차 기준은 명시함	◦ 외관 및 치수검사를 통해 상태평가를 수행 ◦ 차량에 따라 다른 구조를 가질 수 있으므로, 주요 부위의 치수검사는 제작도면에 따르도록 함

기존 도시철도차량의 정밀진단지침	주요 개정내용 및 반영사항
	◦ 허용공차 등은 삭제함
-	◦ 결함 발견시 수리 또는 보수를 수행하여 조정 가능하도록 함
-	◦ 정밀진단 대상 차량을 그룹화하고 각 그룹 중 노후도가 가장 심각하다고 판단되는 차량을 선정하여 정밀검사를 수행

(다) 내부 전문가 검토 및 정밀진단 대상 추가 선정

국내에서 자기부상열차와 관련한 연구를 가장 오래 수행한 기관은 한국기계연구원이므로, 정밀진단 대상 선정은 1핵심(한국기계연구원-시스템통합)과의 검토를 통해 선별하게 되었다. 또한 1-2(현대로템-RAMS 및 LCC 분석)과 2핵심(현대로템-차량개발)과도 이에 대하여 적합성 검토를 수행하였다.

그 결과로 자기부상열차의 정밀진단 대상을 다음과 같이 추가하였다.

◦ 차체는 기존의 강재에서 알루미늄 또는 복합소재 등이 활용되는 추세에 있음. 그러나 부식, 마모, 결함검사 등은 모든 종류의 차량에 동일 적용되어야하므로 정밀진단 대상으로 선정함

◦ 자기부상열차의 대차는 모듈의 조합으로서 부상장치, 추진장치, 제동장치, 기타 착지·안내장치 등이 설치됨. 따라서 대차의 정밀진단 대상(현행 도시철도 정밀진단에서는 주행장치틀 및 볼스터를 대상으로 함)에 대차프레임 이외에도 각 장치의 설치를 위한 브래킷에 대한 정밀검사가 수행되어야 하므로 신규 대상으로 선정함

◦ 고압전선과 보조전원전선 등의 차량 배선에 대한 열화검사는 모든 차량에 동일 적용 되어야 하므로 자기부상열차 정밀진단 대상으로 선정함

◦ 자기부상열차는 부상장치의 전자석과 추진장치의 선형유도전동기가 전기장치로 분류되면서도 대차와 같이 운행 중 지속적으로 동하중을 받는 장치들임. 따라서 이들 장치를 신규 대상으로 선정함

◦ 각종 전기장치의 절연성능 등은 모든 차량에 동일 적용 되어야 하므로 자기부상열차 정밀진단 대상으로 선정함

(라) 외부 전문가 검토 및 의견수렴

외부 기관 의견문의는 정밀진단기관, 지자체, 도시철도 운영기관, 철도전문 연구기관 및 협회 그리고 관련 기업체 등을 대상으로 하여 전문가 100여명에게 조회하였다. 또한 최종적으로 자문회의를 개최하여 관련 기관의 대표와 함께 의견수렴을 진행 하였다.

(4) 결과

(가) 연구결과

자기부상열차 정밀진단지침(안)

(나) 기대효과

자기부상열차는 국내외에서 운행 이력이 많지 않지만, 본 자기부상열차 정밀진단지침을 통해 향후 각종 상용노선에서 설계수명을 다한 자기부상열차에 정밀진단이 가능할 수 있을 것이다. 또한 운영기관에서는 본 정밀진단지침을 바탕으로 자체에서 주기적인 검사를 수행하여 자기부상열차의 사용수명을 연장하고 비용을 절감하는 도움이 될 것으로 판단된다.

마. 개발 규정안의 고시지원

(1) 개요

본 과제의 연구성과로 개발된 자기부상열차 관련 법안들은 최종적으로 국토부에 제안하고 국토해양부령 또는 고시의 형태로 법제화가 이뤄진다. 국토부에 제안하고 상정, 고시될 때 까지 국토부 등에서 요청하는 기술적인 검토를 협조, 지원한다.

(가) 주요내용

1) 건설규칙(안) 고시지원

건설규칙은 1단계 2차년도에 초안을 개발하고 3차년도에 최종안을 개발하였다. 인천국제공항 자기부상열차 시범노선의 건설이 법적 토대위에서 추진될 수 있도록 이 건설규칙(안)을 가정 먼저 고시지원 수행하였다.

당초에는 기존의 차륜식 전동차에 대한 도시철도 규정과 별도로 제정하는 것을 목표로 하였으나, 각종 경량전철 시스템을 통합하여 도시철도 법령이 개정하는 것으로 정책이 변경되어 본 건설규칙(안)도 도시철도 건설규칙에 포함되도록 기술검토를 수행하였다.

2) 안전기준(안) 고시지원

안전기준은 건설규칙과 같이 1단계 2차년도에 초안을 개발하였고 3차년도에 최종안을 개발하였다. 시범노선 차량의 적합한 성능시험 추진을 위해 성능시험기준과 그의 상위 법령인 이 안전기준(안)의 법제화가 시급히 요구되어 고시지원을 수행하였다.

3) 성능시험기준(안) 고시지원

성능시험기준은 1단계 2, 3차년도에 초안을 개발하였으며, 2단계 4, 5차년도에 수정보완 및 의견수렴하여 최종안을 개발하였다. 시범노선 차량의 적합한 성능시험 추진을 위해 본 성능시험기준(안)의 법제화가 시급히 요구되어 당초 계획보다 앞당겨 고시지원을 수행 진행 중에 있다.

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 건설규칙(안) 고시지원

도시철도 법제화 정책 변화에 따라 자기부상철도 건설규칙(안)의 주요 내용을 반영하여 현행 도시철도 건설규칙에 통합될 수 있도록 도시철도 건설규칙 개정안을 개발하였다.

건설규칙 개정안 개발을 위해 본 실용화사업단 및 관련 과제 그리고 국토해양부 등과 7회에 걸쳐 검토·협의 하였다.

각종 경량전철을 포함할 수 있도록 하는, 도시철도 건설규칙 개정안(참고자료 22 참조)의 주요 사항은 다음과 같다.

◦ 경량전철과 관련한 내용 신설
  - 경량전철 관련 규정의 조항 구성 등은 기존 도시철도 건설규칙과 유사함
  - 승객 편의 시설 및 무인운전을 위한 설비 규정을 추가하여 신설함
◦ 기존 도시철도 건설규칙의 재구성 및 보완
  - 기존 도시철도 건설규칙을 “중량전철”로 묶어 재구성함
  - 용어 정의, 세부 기준의 근거, 역무자동화 설비 등의 기준을 신설하여 보완함
  - 세부적인 규정을 제한하여 포괄적으로 규정함

이를 통해 자기부상철도 건설규칙(안)의 주요 내용을 반영한 도시철도 건설규칙 개정안(참고자료 23 참조)을 개발하였으며, 주요 내용은 다음과 같다.

◦ 궤간의 정의에 자기부상철도의 궤간에 대한 정의를 삽입
◦ 경량전철의 정의에 자기부상열차의 하중(2.8톤/미터)을 삽입
◦ 확대궤간의 설치 기준에 자기부상철도와는 적용받지 않도록 단서를 삽입
◦ 완화곡선의 설치 기준에 모든 철도차량의 예외 규정에 대한 단서를 삽입
◦ 승객 대피시설 설치 기준에 대하여 예외 단서를 모노레일에 국한되지 않도록 수정
◦ 부칙의 경과조치에서 이 개정안을 적용받을 수 있도록 수정

(나) 안전기준(안) 고시지원

도시철도 법제화 정책 변화에 따라 자기부상열차 안전기준(안)의 주요 내용을 반영하여 현행 도시철도차량 안전기준에 통합될 수 있도록 도시철도차량 안전기준 개정안을 개발하였다.

안전기준 개정안 개발을 위해 본 실용화사업단 및 관련 과제 그리고 국토해양부, 법제처 등과 약 20회에 걸쳐 검토·협의 하였다.

자기부상열차 안전기준(안)을 반영하여, 현행 도시철도차량 안전기준을 개정하기 위해 다음과 같이 구분하여 검토를 수행하였다.

- 자기부상열차의 특성에 따라 신설하거나 보완이 필요한 부분
- 현행 도시철도차량 안전기준에서 자기부상열차에 적용이 불가능한 부분
- 기타 자기부상열차 안전기준(안)의 연구개발 결과로서 일반철도차량에 공통적으로 적용이 가능한 부분

(다) 성능시험기준(안) 고시지원

도시철도 법제화 정책 변화에 따라 자기부상열차 성능시험기준(안)의 주요 내용을 반영하여 현행 도시철도차량 성능시험기준에 통합될 수 있도록 도시철도차량 성능시험기준 개정안을 개발하였다.

성능시험기준 개정안 개발을 위해 본 실용화사업단 및 관련 과제 그리고 건교평 및 국토해양부 등과 약 6회에 걸쳐 검토·협의 하였으며, 성능시험기준의 세부시험 내용이 현행 기준과 기술적으로 크게 다르기 때문에, 현행 기준의 개정을 하더라도 본 자기부상열차 성능시험기준(안)의 내용이 전부 포함될 수 있도록 검토·협의 중이며 고시지원을 수행하고 있다.

현재 이 개정안에 대하여 국토부에서 관계기관에 의견조회를 진행하였으며 본 법제화 과제가 이에 대한 기술지원 및 검토회의를 수행하였다. 자기부상열차의 성능시험기준(안)의 내용이 반영된 도시철도차량 성능시험기준 개정안은 6월초 이내에 최종 고시될 수 있을 것으로 예상된다.

(4) 결과

(가) 연구결과

2단계에 기 개발 법안의 고시지원 수행 결과로서 자기부상철도 건설규칙(안)의 주요 내용이 반영된 도시철도 건설규칙 개정령('10.10.8)과 자기부상열차 안전기준(안)의 주요 내용이 반영된 도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 개정령('11.3.3)

(나) 기대효과

자기부상열차 시범노선 및 이후의 각종 상용노선의 건설과 안전 운행을 위한 법적인 기반을 두게 되었으며, 자기부상열차에 대한 신뢰성과 안전성을 확보하여 관련 사업이 탄력적으로 추진될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 관련 지자체 및 운영기관에서도 자기부상열차 도입에 보다 더 적극적인 관심을 갖게 될 것으로 예상된다.

3. 3단계 세부연구내용

[1-0과제]

가. 실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/TPM/연구산출물 등) 및 시스템통합

(1) 실용화사업 일정관리

(가) 개요

- 우리사업에서는 시범노선건설 관련 공정관리는 3핵심과제에서, 차량 개발 관련 공정관리는 2핵심에서 각각 수행하여 왔으며, 연구개발 과제의 공정관리는 해당과제가 소속된 핵심과제에서 월간공정회의 등을 통해 월간 단위로 관리하고, 사업단은 분기단위 보고를 통해 분기단위 공정관리를 시행하고 있었음
- 4차년도 연차평가 후 운영위원회 의결에 따라 과제별 RFP 내용이 조정되어 1핵심과제의 5, 6, 7차년도 연구 내용에 “실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합” 수행이 포함됨에 따라, 5차년도 이후 1핵심과제에서 일정관리를 수행함
- 이에 따라 5차년도 초 시범노선건설, 차량 개발 및 연구개발 일정관리를 위한 공정계획서를 작성하여 사업단 승인을 득하여 1핵심에서 통합 관리를 수행함
- 6,7차년도 일정관리는 공정관리계획에 준하여 과제별로 실적공정표, 주요공정현황, 세부진도현황을 월별로 취합/검토하여 관리공정표의 변경여부를 확인하고, 과제별 주요 지연공정현황을 정리하고 과제별로 등록된 성과물리스트와 검토의견을 작성하여 사업단으로 보고
- 보고된 월간공정보고서는 사업단에서 과제별 연구개발계획 대비 실적을 파악하고, 시범노선 건설 및 차량제작 현황 확인의 지표로 활용됨
- 7차년도에는 종합시험운행이 시작됨에 따라 사업단과 공동으로 종합시험운행 일정 관리를 수행함

(나) 주요내용

1) 6,7차년도 연구개발 일정계획 및 성과계획 작성/배포

- 과제별 6,7차년도 계획서를 바탕으로 과제별 일정계획과 성과계획을 정

리

- 작성된 6,7차년도 일정계획 및 성과계획은 실용화사업 참여과제로 배포하여 공유하고 연구개발 일정관리 시 변경여부 검토에 활용됨

2) 월간공정보고를 통한 일정관리 및 보고

가) 연구개발 일정

- 월간 단위로 과제별 월간공정보고서를 취합하여 일정변경여부 확인, 지연공정현황을 확인하여 사업단으로 보고
- 취합/정리된 월간공정보고서 및 검토의견을 관련과제로 배포하여 과제별 연구진행현황 및 지연사항을 공유함

나) 시범노선 건설 및 차량제작 일정

- 월간 단위로 시범노선 건설 및 차량제작 분야별 계획 대비 실적을 취합하여 통합공정표 대비 일정변경여부 확인, 지연공정현황을 확인하여 사업단으로 보고
- 변경 공정은 통합공정표에 반영하여 개정하고, 실용화사업 참여과제로 배포하여 공유하여 관련과제에서 진행현황 및 계획을 파악하고, 관련 연구에 대한 일정수립 등에 활용됨

(다) 종합시험운행 일정

- 7차년도 종합시험운행이 시작됨에 따라 사업단과 공동으로 종합시험운행 일정관리를 수행하고, 종합시험운행 공정표를 작성/배포
- '13년 8월 현재 종합시험운행 기간이 '13년 10월말까지로 연기됨에 따라 종합시험운행 종료 시까지 진행될 예정

(다) 성과물

월간공정보고서

(2) 실용화사업 연구산출물 관리

(가) 개요

- 우리사업에서는 수행 중 발생한 연구산출물을 해당과제에서 관리를 하고 있었음

- 4차년도 연차평가 후 운영위원회 의결에 따라 과제별 RFP 내용이 조정되어 1핵심과제의 5, 6, 7차년도 연구 내용에 “실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합” 수행이 포함됨에 따라, 5차년도 이후 1핵심과제에서 연구산출물에 대한 통합 관리를 수행함
- 이에 따라 5차년도 초 연구산출물 관리를 위한 문서관리계획서를 마련하여 사업단 승인을 득함
- 5차년도 이전 연구산출물은 과제별 단계보고서 및 연차보고서를 확인하여 정리하고 5차년도 이후 연구산출물은 월간공정보고서 취합 시 과제별로 제시되는 등록 요청 연구산출물을 리스트에 추가하여 관리하고,
- 매월 월간 공정보고서 사업단 제출시 1핵심에서 등록되어 관리 중인 등록 연구산출물 리스트를 1-0과제 검토 의견서에 수록하여 보고함
- 1핵심에서 관리 중인 연구산출물은 실용화사업 참여과제의 참고자료로 활용되며, 사업 종료 후에는 후속과제 등 향후 수행될 유사 프로젝트에 참고자료로 활용될 것임
- 또한, 실용화사업에서는 SE분야가 선도적인 역할을 하지 못한 면이 있으나, 향후 수행될 유사 프로젝트에서는 1핵심에서 보유한 실용화사업 연구산출물을 바탕으로 SE분야에서 주요마일스톤 관리, 인터페이스 관리 등에 대해 선도적인 역할을 할 수 있음

(나) 주요내용

1) 월간공정보고를 통한 연구산출물 수집 및 관리

- 월간공정보고서 제출 시 접수된 과제별 성과물을 정리하고 요청이 있는 경우 공유하여 참여과제 간 자료가 공유될 수 있도록 관리 중임
- 6,7차년도 주요 연구산출물 : 시범노선 인터페이스 관리문서, 개발법안(성능시험기준, 운전규칙, 품질인증 대상 품목), 시범노선 건설 관련 감리자료, 분기기 분야 RAMS 문서 등
- 과제별 문서 등록 현황(총 312건)

1핵심				2핵심			3핵심			합계
1-0	1-1	1-2	1-4	2-1	2-2	2-3	3-0	3-1	3-2	
83	25	19	30	41	14	4	20	5	71	312

(다) 성과물

연구산출물 리스트

(3) 인터페이스 관리

(가) 개요

- 연구과제 간 인터페이스는 인터페이스 조정회의 등으로 신규인터페이스 항목을 수집하고 미결 인터페이스는 과제 별 조정을 실시하며 지속적인 모니터링을 수행
- 공종간 인터페이스는 해당 공종(서브시스템별)에서 자체적으로 관리하고 이견사항 발생 시 사업단 주관(1핵심 지원)으로 인터페이스 협의체를 운영하여 조정을 수행
- 전기분야 실시설계 완료 후 건설공사 시작시점에서 전체 시스템의 공종별 인터페이스 재점검이 필요함에 따라 기존 1핵심과제에서 관리 중인 인터페이스와 별도로 공종(차량, 전력, 신호&열차제어, 통신, 신로구축물, 역사, 차량기지 시스템) 간의 기술적 인터페이스 사항을 정리한“시범노선 인터페이스 관리문서(안)”을 작성
- 종합시험운행을 수행하며 발생되는 인터페이스 해소를 위한 실험 등을 수행하였으며, 관련 인터페이스 결과를 향후 프로젝트 등에 활용이 가능하도록 정리
- 개발된 시범노선 인터페이스 관리문서는 향후 프로젝트에서 활용 가능하며 인터페이스 해소, 건설 공기단축, 추가경비 발생 저감 등의 효과를 낼 것임

(나) 주요내용

1) 과제별 인터페이스

- 인터페이스 조정회의를 통한 신규 인터페이스 수집
  - ▫ 사업단 주관으로 실시된 인터페이스조정회의결과를 바탕으로 신규 인터페이스 항목을 도출하여 사업단으로 보고
  - ▫ 도출된 신규 인터페이스에 대한 조치계획 및 완료예정일을 확인하여 1핵심에서 관리 중인 인터페이스 항목에 추가
- 과제별 인터페이스는 총 443건 도출되어 관리되었으며, ‘13년 8월 12일 기준 98.6% 완료
- 미결 인터페이스

No.	자료 요청	자료 전달	인터페이스 요구 (결과물)	인터페이스 요구사항/상세사항	회의결과
238	12	10	E&M 분야 보완	2단계 및 3단계시	<5월19일>1핵심자체회의

			된 운영계획	도시형 자기부상열차 운전계획(정상/비상), 열차운행계획, 시나리오	'08.12 공문을 통해 사업단에 요청하여 1단계운영계획을 전달하였고, 2,3단계 운영계획은 추후에 송부토록 하였음. 1-2과제와 확인 후 완료 여부 결정 <6월24일>1-2과제 I/F회의 2,3단계 운영계획은 제공 불가(운영기관의 2,3단계 계획이 확정되지 않음)
415	12	30	열차제어시스템 RAMS 관련 계획서 및 분석서	RAMS관리계획(또는 RAM 관리계획, 안전성 관리계획), PBS 및 예비 기능분석, 예비 RAM분석, 예비 FMECA, 예비 해저드 인식 및 분석(PHIA), 종합안전계획기술서 계획(Safety Case Plan), 소프트웨어 종합안전대책기술서 계획(Software Safety Case Plan), IEC 62278 규격준수표, IEC 62279 규격준수표, EN 50129 규격준수표	<12월16일>1-2과제 2차 I/F회의 '09.07.06 공문을 통해 3핵심으로 요청한 사항임. 현재까지 미접수 <'10년4월20일> 3핵심 2차 I/F회의 별도회의 필요 <'10년11월2일>1-2과제 4차 I/F회의 "종료시점"을 '12.12.30으로 기재키로 함 <'13년5월3일>자체확인 1-2과제 요청 25종 문서와 SIL4인증 문서와의 상관관계를 나타낸 분석서와 관련 문서를 1-2과제로 송부
417	11	13	차량성능시험 성적서	1-1세부과제의 검증요구사항 추적관리를 위한 차량성능시험 성적서/이력을 실시간으로 공유 요청	사업단으로 요청할 사항으로 성능시험 절차서는 성능시험 종료 후 제공가능
418	11	30	종합시운전시험에 대한 성적서 및 시험이력	1-1세부과제의 검증요구사항 추적관리를 위한 차량성능시험 성적서/이력을 실시간으로 공유 요청	종합시운전 결과는 종합시운전 종료까지 1핵심에서 지원해서 받을 사항임
419	11	30	종합시운전시험 절차서	검증요구사항 관리에 따른 시험계획보완과 관련 절차서	종합시운전 결과는 종합시운전 종료까지 1핵심에서 지원해서 받을 사항임
443	30	20	최고속도 운행시 차량-전차선 간	강체 가선을 적용한 일반 열차의 경우	<'11년8월17일> 3-0과제 의견 1) 8/18 기계연 시험선에서 관

			인터페이스	80km/h 까지를 한계로 하고 있으나, 자기부상열차는 110km/h 를 목표로 하고 있으므로 속도 향상에서 이선 및 아크 발생이 문제이나, 자기부상열차는 접촉면이 넓어 가능한 것으로 판단됨. 시범노선에서 이선 및 아크가 발생하지 않는지 카메라를 설치하여 조사	련 회의 및 사전 조사 실시 (6차년도 위탁과제 시험선 점검) 2) 시범노선 이선 및 아크 발생관련 차량 종합 시운전 시험시 집전성능시험실시(이선 및 아크발생 여부 시험은 시운전 시험 항목으로 전차선 시공사 실시항목 - POSCO ICT 업무협조 및 기술지원) *'11.08월중 사전협의완료 예정 (차량종합 시운전 시 시행 사항) 6차년도 이후 업무로 예상 <'11년12월14일>3핵심 확인사항 1) 종합시운전시 시행할 사항임 2) 시범노선의 측정업무는 전차선시공사(GS네오텍) 업무이며 현장시험시 POSCO ICT 기술지원 및 업무 협조함 <13년 7월 22일> 확인결과 종합시험운행 시설물 검증용역으로 확인될 사항으로 '13년 8월 초 완료 예정

※ *운영 관련 자료를 제외한 미완료 인터페이스는 종합시험운행 종료시까지 완료 예정*

2) 시범노선 건설 인터페이스

- 시범노선 건설 인터페이스는 해당 공종(서브시스템별)에서 자체관리를 하였으나, 6차년도 이후 기술적 인터페이스에 대한 정리가 필요함에 따라 실시설계 결과를 바탕으로 1핵심에서 정리하여 시범노선 인터페이스 관리문서(ICD)를 개발
- 시범노선 인터페이스 관리문서(ICD)
  - 실시설계도서 등 실시설계 결과를 바탕으로 공종(서브시스템별)별 기술적으로 정리가 필요한 사항을 중점으로 작성

▫ 도시형자기부상열차실용화사업의 일환으로 건설되는 시범노선의 차량, 전력, 신호&열차제어, 통신, 선로구축물, 역사, 차량기지 시스템 간의 인터페이스 사항을 정리·관리하기 위해 작성

▫ 제1장은 개요, 참고문서, 용어정의를 기술하며, 또한 도시형자기부상열차실용화사업의 연구과제 간의 인터페이스 사항 중 기술적인 사항에 대한 관리현황을 기술

▫ 제2장은 시범노선 자기부상철도 시스템 구성체계 기술

▫ 제3장~제10장은 차량, 전력, 신호&열차제어, 통신, 선로구축물, 역사, 차량기지 시스템, 종합관제 별로 인터페이스 관련 사항을 기술

▫ 주요 진행 경과

일 시	수행 내용
~ '11.11.30	시범노선 인터페이스관리문서 초안 작성
'11.12.01	시범노선 인터페이스관리문서에 대한 관련과제 배포 및 검토요청
~'12.01.02	접수된 검토의견을 반영한 개정안 작성
'12.01.03	시범노선 인터페이스관리문서 개정안 배포 및 미결인터페이스 확인요청
'12.02.08	3핵심 관련 미결인터페이스 조치결과 및 계획 접수
'12.03.05	2핵심 관련 미결인터페이스 정리를 위한 회의 실시
'12.04.19	3월5일 실시된 회의결과에 따른 관련자료 제공
~'12.04.27	미결인터페이스 조치결과를 반영한 시범노선 인터페이스 관리문서(rev.4) 작성
~ '13.08	종합시험운행 중 발생한 인터페이스를 정리하여 반영 예정

3) 종합시험운행 인터페이스

- 종합시험운행을 수행하며 차량, 전력, 신호&열차제어, 통신, 선로구축물, 역사, 차량기지 시스템, 종합관제 분야간 발생한 인터페이스 해결을 위하여 사업단과 공동으로 회의, 협의체, 인터페이스 시험 등을 통하여 인터페이스 해소
- 종합시험운행 인터페이스 사항은 종합시험운행 종료 후 인터페이스 관리문서(ICD)에 정리될 예정
- 주요 인터페이스는 첨부3 인터페이스 결과보고서 참조

(다) 성과물

인터페이스 결과보고서

(4) TPM 관리

(가) 개요

- 자기부상열차실용화사업단 차원에서 성과달성의 관리가 필요한 사항으로 RFP 상 명기된 기술적 목표사양과 시스템 차원에서 확인이 필요한 사항(RAMS 목표치 달성도, 무인운전 달성)을 바탕으로 TPM 성과지표를 선정하고 이에 대한 관리를 수행함
- 향후 유사 프로젝트에서 기술적인 요구사항/사양 변경시 이를 관리할 수 있고 절차/방안 검토에 활용이 가능하며, 수요자가 기술적 요구사항의 달성 절차를 확인이 가능해짐

(나) 주요내용

1) TPM 진행현황

성과지표 (TPM)	최종목표치	진행현황
최고설계속도	110Km/h	자체 시험으로 110km/h는 달성
공차중량	40ton이하	실차계근을 통한 성능시험 결과; McA : 19.22, McB : 19.18로 성과지표 달성 확인.
실내소음	65dB이하	성능시험으로 최종 확인
실외소음	70dB(A)이하(25m, peak)	성능시험으로 최종 확인
부상공극	8mm 이하, 편차 : ±3 이하 at 110km/h	성능시험으로 최종 확인
최대등판능력	70‰	시험선 시험으로 확인
가속성능	4.0km/h/s이상	성능시험으로 최종 확인
감속성능(상용)	4.0km/h/s이상	성능시험으로 최종 확인
교량처짐한계	L/1500~L/2000	시설물 검증시험으로 최종 확인
수직단차	1mm 이하	시설물 검증시험으로 최종 확인
수평단차	0.5mm 이하	시설물 검증시험으로 최종 확인
내진	리히터 규모 5.5 이상	검측요청서로 확인
분기속도 (2,3Way/시저스)	25초 이내	현장 검측서로 확인
전체 시스템 RAM 목표 달성도	93% (98% 영업운전1.5년)	1-2과제 용역보고서로 확인
무인운전 달성		-

다. 성과물

TPM 결과보고서

나. 하위세부과제 관리 및 종합

(1) 공정 관리

(가) 개요

- 1핵심과제는 『시스템엔지니어링체계구축 및 사양추적관리(1-1)』, 『RAMS 및 LCC 분석(1-2)』 및 『관련 법령 및 규정 개선(1-4)』의 3개 하위세부과제로 구성되어 있으며, 핵심과제로서 월간 공정회의 등을 통해 세부과제의 공정관리를 수행함
- 월간 공정회의를 통해 세부과제별 공정진행 여부를 파악하고, 현안 등 1핵심에서 지원이 필요한 사항을 도출하여 지원함

(나) 주요내용

1) 월간 공정회의를 통한 세부과제 관리

- '11년 8월 1핵심 공정회의
  - ▫ 일시 및 장소 : 2011년 8월 23일(화) 한국기계연구원 본관 2층 간부회의실
  - ▫ 주요 회의 내용 :
  - · 과제별 월간 주요 진행사항 확인
  - · 인터페이스 조정회의 결과에 따른 인터페이스 조치계획 협의 : 7월26일 실시된 인터페이스 조정회의 중 1핵심 및 세부과제 관련 사항에 대한 조치계획 협의
  - · 검증요구사항 검증계획 미완료 항목 협의 : 1-1세부과제에서 작성 중인 검증요구사항 중 차량시스템 관련 검증계획이 미완료 된 사항에 대한 처리 방안 협의
  - · 차량 부품 구성체계도 관련 협의 : 1-4세부과제 품질인증대상 품목 선정을 위한 차량 부품 구성체계도 수집 방안 협의
  - · 표준규격(안) 보완/검토 방안 협의 : 1-4세부과제에서 개발한 표준규격의 도시철도기술실무위원회 심의를 위한 일정 등 협의
  - ▫ 결과 및 특기사항
  - · 사업단에서 관리 중인 차량 분야 승인자료를 1-4세부과제에서 검토하였으나, 선정된 품질인증대상 품목과는 차이가 크므로 1핵심 및 2핵심과제와 협의하여 진행하기로 함
  - · 표준규격(안)에 대한 내부 검토 및 협의를 거쳐 11년 11월 도시철도기술

실무위원회 상정을 목표로 진행함

- ‘11년 11월 1핵심 공정회의

▫ 일시 및 장소 : 2011년 11월 2일(수) 한국기계연구원 본관 2층 간부회의실

▫ 주요 회의 내용 :

· 과제별 월간 주요 진행사항 확인

· 기술적 인터페이스 관리문서 관련 : 인터페이스 현황 및 과거에 완료된 사항 등이 정리된 인터페이스 관리문서 필요

· 검증요구사항서 관련 협의 : 인터페이스 조정회의 후속조치로 1-1세부과제에서 작성한 차량 및 차량외 시스템 검증요구사항서 관련 협의

· LCC 데이터 수집 방안 : 1-2위탁과제의 LCC분석을 위한 RAMS 수행 대상외 분야에 대한 LCC 데이터 수집방안 협의

· RAMS 시연계획 검토의견 취합 관련 : 1-2세부과제에서 작성하여 배포한 RAM시연계획에 대한 2핵심과제 검토의견 수집 지연에 따른 협의

· 품질인증요령 대상품목 선정 및 제작사양서 취합 방안 관련 협의

· 표준규격 검토의견 취합 및 법제화 일정 관련 : 1-4세부과제에서 작성하여 배포한 표준규격에 대한 2핵심과제 검토의견 수집 지연에 따른 협의 및 표준규격 법제화 추진 계획 협의

▫ 결과 및 특기사항

· 기술적 인터페이스 관리문서에 대해 1핵심과제에서 ‘11년 12월 내로 정리하기로 결정

· 검증요구사항 중 기술적 검증은 1-1세부과제 만으로는 어려우므로 전문가 활용 등의 방법을 고려할 필요가 있고, 법적인 시험외에 별도의 시험이 필요할 경우 1핵심과제 주관으로 진행할 필요가 있음

· RAMS 대상 외 LCC 분석은 사업단에서 우선 궤도분야에 대한 데이터를 ‘11년 11월 말까지 제공하기로 함

· RAM 시연계획 검토를 위한 관련 기관 별 회의를 ‘11년 11월부터 진행함

· 표준규격(안) 보완을 위한 검토 협의회를 11월 중순경 개최하기로 함

· 표준 규격 및 품질인증요령 관련 사항은 사업단장-핵심책임자회의를 통

해 2핵심과제로 요청하기로 함

- ‘12년 1월 1핵심 공정회의
▫ 일시 및 장소 : 2012년 1월 31일(화) 한국기계연구원 본관 2층 간부회의실
▫ 주요 회의 내용 :
· 과제별 월간 주요 진행사항 확인
· 검증요구사항 관리체계 : 현장확인/설계검토 등 검증요구사항을 확인하기 위한 방안 협의
· FRACAS S/W 개발 협의 : 1-2세부과제에서 수행 중인 고장 정보 데이터 자동 수집을 위한 S/W 개발 관련 협의
· 품질인증요령 대상 품목 선정 관련 협의 : 품목관련 진행현황 확인 및 향후 계획 협의
▫ 결과 및 특기사항
· 종합시험운행에 대한 검토 결과는 용역기관 및 감리단에 제공될 수 있도록 조치
· FRACAS S/W 개발을 위한 1핵심 및 3핵심과의 협의는 완료(‘12.1.26)되었고 2월 중 공급업체와 협의를 진행할 예정임
· 품질인증요령 대상 품목 선정 관련 2핵심과제 실무담당자와 협의하여 차량의 구성품 파트별 담당자와 협의 예정

- ‘12년 2월 1핵심 공정회의
▫ 일시 및 장소 : 2012년 2월 28일(화) 한국기계연구원 본관 2층 세미나실
▫ 주요 회의 내용 :
· 과제별 월간 주요 진행사항 확인
· 극한조건시험 관련 협의 : 연속주행시험 후 수행할 극한조건시험 관련 협의
· 종합시험운행 관련 역할 : 7차년도에 수행 예정인 종합시험운행에 대한 1핵심과제 및 세부과제의 역할 협의
· 검증요구사항 관련 : 검증요구사항의 종합시험운행 반영 관련 협의
· 고장데이터 수집 S/W 관련 : 고장데이터 수집 방안 협의
· 품질인증 대상 품목 선정 및 품질인증요령안 개발 관련

▫ 결과 및 특기사항

· 극한조건시험은 자기부상열차의 특성을 고려하여 1핵심과제에서 시험항목을 선정하여 2핵심과제와 협의를 진행하고, 관련 예산은 7차년도에 반영함

· 종합시험운행에서 1핵심과제는 TPM 관련 사항을 수행하고, 1-1과제의 검증요구사항 관련 확인을 수행하고, 1-2과제의 RAM 시연계획을 토대로 관련 사항을 수행함

· 1-1세부과제의 검증요구사항의 종합시험운행 반영을 위한 협의를 '12년 2월 9일 종합시험운행시험 절차서 개발 업체(에이알텍)과 협의함

· 품질인증대상 선정 관련 사항은 사업단을 통해 협조요청

- '12년 3월 1핵심 공정회의

▫ 일시 및 장소 : 2012년 3월 22일(목) 한국생산기술연구원 본관 2층 대회의실

▫ 주요 회의 내용 :

· 과제별 월간 주요 진행사항 확인

· 종합시험운행 관련 역할 : 7차년도에 수행 예정인 종합시험운행에 대한 1핵심과제 및 세부과제의 역할 협의

· 검증요구사항 검증 방안 협의 : 검증요구사항 중 직접관리 대상 검증항목에 대한 검증계획 협의

· RAM 시연 계획 개정 관련 협의 : 진행현황 확인 및 향후 일정 협의

· 고장데이터 수집 S/W 개발 협의 : 진행현황 확인 및 향후 일정 협의

· 품질인증 대상 품목 선정 관련 협의

▫ 결과 및 특기사항

· 종합시험운행 관련 1핵심과제의 역할에 대해서는 기술성과측정(TPM), 규격검증, RAM 시연계획은 종합시험운행계획(안)의 특수엔지니어링 항목으로 포함하였으나, 7차년도 계획 수립 시 종합시험운행에 기여할 방안이 있다면 추가 요청함

· 검증요구사항 중 직접관리 대상 항목은 차량제작사 등 협조를 위한 방안 마련이 필요하며, 정성적인 요구사항에 대해서는 전문가 검토 등으로 확인하는 방안이 필요함

· RAM 시연계획 관련 인천공항공사 및 각 핵심과제의 검토의견을 반영한 개정안이 완료되었고, ‘12년 3월 28일 최종 설명회를 거쳐 사업단으로 승인 요청 예정임
· 고장데이터 S/W 수집관련 업체 계약은 완료되었고, 6차년도에는 차량, 신호, 분기기 분야에 대한 데이터를 수집하고 7차년도에는 제3궤조, 양방향 무선통신, PSD 분야에 대한 데이터를 수집하여 시범노선 종합시운전 환경에서 개발 S/W 시험을 수행할 예정임
· 품질인증 대상 품목을 위한 2핵심과제 협조가 어려우므로 우선 사업단에서 보유 중인 부품제작사양서를 열람하여 검토/반영함

- ‘12년 4월 1핵심 공정회의
▫ 일시 및 장소 : 2012년 4월 24일(화) 한국산업기술시험원 C동 2층 국제회의실
▫ 주요 회의 내용 :
· 과제별 월간 주요 진행사항 확인
· 검증요구사항 검증현황 확인
· 고장데이터 수집 S/W 개발 관련 : 진행현황 및 S/W 화면 구성 협의
· 시설분야 표준규격 관련 : 위원회 상정을 위한 방안 협의
▫ 결과 및 특기사항
· 검증요구사항 검증현황 및 설계가 변경된 부분에 대해서는 1-4세부과제를 포함한 타 과제로 배포가 되어서 공유될 수 있도록 진행함
· 고장데이터 수집 S/W 관련 신호, 분기기, PSD 분야는 업체 별 협의가 완료되었고 통신, SCADA, 차량 분야는 협의 예정임
· 고장데이터 수집 S/W 화면 구성 관련 세부적인 화면 내용은 1-2세부과제의 요구사항을 반영하여 지속적으로 수정/보완 예정임

- ‘12년 8월 1핵심 공정회의
▫ 일시 및 장소 : 2012년 8월 22일(수) 서울역 6호 회의실
▫ 주요 회의 내용 :
· 과제별 월간 주요 진행사항 확인
· 성과물에 대한 운영기관 이관 방안 협의
· 규격 추적관리 DB 개발 방안 협의

· 철도안전법 전면개정에 따른 자기부상열차 법안에 대한 영향성 검토

▫ 결과 및 특기사항

· 실용화사업 종료 후 연구성과물을 운영기관에 이관하기 위한 준비를 진행

· 1-1세부과제 요구사항 추적관리를 위한 별도 DB 구축 예정. 1-1과제에서는 종합시험운행 결과 확인을 위하여 주간 단위 출장을 통한 현황 파악을 진행 예정

· 1-2세부과제는 RAMS 관련 모든 자료를 운영기관으로 이관하되 교육의 필요성은 검토가 필요함

· 철도안전법 전면 개정에 따른 자기부상열차 법안에 대한 영향성 및 대응방안에 대하여 1-4과제에서 검토 진행

- '12년 11월 1핵심 공정회의

▫ 일시 및 장소 : 2012년 11월 30일(금) 한국기계연구원 본관 간부회의실

▫ 주요 회의 내용 :

· 과제별 월간 주요 진행사항 확인

· 규격 검증 S/W 관련 협의

· 종합시험운행 결과 수집 관련 협의

· RAMS 문서 정리 방안 관련 협의

· 국토부 법안 상정 관련 협의

▫ 결과 및 특기사항

· 1-1과제 진행을 위하여 종합시험운행 결과 수집이 필요하므로 1핵심에서 지원하여 자료를 수집할 예정. 차량성능시험 결과는 성능시험센터와 별도 협의 진행

· 규격 검증 S/W 개발을 위하여 예산 변경이 필요하므로 1-1과제에서는 1핵심을 통해 사업단으로 예산 변경을 요청하도록 함

· RAMS 문서 관련 3핵심과 협의를 진행하였으며, 시설분야 RAMS 문서에 대한 제출계획을 3핵심과제에서 제출키로 협의함

· 1-4과제 국토부 법안 상정을 위하여 설계/제작/준공 도서 등에 대한 필요자료를 1핵심에서 지원하여 제공

- '13년 2월 1핵심 공정회의

▫ 일시 및 장소 : 2013년 2월 22일(금) 한국기계연구원 본관 3층 회의실

▫ 주요 회의 내용 :

· 과제별 월간 주요 진행사항 확인

· 종합시험운행 결과 수집 관련 협의

· 규격 추적 S/W 개발 관련 협의

· 1-2세부과제 기간 연장 관련 협의

· 철도기술실무위원회 수검 관련 협의

▫ 결과 및 특기사항

· 1-1과제 요구사항 검증을 위한 시험항목은 3핵심과제에서 별도 용역으로 수행한 종합시험운행 계획을 기준으로 작성

· 규격 검증 S/W는 '13년 4월 말까지 프로토 타입을 개발할 예정

· 1-2과제는 '13년 8월 21일까지(2개월) 연장되며 위탁과제(철도연)도 같이 연장되는 것으로 확인

· 1-4과제는 철도기술실무위원회 준비를 위하여 성능시험 성적서가 필요하지만 성능시험센터에서는 성능시험 종료 후 제공이 가능하여 설계자료 등을 중심으로 준비 예정

- '13년 4월 1핵심 공정회의

▫ 일시 및 장소 : 2013년 4월 19일(금) (주)KTE 회의실

▫ 주요 회의 내용 :

· 과제별 월간 주요 진행사항 확인

· 종합시험운행 현황

· 고장보고서 양식 검토 방안 협의

· 철도기술심의위원회 진행현황

· 김해 경전철 차량기지 견학

▫ 결과 및 특기사항

· 종합시험운행 진행현황을 각 세부과제와 공유

· 1-1과제는 RAMS를 적용한 서브시스템(차량, 분기기, PSD, 양방향무선통신, 제3궤조)에 대한 PBS 검토가 필요

· 1-2과제에서 작성한 고장보고서 양식은 운영기관의 검토가 필수적으로 필요한 사항으로 1핵심/사업단을 통해 운영기관으로 검토 요청하여 진행 예정

· 표준규격 및 품질인증기준 관련 철도기술심의위원회를 개최하였으며, 서면심의를 위한 기술자료에 대한 필요한 부분이 있으면 1핵심 및 사업단에서 지원

- '13년 7월 1핵심 공정회의

▫ 일시 및 장소 : 2013년 7월 16일(금) 한국기계연구원 본관 3층 회의실

▫ 주요 회의 내용 :

· 과제별 월간 주요 진행사항 확인

· 최종평가 준비 방안 협의

· 검증요구사항서(VM) 관련 협의

· 자기부상 시스템 Hazard log 종결방안 협의

· 영업시운전 착수일정 협의

· 법안 개발 관련 협의

▫ 결과 및 특기사항

· 현장평가 관련 세부과제에서는 준비를 철저히 하도록 요청. 시연이 가능한 성과물는 현장평가 시 준비 요청

· 검증요구사항은 총 1341건 중 402건 검증이 완료되었으며, 완료를 위하여 제작검사/종합시험운행 결과 요청공문은 1핵심을 통해서 발송

· 시스템 및 각 서브시스템에서 식별된 해저드 중 1-2과제의 안전성 요구조건에 부합하지 않는 해저드에 대해서는 1핵심을 통하여 공문 발송 예정. 서브시스템 별 RAMS 문서 종결을 위하여 분야별 회의를 진행토록 요청

· 1-2과제 서비스가용성 평가를 위한 엔지니어 착수를 위하여 영업시운전 일정이 필요. 종합시험운행 일정표를 기준으로 준비하고 변경사항 발생 시 1핵심에서 통보

· 1-4과제 통합지침서 작성을 위한 현장사진은 1핵심에서 지원하여 진행

(다) 성과물

월간공정회의록

(2) 품질 관리

(가) 개요

- 세부과제 연구성과물 검토/반영, 연관 과제와의 협의 주관/지원/조정 등을 통하여, 세부과제의 연구가 원활히 추진될 수 있도록 지원/관리

(나) 주요내용

1) Safety 관련 타사업과의 시험항목 비교

- 자기부상열차의 안전성 확보를 위해 법적인 시험항목 외 Safety 관련 시험항목 도출을 위해 차세대전동차, 틸팅열차, K-AGT사업의 시험평가 관련자료를 수집/검토 수행
- 검토한 결과 법적인 시험 항목외에는 별도 시험이 없는 것으로 판단되었으며, 기계연 시험선에 있는 시제편성을 활용한 극한조건시험을 고려하기로 함

2) 3핵심 종합시험운행 용역설계서 검토

- 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

□ 1-2과제의 시스템시연계획 연계

○ 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, TPM관리 및 RAM 시연

관리항목에 대해 3핵심과제로 반영 요청하여 종합시험운행계획의 특수엔지니어링 부분에 포함되었으며, 규격검증 항목은 종합시험운행의 시험항목에 반영될 수 있도록 협의가 완료됨

3) 열차제어시스템 변경제작승인도 검토

- 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 : 3핵심과제를 통해 열차제어시스템 제작사로 검토의견을 제공하여 반영됨

4) 1-1세부과제 6차년도 일정계획 및 수행방안 협의

- 일시 및 장소 : 2011년 9월 7일(수) 한국기계연구원 본관 3층 회의실
- 목적 : 1-1세부과제의 6차년도 연구계획 및 성과계획에 대한 확인 및 협의
- 주요 회의 내용 :
  - 1-1세부과제 인터페이스 조정회의 후속조치 지연사항 점검 및 완료 일정 협의
  - 검증요구사항 진행방안 및 DB 구축 진행방안 협의

5) 검증요구사항 대비 성능시험기준 항목 검토

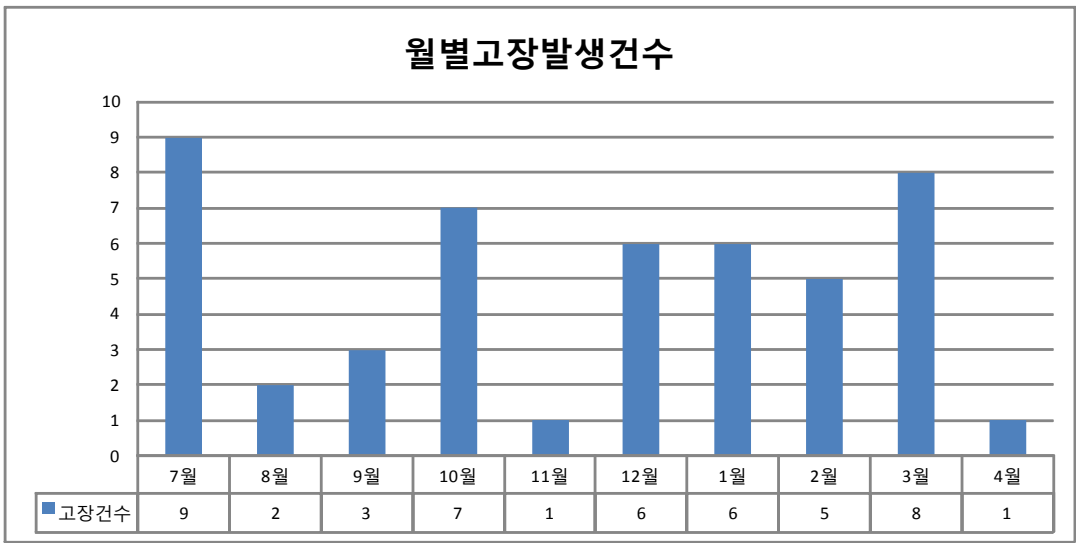
- 1-1세부과제에서 작성 중인 검증요구사항에 대해 성능시험기준 항목과 비교하여 조견표를 작성
- 1-1세부과제에서 작성중인 검증요구사항서의 검증방안/검증항목에 반영됨

6) RAMS 수행을 위한 인터페이스 지원

- 1-2세부과제에서 수행중인 서브시스템 별 RAMS 문서 검토가 원활히 진행될 수 있도록 지원

7) 시험선 고장데이터 제공

- 1-2세부과제에서 수행 중인 시험선 FRACAS 절차 수행을 위하여 고장데이터를 주기적으로 제공
- 1핵심과제에서 연속주행시험 등 시험선에서 시제차량을 운행하면서 발생한 고장데이터를 고장정보 발생 유형, 분야별 고장정보, 고장횟수, 주간고장정보 등을 1-2세부과제에서 활용이 가능하도록 정리하여 제공함
- 시험선 시제차량 월간 고장건수



- 시험선 시제차량 고장건수 분석
  - 연속시험 주행중 발생한 고장을 주행에 지장을 주는 중고장(重故障) 및 영향이 없는 경고장(輕故障)으로 유형별로 정리하면 아래 표와 같다.

	7월	8월	9월	10월	11월	12월	1월	2월	3월	4월	소계
중고장	5	1	0	4	1	5	0	0	0	0	16
경고장	4	1	3	3	0	1	6	5	8	1	32
소계	9	2	3	7	1	6	6	5	8	1	48

  - 고장발생 추이를 보면 주행에 지장을 주는 중고장은 2011년에 발생 후 2012년에는 발생하지 않았음을 알 수 있다.
  - 경고장은 주로 통신 에러 등에 의한 고장(48건 중 12건)으로써 일부는 자동복구(48건 중 14건)되었으며, 일부는 통신 보드를 교체하여 고장조

치를 완료하였다.

▫ 중고장은 일부 보드가 운행 중 소손되었거나 커넥터 부위가 분리되는 등의 고장이 발생하였으며, 즉시 수리 후 동일한 고장이 재현되지 않았다.

▫ 이상과 같은 고장은 시험을 위해 개발된 신규 차량에서 허용할 수 있는 범위내에서 발생했다고 판단되며, 특히 2012년에는 중고장이 한건도 발생하지 않았다는 점과 발생한 고장정보가 차량사에 피드백 되어 시범노선에 운영될 차량 제작에 반영되었다는 점에서 연속주행시험의 목적을 충분히 달성하고 있다고 판단된다.

8) RAM 시연계획 검토 및 관련과제 검토 지원

- 1-2세부과제에서 작성한 RAM 시연계획에 대한 검토 및 관련과제 검토 회의 지원
- 과제별 검토의견에 대한 협의 및 지원

일 시	내용	주요협의 내용
2011.11.16	1핵심과 RAM 시연계획 협의	기술시운전 여부 등 협의
2011.11.22	3핵심과 RAM 시연계획 협의	영업시운전 종료 후 공급업체 참여방안 등 협의
2011.11.29	운영사(인천공항공사)와 RAM 시연계획 협의	운전시격 및 고장정의 등 협의

- 관련과제 검토의견 및 협의 결과를 반영한 개정안에 대해'12년 5월 2일 사업단 승인을 득함

9) LCC 수행 범위 및 방안 협의

- 1차 회의('11.08.04)

▫ 회의 안건 :

· 3핵심에서 E&M시스템과 토목/건축에 대한 LCC 산출용 데이터 작성 어려움

· LCC 데이터가 산출되지 않으면 현실적으로 LCC 계산 어려움

▫ 주요 회의내용 및 결과 :

· RAMS 수행 대상항목은 KRRI모델 적용/ E&M과 토목,건축은 REMAIN 모델을 적용하는 방안에 대한 협의

· 3핵심에서 REMAIN 모델 적용이 가능한 서브시스템을 분류하고 작성

항목별 장애사항을 확인하여 대안을 모색하기로 함

· KRRI모델 및 REMAIN 모델에 의한 LCC데이터 산출이 불가능한 서브시스템에 대한 대책은 별도 협의(사업단, 1핵심, 3핵심, 1-2세부)

- 2차 회의('11.08.30)

▫ 회의 안건 :

· '11.3.24일 실시한 "LCC 분석 관련 협조 방안 회의"의 후속조치로 진행 중인 건축분야에 대한 간략모델(REMAIN 모델) LCC 데이터 작성 관련 진행 현황(현실적인 문제점 등) 확인/검토 및 필요시 대안 모색

▫ 주요 회의내용 및 결과 :

· 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 있으나,

· 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 회의('11.11.16)

▫ 회의 안건 :

· "도시형자기부상열차 LCC 분석"과 관련하여, 1-2과제에서 제시한 모델(REMAIN 모델)의 적용 가능성을 사전에 파악하기 위하여, 우선 사업단에서 궤도분야에 대해 LCC 데이터 작성의 난이도 검토 시행

▫ 주요 회의내용 및 결과 :

· 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 작성

에 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 있음

- 4차 회의('11.11.22)

▫ 회의 안건 :

· RAMS 대상외 분야에 적용 예정인 REMAIN 모델을 이용하여 궤도시스템에 대한 LCC 데이터를 작성하여 REMAIN 모델의 적용 용이성 제고

▫ 주요 회의내용 및 결과 :

· 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 회의('11.11.30)

▫ 회의 안건 :

· 공동으로 궤도시스템에 대한 LCC 데이터 입력을 통해, LCC 데이터 수집 양식의 작성방법과 LCC 출력결과를 확인함으로써, 향후 RAMS 분석 대상외 시스템에 대한 LCC 데이터 확보를 위한 방안 제고

▫ 주요 회의내용 및 결과 :

· 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 시작할 것임.

· 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 사례 분석 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 회의('11.12.08)

▫ 회의 안건 :

· RAMS 대상외 분야에 대한 LCC 입력데이터 확보 문제점을 재점검

· 향후 LCC 수행 방안 및 범위 검토

▫ 주요 회의내용 및 결과 :

· 차량, 신호, 분기기, PSD, 제3궤조, 양방향 무선데이터 통신설비 등 RAMS 수행대상 시스템은 RAM 데이터를 활용한 KRRI 모델을 적용하여 LCC 분석 완료

· RAMS 대상외 시스템의 LCC 데이터 작성을 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
  - ▫ RAMS 수행 대상 서브시스템(차량, 신호, 분기기, PSD, 제3궤조, 양방향 무선데이터통신설비 등)은 KRRI모델을 활용하여 분석
  - ▫ 궤도시스템은 사업단에서 협조하여 REMAIN모델을 활용하여 분석
  - ▫ 그 외 RAMS 수행 대상 외 서브시스템은 우리사업의 LCC 분석 대상에서 제외

10) 도시형자기부상열차 및 시설 표준규격(안) 검토

- 주요 검토내용

I. 도시형자기부상열차 표준규격(안)
○ 실용화 사업에서 사용되는 용어 통일 및 오타 수정
○ 도시형에 적합한 규격으로 검토요청

II. 도시형자기부상철도 전력시설 표준규격(안)
○ 실용화 사업에서 사용되는 용어 통일 및 오타 수정

III. 도시형자기부상철도 신호 및 열차제어설비 표준규격(안)
○ 실용화 사업에서 사용되는 용어 통일 및 오타 수정
○ 진로제어 및 연동기능 검토

IV. 도시형자기부상철도 선로시설 표준규격(안)
○ 선로시설 표준규격에 대한 기본방향 검토
○ 철제 차륜 관련 항목 삭제 요청

- 조치 결과 : 1-4세부과제 도시형 자기부상열차 및 시설분야 표준규격(안)에 반영 요청하여 표준규격(안) Rev.0.0.11에 관련 내용이 반영됨

11) 시범노선 건설 및 열차제어시스템 제작 현장점검 지원

- 목적

▫ 도시형자기부상열차 실용화사업의 사업기간내 목표달성에 차질이 발생하지 않도록 시범노선 건설공사 및 열차제어시스템 제작 현장을 점검하여 예상 문제점을 파악하고 보완대책을 마련하기 위함

- 시범노선 건설분야 중점점검 사항

▫ 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 중점점검 사항

▫ 차상/지상/관제설비 계획 대비 실적 공정 확인

▫ RAMS 활동 현황 확인

▫ 제3자 안전성(SIL 4 수준) 인증 활동 현황 확인

- 시범노선 건설분야 점검결과

▫ 1핵심 관리 통합공정표와의 연계성 확보 여부 :1핵심에서 관리하는 통합공정표와 현장에서 관리하는 통합공정표가 상이하여 1핵심에서 통합공정표를 개정

▫ 예정공정 대비 실적 확인(공정별 지연여부 및 지연시 만회대책 수립여부) :1핵심 통합공정표를 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 수립여부 : '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 대피

로가 선시공이 되도록 사업단 공문으로 3핵심으로 관리를 요청함

▫ 주요 구간별 건설현장 확인 :· 101~시저스 분기기 구간에서 대피로의 연속성이 확보되도록 설계 및 시공내용 점검 요청. 거더 거치 후 이루어질 가로보 연결, 궤도공사 등 앞으로의 공정은 주로 상부에서 이루어지는 고소작업이므로 안전대책에 유의하도록 요청함

- 열차제어시스템분야 점검결과

▫ 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

12) 선로시설 표준규격 검토

- 주요 검토내용

○ 선로 허용공차 내용별 그림 삽입 요청 ○ 오타 수정 ○ 자기부상열차에 부합되지 않는 항목 삭제 - 레일 축력 관련 - 종저항 관련 - 종하중 관련

- 조치 결과 : 1-4세부과제 시설분야 표준규격(안)에 반영 요청하여 표준규격(안) 에 관련 내용이 반영됨

13) 속도증속 및 시설물 사전점검 절차

- 주요 내용

▫ 목적 : 차량과 궤도(B-type 유간장치, 단차 등)간의 인터페이스 사항을 확인/조정하면서 차량의 운행 속도를 최고속도(110km/h)까지 증속

▫ 시험 절차

· 시험시점부에서 시험 종점부까지 최고 30km/h로 주행하며 차량 및 시설물의 거동을 확인하고 필요 개소에 대한 계측 실시

· 해당 분야는 시험 데이터를 저장하고 다음 시험 준비

· 차량운행자는 시험관계자 협의 후 문제가 없는 경우 증속 시험을 실시

· 문제가 있는 경우 시험을 종료

- 조치 결과

▫ 계측데이터를 2핵심으로 송부하여 2핵심에서 분석을 실시. 결과를 3핵심(시설분야 포함)으로 통보하여 해당개소 조정 실시

14) ATO Local Noise 대책 협의

- 주요 내용

▫ 진행경과

· '12.07.31 : ATO Local 장치 현장설치

· '12.08.01~10.19 : 정적시험 완료

· '13.01.02~ : 동적시험 진행중 ATO Local 전송장치 장애 확인

· '13.01.25~31 : ATO Local 전송장치 장애원인 조사(포스코엔지니어링 단독)

· '13.02.15 : Noise 간섭현상 공동(사업단, 열차제어분야, 차량분야) 확인 시험

· '13.02.19~21 : 해외 전문가 기술자문 시행

· '13.02.27 : 한국기계연구원 시험선에서 Noise 시험

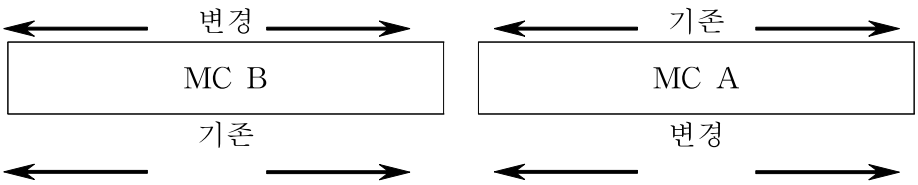
· '13.03.11 : ATO Local Noise 대책 TF 1차 회의(방사 Noise측정 일정 협의)

· '13.03.12 : 차량분야 방사 Noise 측정(3MHz)

· '13.03.13 : ATO Local Noise 대책 TF 2차 회의(차량분야 전자석 극성 교번 검토, 열차제어분야 안테나 위치 변화 및 차폐 방안 검토)

· '13.03.14 : 접지영향, 안테나 설치 위치 변경에 따른 영향 시험

· '13.03.15 : 차량 전자석 극성 병경 영향 시험



· ‘13.03.19 : 위치 변경에 따른 Noise 영향 시험
· ‘13.03.21 : 자기장 차폐 시험 실시
· ‘13.03.21 : 현대로템 LF 페라이트 core 추가 영향 시험
· ‘13.03.22 : ATO Local Noise 대책 TF 3차 회의(차량분야 페라이트 코아 실차 적용 방안 검토, 열차제어분야 차폐 방안 추가 검토)
· ‘13.03.27~28 : 자기장 차폐 시험 실시
· ‘13.04.02 : ATO Local Noise 해결을 위한 전문가 자문(아이스펙)(TWC 수신단에 LF 또는 BPF 필터 추가하여 Noise 레벨 저감)
· ‘13.04.02 : ATO Local Noise 대책 TF 4차 회의(Noise 제거 필터 추가 시험 일정 협의)
· ‘13.04.09 : Noise 제거 필터 시험(LPF'에 의해서는 Noise 레벨 및 Signal 레벨 모두 약 4~5dbV정도의 감소 효과 있음)
· ‘13.04.09 : ATO Local Noise 대책 TF 5차 회의(차폐시험 및 페라이트 시험 일정 협의)
· ‘13.04.12 : Noise 차폐 시험
· ‘13.04.12 : 페라이트 코아 MD내 설치 시험
· ‘13.04.12 : ATO Local Noise 대책 TF 6차 회의

- 진행 현황 및 향후 계획

▫ 열차제어분야

① 안테나 위치 이동에 의한 레벨 감소

· 안테나의 설치 위치에 따라 최대 7dBV 정도의 감소 효과 있으나, 안정적인 통신을 위해 20~30dBV의 감소 요구 사항을 만족치 못함

② Noise 수신원 주변의 차폐를 통한 레벨 감소

· ‘13.4.12일 시험 결과 Noise 레벨이 약 20dBV 정도 감소하여 안정적인 통신이 가능한 수준이나, 차폐에 따라 Signal 레벨도 4~5dBV 낮아진 점과 1.7MHz의 Up Link Signal이 차폐재로 인한 산란으로 새로운 통신 문제를 야기하고 있으므로, 차폐 재질 및 형상 변경 등 추가 검토 필요

③ 수신단에 LF, BPF 등 필터 추가에 의한 레벨 감소

· Noise 레벨 및 Signal 레벨 모두 4~5dBV 정도 감소 효과 확인

④ 수신 시스템 출력 증가 또는 사용 주파수 변경

· 상기 사항이 모두 만족치 못하는 경우 고려 사항으로 설계 변경에 따른 개발기간 및 비용 별도 추산 필요

▫ 차량분야

① 안테나 위치 이동에 의한 레벨 감소

· 상기 열차제어분야 참조

② Noise 발생원 주변의 차폐를 통한 레벨 감소

· Noise 주요 발생원이 부상용 전자석으로 확인되므로 현형상에서는 부상용 전자석 주위를 차폐할 방법이 현실적으로 불가능할 것으로 판단

③ 전자석 극성 교번에 따른 Noise 레벨 감소

· 3호편성으로 차량 좌우 교차하여 극성을 교번하여 시험하였으나, 각각의 전자석이 상호 동기되어 있지 않으므로 특이한 레벨 변화는 없음

④ 3MHz 대역의 Noise 레벨 발생 감소

· 3MHz 대역에서 주파수 특성 변화를 위해 LF 페라이트 코아를 부상용 코일 근방에 추가하여 시험한 결과 측정위치에 차이가 있으나 3MHz 대역의 방사 레벨은 10dBV 정도 감소하였으나,

· 실차적용을 위한 MD box 내부 설치시는 오하려 3MHz 대역의 방사 레벨이 10dBV 정도 상승하여

· 추가 검토 필요

15) 차체 충전 전압 측정

- 주요 내용

▫ 목적 : 차체 충전 전압의 인체 안전성 여부 검토

▫ 시험결과

· 1편성(만차)

시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면
0	0	차량 출발
1	0	
2	0	
3	0	
4	-76	
5	-70	84cm(6*14cm)
6	-95	

시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면
0		
1		
2	0	차량 진입직전
3	-305	
4	-886	
5	-692	
6	-631	

7	-97	
8	-101	
9	1	갱웨이 통과
10	491	
11	6	
12	-80	
13	-177	
14	-35	차량 통과완료
15		
16		
17		
18		
19		
20		
21		
22		

7	-130	
8	0	
9	0	
10	-232	
11	-16	갱웨이 통과
12	0	
13	-231	B-R-2ndDoor(2)
14	-268	B-R-2ndDoor(1)
15	-298	
16	-263	
17	-201	
18	-200	
19	-12	
20	0	
21	0	
22	0	차량 정지

· 3편성(공차)

시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면
0		
1	0	차량 출발
2	0	
3	0	
4	0	
5	0	84cm(6*14cm)
6	92	
7	201	
8	247	
9	213	
10	240	
11	207	
12	297	
13	345	B-R-2ndDoor(1)
14	307	B-R-2ndDoor(2)
15	307	
16	208	갱웨이
17	6	
18	190	
19	-2	
20	0	
21	-52	
22	-332	
23	-413	

시간(s)	전위차(V)	계측기의 차량 대항면
0		
1		
2	25	차량 진입직전
3	17	
4	78	
5	66	
6	112	
7	115	
8	153	
9	43	
10	0	
11	0	
12	0	
13	121	
14	22	갱웨이(초입)
15	-2	
16	3	
17	0	B-R-2ndDoor(2)
18	0	B-R-2ndDoor(1)
19	0	
20	0	
21	0	
22	0	
23	0	

24	0	차량 통과완료
25		
26		
27		
28		
29		

24	0	
25	0	
26	0	
27	0	
28	0	
29	0	차량 정지

▫ 결과분석

· 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

· 다만 PSD 고장으로 개문상태로 고속으로 운행하는 차량을 접촉하는 경우는 감전의 가능성은 있으나, 이는 운행 매뉴얼적으로 배재되어야 할 사항으로 판단됨

16) 기상조건에 따른 열차운영 조건 검토

- 주요 내용

▫ 목적 : 인천국제공항공사에서 공문(운송시설처-3110, '13.06.11)으로 외부 기상변화 등에 따른 자기부상철도 운영기준 자료 요청

▫ 검토 결과

기상	운행조건	결정사유

조건		
강풍	-풍속 30m/s 이상 : 운행 중지 -풍속 25m/s ~ 30m/s 미만 : 일시정지 -풍속 20m/s ~ /25m/s 미만 : 40 km/h 속도 제한	-차량 곡선부 착지 부상(최대 켄트 8도) : 26m/s -차량 구조설계(대차 등) : 46m/s -토목시설물 : 50년 재현주기(40m/s) 설계 -타 경전철운영 사례 검토 : 동일수준
강우	-	-운영 측면 : 무인운전인 경우 시계확보 조건 충족 -차량 기능 : 1일 500mm까지 가능(차량규격서) -성능시험(차체누수시험) : 150mm/h 이상 -노반 침수 : 모든 구간이 고가이기 때문에 침수의 가능성이 없어 속도제한 불필요 -타 경전철운영 사례 검토 : 레일면 침수여부에 따른 제한으로 전구간이 고가구간인 자기부상철도 특성상 불필요
강설/결빙	-주의 운전해야한다	-운영 측면 : 무인운전인 경우 시계확보 조건 충족 -차량기능 : 부상 상태로 운행되고 열차 전두부에 배장기가 설치되어 있어 운영시 속도제한을 둘 필요는 없음 -타 경전철운영 사례 검토 : KTX 종합시험열차운전취급지침을 제외하고 결빙에 따른 제한 규정이 없어 자기부상열차만 특별히 속도제한을 둘 필요는 없음

(다) 성과물

산출물 검토서

다. 시범노선 종합시운전 시험평가 지원

(1) 통합공정표 개정

(가) 개요

- 차량개발공정표, 시범노선 건설 공정표, 종합시운전 공정표가 각각 담당 과제에서 작성/관리를 수행하였으나 3개 공정표의 통합 및 관리가 필요하게 되어 1핵심과제에서 5차년도 이후 통합공정표를 작성/관리를 수행함
- 통합공정표의 개정은 월간공정보고 시 보고되는 시범노선건설 및 차량제작의 계획 대비 실적을 검토하여 변경사항을 확인 개정하여 사업 참여과제로 배포하여 관련 사항을 공유하고 있음
- 차량 입고 전후 상세일정계획은 6차년도 말 차량입고가 계획되어 있음에 따라 일정 지연과 분야간 인터페이스를 최소화시키기 위하여 작성하였으며, 현재 차량제작 관련 일정 변경에 따라 통합공정표를 개정 중임

(나) 주요내용

1) 통합공정표 개정

- 월간공정보고 시 시범노선건설 및 차량제작 일정에 대한 계획대비 실적을 관련 과제로부터 제출받아 검토 후 변경공정을 확인하고 개정하여 배포

2) 차량 입고 전후 상세일정계획 수립

- 1호 편성 차량입고가 '12년 5월로 예정됨에 따라 차량입고 전후의 상세일정계획을 수립하고 분야 별 요구사항을 확인하여 일정 지연과 분야간 인터페이스를 최소화시키기 위해 작성
- 진행현황

일 정	내 용
'11.12.12	차량입고 전후 상세 일정계획 수립을 위한 양식 작성 및 분야 별 작성 요청
'11.12.27	시설분야 상세 일정 접수
'12.01.06	시설분야 상세 일정 정리 및 2핵심 제공
'12.01.27	차량분야 상세 일정 접수
'12.01.30	차량 및 시설분야 통합 일정계획 작성
'12.02.01	차량분야 상세일정 및 요청사항 3핵심 검토요청
'12.03.15	사업단 주관 차량제작 현장점검 실시

‘12.04.06	수정된 차량분야 상세 일정계획 접수 및 반영
‘12.04.13	차량 입고 전후 일정계획 등을 반영한 통합공정표 개정안 배포

- 차량입고 관련 주요 일정
  - 1편성 차량 입고 : ‘12년 6월 20일
  - 1500V DC 전원 공급 요청일 : ‘12년 6월 23일
  - 기타 전원 및 압축공기 등 : ‘12년 6월 20일
- 차량 입고 전후 상세일정계획 및 분야별 요구사항은 지속적으로 모니터링 하여 차량입고 시 문제가 발생하지 않도록 조치

3) 시범노선 종합시험운행 마스터플랜 개정 및 승인

- 개요
  - 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 개통에 대비한 종합시험운행을 효율적으로 시행하기 위하여 시행절차, 시행조직 및 업무분장, 시행일정, 시행내용 및 방법 등에 대한 기본적인 계획을 수립하고 종합시험운행 시행계획 수립의 기본자료로 활용하기 위하여 작성
  - 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선 차량, 토목, 궤도, 건축, 차량기지, 전력, 신호, 통신분야의 공사완료 시점에서부터 개통까지의 체계적이고 효율적인 업무절차(공종・공정별 추진사항에 대한 개념정리와 시험관계 조직별 세부추진업무를 명시, 상호 긴밀한 업무협조 체계)를 구축/관리함으로서 시범노선이 영구적인 시설로서 신뢰성 있고 안전하게 운영될 수 있는 기본 요건을 마련
  - 종합시운전 업무를 각각의 관리 가능한 단위작업으로 세분화하여 단위작업간 연계관계와 목표일정을 수립하고 공정계획에 따른 시운전 수행실적을 분석하여 정확한 시운전 공정현황 파악과 대책수립을 위한 기본 자료 제공
- 진행현황
  - 관련과제 검토 및 회의를 거쳐‘11년 7월 1일 사업단 승인을 득함
  - 종합시험운행의 최상위 문서로 3핵심과제에서 용역으로 수행 중인 종합시험운행 계획 수립에 반영됨

4) 종합시험운행 공정표 작성

- 7차년도 종합시험운행이 시작됨에 따라 종합시험운행 공정표를 사업단과 공동으로 작성하여 관리/배포 수행

(다) 성과물

통합공정표

시범노선 종합시험운행 마스터플랜

종합시험운행 공정표

(2) 시범노선 운영시나리오 개정

(가) 개요

- 1차년도 연차평가 후 운영시나리오의 필요성이 대두되었으나, 실용화사업 제안요구서(RFP)의 연구내용에 반영되어 있지않아 1핵심과제에서 시스템 통합 차원으로 작성
- 2차년도에 운영시나리오 초안을 작성하여 운영기관 및 관련과제 검토를 거쳐 5차년도 사업단 승인을 득하였고, 지속적으로 개정 수행
- 신교통 시스템으로 개발되는 자기부상열차의 대중교통시스템으로서의 안전성과 신뢰성을 확보하고, 시범노선에서 안전하고 효과적이고 신뢰성 높은 열차서비스 제공 및 저비용 고효율의 서비스 제공을 위해 개발된 시범노선 운영시나리오는 차량, 전력, 신호, 통신, 기계, 검수, 건축 등 시범노선 각 하부시스템 설계의 기준을 제공하고, 향후 운영기관이 작성할 시범노선 운영 및 유지보수 지침/규정의 기본개념 정립에 활용
- 향후 운영기관에서 상세 운영 계획 수립에 적용될 사항임

(나) 주요내용

1) 진행경과

- 4차년도부터 작성 및 관련과제 검토를 거쳐 5차년도 사업단 승인을 득함
- '11년 10월 31일 개정을 위한 관련과제 검토요청을 진행하여 3핵심 검토의견 접수
- 3핵심 검토의견을 반영한 시범노선 운영시나리오 개정안(Rev.1.2.00)을 작성하여 전 과제로 배포('11.12.26)

2) 향후 계획

- 개정사항 발생시 지속적으로 개정 및 배포 예정

(다) 성과물

시범노선 운영시나리오 개정안

(3) 종합시험운행 시 통합계측시스템 운영

(가) 개요

- 통합계측시스템은 시험선 및 본선시운전 시 수행되는 차량 및 관련 시스템의 시험평가 및 인증을 위한 것으로 안정적인 데이터 획득 및 시험평가 측정시스템의 통합 운영을 목적으로 제작됨
- 통합계측시스템은 6차년도 시제편성 시험선 시험 등에 활용되었으며, 7차년도 종합시험운행이 시작됨에 따라 관련 시험에 통합계측시스템이 활용됨
- 시험선 시험 및 종합시험운행을 수행하며 통합계측시스템의 개선사항을 도출

(나) 주요내용

1) 통합계측시스템 활용

- 통합계측시스템은 시험선 시험 및 차량의 SET-UP, 종합시험운행 및 시범노선 기타 인터페이스 시험 수행
  - 시험선 시험(연속주행시험)
  - 시험선 시제편성 및 시범노선 4량의 차량 튜닝 및 SET-UP
  - 종합시험운행(시설물 검증 시험 등)
  - 성능시험(예비주행시험 등)
  - 기타 인터페이스 시험

2) 통합계측시스템 개선사항 도출

- 자기부상열차 통합계측시스템에 대하여 시범노선 종합시험운행 시 활용, 발생되는 개선사항을 정리하여 향후 프로젝트에는 반영
  - 개선 필요사항
    · 계측데이터는 TDMS 파일 형식으로 저장이 되는데 엑셀로 변환시켜주는 별도의 프로그램을 설치하여야 변환 가능하며, 계측프로그램이 한번 setting되면 채널 변경 및 추가채널에 대한 Report 기능을 사용할 수 없음.
    · 또한 기존 신호 이외에 다른 추가 신호를 포함하게 되면 물리치로 자동계산되지 않고 전기적인 신호가 그대로 올라오는 관계로 후처리를 따로 해줘야 하는 번거로움이 발생함.
    · Master와 Slave가 케이블로 연결되다 보니 Slave 측에 노이즈가 많이

발생하여 모니터링에 문제가 있음. (Slave 모니터 선택 시 자주 화면 꺼짐 발생)

· 계측 신호 및 채널이 많은 관계로 계측 시작 시 delay가 발생됨.

· Data Playback에서 데이터 길이가 35분을 넘어가게 되면 전 구간 데이터가 현시가 안 되고 최대 35분만큼의 길이만 인식됨. 데이터 길이가 길어도 한번에 현시가 되면 전반적인 추이를 확인할 때 용이할 것으로 판단되어 개선이 필요함.

· 계측 시 주행거리가 확인이 가능하도록 보완 필요. 또는 GPS를 활용한 위치확인 등.(이상 발생 시 발생위치 확인 용이)

· 계측시스템이 필요이상으로 거대하여 이송 설치 시 불편을 초래함. 계측시스템을 취부할 수 있는 정도의 크기로 축소 필요.

(다) 성과물

통합계측시스템 보고서

라. 도시형자기부상열차 시험계획서/절차서 보완

(1) 시험 계획서/절차서 수정 및 보완

(가) 개요

- 1핵심과제에서는 도시형자기부상열차 성능시험에 관한 기준에 따라 도시형자기부사열차 시험계획서/절차서를 1차년도에 개발하였고 관련과제 검토회의 등을 거쳐 수정/보완하여 5차년도에 성능시험절차서 개발안을 확정함
- 차량제작사(2핵심)에서는 이를 참조하여 성능시험자와 협의를 통해 시범노선에서 운영될 차량의 시험계획서/절차서를 확정
- 또한 1핵심과제는 6, 7차년도에 확정된 성능시험 계획서/절차서를 확인하여 성능시험절차서 개발안을 수정보완

(나) 주요내용

1) 시험절차서 보완

(가) 구성품시험 보완

① 구조체시험 절차서
② 대차시험 절차서
③ 추진장치시험 절차서
④ 부상장치시험 절차서
⑤ 보조전원장치시험 절차서
⑥ 신호보안장치시험 절차서
⑦ 종합제어장치시험 절차서

나) 완성차시험 보완

① 외관구조검사 절차서
② 측정에 의한 검사 절차서
③ 차체 누수시험 절차서
④ 차체 리프팅시험 절차서
⑤ 추진제어장치시험 절차서
⑥ 부상제어장치시험 절차서
⑦ 신호보안장치시험 절차서
⑧ 종합제어장치시험 절차서
⑨ 편성차량의 기능 및 동작측정시험 절차서

다) 본선 시운전시험 보완

① 주행시험 절차서

② 주행저항시험 절차서

③ 구원운전시험 절차서

④ 집전시험 절차서

⑤ 유도장애시험 절차서

⑥ 보호장치동작확인시험 절차서

⑦ 소음, 진동 및 승차감시험 절차서

⑧ 지상설비와의 연계동작시험 절차서

⑨ 주요기기 온도 및 상태시험 절차서

⑩ 비상착지시험 절차서

(다) 성과물

도시형자기부상열차 시험절차서

(2) 극한조건시험 수행

(가) 개요

- 시험선에서 시제편성의 고장 및 오동작 등 차량의 이상동작 시 차량에 미치는 영향을 확인할 수 있는 시험항목 도출. 차량의 설계기준 내에서 극한조건 운행 시 차량의 상태 및 안전성을 확인

(나) 주요내용

1) 시험 항목

가) 주행 시 비상낙하시험

- 자기부상열차의 부상계통 문제 발생 시 주행 중인 차량의 부상력을 상실하여 낙하 활주하게 된다. 본 시험은 차량이 비상 낙하 시 차량에 미치는 영향을 확인

나) 곡선 구간 최고속도시험

- 자기부상열차가 시험선 곡선구간 통과 시 설정된 제한속도를 넘어 주행했을 때 차량에 미치는 영향을 확인

다) 곡선 구간 제동시험

- 본 시험은 곡선구간에서 제동을 체결하였을 때 부상상태 및 차량의 수직

/수평방향 가속도값을 확인

라) 분기기 구간 제동시험

- 차량 주행 중 분기기 구간에서 기계제동을 체결하였을 때 차량에 발생하는 충격 및 부상상태에 미치는 영향을 확인

마) 악조건에서의 제동시험

- 자기부상열차 주행 중 1set의 제동장치가 동작 불능상태로 100%의 제동력을 발휘하지 못할 경우의 상황을 고려하여 제동 시의 감속도를 확인

바) 주행 시 전력차단시험

- 차량 운행 중 전력공급에 이상 현상 발생 시 차량 및 기기의 정상동작 여부를 확인

2) 진행현황

구 분	2013															
	3				4				5				6			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
극한조건 시험항목 및 시험절차 수립	━	━	━	━												
시험절차서 검토					━	━										
극한조건시험 수행							━									
데이터 정리 및 분석								━	━	━						
극한조건 시험보고서 작성											━	━	━	━	━	━

3) 시험결과

- 자기부상열차의 성능을 확인하기 위하여 설계기준을 넘어서는 조건으로 몇 가지 시험을 실시해본 결과 극한조건에 대한 성능이 충분히 설계기준을 만족하는 것으로 확인(시험별 결과는 첨부 13 극한조건 결과보고서 참조)

(다) 성과물

극한조건 결과보고서

기계연 시제차량 중정비 용역보고서

마. 양산편성 차량성능시험 지원

(1) 양산편성 차량성능시험(구성품 시험) 입회 및 Design Review 항목 시험결과 검토/검증

(가) 개요

- 사업초기 차량성능시험은 1핵심과제에서 총괄하여 수행할 계획이었으나, 영업운전을 위해서는 법적으로 지정된 성능시험자가 시험을 실시해야 함에 따라 2핵심과제에서 성능시험자에게 시험을 신청하여 성능시험자가 시험을 실시하며, 1핵심은 성능시험에 대한 비용을 부담하고 시험을 지원을 하기로 4차년도에 결정됨에 따라,
- 6차년도 양산차량의 차량성능시험 시 입회하여 시험 진행 및 시험결과에 대한 확인/검토를 진행하고, Design Review 항목에 대하여 시험결과를 통한 검증을 실시를 계획함
- DR항목 시험결과 검토/검증은 성능시험 및 종합시험운행 종료 후 시험결과를 제공받아 1-1과제에서 작성한 검증요구사항에 대한 검토 및 검증을 실시 예정

(나) 주요 내용

1) 검증요구사항서 검토

- 구성품시험 종료 후 검토될 DR항목 시험결과 검토를 위해 성능시험기준 대비 검증요구사항을 비교 검토하여 1-1세부과제의 검증요구사항에 반영토록 조치함

2) 향후 계획

- 1핵심에서 개발한 시험절차서는 검증요구사항(1-1과제)에 반영되었으며 양산편성 차량성능시험(구성품 시험) 결과보고서는 종합시험운행 종료 후 제시될 예정이므로 종합시험운행 종료 후 검토서 작성 예정

(다) 성과물

검증요구사항 검토서

바. 시험선 시험(시제편성) 수행 및 관리

(1) 시제편성 연속주행 시험 수행

(가) 개요

- 시제편성 연속주행시험은 도시형 자기부상열차 실용화 사업에서 개발된 시제편성의 시험선 개발시험이 완료된 후 차량의 장기적인 신뢰성 및 안정성을 검증하기 위해 실시
- '12년 9월 5,000km의 연속주행시험 완료
- 연속주행 중 발생하는 차량의 이상상태는 차량제작사로 Feedback 되어 양산편성 제작 시 반영
- 또한, 연속주행시험 완료 후 시험선에서 시제편성의 고장 및 오작동 등 차량의 이상동작 시 차량에 미치는 영향을 확인할 수 있는 시험항목을 도출하여 차량의 설계기준 내에서 극한조건 시험을 수행함

(나) 주요 내용

1) 연속주행시험 수행

- 연속주행시험 조건
  - ▫ 궤도조건(시험선 궤도, 전력, 전차선, 분기기 등)
  - · 실제운행 시의 편성차량(2량)을 기본으로 시험
  - · 편성열차에 가선전압은 정상적으로 공급
  - · 회생제동저항장치가 제동력을 확보
  - · 주행 패턴은 선로여건에 따라 최대한 가감속을 하여 시험
  - ▫ 차량조건(부상계, 추진계, 제동계, 차량정보 등)
  - · 부상계는 공차/만차 조건에 부합
  - · 추진계는 공차/만차 조건에 안정적인 상태
  - · 제동장치는 상용/비상 최대감속도를 만족
  - · 종합제어장치(TCMS)는 차량정보 기록 및 외부 인출에 이상이 없어야함

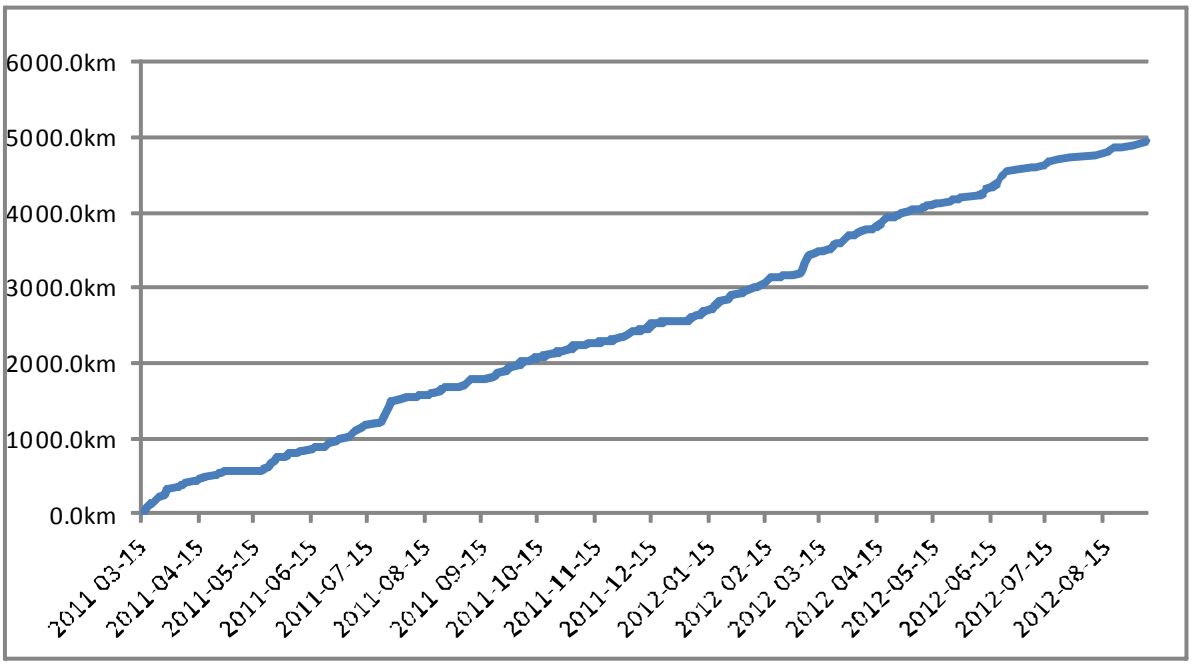
- 측정항목
  - ▫ 역행 및 제동성능 확인
  - ▫ 부상장치 성능확인
  - ▫ 주요기기의 상태확인

- 시험방법

  ▫ 시험 시 계측시스템은 전 구간에 걸쳐 계측을 실시하며, 운행 초기 데이터와 운행 종료 전 데이터를 수집하여 비교

  ▫ 비교항목은 속도, 인버터 신호, 부상 갭, 노치지령 등 지령 및 달성 신호를 비교하여 차량의 이상여부를 확인

- 월간 누적거리



- 주요 발생사항 및 조치결과

▫ 연속주행시험 시 주요 발생사항은 아래와 같으며, 미결된 사항에 대해서는 지속적으로 2핵심과 협의하여 처리 예정

발생 장치	발생사항	발생내용	종료여부		비고
			완료	미결	
VVVF Inverter	MOCD(Motor Over Current Detect)	-고속주행 중 B7 제동 시 주로 발생함. -운행에 특별한 지장은 없으나, 지속적 발생 시 차량에 문제될 소지 있음. -10월 4일 로템 장치 담당자 조치 완료	○		연속주행시험 초기부터 발생되었던 사항으로 양산차량에 변경사항 반영되어야 할 것으로 판단됨. -지속적인 관찰 필요
VVVF Inverter	FCLVD(FC Low Voltage Detect)	-대부분 MOCD 발생 이후 보호동작 차원에서 발생되는 것으로 판단되나 단독으로 발생하는 경우도 있음.	○		초기 충전 시 간헐적 발생으로 충전 불량 조건에서 발생하는 것으로 판단. 조건 완화 조치 완료 및 모니터링 중.
VVVF Inverter	FCOVD(FC Over Voltage Detect)	-대부분 MOCD 발생 이후 보호동작 차원에서 발생되는 것으로 판단되나 단독으로 발생하는 경우도 있음.	○		MOCD 발생 시 반드시 발생하는 것은 아님. -지속적인 관찰 필요.
Magnet Driver	MD-Major Fault	-착지 상태에서 부상하고자 MD Start 하였으나 원활히 작동하지 않고 중고장 발생	○		-로템 장치 담당자 점검결과 DSP 보드 문제로 판단. -제작사에서 교체 필요 인지하고 있음.
HFC	HFC-Major Fault	-인버터 MOCD 관련 점검 차 운행 중 HFC 중고장 발생	○		제조사에서 관련 부품 교체하였음.
제동시스템	제동시스템 이상	-일일 첫 운행 시 Mc2가 마스터일 때 제동이 동작 안 됨.(일시적) ○ B7 체결 시 압력이 증가하면서 제동 체결됨. ○ 운전부 마스콘 커넥터 연결 상태 및 출력 전압 확인하였으나 특이사항 없음.	○		일시적인 현상으로 이후 발생하지 않고 있으나 Mc2 마스터 운행 시 제동동작 확인 후 운행 중.
VVVF Inverter	추진신호 이상	-일부 구간에서 추진 시 평소 느끼지 못했던 현상 발생 ○ 추진이 일정한 패턴으로 진행이 안 되고 순	○		FDR/RDR 신호의 일시적 빠짐 현상으로 인한 속도신호 인식 실패. 속도 이상 시 헌팅 발생하지 않도록

발생 장치	발생사항	발생내용	종료여부		비고
			완료	미결	
		간 움찔 했다가 정상상태로 돌아오는 듯 한 현상 발생 ○ 제동 시 헌팅현상과 함께 Mc2에 기계제동 체결 현상			추진 프로그램 수정. 모니터링 중
Magnet Driver	・ＭＤ１Ｌ－Ｆｒｏｎｔ코너 Magnet Driver Fault (Airvent) ・ＭＤ１Ｌ－Ｒｅａｒ코너 Magnet Driver Fault (Airvent) ・MD1L-Gate Driver F1 Fault ・MD1L-Gate Driver F2 Fault ・MD1L-Major Fault	-4% 구배 올라와서 60mR 진입하는 중 Mc2 MD1L 고장정보 발생. -DU 상에 Mc2 1L의 부상상태가 중고장 상태로 현시되었으며, 배전반 부상제어스위치를 Reset 한 후 재부상 시도. -DU 상에 전체 부상상태로 현시되어 역사로 복귀하였으나 복귀 시 레일에 마찰이 되는 소음 발생. -역사 진입 후 확인 결과 Mc2 1L 이 부상되지 않았음.	○		-차량 하부 확인결과 Mc2 MD1L의 커넥터가 MD Box와 분리되어 있는 것을 확인. -분리된 커넥터 확인 결과 4Pin 중 1Pin이 스파크로 인해 소손되었음. -로템 장치 담당자가 조치하였음. -커넥터 연결 불량인지, 곡선 진출입 시 발생하는 횡방향 흔들림에 의한 풀림 현상인지를 파악하여 커넥터 제작 시 반영되어야 할 것으로 판단됨.
SIV	SIV 중고장	-운행 중 Mc2 제어 시 60mR 주행 중 Mc2 냉방기 Off, 계측시스템 UPS 동작하여 DU 확인 결과 Mc2 SIV 출력 안 됨.	○		-SIV DIO 보드 문제로 확인. -제작사 조치 완료.
-	차량 주행 중 소음발생	-운행 중 차량 하부에서 기계적인 소음 발생 -Mc2 냉방기 동작 시 소음 발생 -컴프레셔 동작 시 이상 소음 발생		○	-시제차량에 대한 점검 및 유지보수가 필요할 것으로 판단됨.
VVVF Inverter	Mc2 추진신호 이상	추진 및 제동 시 Mc2의 출력 전류가 Mc1보다 더 크게 나타남. 이로 인해 평상시 보다 가속력이 높아졌음.	○		Mc2의 응하중 정보 이상에 따른 과추력 발행. 제동장치 압력센서 교정으로 정상동작 확인완료
제동시스템	Mc2 제동장치 동작 불량	제동 지령 시 Mc2의 제동장치가 동작하지 않음.(일시적)	○		명확한 원인파악은 안되었으며 차량 Shut Down 후 정상 동작함을 확인.

- 시험결과가 반영된 개선사항

▫ 1핵심과제에서 실시한 시험선 시제편성 시험 및 연속주행시험 결과는 차량제작사로 Feedback 되어 양산편성 제작 시 반영되었으며, 주요 변경사항은 아래와 같음.

항목		시제차량	양산차량	개선사유
시험결과	장치			
냉, 난방 환기시험/소음시험 ⇒ 소음측정 시 실내 소음이 냉방장치 미가동 시 64dB(A)이었으나 냉방장치 가동 시 67dB(A)로 성능시험 기준을 만족하지 못하여 개선 요구하였음.	HVAC 하부 천정 내장판 방음재	없음	적용	HVAC 소음 감소
출입문시험 ⇒출입문 시험 항목 중 비상핸들 작동확인은 양호로 판정하였으나 승객의 이용에 있어서는 불편을 초래하여 개선 요구됨.	승강문 비상핸들 실내용 설치위치	지그재그 적용	전면 적용	모든 승강문에서 비상 탈출 가능
	승강문 비상핸들 실내용 형상	상방 개방식	측방 개방식	손잡이와의 간섭 방지
냉, 난방 환기시험/소음시험 ⇒ 소음측정 시 실내 소음이 냉방장치 미가동 시 64dB(A)이었으나 냉방장치 가동 시 67dB(A)로 성능시험 기준을 만족하지 못하여 개선 요구하였음.	HVAC 증발기 모터	4극	6극	기동 / 중속 시 소음 감소
제동시험 ⇒시험선 시험 초기 만차 제동시험 시 감속도가 기준 미달로 측정되어 개선 요구하였음. 이후 제동패드, 공기 압축기 등이 개선되었음.	공유압변환기	증압비 1:20	증압비 1:25 압력센서 추가	요구 제동력 확보 TCMS 유압압력 모니터링
제동시험 ⇒시험선 시험 초기 만차 제동시험	제동 리턴 스프링 변경	제동실린더 복원력이 부족한 경우 있음.	Return Spring 하중 관련 spec 상향	제동실린더의 피스톤 복귀시간과 브레이크 슈의 레일 좌우 센터링 효과

항목		시제차량	양산차량	개선사유
시험결과	장치			
시 감속도가 기준 미달로 측정되어 개선 요구하였음. 이후 제동패드, 공기 압축기 등이 개선되었음.				가 좋을 것으로 판단됨
시험선 시험 ⇒ 시험선 운행 중 집전슈 및 전차선의 마모성이 높아 개선필요성을 확인하였음.	집전슈	재질: 동 + 카본	재질: Metalized Carbon	슈의 마모성 개선과 전차선의 마모를 줄이기 위하여 슈의 재질 개선
축전지 및 충전기 기능 확인시험 ⇒ 시제편성의 개발시험결과를 참고로 장치 추가 시 축전지 용량 증가의 필요성을 확인하였음.	축전지 (용량)	72Cell 60AH	120AH	차량 장치 추가에 따른 제어전원 소비전력 증가에 따른 축전지 용량 증가
	축전지 (제어)	BSD(battery Sensing Device) 장치 미적용	BSD(battery Sensing Device) 장치 적용	부상용/제어용 축전지 충전 및 보호에 대한 효율을 높이기 위하여 추가 적용

2) 기타 시험 지원

- 소비전력 측정시험(공차/만차 조건) 지원

▫ 목적

· 자기부상열차와 철제차륜 차량과의 객관적이고 정확한 전력 사용량 비교 분석에 목적이 있다.

▫ 시험 방법

1. 시험선 직선구간에서 최고속도 50km/h까지 증속하며 측정한다.
2. 운행 패턴은 P4→B7부터 P2→B5까지 총 15가지 패턴을 실시한다.
3. 인버터, 필터리액터, HFC, 보조전원장치에 CT를 설치하여 측정한다.

▫ 시험 결과

· kWh/량-km 당 3.73

- 주요기기 온도시험(만차 조건)(14시간 연속주행)

▫ 목적

· 시제편성에 대하여 주행 중 주요기기의 온도를 측정하여 안전한 범위 이하로 제한되는지 여부의 확인을 목적으로 한다.

▫ 시험조건

1. 시험노선 전 구간을 왕복운행하며 반복 실시한다.
2. 운행은 일반모드로 주행하며 최대 12시간이상 연속주행을 실시한다.
3. 역 정차 시간은 최소 정차 시간으로 한다.
4. 주행 중 차량은 정상동작조건으로 실시한다.
5. 온도센서는 Mc1/Mc2의 동일 장치에 각각 설치한다.

▫ 측정항목

· 실내/외 온도
· VVVF Inverter 외부 표면온도
· 선형유도전동기 외부 표면온도
· Magnet driver 내부 표면온도
· 전자석 표면온도
· 보조전원장치 표면온도
· HFC 표면온도
· 필터리액터 코일 온도
· 기타 필요한 부위 온도

▫ 시험 결과

1) 전자석
· 전자석은 Mc2에서 최대 105℃까지 온도상승을 보였으며, 이때의 대기온도 32.5℃를 감안했을 때 H종 절연(180℃)에 미치지 못하므로 안전함을 확인하였음.
2) LIM
· 계측온도 확인결과 60~70℃ 이내에서 분포되므로 H종 절연(180℃)에 대해 안전함을 확인하였음.
3) Magnet Driver
· 온도 상승 시 팬동작 온도인 70℃에서 정상적인 팬 동작이 이루어졌음.
4) SIV, HFC, F/L
· 그 외의 전장품들은 50 ~ 70℃ 사이에서 일정한 주기의 온도변화를 나타내었음.

- 실외소음 측정시험(공차조건) 지원

▫ 목적
· 시제편성의 실외소음이 성능시험기준을 만족하는지 확인하는데 목적이 있다.

▫ 시험 방법
1. 시험선 직선구간의 측정위치 통과 시 40Km/h로 타행(MC1/MC2 왕복 1회, 총 12회 측정)
2. 운행 간격 5분으로 1시간 동안 운행하여 측정 결과 평균

▫ 시험 결과
· 도시철도법 상 소음시험 기준은 70dB(A) 이하로 규정되어있고, 본 시험에서 최대 소음은 64~65dB(A)로 측정됨
※ 측정당시 주변 매미 소음도가 67~72dB(A)로서 차량의 통과소음이 더 작은 것으로 확인

- 시제차량 방사성장해시험

▫ 목적
· 방사성 장해측정은 차량의 각종 전자장치 부근에 형성되는 고전계의 방사성 간섭으로 인한 차량 내 제어기기 동작의 안정성을 확인하기 위한 시험이다.
▫ 시험조건
· 측정대역폭 : 9 kHz ~ 1 GHz (도시철도차량 성능시험기준 및 IEC 기준 적용)
· 측정편파 : 수직, 수평
· 분해능 : BW 1 (9 kHz ~ 150 kHz) = 200 Hz
BW 2 (150 kHz ~ 30 MHz) = 9 kHz
BW 3 (30 MHz ~ 1,000 MHz) = 120 kHz
· 안테나 : Rod / Biconical / Log periodic

· 기준거리 : 시험선 궤도중앙부터 10m (전원 공급선 +측)
· 차량운행조건(공차 상태)
- 차량 정지 모드 : 측정위치에서 부상상태 및 전원장치(VVVF Inv., SIV, HFC, F/L) 가동
- 저속 가감속 모드 : 2N 가속 운행 (속도 : 약 20km/h) 2N 가속 운행 중 B3 제동
- 고속 가감속 모드 : 4N 가속 운행 (속도 : 약 50km/h) 4N 가속 운행 중 B7 제동

▫ 시험방법
· 수검기기 및 시스템을 취급설명서 상에 기술된 상태로 구성함.
· 측정위치로부터 10m 이내에 나무, 벽, 교량, 터널차량이 없어야 함.
· 안테나는 전력공급 궤도 측으로 설치하여야 함.
· 수검기기를 정지모드, 저속운전모드, 고속운전모드에서 각각 시험하여야 한다.
· 안테나의 높이는 Loop Antenna의 경우 레일 상부에서 2m, Log-Periodic & Bi-conical Antenna의 경우 레일 상부 3m에서 측정함.
· 측정거리는 레일 중앙에서 10m로 함.

- 누설자속 측정시험

▫ 목적
· 누설자속 측정시험은 차량의 실내외로 누설되는 자속의 크기를 측정하여 요구되는 범위 이내로 제한되는지를 확인하기 위한 시험이다.
▫ 시험조건
· 시 험 장 소 : 한국기계연구원 자기부상열차 시험선
· 시 험 방 법 : EN 50500 : 2008
· 측정 대역폭 : DC/AC (1Hz ~ 40kHz)
· 측 정 위 치 : 실내 - 바닥에서 60, 90, 150cm 높이에서 측정
실외 - 레일 상부에서 50, 150, 250cm에서 측정
(거리 : 30cm)
· FFT 조 건 : Time window -hanning (no overlap)
Record length - 0.5s
Sample frequency - 40 kHz
· 환 경 조 건 : 온도 (22 ±1℃), 상대습도 (36 ±1% R.H.)
▫ 시험방법
· 수검기기 및 시스템을 취급설명서 상에 기술된 상태로 구성함.
· 측정 위치는 실외/실내에서 각각 측정함.
· DC의 측정은 Tri-axial probe를 사용하며, AC의 측정은 직경 100㎠의 등방성 Tri-axial probe를 사용한다.
· 정지모드, 최대 가속(추진)운전모드, 최대 정지(제동)운전모드에서 각각 시험하여

야 한다.

· 실내 측정높이는 바닥에서 30cm, 90cm, 150cm에서 측정하며 주변의 벽으로부터 최소 30cm 이상 이격시킨다.

· 실외 측정높이는 레일 상부에서 50cm, 150cm, 250cm에서 측정하며 이격거리는 30cm이다.

▫ 시험 결과

· DC 자속밀도 최대값 : 실외 0.677 mT (기준치 : 40mT)
실내 7.500 mT (기준치 : 40mT)

· AC 자속밀도 최대값 : 실외 5.973 μT (기준치 : 40mT ~ 166.7μT)
실내 50.340 μT (기준치 : 40mT ~ 166.7μT)

· 1Hz ~ 40kHz에서 측정한 결과 인체보호기준(ICNIRP)을 만족하는 것으로 나타남.

- 전차선 소음측정 지원

▫ 목적

· 차량 주행 시 집전장치와 전차선 이음매에서 발생하는 마찰 소음을 측정하여 소음을 최소화 할 수 있는 전차선 이음매 조건을 찾는데 목적이 있다.

▫ 시험 방법

1. 분기기 구간을 속도 30km/h로 주행 시 분기기 기준 좌우 3m, 7.5m 이격 거리에서 3회씩 측정함.

▫ 시험 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)

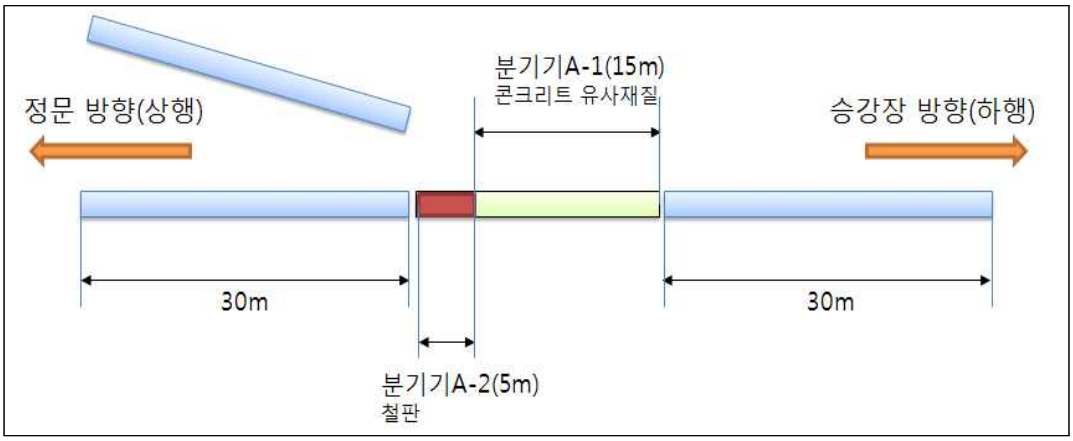
- 분기기 도플러센서 대항면 미설치 가능 여부 확인 시험 실시

▫ 목적

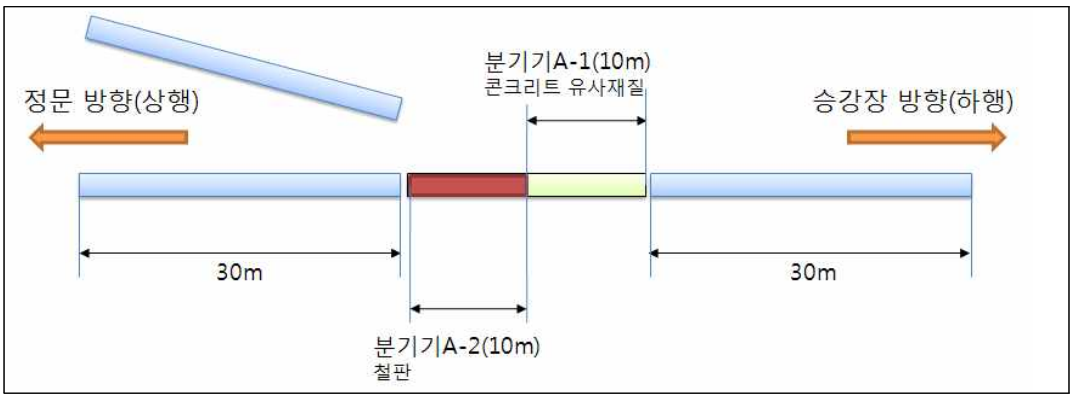
· 분기기 구간의 대항면 제거 후 콘크리트 유사재질을 일부구간 부착하여 대항면 없는 구간과의 속도 신호를 비교, 대항면 대체 사용 가능여부 판단. 또한 대항면 제거시의 속도 신호를 분석하여 대항면 설치 여부를 판단하는데 목적이 있다.

▫ 시험 방법

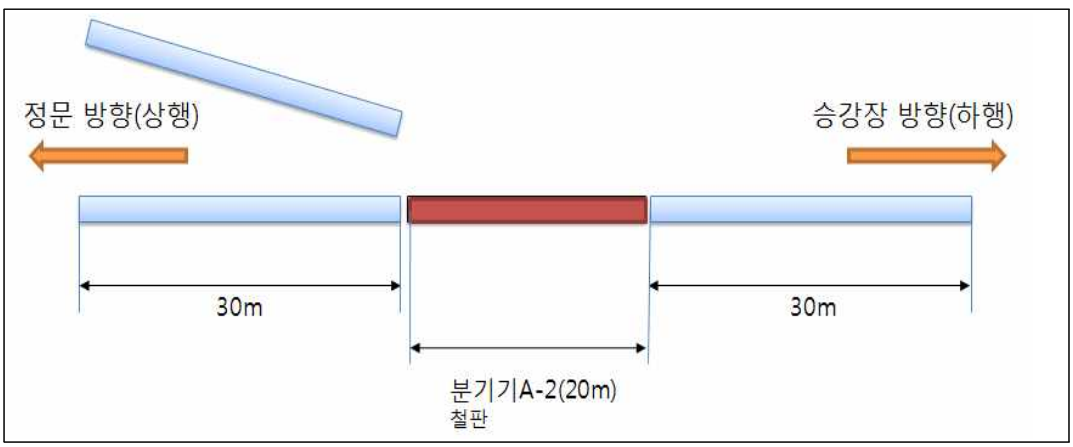
- 시험1 구성도



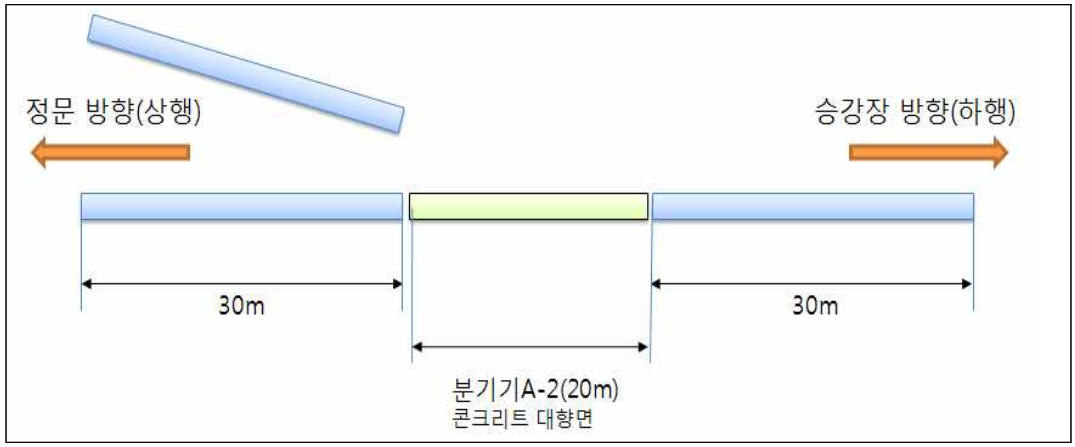
- 시험2 구성도



- 시험3 구성도



- 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

▫ 시험 결과

· 시험 중 시험자가 느끼는 승차감

- 시험구성도를 5m 철판, 10m 철판, 20m 철판, 콘크리트로 변화하면서 각 시험조건으로 가속 및 감속 시험을 실시하는 동안 시험자들은 조금도 불편한 승차감을 느끼지 못함.

· 콘크리트 구간과 철판구간의 차이점

- 시험실시 중 철판구간에서는 나머지 구간에 비해 약간 낮게 속도를 인지함.
- 예를 들면, 50km/h 정속/타행 운행 시 콘크리트 구간에서는 50km/h를 인지하는 반면 철판구간은 약 48 ~ 49km/h로 2 ~ 4%정도 하향속도를 인지하였음.
- 콘크리트 유사 재질 설치구간은 콘크리트 대항면 대비 약간의 차이는 있으나 콘크리트 대항면과 유사한 특성을 나타냄.

⇒ 분기기구간 도플러 대향면 설치는 불필요한 것으로 잠정 결정함. 다만, 기계연 시험선과 시범노선이 동작조건 상 열차운행최고속도, 분기기길이 등 차이가 있으므로 향후 시범노선에서의 시운전 결과에 따라 보완 가능

- 심장 박동기 정상동작 확인 시험 실시

▫ 목적

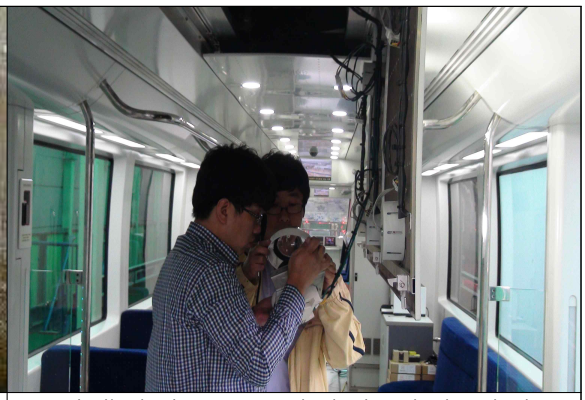
· 심장박동기 시험은 자기부상열차 운행 중 발생하는 전자장이 극히 미약한 전자장에도 동작에 영향을 받는 인공심장박동기의 동작에 영향을 주는지 확인하는데 목적이 있다

▫ 시험 방법

· 한국산업기술시험원 Shield Room에서 ISO 14708-2에 따라 시험 후, 한국기계연구원 자기부상열차 내에서 아래 조건(정지 및 주행)하에 각각 ISO 14708-2에 따라 시험 수행
· 정지 : 정지부상
· 주행 : 열차 가속, 열차 감속
▫ 시험 결과
· 자기부상열차 운행 중 발생하는 전자장은 인공심장박동기의 동작에 아무런 영향을 주지 않았음.
⇒ 심장박동기를 착용한 승객도 안전하게 탑승 가능
· 이는 자기부상열차에서 발생하는 전자장이 인체에 영향을 미치지 않을 정도로 안전하다는 것을 입증하는 하나의 예임.

(2) 차량 정비 지원

집전슈 교체 지원



시제차량 CCTV 시야각 설치 위치 확인 및 녹화지원

제동슈 교체 지원

출입문 점검 지원

(다) 성과물

시험선시험 결과보고서

[1-1과제]

가. 검증요구사항 검증현황 관리

(1) 배경 및 필요성

-설계는 이해관계자의 모든 이해관계자의 요구를 만족시키기 위해 시스템 전 분야에 할당된 기술적 요구이며 성능시험 및 종합시험운행 시험평가의 목적은 대상 시스템의 설계에 부합하는 기능 및 성능을 발휘하는지 확인하기 위함이다. 본 과제는 모든 요구사항과 시험평가 시험 항목 간의 추적성을 구축하여 시험평가 수행결과로부터 요구사항 달성여부를 파악하기 위한 검증요구사항 검증현황 관리체제를 구축하였다. 따라서 검증현황을 모니터링하고 수집/분석하여 검증률을 관리하는 것은 시스템요구사항의 목표달성여부를 관리하는 것과 같다.

(2) 최종 목표

-성능시험, 종합시험운행시험결과 수집/분석 및 검증요구사항에 반영

-시스템요구사항 검증률 100% 달성

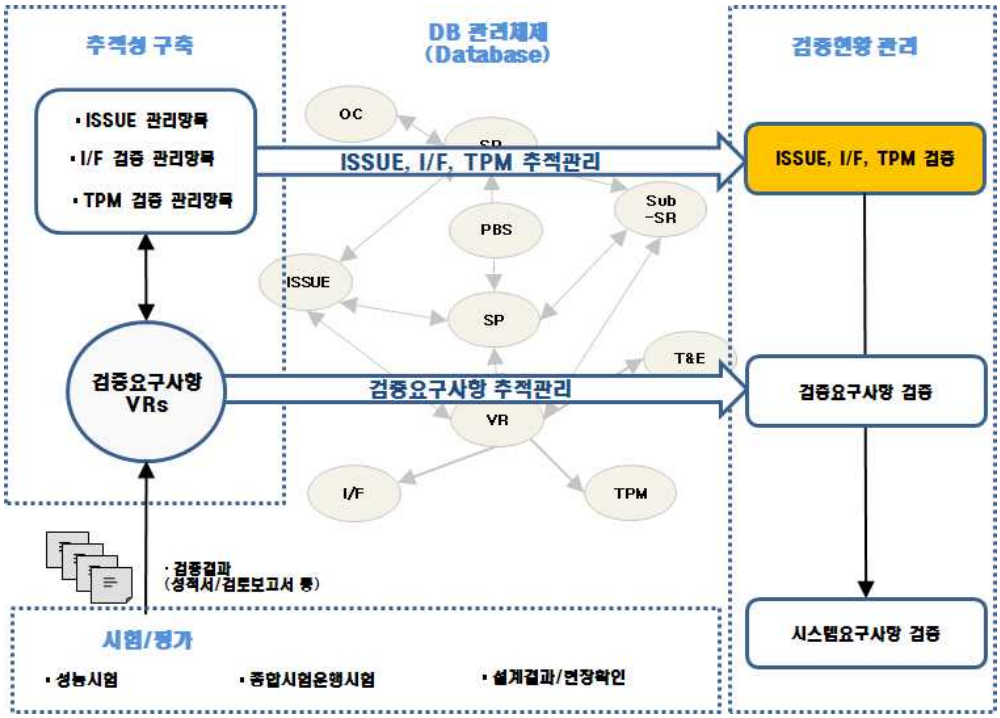
(3) 주요 연구 내용

-검증현황 모니터링 및 검증결과 수집/분석/검증률 관리

-인터페이스(Interface) 관리항목 추적성 구축 및 검증

-TPM(Technical Performance Measure) 관리항목 추적성 구축 및 검증

-검증현황 및 ISSUE사항 추적성 구축 및 검증



[그림 272]검증요구사항 검증현황 관리체계

(4) 주요 연구 실적

-검증결과 수집/분석/검증요구사항서에 반영_7건

-인터페이스(Interface) 관리항목 검증_38건

-TPM(Technical Performance Measure) 관리항목 검증_17건

-검증현황 및 ISSUE사항 정리/보고_4건

-검증요구사항 검토 보고서 수정/신규작성_1,011건

(5) 세부공정별 수행 내역 및 결과

① 검증현황 모니터링 및 검증결과 수집/분석/검증률 관리

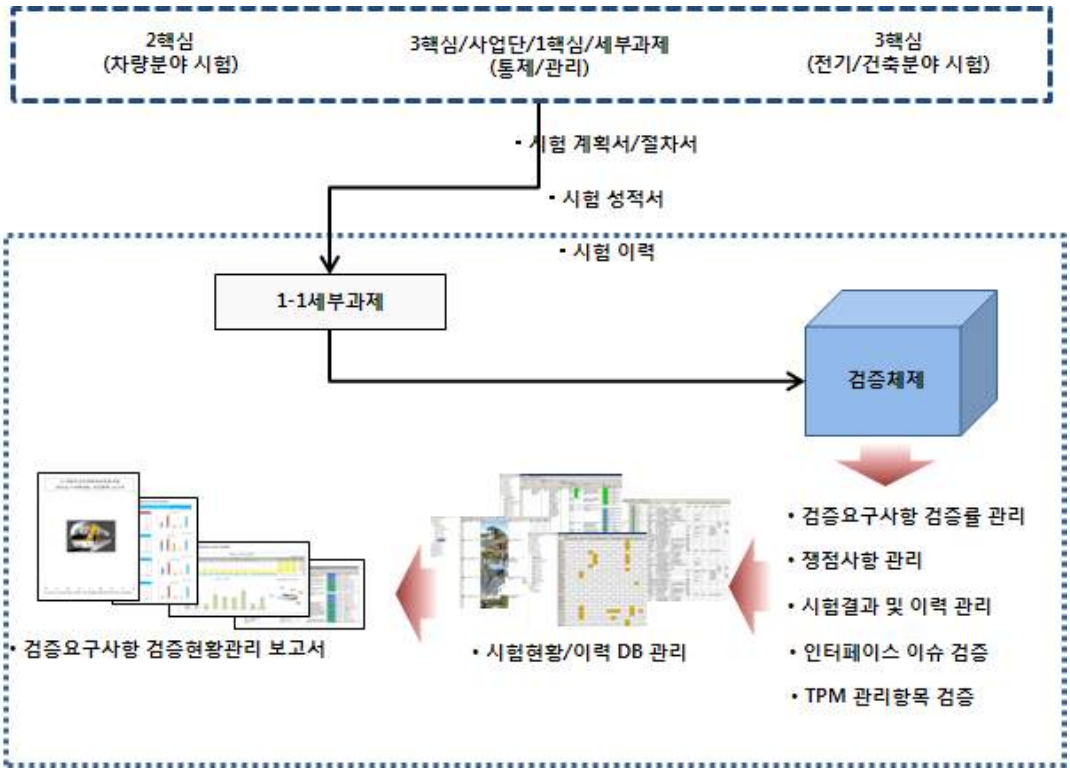
㉮ 개요

검증현황 관리의 목적은 검증요구사항과 관련된 모든 시험현황을 모니터링하고 시험결과를 수집 정리하여 검증현황을 관련과제와 공유하고 문제점을 식별/조치하기 위함이며 또한, 본과제의 궁극적인 목적인 요구사항 달성여부를 확인하기 위함이다. 본 과제에서 작성한 검증요구사항 검증을 위하여 관리 되어야 할 시험항목으로는 차량제작검사 및 차량성능시험에 따른 구성품시험, 완성차시험, 본선시운전과 종합시험운행시험 중 사전점검 완료

후 실시되는 시설물검증시험을 포함한다.

도시철도차량성능시험은 “도시철도차량성능시험에관한기준” 에 의거하여 시행하는 제도로서 안전운행 성능확보를 위하여 차량을 제작하여 판매하고자 하는 자가 성능시험자의 차량성능 확인시험을 거쳐 운영기관에 납품토록 되어있다.[1)]

종합시험운행시험의 목적은 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 차량기지 및 본선구간의 각종 설비, 장치 및 차량의 개별성능과 각 시스템 상호간의 인터페이스 성능의 확인 및 확보하기 위함이다. 종합시험운행시험의 단계는 공종별 시험, 사전점검 완료 후, 시설물 검증시험과 영업시운전으로 구분하여 실시하게 된다. 도시형자기부상열차 종합시험운행수행조직은 사업단 주관의 종합시운전 협의체 이하 종합시운전 팀장, 관리반, 통제반, 시설물 시험반, 인수지원반, 차량시험반 등이다. 또한 종합시험운행시험 관리조직에는 특수 엔지니어링 관리 분야를 두어 각 세부과제의 연구개발 업무를 지원하도록 되어있다. 본 과제는 관련기관 검토를 통해 확정된 검증요구사항의 전체항목이 검증될 수 있도록 종합시험현황을 모니터링하고 발생되는 시험결과를 수집, 정리하였다.



[그림 273]검증결과 수집/관리/보고체계

1) 김원경_도시철도차량의 성능시험 시행 및 현황_한국철도학회(2002)

최종목표

-종합시험운행시험/성능시험 결과 100%수집 및 검증요구사항 반영

㉯ 주요 연구 내용

-일일/주간 시험계획 및 결과 모니터링(주간협의회 참석)

-시험성적서 접수 및 검토

-시험결과 반영 및 검증률 관리

㉰ 주요 연구 실적

-시험결과(성적서) 접수/검토/반영_총_7건

-열차무선 시스템 기능시험

-양방향무선데이터설비 기능시험

-교환설비 기능시험(완료)

-광전송장치 기능시험(완료)

-정보통신망설비 기능시험(완료)

-종합영상감시설비 기능시험(완료)

-공항시스템 연계시험

② 인터페이스(Interface)관리항목 추적관리

㉮ 개요

6차년도에서 본 과제는 시범노선 인터페이스 관리문서, 핵심 회의자료, 공정회의 및 인터페이스 회의자료, 사업단장 및 핵심과제 회이 자료로부터 산재해 있던 인터페이스 항목을 분리/정리 하였다. 당해년도는 인터페이스 관리항목과 검증요구사항간의 추적성을 식별하고 검증체제를 구축, 시험평가결과와 연계하여 검증하였다.

㉯ 최종 목표

-인터페이스(I/F) 관리항목 추적성 구축 및 검증

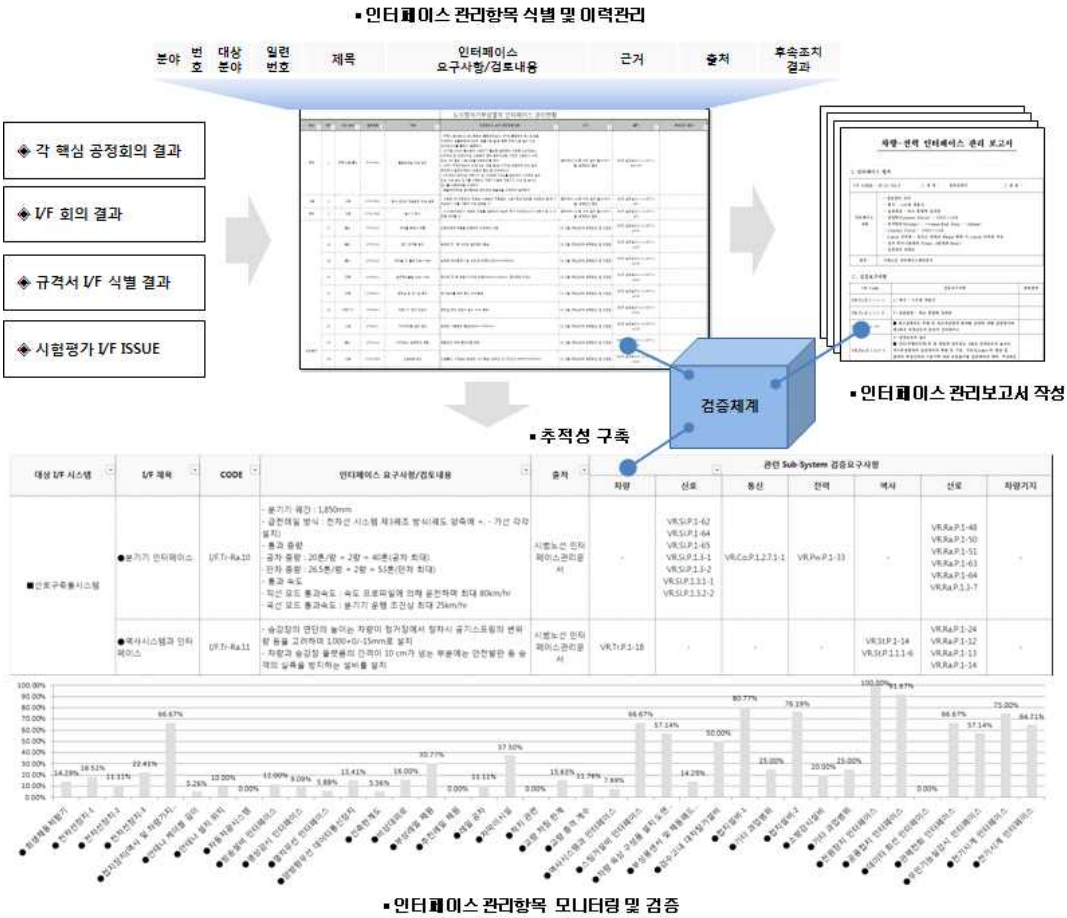
㉰ 주요 연구 내용

-인터페이스 관리항목 관리코드 부여

-인터페이스 관리를 위한 템플릿 구성

-인터페이스검증체계 구축(추적성 식별 및 구축)

-인터페이스 관리보고서 작성(검토이력/검증현황 등)



[그림 274]인터페이스 관리항목 검증체계

㉮ 주요 연구 실적

-인터페이스 관리보고서_38건

-인터페이스 검증항목_38건(종합시험운행시험 완료시)

③ TPM(Technical Performance Measure) 관리항목 검증

㉮ 개요

TPM(Technical Performance Measurement) 관리란 관리가 필요한 중요 기술적 성과들의 목표 값과 실제 획득 값의 일치성을 과제의 수행 기간 동안 지속적으로 검증 하여 원하는 목표 값에 도달하도록 관리하는 일을 뜻한다. 도시형자기부상열차실용화사업의 TPM 관리항목은 다음과 같다.

[표 188]도시형자기부상열차 TPM 관리항목

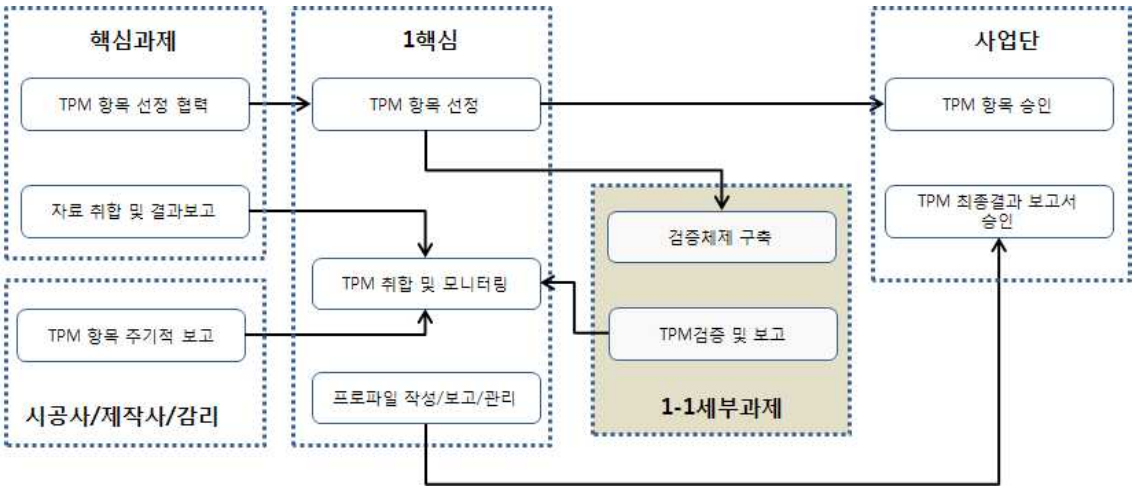
번호	항목	목표치	비고
1	최고설계속도	110Km/h	
2	공차중량	40ton이하	
3	실내소음	65dB이하	
4	실외소음	70dB(A)이하(25m, peak)	
5	부상공극	8mm 이하, 편차 : ±3이하 at 110km/h	
6	최대등판능력	70‰	
7	가속성능	4.0km/h/s이상	
8	감속성능(상용)	4.0km/h/s이상	
9	교량처짐한계	L/1500~L/2000	
10	수직단차	1mm 이하	
11	수평단차	0.5mm 이하	
12	내진	리히터 규모 5.5 이상	
13	분기속도 (2Way)	25초 이내	
14	분기속도(3Way)	25초 이내	
15	분기속도(시저스)	25초 이내	
16	전체 시스템 RAM 목표 달성도	98%	
17	무인운전 달성		

도시형자기부상열차실용화사업 시스템엔지니어링관리계획서(SEMP)에 정의된 TPM관리의 주체는 다음과 같다.

(1) 1핵심은 TPM 항목선정, TPM 취합 및 모니터링, 프로파일 작성 및 보고/관리 등을 수행한다.
(2) 사업단은 선정된 TPM 항목에 대한 조정 및 최종승인, TPM 최종 결과 보고서 승인을 수행 한다.
(3) 2, 3핵심은 TPM 항목선정 협력, 자료 취합 및 결과의 1핵심에의 보고 등을 수행한다.
(4) 2, 3핵심 내 각 세부과제는 TPM 항목에 대한 주기적인 결과 보고를 각 핵심에 보고할 의무가 있다.

이렇게 각 핵심 및 시공사/제작사/감리의 협력으로 선정된 TPM관리항목은 1핵심을 주체로 사업단의 검토를 통해서 승인이 된다. 선정된 TPM 항목의 관리는 정량적인 사업의 목표가 된다는 측면에서 중요한 지표이지만 요구사항을 관리하는 본 과제의 측면에서도 TPM 관리항목을 추적관리하는 것은 의미가 있다.

TPM관리 방법은 설계결과(기본설계, 예비설계, 상세설계)와 제작/시공결과, 시험평가 결과에 가중치주고 각 단계별 반영여부를 확인하 것으로 본 과제는 요구사항관리의 일환으로 시스템요구사항 검증과 연계한 TPM 관리항목의 검증체계 구축 및 추적관리를 수행하였다. TPM 추적관리 결과는 1핵심에 전달되어 시험평가 단계에서의 검증 근거를 제시하게 된다.



[그림 275]TPM 관리항목에 대한 각 기관별 역할

㉯ 최종 목표

-TPM(Technical Performance Measure) 관리항목 추적성 구축 및 검증

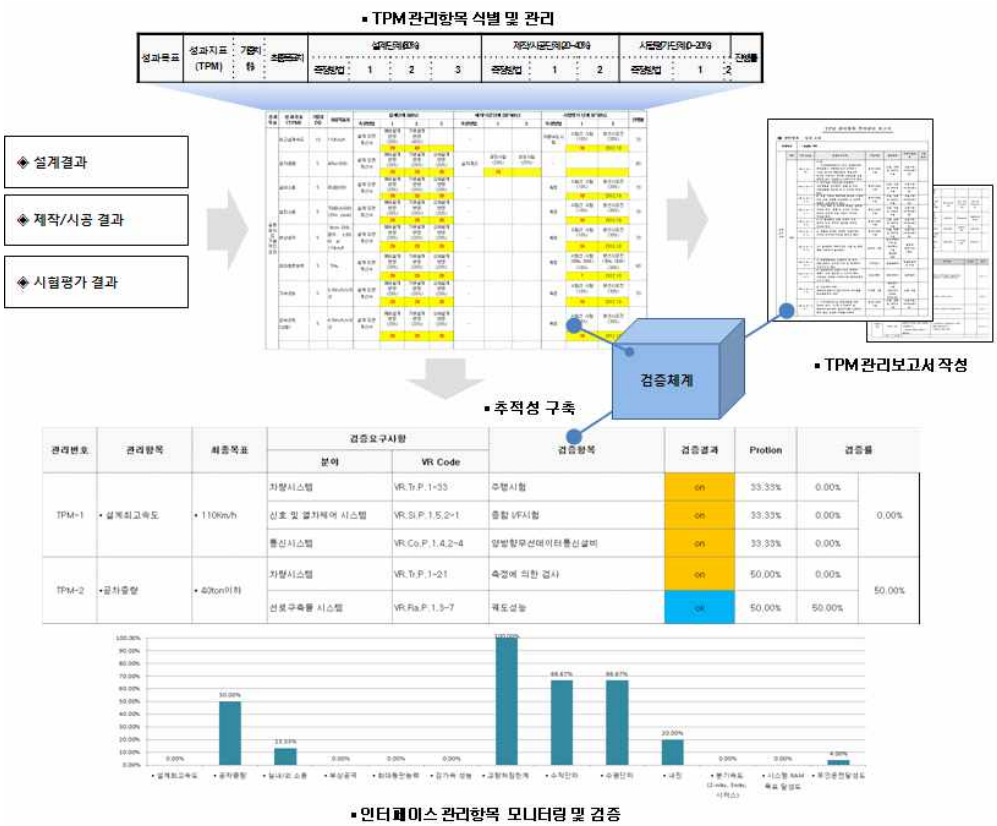
㉰ 주요 연구 내용

-TPM 관리항목 관리코드 부여

-TPM 관리를 위한 템플릿 구성

-TPM 검증체계 구축(추적성 식별 및 구축)

-TPM 검증보고서 작성



[그림 276]TPM 관리항목 검증체계

㉮ 주요 연구 실적

-TPM 관리보고서_17건

-TPM 검증항목_17건(종합시험운행시험 완료시)

③ 검증현황 및 ISSUE사항 정리 및 보고

㉮ 개 요

- 도시형자기부상열차의 시스템요구사항 및 규격은 1, 2, 3 단계에 걸쳐 지속적으로 조정/보완되었다. 2단계에서 관련기관의과의 검토/합의를 통하여 검증요구사항 검증체계를 마련하였으며 설계결과 검토를 통해 상당부분의 검증활동을 실시하였다. 3단계는 성능시험 및 종합시험운행 등의 실제 시스템운행을 통한 검증활동이 일어나는 기간으로 시험현황을 모니터링하고 결과를 접수/검증체계에 반영하여 최종 목표인 도시형자기부상열차 시스템요구사항을 검증하게 된다.

본 과제는 관리반으로부터 시험결과를 접수하고 검증요구사항 체계에 반영하

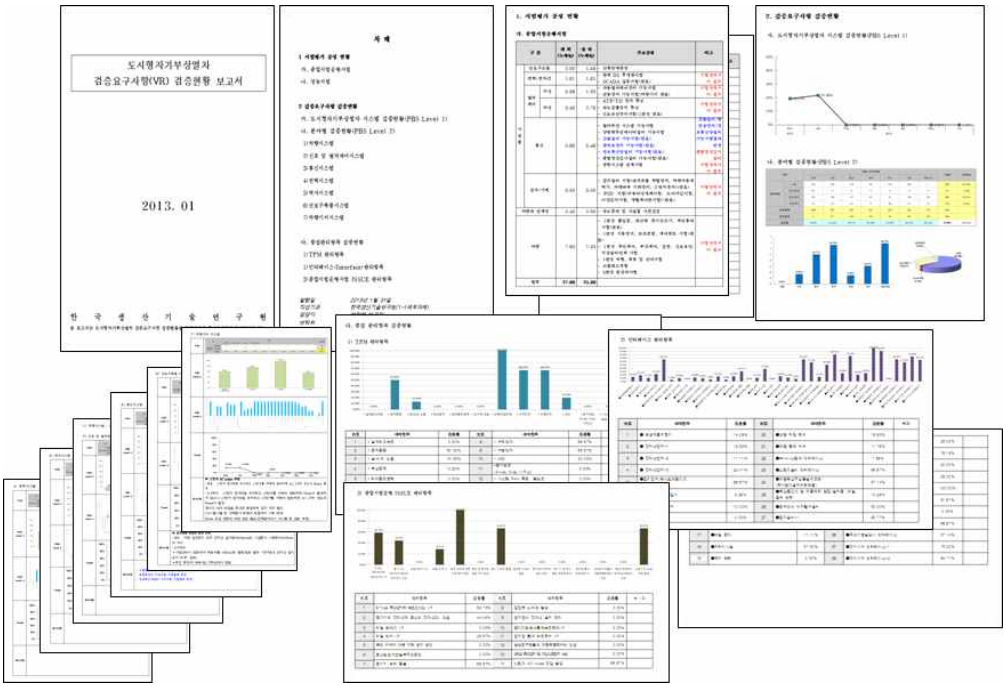
여 성능시험 및 종합시험운행시험의 공정률, 시스템요구사항 검증 진행률 등의 현황을 공유할 수 있도록 검증요구사항 검증현황보고서를 작성/배포한다.

<검증요구사항 검증현황보고서의 구성>
· 관리이력(Histroy)
· 검증요구사항서(Verification Requirement Matrix)
· 시험결과 Checklist(성능시험/종합시험운행시험)
· 시스템 레벨(System Level) 검증현황
· 시스템 레벨(System Level) 월간 검증 트렌드(Trend)
· 시스템 레벨(System Level) 주간 검증 트렌드(Trend)
· 분야별 월간 검증 트렌드(Trend)
· 구성품체계 레벨3(PBS Level) 검증현황
· 구성품체계 레벨4(PBS Level) 검증현황
· TPM(Technical Performance Measure) 관리항목 검증현황
· 인터페이스(Interface) 관리항목 검증현황
· 이슈(Issue) 관리항목 검증현황

㉯ 최종 목표
-검증요구사항(Verification Requirement) 추적관리 및 현황 보고

㉰ 주요 연구 내용
-성능시험 및 종합시험운행시험 시험항목 추적성 구축
-성능시험결과(성적서) 접수/검증요구사항에 반영
-종합시험운행시험결과(성적서) 접수/검증요구사항에 반영
-검증요구사항 검증현황보고서 작성 및 배포

㉱ 주요 연구 실적
-검증요구사항 검증현황보고서 작성 및 배포_4건



[그림 277]검증요구사항 검증현황보고서 예시

· 2012. 02 : 설계검토결과 반영

[표 189]설계검토 반영 결과

	차량	신호	통신	전력	역사	선로	차량기지	계
검증계획	1085	528	277	236	203	316	181	2826
검증완료	109	115	129	159	42	133	165	852
검증률	10.05%	21.78%	46.57%	63.37%	20.69%	42.09%	91.16%	30.15%

· 2012. 04 : 시험선(기계연) 시험결과 반영

[표 190]시험선시험 반영 결과

시험구분		진행률	합격률	불합격률	비고
제작검사		0%	0%	0%	
성능시험	구성품시험	0%	0%	0%	
	성능시험 (시험선)	28.30%	28.30%	0%	
	본선시운전	0%	0%	0%	
본선시운전	시설물검증시험	0%	0%	0%	
	영업시운전	0%	0%	0%	

· 2013. 01 : 통신시스템 시험결과 반영

[표 191]시설물시험 반영 결과

구 분		계 획 (누계%)	실 적 (누계%)	주요공정	비고
시설물	통신	5.98	5.48	-열차무선 시스템 기능시험 -양방향무선데이터설비 기능시험 -교환설비 기능시험(완료) -광전송장치 기능시험(완료) -정보통신망설비 기능시험(완료) -종합영상감시설비 기능시험(완료) -공항시스템 연계시험	교환설비/광전송장치 /정보통신망설비 기능시험결과 반영 종합영상감시설비 시험성적서 미 접수

· 2013. 08 : 설계결과 검토/확인 보완결과 반영

구분	차량	신호	통신	전력	역사	선로	차량기지	계
검토보고서 (건)	84	153	171	152	127	149	175	1,011

④ 검증요구사항 검토보고서 최신화

㉮ 개 요

-검증요구사항 검토보고서는 설계결과 검토/확인 대상 검증요구사항에 대하여 6차년도 연구기간에 작성되었으나 시험방법, 시험항목, 시험일정 변경 및 시험결과 반영 등에 따른 검증요구사항 Up-date 및 신규 검토보고서작성이 요구됨.

㉯ 최종 목표

- 검토/확인 대상 검증요구사항에 대한 검토보고서 작성/관리

㉰ 주요 연구 내용

- 차량 외 6개 서브시스템 설계결과 검토 및 보고서 작성/보완

㉱ 주요 연구 실적

- 차량시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_84건

- 신호 및 열차제어시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_153건
- 통신시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_171건
- 전력시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_152건
- 역사시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_127건
- 선로구축물시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_149건
- 차량기지시스템 검증요구사항 검토보고서 작성/보완_175건

[표 192]검증요구사항 검토보고서 작성 실적

	차량	신호	통신	전력	역사	선로	차량기지	계
6차년	109	115	129	159	42	133	165	852
7차년	84	153	171	152	127	149	175	1,011

나. 도시형자기부상열차 시스템요구사항/서브시스템 규격 최종 검증 및 종합

(1) 배경 및 필요성

-시스템요구사항(System Requirement)및 서브시스템 규격(Sub-System Specification)의 추적관리하고 검증하는 것은 본 과제의 핵심 연구 내용으로서 시험평가를 통해 규격과 사업의 최종 성과물을 비교/검증하고 그 만족도를 확인한다.

(2) 최종 목표

-도시형자기부상열차 시스템요구사항/서브시스템규격 최종 검증 및 종합

(3) 주요 연구 내용

-시스템요구사항과 규격 간 추적성 검증

-요구사항 달성도 평가

-시스템요구사항/규격 최종안 제출

(4) 주요 연구 실적

-요구사항 관리체계(A Document System of Requirement Management) 추적성 검증

-시스템요구사항 추적관리보고서_97건

-시스템요구사항/서브시스템 규격 최종안 제출

(5) 세부공정별 수행 내역 및 결과

① 시스템요구사항과 규격 간 추적성 검증

㉮ 개 요

-요구사항 관리 문서체계(A Document System of Requirement Management)는 사업의 전 과정에서 변경의 영향을 받는다. 도시형자기부상열차실용화 사업은 7년간 진행된 중장기 프로젝트로써 초기 합의 되고 승인된 문서라 할지라도 사업진행 과정에서 이해관계자 요구의 충돌, 기술적 한계 등에 따른 요구사항의 조정, 설계의 변경 등이 발생되게 되는 것이다. 따

라서 요구사항의 관리 문서체계 역시 사업의 변화를 지속적으로 모니터링하고 변경된 사항을 반영하여야 한다. 본 과제는 요구사항문서간의 추적성을 최종 확인/검증하여 도시형자기부상열차 요구사항관리문서체계의 신뢰성을 확보하였다.

㉮ 최종 목표

-시스템요구사항(System Requirement)/구성품체계(Product Breakdown Structure)/서브시스템 규격(Sub-System Specification)/검증요구사항(Verification Requirement)/시험평가 결과(Test&Evaluation Result) 추적성 검증

㉯ 주요 연구 내용

각 문서체계의 개별항목에 대해 추적성의 누락, 오류 등을 검토/수정

-시스템요구사항(SR)과 서브시스템 요구사항(Sub-SR) 간 추적성 검증

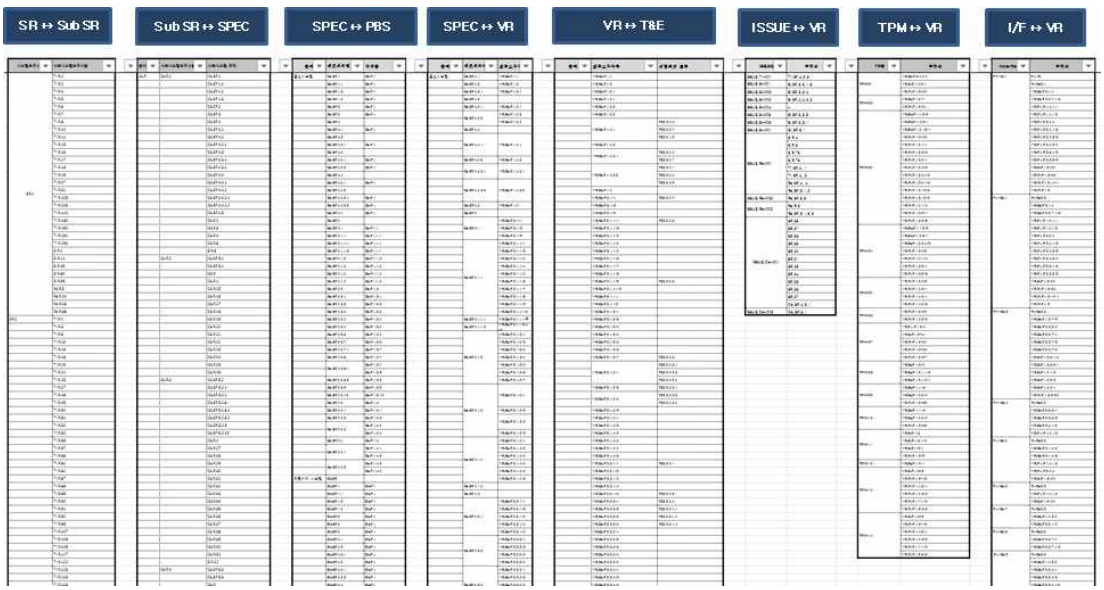
-서브 시스템요구사항(Sub-SR)과 서브시스템 규격(Sub-SR) 간 추적성 검증

-서브시스템 규격(Sub-SR)과 구성품체계(PBS) 간 추적성 검증

-서브시스템 규격(Sub-SR)과 검증요구사항(VR) 간 추적성 검증

-검증요구사항(VR)과 검증결과(T&E) 간 추적성 검증

-TPM, ISSUE, I/F 항목 추적성 검증



[그림 278]시스템요구사항 관리체계 추적성 검증결과

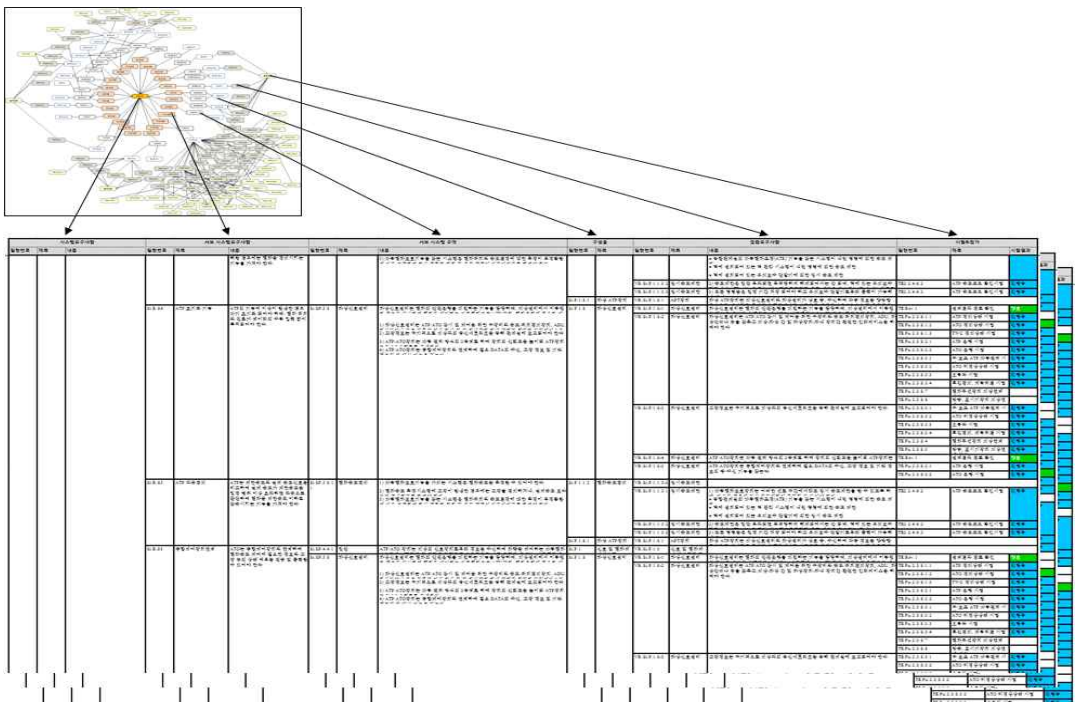
㉲ 주요 연구 실적

-요구사항 관리체계(A Document System of Requirement Management) 추적성 검증

② 요구사항 달성도 평가

㉮ 개 요

- 모든 요구사항 관련문서를 체계화 하고 관리하는 것, 즉 시스템엔지니어링 활동을 수행하는 목적은 결국 시스템요구사항을 실제 결과물에 최대한 반영하기 위해서라고 할 수 있다. 그러나 상당부분이 정성적 표현으로 이루어진 시스템요구사항을 평가하기란 쉽지 않기 때문에 설계완료 또는 시험평가와 함께 관리가 종료되는 경우가 많다. 또는 평가를 실시하더라도 디자인평가와 같이 그 범위가 상당히 제한적이며 그 평가의 목적 즉, 요구사항과의 추적성이 확보지 못하고 독립적인 평가가 이루어지고 있는 것이다. 따라서 시스템요구사항을 전반적으로 평가하기 위해서는 모든 요구사항에 대한 추적성 확보 즉, 기능 및 성능 측면외의 모든 사용자요구사항을 평가하기 위한 평가방법이 제시되어야 한다. 본 과제는 기 구축된 검증요구사항 검증체계(Verification Matrix)에 따라 모든 요구사항에 대한 평가방법을 마련하여 시스템요구사항 평가를 실시하였다.



[그림 279]시스템요구사항 달성도 검증결과

㉯ 최종 목표

-시스템요구사항(System Requirement) 달성도 평가

㉰ 주요 연구 내용

-시스템요구사항 97항목에 대한 달성도 평가

㉱ 주요 연구 실적

-시스템요구사항 추적관리 보고서_97건

| | | |

㉯ 최종 목표

-시스템요구사항 및 규격 최종안 제출

㉰ 주요 연구 내용

-변경사항 검토에 따른 문서의 Up-date(최신화)

㉱ 주요 연구 실적

-시스템요구사항/서브시스템 규격 최종안 제출

① 도시형자기부상열차 시스템요구사항서_Ver1.1.07

② 도시형자기부상열차 시스템 규격서_Ver_1.0.05

③ 도시형자기부상열차 차량시스템 규격서_Ver_1.0.05

④ 도시형자기부상열차 신호 및 열차제어시스템 규격서_Ver_1.0.06

⑤ 도시형자기부상열차 통신시스템 규격서_Ver_1.0.06

⑥ 도시형자기부상열차 전력시스템 규격서_Ver_1.0.06

⑦ 도시형자기부상열차 역사시스템 규격서_Ver_1.0.06

⑧ 도시형자기부상열차 선로구축물시스템 규격서_Ver_1.0.06

⑨ 도시형자기부상열차 차량기지시스템 규격서_Ver_1.0.06

다. 기술자료/개발 경험 문서화 및 차기사업을 위한 개선된 개발 프로세스 수립

(1) 배경 및 필요성

-도시형자기부상열차실용화사업의 1핵심 과제(시스템통합)는 사업초기 SEMP(System Engineering Mangement Plan)를 기초로 시스템엔지니어링 기법을 보다 체계적이고 조직적으로 적용하기 위해 노력해 왔다. 이러한 SE활동의 결과는 시스템의 사업의 중요한 성과이자 차기 사업 또는 유사프로젝트 진행시 의미 있는 참고자료가 된다. 따라서 사업전 기간에 걸쳐 수행한 SE 활동 결과 및 노하우 또는 개선점 등을 사업 종료와 함께 정리하는 것은 매우 중요하다.

(2) 최종 목표

- 개선된 개발 프로세스 수립

(3) 주요 연구 내용

-도시형자기부상열차 시스템엔지니어링 프로세스 정리

-시스템엔지니어링 활동결과물 수집/정리

-차기 사업을 위한 개선 프로세스 정립

(4) 주요 연구 실적

- 진행 중(최종 평가 전 완료 예정)

(5) 세부공정별 수행 내역 및 결과

① 도시형자기부상열차 시스템엔지니어링 프로세스 정리

② 시스템엔지니어링 활동결과물 수집/정리

③ 차기 사업을 위한 개선 프로세스 정립

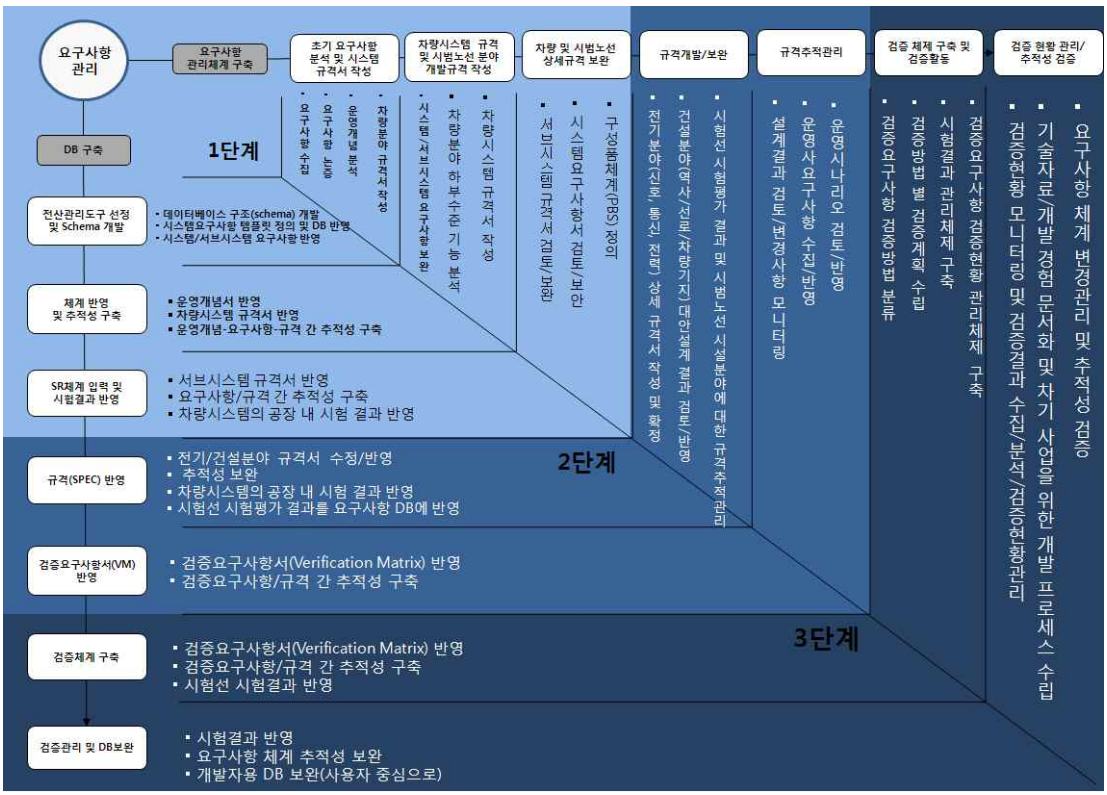
라. DB관리_시험결과반영 및 사용자 중심의 DB 개발

(1) 배경 및 필요성

-많은 양의 정보를 저장하고, 효과적으로 요구사항의 추적성을 관리를 하기 위하여 본 과제는 Cradle®이라는 시스템엔지니어링 활동을 지원하는 DB를 도입하여 요구사항 관리 Database를 구축, 활용하였다. Cradle® DB는 시스템엔지니어링(SE) 전문가를 대상으로 개발에서부터 평가에 이르기까지 시스템의 전 수명주기를 고려하여 설계된 SE 전문 소프트웨어이다.

본 과제는 사업의 1단계에서부터 종료시점까지 요구사항 관리문서 체계의 개발과 병행하여 DB를 구축, 활용하였다. DB는 요구사항 관련 문서 간 추적성을 확보하여 ISSUE 이나 설계변경 발생 시 검토를 위한 관련 자료를 실시간 제공하여 의사결정의 불확실성을 낮추고 조기 조치가 가능하도록 하였으며, 특히 방대한 양의 정보에 대한 이력을 관리하는데 적극 활용 되었다.

3단계에서는 검증요구사항 관리체제를 구축하여 검증요구사항 검증현황관리의 효율성을 높였다.



[그림 281]도시형자기부상열차 요구사항 관리DB 구축 이력

도시형자기부상열차실용화사업은 차량개발 및 시범노선구축을 위한 과제 외

에 시스템엔지니어링 팀을 별도로 설치 운영하여 개발의 효율성을 극대화 하고자 시도하였으며 사업 전체에 걸쳐 수행한 시스템엔지니어링 팀의 연구개발 성과는 후속과제 및 관련사업의 지표가 될 수 있기 때문에 연구 성과를 체계적으로 정리하는 것은 사업의 마지막 년도인 당해년도의 중요한 연구목표중 하나이다.

본 과제는 시스템요구사항을 개발하고 관리하기 위해 SE 전문도구인 Cradle® DB를 활용해 왔으나 연구 성과를 정리하고 사업종료 후 후속과제 및 일반사용자의 사용 환경을 고려해 봤을 때, 개발자 또는 SE 전문가를 대상으로 설계된 소프트웨어인 Cradle® DB의 사용성은 극히 낮을 것으로 판단된다. 그 이유는

첫째, Cradle® 는 시스템엔지니어링 전문도구로써 일반 오피스 프로그램처럼 일반사용자에게 익숙하지 않다. 따라서 프로그램과 친숙해지기 위해서는 일정시간의 교육 및 실습이 필요하다. 하지만 단시간의 교육을 통해 사업에 참여하는 모든 엔지니어의 적극적인 참여를 유도하는 것은 더욱 어려우며 보다 사용자에게 친숙한 인터페이스를 제공할 필요가 있기 때문이며, 둘째, Data base의 기능 중 무엇보다 중요한 것이 사용자가 원하는 정보를 정확하고 빠르게 검색하여 정보를 획득하는 것이다. 그러나 Cradle®의 검색기능은 Sub-System 단위의 검색이 가능하기 때문에 시스템 전체의 구성을 미리 알기 전에는 사용자가 원하는 정보에 바로 접근할 수 없다. 즉 검색 Keyword가 포함된 그룹을 모르고 있다면 모든 아이템을 검색하는 수고를 들여야 한하는 것이다. 셋째, Cradle® Data base와 같은 시스템엔지니어링 도구를 사용하는 목적은 많은 양의 정보를 보다 효과적으로 관리하기 위해서이다. 그러나 Cradle® 의 WorkBench는 인터넷 접속환경에서 테이블을 열람할 때 작업속도가 상당히 느려진다는 단점을 가지고 있는데 특히 요구되는 데이터의 양이 많을수록 이러한 현상이 심해진다. 이는 DB 관리서버에서 클라이언트로 데이터를 전송하는 방식으로, 데이터를 주고 받기 때문이다. 이러한 Data 처리속도의 문제점은 정상적인 시스템 엔지니어링 업무를 하기에 지장을 초래할 수 있으므로 작업속도 개선을 위한 조치가 필요한 것이다.

이러한 문제점이 사용 환경이 보다 일반사용자에게 적합한 DB개발을 요구하게 되었고 본 과제는 그동안의 Cradle® DB사용경험을 바탕으로 핵심기능을 식별하고 일반사용자 환경을 고려하여 '사용자 중심의 DB'를 개발하였으며 요구사항 관련 활동결과물을 수집/반영하여 DB의 사용성(SE 활동결과물

의 활용도)을 높이고자 하였다.

(2) 최종 목표

-성능시험/종합시험운행시험 결과 반영

-사용자 중심(User Centered)의 DB 구축

(3) 주요 연구 내용

-시험평가 결과를 DB 반영

-요구사항관리문서체계 추적성 검증에 따른 DB 추적성 수정/보완

-DB 총 정리 및 개선된(사용자 중심의) DB 개발

-SE활동결과 및 관련자료 추적성 식별 및 반영

(4) 주요 연구 실적

-사용자중심의 DB 구축 및 추적성 DB관리 SW개발

(5) 세부공정별 수행 내역 및 결과

① 시험평가 결과를 DB 반영

㉮ 개 요

- 본 과제는 성능시험 및 종합시험운행시험을 정기적으로 모니터링하고 기 구축된 시험평가 DB에 시험결과를 입력, 시험현황을 관리하였다.

㉯ 최종 목표

- 기 구축된 검증요구사항 DB의 검증계획에 따라 시험결과를 반영하여 검증요구사항의 검증을 완료

㉰ 주요 연구 내용

- 시험현황 모니터링, 시험결과(성적서) 검토 및 DB 반영

㉱ 주요 연구 실적

-성능시험 및 종합시험운행시험 시험항목과 검증요구사항 추적성 구축_468건

· 제작검사 (입고검사 : 74건, 공정검사 : 30건, 최종검사 : 21건)
· 성능시험 (구성품시험 : 125건, 완성차시험 : 80건, 본선시운전 : 54건)
· 종합시험운행시험(시설물검증시험 : 84건)

-시험결과 접수 및 반영(성능시험/종합시험운행 시험평가 완료시)

[표 193]시험평가 결과 접수 및 DB 반영 결과

시험 구분	세부시험 구분	시험성적서 접수(건)	시험성적서 반영(건)	비고
제작검사	입고검사	139	139	
	공정검사	30	30	
	최종검사	22	22	
성능시험	구성품시험	126	126	
	완성차시험	106	106	
	본선시운전	42	42	
종합시험운행시험	시설물검증시험	77	77	
계		542	542	

② 요구사항관리문서체계 추적성 검증에 따른 DB 추적성 수정

㉮ 개 요

-요구사항 관리문서체계의 추적성이 재 식별/ 조정됨에 따라 요구사항 관리 DB 내의 추적성 조정이 작업이 필요하게 되었음.

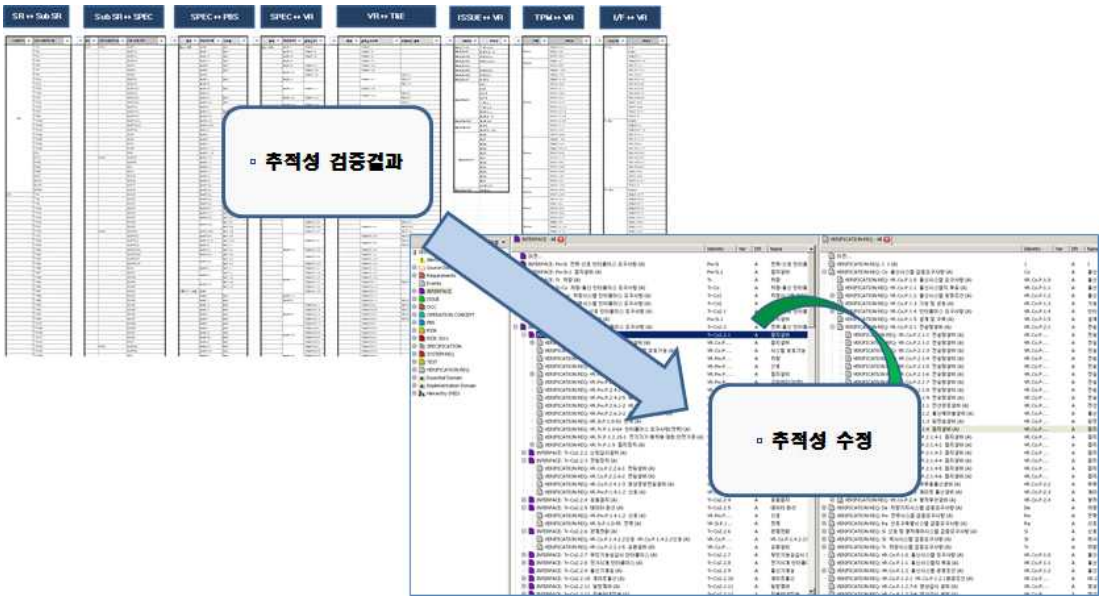
- 본 과제는 DB에 입력된 요구사항 관리문서체계 전체를 대상으로 수정작업을 수행 하였음.

㉯ 최종 목표

- 요구사항관리 DB 추적성의 신뢰성 확보

㉰ 주요 연구 내용

- 요구사항 관리문서체계 추적성 검증에 따른 DB 추적성 수정



[그림 282]요구사항 관리 DB 추적성 수정 예시

㉲ 주요 연구 실적

- 시스템요구사항(System Requirements) 추적성 검토/수정_97건
- 서브시스템요구사항(Sub-System Requirements) 추적성 검토/수정_698건
- 구성품체계(Product Breakdown Structure) 추적성 검토/수정_215건
- 서브시스템규격(Sub-System Specification) 추적성 검토/수정_482건
- 검증요구사항(Verification Requiements) 추적성 검토/수정_1337건
- 시험평가 계획 (Test & Evaluation) 추적성 검토/수정_1000건

③ DB 총 정리 및 개선된(사용자 중심의) DB 개발

㉮ 개 요

요구사항 관리 Database의 구축 목적은 많은 양의 데이터를 적은 공간에 축적하고 보다 효율적으로 관리/활용하기 위해서이다. 그러나 아무리 전문화된 시스템이라 할지라도 사용자의 지식수준, 업무환경 등을 고려하여 설계되지 못한다면 결국 그 시스템의 사용빈도는 떨어질 수밖에 없다.

따라서 Database 구축에 있어서 무엇보다 중요한 것이 그 시스템을 사용하는 사용자가 최소한의 노력으로 DB 활용이 가능하도록 사용 환경을 단순화하고 원하는 정보에 쉽게 접근할 수 있도록 접근성을 높이고 원하는 정보를 정확히 보여줄 수 있어야 한다는 것이다.

본 과제는 DB의 접근성 및 정보출력의 정확성을 향상시키기 위해 기존의 DB를 진단하고 보완하였다.

㉯ 최종 목표

-사용자 중심의 DB 개발 및 요구사항관련 활동결과물 입력/추적성 구축

㉰ 주요 연구 내용

1) 사용자 요구사항 분석

• 잠재적 사용자 대상의 선정

(관심기능 식별 후 사용자는 최소한의 그룹으로 묶어서 단순화)

[표 194]사용자 요구사항 분석 결과

기관/과제	과제명	주요업무	관심 기능												
			수송성	안전성	신뢰성	가용성	운영비용	유지보수성	편의성	환경친화성	대외홍보	추적성	I/F	법규	계
사업단	실용화사업 총괄 관리	-사업 총괄 관리 -사업 성과관리 및 홍보					○		○	○	◎			△	
1-0 과제	시스템 통합	-I/F 조정/관리 -하위과제 관리(공정관리) -시험선 시험평가/인증지원 -시범노선시운전 지원 -Risk 관리										○	◎		
1-2 과제	RAMS 및 LCC 분석	-RAMS/LCC 예측모델 구축 -RAMS 분석 -검수체계 및 수명주기 비용분석		○	○	○	○	○							
1-3 과제	시험평가·인증	-시험절차서 개발 -시범노선 시운전 지원	○	○	○	△						◎	○	△	
1-4 과제	법령 및 규정 개선	-법령 및 규정의 개정/제정										○	△	◎	
2-0 과제	차량개발 및 제작	-차량개발 및 제작	○					○		○	○		○	△	
3-0 과제	시범노선 구축	-시범노선 구축	△	○	△	○			○		○		○	△	
인천공항공사	-	도시형자기부상열차 운영	○	◎	○	○	○	◎	○	○	○		○	△	
성능시험자	-	법적성능시험 인증	○	○	○	○								○	
대전시청	-	도시형자기부상열차 구매 가능 고객	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○		○	△	
건기평	-	도시형자기부상열차실용화사업 평가원	○	○	△	○	○		○	○	◎	○			

• 사용자별 관심기능을 식별한 및 기능별 시나리오 작성

[표 195]사용자별 관심기능 및 기능시나리오

기관/과제	Key function	요구사항(SR) DB 및 검증요구사항(VR) Service 시나리오
사업단	◆ 운영비용 ◆ 편의성	☞ 자기부상열차 일/주/월간 및 운영비용 집계 결과 ☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계

	◆ 환경친화성 ◆ 대외홍보	결과
1-0과제	◆ 추적성 ◆ I/F	☞ 요구사항 개발~검증의 추적체계 ☞ 검증요구사항 검증현황/결과 ☞ 설계결과 및 검토이력 ☞ 쟁점사항 추적성 추출(요구사항/규격/PBS/검증결과/법규/검토이력 등) ☞ 쟁점사항 관련 요구사항/규격/검증결과/검토이력 추출
1-2과제	◆ 안전성 ◆ 신뢰성 ◆ 가용성 ◆ 운영비용 ◆ 유지보수성	☞ 구성품별(최소단위) 단가 ☞ 구성품별 평균고장간격(MTBF), 평균수리시간(MTTR) 및 비용 ☞ 이상발생 부품과 연관된 성능 또는 부품
1-3과제	◆ 수송성 ◆ 안전성 ◆ 신뢰성 ◆ 추적성 ◆ I/F	☞ 시험선 시험결과 및 이력 ☞ 검증요구사항 검증현황/결과 ☞ 구성품 간 인터페이스 I/F
1-4과제	◆ 추적성 ◆ 법규	☞ 제품분할구조 (제작검사를 위한 차량부품구성체계도 및 부품사양 제작서) ☞ 각 법규에 해당하는 규격/설계/검증 결과
2-0과제	◆ 수송성 ◆ 유지보수성 ◆ 환경친화성 ◆ 대외홍보 ◆ I/F	☞ 시험선시험 및 성능시험 이력/결과 ☞ 차량시스템 설계검토 이력/ 설계결과 ☞ 차량시스템의 경쟁력 (경제성/환경친화성/수송성 등) ☞ 차량분야-건축분야 인터페이스 사항
3-0과제	◆ 안전성 ◆ 가용성 ◆ 편의성 ◆ 대외홍보 ◆ I/F	☞ 종합시운전시험 현황/이력/결과 ☞ 건축분야 설계검토 이력/ 설계결과 ☞ 건축분야-차량분야 인터페이스 사항
인천공항공사	◆ 수송성 ◆ 안전성 ◆ 신뢰성 ◆ 가용성 ◆ 운영비용 ◆ 유지보수성 ◆ 편의성 ◆ I/F	☞ 구성품별 평균고장간격(MTBF), 평균수리시간(MTTR) 및 비용 ☞ 이상발생 부품과 연관된 성능 또는 부품 ☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계결과 ☞ 비상상황 운영시나리오 ☞ 수송성/안전성/신뢰성/가용성 설계결과 및 검증결과
성능시험자	◆ 수송성 ◆ 안전성 ◆ 신뢰성 ◆ 가용성 ◆ 법규	☞ 시험선시험 및 성능시험 이력/결과 ☞ 구성품 도면 확인/Copy ☞ 성능시험의 법적근거
대전시청	◆ 수송성 ◆ 안전성 ◆ 신뢰성 ◆ 가용성 ◆ 운영비용	☞ 구성품별 평균고장간격(MTBF), 평균수리시간(MTTR) 및 비용 ☞ 이상발생 부품과 연관된 성능 또는 부품 ☞ 자기부상열차 일/주/월간 및 운영비용 집계 결과 ☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계

	◆ 유지보수성 ◆ 편의성 ◆ I/F	결과 ☞ 비상상황 운영시나리오 ☞ 수송성/안전성/신뢰성/가용성 설계결과 및 검증결과
건기평	◆ 수송성 ◆ 안전성 ◆ 가용성 ◆ 운영비용 ◆ 편의성 ◆ 환경친화성 ◆ 대외홍보 ◆ 추적성	☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계 결과 ☞ 요구사항 개발~검증의 추적체계 ☞ 검증요구사항 검증현황/결과 ☞ 수송성/안전성/신뢰성/가용성 설계결과 및 검증결과

● 시나리오 카테고라이징(Categorizing)

[표 196]시나리오 카테고라이징(Categorizing)

사용자	인천공항공사 / 대전시청	사업단 / 건기평	1-0, 1-2, 1-4과제	2-0과제 / 3-0과제	1-3, 성능시험자
시나리오	☞ 구성품별 평균 고장 간격(MTBF), 평균 수리 시간(MTTR) 및 비용 ☞ 이상발생 부품과 연관된 성능 또는 부품 ☞ 자기부상열차 일/주/월간 및 운영비용 집계 결과 ☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계 결과 ☞ 비상상황 운영시나리오	☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계 결과 ☞ 수송성/안전성/신뢰성/가용성 설계결과 및 검증결과	☞ 요구사항 개발~검증의 추적체계 ☞ 설계결과 및 검토이력 ☞ 쟁점사항 관련 요구사항/규격/검증결과/검토이력 추출 ☞ 제품분할구조 (제작검사를 위한 차량부품구성체계도 및 부품사양 제작서) ☞ 각 법규에 해당하는 규격/설계/검증 결과	☞ 차량시스템 설계검토 이력/ 설계결과 ☞ 차량시스템의 경쟁력 (경제성/환경친화성/수송성 등) ☞ 차량분야-건축분야 인터페이스 사항 ☞ 건축분야 설계검토 이력/ 설계결과 ☞ 건축분야-차량분야 인터페이스 사항	☞ 시험선시험 및 성능시험 이력/결과 ☞ 검증요구사항 검증현황/결과 ☞ 구성품 간 인터페이스 I/F ☞ 시험선시험 및 성능시험 이력/결과 ☞ 종합시운전 시험 현황/이력/결과 ☞ 구성품 도면 확인/Copy 기능 ☞ 성능시험의 법적근거 ☞ 수송성/안전성/신뢰성/가용성 설계결과 및 검증결과
카테고리	**운영**	**홍보**	**SE 관리**	**설계 / 제작**	**시험 평가**

● 시나리오 실현 요건 정리(요구되는 자원, 제한사항 등)

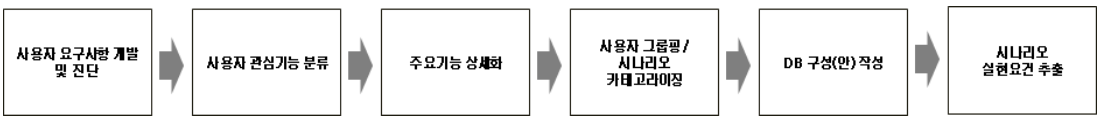
[표 197]시나리오 실현요건 분석

구분	시나리오	요구돼는 DATA	실현방법

구분	시나리오	요구돼는 DATA	실현방법
운영	☞ 자기부상열차 일/주/월간 및 운영비용 집계 결과	■ 운영비용 산정 결과	- 관련Data 확보
	☞ 구성품별 평균고장간격(MTBF), 평균수리시간(MTTR) 및 비용	■ RAMS Data	- RAMS Data 확보 및 관련 자료 정리
	☞ 이상발생 부품과 연관된 성능 또는 부품	■ 구성품간 Interface 체계	- 인터페이스 식별/추적성 구축
	☞ 비상상황 운영시나리오	■ 운영시나리오	- 비상시 운영시나리오 정리
홍보	☞ 자기부상열차의 편의성 및 환경 친화적 미래지향적 설계 결과	■ 홍보자료 (홍보 동영상, Docu) ■ 사업단 홈페이지	- 사업단 홍보자료 확보
SE 관리	☞ 요구사항 개발~검증의 추적체계	■ 시스템요구사항 추적체계 일체	- 추적성 식별/구축
	☞ 검증요구사항 검증현황/결과	■ 성능시험결과/이력 ■ 종합시운전시험 결과/이력 ■ 설계결과	- 시험결과 보고서 확보
	☞ 설계결과 및 검토이력	■ 예비/상세설계검토 결과 ■ 구성품 도면/이미지 ■ 설계보고서	- PDR / CDR 결과 확보
	☞ 쟁점사항 관련 요구사항/규격/검증결과/검토이력 추출	■ 쟁점사항 검토이력 ■ 시스템요구사항 추적체계 일체	- 쟁점사항 추적성 식별/구축 - 회의결과 추적성 식별/구축
	☞ 제품분할구조 (제작검사를 위한 차량부품구성체계도 및 부품사양 제작서)	■ 상세 제품분할구조	- 상세 제품분할구조와 제작검사 추적성 식별/구축
	☞ 각 법규에 해당하는 규격/설계결과/검증결과	■ 관련법규 추적성	- 관련법규 추적성 식별/구축
설계 / 제작	☞ 차량시스템 설계검토 이력/ 설계결과	■ 예비/상세설계검토 결과 ■ 구성품 도면/이미지 ■ 설계보고서	- PDR / CDR 결과 확보
	☞ 차량시스템의 경쟁력 (경제성/환경친화성/수송성 등)	■국제 자기부상열차 동향조사 결과 ■환경 영향성 평가 결과 ■성능시험/종합시험운행시험 결과 ■유지보수 메뉴얼	- 시험결과 보고서 확보 - 환경영향성 평가 자료 확보 - 유지보수 매뉴얼 확보
	☞ 차량분야-건축분야 인터페이스 사항	■ 차량분야-건축분야 인터페이스 항목	- 인터페이스 식별/추적성 구축
	☞ 건축분야 설계검토 이력/ 설계결과	■ 예비/상세설계검토 결과 ■ 구성품 도면	- PDR / CDR 결과 확보

구분	시나리오	요구되는 DATA	실현방법
		■ 설계보고서	
	☞ 건축분야-차량분야 인터페이스 사항	■ 건축분야-차량분야 인터페이스 항목	- 인터페이스 식별/추적성 구축
시험평가	☞ 시험선시험 및 성능시험 이력/결과	■ 성능시험 절차서 ■ 성능시험 시험결과 ■ 부적합 보고서 or 시정조치서 등	- 관련기록 확보 / 추적성 구축
	☞ 종합시운전시험 현황/이력/결과	■ 종합시운전 시험절차서 ■ 종합시운전 시험결과 ■ 부적합 보고서 or 시정조치서 등	- 관련기록 확보 / 추적성 구축
	☞ 구성품 간 인터페이스 I/F	■ 구성품간 Interface 체계	- 인터페이스 식별/추적성 구축
	☞ 구성품 도면 확인/Copy 기능	■ 구성품 도면	- 도면확보/첨부
	☞ 성능시험의 법적근거	■ 도시철도법	- 도시철도법 추적성 구축
	☞ 수송성/안전성/신뢰성/가용성 설계결과 및 검증결과	■ 성능시험 결과 ■ 종합시운전 시험결과 ■ 검증요구사항 검증결과 ■ RAMS Data	- 관련기록 확보 / 추적성 구축

● DB 설계(안) 작성



[그림 283]사용자 중심의 DB 설계 프로세스

☞관심기능이 식별된 사용자는 최소한의 그룹으로 묶어서 단순화

2) 사용자 중심의 DB 설계

-1/2/3핵심의 모든 요구사항 관련 자료의 DB 입력 및 추적성을 고려

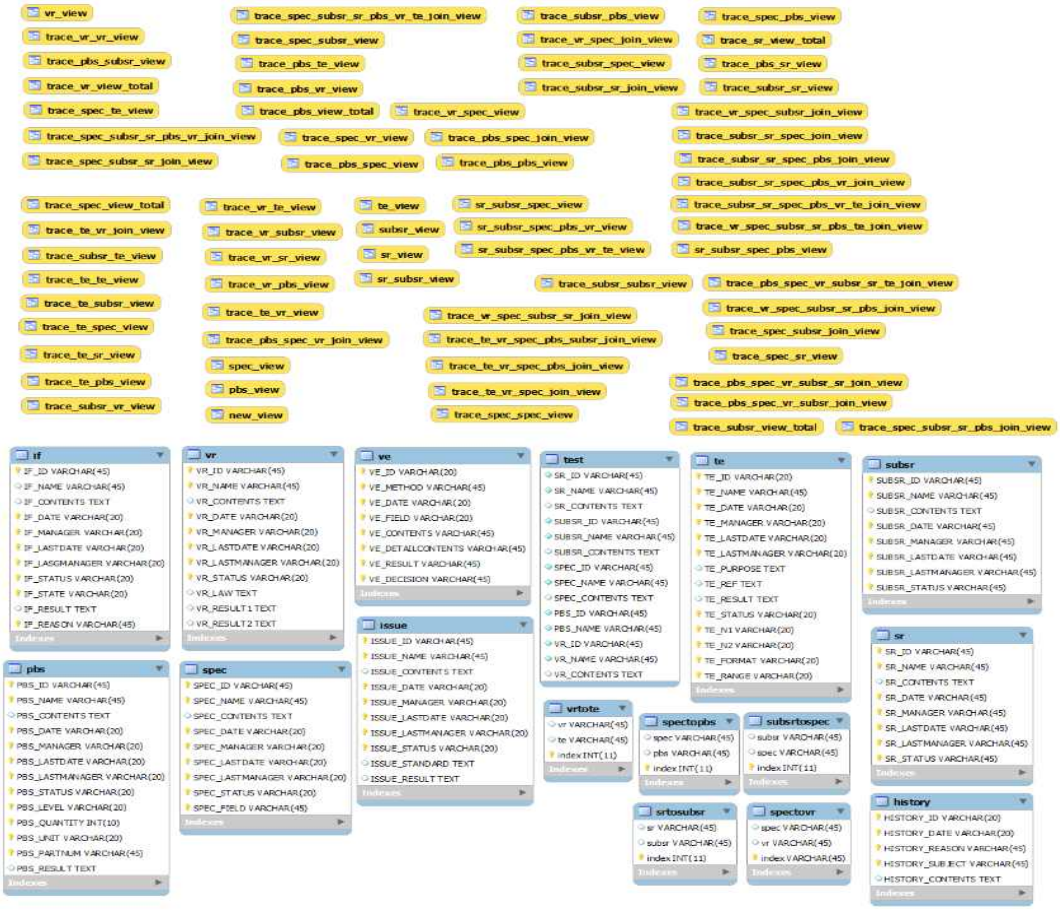
- 추적성 검토 및 검색의 편리성 고려

-각 과제별 활용 시나리오를 검토하여 최소한의 노력으로 DB 활용이 가능하도록 사용 환경을 단순화.

[그림 284]사용자 중심의 DB 설계(안)

3) 사용자 중심의 DB 구현

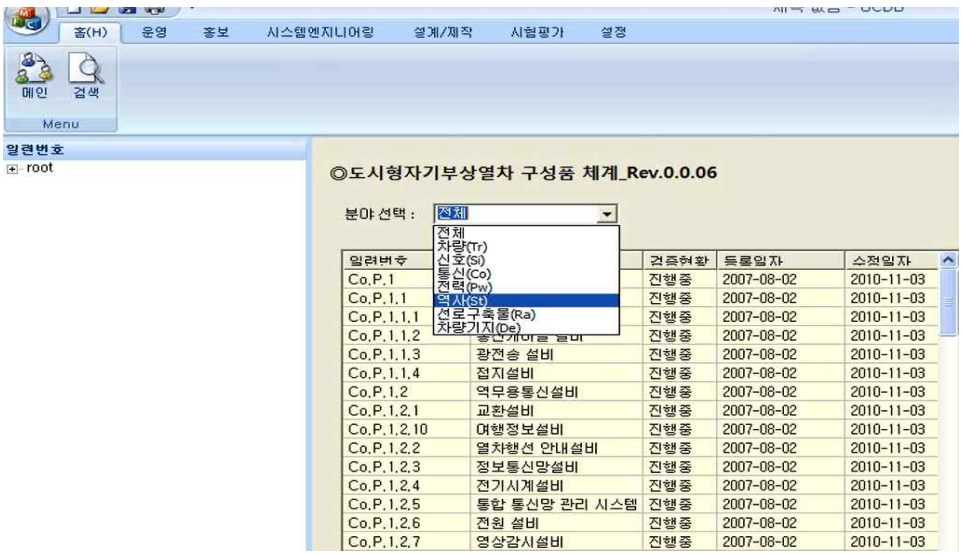
- 자기부상열차 개발 관련 모든 데이터 DB화 : Mysql을 이용한 DB구축
- 각 항목들에 대한 분류 및 정리 후, 총 16개의 Data Table과 71개의 View Table로 구성
- 각 Table 마다 저장되어야 할 데이터 세분화 및 속성 정의
- 외부에서도 접속 가능하도록 사용자 중심의 DB서버 구축
- MFC를 이용한 DB관리 사용자SW 개발



[그림 285]mysql을 이용한 DB 구성

○ 자기부상열차관련 세부 항목 정보 뷰어 기능

- SR, Subsr, Spec, T&E, PBS 전체 항목 뷰어
- 카테고리 구성 및 DB정보 반영

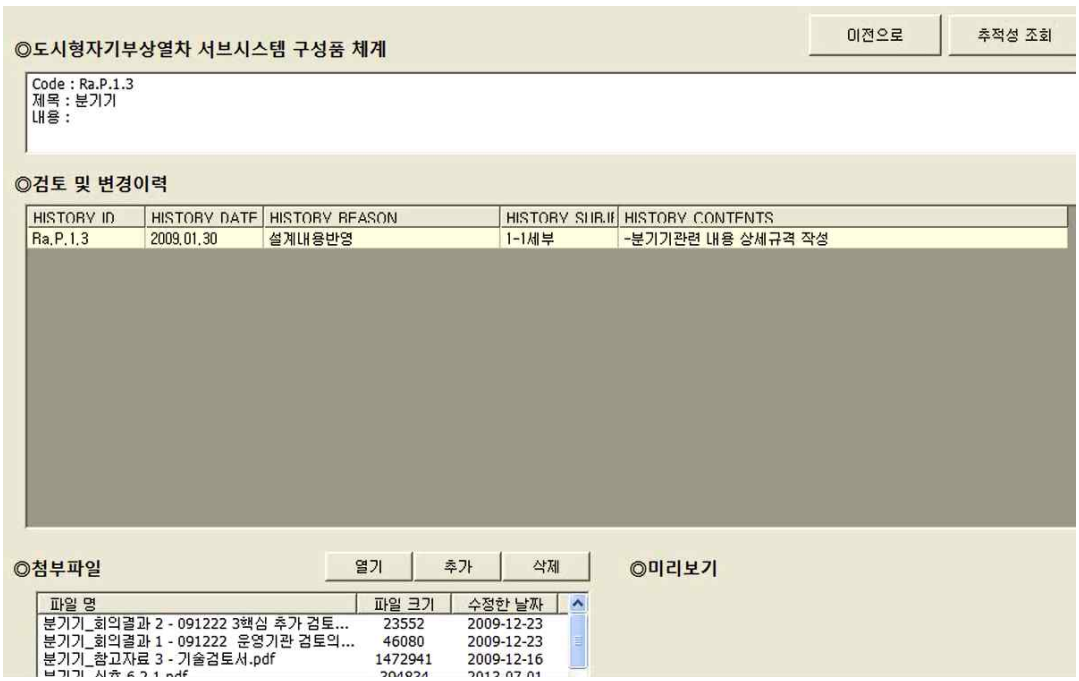


[그림 286]DB 구현결과 1

- 각 카테고리 별 세부 항목 조회 가능 : Tree 구조를 이용하여 직관성을 높임

[그림 287]DB 구현결과 2

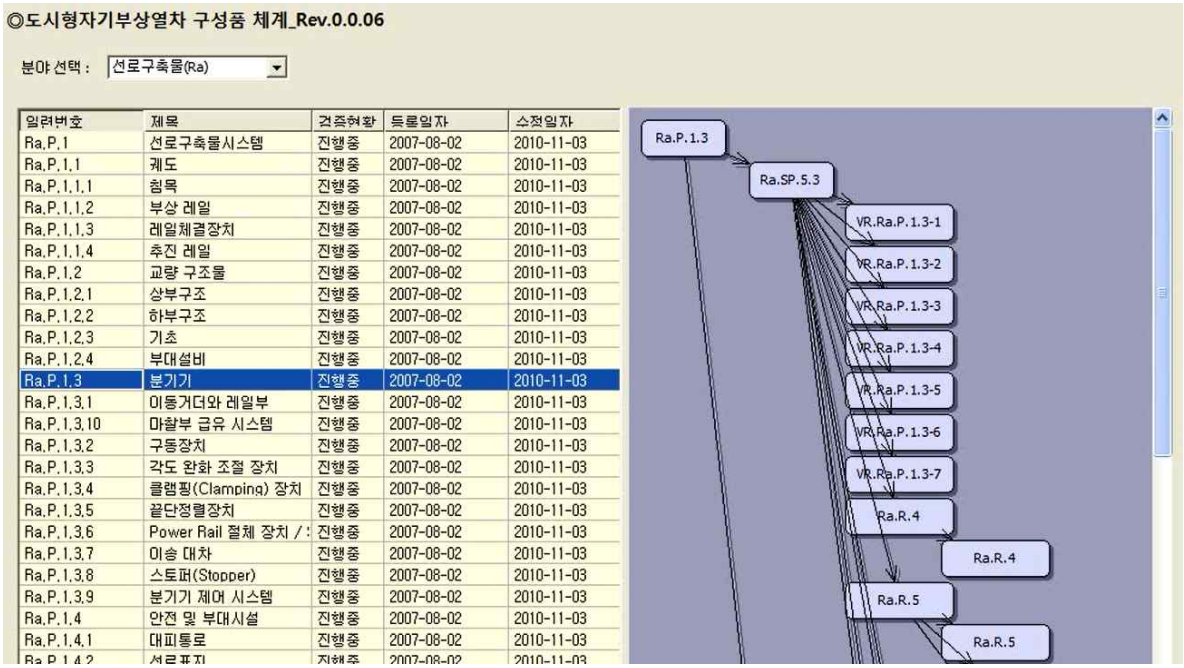
- Code명, 내용, 검토이력, 첨부파일 등 항목에 해당하는 정보들 한눈에 볼 수 있도록 설계



[그림 288]DB 구현결과 3

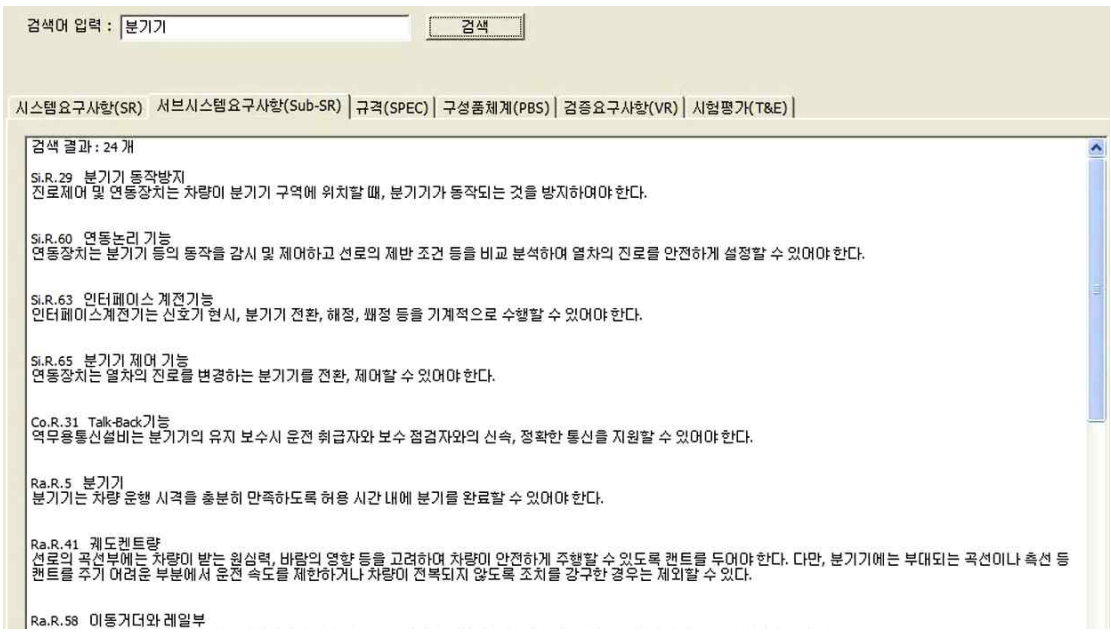
○ 자기부상열차 추적성 검색 및 조회 기능

- 구조도를 활용하여 사용자가 항목의 연계성을 쉽게 이해할 수 있도록 함



[그림 289]DB 구현결과 4

- 검색 기능을 이용하여, 각 카테고리별 관련 항목들 검색가능



[그림 290]DB 구현결과 5

○ 자기부상열차 요구사항 관리 기능

- 항목 별로 연관성 있는 부분들을 세부 추적성 List로 구성
- 세부 항목 정보를 볼 수 있는 페이지에서 그에 해당하는 추적성 및 요구사항들 바로 검색 할 수 있음

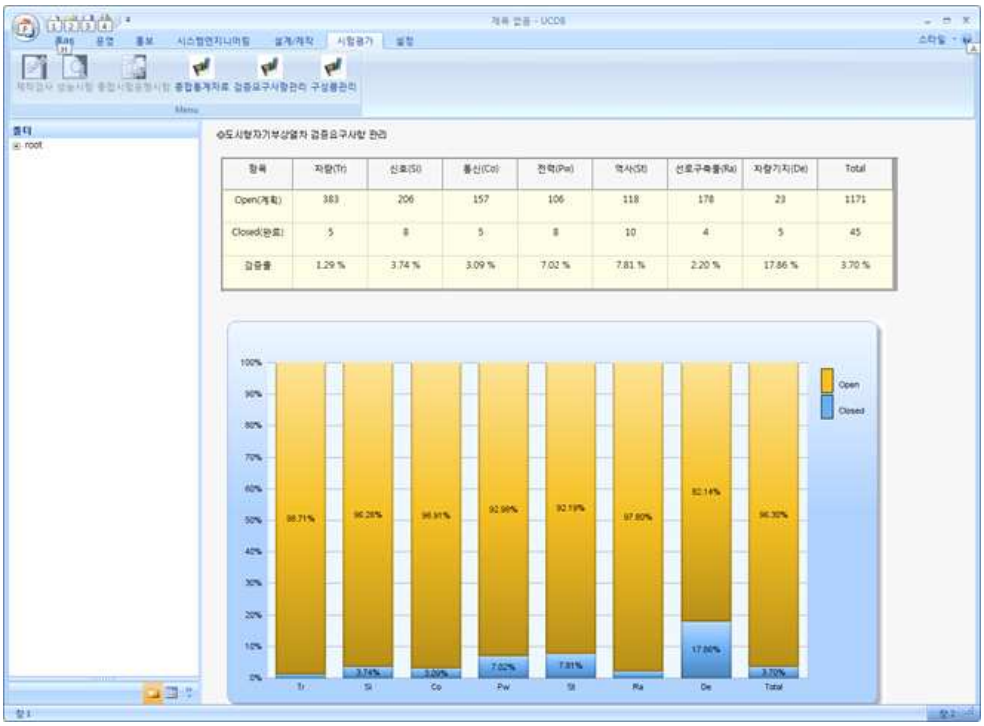
- 전체 항목뿐 만아니라 SR, SubSR, Spec, PBS, VR, T&E중 선택하여 원하는 결과를 선택하여 조회 가능

SR ID	SR NAME	SR CONTENTS	SUBSR ID	SUBSR NAME	SUBSR CONTEN	SPEC ID	SPEC NAME	SPEC CONTEN	PBS ID
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.4	지반구조물	지반구조물은 철도	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.19	수송량	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.19	수송량	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.19	수송량	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.19	수송량	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.19	수송량	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.19	수송량	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.20	운행조정 기능	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3
S.R.1	수송성	자기부상열차 시스	Ra.R.5	분기기	분기기는 차량 운행	Ra.SP.5.3	분기기	1) 분기기는 하나의	Ra.P.1.3

[그림 291]DB 구현결과 6

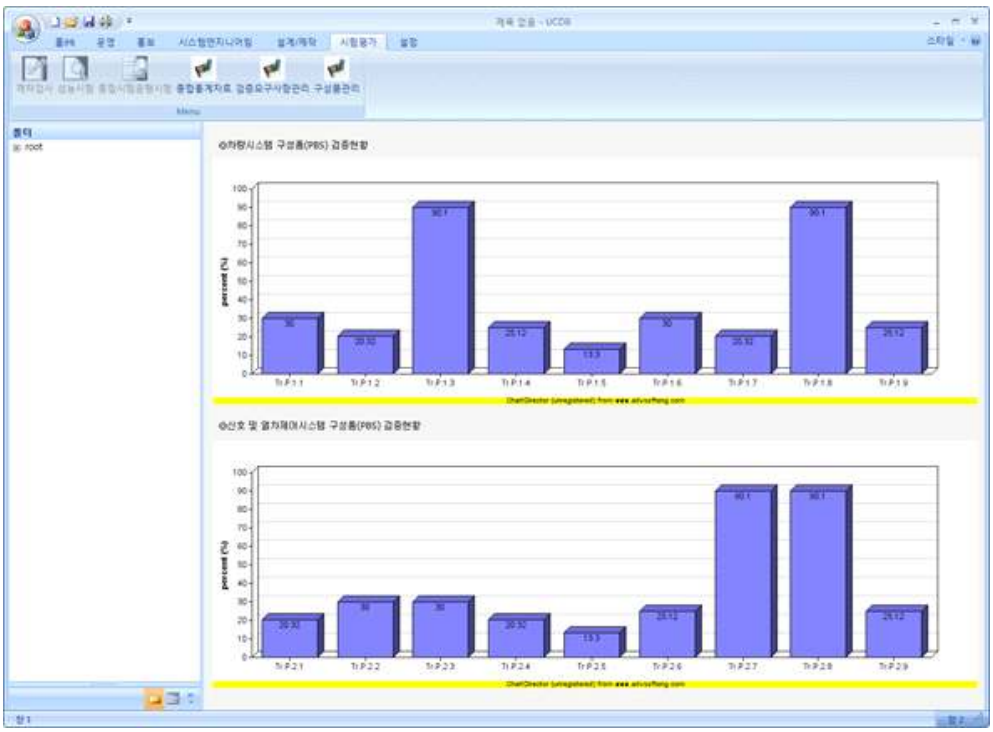
○ 자기부상열차 진행사항 통계 기능

- 구축된 시스템의 요구사항들과 진행사항들의 통계자료 제공
- 각 카테코리 별 검증현황의 조회가 가능하도록 설계



[그림 292]DB 구현결과 7

- 각 서브시스템 구성품 세부 항목들 중심의 검증현황 자료 제공



[그림 293]DB 구현결과 8

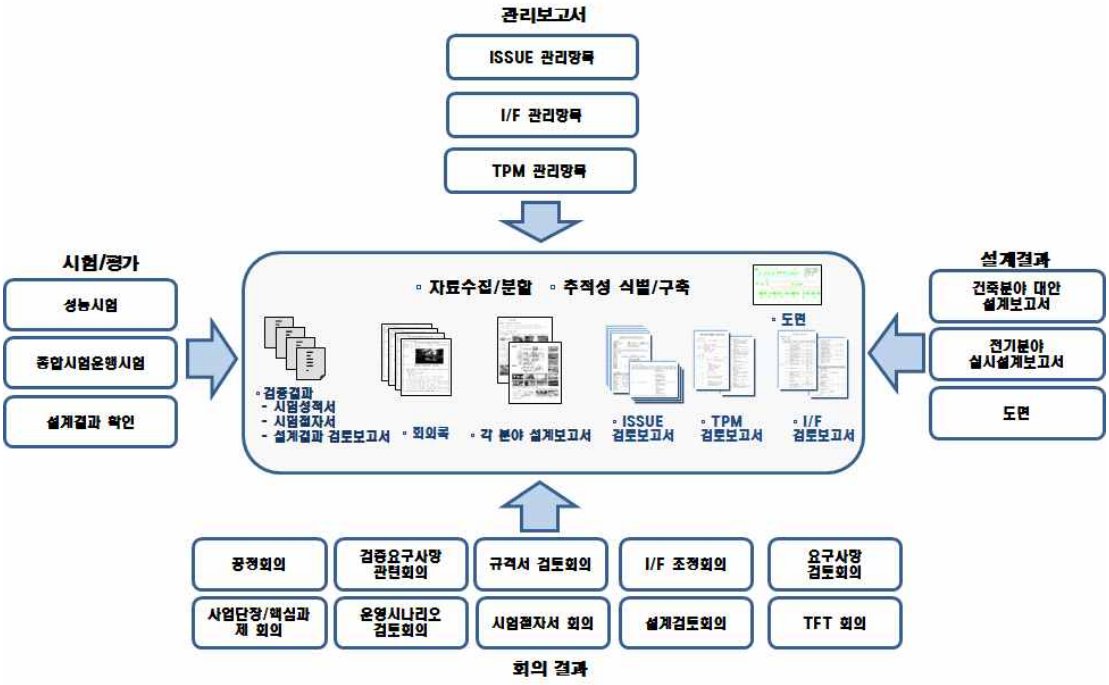
㉱ 주요 연구 실적

-사용자 중심의(User Centered) 요구사항 관리 DB 프로그램 개발_1건

④ SE활동결과 및 관련자료 추적성 식별 및 반영

㉮ 개 요

- 본 과제에서 개발/구축한 사용자 중심의 DB는 요구사항관련 체계 즉, 시스템요구사항, 서브시스템요구사항, 구성품체계, 규격, 검증요구사항, 시험평가 계획 뿐만아니라 요구사항관리 및 검증활동간 발생된 모든 문서를 수집/정리하여 그 활용도를 높이고자 하였다.
- 최종 정리된 항목은 예비설계결과(PDR), 상세설계결과(CDR), 성능시험/종합시험운행시험 결과(성적서), 설계검토결과, 특별관리항목(TPM, ISSUE, I/F) 검토결과, 실시/대안 설계보고서, 관련도면 등이다.
- 이렇게 정리된 모든 자료는 관련 요구사항체계와의 추적성을 식별하고 DB에 반영하여 그 활용도를 높이고자 하였다.



[그림 294]SE 활동결과 및 관련자료 추적성 구축현황

㉯ 최종 목표

- 요구사항 관련 자료(회의록/도면/검토보고서 등) 수집/추적성 구축

㉰ 주요 연구 내용

-사업 전 기간에 발생된 요구사항 관련 회의결과 수집 및 추적성 식별/DB 반영

- 특별 관리항목(TPM, ISSUE, I/F) 결과 정리 및 추적성 식별/DB 반영
- 실시/대안 설계결과 수집/분할 및 추적성 식별/DB반영
- 시험평가결과(성적서) 수집(성능시험/종합시험운행시험/설계결과검토) 및 추적성식별/DB반영

㉱ 주요 연구 실적

- 회의결과 수집 및 추적성 구축/DB 반영 건수_93건
- 특별 관리항목 결과 정리 및 추적성 식별/DB 반영 건수_70건
- 실시/대안 설계결과 수집 및 추적성 식별/DB반영 건수_26건
- 시험평가결과 수집(성능시험/종합시험운행시험/설계결과검토) 및 추적성식별/DB반영 건수

- 성능시험 성적서_465건 DB 반영
- 종합시험운행시험 성적서_77건
- 설계결과 검토보고서_1018건

[1-2과제]

가. 시스템 RAM 시연 계획 개정

본 문서는 인천 공항 시범노선에서 운행될 자기부상시스템의 시운전시 사용될 RAM 시연 계획서로 4차년도에 초안이 작성되었다. RAM 시연 기간 동안의 조직 구성 및 각 관련 기관들의 책임 범위를 중점적으로 서술하였으며 영업 시운전 동안 RAM 시연 활동 중에 개정될 수 있다.

6차년도에는 4,5차년도에 작성된 계획서를 바탕으로 각 기관별 협의를 거쳐 아래 내용이 수정되었다.

① 기술시운전 내용 삭제: 사업이 영업시운전 이전에 종료될 것으로 예정

② 열차운행장애 시간에 대해 관련 기관간의 귀책판정 시 고려 사항 추가

기능 순서	내용	영향	비고
고장통보	시스템에서 자동적으로 운영 사령실에 해당 알람 발생	운영 사령실에서 장애상황 파악, 조치 결정이 가능	시스템 설계/제작시 결정되는 기능(H/W & S/W)에 따름
조치결정	사령실에서 알람발생 시	장애상황 실시간 파악가능	장치 상태감시 기능이 제공
	사령실에 정보제공 미흡시	장애상황 파악을 위해 운영직원 현장파견 및 보고청취 후 조치방안 결정으로 장시간 소요	시스템 통합 및/또는 공급/시공 기관에서 기능보완 가능여부 재검토 필요
고장조치 자동실행	시스템에서 고장상황을 자동 대응하여 열차운행에 영향이 거의 없음	무인운전시스템에서 가장 이상적인 대응방식	주로 Ne 급 고장
운영직원 조치	고장상황을 운영사령이 서버에서 원격으로 대응하여 열차운행에 미미한 영향	운영사령의 판단을 거쳐 빠른 고장대응 가능	주로 Mi, Ne 급 고장
	- 역사, 차상에 근무하는 인원이 1차로 대응 하여 열차운행 - 열차 비운행 시간에 유지보수 직원이 고장정비(LRU 교체)	차상 안전요원 또는 순회 점검요원의 표준 물류시간 적용	주로 Mi 또는 MJ 고장
유지보수 직원조치	유지보수 직원이 출동 전에 고장 상황, 해결방안을 시스템 기능에 의해 통보 받은 후 출동	-표준 물류시간 적용 -고장 LRU 단순 교체에 의한 정비	-운영직원의 1차 대처 가능 여부 를 공급/시공 업체에서

			재검토 -주로 SG, MJ 고장
	유지보수 직원이 현장에서 장애/해결 방안을 파악할 때	최악의 지연사고 발생 가능	시스템 통합 및/또는 공급 /시공업체 에서 기능보완 가능 여부 재 검토

③ 1,2,3핵심, 운영기관 검토의견 반영 보완

④ 운영사(공항공사) 검토결과 반영 정량적 물류시간 삭제

※ 본 문서는 사업단에 승인 요청 중이며 승인이 완료되는 데로 자기부상실용화 사업단 관계기관에 배포하여 영업 시운전 전까지 준비 작업을 수행 할 수 있도록 할 예정이다.

나. 시스템 Hazard Log 개정

본 문서는 자기부상 시범노선의 운영 중에 잠재적으로 사망이나 부상을 초래할 수 있는 시스템 수준의 모든 해저드들을 포괄적이고 체계적으로 식별하고 기록하기 위하여 작성되며 문서의 목적은 아래와 같다.

- 포괄적이고 체계적으로 해저드를 식별이 시스템과 서브시스템 수준에서 각각 수행되고;
- 리스크를 적절하게 관리하고 완화하기 위한 안전장치, 절차, 대안을 기록함으로써 문서화 하고;
- 식별된 해저드 관련된 리스크 평가가 수행됨을 보장하기 위해서 작성한다.

본 문서에서 각각 공급업체들이 서브시스템 수준에서 식별한 안전성 관련 해저드를 수집하며 자기부상시스템 수준에서 식별된 해저드를 기록한다.
6차년도에는 양방향 무선 데이터 통신, PSD, 분기기의 서브시스템 해저드를 시스템 수준에서 확인/검토하여 시스템 수준의 해저드 로그에 기록하였다. 확인/검토된 서브시스템 수준의 해저드는 다음과 같다.

Hazard ID	Hazard Description	Involved Subsystem/ Assembly	Location	Causes	Consequences	Mitigation Measures	Risk Assessment			Remarks
							Severity	Frequency	Risk	
PSD/MISC/13	정전으로 인한 가동문의 개폐 불가	전원 공급장치	승강장	PCB 고장, 전기적 쇼트, 단락	정전으로 전체시스템 Down 됨	1. 무정전 전원공급장치의 설계용량을 30분 운용이 가능하도록 설계/제작함 2. 수동개폐장치/배닉바를 통한 승객의 이동이 가능함	2	E	Tolerable	
PSD/ENVI/01	열차풍(태풍) 및 외부충격으로 인한 강화유리의 이탈 또는 파손	강화 유리	승강장	파손	파손된 강화유리와 승객간의 접촉으로 이어지는 사고발생	1. 시방서 규격준수 제품 적용 - 8mm 이상 - KSL 2002 2. 파단강도(안전률 2.5 이상)	2	D	Undesirable	
PSD/O&M/01	열차풍(태풍) 및 외부충격으로 인한 구조물의 변형 또는 파손	구조체	승강장	파손, 변형	변형(파손)된 시설물 재시공	구조(강도) 계산서 제출과 시뮬레이션 테스트를 거친 구조체 제작/설치	1	D	Undesirable	
PSD/MISC/14	승객의 승/하차가 용이하지 못해 PSD 구조체와 부딪힘	구조체	승강장	전도, 접촉	승객들간, 구조체와 부딪히는 사고가 번번히 발생	시방서 기준 충족토록 설계 폭: 전동차 열림폭 + 300mm 높이: 2,000mm	1	D	Undesirable	
PSD/MISC/15	승객의 승/하차가 용이하지 못해 부딪힘	강화 유리	승강장	전도, 접촉	승객이 가동문과 착각하여 강화유리와 부딪힘	강화유리 중간에 충돌 방지용 안전띠를 설치	2	E	Tolerable	
PSD/O&M/02	승객이 이동시 도어턱에서 전기적 쇼크로 인해 넘어짐	도어턱	승강장	감전	휠체어 이동 시 스파크 발생, 승객이 전기적 쇼크로 충격을 받음	1. 노라텐트 설치로 정전효과를 극대화 함 2. 구조체간 분당접지 설치하여 전동차와 등전위로 만듦	1	D	Undesirable	
PSD/MISC/16	누설전류가 PSD 구조체에 흐름	전원 설비	승강장	감전	PSD 전원설비의 누설전류에 직접 접촉된 승객 및 직원의 감전사고 발생	1. 전기실 및 무정전 전원공급 장치(UPS)가 설치된 곳의 접근권한을 설정(잠금장치)	1	D	Undesirable	
PSD/MISC/17	누설전류가 PSD 구조체에 흐름	구조체	승강장	감전	PSD 구조체의 누설전류에 직접 접촉된 승객 및 직원의 감전사고 발생	1. AL에 절연도장 적용	1	D	Undesirable	
PSD/MISC/18	누설전류가 PSD 구조체에 흐름	접지	승강장	감전	PSD 구조체의 누설전류에 직접 접촉된 승객 및 직원의 감전사고 발생	1. 전차선 접지를 공통으로 하는 접지 사용(등전위 구성) 2. 구조체간 분당접지	1	D	Undesirable	
PSD/ENVI/02	승강장에 발화점 미상의 화재 발생	케이블류	승강장	화재	• 시스템 정지운행 차질 • PSD로 확산되어 제어불가능 • 이용객의 대피루트 혼선	1. 난연성 케이블 적용	1	D	Undesirable	
PSD/ENVI/03	승강장에 발화점 미상의 화재 발생	제어반	승강장	화재	• 시스템 정지운행 차질 • PSD로 확산되어 제어불가능 • 이용객의 대피루트 혼선	1. 과열될 수 있는 장치류에 냉각시설 설치 2. 과열될 소지의 장치에 대한 시험을 통한 안전성 증명	1	D	Undesirable	
PSD/MISC/19	승강장에 발화점 미상의 화재 발생	강화 유리	승강장	화재	• PSD로 확산되어 제어불가능 • 이용객의 대피루트 혼선	1. 비상용 망치를 비치하여 강화유리 파쇠 후 선로를 통해 비상탈출이 가능하게 함	1	E	Tolerable	

[그림 295]PSD 해저드

Hazard ID	Hazard Description	Involved Subsystem / Assembly	Location	Causes	Consequences	Mitigation Measures	Risk Assessment			Remarks
							Severity	Frequency	Risk	
TEL/O&M/1	제거된 장비 뚜껑 또는 외관의 경우 감전위험에 노출	차상,지상장치			감전사	장비 케이스 위에 "전원 차단" 경고 라벨 부착	1	C	intolerable	
TEL/ENV/1	통풍이 되지 않는 갇힌 공간 이거나 막힌 공간시 과열 위험	지상장치			시스템 과열	통풍원이 막히지 않도록 장비 배치	1	C	Undesirable	
TEL/ENV/2	좌석, 머리와 팔의 위치가 부적절 시 반복적인 동작 및 스트레스에 의한 부상 우려	판제설비			근무자 부상	편안한 의자와 책상 제공	3	C	intolerable	
TEL/ENV/3	먼지로 인해 막힌 공기 필터사용 시 시스템의 과열	차상,지상장치			시스템 과열	청결한 환경에 설치 및 운영	3	C	Undesirable	
TEL/Fail/1	전원 케이블이 연결된 상태에서의 전원 카드 교체	차상,지상장치			근무자의 전기 쇼크	교체 전원카드를 끄거나 연결된 전원케이블을 제거하고 작업	3	C	intolerable	
TEL/Fail/2	보호가 없이 카드를 교체시 전기적 소자 파괴 우려	차상,지상장치			ESD로 인한 전기적 소자 파괴	방지 후 교체, 정전기 방지 패드, 정전기 제거 팔찌, ESD 보호 필름 봉투 사용	3	C	Undesirable	
TEL/Fail/3	가이드 레일에서 카드 이탈 시 컨넥터 쪽 부품 손상 우려	차상,지상장치			컨넥터 쪽 연결 핀 손상	가이드 레일을 따라 카드를 삽입	3	C	Undesirable	
TEL/STR/1	날카로운 이물질에 의한 피복 손상	지상장치			통신 단절	케이블 외피에 경고 문구 부착 및 경고판 설치	2	B	Undesirable	
TEL/STR/2	전원 공급장치의 과전류 또는 미달 전류 발생으로 통신기능마비	차상,지상장치			통신 단절 또는 불안정	이중 전원 공급 장치를 이용한 상호 안정된 전원 공급	2	C	Undesirable	
TEL/Fail/4	본선 선로에서 약 3m 높이에 설치된 지상무선송수신기의 불량으로 인한 단위 모듈 교체시 추락에 의한 부상 우려	지상장치			근무자의 부상	지상무선송수신기 설치 폼대에 안전용 고리 설치	3	C	intolerable	
TEL/ENV/4	지상무선송수신기는 직사광선에 노출되는 선로변 설치함으로 과열에 의한 장비 손상 우려	지상			통신 단절	지상무선송수신기 기구 상단에 햇빛차단막 구조물 설치	2	B	Undesirable	
TEL/ENV/5	지상무선송수신기는 지상구간 선로변에 설치함으로 비나 눈이 장비 내부에 스며들어 전원 합선 유발로인한 통신기능마비	지상장치			통신단절	지상무선송수신기의 기구물을 비가 스며들지 않도록 방수구조로 제작	2	B	intolerable	
TEL/O&M/2	허락되지 않은 사용자가 무리하게 장비를 개봉하거나 손을 댈 경우 부주의로 장비 손상 우려	판제설비, 지상장치			통신단절	허락되지 않은 사용자가 사용할 수 없도록 책이나 장비에 키박스 설치	2	C	intolerable	
TEL/O&M/3	장마기간 또는 비가 계속 오는 기간, 손에 물이 묻은 상태에서 장비 점검 중 감전의 위험	차상, 지상장치			근무자의 전기 쇼크	감전위험" 경고 문구 부착	2	C	intolerable	
TEL/Fail/5	카드 교체 시 카드의 불충분한 고정시 비정상적인 동작으로 인한 통신장애 우려	지상장치			통신단절	장비 내부나 카드에 "고정 확인" 경고 문구 부착	2	C	intolerable	

[그림 296]양방향 무선 통신

Hazard ID	Hazard Description	Involved Subsystem / Assembly	Location	Causes	Consequences	Mitigation Measures	Risk Assessment			Remarks
							Severity	Frequency	Risk	
SWT/STR/3	분기 구조가 안정적이지 않음	거더	분기기	잠금장치 파손 또는 헐거워짐	잠재적인 탈선 혹은 충돌사고	(1) 공중부양 선로를 보호하는 볼트와 정확한 위치와 방향의 잠금장치 (2) 정확한 토크값 사양과 잠금장치의 사용	1	C	Un	
SWT/FAIL/2	공중부양 간격이 분기구간을 횡단할 때 유지되지 않음	부상/추진 레일	분기기	거더와 부상/추진 레일 정렬 허용오차	잠재적인 충돌사고 또는 파도하고 갑작스런 운동	(1) 분기기 설계시 거더가 보통 혹은 교차 위치에 핀심로 고정될 때 정렬 정확도를 보장해야 함 (2) 규칙적인 점검과 유지보수	1	C	Un	
SWT/STR/4	분기시 선로궤간이 유지되지 않음	분기 구조	분기기	고정된 교차지점의 파손/헐거워짐	잠재적인 충돌사고 또는 파도하고 갑작스런 운동	(1) 선로 급속 및 제조 과정이 해당되는 기준에 따라 구체화될 것 (2) 규칙적인 점검과 유지보수	1	C	Un	
SWT/O&M/1	경로가 설정되지 않음	이동대차와 stopper	분기기	잔해/장애물이 분기기 거더간 커버 사이에 달라붙음	잠재적인 탈선 또는 충돌사고	(1) 열차의 진행에 앞서 설계 분기 배열과 요청된 경로가 일치하도록 보장하는 ATC (2) 요청된 배열에 분기가 체폐되기 전에 열차의 움직임을 방지하는 ATC (3) 규칙적인 점검과 유지보수	1	E	To	HAF 제기 가능성 있음
SWT/FAIL/3	열차가 횡단할 동안 거더의 움직임이 비정상	분기 제어시스템	분기기	분기기 고장/통제 고장	잠재적인 탈선 또는 충돌사고	(1) 경로 연동이 안전장치가 되어있도록 보장 (2) 열차의 횡당동안 분기가 움직일 수 없도록 보장하는 클램프를 제공	1	C	Un	HAF 제기 가능성 있음
SWT/FAIL/4	열차가 횡단할 동안 거더의 움직임이 비정상	잠금장치	분기기	잠금 장치의 고장	잠재적인 열차 탈선/충돌사고	(1) 여분의 잠금 지점을 제공(예. 내부와 외부 잠금) (2) 규칙적인 점검과 유지보수	1	C	Un	
SWT/O&M/2	열차가 횡단할 동안 거더의 움직임이 비정상	수동 운전 메커니즘	분기기	분기기의 상태가 루지 않은 상황에서수동으로 작동	잠재적인 열차 탈선/충돌사고	(1) 비정상 상황에서의 분기 운행 절차가 명시된 기록된 절차가 준비되어야 함 (2) 열차가 교차로에 접근할 때 수동 통제가 불가능하도록 하는 통제장치 제공	1	C	Un	
SWT/FAIL/5	유지보수시 분기기가 동작상태로 전환됨	거더 구조	분기기	1. 접전 장치에 대한 부적절한 유지보수 절차 2. 부적당한 지면 설계	감전사	(1) 접전 시스템에 동력이 공급될 때마다 OCC와 현지 접속 지점에 경고문구를 알림 (2) 눈에 띄는 전기적 출력 경고 안내판이 설립되어야 함. 유지보수 직원에 대한 주기적인 재교련과 재훈련 (3) 유지보수 직원의 접근을 허용하기 전, 유지보수 직원은 OCC에 보고하고, OCC 운영자는 접전장치에 동력 공급을 중지해야함	2	E	To	HAF 제기 가능성 있음
SWT/FAIL/6	분기 제어시스템이 ATC 명령에 응답하지 않음	제어반	분기기	빗물이 제어반에 스며들어 전기 단락됨	서비스 중단	(1) 제어반은 한국의 환경적 조건에 적절한 IP 등급 달레되어야 함 (2) 설계팀은 통제기 설계에 침수 탐지 조항을 포함하도록 함	4	C	To	
SWT/FAIL/7	교차구역에 다른 열차가 나타남	N.A.	분기기	ATC가 분기구간에 다른 열차를 발견하지 못함	잠재적인 측면 충돌사고	ATP는 열차 감지에 주요한 안전장치 기능이기에 필수적이고 페일세이프 기능이 지속되어야 함	1	C	Un	HAF 제기 가능성 있음

[그림 297]시저스 분기기

각 서브시스템별로 식별된 해저드들은 아래 표와 같이 요약될 수 있다.

[표 198]해저드 주체에 따른 분류

내용	코드	해저드 수
시스템안전성 관리(1-2세부)	SYS	39
분기기시스템 (대명ENG)	SWT	73
전기시스템 공급업체(제3궤조)	EPS	13
신호시스템 (대우ENG)	SIG	52
통신시스템 공급업체	CCS	20
차량시스템 (2핵심)	ROS	110
PSD 공급업체(GS 네오텍)	PSD	102
합 계		409

[표 199]해저드 식별 결과 종합

잔존 리스크 등급	해저드 주체							
	SYS	SWT	ROS	SIG	PSD	PWR	CCS	소계
R1-Negligible	8	12	77	35	22	0	0	154
R2-Tolerable	31	41	33	17	33	0	0	155
R3-Undesirable	0	20	0	0	47	0	10	77
R4-Intolerable	0	0	0	0	0	13	10	23
해저드 합계	39	73	110	52	102	13	20	409

위와 같이 설계단계에서 분석된 해저드들 중 23개의 용인불가 등급의 해저드는 반드시 제거되어야 하는 해저드로 경감조치 이행을 통해 잔존 리스크가 용인가능 이하로 될 수 있게 서브시스템 수준의 설계문서, 시험보고서, 설치보고서, 및/또는 운영/유지보수 매뉴얼 형태로 완화대책들이 수행 되어야 한다. 이런 완화조치들이 수행되었다는 것을 확인/검증 절차를 거쳐 수용/종결처리 될 것이다. 그 외 해저드들은 적절한 경감조치를 취하거나 발주처(2/3핵심기관)의 동의 여부에 따라 종결처리 될 수 있다. 서브시스템 해저드 분석 내용은 대부분 보완요청이 된 상태이며 보완된 내용이 제출될 경우 1-2세부과제의 확인/검토 과정을 거쳐 본 문서를 지속적으로 개정 될 예정이다.

다. 시스템 FMECA 개정

본 문서에서는 아래 사항을 위하여 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선에 대한 시스템 수준의 FMECA를 분석한다.

- 고장모드의 전체시스템 수준에서의 검토와 이 고장이 열차운행서비스 장애에 미치는 잠재적인 중요도를 평가하고
- 시스템 작동상태에 대한 유용한 기술정보, 시스템 설계를 평가하기 위한 고장에 대한 용인범위, 그리고 만약 존재하면 주요한 싱글포인트 고장(single point failures)를 식별하며
- 시스템 RAM 분석을 위한 데이터를 지원하기 위해

본 문서(시스템 FMECA)는 자기부상실용화사업 6차년도까지 제출 받은 서브시스템의 FMECA를 기반으로 작성 한다.
6차년도에는 각 서브시스템별로 FMECA 분석이 활발하게 진행되어 신호, 분기기, PSD, 무선통신 분야의 분석 내용을 검토하여 시스템 수준의 FMECA에 반영하였다.
시스템 수준에 통합된 FMECA의 전체적인 내용은 아래 표와 같다.

[표 200]FMECA 분석 종합

서브시스템명		소계	고장 등급			
			SG	Mj	Mi	Ne
차량	추진장치	110	0	0	78	32
	보조전원장치	38	0	0	16	22
	TCMS	19	0	0	6	13
	대차	8	0	0	5	3
	부상장치	0	0	0	0	0
	HVAC	45	0	0	5	40
	통신장치	25	0	0	0	25
	제동장치	54	0	12	20	22
	Door	27	0	0	19	8
	연결기	50	1	4	0	45
신호	차상신호	11	0	0	11	0

	지상신호	27	0	0	27	0
	관제실	11	0	0	11	0
통신	양방향 무선 통신	17	0	0	6	11
전기	제3궤조	12	1	4	7	0
분기기	PSD	40	0	0	11	29
	시저스 분기기	42	4	8	23	7
	2,3 way 분기기	40	4	8	21	7
합계		**576**	**10**	**36**	**266**	**264**

전체적으로 576개의 고장모드가 분석되었고 이 중 36개의 고장 모드들이 중고장(MJ)이고, 10개의 고장모드들이 심각한 고장(SG)로 분석되었다. 아직 제출되지 않은 제3궤조의 경우에는 유사 프로젝트에서 얻어진 경험을 바탕으로 상위 수준의 기능을 분석하였다.

현재 차량과 PSD는 1-2세부과제의 검토과정을 거쳐 RAM 분석이 완료된 상태이며 상기 두 개의 서브시스템을 제외한 시스템들은 보완요청을 한 상태로 보완이 완료되는 데로 시스템 수준의 문서에 반영되어 본 문서를 개정할 예정이다.

라. 서브시스템별 실측 비용정보 갱신 및 예측모델 보완

(1) 접근 방법

RAM 분석 대상인 시스템(차량, 전력/통신, 신호, 분기기, PSD)은 기본적으로 각 시스템별로 RAM 분석 절차에 따라 신뢰성과 유지보수성 데이터가 도출되므로 여기에 재료비와 인건비를 추가하여 LCC를 계산하면 되나, 이외의 시스템의 경우에는 설계단계에서 유지보수성 데이터를 만들어내기에는 어려움이 있어 LCC 분석에 어려움이 있다. 이와 같이 RAM 분석이 수행되지 않는 차량외 시스템의 비용계산을 위해 본 과제에서는 유럽 REMAIN 프로젝트에서 개발된 LCC 분석 모델을 참조하여 비용 위주의 LCC 계산이 가능한 간략모델을 개발하였으며, 상위과제와 협의를 통해 LCC DB 수집양식을 일부 변경하여, 사업 참여 업체에 관련 데이터 제공을 요구하였다. 그러나 간략모델의 적용을 위한 대상 시스템 선정과 참여 업체의 LCC 데이터 제공 협조에 어려움이 있어 이를 해결하기 위한 회의를 사업단과 수차례 수행하였다. 그 결과로 RAM 분석 대상 이외의 시스템에 대해서는 자기부상열차에 특화된 시스템인 궤도시스템과 거더에 대해 본 과제에서 개발된 간략모델을 적용하는 것으로 하고, 이와 관련된 데이터는 상위과제에서 제공하여 개발된 간략 모델의 타당성을 검증하는 것으로 결정하였다.

또한 RAM 분석 대상인 시스템에 대해서는 RAM 분석 절차에 따라 상위과제에 제공된 PSD, 분기기, 신호시스템의 유지보수성 데이터를 토대로 완성차량 LCC 분석에 사용된 상세모델을 적용하여 LCC 분석을 수행하였다.

(2) 연구내용

(가) 간략모델 적용 LCC 분석(RAMS 분석 대상 이외의 시스템)

1) 궤도시스템

자기부상열차 궤도시스템은 구조체계로 볼 때 크게 침목장치, 부상레일, 레일이음매, 추진레일로 구성되어 있으며, 이중 침목장치는 침목패드, 침목 및 체결부, 플린스로 구분할 수 있다. LCC 분석을 위한 수집된 입력 데이터로서 글로벌 데이터를 아래 그림에 보이고 각 궤도시스템 구성품에 대한 예방보수 데이터는 다음 그림에 보인다.

Item ID						시스템 명칭	사용 년수 (Year)	유지보수장비 구입비용	소모품 + 예비품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (설치 비용 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용	기본 화폐 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)
L1	L2	L3	L4	L5	L6									
5	1	1	0	0	0	궤도시스템	70		290,000,000		1,019,439,474	20,388,789,478		KRW

[그림 298]Global data (초기 구입비용)

Item ID						Item명	수량	수량 기준 단위 (Unit)	연간 예방 정비 횟수	/Unit /회 정비 시 소모되는 자원				연간 로지스틱 비용	화폐 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	비고
L1	L2	L3	L4	L5	L6					재료비용 (예비품 + 소모품)	인력 수	정비 시간	인시			
5	1	1	0	0	0	궤도시스템	1	식								
5	1	1	1	0	0	침목 장치	32526	개								
5	1	1	1	1	0	침목 패드	1	조	0.05	43,212	7.2	0.66	4.752			
5	1	1	1	2	0	침목 및 체결부	1	개	0.33	49	14.3	0.026	0.3718			
5	1	1	1	3	0	플린스	1	개	0.033	287,291	7.78	0.952	7.40656			
5	1	1	2	0	0	부상레일 (부상레일 + 레일체결장치)	15.6	Km	0.2	61,079	11.7	20	234			
5	1	1	3	0	0	레일이음매	2364	개	0.5	19,200	1.3	1.5	1.95			
5	1	1	4	0	0	주진레일	15.6	Km	0.2	7,820	2.3	36	82.8			

[그림 299]예방보수 data

상기 입력 데이터에 대해 궤도시스템의 개발된 간략모델을 적용하여 계산된 LCC 결과를 아래 그림에 보인다. 아래 그림은 궤도시스템의 수명을 70년으로 보고 10년간의 LCC 운영비용 추이를 보인 것이다. 궤도시스템의 경우 10년간 누적 LCC 비용은 개략 64억원이며 이 중 77.1%가 초기투자비용이고 나머지 22.9%가 예방정비비용임을 알 수 있다.

궤도시스템의 경우 사고 예방을 위해 침목에 대한 점검이 중요하다. 따라서 침목의 예방점검횟수에 대한 LCC 비용 추이를 알기 위해 침목의 연간 예방정비횟수를 0.05로 한 경우와 0.1로 한 경우에 대한 LCC 비용을 비교해 보았다.

다음 그림은 모든 것은 동일하게 하고 침목의 연간 예방정비횟수만을 0.1로 하였을 때의 10년간의 누적 LCC 운영비용을 보인 것이다. 침목의 연간 예방정비횟수를 0.05에서 0.1로 2배로 늘릴 경우 10년간 누적 LCC 비용은 약 80억원이 소요되어 약 16억원이 증가됨을 알 수 있다.

1. 프로젝트 GLOBAL 정보

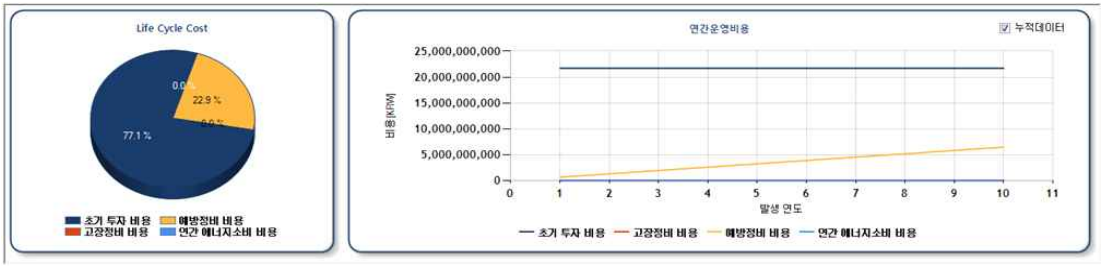
계산 일자	2011-11-30 오후 3:59:47
총 운영 연수	70
계산 연도	1~10
연간운행거리	70
할인율	0
할인율 적용 여부	아니요
달러(USD) 환율 (1$)	1
유로(EUR) 환율 (1€)	1
엔화(JPY) 환율 (100¥)	1
계산 화폐 단위	KRW

2. SYSTEM GLOBAL 데이터

Item ID						시스템 명	기본화폐 단위	수량	수명주기 길이 (year)	유지보수 장비 구입 비용	소모품 구입 비용	엔지니어링 비용	시스템 구입 비용 (설치비 포함)	훈련 및 교육 비용	연간 에너지소비 비용
L1	L2	L3	L4	L5	L6										
5	0	0	0	0	0	궤도시스템	KRW	1	70	290,000,000	0	1,019,439,474	20,388,789,478	0	0

3. 연간 운영비용

Item ID						Item명	1 년	2 년	3 년	4 년	5 년	6 년	7 년	8 년	9 년	10 년	합계 (KRW)
L1	L2	L3	L4	L5	L6												
						lcc5 (Project)	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	6,460,497,005
5	0	0	0	0	0	궤도시스템	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	646,049,700	6,460,497,005
5	1	0	0	0	0	침목 (침목+패드+침목체결	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	588,148,853	5,881,488,531
5	1	1	0	0	0	침목 패드	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	152,387,563	1,523,875,626
5	1	2	0	0	0	침목 및 체결부	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	429,276,115
5	1	3	0	0	0	플린스	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	3,928,336,790
5	2	0	0	0	0	부상레일 (부상레일 + 레일	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	79,476,665
5	3	0	0	0	0	레일이음매	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	471,839,625
5	4	0	0	0	0	주진레일	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	27,692,184



[그림 300]LCC 계산 결과 (10년 추이, 침목 연간정비횟수 0.05)

1. 프로젝트 GLOBAL 정보

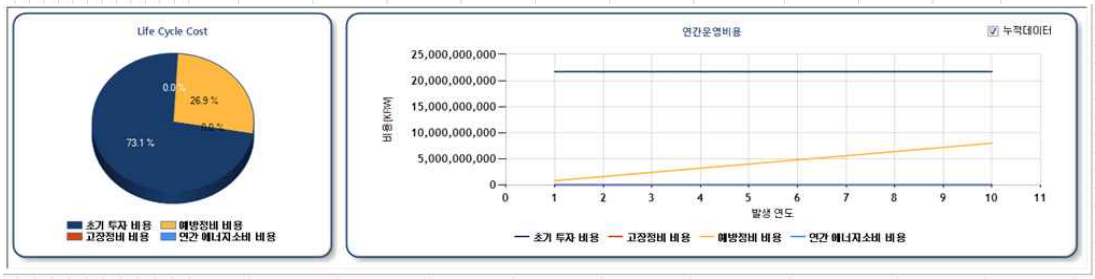
계산 일자	2011-11-30 오후 4:00:19
총 운영 연수	70
계산 연도	1~10
연간운행거리	70
할인율	0
할인율 적용 여부	아니요
달러(USD) 환율 (1$)	1
유로(EUR) 환율 (1€)	1
엔화(JPY) 환율 (100￥)	1
계산 화폐 단위	KRW

2. SYSTEM GLOBAL 데이터

Item ID						시스템 명	기본화폐 단위	수량	수명주기 길이 (year)	유지보수 장비 구입 비용	소모품 구입 비용	엔지니어링 비용	시스템 구입 비용 (설치비 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용
L1	L2	L3	L4	L5	L6										
5	0	0	0	0	0	궤도시스템	KRW	1	70	290,000,000	0	1,019,439,474	20,388,789,478	0	0

3. 연간 운영비용

Item ID						Item명	1 년	2 년	3 년	4 년	5 년	6 년	7 년	8 년	9 년	10 년	합계 (KRW)
L1	L2	L3	L4	L5	L6												
						lcc5 (Project)	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	7,984,372,631
5	0	0	0	0	0	궤도시스템	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	798,437,263	7,984,372,631
5	1	0	0	0	0	침목 (침목+패드+침목체결	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	740,536,416	7,405,364,157
5	1	1	0	0	0	침목 패드	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	304,775,125	3,047,751,252
5	1	2	0	0	0	침목 및 체결부	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	42,927,612	429,276,115
5	1	3	0	0	0	플린스	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	392,833,679	3,928,336,790
5	2	0	0	0	0	부상레일 (부상레일 + 레일	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	7,947,666	79,476,665
5	3	0	0	0	0	레일이음매	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	47,183,963	471,839,625
5	4	0	0	0	0	추진레일	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	2,769,218	27,692,184



[그림 301]LCC 계산 결과 (10년 추이, 침목 연간정비횟수 0.1)

본 분석 결과는 입력데이터로 초기 구입비용인 유지보수장비구입비용, 엔지니어링 비용이 생략된 상태에서 계산된 것으로 향후 관련 비용에 대한 데이터가 확보된다면 보다 정확한 LCC 비용 예측이 가능하게 될 것이다.

(나)상세모델 적용 LCC 분석(RAMS 분석 대상)

1) 신호시스템

LCC 분석을 위해 전반적으로 적용이 되는 총 운영 년수와 할인율, 인시비 등 global data를 5차년도에 수행한 차량시스템과 동일한 조건인 표5와 같이 입력하여 분석 하였다.

[표 201]글로벌 데이터 항목 및 조사 내용

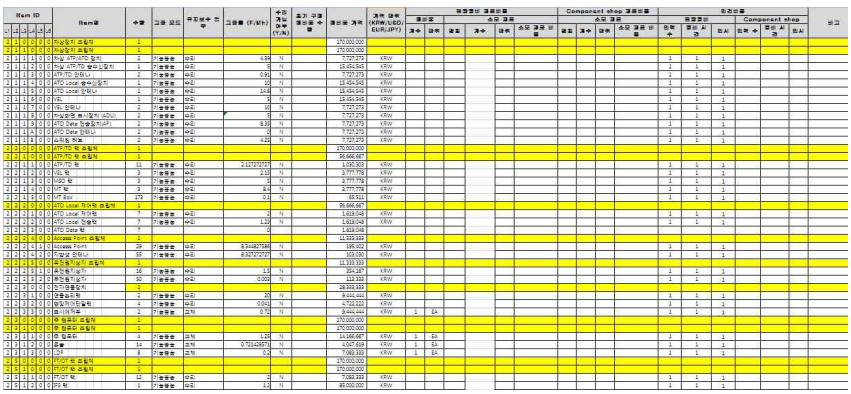
총 운영 년수	25년
연간 운행 거리	500,000Km
할인율	0.00%
환율 정보	1$=1,300.00
계산 단위	KRW(원)
인시비	9,375원 (=월평균1,500,000원/근무일 수 20일/8시간 근무)

상위과제로부터 제공 받은 신호시스템 자료는 차상장치 조립체라고 명기되어 있으며, 단가 정보가 없는 상태이기 때문에 단가를 추정하기 위하여, 인터넷을 통한 가격 정보를 조사하였다. 유사 정보로 아시아 경제(asiae.co.kr)사의 “도시철도공사들, ‘신기술 개발’이 100년 먹거리” 기사를 참조, 납품가격을 대당 8억으로 추정했으며, 단가는 설치비 등을 제외하고 납품 추정가격의 85%인 6.8억으로 산정하였다. 품목별 단가는 시스템구입비용을 구성수량에 맞추어 제공된 수량의 단위 개수로 분할하여 입력하였다. 고장율은 RAM 시트에 입력된 값을 시간당 고장율로 간주하여 백만 시간당 고장율로 환산해서 입력하였다.

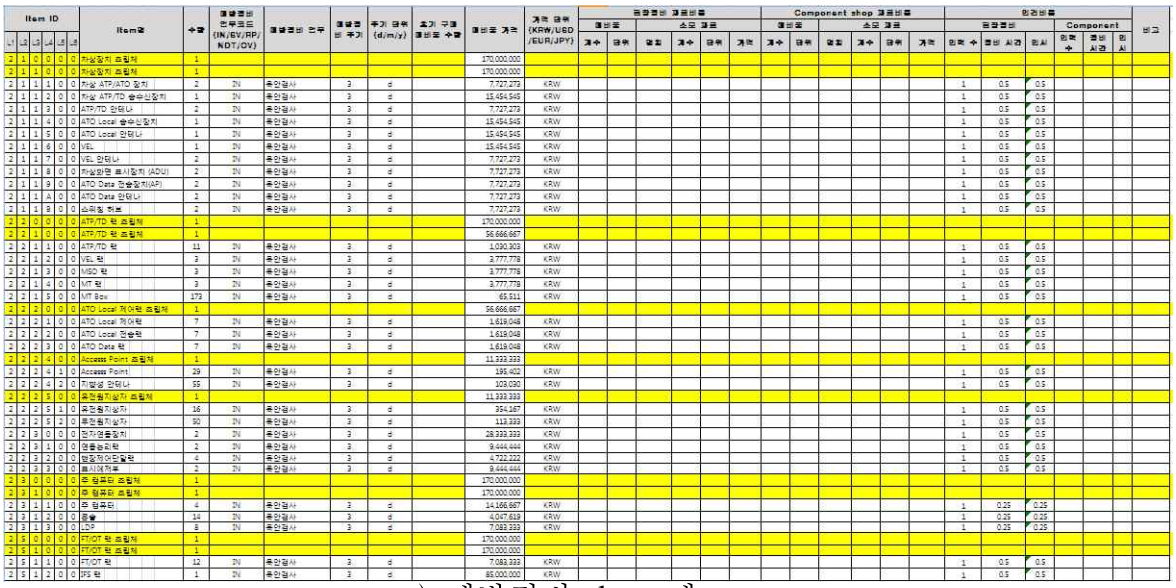
또한 업체로부터 제공된 신호시스템의 고장정비 시트중 [211800] 차상화면표시장치(ADU)의 고장율이 1E+01로 입력되어 있어서 입력 오류로 판단하여, 1E-05로 수정하여 계산하였다. 계산에 사용된 신호시스템의 LCC DB를 아래 그림에 보인다.

Item ID							시스템 명칭	수량	사용 년수 (Year)	유지보수장비 구입비용	소모품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (설치 비용 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용	기본 화폐 단위
L1	L2	L3	L4	L5	L6											
2	0	0	0	0	0	0	신호시스템	4	25				8,200,000,000			KRW

a) Global data



b) 고장정비 data 예



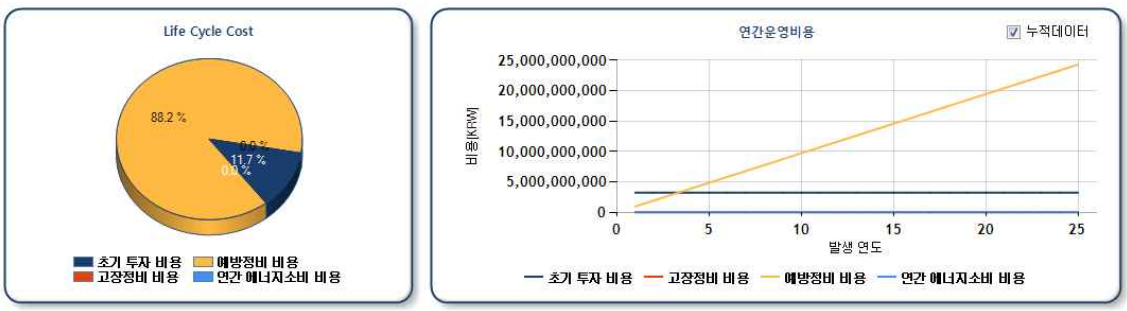
c) 예방정비 data 예

[신호시스템 LCC 입력 DB]

신호시스템에 대한 총 운영연수 25년에 대한 LCC 유지보수비용 계산 결과 및 연간 누적비용 증가 추이를 아래 그림에 보인다.

비용항목	합계 (KRW)
신호시스템	27,527,669,767
초기 투자 비용	3,233,144,767
유지보수장비 구입 비용	0
소모품 구입 비용	0
엔지니어링 비용	0
시스템 구입 비용	3,200,000,000
훈련 및 교육 비용	0
초기 예비품 비용	33,144,767
유지보수 및 운영 비용	24,294,525,000
고장정비 비용	4,537,500
예방정비 비용	24,289,987,500
연간 에너지소비 비용	0

a) 유지보수비용 결과 (25년)



b) 연간 누적비용 증가 추이

[신호시스템 LCC 계산 결과]

2) 분기기

분기기 단가 또한 상위과제에서 제공받은 데이터가 없어 여기서는 분석을위해 PSD와 마찬가지로 “한국건설교통기술평가원 시범노선선정추진위원회“의 “도시형자기부상열차 실용화사업 시범노선제안서작성지침”에 있는 공사비용을 이용해서 간접적으로 추정하여 입력하였다. 공사비용이 개당 15억이고 단가를 공사비용의 85%라고 가정하여 시스템 단가를 12.75억으로 산정하였다. 분기기의 공사비용이 2way와 3way 각각에 대해 알 수 없어서 2way 9개, 3way 1개이지만 10개의 2way 라고 가정하여 계산하였다. 예방정비 작업주기에 시간단위로 입력되어있는 것은 명확하게 단위가 언급되어 있지 않아 월 단위로 가정하여 입력하였다. 아래의 그림에 계산에 사용된 분기기 LCC DB를 보인다.

Item ID													
L1	L2	L3	L4	L5	L6	시스템 명칭	수량	사용 년수 (Year)	유지보수장비 구입비용	소모품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (설치 비용 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용	기본 통화 단위
6	0	0	0	0	0	분기기	10	25				15,000,000,000			KRW

a) Global data

Item ID																																					
														현장정비 자재비용						Component shop 자재비용				연간비용											
														예비품		소모 자재				소모 자재				현장정비			Component shop							
L1	L2	L3	L4	L5	L6	Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	개수	단위	경과	개수	단위	소모 자재	경과	개수	단위	소모 자재	인력 수	정비 시간	연시	인력 수	정비 시간	연시	비고
6	D	0	0	0	0	자여장치 조립체	1						637,500,000																								
6	D	1	0	0	0	파워실린더 조립체	1						79,687,500																								
6	D	1	1	0	0	BALL BEARING 조립체	1						15,937,500																								
6	D	1	1	6	0	BALL BEARING	8						996,094																								
6	D	1	1	A	0	BALL BEARING	4						1,992,188																								
6	D	1	2	0	0	BALL BEARING 조립체	1						15,937,500																								
6	D	1	2	6	0	BALL BEARING	8						1,992,188																								
6	D	1	3	0	0	BALL BEARING 조립체	1						15,937,500																								
6	D	1	3	7	0	BALL BEARING	6						2,656,250																								
6	D	1	4	0	0	BALL BEARING 조립체	1						15,937,500																								
6	D	1	4	4	0	BALL BEARING	24						664,063																								
6	D	1	5	0	0	POWER CYLINDER	4	과손	수리/부품교체	1.25	N		3,984,375	KRW	1	EA									2	0.5	1										
6	D	2	0	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1						79,687,500																								
6	D	2	1	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1						39,843,750																								
6	D	2	1	7	0	TAPER ROLLER BEARING	8						1,660,156																								
6	D	2	1	8	0	OIL SEAL	3						4,427,083																								
6	D	2	1	A	0	LOCK NUT/WASH ER (한치윤뇌)	3						4,427,083																								
6	D	2	2	0	0	TAPER ROLLER BEARING (한치윤뇌) 조	1						39,843,750																								
6	D	2	2	5	0	TAPER ROLLER BEARING (한치윤뇌)	6						2,213,542																								
6	D	2	2	6	0	OIL SEAL (파워실린더)	4						3,320,313																								
6	D	2	2	8	0	LOCK NUT/WASH ER (파워실린더)	4						3,320,313																								

b) 고장정비 data 예

Item ID																																					
															현장정비 자재비용							Component shop 자재비용						인건비용									
															예비품			소모 자재				예비품			소모 자재				현장정비			Component				
L1	L2	L3	L4	L5	L6	Item명	수량	현장정비 인력종류 (IN/SV/RP/NDT/DV)	현장정비 인력	유지 주기 (time/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	개수	단위	교체	개수	단위	가격	개수	단위	교체	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	예비품 수	정비 시간	인시	비고
6	E	1	0	7	0	Output Module	2	IN	유안정사/운전장치,LED 점등상태	9	m		11,383,929	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	1	0	G	0	SSR	6	IN	유안정사/전압측정	9	m		1,264,881	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	1	0	0	0	INVERTER 조립체	1						318,750,000																								
6	E	2	2	0	0	DIVERTER	1	IN	유안정사,전류/전압측정,인버터/파워가속정	4.3	m		26,562,500	KRW													2	2	4				양품
6	E	2	3	0	0	버선홀차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 풀림 인지, 가재, 절연사업	4.3	m		26,562,500	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	4	0	0	버선홀차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 풀림 인지, 가재, 절연사업	4.3	m		26,562,500	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	5	0	0	버선홀차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 풀림 인지, 가재, 절연사업	4.3	m		26,562,500	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	6	0	0	버선홀차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 풀림 인지, 가재, 절연사업	4.3	m		26,562,500	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	7	0	0	버선홀차단기/BK	2	IN	단자나사, 풀림 인지, 가재, 절연사업	4.3	m		6,640,625	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	8	0	0	프리휠모듈, 버선홀차단기(MMS)	4	IN	전압측정, 프릴 기능사업, 절연상태	4.3	m		1,660,156	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	9	0	0	전기접촉기(22AF)	4	IN	조절변사, 체결나사,푸쉬확인, 전자석부 확인	4.3	m		1,660,156	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	A	0	0	보조계전기	4	IN	전압측정,동작확인	4.3	m		1,660,156	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	B	0	0	보조계전기	15	IN	유안정사/릴레이 접점 마모확인,조절상태 확인	4.3	m		118,056	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	D	0	0	SOLID STATE RELAY	1	IN	유안정사/동작상태 확인전압측정	4.3	m		26,562,500	KRW													1	0.3	0.3				양품
6	E	2	1	0	0	DULTED FUSE	12	IN	유안정사	4.3	m		184,482	KRW													1	0.3	0.3				양품

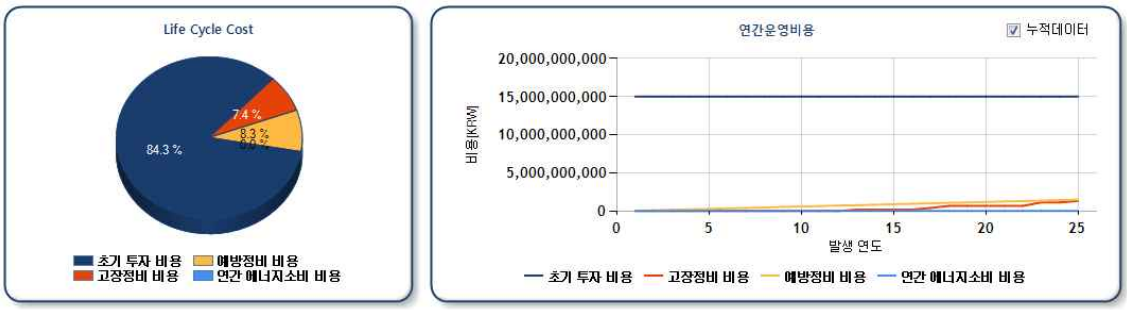
c) 예방정비 data 예

[분기기 LCC 입력 DB]

분기기에 대한 총 운영연수 25년에 대한 LCC 유지보수비용 계산 결과 및 연간 누적비용 증가 추이를 아래 그림에 보인다.

비용항목	합계 (KRW)
분기기	17,799,616,518
초기 투자 비용	15,000,000,000
유지보수장비 구입 비용	0
소모품 구입 비용	0
엔지니어링 비용	0
시스템 구입 비용	15,000,000,000
훈련 및 교육 비용	0
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	2,799,616,518
고장정비 비용	1,319,988,393
예방정비 비용	1,479,628,125
연간 에너지소비 비용	0

a) 유지보수비용 결과 (25년)



b) 연간 누적비용 증가 추이

[분기기 LCC 계산 결과]

(다) RAMS 분석 대상 시스템 LCC 분석 검토

차량외 시스템인 신호시스템, PSD, 분기기에 대한 LCC 분석 결과를 비교해 보면 각각의 시스템은 유지보수비용과 유지보수비용의 연간 변화추이가 서로 다르게 나타났으며, 이는 각 시스템의 특성을 반영한 결과라 생각한다. 신호시스템의 경우 예방정비에 따른 비용 지출이 유지 비용의 대부분을 차지할 것으로 예상되었고, PSD는 고장정비에 따른 비용 지출이 높게 나타났으며, 분기기의 경우에는 유지보수비용에 대한 비중보다 초기투자비용에 대한 비중이 큰 것으로 나타났다. 아래 그림에 분석된 시스템에 대한 연간 유지보수비용의 일부를 보인다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년
자기부상열차2	51,213,102,143	21,208,000,6..	1,081,625,625	1,176,147,750	1,058,000,625	1,081,625,625	1,348,023,750	1,058,411,250
[200000] 신호시스템	27,494,525,000	4,166,487,500	974,475,000	974,475,000	966,487,500	974,475,000	974,625,000	966,487,500
[210000] 차상장치 조립체	1,026,900,000	40,837,500	41,175,000	41,175,000	40,837,500	41,175,000	41,175,000	40,837,500
[220000] ATP/TD 랙 조립체	21,785,137,500	866,662,500	873,825,000	873,825,000	866,662,500	873,825,000	873,975,000	866,662,500
[230000] 주 컴퓨터 조립체	741,243,750	29,493,750	29,737,500	29,737,500	29,493,750	29,737,500	29,737,500	29,493,750
[250000] FT/OT 랙 조립체	741,243,750	29,493,750	29,737,500	29,737,500	29,493,750	29,737,500	29,737,500	29,493,750
[500000] PSD (승강장스크린도어)..	5,918,960,625	1,995,585,000	45,585,000	129,954,000	45,585,000	45,585,000	301,680,000	45,995,625
[510000] 구동부	495,877,500	19,800,000	19,800,000	19,800,000	19,800,000	19,800,000	19,800,000	20,092,500
[520000] 구조체	2,250,975,000	18,360,000	18,360,000	102,729,000	18,360,000	18,360,000	274,455,000	18,360,000
[530000] 연동제어부	778,303,125	6,255,000	6,255,000	6,255,000	6,255,000	6,255,000	6,255,000	6,350,625

[그림 302]연간유지보수비용 예

그림 303은 현재까지 제공된 데이터와 각 시스템 단가 입력의 가정 하에 각 시스템별로 유지보수비용을 비교한 결과이다.

[그림 303]각 시스템별 유지보수비용 비교

앞에 보이듯이 각 시스템은 25년의 운행기간 동안 유지보수비용에 차이가 있음을 알 수 있으며, 본 비교대상 시스템에서는 신호시스템이 약 275억원으로 가장 많은 유지보수비용이 지출되리라는 것을 알 수 있다.

여기서 LCC 결과는 상위과제로부터 제공받은 RAM 데이터와 인터넷을 통해 추정된 단가를 가지고 분석한 것으로 향후 신뢰성이 향상된 RAM 데이터와 단가를 적용하면 보다 정확한 LCC 계산이 가능할 것으로 판단된다. 여러 가정을 적용하여 분석하였으나 LCC 결과를 보면 본 과제에서 개발한 LCC 모델과 LCC SW 가 철도시스템의 LCC 분석에 효용성이 있음을 충분히 확인할 수 있다.

(2) 연구결과

6차년도인 당해 연도에는 데이터 제공이 가능한 PSD, 분기기, 신호시스템 등의 차량 외 시스템을 대상으로, 국내 현장에서 제공할 수 있는 LCC 데이터 수준을 감안한 LCC 계산 모델을 검토하고 입수된 데이터 및 추정치를 이용하여 LCC 분석을 수행해 보았다. 올해 분석한 시스템들은 RAM 분석 대상으로 현재 관련 RAM 분석 업무가 진행되고 있는 상황이기에 본 과제에서 개발된 상세 모델의 적용 대상이라고 할 수 있다. 그러나 현 상태에서는 RAM 분석시 요구되는 신뢰성(고장정보), 유지보수성(유지보수정보)가 명확히 구분되어지지 않았고, 분석 대상 아이템에 대해서도 LCC 분석에 바

로 적용이 가능할 정도의 명확한 구분 체계가 갖추어 지지 않아 제공받은 데이터에 대한 검증이 향후 일련의 절차를 통해 이루어져야 될 것으로 판단된다. 그러나 RAM 데이터를 적용한 차량 외 시스템에 대한 LCC 분석이 국내에서는 처음 시도되는 것이고, 시운전 등을 통하여 점차 실제 현상을 정확하게 반영한 데이터가 축적된다면, 본 과제에서 개발된 LCC 모델과 S/W의 활용하여 유지보수 측면에서의 보다 신뢰성 있는 LCC 분석이 가능하게 될 것이라 판단된다.

마. 시험선 FRACAS 수행

본 문서에서는 대전시 한국기계연구원 시험선에서 수행된 완성차량 예비 주행시험에서 얻은 초기 알람 발생을 정리하고, 완성차량 예비 주행시험 중 발생한 고장에 대한 조사를 위해 고장분석을 수행한다.

또한 시범노선 영업시운전 중 또는 영업운영 중에 발생하는 알람들을 FRACAS 절차에 따라서 수행할 예정인 고장분석 결과를 유사 무인운전시스템에서 얻은 데이터를 바탕으로 예제로서 설명하여 FRACAS 절차에 대한 연구원들의 이해를 돕고자 한다.

FRACAS(Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System) 수행의 목적은 자기부상 시스템의 신뢰성에 관한 정확한 정보를 제공하고 고장해결을 위해 서브시스템 공급자들이 교정조치를 정확하게 수행하는지 감시하기 위해서 수행한다.

이런 목적을 바탕으로 6차년도에는 4~5차년도에서 수행해왔던 것과 마찬가지로 1핵심의 도움을 받아 시험선의 차량 고장데이터를 수집하여 차량 관련 부품들의 알람 발생 빈도 및 고장 모드 경향에 대하여 분석 작업을 진행하였다. 아래의 표.6와 표.7은 차량시스템의 장치 별 알람 건수와 고장영향 분석을 나타낸다.

[표 202]차량시스템 장치 별 알람 건수

서브시스템	조립품목	알람건수
차량	Inverter	265
	Magnet Driver	752
	Motor Encoder	0
	SIV	20
	HVAC	2
	HFC	40
합계		1,079

[표 203]차량시스템의 고장영향 분석

고장영향	조립품목					
	Inverter	Magnet Driver	Motor Encoder	SIV	HVAC	HFC
서비스 영향 있음[Y]	11	60	-	20	-	40
서비스 영향 없음[N]	254	692	6	-	2	-
열차 지연 있음[Y]	-	57	-	20	-	40
열차 지연 없음[N]	265	695	6	-	2	-
현장 복구 필요[Y]	-	689	-	20	-	-
현장 복구 없음[N]	265	63	6	-	2	40

시험선 차량 고장데이터 수집 결과 총 1,079건의 고장이 발생하였고 대부분의 고장은 위 표에 있는 6가지 부품에서 주로 발생하였다.

- Inverter : 265건의 고장이 발생하였고 열차 지연에는 영향을 주었으나 모두 차상에서 복구가 가능한 고장들임.
- Magnet Driver: 752건의 고장이 발생하였고 대부분의 고장이 열차서비스 운행 지연을 발생하는 고장들은 아니지만 차상에서 복구가 불가해 근원을 해결하기 위해 다른 조치가 필요함.
- Motor Encorder: 6건의 고장이 발생하였고 열차 지연에 영향 없음.
- SIV: 20건의 고장이 발생하였고 열차 지연을 야기하였으며 차량 업체의 교정 작업이 필요한 사항임.
- HVAC: 2건의 고장이 발생하였으며 특별한 열차 지연을 야기하지 않음.
- HFC: 40건의 고장이 발생하였고 모든 고장이 열차 지연을 발생시켰으나 차상 에서 모두 복구가 가능한 고장들임.

기계연구원 시험차량의 고장 데이터는 1핵심, 2핵심의 협조를 통해 수집되며 수집/분석된 데이터는 양산차에 반영을 위해 2핵심에 통보한다.

바. 시스템 FRACAS 절차서 개정

본 문서는 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 영업시운전 기간 동안 수행할 시스템 RAM 시연활동 중에 발생 가능성이 있는 자기부상시스템의 고장 데이터를 수집, 분석하는데 필요한 업무절차, 방법론을 설명하고 있으며 이러한 절차들은 자기부상시스템 영업운영 기간에도 동일한 방식으로 적용할 수 있다.

FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System, 고장 보고·분석·교정 활동 시스템)는 자기부상시스템의 신뢰성 측정을 위해 정확한 데이터를 제공하고 고장해결을 위한 교정활동의 정확성을 감시/통제하는데 사용된다.

당 절차서는 영업시운전 기간 동안 RAM 입증 시험 시 사용될 예정이다. 4차년도에 초안이 작성되었으며 초안을 바탕으로 영업 시운전 시작 전까지 수정/보완해 나간다.

본 6차년도에는 FRACAS절차서와 관련된 업무로 고장데이터 수집 S/W 개발을 진행하였다. FRACAS를 수행함에 있어 수행 절차는 FRACAS 절차를 기반으로 하며 FRACAS 절차는 고장데이터 수집 방식에 따라 긴밀하게 연결 될 수 있다.

후속과제로 진행될 예정인 시스템 RAM시연 기간 동안 FRACAS 수행을 함께 진행할 예정이며 수행을 위한 절차와 함께 고장데이터 수집 S/W 의 구축이 선결될 필요가 있다.

따라서, S/W 구축을 위해 각 서브시스템별로 상이한 DB 및 고장 코드를 표준화 시켜 시스템 수준에서 자동으로 수집 될 수 있도록 한다. 아래의 화면은 S/W의 화면 구성을 나타낸 것이다.

본 S/W는 요구사항을 반영하여 7차년도 이후 후속과제로 진행될 예정인 영업시운전 전까지 제작될 예정이며 본선 영업 시운전 기간 동안 고장 데이터를 수집하는데 사용될 것이다.

화면 명	운행실적 목록 (역기준)	화면구분	메인화면	작성자	김의준	작성일	2012.4.23

화면 레이아웃

기간종류 [▾] 운행일자 [ ] ~ [ ]

- 구간
- 일일
- 주간
- 월간

역명	운행 방향	열차출발 계획건수	임시열차 출발건수	서비스 지연건수	가용성	SG 지연건수	MJ 지연건수	Mi 지연건수	Ne 지연건수
101 역사	상행	100	0	3	97%	1	2	1	5
	하행	121	0	0	100%	0	0	1	1
	소계	221	0	4	98%	1	2	2	6
102 역사	상행								
	하행								
	소계								
103 역사	상행								
	하행								
	소계								
합계	-	430	0	7	98%	2	4	4	12

[그림 304]화면 설계 1

화면 명	열차운행 관련 알람/고장 정보	화면구분	팝업화면	작성자	김의준	작성일	2012.4.23

화면 레이아웃

열차운행 관련 알람/고장 정보 조회

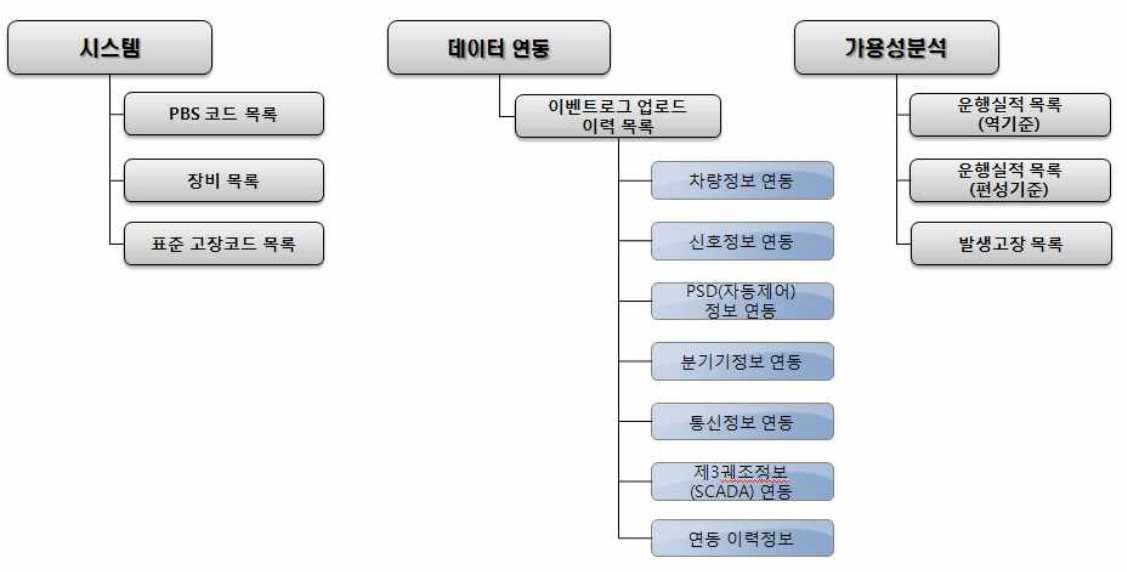
[표준수정] [고장추가] [수정] [삭제] [관련고장추가선택] [로그조회]

편성번호 : 101 편성 열차번호 : 3001 운행일자 : 2012-01-10

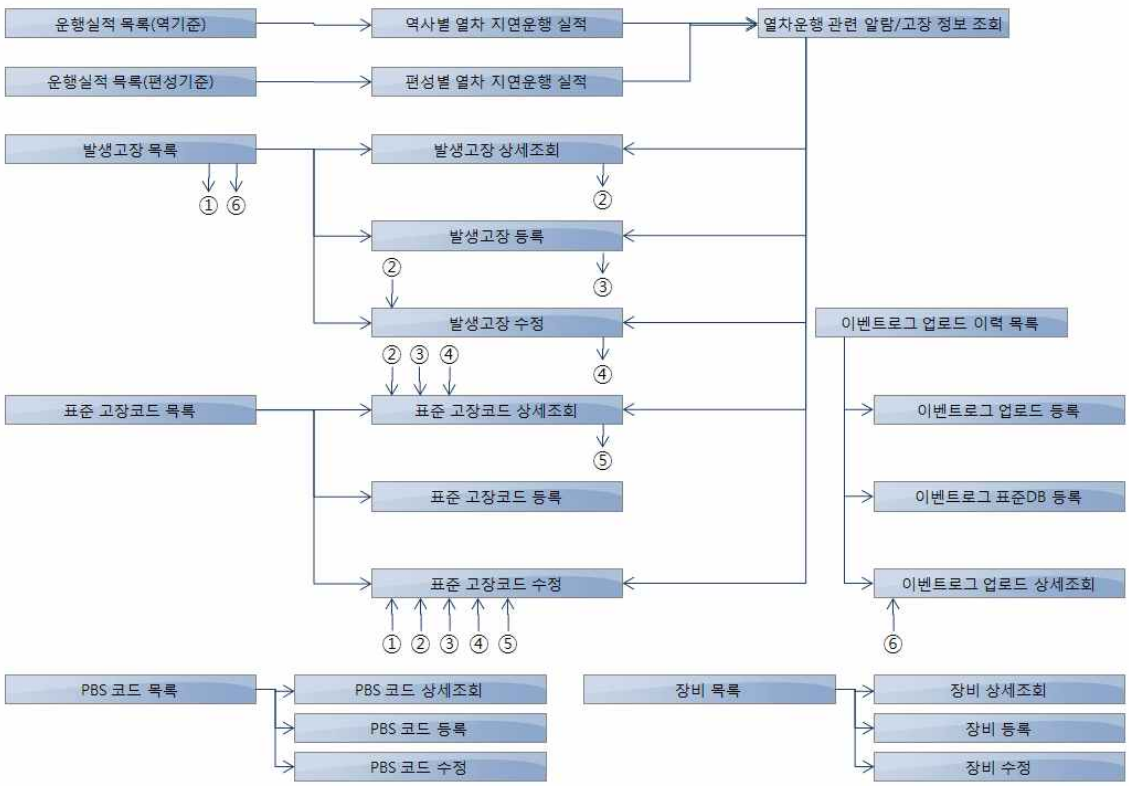
알람 발생일시	서브 시스템명	PBS	발생 장비	설치위치	고장 코드	고장 메시지	고장 등급	구분	총 복구 시간	보고 시간	물류 시간	조치 시간	기타 시간	지연 관련고장
2012-04-16 08:29:03	PSD	[121510] 도어장비	1		1100	도어작동안됨	SG	표준	360	10	300	50	0	☐
								발생	430	10	310	60	50	
2012-04-16 09:58:15	신호장비	[221450] 통신장비	2		990	통신연결안됨	MJ	표준	110	10	50	50	0	☑
								발생	170	10	50	60	50	

[지연관련고장 저장] [닫기]

[그림 305]화면 설계 2



[그림 306]개념도



[그림 307]기능 구성도

사. 시험선 LCC 데이터 및 분석결과

(1) 접근 방법

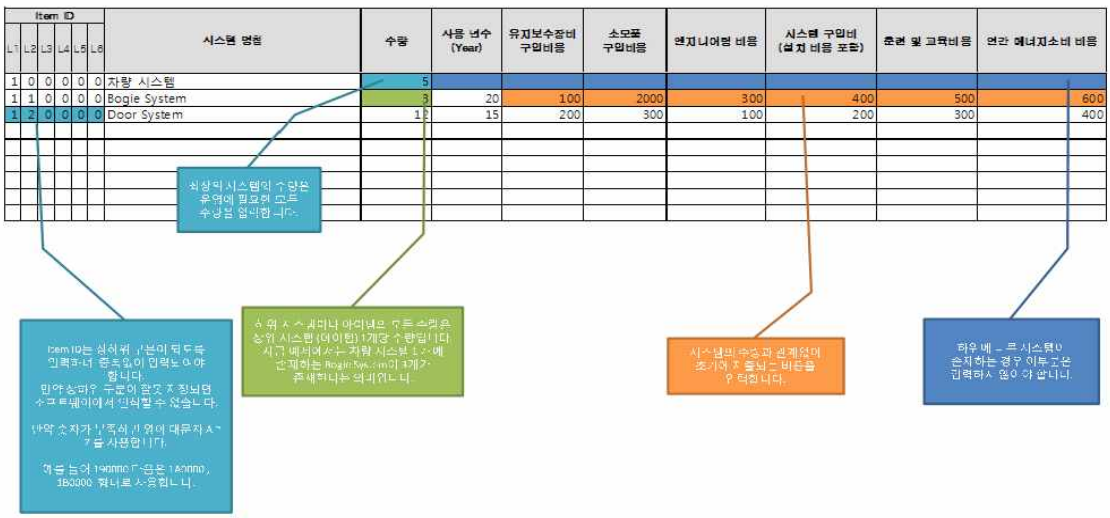
상위 세부과제와 연계하여 완성차량 및 차량외 시스템의 RAMS 설계 데이터 및 시험선 운행중에 FRACAS 시스템을 통해 입수되는 고장 및 유지보수 관련 자료를 제공받아 5차년도까지 개발된 완성차량 및 차량외 시스템 LCC 모델을 입증하고 분석을 수행하고자 하였다. 현재 완성차량에 대해서는 시험선 운행과 관련하여 고장데이터가 불안정한 상태(초기결함 발생 단계)이므로, 상위과제와 연계하여 고장데이터가 안정화된 이후에 FRACAS를 통해 입수되는 RAM 데이터를 수집하여 LCC를 분석할 계획이며, 차량외 시스템의 경우에는 자기부상열차에 특화된 궤도시스템 및 거더에 대한 간략 모델을 적용한 LCC DB Sheet를 개발하여 제공된 상태이다.

(2) 연구내용

(가) RAM 적용대상 시스템(상세모델) 데이터 수집 양식 예

1) 시스템 Global data

Item ID						시스템 명칭	수량	사용 년수 (Year)	유지보수장비 구입비용	소모품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (설치 비용 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용
L1	L2	L3	L4	L5	L6									
1	0	0	0	0	0	차량 시스템	5							
1	1	0	0	0	0	Bogie System	3	20	100	2000	300	400	500	600
1	2	0	0	0	0	Door System	12	15	200	300	100	200	300	400



2) 고장정비 data

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부(Y/N)
L1	L2	L3	L4	L5	L6						
										← 이 부분은 아이템 수량 1개 기준으로	
							수량은 상위 시스템 (아이템) 1개당 수량입니다.			고장률은 100만 시간당 고장률을 입력합니다. Ex. 100만 시간당 2번 고장나면 2라고 입력합니다. 즉, 고장률 (F/Mh) = 100만	수리가능한 경우 비용 = 현장정비 비용 + Component Shop 정비 비용 (소모되는 예비품 비용은 제외. 수리해서 사용하므로) 수리 불가능한 경우 비용 = 현장정비 비용 + 소모되는 예비품 비용
1	1	0	0	0	0	Bogie System	3				
1	1	1	0	0	0	Bogie Module	1				
1	1	1	1	0	0	Side Frame	16	Fracture/Crack	Bogie frame 2	1.225	N
1	1	1	2	0	0	Emergency landing wheel	32	Bearing damage	Emergency lai	2	Y
1	1	1	3	0	0	Landing skid	32	Fracture/Crack	교체	0.05	N
1	1	1	4	0	0	Lateral skid	32	Fracture/Crack	교체	0.8	N
1	1	1	5	0	0	Hydraulic Brake cylinder	8	oil leakage	교체 후 수리	1	Y
고장모드가 여러개인 경우, 이 부분은 입력하지 않습니다.								retain spring fracture	Retain spring	0.05	N
1	1	2	0	0	0	Steering device	1				
1	1	2	1	0	0	Steering cylinder assembly	1	oil leakage	교체	0.5	N
1	1	3	0	0	0	Secondary Suspension	8	fracture/crack	교체	1	N
1	2	0	0	0	0	Door System	12				
1	2	1	0	0	0	Door Control Unit	1	모터 제어 상실	교체	10	N
1	2	2	0	0	0	Fixed Assembly	2				
1	2	2	1	0	0	Right Over Center	2	파손	교체	1	N
1	2	2	2	0	0	Left Over Center	2	파손 또는 마모	교체	1	N
현장정비 재료 비용이나 Component Shop 재료 비용이 여러개인 경우, 이 부분은 입력하지 않습니다.											

3) 예방정비 data

Item ID						Item명	수량	예방정비 업무코드 (IN/SV/RP/NDT/OV)	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량
L1	L2	L3	L4	L5	L6							
								← 이 부분은 아이템 수량 1개 기준으로 입력합니다.				
							수량은 상위 시스템 (아이템) 1개당 수량입니다.	IN : 외관 및 동작상태 검사 SV : 청소 오일/그리스 주입 및 필터 교환 RP : 구성품 교환 NDT : 비파괴 검사 OV : 장치 종정비 (탈부착 시간			d : 일, m : 월, y : 년 Ex). 3d = 3일에 한번, 0.5y = 6개월에 한번	운영 시작 시 구매하는 예비품 수량을 입력합니다.
1	1	0	0	0	0	Bogie System	3					
1	1	1	0	0	0	Bogie Module	1					
1	1	1	1	0	0	Side Frame	16	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m	100
1	1	1	2	0	0	Emergency landing wheel	32	OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안검사 (b) Seal등 마모부품교환	3	y	50
1	1	1	3	0	0	Landing skid	32	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m	0
1	1	1	4	0	0	Lateral skid	32	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m	0
1	1	1	5	0	0	Hydraulic Brake cylinder	8	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m	20
예방정비 업무가 여러개인 경우, 이 부분은 입력하지 않습니다.								OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안검사 (b) Seal등 마모부품교환	3	y	
1	1	2	0	0	0	Steering device	1					
1	1	2	1	0	0	Steering cylinder assembly	1	OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안검사 (b) Seal등 마모부품교환	3	y	
1	1	3	0	0	0	Secondary Suspension	8	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m	20

(나) RAM 적용대상 이외 시스템(간략모델) 데이터 수집 양식

1) 시스템 Global data

Item ID						시스템 명칭	사용 년수 (Year)	유지보수장비 구입비용	소모품 + 예비품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (설치 비용 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용	기본 화폐 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)
L1	L2	L3	L4	L5	L6									
4	0	0	0	0	0	통신시스템								
4	1	0	0	0	0	통신장비1	10	100	200	300	400	500	600	
5	0	0	0	0	0	궤도시스템	70		290,000		1,019,000	2,037,000		KRW

현재 시트는System 단위로 식별되는 항목만 입력합니다.
즉, 초기투자비 또는 시스템도입비가 존재하는 항목만 입력합니다.

Item ID는 상하위 구분이 되도록 입력하며 중복없이 입력되어야 합니다.
만약 상하위 구분이 절못 지정되면 소프트웨어에서 인식할 수 없습니다.
Ex). 110000 의 하위는 111000, 112000

만약 숫자가 부족하면 영어 대문자 A~Z를 사용합니다.
예를들어 190000 다음은 1A0000 , 1B0000 형태로 사용합니다.

현재 시트상에서 ItemID기준으로 하위에 다른 시스템이 존재하는 경우 이부분은 입력하지 않아야 합니다.

시스템의수량과 관계없이(모든 시스템에 대하여) 초기에 지출되는 비용을 입력합니다.
에너지소비비용은 연간(1년치)의 비용을 입력합니다.

2) 고장정비 data

Item ID						Item명	수량	수량 기준 단위 (Unit)	연간 고장 횟수	/Unit /회 정비 시 소모되는 자원				연간 로지스틱 비용	화폐 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	비고
L1	L2	L3	L4	L5	L6					재료비용 (예비품 + 소모품)	인력 수	정비 시간	인시			
4	0	0	0	0	0	통신시스템	2	개	하위에 아이템이 존재하는 경우(Item ID 기준) 입력할 수 없습니다.							
4	1	0	0	0	0	통신장비1	1	개	하위에 아이템이 존재하는 경우(Item ID 기준) 입력할 수 없습니다.							
4	1	1	0	0	0	부품1	4	개	0.00452	100	1	0.5	0.5			
4	1	2	0	0	0	부품2	2	Set	0.03	200	5	2	10			
									수량 1개 (1 Unit) 기준으로 입력합니다.	1 Unit 당, 1회 고장정비 시 소모되는 비용, 인력수, 정비시간을 입력합니다				수량과 관계없이 아이템 기준으로 입력합니다.		
							수량은 상위 시스템 (아이템) 1개당 수량입니다.	수량의 단위 입니다.	1 Unit 기준으로 1년동안 발생하는 평균 고장 횟수를 입력합니다.				인력 수 x 정비 시간으로 자동 계산됩니다. 단, 인력 수와 정비시간을 자세히 알 수 없는 경우 인시를 직접 입력할 수 있습니다. (단위 : 시간)	1년 동안 고장정비를 위해 아이템의 조달 시 발생하는 로지스틱 비용 (물류비용, 재고비용 등)을 입력합니다.	화폐 단위는 System Global 시트에서 입력한 화폐단위를 기본으로 사용합니다. 특정 품목의 화폐단위가 프로그램에서 정의한 화폐단위와 다른 경우만 입력합니다.	

다. 예방정비 data

Item ID						Item명	수량	수량 기준 단위 (Unit)	연간 예방 정비 횟수	/Unit /회 정비 시 소모되는 자원				연간 로지스틱 비용	화폐 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	비고
L1	L2	L3	L4	L5	L6					재료비용 (예비품 + 소모품)	인력 수	정비 시간	인시			
4	0	0	0	0	0	통신시스템	2	개	하위에 아이템이 존재하는 경우(Item ID 기준) 입력할 수 없습니다.							
4	1	0	0	0	0	통신장비1	1	개	하위에 아이템이 존재하는 경우(Item ID 기준) 입력할 수 없습니다.							
4	1	1	0	0	0	부품1	4	개	12	25,000	1.00	2.00	2	0		
4	1	2	0	0	0	부품2	2	Set	2	100,000	1.00	3.00	3	0		
5	0	0	0	0	0	궤도시스템	1	식	하위에 아이템이 존재하는 경우(Item ID 기준) 입력할 수 없습니다.							
5	1	0	0	0	0	침목 장치	30,000	개	하위에 아이템이 존재하는 경우(Item ID 기준) 입력할 수 없습니다.							
5	1	1	0	0	0	침목 패드	1	조	0.05	100	2.00	0.50	1	0		
5	1	2	0	0	0	침목 및 체결부	1	개	0.33	200	3.00	0.40	1.2	0		
5	1	3	0	0	0	플린스	1	개	0.03	300	4.00	1.30	5.2	3,000		
5	2	0	0	0	0	부상레일 (부상레일 + 레일체결장치)	16	Km	0.2	400	1.00	20.00	20	0		
5	3	0	0	0	0	레일이음매	1,500	개	0.5	500	2.00	1.50	3	0		
5	4	0	0	0	0	주전레일	16	Km	0.2	600	3.00	36.00	108	0		
									수량 1개 (1 Unit) 기준으로 입력합니다.	1 Unit 당, 1회 예방정비 시 소모되는 비용, 인력수, 정비시간을 입력합니다				수량과 관계없이 아이템 기준으로 입력합니다.		
							수량은 상위 시스템 (아이템) 1개 기준으로 입력합니다.	수량의 단위 입니다.	1 Unit 기준으로 1년동안 발생하는 평균 예방정비 횟수를 입력합니다.				인력 수 x 정비 시간으로 자동 계산됩니다. 단, 인력 수와 정비시간을 자세히 알 수 없는 경우 인시를 직접 입력할 수 있습니다. (단위 : 시간)	1년 동안 예방정비를 위해 아이템의 조달 시 발생하는 로지스틱 비용 (물류비용, 재고비용 등)을 입력합니다.	화폐 단위는 System Global 시트에서 입력한 화폐단위를 기본으로 사용합니다. 특정 품목의 화폐단위가 프로그램에서 정의한 화폐단위와 다른 경우만 입력합니다.	

아. 현장 데이터 수준을 반영한 LCC 분석 S/W 개발

(1) 접근 방법

5차년도까지는 해외 자료 조사를 통해 차량 및 차량외 시스템에 대한 LCC 분석을 위한 모델을 수립하고 분석 결과의 LCC DB 구축을 위한 연구와 관련된 LCC SW 개발연구를 수행하였다. 6차년도에는 5차년도까지 수행한 연구 결과에 더해 아래의 요구사항을 상위과제와의 협의를 통해 정하고 외부 코딩업체를 선정하여 LCC S/W 구현 작업을 수행하였다.

① 1단계와 2단계에서 구현한 차량시스템 LCC 예측 소프트웨어와 차량외시스템 LCC 예측 소프트웨어를 통합하고 통합된 프로그램에서 차량시스템과 차량외시스템의 LCC 예측이 모두 가능하여야 한다.

② 기존의 개발된 차량 시스템 수명주기비용 예측 프로그램과 연동이 되어야 한다. 즉, 차량시스템 LCC 예측 소프트웨어와 차량외시스템 LCC 예측 소프트웨어에서 저장한 데이터베이스 구조를 시스템 모듈 단위 또는 저장된 데이터베이스 단위로 가져오기 기능이 가능하여야 한다.

③ 아이템의 고장발생 시점 예측 방법이 간단히 MTBF를 사용하는 방법과 확률 분포를 이용하여 예측하는 방법 중 사용의 판단에 의하여 선택/사용될 수 있어야 한다.

④ 현장 데이터를 검토 후 모델 변경이 필요할 경우 이를 반영하여야 한다.

⑤ 예측 결과의 이해를 돕기 위해 다양한 종류의 차트를 추가 한다.

⑥ 시스템 모듈 별 입력 데이터는 데이터베이스에 저장되어야 하고 사용자에 의해 저장된 정보를 불러오거나 변경/저장이 가능해야 한다.

⑦ 표준화된 엑셀 파일 양식을 이용한 시스템 모듈 단위의 데이터 로딩 및 여러 모듈을 조합하는 기능을 제공해야 한다.

⑧ 각 시스템 모듈 별 수명주기비용이 산출되어야 하고 총 수명주기 비용에 반영되어야 한다.

⑨ 각 시스템 모듈 별 연간운영비용을 프로파일 형태로 제공하여야 한다.

⑩ 예측 결과를 시스템 모듈 별, 연도 별로 표 형태와 차트 형태로 제공해야 하며 예측된 값은 엑셀 파일로 내보낼 수 있는 기능을 제공해야 한다.

⑪ 대안 생성 기능과 대안과의 비교 기능을 표 형태와 차트 형태로 제공해야 한다.

LCC S/W 개발 진행을 위해 수시로 용역업체와 업무회의를 추진하여 S/W 개발 범위를 확정하고, 상위 과제가 참여한 가운데 워크샵 및 외부 설명회를 통해 외부 의견을 반영한 LCC S/W가 구현되도록 하였다.

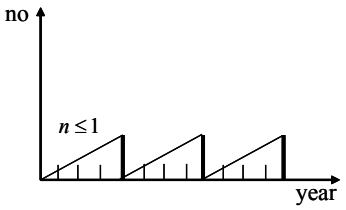
(2) 연구내용

(가) 고장에 대한 확률분포를 이용한 LCC 예측 구현

LCC 비용 중 고장정비비용을 계산하는 방법에는 MTBF를 이용해서 주기적으로 고장율에 따라 비용을 계산하는 방법과, 확률 분포함수와 모수들을 이용하여 고장발생시간을 추정하여 계산하는 방법이 있다.

1) MTBF를 이용한 LCC 계산

아래의 그림처럼, MTBF를 이용하여 고장발생시점을 계산하고 그 시점마다 고장정비비용을 발생시킬 경우에 전체적인 총 비용의 합은 비슷하게 예측될 수는 있지만, 연간유지보수비용을 분석할 경우, 특히 아이템의 수가 여러 개인 경우는 더욱더 현실과 거리가 있는 패턴의 예측 결과를 보여줄 수밖에 없다. 예를 들어, 모든 부품이 MTBF가 10년 이라고 가정하면 1년에서 9년까지의 고장정비비용은 0원이며 10년차에 모든 부품이 고장이 발생하며 비용 또한 10년차에 급격히 발생하게 된다.

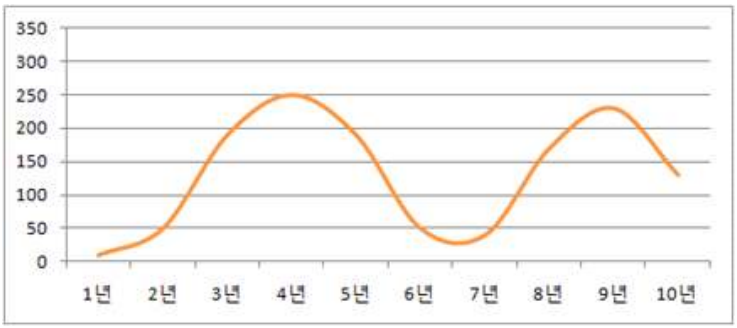


따라서 이를 보완하기 위해 고장을 발생시점을 예측할 때 MTBF가 아닌 확률 분포를 이용하여 계산하는 방법을 고려하였다.

2) 고장에 대한 확률 분포 이용한 LCC 계산

확률 분포를 이용한 방법은 MTBF를 사용하는 대신 고장 분포와 분포 모수에 따라 고장 발생시간을 추정하여 고장 정비 비용을 예측하는 방법이다. 예를 들어 MTBF가 4년인 정규분포를 따르는 부품의 고장 정비 비용을 예측한다면 적어도 첫 4년째 전후의 고장 정비 비용은 다음의 그래프와 유사

한 형태를 띠게 될 것이다.



이후 8년차 전후에는 분산이 더 커지는 형태가 될 것이며 시간이 흘러가면 갈수록 더 심해질 것이다. 이러한 계산 형태는 해를 거듭하면 할수록 2의 n승 만큼 재귀적으로 값을 더해야하고 30년 정도 계산할 경우, 경우의 수가 너무 많아져서 프로그램으로 계산을 하는 것이 현실적으로 불가능하다.

따라서 확률 분포를 이용한 방법은 입력된 고장 분포의 모수에 따라 난수를 이용하여 확률적으로 고장 발생 시점을 예측하고 또 그 고장 발생 시점부터 다음 고장 시점을 예측하는 방식을 반복한다. 확률 분포에 따라 고장이 발생하는 횟수와 연도를 예측하는 시뮬레이션을 여러 번 반복하여 그 평균치를 이용하므로 확률 분포를 이용한 LCC 계산은 MTBF를 이용하는 방법보다 현실 상황을 고려한 방법이라고 할 수 있다. 단, 확률 분포 함수는 지수분포와 와이블분포를 사용하며 와이블분포인 경우는 완전 수리로 가정한다. 각 구성품 별 고장분포 함수와 모수를 알고 있는 경우에만 사용이 가능하다. 확률 분포를 이용한 LCC 예측 절차는 다음과 같다.

가. 확률 분포를 이용한 비용분석 시뮬레이션 절차

1) 사용자에게 확률 분포 함수의 종류를 결정하게 하고, 그에 따른 모수값과 계산 기간, 시뮬레이션 반복 횟수를 입력 받는다.
2) 한 개의 아이템에 대해서 확률 분포 함수를 이용해서 다음 고장이 발생할 시점을 계산하여 연도별로 횟수를 카운트한다. 각 분포별 고장 발생 시간 예측 방법은 다음과 같다.

① 지수분포 $T \sim \exp(\lambda)$

(a) 확률밀도함수(Probability Density Function)

$$f(t)=\lambda e^{-\lambda t}$$

(b) 누적분포함수(Cumulative Distribution Function)

$$F(t)=1-e^{-\lambda t}$$

(c) 지수분포 $T\sim \exp(\lambda)$를 따르는 고장시간 t 발생

Step 1. $(0,1)$사이의 난수 U 를 생성한다.

Step 2. 생성된 난수 U 를 아래의 지수분포의 누적분포함수 역변환식에 대입하여 고장시간 t를 발생시킨다.

$$t=-\frac{1}{\lambda}ln(1-U)$$

② 와이블분포 $T\sim Weibull(\alpha,\beta)$ (α: 형상모수, β: 척도모수)

(a) 확률밀도함수(Probability Density Function)

$$f(t)=\frac{\beta}{\alpha}t^{\beta-1}e^{-\frac{t^{\beta}}{\alpha}}$$

(b) 누적분포함수(Cumulative Distribution Function)

$$F(x)=1-e^{-(x/\beta)^{\alpha}}$$

(c) 와이블분포 $T\sim Weibull(\alpha,\beta)$를 따르는 고장시간 t 발생 (완전수리)

Step 1. $(0,1)$사이의 난수 U 를 생성한다.

Step 2. 생성된 난수 U 를 아래의 식에 대입하여 와이블 분포를 따르는 고장시간 t를 발생시킨다.

$$t=-\beta\ln(1-U)^{\frac{1}{\alpha}}$$

(d) 와이블분포 $T\sim Weibull(\alpha,\beta)$를 따르는 고장시간 t 발생(불완전수리)

Step 1. $(0,1)$사이의 난수 U 를 생성한다.

Step 2. 생성된 난수 U 를 아래의 식에 대입하여 와이블 분포를 따르는 첫 번째 고장시간 t_1 을 발생시킨다.

$$t_1=-\beta\ln(1-U)^{\frac{1}{\alpha}}$$

Step 3. 첫 번째 고장이 발생한 시점의 부품의 수명(A_1)은 t_1이 되며, 수명감소인자(ρ)를 적용하여 감소된 부품의 수명(A_1')을 아래와 같이 계산한

다.

$$A_1^{'} = (1-\rho)^* A_1 \qquad \text{(BMS, Malik 모형)}$$

Step 4. 다음 고장시간을 발생하기 위해 다시 $(0,1)$사이의 난수 U 를 생성하고, 고장시간 인덱스 $i\,(i=0,1,2,...)$를 하나 증가시킨다.

Step 5. 생성된 난수 U 와 $A_1^{'}$을 아래의 식에 대입하여 다음 고장시간 $t_{(i+1)}$ 을 발생시킨다.

$$t_{(i+1)} = \beta\left[\left(\frac{A_1^{'}}{\beta}\right)^{\alpha} - \ln U\right]^{\frac{1}{\alpha}}$$

Step 6. 발생된 고장시간 $t_{(i+1)}$을 아래의 식에 대입하여 감소된 부품의 수명$(A_{(i+1)}^{'})$ 을 구한다.

$$A_{(i+1)}^{'} = (1-\rho)^*\left\{A_i^{'} + (t_{(i+1)} - A_i^{'})\right\} \quad \text{(BMS 모형)}$$

$$A_{(i+1)}^{'} = A_i^{'} + \left\{(1-\rho)^*(t_{(i+1)} - A_i^{'})\right\} \quad \text{(Malik 모형)}$$

다음 고장시간을 발생시키기 위해 Step 4로 돌아간다.

3) 단계 2)에 대해서 시뮬레이션 반복 횟수만큼 계산하여 연도별 평균치를 구한다. 예를 들어 시뮬레이션 반복 횟수는 5회, 8년치에 대해 특정 구성품의 고장 발생 횟수를 예측하면 다음 표와 같다.

횟수	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년
1	0	1	0	0	0	1	1	0
2	1	0	0	0	0	1	0	1
3	0	1	0	0	1	0	1	0
4	0	1	0	0	0	0	1	1
5	0	1	0	1	0	0	1	0

<확률분포를 따르는 고장시간 t 발생 예제>

이를 다시 연도별로 합산하여 반복횟수만큼 나누어서 고장횟수의 평균치를 구한다.

횟수	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년
총합	1	4	0	1	1	2	4	2
평균	0.2	0.8	0	0.2	0.2	0.4	0.8	0.4

<시뮬레이션 반복횟수에 따른 고장횟수 평균값 예제>

4) 단계 3)에 대한 결과에 1회 고장 정비 비용(인건비 + 재료비)를 곱하면

다음과 같은 값이 계산된다. Item A의 1회 고장 정비 시 인건비는 400, 재료비는 600이라고 가정 하면, 인건비는 0.2 * 400은 80이고, 재료비는 0.2 * 600 = 120이다.

아이템	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년
Item A #1	200	800	0	200	200	400	800	400

<아이템에 대한 연도별 고장 정비 비용 계산 예제>

5) 수량이 여러 개인 경우 각 아이템 별 위와 같은 방법(단계 2~4)으로 연도별 고장 정비 비용을 계산한다.

아이템	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년
Item A #1	200	800	0	200	200	400	800	400
Item A #2	250	750	0	100	100	600	700	500
Item A #3	200	600	200	0	200	500	900	400
Item A #4	100	900	100	100	200	400	800	400

<아이템 수량을 고려한 고장 정비 비용 계산 예제>

6) 단계 5)에서 발생한 비용을 모두 더하면 특정 Item에 대한 연도별 고장 정비 비용을 예측할 수 있다.

	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년
Item A 에 대한 연도별 고장정비비용	750	3050	300	400	700	1900	3200	1700

<아이템에 대한 고장정비비용 계산 결과 예제>

(나) LCC S/W 화면설계

1) 화면 메뉴 구조도

2) 화면 목록

화면목록			
No	화면ID	화면명	화면 설명
1	MainFrame	메인화면	메인 화면
2	ProjectNew	새 프로젝트	새로운 프로젝트를 생성
3	RecentProjectList	최근 작업프로젝트	기존의 프로젝트 파일을 선택하여 가져오기
4	UsrProjectInfo	프로젝트 정보	프로젝트에 대한 정보 입력 및 조회
5	SystemInfo	시스템 정보	시스템 모듈에 대한 정보 입력 및 조회
6	ClassInfo	분류 정보	분류정보에 대한 입력 및 조회
7	ImportCarModule	차량 시스템 모듈 가져오기	이전의 차량시스템 기반 LCC 프로그램의 데이터를 가져오기
8	UsrKRRIInfo	상세 모델 Item	상세 모델의 고장정비, 예방

화면목록			
No	화면ID	화면명	화면 설명
		정보	정비 등 Item 정보를 입력 및 조회
9	UsrRemainInfo	개략 모델 Item 정보	개략 모델의 고장정비, 예방정비 등 Item 정보를 입력 및 조회
10	UsrSpareAll	예비품 전체보기	전체 예비품의 수량정보를 입력 및 조회
11	SpareCalc	예비품 수량 계산	예비품 수량을 계산해주는 팝업
12	ImportFromExcel	Excel 가져오기	엑셀로 유지보수비정보를 가져오기
13	ItemImport	서버데이터 가져오기	서버로부터 고장, 예방 정비에 대한 유지보수 비를 가져옴
14	ItemExport	서버데이터 내보내기	서버로 고장, 예방 정비에 대한 유지보수 비를 내보냄
15	SqlConnInfo	데이터베이스 연결정보	서버데이터를 가져오거나 내보내기 할 때에 데이터베이스 연결정보를 입력
16	PasswdChange	패스워드 변경	서버DB 내보내기 하는 비밀번호 변경
17	CostCalculation	비용계산	PBS에서 입력한 정보에 대해 총수명주기비용을 계산
18	UsrResultMst	결과목록	비용계산 결과목록을 조회
19	ExportLcc2Excel	총수명주기 비용 출력	총수명주기비용 결과를 Excel 보고서로 출력
20	ChangeInputData	일괄변경	고장률, 정비주기, 정비인시, 예비품 가격등을 일괄변경
21	AlterComparison	민감도 분석 계산	원본과 대안을 선택해서 민감도 분석을 위해 총수명주기비용을 계산
22	DlgAlterResult	민감도 분석 결과	민감도 분석 계산 결과를 비교 조회

3) LCC DB 설계

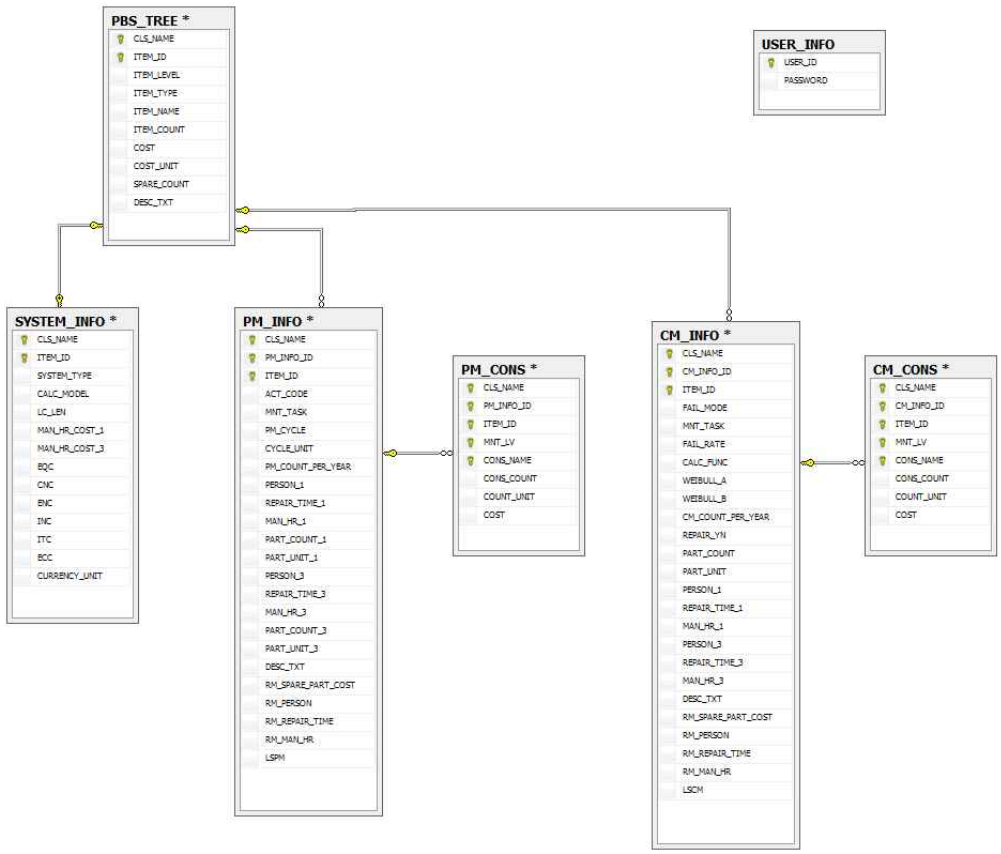
가) 시스템 DB 테이블 목록

테이블목록			
No	테이블ID	테이블명	설 명
1	PBS_TREE	PBS TREE 정보	PBS TREE에 대한 정보를

			관리하는 테이블
2	SYSTEM_INFO	시스템 모듈 정보	시스템에 대한 정보를 관리하는 테이블
3	CM_INFO	고장 정비	유지보수비용 중 고장정비에 대한 정보를 관리하는 테이블
4	CM_CONS	고장 정비 소모품 품목	고장 정비에 소요된 소모품의 품목 정보를 관리하는 테이블
5	PM_INFO	예방 정비	유지보수비용 중 예방정비에 대한 정보를 관리하는 테이블
6	PM_CONS	예방 정비 소모품 품목	예방 정비에 소요된 소모품의 품목 정보를 관리하는 테이블
7	USER_INFO	사용자 정보	서버 접속 권한과 관련한 사용자 테이블

4) E-R 다이어그램

MS-SQL 데이터 베이스로 PBS 서버로 내보내기/가져오기 기능시 사용된다.



(라) LCC S/W 사용자 매뉴얼 작성

1) LCC 분석 프로그램 개요

본 프로그램은 자기부상열차 시스템의 수명주기비용(Life cycle cost : LCC,

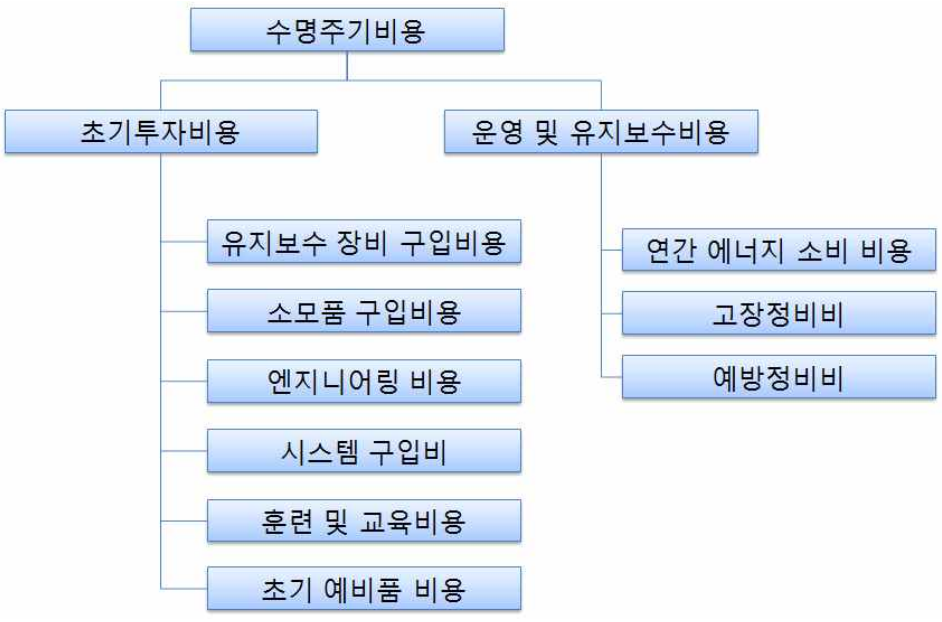
이하 LCC)을 예측하는 프로그램이다.

수명주기비용의 기능을 “초기투자비용“과 ”운용 및 유지보수비용“으로 구분하고 이들의 서브 기능을 다음과 같이 구성한다.

■ 초기투자비용
- 유지보수 장비 구입비용
- 소모품 구입비용
- 엔지니어링 비용
- 시스템 구입비
- 훈련 및 교육비용
- 초기 예비품 비용

■ 운용 및 유지보수비용
- 연간 에너지 소비비용
- 고장정비비
- 예방정비비

본 프로그램에서 수명주기비용은 다음 그림과 같이 구성된다.



초기투자비용은 초기연도에 발생하는 비용을 기준으로 계산하며 입력항목과 계산방법은 다음과 같다.

비용항목	입력 방법	계산방법
유지보수 장비	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산

구입비용		
소모품 구입비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
엔지니어링 비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
시스템 구입비	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
훈련 및 교육비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
초기 예비품 비용	아이템 기준으로 예비품 가격, 가격 단위 및 수량을 입력	모든 예비품의 [예비품 가격 X 예비품 수량 X 총 시스템수] 의 합

운영 및 유지보수 비용은 구성품에 대한 고장 및 예방 정비를 분석한 내용과 연간 에너지 소비 비용을 기준으로 산출한다.

<table>
<tr><th>비용
항목</th><th>입력항목</th><th>계산방법</th></tr>
<tr><td rowspan="3">고장
정비비</td><td>품목 고장모드 별 고장률, 수리가능여부, 인건비, 재료비를 품목 기준으로 입력</td><td>$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}}\left(\sum_{j}^{\text{모든품목}} \text{품목별연간고장정비비}_j\right)$
품목 별 연간 고장정비비i = 인건비i + 자재비i</td></tr>
<tr><td colspan="2">■수리가능일 경우
$\text{인건비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\begin{matrix}\sum \text{현장정비인시} \times \text{현장정비인시비} \\ + \sum Component\,shop \text{인시} \times Component\,shop \text{인시비}\end{matrix}\right)$
$\text{자재비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\begin{matrix}\text{품목단가} \times \text{예비품개수} \\ + \sum \text{현장정비재료비} + \sum Component shop \text{재료비}\end{matrix}\right)$
■수리불가능일 경우
$\text{인건비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\sum \text{현장정비인시} \times \text{현장정비인시비}\right)$
$\text{자재비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\text{품목단가} \times \text{예비품개수} + \sum \text{현장정비재료비}\right)$
■연간고장발생횟수
$\text{연간고장발생횟수} = (\text{연간운행시간} \times \text{고장률}) \times \text{품목수량}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예방
정비비</td><td>품목 예방정비별 예방정비 주기, 인건비, 재료비를 시스템별로 입력</td><td>$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}}\left(\sum_{j}^{\text{모든품목}} \text{품목별연간예방정비비}_j\right)$
품목 별 연간 예방정비비i = 인건비i + 자재비i</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\text{인건비} = \text{연간예방정비횟수} \times \left(\begin{matrix}\sum \text{현장정비인시} \times \text{현장정비인시비} \\ + \sum Component\,shop \text{인시} \times Component\,shop \text{인시비}\end{matrix}\right)$</td></tr>
</table>

	자재비 = 연간예방정비횟수 $\times \left\{ \begin{array}{l} \text{품목단가} \times (\text{현장정비 개수} + \text{현장정비 예비품 개수}) \\ + \sum \text{현장정비 재료비} + \sum Component\ shop \text{ 재료비} \end{array} \right\}$ **■연간 예방정비 횟수** 연간 예방정비 횟수 = 예방정비 주기 × 예방정비 주기별 연간횟수	
연간 에너지 소비 비용	연간 소모되는 에너지 비용을 시스템 단위로 합산하여 입력	$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}} (\text{에너지비}_i)$

고장정비비를 산출하기 위해 품목 고장모드 별 고장률, 수리가능여부, 인건비, 재료비 항목을 품목 기준으로 아래와 같이 입력한다.

입력 항목			설명	필수
고장모드			FMEA 분석 시트를 참고하여 작성한 LRU의 고장모드	O
유지보수 업무			정비 업무에 관한 설명	O
고장률			고장모드의 고장률(100만 시간당 고장 횟수)	O
수리 가능 여부			수리가 가능 여부를 'Y', 'N' 으로 입력	
현장정비 재료 비용	예비품	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
	소모재료	명칭	현장정비 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
Component Shop 재료 비용	소모재료	명칭	Component Shop 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
인건비용	현장정비	인력수	유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수	
		인시		
	Component Shop	인력수		
		인시		

품목별 예방정비 비용을 아래와 같이 입력합니다.

입력 항목			설명	필수
예방정비 업무코드			예방정비 업무에 대한 고유 코드 (IN, SV, RP, NDT, OV)	O
예방정비 업무			예방정비 업무에 대한 설명	O
예방정비 주기			주기 단위별 횟수	O
주기 단위			정비 주기의 단위 (Y, M, D, Km) km 인 경우 연간운행거리에 따라 시간으로 환산함	O
현장정비	예비품	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	

재료 비용	소모재료	명칭	현장정비 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
Component Shop 재료 비용	소모재료	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
		명칭	Component Shop 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
인건비용	현장정비	인력수	유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력수	
		인시		
	Component Shop	인력수		
		인시		

LCC 계산모델은 상세모델과 개략모델 두 가지가 있으며 계산법은 다음 표와 같다.

■ 상세 모델

비용항목	계산 방법
유지보수 장비구입비용	유지보수장비구입비용 $= \sum_{i=1}^{n} no_{(equip)i} \times CE_i$
	● n : 장비구입비의 모든 항목 ● no : 장비의 수량 ● CE : 장비의 가격
초기 예비품비용	초기예비품비용 $= \sum_{i=1}^{n} no_{(spare)i} \times CSP_i$
	● n : 초기 예비품비용의 모든 항목 ● no : 필요한 초기 예비품 수량 ● CSP : 예비품의 가격
고장정비비	연간고장정비비 $= \left\{ \sum_{i=1}^{n} \left(\begin{array}{l} \text{예비품및기타재료비}_i \\ + \left(\begin{array}{l} \text{교체정비시간}_i + \text{교체인력수}_i \\ + \text{수리정비시간}_i \times \text{수리인력수}_i \end{array} \right) \times \text{인시비}_i \end{array} \right) \times \text{연간고장발생횟수}_i \right\}$
	● n : 모든 품목의 종류 ● $(\text{연간운행시간} \times \text{고장률}_i)$의 소수점 이하는 다음 연도에 포함되어 계산됨 ● $\text{연간고장발생횟수}_i = \text{연간운행시간} \times \text{고장률}$ ● 고장발생시점 계산 방법에 따라 고장발생횟수는 달라짐

예방정비비	연간예방정비비 = $\left\{\sum_{i=1}^{n}\begin{pmatrix}\text{예비품및기타재료비}_i \\ +\left(PM\text{시간}_i \times PM\text{인력수}_i\right)\times \text{인시비}_i\end{pmatrix}\times \text{연간}PM\text{횟수}_i\right\}$
	● n : 모든 품목의 종류 ● 연간PM횟수$_i$ = 예방정비주기 × 주기별연간횟수 ● 주기별연간횟수 : year =1, month = 12, day = 365, Km = 연간운행거리에 따라 환산 ● (예방정비주기 × 주기별연간횟수)의 소수점 이하는 다음 연도에 포함되어 계산됨
에너지 소비 비용	$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}}(\text{연간에너지소비비용}_i)$

■ 개략 모델

비용항목	계산방법
초기투자비용 (INV)	$INV = EPC + ENC + INC + ISC + ITC + DIC$
	● EPC(Equipment and materials Cost): 장비 및 자재 구매비용 ● ENC(Engineering Cost): 엔지니어링 비용 ● INC(Installation Cost): 설치 비용 ● ISC(Initial Spares Cost): 초기 예비품 비용 ● ITC(Initial Training Cost): 초기 교육 비용
연간 유지보수 및 운영비용 (AMC)	$AMC = CMC + PMC + ECC$
	● CMC(Corrective Maintenance Cost) : 연간 보수정비 비용 ● PMC(Calendar based PM Cost) : 연간 Calendar기반의 예방정비 비용 ● ECC(Energy Consumption Cost) : 연간 에너지 소비 비용
연간 보수정비 비용(CMC)	CMC = 아이템수량 × (연간고장횟수 × (재료비 + 인시 × 시간당표준인건비) + 연간로지스틱비용)
연간 예방정비 비용(PMC)	PMC = 아이템수량 × (연간예방정비횟수 × (재료비 + 인시 × 시간당표준인건비) + 연간로지스틱비용)
연간 에너지 소비 비용 (ECC)	입력

초기 투자비용과 운용 및 유지비 입력 항목을 이용하여 비용 항목별 계산 방법에 따라 수명주기비용을 산출한다. 수명주기비용 산출은 수명주기 동안

의 자기부상열차 시스템의 총 비용, 연간 비용, 품목별 비용 등을 산출한다. 산출 과정에 할인율에 대해 아래의 식을 적용하여 연간 등가값을 산출할 수 있다.

$$f = \left[1-(1+k)^{-m}\right]/k$$

- k : 할인율(이자율 - 물가상승률)
- m : 총 운영 연수
- 연이율 k의 값은 일정하다고 가정함.
- 미래 가치를 현재 가치로 환산해 적용함
- m년 동안 운영한 $total\,discounted\,\mathrm{cost} = S \bullet f$ (S:연간비용)

(2) 연구결과

6차년도까지 개발된 자기부상열차 LCC 모델을 상세수준으로 구현하기 위하여 LCC 분석절차에 따른 화면 설계, 데이터 베이스 설계 등 작업자가 사용하기 쉽도록 LCC S/W를 개발하였다.

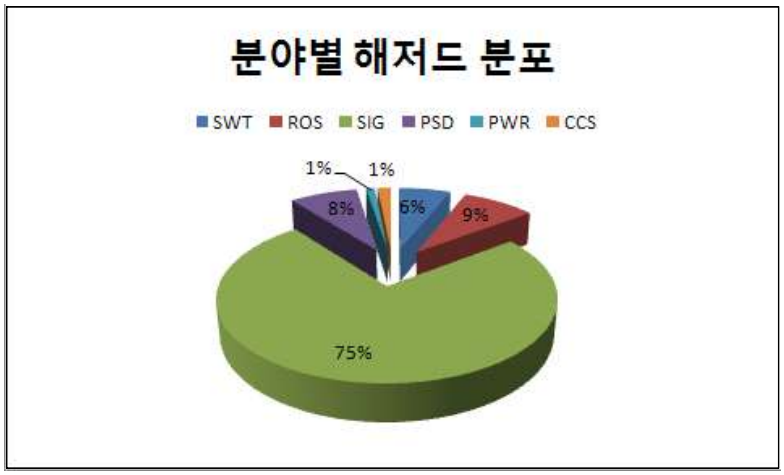
6차년도 현재까지는 각 자기부상시스템별 LCC 데이터를 수집하면서, LCC SW 개발 진행을 동시에 수행하게 됨으로써, LCC 분석 도구의 활용 및 LCC 데이터 분석 두가지 모두 미결정된 상태에서의 LCC 분석을 진행함에 따라 연구수행에 어려움이 있었다고 생각한다. 그러나 7차년도부터는 6차년도까지 LCC 분석대상이 RAMS 분석대상(차량, 전력/통신, 신호, 분기기, PSD)과 자기부상열차에 특화된 궤도시스템으로 정확히 확정되었고, RAMS 분석대상에 대한 유지보수 데이터가 각 시스템별로 순차적으로 일부 제공됨에 따라, 개발된 LCC SW를 적용한 LCC 분석이 가능하게 되리라 판단한다.

자. Hazard Log

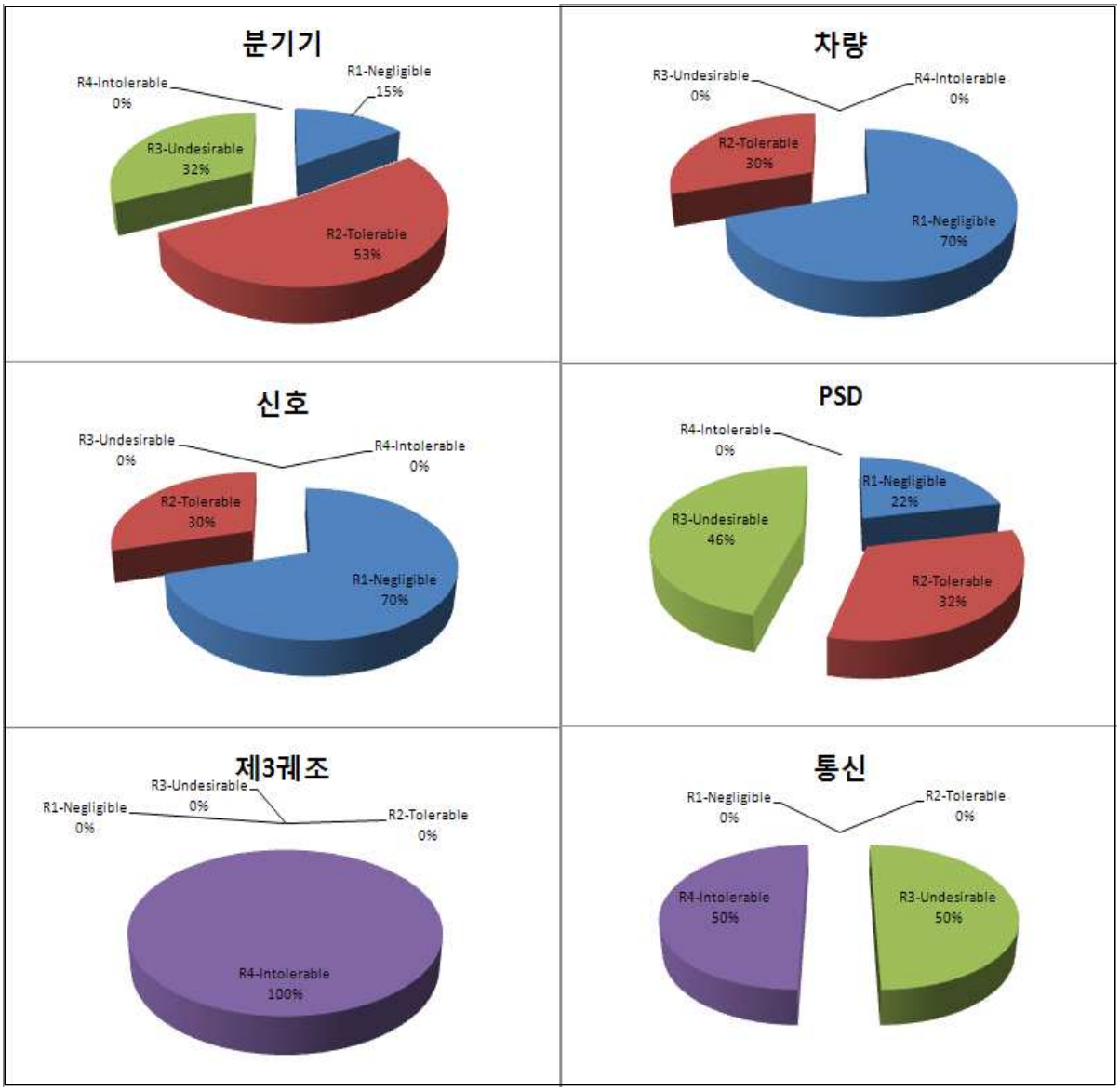
본 문서는 설계 당시부터 각 시스템 및 서브시스템의 위험원을 식별하여 7차년도까지 관리되어왔다. 자기부상 시스템의 모든 위험원 목록은 시스템 수준에서 통합되어 “시스템 안전성 관리 계획(M1200-SE+RM-101-0030)"의 ALARP 기준에 따라 Tolerable, Negligible 수준으로 저감토록 관리 하였다.

각 서브시스템 별로 1-2세부과제에서 제시한 안전성 기준에 부합되지 아래 표와 같이 분류하였다.

구분	Intolerable	Undesirable	Tolerable	Negligible
차량	0	0	33	77
신호	0	0	281	671
PSD	0	47	33	22
분기기	0	25	41	12
제3궤조	13	0	0	0
양방향 통신	10	10	0	0
합계	23	82	419	790



상기 원형 차트에서 해저드 잔류 리스크 등급이 Intolerable, Undesirable 에 해당하는 목록들에 대해 초기 리스크 등급, 해저드 저감 대책, 저감 대책에 대한 근거 등을 토대로 종결 절차를 진행한다.


분기기
R4-Intolerable 0%
R1-Negligible 15%
R3-Undesirable 32%
R2-Tolerable 53%
차량
R3-Undesirable 0%
R4-Intolerable 0%
R2-Tolerable 30%
R1-Negligible 70%
신호
R3-Undesirable 0%
R4-Intolerable 0%
R2-Tolerable 30%
R1-Negligible 70%
PSD
R4-Intolerable 0%
R1-Negligible 22%
R3-Undesirable 46%
R2-Tolerable 32%
제3궤조
R3-Undesirable 0%
R1-Negligible 0%
R2-Tolerable 0%
R4-Intolerable 100%
통신
R1-Negligible 0%
R2-Tolerable 0%
R4-Intolerable 50%
R3-Undesirable 50%

차. 시스템 FRACAS 보고서(영업시운전 기간 작성)

카. 시스템 FRACAS 절차서

본 문서는 도시형자기부상열차실용화사업 시범노선의 영업시운전 기간 동안 수행할 시스템 RAM 시연활동 중에 발생 가능성이 있는 자기부상시스템의 고장 데이터를 수집, 분석하는데 필요한 업무절차, 방법론을 설명하고 있으며 이러한 절차들은 자기부상시스템 영업운영 기간에도 동일한 방식으로 적용할 수 있다.

FRACAS (Failure Reporting, Analysis and Corrective Action System, 고장 보고·분석·교정 활동 시스템)는 자기부상시스템의 신뢰성 측정을 위해 정확한 데이터를 제공하고 고장해결을 위한 교정활동의 정확성을 감시/통제하는데 사용된다.

당 절차서는 영업시운전 기간 동안 RAM 입증 시험 시 사용될 예정이다. 4차년도에 초안이 작성되었으며 초안을 바탕으로 영업 시운전 시작 전까지 수정/보완한다.

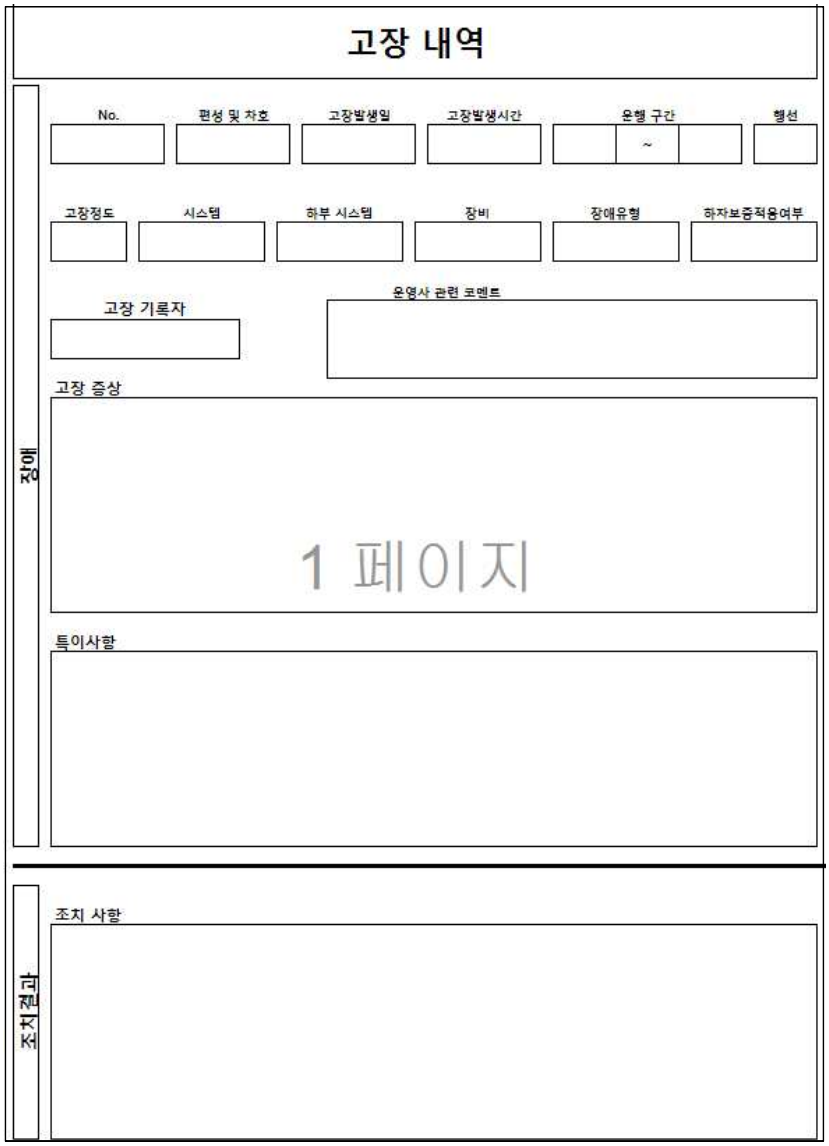
FRACAS 절차서는 RAM 시연 계획서와 병행하는 문서로서 이번 7차년도에는 RAM 시연계획서의 전체적인 내용 확정에 따라 해당내용을 반영하여 개정하였다.

전반적으로 영업시운전 및 영업운전의 기간, 착수 일정을 명확하 하여 당 절차서에 반영하였으며, 영업시운전 기간 기관 및 업체의 참여 여부가 확정됨에 따라 해당 내용을 반영하였다.

또한, 4차년도 및 5차년도에 개발한 FRACAS 양식을 현장 상황에 맞게 변경 적용하였으며, 해당 양식은 시운전 기간 FRACAS를 위한 보조 Tool인 S.A.V(Maglev Availability Verification) S/W에 적용되어 활용될 예정이다. 양식은 아래와 같다.

기존 양식은 FRACAS 수행을 위한 세부적인 내용을 담고 있어 확인/분석에 용이하나, 실제 현장 상황을 고려했을 때 작업자나 사령실에서 작성 실수가 발생할 수 있는 부분이 있어 필수적인 항목만을 선별하여 쉽게 작

성할 수 있도록 하였다.



시운전 기간 FRACAS 활동은 당 절차서를 따라서 고장 보고, 고장 분석, 교정 활동을 수행하며, 최종적으로 전체 가용성 목표치인 93% 달성에 이바지 하게 된다.

타. 시스템 RAM 시연계획서

본 “시스템 RAM 시연(데모) 계획서”는 도시형자기부상열차실용화 사업 시범노선의 신뢰성, 가용성, 유지보수성(RAM) 시연(입증, 데모) 활동을 수행하기 위해 작성한다. 이 문서는 EN 50126의 일반적 요구사항들을 따른다.

문서 내용은 시스템 RAM 시연 기간 중에 서브시스템 공급(시공) 기관들, 시범노선 운영기관, 및 시스템 RAM 시연 주관 기관 상호 간에 업무 협조(조정)에 대한 참조 자료가 될 것이며, 시스템 RAM 성능이 적절하게 감시되고 측정/입증되는 것을 보장하기 위함이다.

4차년도에 초안을 작성하여 5~7차년도에 걸쳐 변경사항을 적용/개정하였다. 당해연도의 전반적인 내용은 아래와 같다.

① 각 서브시스템에 대한 전반적인 설명

차량, 신호, 분기기 등 사양 및 시스템 구조에 대한 간략한 설명 추가

② 서비스가용성(SA) 모델의 용어 정의 명확화

$$SA = \frac{Planned\,Departures - Missed\,Departures + 1/2\,Unplanned\,Departures}{Planned\,Departures}$$

- PD: 지정된 시간에 각 승강장에서 계획되어 있는 모든 출발 열차 회수
- MD: 지정된 시간에 각 승강장에서 시스템의 기술적인 고장 때문에 발생하는 열차운행 지연의 결과로서 계산되며, 승강장에서 영업 시운전 당시 운전시격 보다 더 긴 열차운행 지연이 MD를 초래한다. 최초 지연 발생 열차에 의해 후속 열차 지연 시 최초 지연 열차에 한해서만 MD로 간주한다. 지연에 관련된 MD 회수는 지연시간 길이, 고장의 영향범위, 현재의 운전시격을 기반으로 한다.
- UD: 운영회사의 열차운행복구 계획에 따라 다르며, 예비 열차 투입 회수

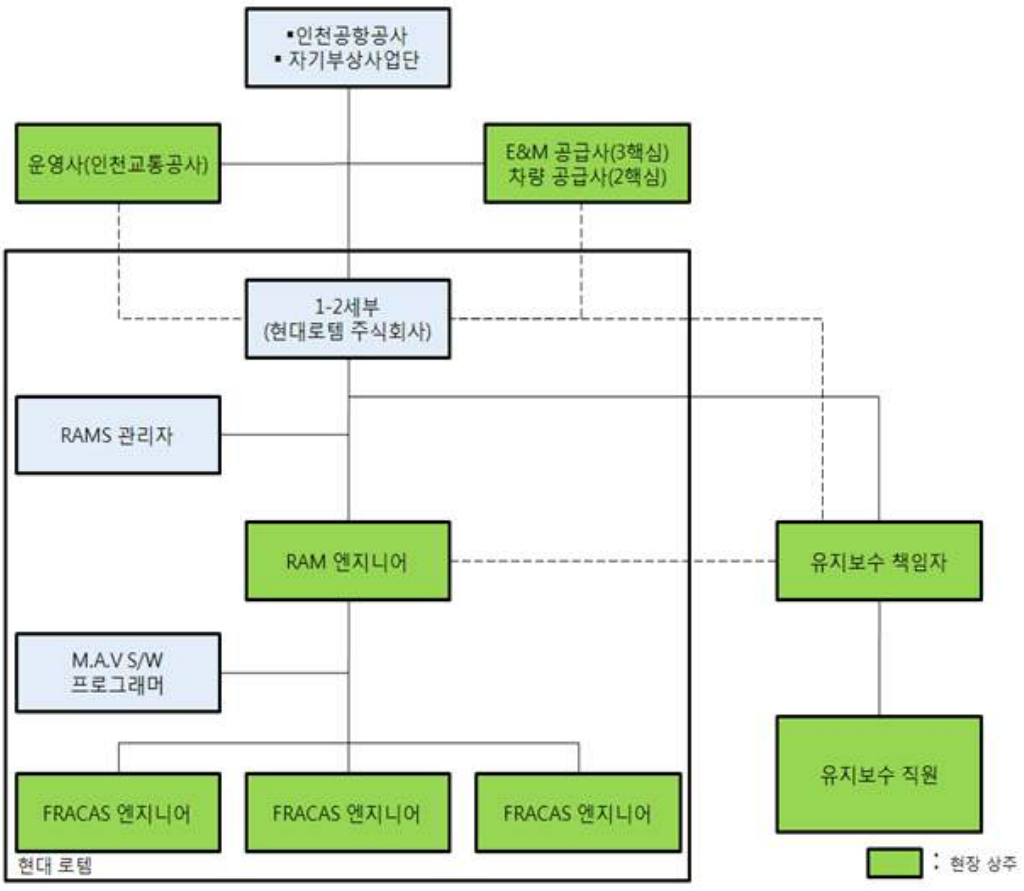
③ 시험기간 및 종류 확정

시험종류			시험기간		운행 열차수	가용성 목표	시험주관
본선시운전	1	준비	2개월 (예비)	2013.06~ 2013.08	3	없음	자기부상열차실용화사업단 (건설기관)
영업시운전	2	운전시격 시험 중	2개월 이동평균	2013.09~ 2013.10	3	93%	인천공항공사 (운영기관)
시범노선 영업운영	3	정상운영 (시간표)	3개월 이동평균	2013.11~ 2014.04	3	96%	
	4	정상운영 (시간표)	6개월 이동평균	2014.05~ 2015.04	3	98%	

사업단의 종합시운전 공정표(도시형자기부상열차실용화사업단-738)에 따라 세부 일정을 확정 지었다.

④ 조직도 추가

상기 표의 세부일정에 따라 1-2세부과제의 RAM 확인/검증 조직을 세분화 하였다.



RAM 시연계획에 따라 SA 평가/수행 조직은 위와 같으며, 1-2세부과제는 RAM 엔지니어 1명과 FRACAS 엔지니어 3명이 현장 시운전 기간 동안 상주 예정이다.

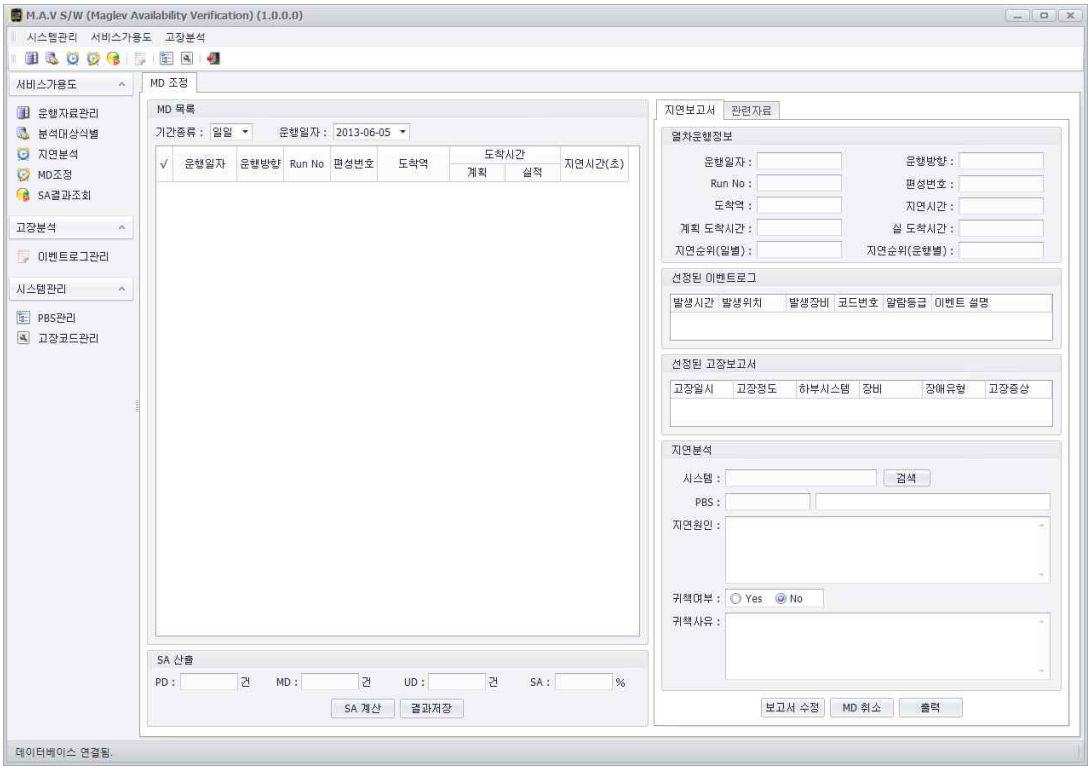
⑤ 기관별 업무 범위

시운전 기간 동안 RAM 시연을 위한 각 기관 및 공급사의 참여 범위가 확정됨에 따라 해당 기관 및 공급사의 책임 및 업무 범위를 일부 조정하였다.

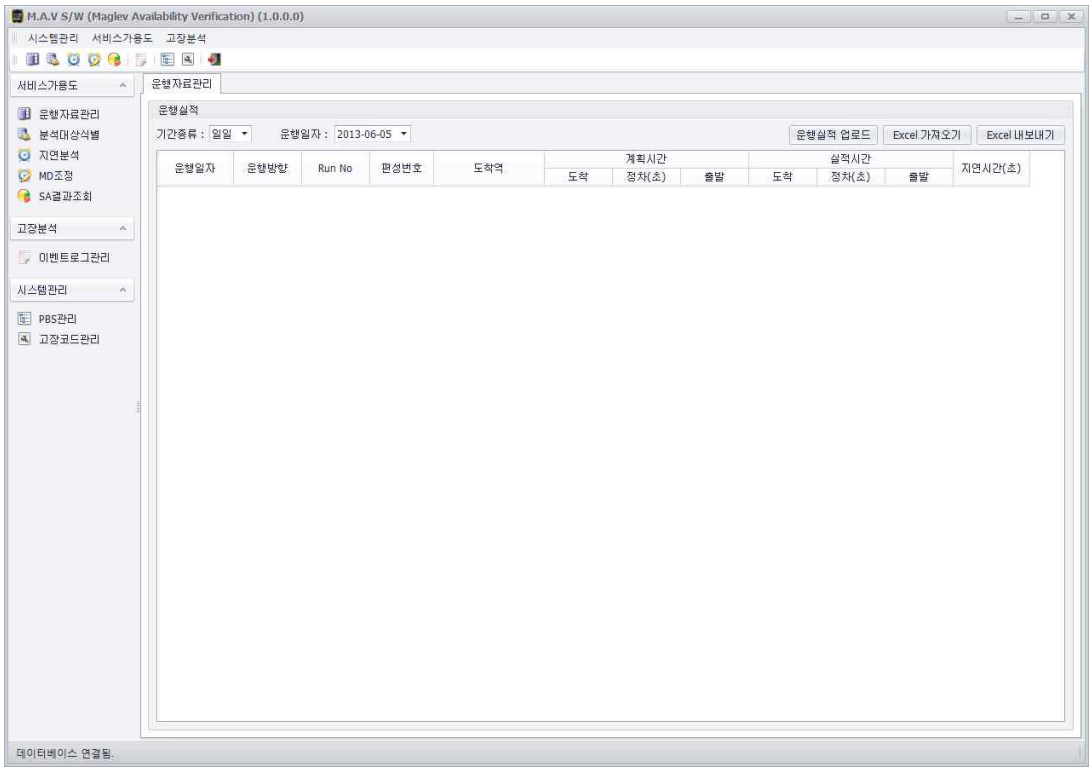
상기에 변경/반영된 내용들은 RAM 시연 기간 동안 적용되어 SA 평가 진행에 가이드 역할을 하게 된다.

파. S.A.V(Maglev Availability Verification) S/W

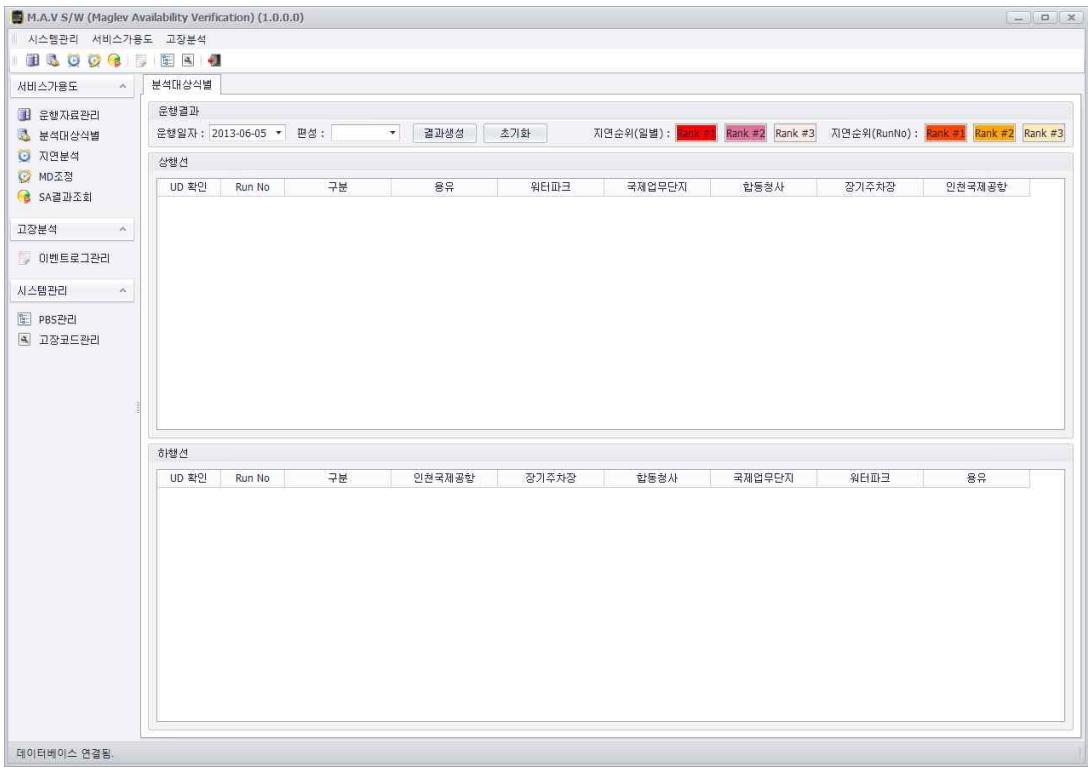
본 S/W는 영업시운전 기간에 FRACAS 수행을 위한 기본 Tool 로 사용될 것이다. S/W의 기본적인 기능은 각 서브시스템(차량, 신호, 통신 등)의 이벤트 로그 수집 및 SA(Service Availability) 산출 기능을 가진다. 전체적인 화면 구성 및 사용 설명은 아래와 같다.



상기 화면은 S.A.V S/W의 전체적인 화면 구성을 나타내며 주요 구성은 운행 자료관리, 분석대상 식별, 지연 분석, MD 조정, SA 결과 조회로 되어 있다.

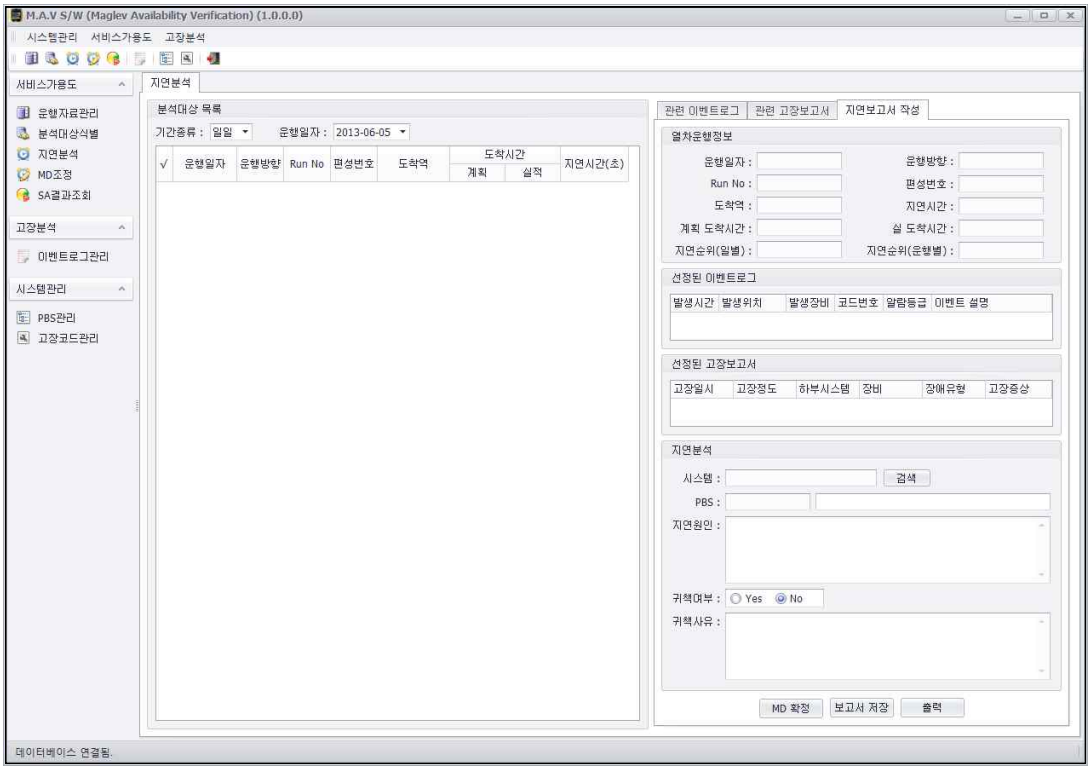


신호시스템에서 관리되는 일일 운행 계획 및 실적 데이터를 업로드 하여 일일 운행 실적을 관리한다. 해당 데이터를 통해 각 열차별 또는 역사별 지연 실적을 조회할 수 있다.



여기서 지연으로 분류되는 모든 항목이 서비스 가용성 평가에 영향을 주는 것은 아니다. 상기 화면을 통해 나타낼 예정인 지연 항목들은 당 과제에서 서비스 고장의 정의에 포함되지 않는 고장도 포함한다. 따라서, 지연 심각도를 색으로 구분하여 사용자가 쉽게 구분할 수 있도록 구현하였다.

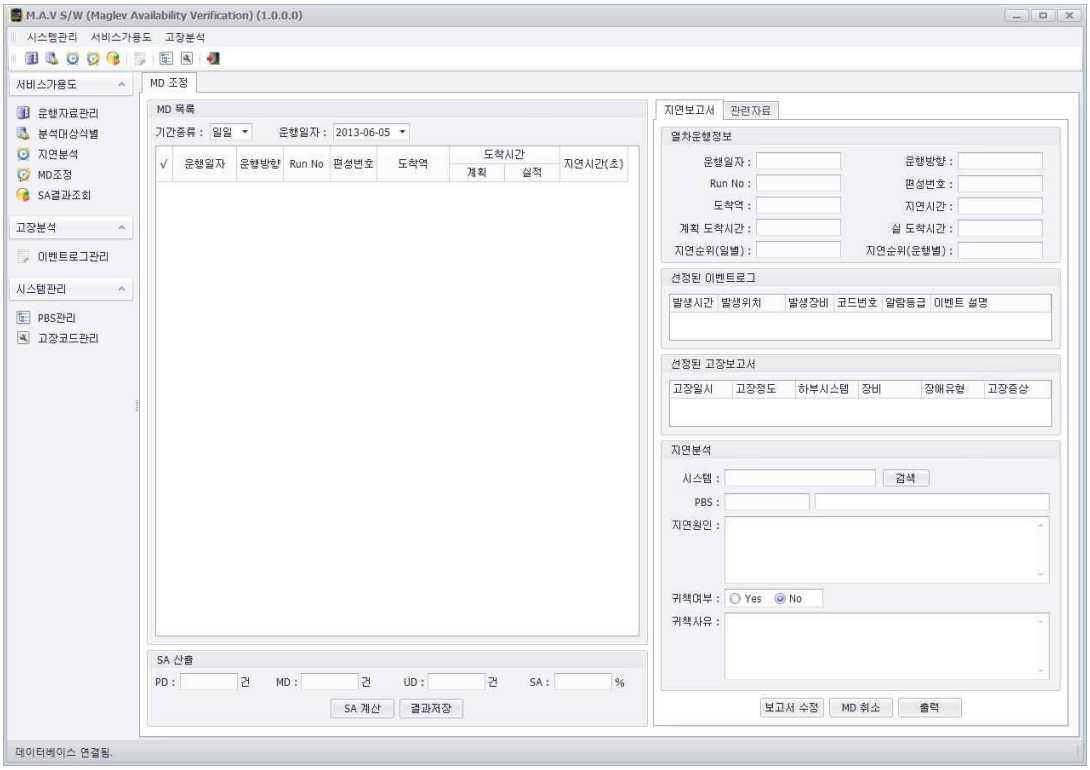
사용자는 화면에 현시되는 각 역사별 지연 항목을 통해 어떤 역사에서 가장 큰 지연이 발생하였는지 쉽게 파악할 수 있다.



지연 항목들에 대해 지연보고서를 위와 같이 작성할 수 있다. 각 서브시스템에서 제공되는 이벤트 로그와 운영사에서 작성될 예정인 고장보고서를 통해 실제 지연 발생 원인에 대해 분석 할 수 있다. 지연이 발생한 동 시간대의 이벤트 로그를 서브시스템에서 제공받아 고장보고서와 비교 분석한다. 이를 통해 지연 분석 보고서를 작성하고 이는 FRB 또는 귀책 여부 판단 시 참고 자료가 될 수 있다. 여기에 첨부되는 고장 보고서는 기존의 FRACAS 양식을 현장 상황에 맞추어 일부 개정한 것으로 고장 분석에 중요한 출처가 될 수 있다.

분석을 통해 전적으로 시스템 고장으로 인해 발생한 고장인지를 식별하게 되며 인적 오류 또는 승객 부주의 등 시스템 고장이 아닌 지연 고장은 MD(Missed Departure) 항목에 포함되지 않는다. MD에 포함되는 고장을

분류하여 최종적으로 서비스 가용성을 산출하게 된다.



이번 단계에서 개발된 S.A.V S/W는 현장 시연을 통해 일부 조정할 예정이며 산출되는 일일 및 주간, 월간 서비스 가용성은 표를 통해 사용자가 쉽게 확인 할 수 있도록 구현 하였다.

하. 시스템 RAM 시연 보고서(영업시운전 기간 작성)

거 시스템 RAMS 보고서

본 문서는 서브시스템 수준에서 분석된 RAM 데이터를 통해 시스템 수준의 RAM 성능의 달성 여부를 확인하기 위함이다. 일부 서브시스템에 대해서는 현재 RAM 분석이 진행되고 있는바, 현재까지 분석이 완료된 서브시스템과 설계 단계에서 할당한 RAM 데이터를 바탕으로 한다.

또한, 일부 서브시스템에 대하여 RAM 분석이 완료되는 대로 해당 결과를 반영하여 본 문서를 개정할 예정이다.

자기부상시스템은 당 과제에서 제시한 시스템 RAMS 요구조건 고장 등급에 따라 RAM 분석을 진행하였다.

고장분류		고장설명	운행 복구시간	물류 시간	열차출발 실패건수	년간허용 고장 건수
SG	중대고장 (Significant Failure)	중대 고장(SG): 열차운행서비스에 영향을 미치며 열차운행 복구시간이 30분을 초과되는 고장으로 정의된다. 전형적인 SG 고장은 유지보수 직원의 개입이 필요하거나, 열차가 본선에서 정지하여 이동하지 못하거나 다수의 열차들의 차량기지 회송이 필요한 경우이다.	60min	20min	723	0.492
MJ	주요고장 (Major Failure)	주요 고장(MJ): 열차운행서비스에 영향을 미치며 열차운행 복구시간은 4분 초과 30분 이하로 소요되는 고장으로 정의된다. 전형적인 MJ 고장은 운행중인 열차에서 승객을 대피시킨 후 열차를 회송시키나 복구시간은 30분 이하가 소요되는 고장이다. 단 시간 내에 열차운행 복구를 하기 위해서는 현장인원(차상 안전요원, 역사 순회점검 요원)의 개입으로 고장을 해결되거나 고장 장치를 초기화 하는 경우이다	30min	2min	4489	6.11
Mi	경미고장 (Minor Failure)	경미한 고장(Mi): 열차운행서비스에 잠재적인 영향을 미치며 열차운행 복구시간이 90초 초	4min	0min	7052	71.96

		과 4분 이하가 소요되는 고장으로 정의된다. 전형적인 Mi 고장은 차상 안전요원이나 역사 순회점검요원을 통해 해결되거나 OCC 운영요원에 의해 소프트웨어나 자동절차를 통해 원격으로 복구 가능한 고장이다				

전체 시스템의 서비스 가용성 목표치인 98%(영업운전) 달성을 위한 각 서브시스템의 RAM 목표치를 설계/할당 하였다. 각 서브시스템 분야별 RAM 목표값은 아래와 같다.

	MTBFs (hr)			고장율 (1/hr)			MTTR (hr)
	SG	MJ	Mi	Mi	SG	MJ	
차량	55384	1665	209	4,774E-03	1,806E-05	6,005E-04	0.113
	MD/년 (2013년)			MD/년 (2032년)			
	3221			6149			

[차량]

항목		목표치(hr)	계약 목표치(hr)		비 고
MTBFs	SG등급	24,581	Onboard	50,000	λSG =4.068E-05
	MJ등급	17,930	Wayside	20,000	λMJ =5.577E-05
	Mi등급	376			λMi =2.661E-03
MTTR(hr)		0.084	1		
기술적 가용성		99.9769%	99.9%		

[신호]

항목		목표치(hr)	비 고
MTBFs	SG등급	1,525,424	λ_{SG} =6.556E-07
	MJ등급	75,338	λ_{MJ} =1.327E-05
	Mi등급	12,737	λ_{Mi} =7.851E-05
MTTR(hr)		0.128	
기술적 가용성		99.9988%	

[제3궤조]

항목		목표치(hr)	비 고
MTBFs	SG등급		
	MJ등급	239,071	λ_{MJ} =4.183E-06
	Mi등급	12,737	λ_{Mi} =7.851E-05
MTTR(hr)		0.087	

기술적 가용성	99.9993%	

[통신]

항목		목표치(hr)	비 고
MTBFs	SG등급	44,491,902	λ_{SG} =2.248E-08
	MJ등급	1,344,809	λ_{MJ} =7.436E-07
	Mi등급	27,891	λ_{Mi} =3.585E-05
MTTR(hr)		0.075	
기술적 가용성		99.99997%	

[PSD]

항목		목표치(hr)	비 고
MTBFs	SG등급	1,026,736	λ_{SG} =9.740E-07
	MJ등급	19,212	λ_{MJ} =5.205E-05
	Mi등급	1,903	λ_{Mi} =5.256E-04
MTTR(hr)		0.104	차량운행서비스 복구시간
기술적 가용성		99.9940%	

[분기기]

시스템 설계 당시 설정한 전체 시스템 가용성 달성을 위해 각 서브시스템 별로 할당된 RAM 목표치 만족 여부를 확인 하기 위한 것으로, 분석 결과를 토대로 향후 영업 시운전 및 영업운전 기간 동안의 시스템 성능 입증의 바로미터가 될 수 있다. 아래 표는 전체 서브시스템에 대한 RAM 할당치와 각 서브시스템에서 예측한 분석값을 나타낸다. 일부 시스템(제3궤조, 양방향 통신)에 대해서는 아직 RAM 분석이 완료 되지 않아 예비 RAM 분석 값을 적용하였으며, 그 외 서브시스템은 RAM 분석을 완료한 값이다. 목표치 대비 모든 서브시스템이 목표값을 만족하는 것으로 분석되었나, 예외적으로 PSD 서브시스템은 고장시나리오 별 MD횟수를 분석하여 목표치와 비교 검토한 것으로 전체 가용성 목표치와는 차이가 있다. 본 데이터를 기반으로 영업 시운전 및 영업 운전에서 전체 시스템 수준의 가용성을 확인/검증 할 예정이다. RAM 분석이 일부 미 완료된 서브시스템에 대해서는 분석이 완료되는 대로 반영하여 본 문서를 개정할 예정이다.

서브시스템			할당 값(hr)	분석 값(hr)
차량	MTBF	Sg	55,384	116,151

		Mj	1,665	10,542	
		Mi	209	1,138	
	MTTR		0.113	0.53	
	가용성		99.9390%	99.9479%	
신호	MTBF	Sg	24,581	On-board	113,000
		Mj	17,930	Wayside	23,100
		Mi	376		
	MTTR		0.084	On-board	1
				Wayside	1
	가용성		99.9769%	99.9930%	
분기기	MTBF			시저스(7틀)	2,3way(7틀)
		Sg	1,026,736		
		Mj	19,212	22,831.05	28,571.42
		Mi	1,903	2,132.196	112,930.5
	MTTR		0.104	0.0085	0.015247
	가용성		99.9940%	99.9995%	
PSD	MTBF	Sg	44,491,902	시나리오 #1	194,174
		Mj	1,344,809	시나리오 #2	71,890
		Mi	27,891	시나리오 #3	7,092
	MTTR		0.075	시나리오 #1	0.6
				시나리오 #2	0.067
				시나리오 #3	0.067
	가용성		99.9997%	99.99865%	
통신	MTBF	Sg		68,449	
		Mj	239,071		
		Mi	12,737		
	MTTR		0.087	0.457	

	가용성		99.9993%	99.9993%
제3궤조	MTBF	Sg	1,525,424	391,848
		Mj	75,338	
		Mi	12,737	
	MTTR		0.128	4
	가용성		99.9988%	99.9989%
전체 시스템 가용성				99.93%

상기 표와 같이 각 서브시스템의 RAM 분석 결과를 반영하여 전체 시스템에 대한 가용성을 산출 하였을 때 영업운전 최종 서비스 가용성 목표치인 98%를 달성하는 것으로 나타났다.

전체 시스템의 최종 서비스 가용성 목표치와 서브시스템에서 분석한 값은 시스템이 안정화 된 후 달성 할 수 있는 수치로 영업운전 동안 측정 가능하다.

너. 예측모델 DB

(1) 접근방법

상위 과제로부터 LCC 관련 비용 데이터를 수집하기 위해 데이터 수집 양식을 개발하고 공문을 통해 데이터 수집을 시도하였으나 비용관련 자료 공개의 어려움으로 인해 비용수집에 실패하였다. 이의 해결을 위해 상위과제로부터 RAM 유지보수성 분석 자료를 입수하여 LCC 데이터 수집양식에 재배치하고, 누락된 비용 정보에 대해서는 현장 견적 자료를 토대로 가정을 수립하고 주요부품별 비용 분배를 통해 LCC 분석을 수행하였다. 또한 LCC 분석 과정에서 RAM 유지보수성 데이터에 대한 수많은 오류가 발견되어 이를 수정 보완한 데이터로 LCC 분석을 수행하고 LCC 분석에 수행된 LCC DB를 구축하였다.

(2) 적용 LCC DB 예

(가) 차량 부상장치

1) 고장정비 data

LRU 단위의 Item 분류 코드						Item 명	각 차량에서의 LRU 수량			FMEA 분석 시트를 참고하여 작성한 LRU의 고장모드	고장정비 업무에 관한 설명	LRU 고장모드의 고장율 (백만 시간 혹인 시간당 고장 횟수)	수리가 가능한지의 여부를 나타냄.	Spare Part 가격	가격 단위 (KRW/USD /EUR/JPY)	1 & 2차 line 재료비율		유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수		물류나 기타 사항과 관련한 모든 주석(유지보수 매뉴얼 참고 등)
																Spare Part				
Item ID						Item명	수량			고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/h)	수리 가능 여부 (Y/N)	Spare Part 가격(WON)	가격 단위 (KRW/USD /EUR/JPY)	계수	단위	1 & 2차 line		비고
L1	L2	L3	L4	L5	L6		1	2	Total									인력 수	인시	
5	0	0	0	0	0	Levitation System														
5	1	0	0	0	0	Magenet Drive														
5	1	1	0	0	0	Control Unit														
5	1	1	1	0	0	MLC1 (CPU Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	9.00E-07	N	3,000,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	2	0	0	MLC2 (CPU Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	9.00E-07	N	3,000,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	3	0	0	MLIB (Signal Interface Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	4.20E-06	N	2,000,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	4	0	0	MLIO1 (Digital InOut Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	4.20E-06	N	950,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	5	0	0	MLIO2(Digital InOut Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	4.20E-06	N	950,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	6	0	0	PSM1 (Power Supply Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	8.00E-06	N	1,935,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	7	0	0	PSM2 (Power Supply Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	8.00E-06	N	1,935,000		1	EA	1	1.30	
5	1	1	8	0	0	MLBP(Back Plane Board)	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	3.00E-06	N	1,500,000		1	EA	1	1.30	
5	1	2	0	0	0	IGBT Inverter														
5	1	2	1	0	0	LPD (IGBT Drive Unit)														
5	1	2	1	1	0	LPD CH1	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	6.00E-06	N	250,000		1	EA	1	1.50	
5	1	2	1	2	0	LPD CH2	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	6.00E-06	N	250,000		1	EA	1	1.50	
5	1	2	1	3	0	LPD CH3	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	6.00E-06	N	250,000		1	EA	1	1.50	
5	1	2	1	4	0	LPD CH4	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	6.00E-06	N	250,000		1	EA	1	1.50	
5	1	2	2	0	0	IGBT Module														
5	1	2	2	1	0	IGBT Module CH1	8	8	16	내부 부품 소손	교체	2.00E-08	N	300000		2	EA	1	1.00	
5	1	2	2	2	0	IGBT Module CH2	8	8	16	내부 부품 소손	교체	2.00E-08	N	300000		2	EA	1	1.00	
5	1	2	2	3	0	IGBT Module CH3	8	8	16	내부 부품 소손	교체	2.00E-08	N	300000		2	EA	1	1.00	
5	1	2	2	4	0	IGBT Module CH4	8	8	16	내부 부품 소손	교체	2.00E-08	N	300000		2	EA	1	1.00	
5	1	2	3	0	0	Thermal Sensor														
5	1	2	3	1	0	DCPT CH1	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	2.00E-08	N	350,000		1	EA	1	1.50	
5	1	2	3	2	0	DCPT CH2	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	2.00E-08	N	350,000		1	EA	1	1.50	
5	1	2	3	3	0	DCPT CH3	8	8	16	내부 부품 소손	예비품 교체 후 수리	2.00E-08	N	350,000		1	EA	1	1.50	

2) 예방정비 data

IU 단위의 im 분류 코드					Item 명	각 차량에서의 LRU 수량			예방정비 업무에 대한 고유 코드 (IN,SV,RP, NDT, OV)	예방정비 업무에 대한 설명	각 유지보수 업무의 주기. 이는 유지보수 분류에 따라 결정될 것이다.		Spare Part 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	1 & 2차 line 재료비용			3차 Shop 재료비용			유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수		물류나 기타 사항과 관련한 모든 주석(유지보수 매뉴얼 참고용)
															Spare Part		Consumable Part	Spare Part		Consumable Part			
Item ID						수량															1 & 2차 line		
L2	L3	L4	L5	L6	Item명	1	2	Total	예방정비 업무코드	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (km/d/m/y)	Spare Part 가격(WON)	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	개수	단위	결정	개수	단위	결정	인력 수	인시	비고
0	0	0	0	0	Levitation System				IN	회관 및 기능검사	15	D									1	0.50	
1	0	0	0	0	Magenet Drive																		
1	1	0	0	0	Control Unit																		
1	1	1	0	0	MLC1 (CPU Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	2	0	0	MLC2 (CPU Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	3	0	0	MLIB (Sgnal Interface Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	4	0	0	MLIO1 (Digital InOut Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	5	0	0	MLIO2(Digital InOut Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	6	0	0	PSM1 (Power Supply Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	7	0	0	PSM2 (Power Supply Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	1	8	0	0	MLBP(Back Plane Board)	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	0	0	0	IGBT Inverter																		
1	2	1	0	0	LPD (IGBT Drive Unit)																		
1	2	1	1	0	LPD CH1	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	1	2	0	LPD CH2	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	1	3	0	LPD CH3	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	1	4	0	LPD CH4	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	2	0	0	IGBT Module						20000	km									1	0.50	
1	2	2	1	0	IGBT Module CH1	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	2	2	0	IGBT Module CH2	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	2	3	0	IGBT Module CH3	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	2	4	0	IGBT Module CH4	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	20000	km									1	0.50	
1	2	3	0	0	Thermal Sensor																		
1	2	3	1	0	DCPT Module CH1	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	100000	km									1	0.20	
1	2	3	2	0	DCPT Module CH2	8	8	16	IN	회관검사,기능검사,청소	100000	km									1	0.20	

(나) PSD

1) Global data

Item ID																
L1	L2	L3	L4	L5	L6	시스템 명칭	수량	사용 년수 (Year)	유지보수장비 구입비용	소모품 구입비용	엔지니어링 비용	시스템 구입비 (설치 비용 포함)	훈련 및 교육비용	연간 에너지소비 비용	기본 통화 단위
5	0	0	0	0	0	PSD (승강장스크린도어) 시스템	6	30	1,000,000	1,000,000	880835733	8,132,860,140	3,621,721	36,000,000	KRW

2) 고장정비 data

Item ID															유지보수 업무						Component shop 재료비용				인건비용						비고
															예비품			소모 재료			소모 재료				유지보수			Component			
L1	L2	L3	L4	L5	L6	Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	개수	단위	결정	개수	단위	소모 재료 비용	결정	개수	단위	소모 재료	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시	
5	1	0	0	0	0	구동부	1																								
5	1	1	0	0	0	개별제어반	8	릴레이 락(입력) 통신 에러	부품교체	0.595238095	N		131,250	KRW											1	0.25	0.25				초급
								SCP와의 통신 오류	부품교체	0.595238095	N														1	0.25	0.25				초급
								OPS와의 통신 오류	부품교체	0.595238095	N														1	0.25	0.25				초급
								안전센서와 통신오류	부품교체	0.595238095	N														1	0.25	0.25				초급
								전기 장금장치 통신 에러	부품교체	0.595238095	N														1	0.25	0.25				초급
								전원선 빠짐	다시연결	0.595238095	N														2	0.25	0.5				초급
								개별제어반장치고장	부품교체	0.595238095	N														1	0.25	0.25				초급
5	1	2	0	0	0	구동보터	8	전기선 빠짐	다시연결	0.208333333	N		262,500	KRW											1	0.5	0.5				초급
								장치 고장	부품교체	0.208333333	N														3	0.5	1.5				중급
5	1	3	0	0	0	이송장치	1						1,050,000																		
5	1	3	1	0	0	벨거레일	16	고정 볼트 풀림	볼트조임	0.104166667	N		13,125	KRW											3	0.5	1.5				초급
5	1	3	2	0	0	토어 벨거	16	가동용 탈선	새 롤러로 교체	0.052083333	N		6,563	KRW											3	0.5	1.5				중급
								고정 볼트 풀림	볼트 조임	0.052083333	N														3	0.5	1.5				초급
5	1	3	3	0	0	구동벨트	8	벨트 고장	벨트 교체	0.005208333	N		26,250	KRW											2	0.75	1.5				초급
								벨트 고정장치 고장	교체	0.005208333	N														2	0.75	1.5				초급
5	1	3	4	0	0	벨트 클랩프	16	고정 볼트 풀림	볼트 조임	0.104166667	N		13,125	KRW											3	0.5	1.5				초급
5	1	3	5	0	0	풀리	8	장치 고장	교체	0.003125	N		13,125	KRW											2	0.75	1.5				초급
								벨트 기계적 연결 고장	교체	0.003125	N														2	0.75	1.5				초급
5	1	3	6	0	0	토어 쇼트파	16	고정 볼트 풀림	볼트 조임	0.104166667	N		6,563	KRW											3	0.5	1.5				초급
5	1	3	7	0	0	전기적 장금장치	8	신호(릴레이)클랙 통신 에러	다시 연결	1.041666667	N		13,125	KRW											1	0.25	0.25				초급
								장치 고장	교체	1.041666667	N														1	0.25	0.25				중급
5	1	4	0	0	0	안전센서	1						3,150,000																		
5	1	4	1	0	0	열림검지센서	8	장치 고장	교체	0.416666667	N		78,750	KRW											1	0.33	0.33				초급
5	1	4	2	0	0	닫힘검지센서	8	신호 릴레이 락 클랙 통신 에러	교체	0.208333333	N		78,750	KRW											1	0.33	0.33				초급
								장치 고장	교체	0.208333333	N														1	0.33	0.33				초급
5	1	4	3	0	0	장애물검지센서	8	장치 고장	교체	0.416666667	N		118,125	KRW											1	0.33	0.33				초급
5	1	4	4	0	0	비상통검지센서	8	신호 릴레이 락 클랙 통신 에러	교체	0.208333333	N		118,125	KRW											1	0.33	0.33				초급
								장치 고장	교체	0.208333333	N														1	0.33	0.33				초급
5	1	5	0	0	0	핫데리 박스	8	개별제어반 전기 커넥터 빠짐	다시 연결	0.347222222	N		131,250	KRW											1	0.17	0.17				초급
								전기 장금장치 전기 커넥터 빠짐	다시 연결	0.347222222	N														1	0.17	0.17				초급
								구동보터 전기 커넥터 고장	다시 연결	0.347222222	N														1	0.17	0.17				초급
								안전센서 전기 커넥터 고장	다시 연결	0.347222222	N														1	0.17	0.17				초급
								입입전원 커넥터 고장	다시 연결	0.347222222	N														1	0.17	0.17				초급
								자가 진단장치 고장	교체	0.347222222	N														1	0.17	0.17				초급

3) 예방정비 data

Item ID						Item명	수량	예방정비 인무코드 (IN/EV/RP/NDT/OV)	예방정비 인무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	변경정비 결과비용						Component shop 결과비용						인건비용						비고
															예비품		소모 결과				예비품		소모 결과				변경정비			Component shop			
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	결과	개수	단위	가격	개수	단위	결과	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시	
5	1	0	0	0	0	구동부	1																										
5	1	1	0	0	0	개별제어반	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.2	0.2				중급
5	1	2	0	0	0	구동모터	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.2	0.2				초급
5	1	3	0	0	0	이송장치	1																										
5	1	3	1	0	0	컬러레일	16	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.2	0.2				초급
5	1	3	2	0	0	도어 컬러	16	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.2	0.2				초급
5	1	3	3	0	0	구동벨트	8	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.2	0.2				초급
5	1	3	4	0	0	벨트 클랑프	16	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.1	0.1				초급
5	1	3	5	0	0	롤러	8	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.1	0.1				초급
5	1	3	6	0	0	도어 스토퍼	16	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.1	0.1				초급
5	1	3	7	0	0	전기적 잠금장치	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.2	0.2				초급
5	1	4	0	0	0	안전센서	1																										
5	1	4	1	0	0	열림검지센서	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.1	0.1				중급
5	1	4	2	0	0	닫힘검지센서	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.1	0.1				중급
5	1	4	3	0	0	잡아중검지센서	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.1	0.1				중급
5	1	4	4	0	0	비상중검지센서	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.1	0.1				중급
5	1	5	0	0	0	방어리 박스	8	IN	1.인지월기	1	m			KRW													1	0.2	0.2				초급
5	1	6	0	0	0	전원중급장치	8	IN	1.인지월기	7	d			KRW													1	0.3	0.3				중급
5	2	0	0	0	0	구조체	1																										
5	2	1	0	0	0	가중중	16	IN	1.인지월기 2.인장점검	1	m			KRW													1	0.1	0.1				초급

더. LCC 분석 최종 보고서 작성

(1) 접근방법

LCC 분석과 관련하여 복합 시스템인 철도시스템의 특성상 자기부상철도 시스템은 크게 완성차량과 차량외 시스템으로 구분하여 개발한 LCC 모델을 적용하여 분석을 수행하였다. 해외의 경우 완성차량에 대해서는 유럽차량연합회인 UNIFE에서 개발한 LCC 모델을 적용하여 차량입찰시 LCC 분석 결과 자료를 제출하도록 하고 있으나, 전력, 신호, 궤도, 역사 등 차량외 시스템에 대해서는 아직까지 해외에서 통일화된 LCC 모델은 없고 유럽 REMAIN 프로젝트에서 수행한 LCC 모델이 컨설팅 회사의 자료를 통해 공개되어 있는 상황이다. 따라서 본 과제에서도 완성차량에 대해서는 UNIFE 모델을 기초로 한 LCC 분석 모델(상세모델)을 개발하여 RAM 분석 대상인 시스템에 적용하여 LCC 분석을 수행하였으며, RAM 분석 대상이 아닌 차량외 시스템에 대해서는 유럽의 REMAIN 모델을 토대로 하여 국내 현실에 적합하도록 변경하여 LCC 모델(간략모델)을 개발하여 LCC 분석을 수행하였다. 상세모델과 간략모델의 큰 차이점은 RAM 데이터를 활용한 LCC 분석인가, 현장에서 수집가능한 비용중심의 LCC 데이터를 활용한 LCC 분석인가에 있다. 현재 철도시스템과 관련된 기술 수준을 고려할 경우 차량의 경우 해외 수출을 위해 RAMS 활동이 이루어지고 있으나, 차량외 시스템의 경우 신호/통신 등 일부 시스템에 한정되어 RAM 활동이 이루어지고 있어 차량외 시스템에 대해서는 간략 모델을 적용하여 분석하는 것도 고려해 볼 수 있다고 생각한다.

분석에 적용된 데이터와 관련하여 차량에 대해서는 시범노선 운행과 관련하여 고장데이터가 불안정한 상태(초기결함 발생 단계)이므로, 상위과제와 연계하여 고장데이터가 안정화된 이후에 FRACAS를 통해 입수되는 RAM 데이터를 수집하여 LCC 분석을 수행해야 하나, 현재 데이터 수집 단위가 LRU 단위가 아닌 시스템 레벨에서의 고장 횟수를 확인하는 정도로 연구 범위가 변경되어 현장에서의 고장 데이터 확인을 통한 LCC 비용의 정확도 검증이 이루어지지 못하였다. 그리고 RAM 분석 대상인 차량외 시스템은 RAM 유지보수성 분석 자료가 제출된 신호, 분기기, PSD에 대해 LCC 분석을 수행하였으며, RAMS 분석 대상외인 자기부상열차에 특화된 궤도시스템에 대한 LCC 분석을 수행하였다. 그러나 본 분석결과는 LCC 분석에 필요한 시스템 구입비나 주요 부품의 재료비 등이 제공되지 않아 LCC 계산을

위해 자기부상열차 발주 시 견적자료를 토대로 추정을 통해 계산하였으며, 이는 향후 해당 시스템 제공업체의 정확한 정보제공이 가능할 경우 정확도가 향상될 것이라 생각한다.

또한 여기서는 LCC 분석의 정확도를 향상시키기 위하여 분석에 적용된 데이터 및 분석 결과 내용을 공문을 통해 상위과제에 송부시킴으로서 분석 데이터 및 결과의 확인을 요구하였으며, 이러한 데이터의 확인을 거쳐 각 시스템별 자기부상열차 LCC 비용에 가장 큰 영향을 미치는 인자에 대한 분석을 수행하였음을 밝힌다.

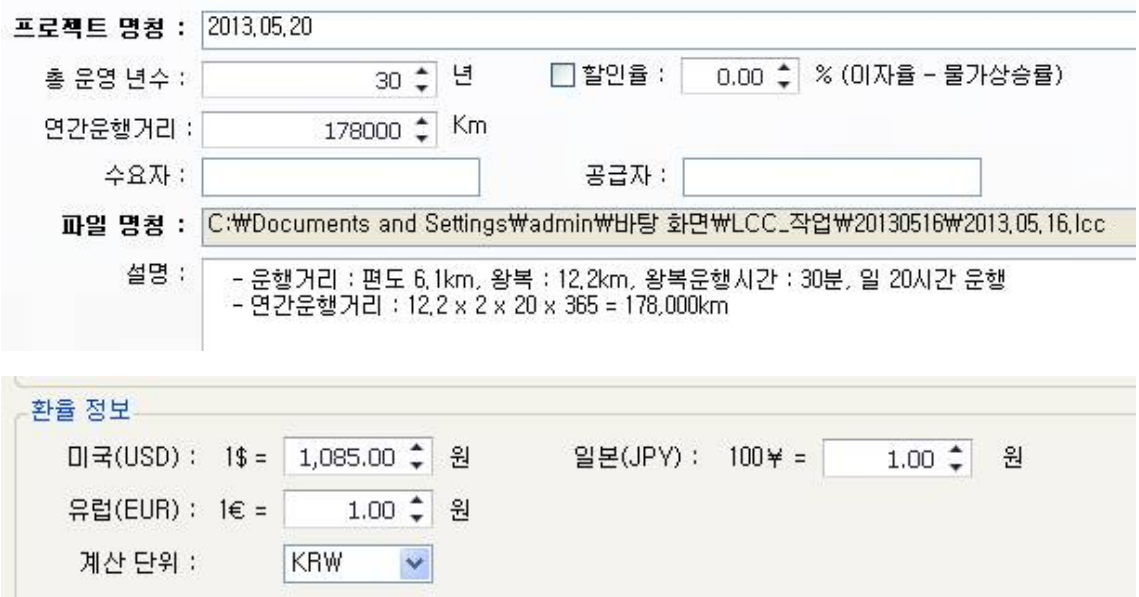
(2) 연구내용

(가) 자기부상 차량시스템 LCC 분석

1) 입력 항목

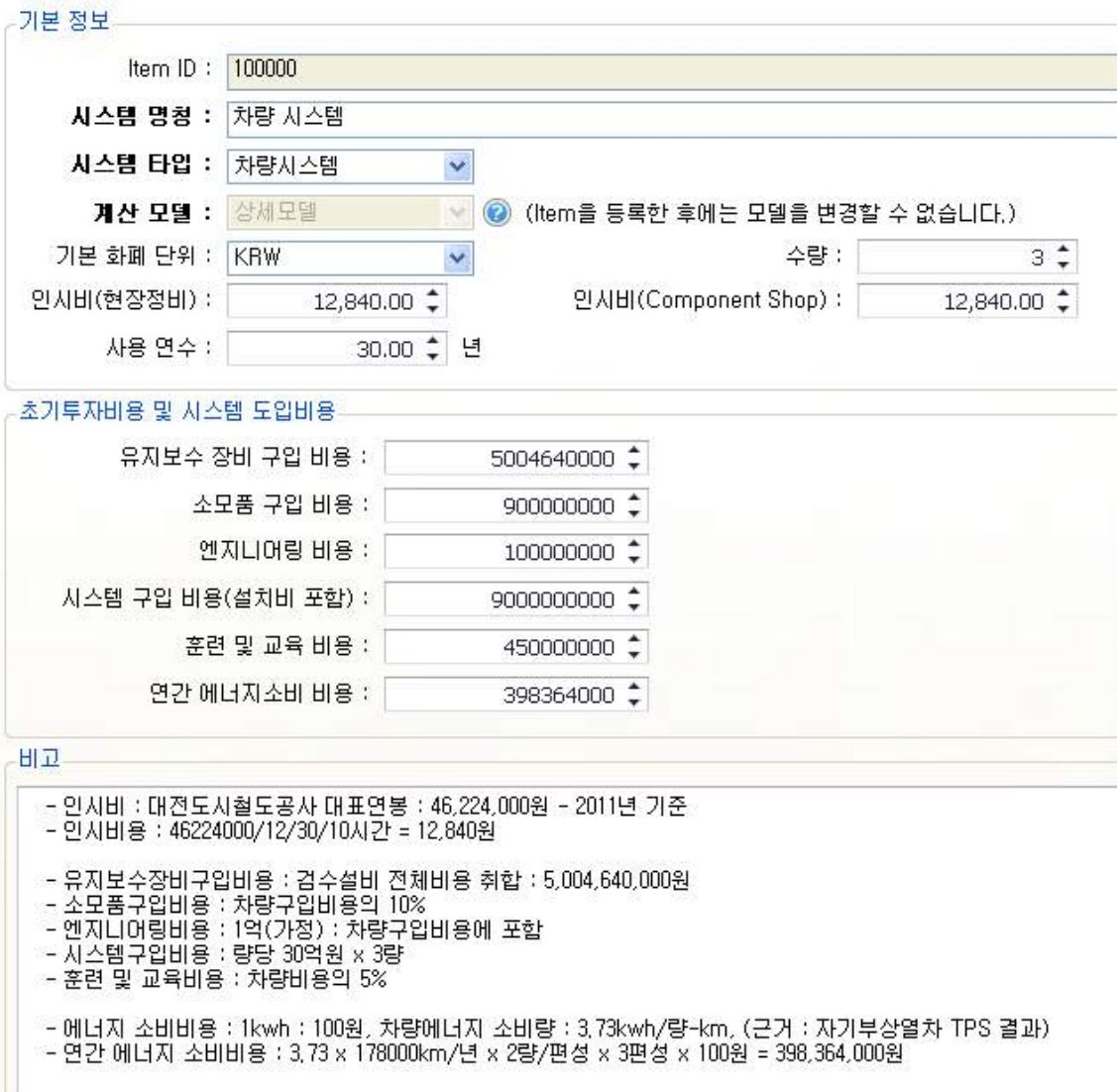
① 연간운행거리, 환율정보 입력

자기부상열차 차량시스템에 대한 LCC 비용을 예측하기 위하여 차량시스템의 총운영연수는 30년, 연간 운행거리는 178,000km, 원화에 대한 미국 환율은 1,085원으로 설정하여 분석을 수행하였다. 연간 운행거리에 대한 근거는 아래 그림에서 보이는 바와 같이 인천공항에 설치된 운행거리인 편도 6.1km, 왕복운행시간 30분, 일 20시간운행을 기준으로 하여 계산하였다. 또한 이자율과 물가상승률을 감안한 할인율은 0로 하였다. 할인율은 향후 조정 가능한 인자이다.



② 인시비, 사용연수, 초기투자비용 입력

차량시스템의 유지보수비용을 계산하기 위한 작업자의 인건비는 대전도시철도공사 대표연봉 46,224,000원(2011년)을 기준으로 시간당 12,840원으로 하였다. 초기투자비용은 인천공항철도 건설시에 들어간 견적을 기초로 하여 아래 그림의 비고에 보인 바와 같은 근거를 기준으로 하여 계산 하였다. 유지보수장비 구입비용은 자기부상열차 수리를 위한 검수설비 구축 비용을 참고로 하였으며, 소모품 구입비용은 차량구입비용의 10%로, 엔지니어링 비용은 차량 구입가격에 다수가 포함되어 있다는 가정하에 1억원을 책정하였으며, 시스템 구입비용은 량당 30억원으로, 훈련 및 교육비용은 차량비용의 5%로 책정하였다. 또한 에너지 소비비용은 자기부상열차 TPS 결과인 차량 에너지 소비량 3.73kwh/량-km를 기준으로 연간 에너지소비비용을 계산하였다.



(다) 차량시스템 서브시스템 정보 입력 및 계산 결과

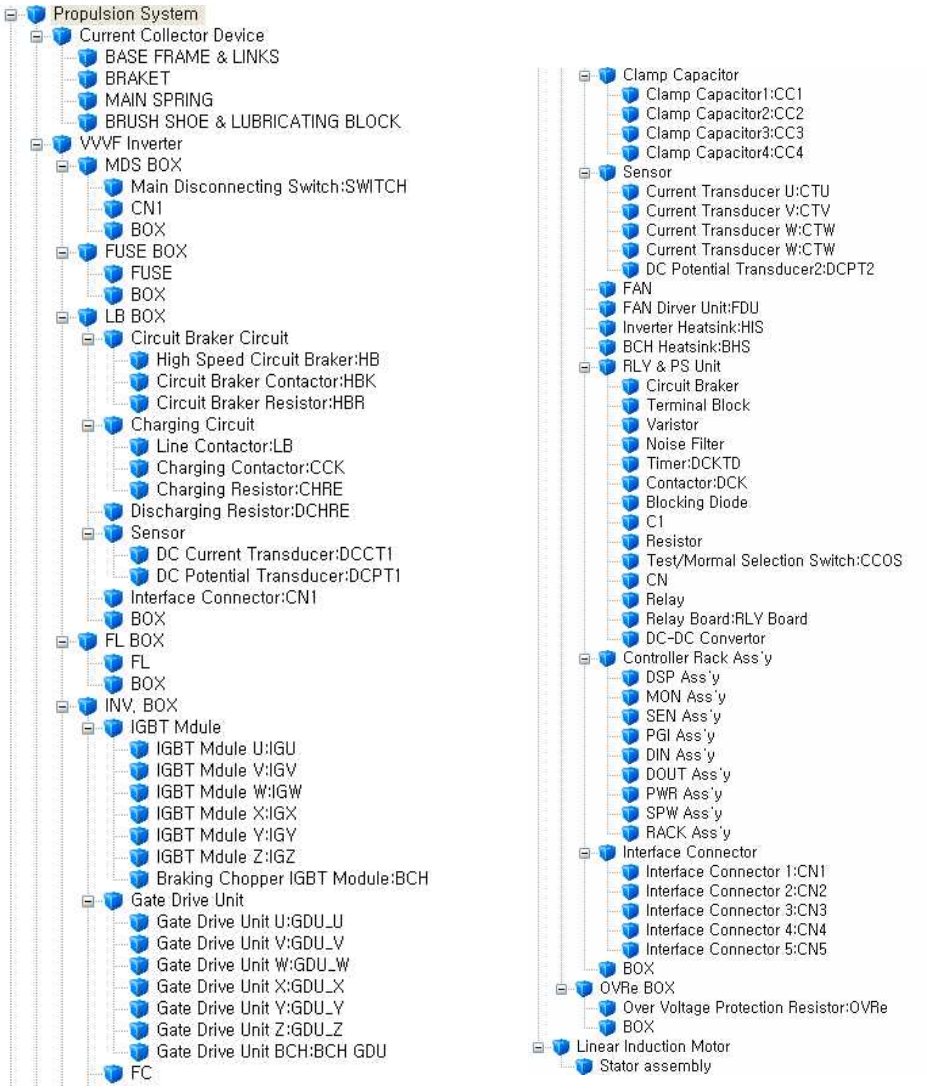
1) 차량시스템

차량시스템의 구조는 아래에 보인 것과 같이 9개의 서브시스템으로 분류하여 계산을 수행하였다. 차량시스템의 유지보수비용을 계산하기 위해서는 서브시스템의 유지보수 활동 단위인 LRU에서 발생되는 활동을 취합하게 된다. 따라서 각 서브시스템의 유지보수성 분석 자료를 근거로 하여 주어진 계산 모델을 기반으로 LCC 계산을 수행하였다.

2) 추진시스템

가) 추진시스템 구조

계산에 사용된 추진시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.


Propulsion System
Current Collector Device
BASE FRAME & LINKS
BRAKET
MAIN SPRING
BRUSH SHOE & LUBRICATING BLOCK
VVVF Inverter
MDS BOX
Main Disconnecting Switch:SWITCH
CN1
BOX
FUSE BOX
FUSE
BOX
LB BOX
Circuit Braker Circuit
High Speed Circuit Braker:HB
Circuit Braker Contactor:HBK
Circuit Braker Resistor:HBR
Charging Circuit
Line Contactor:LB
Charging Contactor:CCK
Charging Resistor:CHRE
Discharging Resistor:DCHRE
Sensor
DC Current Transducer:DCCT1
DC Potential Transducer:DCPT1
Interface Connector:CN1
BOX
FL BOX
FL
BOX
INV. BOX
IGBT Mdule
IGBT Mdule U:IGU
IGBT Mdule V:IGV
IGBT Mdule W:IGW
IGBT Mdule X:IGX
IGBT Mdule Y:IGY
IGBT Mdule Z:IGZ
Braking Chopper IGBT Module:BCH
Gate Drive Unit
Gate Drive Unit U:GDU_U
Gate Drive Unit V:GDU_V
Gate Drive Unit W:GDU_W
Gate Drive Unit X:GDU_X
Gate Drive Unit Y:GDU_Y
Gate Drive Unit Z:GDU_Z
Gate Drive Unit BCH:BCH GDU
FC
Clamp Capacitor
Clamp Capacitor1:CC1
Clamp Capacitor2:CC2
Clamp Capacitor3:CC3
Clamp Capacitor4:CC4
Sensor
Current Transducer U:CTU
Current Transducer V:CTV
Current Transducer W:CTW
Current Transducer W:CTW
DC Potential Transducer2:DCPT2
FAN
FAN Dirver Unit:FDU
Inverter Heatsink:HIS
BCH Heatsink:BHS
RLY & PS Unit
Circuit Braker
Terminal Block
Varistor
Noise Filter
Timer:DCKTD
Contactor:DCK
Blocking Diode
C1
Resistor
Test/Mormal Selection Switch:CCOS
CN
Relay
Relay Board:RLY Board
DC-DC Convertor
Controller Rack Ass'y
DSP Ass'y
MON Ass'y
SEN Ass'y
PGI Ass'y
DIN Ass'y
DOUT Ass'y
PWR Ass'y
SPW Ass'y
RACK Ass'y
Interface Connector
Interface Connector 1:CN1
Interface Connector 2:CN2
Interface Connector 3:CN3
Interface Connector 4:CN4
Interface Connector 5:CN5
BOX
OVRe BOX
Over Voltage Protection Resistor:OVRe
BOX
Linear Induction Motor
Stator assembly

나) 추진시스템 고장정비 정보

추진시스템의 고장정비는 LRU 단위에서의 각 고장모드에 따라 유지보수 업무가 결정되게 되며, 실제 고장정비는 고장률에 따라 현장에서 재료 및 인력을 투입하여 고장 정비 활동이 이루어지게 된다. 추진시스템의 정보는 제작사로부터 입수된 자료를 근거로 계산을 수행하였다. 아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	1	0	0	0	0	Propulsion System	1																			
1	1	1	0	0	0	Current Collector Device	1																			
1	1	1	1	0	0	BASE FRAME & LINKS	8	Broken/fracture	BASE FRAME & LINKS교환	0.468975938	N		1750000		1	EA					1	0.5				
								Deformation	BASE FRAME & LINKS교환	0.468975938											1	0.5				
1	1	1	2	0	0	BRAKET	8	Broken/fracture	Bracket 교환	0.049955625	N		500000		1	EA					1	0.5				
1	1	1	3	0	0	MAIN SPRING	8	Break of spring	Main spring 교환	0.7614	N		50000		1	EA					1	0.5				
1	1	1	4	0	0	BRUSH SHOE & LUBRICAT	8	Excessive wear of graphite	Brush shoe 교환	0.18	N		200000		1	EA					1	0.5				
								Graphite broken/fractured	Brush shoe 교환	0.18					1	EA					1	0.5				
1	1	2	0	0	0	VVVF Inverter	1																			
1	1	2	1	0	0	MDS BOX	1																			
1	1	2	1	1	0	Main Disconnecting Sw	2	주접점소손	교체	0.08312	N		1900000		1	EA					1	0.5				
								보조접점소손	교체	0.74808	N															
1	1	2	1	2	0	CN1	2	인터페이스불능	교체	0.0175	N		120000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	1	3	0	BOX	2	피그러짐 뒤틀림	예비품교체 후 수리	0.62481	Y		750000		1	EA					2	1				
								먼지 및 물기 유입		1.45789																
1	1	2	2	0	0	FUSE BOX	1																			
1	1	2	2	1	0	FUSE	2	용단(토립)발생	교체	0.08	N		2340000		2	EA					1	0.5				
1	1	2	2	2	0	BOX	2	피그러짐 뒤틀림	예비품교체 후 수리	2.0827	Y		525000		1	EA					2	1				
								먼지 및 물기 유입																		
1	1	2	3	0	0	LB BOX	1																			
1	1	2	3	1	0	Circuit Braker Circuit	1																			
1	1	2	3	1	1	High Speed Circ	2	주접점 고착	교체	0.066667	N		7600000		1	EA					2	0.5				
								시험소 고장	교체	0.600003																
1	1	2	3	1	2	Circuit Braker Cc	2	시험소 고장	교체	0.001159	N		105000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	1	3	Circuit Braker Re	2	시험소고장	교체	1.362	N		24000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	2	0	Charging Circuit																				
1	1	2	3	2	1	Line Contactor:LE	2	시험소 고장	교체	0.222222	N		3700000		1	EA					2	0.5				
1	1	2	3	2	2	Charging Contac	2	시험소 고장	교체	0.83333	N		1580000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	2	3	Charging Resisto	2	시험소고장 (FC 용전불능)	교체	0.379644	N		45000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	3	0	Discharging Resistor:DC	2	FC 방전 불능	교체	0.118893	N		31000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	4	0	Sensor	1																			
1	1	2	3	4	1	DC Current Trans	2	제어기에서 이상전류감지	교체	2.87682	N		1219000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	4	2	DC Potential Tra	2	제어기에서 이상전압감지	교체	2.93726	N		965000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	5	0	Interface Connector:CN	2	인터페이스불능	교체	0.0175	N		173000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	3	6	0	BOX	2	피그러짐 뒤틀림	예비품교체 후 수리	0.62481	Y		1125000		1	EA					2	1.5				
								먼지 및 물기 유입	예비품교체 후 수리	1.45789																
1	1	2	4	0	0	FL BOX	1																			
1	1	2	4	1	0	FL	2	크랑열전/절연파괴	교체	0.11484	N		9000000		1	EA					2	2				
1	1	2	4	2	0	BOX	2	기구물 소손	예비품교체 후 수리	0.26796	Y		1125000		1	EA					2	2.5				
1	1	2	5	0	0	INV. BOX	1																			
1	1	2	5	1	0	IGBT Mdule	1																			
1	1	2	5	1	1	IGBT Mdule U3G	2	쇼손	교체	0.526316	N		2653000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	1	2	IGBT Mdule V3G	2	쇼손	교체	0.526316	N		2653000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	1	3	IGBT Mdule W3G	2	쇼손	교체	0.526316	N		2653000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	1	4	IGBT Mdule X3G	2	쇼손	교체	0.526316	N		2653000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	1	5	IGBT Mdule Y3G	2	쇼손	교체	0.526316	N		2653000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	1	6	IGBT Mdule Z3G	2	쇼손	교체	0.526316	N		2653000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	1	7	Braking Chopper	2	쇼손	교체	0.526316	N		2495000		1	EA					1	0.5				
1	1	2	5	2	0	Gate Drive Unit	1																			
1	1	2	5	2	1	Gate Drive Unit U	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	2	2	Gate Drive Unit V	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	2	3	Gate Drive Unit W	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	2	4	Gate Drive Unit X	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	2	5	Gate Drive Unit Y	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	2	6	Gate Drive Unit Z	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	2	7	Gate Drive Unit E	2	내부 부품쇼손(GDP발생)	예비품교체 후 수리	2.57647	Y		475000		1	EA					1	1.3				
1	1	2	5	3	0	FC	6	쇼손	교체	0.420971	N		4130000		1	EA					2	0.5				

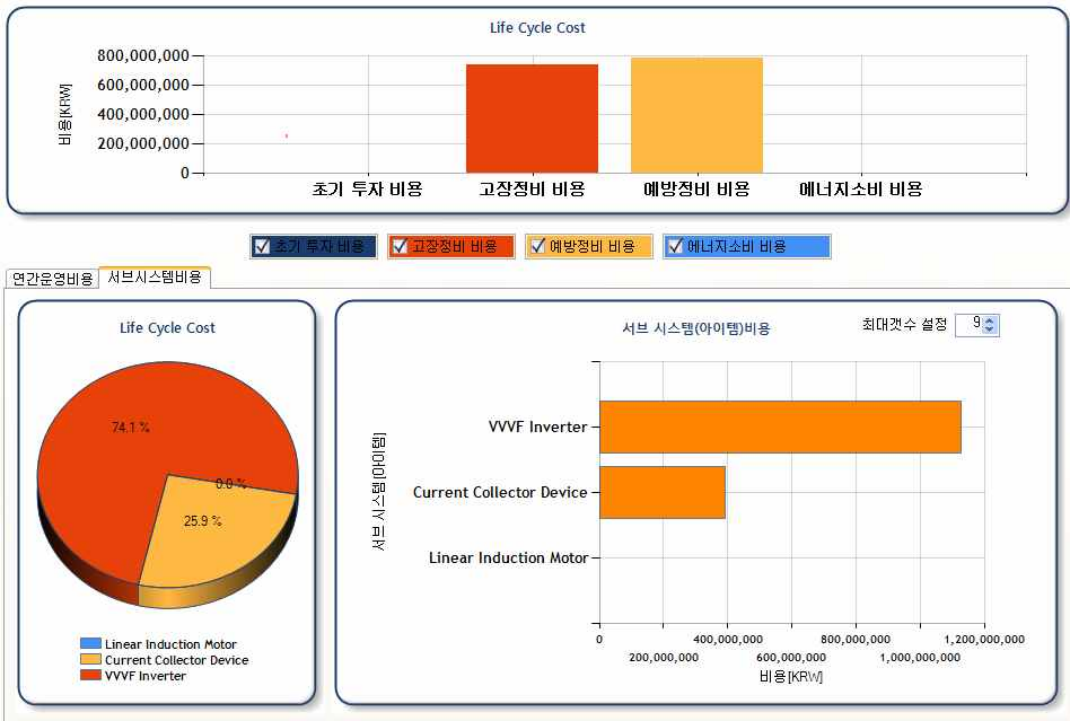
다) 추진시스템 예방정비 정보

Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 코드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용							Component shop 재료비용							인건비용					
															예비품		소모 재료					예비품		소모 재료					현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격		개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	1	0	0	0	0	Propulsion System							0																			
1	1	1	0	0	0	Current Collector Device							0																			
1	1	1	1	0	0	BASE FRAME & LINKS	8	IN	외관검사	20000	km		1750000			EA											1	0.5				
								OV	외관검사, 내부청소	150000	km					EA											1	0.5				
1	1	1	2	0	0	BRAKET	8	IN	외관검사	20000	km		500000			EA											1	0.5				
								OV	외관검사, 내부청소	150000	km					EA											1	0.5				
1	1	1	3	0	0	MAIN SPRING	8	IN	외관검사	20000	km		50000			EA								BOX	1	EA	1	0.5				
								OV	외관검사, 내부청소	150000	km					EA											1	0.5				
1	1	1	4	0	0	BRUSH SHOE & LUBRICATIN	8	IN	외관검사	5000	km		200000														1	0.5				
								RP	마모검사 후 교체	20000	km													BOX	1	EA	1	1					
1	1	2	0	0	0	VVVF Inverter							0			EA																
1	1	2	1	0	0	MDS BOX	2	IN	Assy 단위 외관 및 통작상태 점기검사	5000	km		0			EA											1	0.2				
								OV	중정비(장치 탈부착 포함)	360000	km															10000	2	1.5				
1	1	2	1	1	0	Main Disconnecting Switch:SWI	2	IN	외관 및 통작상태 검사	50000	km		1900000														1	0.2				
								SV	청소 및 통전그리스 주입	50000	km					EA										10000	1	0.2				
1	1	2	1	2	0	CN1	2	IN	외관 및 통작상태 검사	50000	km		120000														1	0.2				
1	1	2	1	3	0	BOX	2	IN	외관검사	50000	km		750000														1	0.2				
1	1	2	2	0	0	FUSE BOX	2	IN	Assy 단위 외관 및 통작상태 점기검사	5000	km		0														1	0.2				
1	1	2	2	1	0	FUSE	2	IN	외관 및 통작상태 검사	50000	km		2340000			EA											1	0.2				
								SV	청소	50000	km					EA											1	0.2				
1	1	2	2	2	0	BOX	2	IN	외관검사	50000	km		525000			EA											1	0.2				
1	1	2	3	0	0	LB BOX	2	IN	Assy 단위 외관 및 통작상태 점기검사	5000	km		0														1	0.2				
								OV	중정비(장치 탈부착 포함)	360000	km					EA											2	4				
1	1	2	3	1	0	Circuit Braker Circuit							0			EA																
1	1	2	3	1	1	High Speed Circu	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		7600000			EA								BOX	1	EA	1	0.2				
								SV	청소	100000	km					EA											1	0.2				
1	1	2	3	1	2	Circuit Braker Cor	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		105000														1	0.2				
								SV	청소	100000	km					EA								BOX	1	EA	1	0.2				
1	1	2	3	1	3	Circuit Braker Res	2	IN	외관검사	20000	km		24000			EA											1	0.2				
1	1	2	3	2	0	Charging Circuit							0			EA																
1	1	2	3	2	1	Line Contactor:L	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		3700000														1	0.2				
								SV	청소	100000	km																1	0.2				
1	1	2	3	2	2	Charging Contact	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		1580000			EA											1	0.2				
								SV	청소	100000	km																1	0.2				
1	1	2	3	2	3	Charging Resistor	2	IN	외관검사	20000	km		45000														1	0.2				
1	1	2	3	3	0	Discharging Resistor:DCH	0	IN	외관검사	20000	km		31000														1	0.2				
1	1	2	3	4	0	Sensor							0			EA																
1	1	2	3	4	1	DC Current Trans	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		1219000			EA											1	0.2				
1	1	2	3	4	2	DC Potential Tran	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		965000			EA								GDU_U	1	EA	1	0.2				
1	1	2	3	5	0	Interface Connector:CN1	2	IN	외관 및 통작상태 검사	20000	km		173000			EA								GDU_V	1	EA	1	0.2				
1	1	2	3	6	0	BOX	2	IN	외관검사	20000	km		1125000			EA								GDU_V	1	EA	1	0.2				
1	1	2	4	0	0	FL BOX	2	IN	Assy 단위 외관 및 통작상태 점기검사	5000	km		0			EA								GDU_X	1	EA	1	0.2				
								OV	중정비(장치 탈부착 포함)	360000	km					EA								GDU_Y	1	EA	2	2				
1	1	2	4	1	0	FL	2	IN	외관검사	20000	km		9000000											GDU_Z	1	EA	1	0.2				
1	1	2	4	2	0	BOX	2	IN	외관검사	20000	km		1125000											BCH G	1	EA	1	0.2				
1	1	2	5	0	0	INV. BOX	2	IN	Assy 단위 외관 및 통작상태 점기검사	5000	km		0														1	0.2				
								OV	중정비(장치 탈부착 포함)	360000	km																1	9.5				
1	1	2	5	1	0	IGBT Mdule							0																			

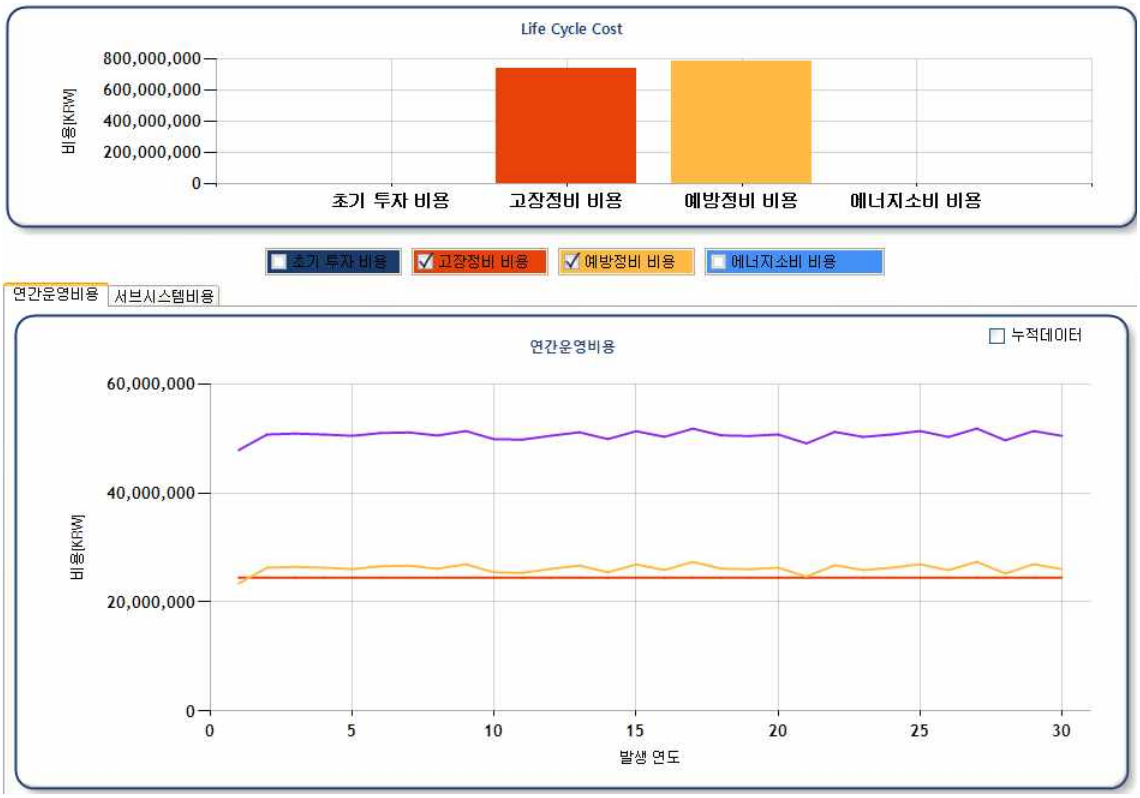
라) 추진시스템 LCC 계산 결과

상기 고장정비 및 예방정비 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 추진시스템의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 15억원 정도로 계산되었으며, 예방정비비용이 고장정비 비용보다 약간 높으나 거의 비슷한 수준을 보였다. 또한 추진 시스템의 하위 서브시스템에서는 VVVF 인버터가 총 유지보수 비용의 74.1%를 차지하고 있어 유지보수 비용을 절감하기 위해서는 VVVF 인버터에 대한 비용절감이나 성능향상 노력이 필요하다는 것을 알 수 있다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
[110000] Propulsion System	1,518,103,480	47,879,572	50,760,868	50,926,504	50,760,868	50,510,488	51,022,804	51,126,808	50,560,564	51,388,744	49,882,612
[111000] Current Collector De...	392,546,193	12,222,025	13,146,505	12,992,425	13,146,505	13,146,505	13,454,665	13,146,505	12,992,425	13,146,505	13,146,505
[111100] BASE FRAME & L...	51,746,509	1,560,532	1,714,612	1,714,612	1,714,612	1,714,612	1,868,692	1,714,612	1,714,612	1,714,612	1,714,612
[111200] BRAKET	46,691,723	1,392,039	1,546,119	1,546,119	1,546,119	1,546,119	1,700,199	1,546,119	1,546,119	1,546,119	1,546,119
[111300] MAIN SPRING	46,803,106	1,395,752	1,549,832	1,549,832	1,549,832	1,549,832	1,703,912	1,549,832	1,549,832	1,549,832	1,549,832
[111400] BRUSH SHOE &...	247,304,856	7,873,703	8,335,943	8,181,863	8,335,943	8,335,943	8,181,863	8,335,943	8,181,863	8,335,943	8,335,943
[112000] VVVF Inverter	1,125,557,287	35,657,547	37,614,363	37,934,079	37,614,363	37,363,983	37,568,139	37,980,303	37,568,139	38,242,239	36,736,107
[112100] MDS BOX	16,574,685	488,033	557,369	545,813	557,369	553,517	549,665	553,517	549,665	615,149	495,737
[112200] FUSE BOX	15,485,047	486,893	540,821	486,893	540,821	494,597	533,117	494,597	533,117	540,821	494,597
[112300] LB BOX	56,572,196	1,674,650	1,836,434	1,982,810	1,836,434	1,959,698	1,828,730	1,990,514	1,828,730	1,990,514	1,805,618
[112400] FL BOX	19,657,569	586,943	625,463	694,799	625,463	702,503	617,759	702,503	617,759	702,503	625,463



아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



3) TCMS

가) 구조

계산에 사용된 TCMS의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.

나) TCMS 고장정비 정보

TCMS의 정보는 제작사로부터 입수된 자료를 근거로 계산을 수행하였다. 아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 여기서 노란 마킹 표

시는 업체로부터 제공 받은 자료에는 누락된 것으로, LCC 비용 계산을 위해 유사 예비품을 참고로 하여 분석자가 넣은 정보이다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	3	0	0	0	0	TCMS	2																			
1	3	1	0	0	0	중앙장치(CCU)	2																			
1	3	1	1	0	0	VCPUS 보드	2	No Operation	보드고장	16.01872276	N		6600000	KRW	1	EA					1	0.1				
								Shorted	보드정비	3.425387256	Y										1	0.25	1		1	
								Wire Bond Failure	보드정비	3.179520546	Y										1	0.25	1		1	
								Opened	보드정비	2.493480429	Y										1	0.25	1		1	
								Loose	보드체결정비	0.075560013	Y										1	0.1				
1	3	1	2	0	0	VGWS 보드	2	No Operation	보드고장	11.10544022	N		6800000	KRW	1	EA					1	0.1				
								Shorted	보드정비	2.374748224	Y										1	0.25	1		1	
								Wire Bond Failure	보드정비	2.200134384	Y										1	0.25	1		1	
								Opened	보드정비	1.728677016	Y										1	0.25	1		1	
								Loose	보드체결정비	0.052384152	Y										1	0.1				
1	3	1	3	0	0	VDIS 보드	2	No Operation	보드고장	11.10544022	N		3300000	KRW	1	EA					1	0.1				
								Shorted	보드정비	2.374748224	Y										1	0.25	1		1	
								Wire Bond Failure	보드정비	2.200134384	Y										1	0.25	1		1	
								Opened	보드정비	1.728677016	Y										1	0.25	1		1	
								Loose	보드체결정비	0.052384152	Y										1	0.1				
1	3	1	4	0	0	VDOS 보드	2	No Operation	보드고장	8.818725212	N		3900000	KRW	1	EA					1	0.1				
								Shorted	보드정비	1.885765512	Y										1	0.25	1		1	
								Wire Bond Failure	보드정비	1.74710592	Y										1	0.25	1		1	
								Opened	보드정비	1.37272608	Y										1	0.25	1		1	
								Loose	보드체결정비	0.04159776	Y										1	0.1				
1	3	1	5	0	0	VPS 보드	2	No Operation	보드고장	0.63777126	N		4800000	KRW	1	EA					1	0.1				
								Shorted	보드정비	0.13637876	Y										1	0.25	1		1	
								Wire Bond Failure	보드정비	0.12635091	Y										1	0.25	1		1	
								Opened	보드정비	0.099275715	Y										1	0.25	1		1	
								Loose	보드체결정비	0.003008395	Y										1	0.1				
1	3	1	6	0	0	BP 보드	2	Electrical Overstress	보드정비	1.7372254	Y		4800000								1	1				
								Contamination	보드정비	1.7372254	Y										1	0.5				
1	3	2	0	0	0	MVB_IO	4	Opened	MVB_IO 교체	5.233373721	N		7500000	KRW	1	EA					1	0.5				
								Shorted	MVB_IO 교체	5.233373721	N				1	EA					1	0.5				
								Timing Error	MVB_IO 교체	5.233373721	N				1	EA					1	0.5				
1	3	3	0	0	0	화면장치(DU)	2	Dim Rows	화면장치 고체 보 정비(LCD Inv	2.758243806	Y		5000000								1	0.25	1		1	
								Flickering Rows	화면장치 고체 보 정비(LCD Inv	1.379121903	Y										1	0.25	1		1	
								Improper Characters	화면장치 고체 보 정비	1.002268825	Y										1	0.25	1		1	
								Missing/Dim Columns	화면장치 정비	0.689560952	Y										1	0.25	1		1	
								Flashing Dots	화면장치 고체 보 정비	0.312707873	Y										1	0.25	1		1	
								Missing Rows	화면장치 고체 보 정비	0.312707873	Y										1	0.25	1		1	
								Blank Display	화면장치 고체 보 정비	0.561270542	Y										1	0.25	1		1	
								Loose	체결상태 조정	1.002268825	Y										1	0.25				

다) TCMS 예방정비 정보

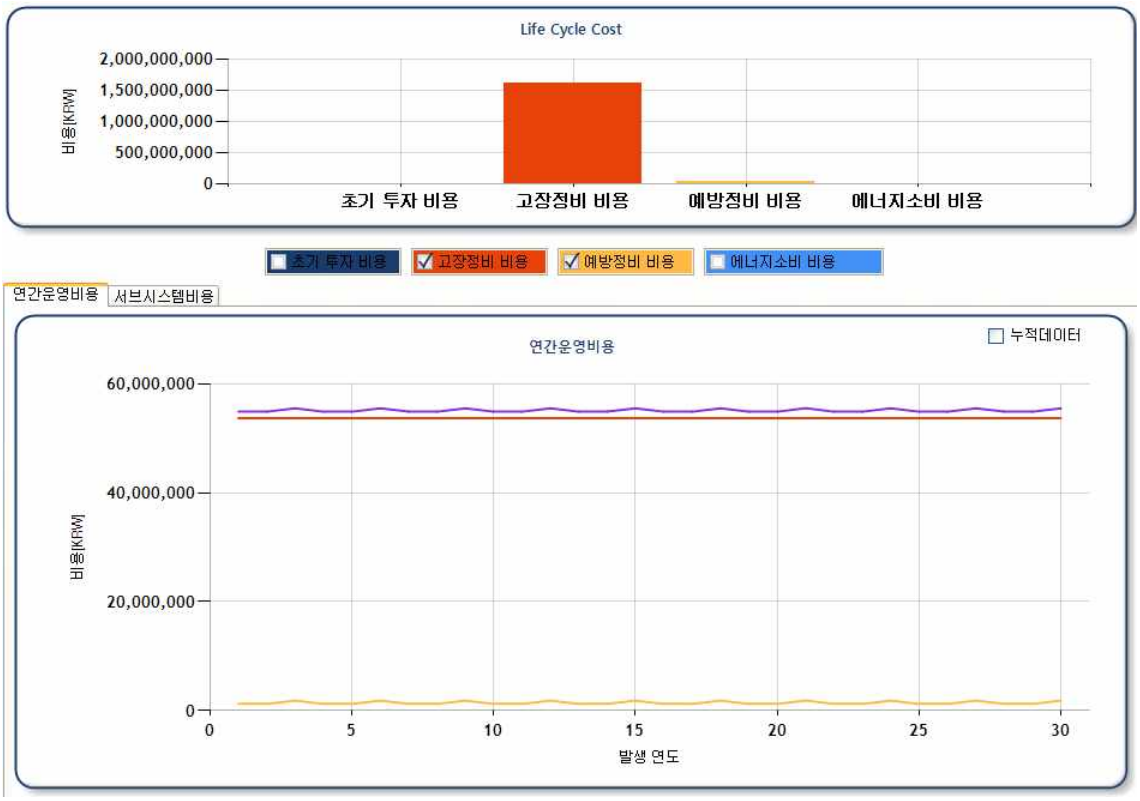
Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 코드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	3	0	0	0	0	TCMS	2						0																		
1	3	1	0	0	0	중앙장치(CCU)	2	IN	장치 외형의 변형이나 부식 유무 확인	7	d		0														1	0.08				
							2	IN	접속 커넥터 고정상태 및 케이블 피복 손	4	m																1	0.17				
							2	IN	- PCB 손상유무, 각종 커넥터, 케이블, 프	3	y																2	2				
1	3	1	1	0	0	VCPUS 보드	2						6600000	KRW																	
1	3	1	2	0	0	VGWS 보드	2						6800000	KRW																	
1	3	1	3	0	0	VDIS 보드	2						3300000	KRW																	
1	3	1	4	0	0	VDOS 보드	2						3900000	KRW																	
1	3	1	5	0	0	VPS 보드	2						4800000	KRW																	
1	3	1	6	0	0	BP 보드	2						0																		
1	3	2	0	0	0	MVB_IO	4	IN	PCB 손상유무, 각종 커넥터, 케이블, 프	3	y		7500000	KRW													1	0.5				
1	3	2	1	0	0	IRMIO-210 TOP	4						4800000	KRW																	
1	3	2	2	0	0	IRMIO-210 BOTTOM	4						4800000	KRW																	
1	3	3	0	0	0	화면장치(DU)	2	IN	장치 외형의 변형 또는 부식 유무 확인	7	d		0														1	0.05				
							2	IN	접속 커넥터 고정상태 및 케이블 피복 손	4	m																1	0.17				
							2	IN	- PCB 손상유무, 각종 커넥터, 케이블, 프	3	y																1	1				

라) TCMS LCC 계산 결과

상기 고장정비 및 예방정비 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 TCMS의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 16.5억원 정도로 계산되었으며, 거의 대부분이 중앙장치의 고장정비 비용이 차지하고 있음을 알 수 있다. 보다 정확한 결과는 향후 실제 유지보수 현장에서의 고장정비 및 예방정비 자료가 수집되면 보다 정확한 비용 결과가 도출될 것 이다.

[130000] TCMS	1,653,932,204	54,922,963	54,922,963	55,539,283	54,922,963	54,922,963	55,539,283	54,942,993	54,922,963	55,539,283	54,922,963
[131000] 중앙장치(CCU)	1,636,362,956	54,441,068	54,441,068	54,749,228	54,441,068	54,441,068	54,749,228	54,453,395	54,441,068	54,749,228	54,441,068
[131100] VCPUS 보드	667,134,126	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804	22,237,804
[131200] VGWS 보드	476,518,765	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959	15,883,959
[131300] VDIS 보드	231,363,951	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132	7,712,132
[131400] VDOS 보드	217,096,805	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560	7,236,560
[131500] VPS 보드	19,320,763	644,025	644,025	644,025	644,025	644,025	644,025	644,025	644,025	644,025	644,025
[131600] BP 보드	211,032	7,034	7,034	7,034	7,034	7,034	7,034	7,034	7,034	7,034	7,034
[132000] MVB_IO	1,540,800	0	0	154,080	0	0	154,080	0	0	154,080	0
[132100] IRMIO-210 TOP	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
[132200] IRMIO-210 BOTT...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

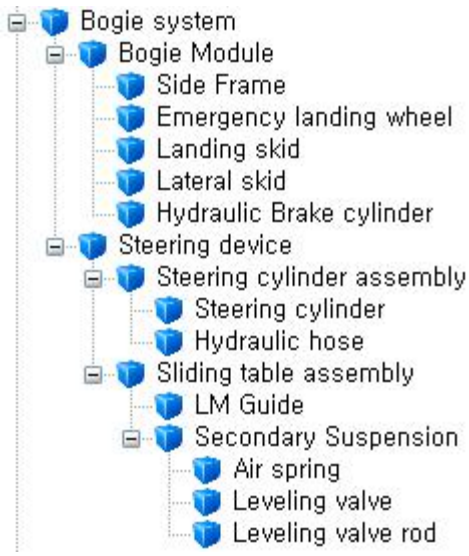
아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



4) Bogie 시스템

가) Bogie 구조

계산에 사용된 Bogie 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.



나) Bogie 시스템 고장정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 Bogie 시스템의 고장정비 정보를 보인다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD,EUR/JPY)	현장정비 재료비용					인건비용				
															예비품	소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	4	1	0	0	0	Bogie Module	1																			
1	4	1	1	0	0	Side Frame	16	Fracture/Crack	Bogie frame 교체	0.00002	N		5000000	KRW	1	EA					2	10				
1	4	1	2	0	0	Emergency landing whe	32	Bearing damage	Emergency landing wheel 교체	0.025	Y		500000	KRW							1	1	1	1	1	1
1	4	1	3	0	0	Landing skid	32	Fracture/Crack	교체	0.0002	N		700000	KRW	1	EA					1	1				
1	4	1	4	0	0	Lateral skid	32	Fracture/Crack	교체	0.0002	N		350000	KRW	1	EA					1	1				
1	4	1	5	0	0	Hydraulic Brake cylinder	8	oil leakage	교체 후 수리	0.0056	Y		2500000	KRW							1	0.5	1		2	
								retain spring fracture	Retain spring 교체	0.0024	N				1	EA					1	2				
1	4	2	0	0	0	Steering device	1																			
1	4	2	1	0	0	Steering cylinder assem	1																			
1	4	2	1	1	0	Steering cylinder	8	oil leakage	교체 후 수리	0.001	Y		2500000	KRW							1	0.5	2		4	
1	4	2	1	2	0	Hydraulic hose	8	oil leakage	교체	0.020998	N		100000	KRW	1	EA					1	1				
1	4	2	2	0	0	Sliding table assembly	1																			
1	4	2	2	1	0	LM Guide	24	fracture/crack	교체	0.004792503	N		1000000	KRW	1	EA					2	8				
1	4	2	2	2	0	Secondary Suspensi	1																			
1	4	2	2	2	1	Air spring	32	Air leakage	교체	3.28741E-06	N		2500000	KRW	1	EA					2	6				
								Burst of air bellow	교체	2.46556E-06	N															
1	4	2	2	2	2	Leveling valve	6	Air leakage	교체	0.0002	N		100000	KRW	1	EA					1	0.5				
1	4	2	2	2	3	Leveling valve	6	Fracture	교체	0.0001	N		100000	KRW	1	EA					1	0.5				

다) Bogie 시스템 예방정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 Bogie 시스템의 예방정비 정보를 보인다.

Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 코드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용				
															예비품	소모 재료					예비품	소모 재료					현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	4	0	0	0	0	Bogie system							0																		
1	4	1	0	0	0	Module							0																		
1	4	1	1	0	0	Side Frame	16	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m		5000000	KRW													2	2				
1	4	1	2	0	0	Emergency landing wheel	64	OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안점사(b) S	3	y		500000	KRW			Consur	1	Set	50,000							1	5				
1	4	1	3	0	0	Landing skid	32	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m		700000	KRW													1	1				
1	4	1	4	0	0	Lateral Landing skid	32	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m		350000	KRW													1	1				
1	4	1	5	0	0	Hydraulic Brake cylinder	8	OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안점사(b) S	3	y		2500000	KRW			Consur	1	Set	250000							1	2				
1	4	2	0	0	0	Steering device							0																		
1	4	2	1	0	0	Steering cylinder assembly							0																		
1	4	2	1	1	0	Steering cylinder	8	OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안점사(b) S	3	y		2500000	KRW			Consur	1	Set	250000							2	8				
1	4	2	1	2	0	Hydraulic hose	8	IN	Clean/repaint/손상유무점검	3	m		100000	KRW													1	1				
1	4	2	2	0	0	Sliding table assembly							0																		
1	4	2	2	1	0	LM Guide	24	OV	(a) 볼트풀림 및 손실부품 육안점사(b) c	6	y		1000000	KRW			Bearing	1	Set	8,000,000							2	8				
1	4	2	2	2	0	Secondary Suspension							0																		
1	4	2	2	2	1	Air spring	32	IN	(a) Crack, 마모, 분리등의 결함 점검(b)	3	m		2500000	KRW													1	0.5				
								OV	(a) Crack, 마모, 분리등의 결함 점검(b)	6	y																2	6				
								RP	Air springs 및 hardware교환	12	y																2	6				
1	4	2	2	2	2	Leveling valve	6	IN	Air leakage 및 연결상태 점검기능점검	1	y		100000	KRW													1	0.5				
1	4	2	2	2	3	Leveling valve rod	6	IN	연결상태 및 기능점검	1	y		100000	KRW													1	0.5				

라) Bogie 시스템 LCC 계산 결과

Bogie 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 19.9억원 정도로 계산되었으며, 거의 대부분이 예방정비 비용이 차지하고 있음을 알 수 있다. Bogie 시스템의 서브시스템의 경우 스티어링 장치의 유지보수 비용이 68.9%로 보기 모듈의 31.1%보다 약 2배 정도 유지보수비용이 더 크다는 것을 알 수 있다.

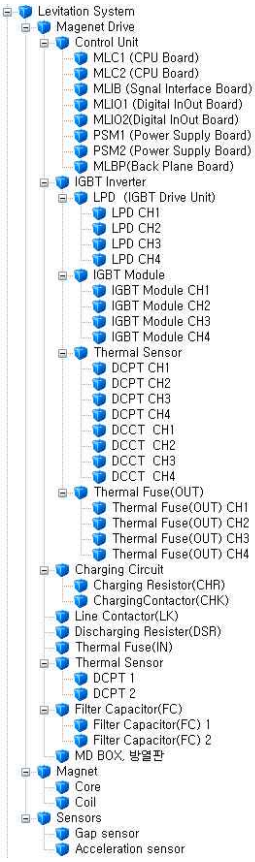
[140000] Bogie system	1,990,988,292	18,726,340	18,726,340	44,771,140	18,726,340	18,726,340	275,562,820	18,726,340	18,726,340	44,771,140	18,726,340
[141000] Bogie Module	619,598,879	14,793,456	14,793,456	32,372,976	14,793,456	14,793,456	32,372,976	14,793,456	14,793,456	32,372,976	14,793,456
[141100] Side Frame	147,918,094	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603	4,930,603
[141200] Emergency landin...	109,640,098	270	270	10,963,470	270	270	10,963,470	270	270	10,963,470	270
[141300] Landing skid	147,920,397	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680	4,930,680
[141400] Lateral skid	147,918,631	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621	4,930,621
[141500] Hydraulic Brake c...	66,201,659	1,282	1,282	6,617,602	1,282	1,282	6,617,602	1,282	1,282	6,617,602	1,282
[142000] Steering device	1,371,389,413	3,932,884	3,932,884	12,398,164	3,932,884	3,932,884	243,189,844	3,932,884	3,932,884	12,398,164	3,932,884
[142100] Steering cylinder...	121,646,972	1,233,139	1,233,139	9,698,419	1,233,139	1,233,139	9,698,419	1,233,139	1,233,139	9,698,419	1,233,139
[142200] Sliding table asse...	1,249,742,441	2,699,745	2,699,745	2,699,745	2,699,745	2,699,745	233,491,425	2,699,745	2,699,745	2,699,745	2,699,745

아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.

5) 부상 시스템

가) 부상시스템 구조

계산에 사용된 부상 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.



나) 부상 시스템 고장정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 부상 시스템의 고장정비 정보의 한 예를 보인다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	5	0	0	0	0	Levitation System	1																			
1	5	1	0	0	0	Magenet Drive	1																			
1	5	1	1	0	0	Control Unit	1																			
1	5	1	1	1	0	MLC1 (CPU Board)	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.9	Y		3000000	KRW							1	0.3	1	1		
1	5	1	1	2	0	MLC2 (CPU Board)	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.9	Y		3000000	KRW							1	0.3	1	1		
1	5	1	1	3	0	MLIB (Signal Interfac	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	4.2	Y		2000000	KRW							1	0.3	1	1		
1	5	1	1	4	0	MLIO1 (Digital InOut	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	4.2	Y		950000	KRW							1	0.3	1	1		
1	5	1	1	5	0	MLIO2(Digital InOut	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	4.2	Y		950000	KRW							1	0.3	1	1		
1	5	1	1	6	0	PSM1 (Power Supply	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	4	Y		1935000	KRW							1	0.3	1	1		
								Fuse Open	퓨즈교체	4	N										1	0.25				
1	5	1	1	7	0	PSM2 (Power Supply	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	4	Y		1935000	KRW							1	0.3	1	1		
								Fuse Open	퓨즈교체	4	N										1	0.25				
1	5	1	1	8	0	MLBP(Back Plane Bo	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.6	Y		1500000	KRW							1	0.3	1	1		
								전송불량 콜드솔림 핀 압착	하부상태 확인 후 수정	2.4											1	0.42				
1	5	1	2	0	0	IGBT Inverter	1																			
1	5	1	2	1	0	LPD (IGBT Drive Uni	1																			
1	5	1	2	1	1	LPD CH1	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	6	Y		250000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	1	2	LPD CH2	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	6	Y		250000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	1	3	LPD CH3	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	6	Y		250000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	1	4	LPD CH4	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	6	Y		250000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	2	0	IGBT Module	1																			
1	5	1	2	2	1	IGBT Module	16	내부 부품 소손	교체	0.02	N		300000	KRW	2	EA					1	1				
1	5	1	2	2	2	IGBT Module	16	내부 부품 소손	교체	0.02	N		300000	KRW	2	EA					1	1				
1	5	1	2	2	3	IGBT Module	16	내부 부품 소손	교체	0.02	N		300000	KRW	2	EA					1	1				
1	5	1	2	2	4	IGBT Module	16	내부 부품 소손	교체	0.02	N		300000	KRW	2	EA					1	1				
1	5	1	2	3	0	Thermal Sensor	1																			
1	5	1	2	3	1	DCPT CH1	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		350000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	2	DCPT CH2	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		350000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	3	DCPT CH3	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		350000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	4	DCPT CH4	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		350000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	5	DCCT CH1	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		450000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	6	DCCT CH2	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		450000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	7	DCCT CH3	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		450000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	3	8	DCCT CH4	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		450000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	2	4	0	Thermal Fuse(OUT)	1																			
1	5	1	2	4	1	Thermal Fuse	16	Open	교체	0.001	N		80000	KRW	2	EA					1	0.5				
1	5	1	2	4	2	Thermal Fuse	16	Open	교체	0.001	N		80000	KRW	2	EA					1	0.5				
1	5	1	2	4	3	Thermal Fuse	16	Open	교체	0.001	N		80000	KRW	2	EA					1	0.5				
1	5	1	2	4	4	Thermal Fuse	24	Open	교체	0.001	N		80000	KRW	2	EA					1	0.5				
1	5	1	3	0	0	Charging Circuit	1																			
1	5	1	3	1	0	Charging Resistor(C	16	쇼손	교체	0.2	N		30000	KRW	1	EA					1	1				
1	5	1	3	2	0	ChargingContactor((	16	코일 접점 쇼손	교체	0.3	N		900000	KRW	1	EA					1	1				
1	5	1	4	0	0	Line Contactor(LK)	16	코일 접점 쇼손	교체	0.3	N		900000	KRW	1	EA					1	1				
1	5	1	5	0	0	Discharging Resister(DS	16	쇼손	교체	0.2	N		60000	KRW	1	EA					1	1				
1	5	1	6	0	0	Thermal Fuse(IN)	16	Open	교체	0.001	N		150000	KRW	2	EA					1	1				
1	5	1	7	0	0	Thermal Sensor	1																			
1	5	1	7	1	0	DCPT 1	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		350000	KRW							1	0.5	1	1		
1	5	1	7	2	0	DCPT 2	16	내부 부품 소손	예비품 교체후 수리	0.02	Y		450000	KRW							1	0.5	1	1		

다) 부상 시스템 예방정비 정보

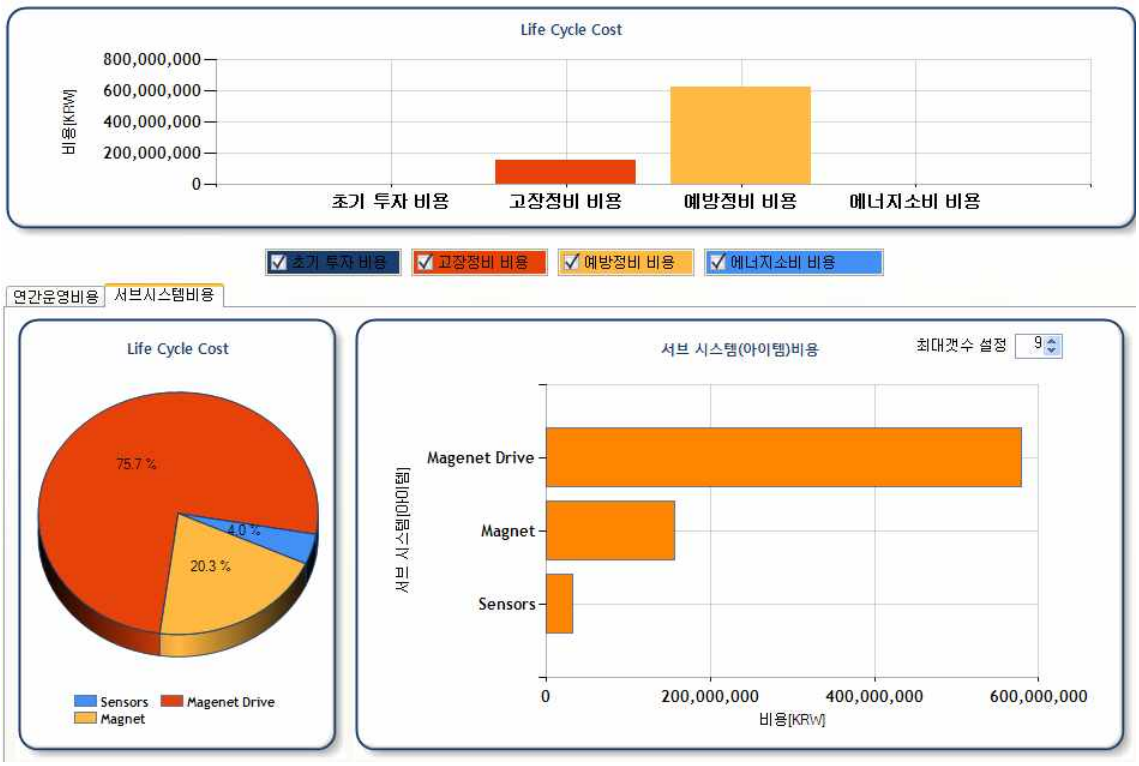
아래 그림에 계산에 적용된 부상 시스템의 예방정비 정보의 한 예를 보인다.

Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 코드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력수	정비시간	인시	인력수	정비시간	인시
1	5	0	0	0	0	Levitation System	2	IN	외관점사, 기능 및 기능검사	15	D		0														1		0.25			
1	5	1	0	0	0	Magenet Drive							0																			
1	5	1	1	0	0	Control Unit							0																			
1	5	1	1	1	0	MLC1 (CPU Board)	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		3000000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	2	0	MLC2 (CPU Board)	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		3000000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	3	0	MLIB (Signal Interface Boa	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		2000000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	4	0	MLIO1 (Digital InOut Boa	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		950000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	5	0	MLIO2(Digital InOut Boar	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		950000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	6	0	PSM1 (Power Supply Boa	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		1935000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	7	0	PSM2 (Power Supply Boa	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		1935000	KRW													1		0.06			
1	5	1	1	8	0	MLBP(Back Plane Board)	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		1500000	KRW													1		0.06			
1	5	1	2	0	0	IGBT Inverter							0																			
1	5	1	2	1	0	LPD (IGBT Drive Unit)							0																			
1	5	1	2	1	1	LPD CH1	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		250000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	1	2	LPD CH2	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		250000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	1	3	LPD CH3	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		250000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	1	4	LPD CH4	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		250000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	2	0	IGBT Module							0																			
1	5	1	2	2	1	IGBT Module CH1	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		300000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	2	2	IGBT Module CH2	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		300000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	2	3	IGBT Module CH3	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		300000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	2	4	IGBT Module CH4	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		300000	KRW													1		0.13			
1	5	1	2	3	0	Thermal Sensor							0																			
1	5	1	2	3	1	DCPT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		350000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	2	DCPT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		350000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	3	DCPT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		350000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	4	DCPT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		350000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	5	DCCT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		450000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	6	DCCT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		450000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	7	DCCT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		450000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	3	8	DCCT Module CH	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	100000	km		450000	KRW													1		0.08			
1	5	1	2	4	0	Thermal Fuse(OUT)							0																			
1	5	1	2	4	1	Fuse Out CH1	16	IN	외관점사, 단락점사, 청소	100000	km		80000	KRW													1		0.2			
1	5	1	2	4	2	Fuse Out CH2	16	IN	외관점사, 단락점사, 청소	100000	km		80000	KRW													1		0.2			
1	5	1	2	4	3	Fuse Out CH3	16	IN	외관점사, 단락점사, 청소	100000	km		80000	KRW													1		0.2			
1	5	1	2	4	4	Fuse Out CH4	16	IN	외관점사, 단락점사, 청소	100000	km		80000	KRW													1		0.2			
1	5	1	3	0	0	Charging Circuit							0																			
1	5	1	3	1	0	Charging Resistor(CHR)	16	IN	외관점사, 저항 제료, 청소	20000	km		30000	KRW													1		0.08			
1	5	1	3	2	0	ChargingContactor(CHK)	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		900000	KRW													1		0.08			
1	5	1	4	0	0	Line Contactor(LK)	16	IN	외관점사, 기능 점사,청소	20000	km		900000	KRW													1		0.5			
1	5	1	5	0	0	Discharging Resister(DSR)	16	IN	외관점사, 저항 제료, 청소	20000	km		60000	KRW													1		0.08			
1	5	1	6	0	0	Thermal Fuse(IN)	16	IN	외관점사, 단락점사, 청소	20000	km		150000	KRW													1		0.5			

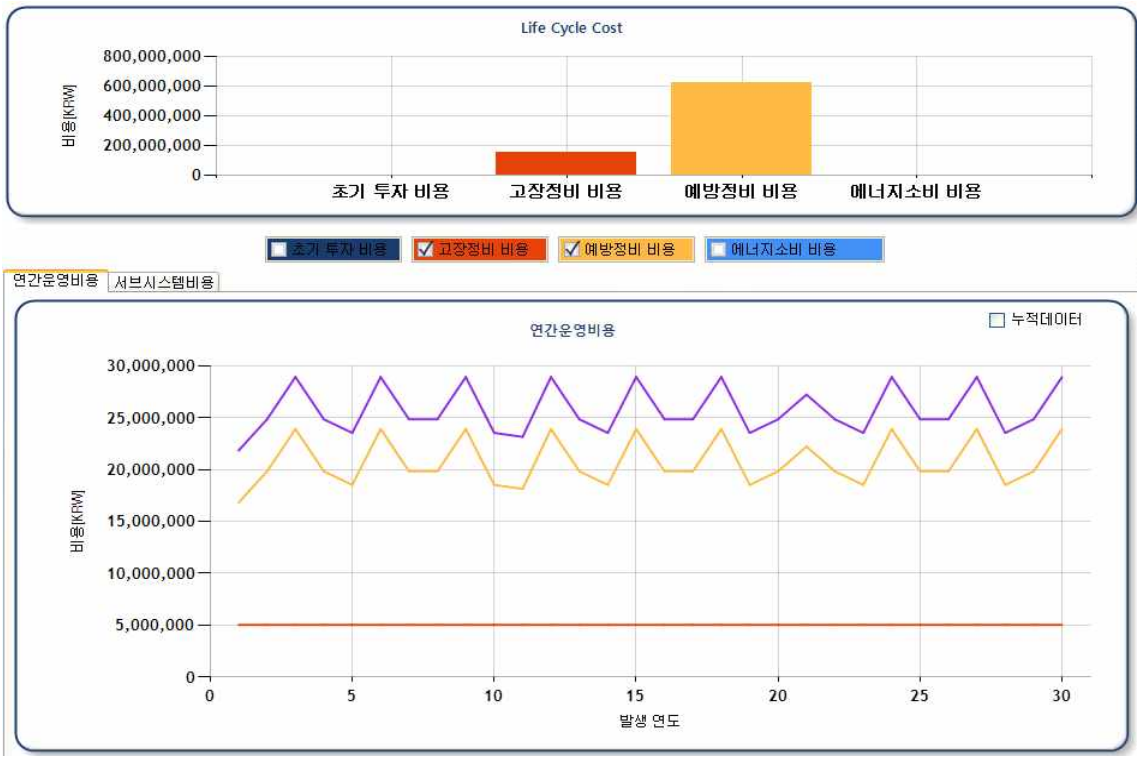
라) 부상 시스템 LCC 계산 결과

부상 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 7.7억원 정도로 계산되었으며, 여기서 예방정비비용이 6억원이고 고장정비비용이 1.7억원 정도 차지하고 있음을 알 수 있다. 부상 시스템의 서브시스템의 경우 마그네트 드라이브가 75.7% 정도를 차지하고 있음을 볼 때 유지보수 비용 절감을 위해서는 이 부분의 성능개선이 중요함을 알 수 있다.

[150000] Levitation System	772,197,857	21,847,397	24,857,093	28,934,435	24,857,093	23,542,277	28,934,435	24,857,093	24,857,093	28,934,435	23,542,277
[151000] Magenet Drive	579,079,736	16,769,240	19,778,936	19,778,936	19,778,936	18,464,120	19,778,936	19,778,936	19,778,936	19,778,936	18,464,120
[151100] Control Unit	83,883,508	2,518,773	2,826,933	2,826,933	2,826,933	2,826,933	2,826,933	2,826,933	2,826,933	2,826,933	2,826,933
[151200] IGBT Inverter	218,317,024	5,982,277	7,564,165	7,564,165	7,564,165	6,598,597	7,564,165	7,564,165	7,564,165	7,564,165	6,598,597
[151300] Charging Circuit	30,988,799	940,512	1,043,232	1,043,232	1,043,232	1,043,232	1,043,232	1,043,232	1,043,232	1,043,232	1,043,232
[151400] Line Contactor(LK)	85,733,199	2,580,429	2,888,589	2,888,589	2,888,589	2,888,589	2,888,589	2,888,589	2,888,589	2,888,589	2,888,589
[151500] Discharging Resis...	13,896,887	417,006	468,366	468,366	468,366	468,366	468,366	468,366	468,366	468,366	468,366
[151600] Thermal Fuse(IN)	82,282,666	2,465,412	2,773,572	2,773,572	2,773,572	2,773,572	2,773,572	2,773,572	2,773,572	2,773,572	2,773,572
[151700] Thermal Sensor	5,447,399	102,828	205,548	205,548	205,548	102,828	205,548	205,548	205,548	205,548	102,828
[151800] Filter Capacitor(FC)	13,839,045	272,297	518,825	518,825	518,825	272,297	518,825	518,825	518,825	518,825	272,297
[151900] MD BOX, 방열판	44,691,210	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707	1,489,707



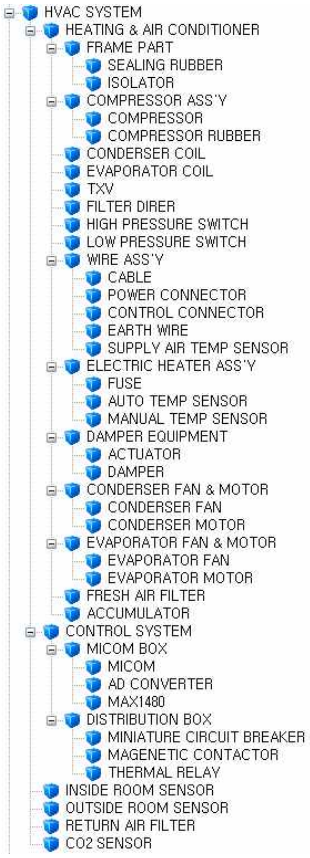
아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



6) HVAC 시스템

가) HVAC 시스템 구조

계산에 사용된 HVAC 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.



나) HVAC 시스템 고장정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 여기서 노란 마킹 표시는 업체로부터 제공 받은 자료에는 누락된 것으로, LCC 비용 계산을 위해 유사 예비품을 참고로 하여 분석자가 넣은 정보이다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	6	0	0	0	0	HVAC SYSTEM	2																			
1	6	1	0	0	0	HEATING & AIR CONDITIONER	2																			
1	6	1	1	0	0	FRAME PART	2																			
1	6	1	1	1	0	SEALING RUBBER	6	실링 처리부가 손상되어 틈이	틈이 생긴 손상부위에 재 실링	0.128			100000	KRW			SEALING	1	EA	68.966	2	2				
1	6	1	1	2	0	ISOLATOR	12	진동 및 소음 발생	제품부 틀림상태 확인 후 정비	1.206			200000	KRW			BOLT, NU	10	EA	206.9	1	0.5				
1	6	1	2	0	0	COMPRESSOR ASS'Y	4																			
1	6	1	2	1	0	COMPRESSOR	4	압축기가 작동 되지 않음(압축	압축기 고체	0.111	Y		4965.5172	USD	1	EA					2	4				
1	6	1	2	2	0	COMPRESSOR RUBBER	12	압축기의 진동 발생(방진 고무	제품결속상 점검	1.608	Y		100000	KRW			COMPRE	8	EA	55.172	2	2				
1	6	1	3	0	0	CONDERSER COIL	4	응축기 막힘 또는 손상	표면 주수 고순시 고체	0.07744	N		358.62069	USD	1	EA	REFRIGER	2	kg	23.448	2	2				
								응축기 표면이 오염 발생	응축기용 전용기만 가동시켜 실	0.01936	Y										1	0.5				
1	6	1	4	0	0	EVAPORATOR COIL	4	TXV에서의 냉매 량량불량/막	소염 또는 파손시 고체	0.03864	N		413.7931	USD	1	EA	REFRIGER	2	kg	23.448	2	1				
								증발기 표면이 오염 발생	증발기용 전용기만 가동시켜 실	0.00996	Y										1	0.5				
1	6	1	5	0	0	TXV	8	TXV의 냉매 량량불량(TXV 파	막힘 부분 바람 외부에 오염이	0.1104	N		248.27586	USD	1	EA	REFRIGER	2	kg	23.448	1	1				
1	6	1	6	0	0	FILTER DIRER	4	DIRER 막힘(냉매 바람내음) 수	Filter Diner 정비	0.5714	Y		248.27586	USD							1	1				
1	6	1	7	0	0	HIGH PRESSURE SWITCH	2	스위치 작동 전기회로 패선(스	스위치 고체	0.074	N		248.27586	USD	1	EA	REFRIGER	2	kg	23.448	1	0.5				
1	6	1	8	0	0	LOW PRESSURE SWITCH	2	스위치 작동 전기회로 패선(스	스위치 고체	0.074	N		248.27586	USD	1	EA	REFRIGER	2	kg	23.448	1	0.5				
1	6	1	9	0	0	WIRE ASS'Y	2																			
1	6	1	9	1	0	CABLE	2	전기부품 통작불량(전선 단선	Cable 고체	2.628	N		482.75862	USD			실리콘 커	1	Set	14.483	1	1				
1	6	1	9	2	0	POWER CONNECTOR	2	전기부품 통작불량(전원을 띤	제결요소 부품의 물림 상태 점	136.656	Y		482.75862	USD			실리콘 커	1	Set	14.483	1	0.5				
1	6	1	9	3	0	CONTROL CONNECTOR	2	제어부품 통작불량(제어용 띤	제결요소 부품의 물림 상태 점	268.9936	Y		482.75862	USD			실리콘 커	1	Set	14.483	1	0.5				
1	6	1	9	4	0	EARTH WIRE	2	부품 쇼트(조립투트의 이탈)	제결요소 부품의 물림 상태 점	1389.6864	Y		482.75862	USD							1	0.5				
1	6	1	9	5	0	SUPPLY AIR TEMP SENS	2	제어온도 불량 검출(오염된	제결요소 부품의 물림 상태 점	2254.824	Y		482.75862	USD			실리콘 커	1	Set	9.6552	1	0.5				
1	6	1	A	0	0	ELECTRIC HEATER ASS'Y	4																			
1	6	1	A	1	0	FUSE	8	과은발생 및 단품불량(Fuse 단	FUSE 확인 후 교환	1.0024	N		16.551724	USD	1	EA	쇼트툴	1	EA	1.6552	1	0.25				
1	6	1	A	2	0	AUTO TEMP SENSOR	8	과은발생 및 단품불량(센서	단자풀은도센서 고체	1.6722	N		49.655172	USD	1	EA	쇼트툴	1	EA	0.4138	1	0.5				
1	6	1	A	3	0	MANUAL TEMP SENSO	8	과은발생 및 단품불량(센서	단수풀은도센서 고체	1.6722	N		49.655172	USD	1	EA	쇼트툴	1	EA	0.4138	1	0.5				
1	6	1	B	0	0	DAMPER EQUIPMENT	4																			
1	6	1	B	1	0	ACTUATOR	4	최전은동 불가	댐퍼 저항치의 이상유무 및 단	0.0006	Y		482.75862	USD							1	1				
1	6	1	B	2	0	DAMPER	4	날개 파손에 따른 풍장 불가	댐퍼 고체	0.0764	N		206.89655	USD							1	1				
1	6	1	C	0	0	CONDERSER FAN & MOTO	4																			
1	6	1	C	1	0	CONDERSER FAN	4	팬이 케이싱에 닿음	1) 장착위치 수정2) 파손시 고체	0.056	N		206.89655	USD	1	EA					2	1				
1	6	1	C	2	0	CONDERSER MOTOR	4	모터절연 단선 단락 및 파손	Condenser Motor 고체	2.1004	N		689.65517	USD	1	EA	실리콘 커	1	Set	4.8276	2	1				
1	6	1	D	0	0	EVAPORATOR FAN & MOT	4																			
1	6	1	D	1	0	EVAPORATOR FAN	4	팬이 하우징에 닿음	1) 장착위치 수정2) 파손시 고체	0.056	N		1241.3793	USD	1	EA					2	1				
1	6	1	D	2	0	EVAPORATOR MOTOR	4	증발기 팬의 전용기기 반대로	컨트로이 따른 접가를 고체 필	2.1004	N		2758.6207	USD	1	EA	케이블타	1	Set	19.31	2	1				
1	6	1	E	0	0	FRESH AIR FILTER	4	이물질의 막힘 또는 오염	1) 청소주기 관리(1회/3일) 및	0.012025	N		482.75862	USD			Fresh Air	4	EA	82.759	1	0.4				
1	6	1	F	0	0	ACCUMULATOR	4	은열 및 누설 파손	용접 및 외관검사	0.2	Y		482.75862	USD			REFRIGER	2	kg	23.586	2	1				
1	6	2	0	0	0	CONTROL SYSTEM	2																			
1	6	2	1	0	0	MICOM BOX	2																			
1	6	2	1	1	0	MICOM	2	연산 및 Logic 제어가 불가	- 손상 및 파손 여부, 틀림 상태	0.932706661	Y		1000	USD							1	1				
1	6	2	1	2	0	AD CONVERTER	2	작동 전압의 온도인 측정 불가	상태 확인후 교환	0.026549431	N		1000	USD	1	EA					1	1				
1	6	2	1	3	0	MAX1480	2	냉방 단방 제어기 통신 송신시	상태 확인후 교환	0.656949909	N		1000	USD	1	EA					1	1				
1	6	2	2	0	0	DISTRIBUTION BOX	2																			
1	6	2	2	1	0	MINIATURE CIRCUIT BR	6	작동 불량	단선 및 전원의 전속상태 점검	0.080316313	N		82.758621	USD	1	EA	케이블타	1	Set	0.6897	2	3				
1	6	2	2	2	0	MAGENETIC CONTACT	12	작동 불량	단선 및 전원의 전속상태 점검	0.275163108	N		110.34483	USD	1	EA	케이블타	1	Set	0.6897	2	3				
1	6	2	2	3	0	THERMAL RELAY	8	작동 불량	단선 및 전원의 전속상태 점검	0.822320579	N		82.758621	USD	1	EA	케이블타	1	Set	0.6897	2	3				
1	6	3	0	0	0	INSIDE ROOM SENSOR	4	한개 지향 실온도에 대한 검출	틀림 상태, 손상 및 파손 상태	0.858	Y		85.517241	USD							1	1				
1	6	4	0	0	0	OUTSIDE ROOM SENSOR	2	외부온도에 대한 data검출이	틀림 상태, 손상 및 파손 상태	0.8945	Y		413.7931	USD							1	1				
1	6	5	0	0	0	RETURN AIR FILTER	4	이물질의 막힘 또는 오염	1) 청소주기 관리(1회/3일) 및	0.012025	N		482.75862	USD							1	0.4				
1	6	6	0	0	0	CO2 SENSOR	4	CCU 바전한 CO2 농도 감지	틀림 상태, 손상 및 파손 상태	0.858	Y		413.7931	USD	1	EA					1	1				

다) HVAC 시스템 예방정비 정보

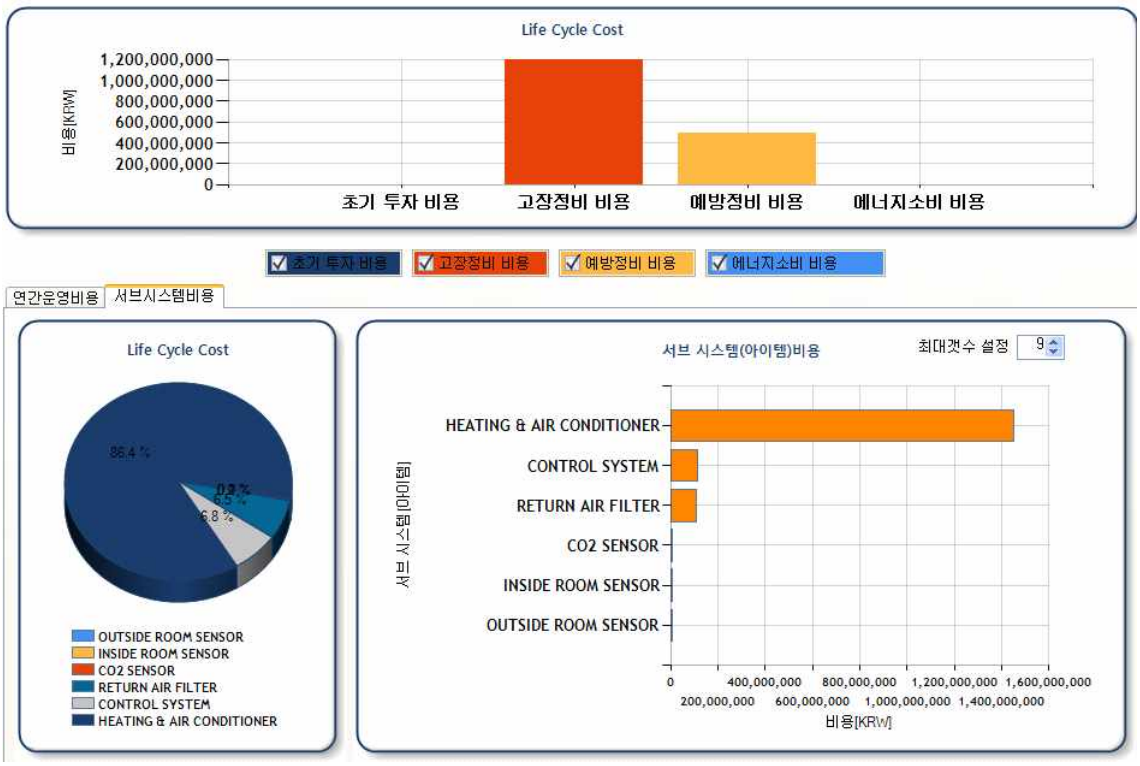
아래 그림에 계산에 적용된 HVAC 시스템의 예방정비 정보를 보인다.

Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 코드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용				
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비		Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력수	정비시간	인시	인력수	정비시간	인시
1	6	0	0	0	0	HVAC SYSTEM	2	IN	1) 냉방기 기동시험(TEST/FULL/HALF/FA	5000	km		0														1	0.17				
								OV	중점비(1) 제결요소 부품의 물림상태 점검	360000	km						실리콘	1	Set	14.4828							1	0.5				
1	6	1	0	0	0	HEATING & AIR CONDITIONER	2	IN	1) 단열재 떨어짐 및 파손상태 정비2) 제	5000	km		0														1	0.33				
1	6	1	1	0	0	FRAME PART	2	IN	1) 제결부 물림 상태 정비 2) 외관 파손상	120000	km		0														1	0.17				
1	6	1	1	1	0	SEALING RUBBER	6						0																			
1	6	1	1	2	0	ISOLATOR	12						0																			
1	6	1	2	0	0	COMPRESSOR ASS'Y	4	IN	1) 제결부 물림 상태 정비 2)방진고무 파	120000	km		0														1	0.5				
1	6	1	2	1	0	COMPRESSOR	4	IN					4965.517	USD																		
1	6	1	2	2	0	COMPRESSOR RUBBER	12	IN					0																			
1	6	1	3	0	0	CONDERSER COIL	4	IN	1) 응축기 핀 오염상태 정비2) 응축기 부	120000	km		358.6207	USD													1	0.17				
1	6	1	4	0	0	EVAPORATOR COIL	4	IN	1) 알루미늄 핀 오염상태 정비2) 알루미	120000	km		413.7931	USD													1	0.17				
1	6	1	5	0	0	TXV	8	IN	1) 응접이솔부 균열 및 파손 여부 정비	120000	km		248.2759	USD													1	0.08				
1	6	1	6	0	0	FILTER DIRER	4	IN	1) 응접이솔부 균열 및 파손 여부 정비2	120000	km		0														1	0.08				
1	6	1	7	0	0	HIGH PRESSURE SWITCH	2	IN	1) 고압 스위치 압력 감지부 손상유무	120000	km		248.2759	USD													1	0.08				
1	6	1	8	0	0	LOW PRESSURE SWITCH	2	IN	1) 저압 스위치 압력 감지부 손상유무	120000	km		248.2759	USD													1	0.08				
1	6	1	9	0	0	WIRE ASS'Y	2	IN	1) 제결요소 부품의 물림 상태 정비2) 절	120000	km		0				케이블	1	Set	14.4828						1	1				
1	6	1	9	1	0	CABLE	2	IN					482.7586	USD																		
1	6	1	9	2	0	POWER CONNECTOR	2	IN					0																			
1	6	1	9	3	0	CONTROL CONNECTOR	2	IN					0																			
1	6	1	9	4	0	EARTH WIRE	2	IN					0																			
1	6	1	9	5	0	SUPPLY AIR TEMP SENSOR	2	IN					0																			
1	6	1	A	0	0	ELECTRIC HEATER ASS'Y	4	IN	1) 전기히터 핀 오염 상태 정비2) 안전장	120000	km		0														1	0.17				
1	6	1	A	1	0	FUSE	8	IN					16.55172	USD																		
1	6	1	A	2	0	AUTO TEMP SENSOR	8	IN					49.65517	USD																		
1	6	1	A	3	0	MANUAL TEMP SENSOR	8	IN					49.65517	USD																		
1	6	1	B	0	0	DAMPER EQUIPMENT	4	IN	1) 댐퍼 동작 상태 점검(열림/닫힘)	120000	km		0														1	0.08				
1	6	1	B	1	0	ACTUATOR	4	IN					0																			
1	6	1	B	2	0	DAMPER	4	IN					206.8966	USD																		
1	6	1	C	0	0	CONDERSER FAN & MOTOR	4	IN	1) 전동기 및 핀 제결부의 부품의 물림	120000	km		0														1	0.5				
1	6	1	C	1	0	CONDERSER FAN	4	IN					206.8966	USD																		
1	6	1	C	2	0	CONDERSER MOTOR	4	IN					689.6552	USD																		
1	6	1	D	0	0	EVAPORATOR FAN & MOTOR	4	IN	1) 전동기 및 핀 제결부의 부품의 물림	120000	km		0														1	0.5				
1	6	1	D	1	0	EVAPORATOR FAN	4	IN					1241.379	USD																		
1	6	1	D	2	0	EVAPORATOR MOTOR	4	IN					2758.621	USD																		
1	6	1	E	0	0	FRESH AIR FILTER	4	IN	1) 필터 세척 또는 교체2) 오염상태 점검	5000	km		0														1	0.17				
1	6	1	F	0	0	ACCUMULATOR	4	IN	1) 응접이솔부 균열 및 파손 여부 정비2	120000	km		0														1	1				
1	6	2	0	0	0	CONTROL SYSTEM	2	IN	1) 제결요소 부품의 물림 상태 정비2) 절	5000	km		0														1	0.33				
1	6	2	1	0	0	MICOM BOX	2	IN	1) 제결요소 부품의 물림 상태 정비2) 절	120000	km		0														1	1				
1	6	2	1	1	0	MICOM	2	IN					0																			
1	6	2	1	2	0	AD CONVERTER	2	IN					1000	USD																		
1	6	2	1	3	0	MAX1480	2	IN					1000	USD																		
1	6	2	2	0	0	DISTRIBUTION BOX	2	IN	1) 제결요소 부품의 물림 상태 정비2) 절	120000	km		0														1	2				
1	6	2	2	1	0	MINIATURE CIRCUIT BREAKE	6	IN					82.75862	USD																		
1	6	2	2	2	0	MAGENETIC CONTACTOR	12	IN					110.3448	USD																		
1	6	2	2	3	0	THERMAL RELAY	8	IN					82.75862	USD																		
1	6	3	0	0	0	INSIDE ROOM SENSOR	4	IN	1) 제결부 부품의 물림 상태 정비2) 손상	360000	km		85.51724	USD													1	0.33				
1	6	4	0	0	0	OUTSIDE ROOM SENSOR	2	IN	1) 제결부 부품의 물림 상태 정비2) 손상	360000	km		413.7931	USD													1	0.33				
1	6	5	0	0	0	RETURN AIR FILTER	4	IN	1) 필터 세척 또는 교체2) 오염상태 점검	5000	km		0														1	0.33				
1	6	6	0	0	0	CO2 SENSOR	4	IN	1) 제결부 부품의 물림 상태 정비2) 손상	360000	km		413.7931	USD													1	0.33				

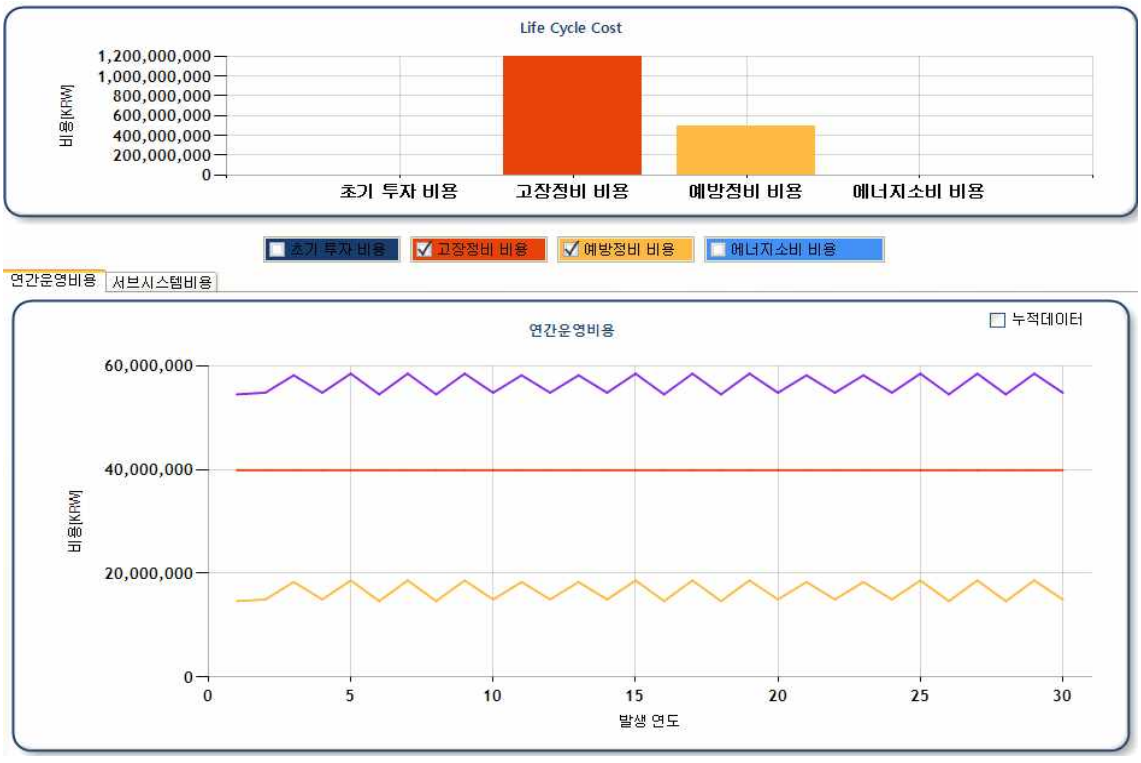
라) HVAC 시스템 LCC 계산 결과

HVAC 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 16.9억원 정도로 계산되었으며, 여기서 고장정비비용이 12억원이고 고장정비비용이 4.9억원 정도 차지하고 있음을 알 수 있다. HVAC 시스템의 서브시스템의 경우 Heating & Air Conditioner가 86.4% 정도를 차지하고 있음을 볼 때 유지보수 비용 절감을 위해서는 이 부분의 성능개선이 중요함을 알 수 있다.

[160000] HVAC SYSTEM	1,692,859,953	54,518,641	54,839,898	58,198,506	54,839,898	58,519,762	54,518,641	58,519,762	54,518,641	58,519,762	54,839,898
[161000] HEATING & AIR CO...	1,449,903,638	47,087,561	47,243,181	49,550,107	47,243,181	49,705,727	47,087,561	49,705,727	47,087,561	49,705,727	47,243,181
[161100] FRAME PART	3,034,652	76,708	76,708	129,095	76,708	129,095	76,708	129,095	76,708	129,095	76,708
[161200] COMPRESSOR A...	50,285,588	1,532,378	1,532,378	1,840,538	1,532,378	1,840,538	1,532,378	1,840,538	1,532,378	1,840,538	1,532,378
[161300] CONDERSER CO...	5,041,679	119,161	119,161	223,936	119,161	223,936	119,161	223,936	119,161	223,936	119,161
[161400] EVAPORATOR C...	4,855,750	112,964	112,964	217,738	112,964	217,738	112,964	217,738	112,964	217,738	112,964
[161500] TXV	5,195,808	127,175	127,175	225,786	127,175	225,786	127,175	225,786	127,175	225,786	127,175
[161600] FILTER DIRER	2,261,995	52,391	52,391	101,696	52,391	101,696	52,391	101,696	52,391	101,696	52,391
[161700] HIGH PRESSUR...	1,225,322	29,339	29,339	53,992	29,339	53,992	29,339	53,992	29,339	53,992	29,339
[161800] LOW PRESSURE...	1,225,322	29,339	29,339	53,992	29,339	53,992	29,339	53,992	29,339	53,992	29,339
[161900] WIRE ASS'Y	720,047,577	23,857,616	23,857,616	24,166,123	23,857,616	24,166,123	23,857,616	24,166,123	23,857,616	24,166,123	23,857,616



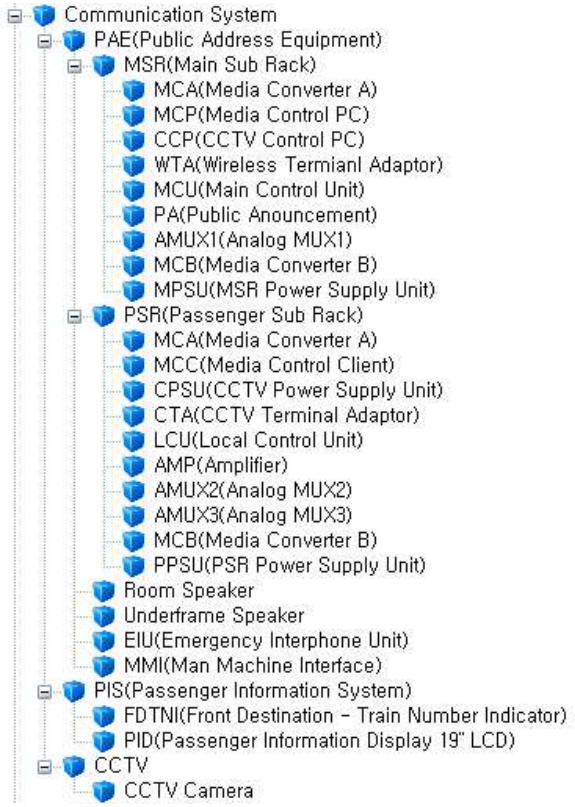
아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



7) 통신 시스템

가) 통신 시스템 구조

계산에 사용된 통신 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.



나) 통신 시스템 고장정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 여기서 빨간 글씨 표시는 업체로부터 제공 받은 고장율을 적용하여 분석할 경우 LCC 비용에 상당한 오류가 있음이 확인되어, 분석자가 잘못된 정보라 판단하여 임의로 유사 예비품을 참고로 하여 넣은 정보이다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용					인건비용				
															예비품		소모 재료			현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	7	0	0	0	0	Communication System	1																			
1	7	1	0	0	0	PAE(Public Address Equipm	1																			
1	7	1	1	0	0	MSR(Main Sub Rack)	2																			
1	7	1	1	1	0	MCA(Media Convert	2	PSR와 네트워크 연결이 끊김 광케이블을 다시 연결해 물opti		0.189549933	N		404	USD			광케이블	1	Set	375	1	0.5				
								프로 제어 및 데이터를 저리하동작상태 확인 후 보드고체		0.259699956	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	1	2	0	MCP(Media Control	2	네트워크 연결이 안됨 MCC를 MMI에서 연결상태 확인MCC 프		1.429138786	N		2133	USD	1	EA					1	0.5				
								MCP 보드의 부팅 및 Applcat 정지상태 확인 후 보드고체		0.075217831	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	1	3	0	CCP(CCTV Control P	2	CCTV 카메라의 데이터를 저리MMI에서 연결상태 확인CCTV		1.429138786	N		2133	USD	1	EA					1	0.5				
								CCP 보드의 부팅 및 Applcat 정지상태 확인 후 보드고체		0.075217831	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	1	4	0	WTA(Wireless Term	2	외부장치과 네트워크 연결이 Etermet 케이블을 다시 연결해		0.769508665	N		300	USD			통신케이	1	Set	208	1	0.5				
								프로 제어 및 데이터를 저리후정지상태 확인 후 보드고체		0.247577279	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	1	5	0	MCU(Main Control U	2	외부장치과 통신 연결이 끊김 MMI에서 연결상태 확인통신케		1.023878554	N		2183	USD			통신케이	1	Set	208	2	1				
								TCMS 및 외부장치 데이터를 장치상태 확인 후 보드고체		0.59726249	N				1	EA					1	0.5				
								MCU 보드의 기본동작이 안될장치상태 확인 후 보드고체		0.085523213	N				1	EA										
1	7	1	1	6	0	PA(Public Anouncem	2	자동안내방송 데이터를 보내 MMI에서 연결상태 확인PSR 장		1.287786363	N		938	USD	1	EA					1	0.5				
								PA 보드의 기본 동작이 안됨 장치상태 확인 후 보드고체		0.06777823	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	1	7	0	AMUX1(Analog MUX	2	외부장치과 통신 연결이 끊김 통신케이블을 다시 연결해 물오		0.41911324	N		863	USD			통신케이	1	Set	208	2	1				
								AMUX1 보드의 기본동작이 안정지상태 확인 후 보드고체		0.034926103	N				1	EA					1	0.5				
								PA와 데이터를 주고받지 못통신케이블을 다시 연결해 물오		0.244482723	N						통신케이	1	Set	208						
1	7	1	1	8	0	MCB(Media Convert	2	PSR과 네트워크 연결이 끊김 광케이블을 다시 연결해 물opti		0.424418193	N		404	USD			광케이블	1	set	375	1	0.5				
								프로 제어 및 데이터를 저리하동작상태 확인 후 보드고체		0.247577279	N				1	EA					1	0.5				
								MCB 보드의 기본동작이 안될동작상태 확인 후 보드고체		0.085368183	N				1	EA										
1	7	1	1	9	0	MPSU(MSR Power S	2	외부장치에서의 전원공급 연: 안될 케이블을 다시 연결해 물:		1.810865191	N		3125	USD	1	EA					1	0.5				
								MPSU 장치의 기본동작이 안 동작상태 확인 후 보드고체		0.201207243	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	2	0	0	PSR(Passenger Sub Rac	1																			
1	7	1	2	1	0	MCA(Media Convert	2	MSR, PSR과 네트워크 연결이 광케이블을 다시 연결해 물opti		0.424418193	N		404	USD			광케이블	1	set	375	1	0.5				
								프로 제어 및 데이터를 저리하동작상태 확인 후 보드고체		0.282945462	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	2	2	0	MCC(Media Control	2	LCD표시장치에 영상 안나가 MMI에서 연결상태 확인LCD 표		1.080863627	N		2195	USD			RGB케이	1	Set	208	1	0.5				
								네트워크 연결안됨MCC 보드 동작상태 확인 후 보드고체		0.720590885	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	2	3	0	CPSU(CCTV Power S	2	외부장치에서의 전원공급 연: 안될 케이블을 다시 연결해 물:		1.043821966	N		2850	USD	1	EA					1	0.5				
								CPSU 장치의 기본동작이 안될동작상태 확인 후 보드고체		0.115960218	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	2	4	0	CTA(CCTV Terminal	2	외부장치과 네트워크 연결이 Etermet 케이블을 다시 연결해		0.060361363	N		100	USD			통신케이	1	Set	208	1	0.5				
								CTA 장치의 기본동작이 안될 동작상태 확인 후 보드고체		0.006706818	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	2	5	0	LCU(Local Control U	2	외부장치과 통신 연결이 끊김 MMI에서 연결상태 확인통신케		1.549186677	N		2183	USD			통신케이	1	Set	208	1	0.5				
								MSR 및 상태장치(LCD LED) 동작상태 확인 후 보드고체		0.903692228	N				1	EA					2	1				
								LCU 보드의 기본동작이 안될 동작상태 확인 후 보드고체		0.12909889	N				1	EA										
1	7	1	2	6	0	AMP(Amplifier)	2	자동안내방송 데이터를 저리 MMI에서 연결상태 확인MSR 및		1.287786363	N		925	USD	1	EA					1	0.5				
								AMP 보드의 기본 동작이 안될동작상태 확인 후 보드고체		0.067778123	N				1	EA					1	0.5				
1	7	1	2	7	0	AMUX2(Analog MUX	2	비상인터폰 장치과 연결이 끊 통신케이블을 다시 연결해 물오		1.977808983	N		869	USD				1	Set	208	2	1				
								AMP와 데이터를 주고받지 못동작상태 확인 후 보드고체		1.163721907	N				1	EA					1	0.5				
								AMUX2 보드의 기본동작이 안될동작상태 확인 후 보드고체		0.164817415	N				1	EA										
1	7	1	2	8	0	AMUX3(Analog MUX	2	쇼피커 장치과 연결이 끊김 통신케이블을 다시 연결해 물오		1.414693955	N		511	USD			통신케이	1	Set	208	2	1				
								AMP와 데이터를 주고받지 못동작상태 확인 후 보드고체		0.82523814	N				1	EA					1	0.5				
								AMUX3 보드의 기본동작이 안될동작상태 확인 후 보드고체		0.117891163	N				1	EA										
1	7	1	2	9	0	MCB(Media Convert	2	MSR, PSR과 네트워크 연결이 광케이블을 다시 연결해 물opti		0.424418193	N		404	USD			광케이블	1	set	375	1	0.5				
								프로 제어 및 데이터를 저리하동작상태 확인 후 보드고체		0.247577279	N				1	EA					1	0.5				
								MCB 보드의 기본동작이 안될동작상태 확인 후 보드고체		0.035368183	N				1	EA										
1	7	1	2	A	0	PPSU(PSR Power Su	2	외부장치에서의 전원공급 연: 안될 케이블을 다시 연결해 물:		1.915301128	N		3125	USD	1	EA					1	0.5				

다) 통신 시스템 예방정비 정보

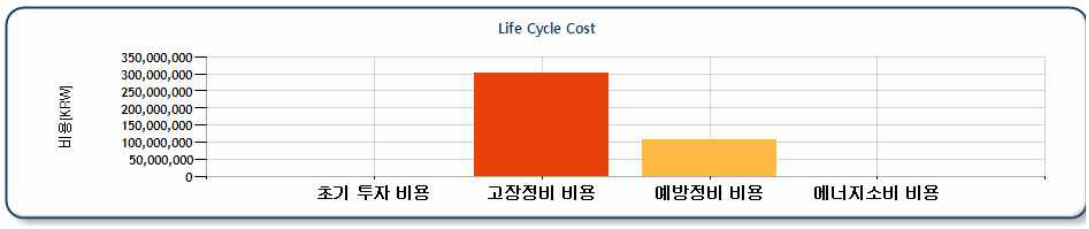
아래 그림에 계산에 적용된 예방정비 정보를 보인다.

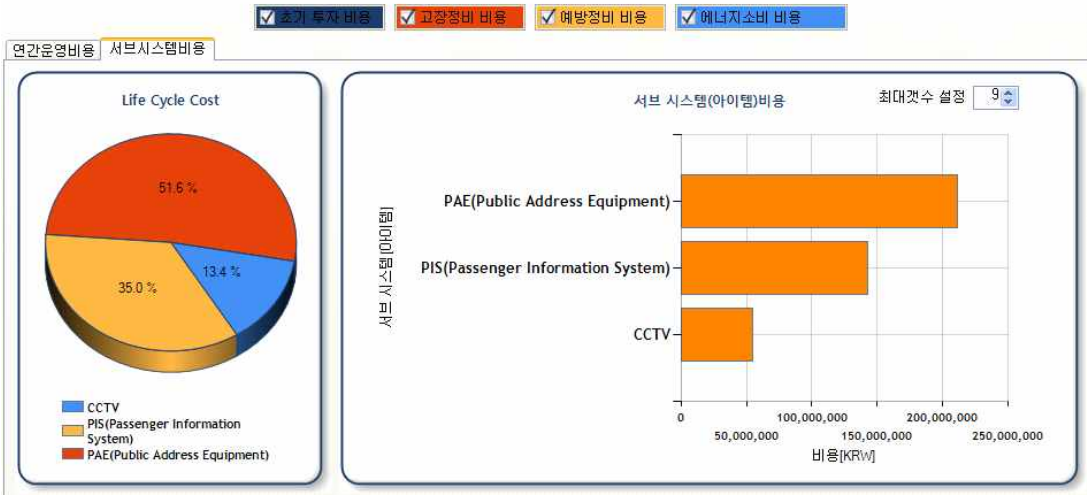
Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 모드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용				
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비		Component shop	
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력수	정비시간	인시	인력수	정비시간	인시
1	7	0	0	0	0	Communication System							0																		
1	7	1	0	0	0	PAE(Public Address Equipment)							0																		
1	7	1	1	0	0	MSR(Main Sub Rack)	2	IN	제결 요소 부품의 물림상태 정비/장치의	20000	km		0														1	0.33				
1	7	1	1	1	0	MCA(Media Converter A	2	IN	외관상태 및 광커넥터 저결상태 점검	120000	km		404	USD													1	0.17				
1	7	1	1	1	2	MCP(Media Control PC)	2	IN	제결부 물림상태점검방진고무 파손 및 (	120000	km		2133	USD			Battery	1	EA	5							1	0.17				
1	7	1	1	3	0	CCP(CCTV Control PC)	2	IN	제결부 물림상태점검방진고무 파손 및 (	120000	km		2133	USD			Battery	1	EA	5							1	0.17				
1	7	1	1	4	0	WTA(Wireless Terminal A	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		300	USD													1	0.17				
1	7	1	1	5	0	MCU(Main Control Unit)	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		2183	USD													1	0.17				
1	7	1	1	6	0	PA(Public Anouncement)	2	IN	외관상태 및 동작여부 점검	120000	km		938	USD													1	0.17				
1	7	1	1	7	0	AMUX1(Analog MUX1)	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		869	USD													1	0.17				
1	7	1	1	8	0	MCB(Media Converter Bl	2	IN	외관상태 및 광커넥터 저결상태 점검	120000	km		404	USD													1	0.17				
1	7	1	1	9	0	MPSU(MSR Power Suppl	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		3125	USD													1	0.17				
1	7	1	2	0	0	PSR(Passenger Sub Rack)	2	IN	제결 요소 부품의 물림상태 정비/장치의	20000	km		0													1	0.17				
1	7	1	2	1	0	MCA(Media Converter A	2	IN	외관상태 및 광커넥터 저결상태 점검	120000	km		404	USD													1	0.33				
1	7	1	2	2	0	MCC(Media Control Clie	2	IN	제결부 물림상태점검방진고무 파손 및 (	120000	km		2195	USD			Battery	1	EA	5							1	0.17				
1	7	1	2	3	0	CTA(CCTV Terminal Ada	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		2850	USD													1	0.17				
1	7	1	2	4	0	CPSU(CCTV Power Supp	2	IN	외관상태 및 동작여부 점검	120000	km		100	USD													1	0.17				
1	7	1	2	5	0	LCU(Local Control Unit)	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		2183	USD													1	0.17				
1	7	1	2	6	0	AMP(Amplifier)	2	IN	외관상태 및 동작여부 점검	120000	km		925	USD													1	0.17				
1	7	1	2	7	0	AMUX2(Analog MUX2)	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		869	USD													1	0.17				
1	7	1	2	8	0	AMUX3(Analog MUX3)	2	IN	제결부 물림상태점검외관상태 및 동작여	120000	km		511	USD													1	0.17				
1	7	1	2	9	0	MCB(Media Converter Bl	2	IN	외관상태 및 광커넥터 저결상태 점검	120000	km		404	USD													1	0.17				
1	7	1	2	A	0	PPSU(PSR Power Supply	2	IN	외관상태 및 동작여부 점검	120000	km		3125	USD													1	0.17				
1	7	1	3	0	0	Room Speaker	8	IN	제결부 물림상태점검	120000	km		208	USD													1	0.33				
1	7	1	4	0	0	Underframe Speaker	4	IN	제결부 물림상태점검손상 및 파손여부	120000	km		260	USD													1	0.67				
1	7	1	5	0	0	EIU(Emergency Interphone U	4	IN	제결부 물림상태점검토크 스위치 상태(	20000	km		417	USD													1	0.33				
1	7	1	6	0	0	MMI(Man Machine Interface	2	IN	외관상태 및 동작 버튼 상태검사	20000	km		3280	USD													1	0.33				
1	7	2	0	0	0	PIS(Passenger Information System)							0																		
1	7	2	1	0	0	FDTN(LED Front Destination	2	IN	제결부 물림상태점검전원 스위치 상태(	20000	km		2333	USD													1	0.67				
1	7	2	2	0	0	PID(Passenger Information D	4	IN	제결부 물림상태점검전원 스위치 상태(	20000	km		1650	USD													1	0.67				
1	7	3	0	0	0	CCTV					km		0																		
1	7	3	1	0	0	CCTV Camera	4	IN	제결부 물림상태점검손상 및 파손여부	120000	km		2083	USD													1	0.67				

라) 통신 시스템 LCC 계산 결과

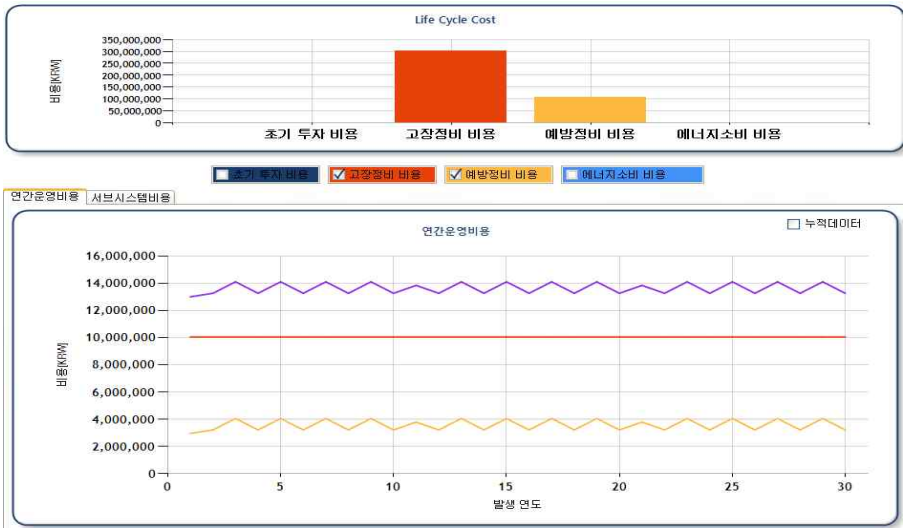
통신 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 4.1억원 정도로 계산되었으며, 여기서 고장정비비용이 3억원이고 고장정비비용이 1.1억원 정도 차지하고 있음을 알 수 있다. 통신 시스템의 서브시스템의 경우 PAE, PIS, CCTV 순으로 유지보수 비용이 많음을 알 수 있다.

[170000] Communication System	409,025,288	13,003,752	13,266,972	14,110,242	13,266,972	14,110,242	13,266,972	14,110,242	13,266,972	14,110,242	13,266,972
[171000] PAE(Public Address...	211,122,201	6,593,591	6,702,731	7,443,281	6,702,731	7,443,281	6,702,731	7,443,281	6,702,731	7,443,281	6,702,731
[171100] MSR(Main Sub R...	79,825,234	2,469,113	2,494,793	2,856,113	2,494,793	2,856,113	2,494,793	2,856,113	2,494,793	2,856,113	2,494,793
[171200] PSR(Passenger S...	40,379,755	1,259,112	1,265,532	1,439,322	1,265,532	1,439,322	1,265,532	1,439,322	1,265,532	1,439,322	1,265,532
[171300] Room Speaker	21,531,336	669,775	669,775	772,495	669,775	772,495	669,775	772,495	669,775	772,495	669,775
[171400] Underframe Spea...	13,599,690	405,387	405,387	508,107	405,387	508,107	405,387	508,107	405,387	508,107	405,387
[171500] EIU(Emergency In...	14,796,650	446,998	498,358	498,358	498,358	498,358	498,358	498,358	498,358	498,358	498,358
[171600] MMI(Man Machin...	40,989,536	1,343,206	1,368,886	1,368,886	1,368,886	1,368,886	1,368,886	1,368,886	1,368,886	1,368,886	1,368,886
[172000] PIS(Passenger Infor...	143,013,119	4,628,432	4,782,512	4,782,512	4,782,512	4,782,512	4,782,512	4,782,512	4,782,512	4,782,512	4,782,512
[173000] CCTV	54,889,968	1,781,730	1,781,730	1,884,450	1,781,730	1,884,450	1,781,730	1,884,450	1,781,730	1,884,450	1,781,730





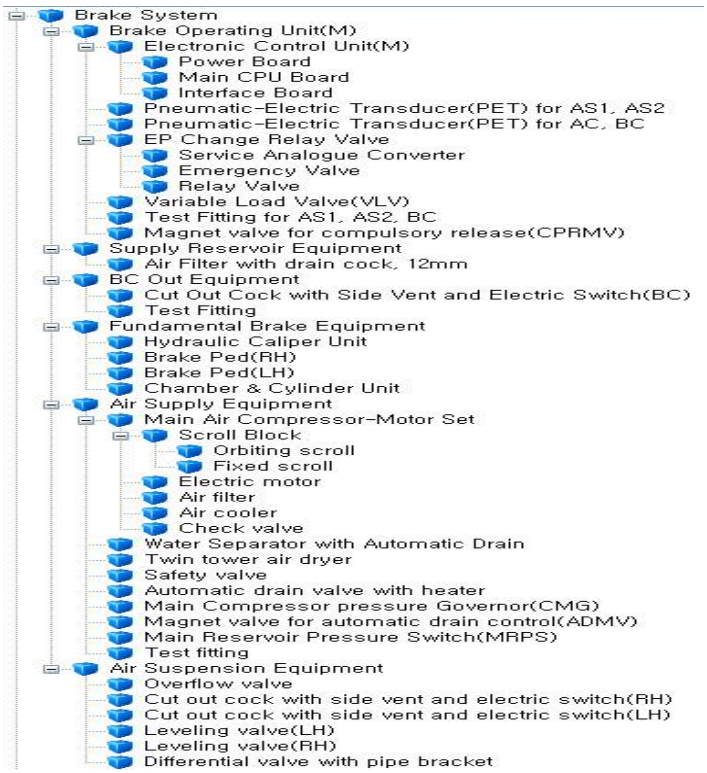
아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



8) 제동 시스템

가) 제동 시스템 구조

계산에 사용된 제동 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.



나) 제동 시스템 고장정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 여기서 노란 마킹 표시는 업체로부터 제공 받은 자료에는 누락된 것으로, LCC 비용 계산을 위해 유사 예비품을 참고로 하여 분석자가 넣은 정보이다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용					인건비용				
															예비품		소모 재료			현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	8	0	0	0	0	Brake System	1																			
1	8	1	0	0	0	Brake Operating Unit(M)	2																			
1	8	1	1	0	0	Electronic Control Unit(M	2																			
1	8	1	1	1	0	Power Board	2	보드상의 노이즈 필터에서 전	그제후 노이즈 필터 소자 점검	0.416666667	N		2760000		1	EA					1	1.5				
								전원공급용 AC/DC컨버터 쇼	그제후 디지털 입력 신호 점검	0.416666667	N				1	EA					1	1.5				
1	8	1	1	2	0	Main CPU Board	2	제품 연산 실패	그제후 입출력 신호 확인	0.416666667	N		2760000		1	EA					1	1.5				
								제품제어 실패	그제후 입출력 신호 확인	0.416666667	N				1	EA					1	1.5				
1	8	1	1	3	0	Interface Board	2	제품결함 입출력 신호 수신	그제후 포트 커넥터 이상유무	0.833333333	N		2760000		1	EA					1	1.5				
1	8	1	2	0	0	Pneumatic-Electric Tran	2	압력검지 안됨	AS1,AS2 PET Transducer 고제	0.912	N		2568000		1	EA					1	1				
1	8	1	3	0	0	Pneumatic-Electric Tran	2	압력검지 안됨	AC,BC PET Transducer 고제	0.912	N		2568000		1	EA					1	1				
1	8	1	4	0	0	EP Change Relay Valve	2				N										1	0.7				
1	8	1	4	1	0	Service Analogue Co	2	공기누설	Seal 및 Gasket 고제	3.346	Y		1200000				Seal Gas	8	EA	80000	1	0.7				
								제품압력 형성 안됨	코일 고제	1.434	Y						EP Valve	8	EA	100000	1	0.7				
1	8	1	4	2	0	Emergency Valve	2	공기누설	Emergency valve 고제	0.456	N		600000		1	EA					1	0.7				
								압력제어 안됨	Emergency valve 고제	0.825	N				1	EA					1	0.7				
1	8	1	4	3	0	Relay Valve	2	공기누설	Relay valve 고제	2.75	N		600000		1	EA					1	0.7				
1	8	1	5	0	0	Variable Load Valve(VL	2	압력 조절 안됨	Valve Assy 고제	2.98	N		1200000		1	EA					1	0.5				
1	8	1	6	0	0	Test Fitting for AS1, AS	2	공기누설	Test Fitting 고제	1.05	N		24000		1	EA					1	0.5				
1	8	1	7	0	0	Magnet valve for compu	2	공기누설	Seal 고제	2.31	Y		630000				Seal	8	EA	50000	1	1.3				
								제동장치이 이루어지지 않음	밸브고제	0.77	N				1	EA					1	1.3				
								전원공급시 정제완화 안됨	코일부 수분침투 확인호 Magn	0.77	N				1	EA					1	1.3				
1	8	2	0	0	0	Supply Reservoir Equipmen	1																			
1	8	2	1	0	0	Air Filter with drain cock	2	공기누설	Seal 고제	8.6	Y		132000				Seal	8	EA	50000	1	1				
1	8	3	0	0	0	BC Out Equipment	1																			
1	8	3	1	0	0	Cut Out Cock with Side	4	전기적 신호 오현시	접점 점검 및 Electric Switch 고	2.57	N		192000		2	EA					1	1.5				
1	8	3	2	0	0	Test Fitting	4	공기누설	Test Fitting 고환	1.05	N		24000		2	EA					1	0.5				
1	8	4	0	0	0	Fundamental Brake Equipm	1																			
1	8	4	1	0	0	Hydraulic Caliper Unit	8	오일 누유	오일팁 고제	7.87	Y		1200000				O-ring	8	EA	50000	1	1.5				
1	8	4	2	0	0	Brake Ped(RH)	8	기계적인 마찰제동이 이루어	패드고제	1.05	N		600000				브레이크	8	EA	72000	1	0.5				
1	8	4	3	0	0	Brake Ped(LH)	8	기계적인 마찰제동이 이루어	패드고제	1.05	N		600000				브레이크	8	EA	72000	1	0.5				
1	8	4	4	0	0	Chamber & Cylinder Un	4	공기누설	Seal 및 Packing고제	1.39	Y		1200000				Seal 및 P	8	EA	80000	1	1.5				
								오일 누유	Seal 및 Packing고제	1.39	Y						Seal 및 P	8	EA	80000	1	1.5				
1	8	5	0	0	0	Air Supply Equipment	1																			
1	8	5	1	0	0	Main Air Compressor-M	2																			
1	8	5	1	1	0	Scroll Block	2	공기압축 안됨													2	1.5				
1	8	5	1	1	1	Orbiting scrol	2	공기압축 안됨	선회 스크롤 고제	3.1	N		450000		1	EA					2	1.5				
1	8	5	1	1	2	Fixed scroll	2	공기압축 안됨	고정 스크롤 고제	3.1	N		300000		1	EA					2	1.5				
1	8	5	1	2	0	Electric motor	2	선회스크롤 회전 안됨	Electric Motor 고제	1.55	N		2250000		1	EA					2	1.5				
								선회스크롤 반대로 회전	Electric Motor 고제	1.55					1	EA										
1	8	5	1	3	0	Air filter	2	흡입공기 여과 안됨	필터 고제	5.4	N		180000		1	EA					1	1.5				
1	8	5	1	4	0	Air cooler	2	토출공기 냉각안됨	냉각 팬 고제	7.2	N		150000		1	EA					1	1.5				
1	8	5	1	5	0	Check valve	2	공기 누설	체크밸브 고제	1.05	N		100000		1	EA					1	1.5				
1	8	5	2	0	0	Water Separator with A	2	공기누설	Seal 고제	0.7176	Y		100000				Seal	8	EA	80000	1	1				
								압축공기내 수분제거 안됨	전자변 고환	0.1794	Y					EA					1	1				
1	8	5	3	0	0	Twin tower air dryer	2	Air Dryer한쪽만 작동	전자밸브 고환	1.756	Y		4200000			EA					2	1.5				
								수분제거안됨 공기불균	Twin Tower Air Dryer 고제	2.634	N				1	EA					2	1.5				
1	8	5	4	0	0	Safety valve	2	설정압력에서 작동이 안됨	Safety valve고환	0.925	N		216000		1	EA					1	0.7				
								설정압력에서 작동이 안됨	Safety valve고환	0.925	N				1	EA					1	0.7				
1	8	5	5	0	0	Automatic drain valve w	2	수분배출안됨	Seal 고제	4.78	Y		270000				Seal	8	EA	80000	1	0.8				
1	8	5	6	0	0	Main Compressor press	2	공기누설	Seal 고제	2.48	Y		270000				Seal	8	EA	80000	1	1				
								주공기 압력을 감지 못함	압력스위치 고제	0.62	N				1	EA					1	1				
1	8	5	7	0	0	Magnet valve for auton	2	공기누설	밸브고환	1.55	Y		252000		1	EA					1	0.8				
								제어작동이 이루어지지않음	코일고환	0.62	Y				1	EA					1	0.8				

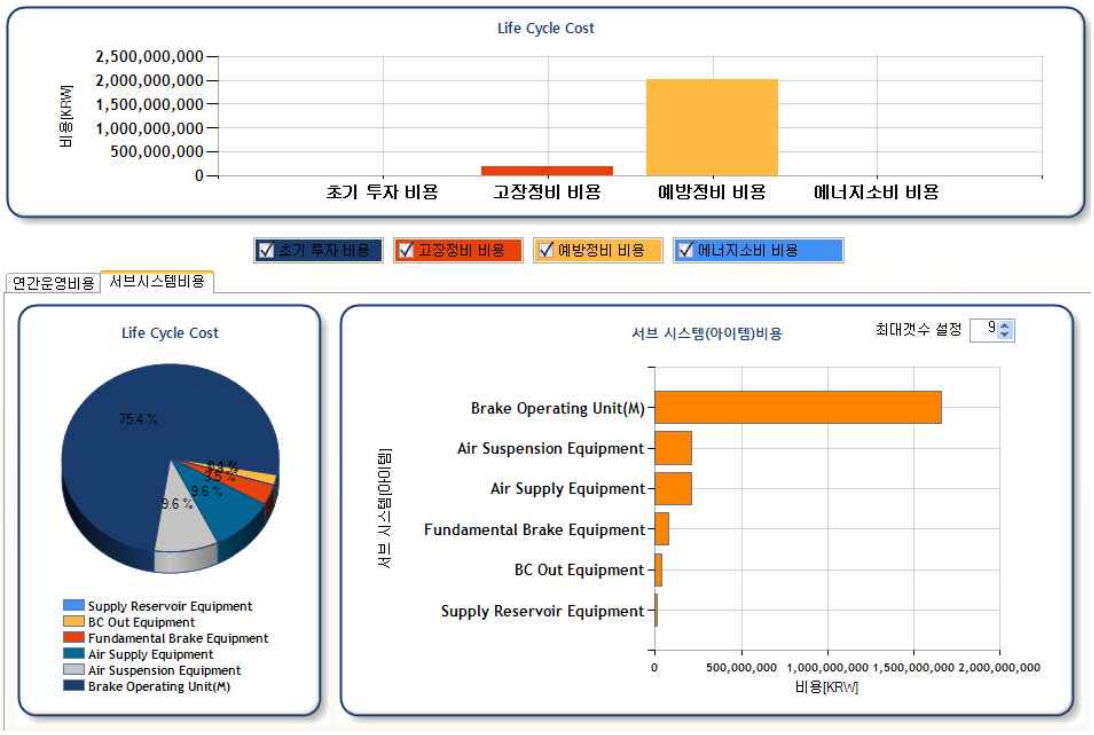
다) 제동 시스템 예방정비 정보

Item ID						Item명	수량	예방정비 업무 모드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	8	0	0	0	0	Brake System							0																		
1	8	1	0	0	0	Brake Operating Unit(M)	2						0																		
1	8	1	1	0	0	Electronic Control Unit(M)	2	IN	반자나사 풀림 점검	120000	km		0														1	0.5				
								IN	커넥터 취부 점검	120000	km															1	0.5				
								IN	취부볼트 풀림 점검	120000	km															1	0.5				
1	8	1	1	1	0	Power Board	2	IN	Input, output signal 점검	360000	km		2760000														1	0.5				
1	8	1	1	2	0	Main CPU Board	2	IN	Input, output signal 점검	360000	km		2760000														1	0.5				
1	8	1	1	3	0	Interface Board	2	IN	Input, output signal 점검	360000	km		2760000														1	0.5				
1	8	1	2	0	0	Pneumatic-Electric Transduc	2	OV	가스켓 변형 및 정결상태 점검	360000	km		2568000		1	EA											1	1				
								IN	튜 및 그랙점검	360000	km															1	1				
								IN	커넥터 취부 점검	360000	km															1	1				
1	8	1	3	0	0	Pneumatic-Electric Transduc	2	OV	가스켓 변형 및 정결상태 점검	360000	km		2568000		1	EA											1	1				
								IN	튜 및 그랙점검	360000	km															1	1				
								IN	커넥터 취부 점검	360000	km															1	1				
1	8	1	4	0	0	EP Change Relay Valve	2				km		0														1	0.7				
1	8	1	4	1	0	Service Analogue Conver	2	OV	Valve Seat, Sliding Surface, Seal Sectio	360000	km		0		1	EA	Supply	8	EA	50000							1	0.7				
1	8	1	4	2	0	Emergency Valve	2	OV	Valve Seat, Sliding Surface, Seal Sectio	360000	km		600000				O-Ring	8	EA	50000							1	0.7				
1	8	1	4	3	0	Relay Valve	2	OV	Valve Seat, Sliding Surface, Seal Sectio	360000	km		600000				O-Ring	8	EA	50000							1	0.7				
1	8	1	5	0	0	Variable Load Valve(VLV)	2	OV	Valve Assy 상태 점검X-Ring, O-Ring 마	360000	km		1200000				Bearing	8	Set	1200000							1	0.5				
1	8	1	6	0	0	Test Fitting for AS1, AS2, BC	2	IN	육안점사	360000	km		24000														1	0.5				
1	8	1	7	0	0	Magnet valve for compulsory	2	IN	바선 피복 점사리프선선 탄선프일 탄선	360000	km		630000														1	1.3				
								OV	쇼프링 장력 점사Sealing Ring 손상 점사	360000	km						NUT-H	8	Set							1	1.3				
1	8	2	0	0	0	Supply Reservoir Equipment					km		0																			
1	8	2	1	0	0	Air Filter with drain cock, 12	2	IN	필터내 물순물 점사Drain Cock 설능 점	360000	km		132000														1	1				
1	8	3	0	0	0	BC Out Equipment					km		0																			
1	8	3	1	0	0	Cut Out Cock with Side Ven	4	OV	작동상태 점사정기적인 분해점사	360000	km		192000				Bolt-H	8	Set	192000							1	1.5				
1	8	3	2	0	0	Test Fitting	4	IN	육안점사	360000	km		24000														1	0.5				
1	8	4	0	0	0	Fundamental Brake Equipment					km		0																			
1	8	4	1	0	0	Hydraulic Caliper Unit	8	IN	누기점사	360000	km		0														1	1.5				
								IN	실린더 작동상태 점사	360000	km															1	1.5				
1	8	4	2	0	0	Brake Ped(RH)	8	RP	육안점사 및 교환	360000	km		0				브레이	8	EA	72000							1	0.5				
1	8	4	3	0	0	Brake Ped(LH)	8	RP	육안점사 및 교환	360000	km		0				브레이	8	EA	72000							1	0.5				
1	8	4	4	0	0	Chamber & Cylinder Unit	4	IN	공기누설점검	360000	km		0														1	1.5				
								IN	육안은 누출점검	360000	km															1	1.5				
1	8	5	0	0	0	Air Supply Equipment					km		0																			
1	8	5	1	0	0	Main Air Compressor-Motor	2		작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		0																			
1	8	5	1	1	0	Scroll Block	2	IN	작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		0														2	1.5				
1	8	5	1	1	1	Orbiting scroll	2	IN	작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		450000														2	1.5				
1	8	5	1	1	2	Fixed scroll	2	IN	작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		300000														2	1.5				
1	8	5	1	2	0	Electric motor	2	IN	작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		2250000														2	1.5				
1	8	5	1	3	0	Air filter	2	RP	필터 오염도 점검 및 교환	360000	km		180000				Air Filt	2	EA	180000							2	0.5				
1	8	5	1	4	0	Air cooler	2	IN	작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		150000														2	0.5				
1	8	5	1	5	0	Check valve	2	IN	작동상태 및 균열 파손 점검	360000	km		100000														2	0.7				
1	8	5	2	0	0	Water Separator with Auton	2	SV	여과기 및 하우징 내부 정결 상태 점검	360000	km		0														1	1				
								RP	오링 교환	360000	km															1	1				
								IN	자동배수전자밸브 점검	360000	km															1	1				
1	8	5	3	0	0	Twin tower air dryer	2	SV	Silencer 점검	360000	km		4200000														2	1.5				
								RP	O-Ring, Seal, V-packing, GasketTimer,	360000	km						쇼울기	8	Set	680000						2	1.5				
								IN	쇼울기 내부 필터 분해 및 점검	360000	km															2	1.5				
1	8	5	4	0	0	Safety valve	2	IN	조정압력 시험	360000	km		216000														1	0.7				
1	8	5	5	0	0	Automatic drain valve with H	2	IN	육안점사	360000	km		0														1	0.8				
1	8	5	6	0	0	Main Compressor pressure (	2	IN	바선 연결 및 피복 점검	360000	km		270000														1	1				
								RP	가스켓 교환	360000	km						가스켓	8	EA	80000							1	1				
1	8	5	7	0	0	Magnet valve for automatic	2	IN	바선 연결 및 피복 점검	360000	km		252000														1	0.8				

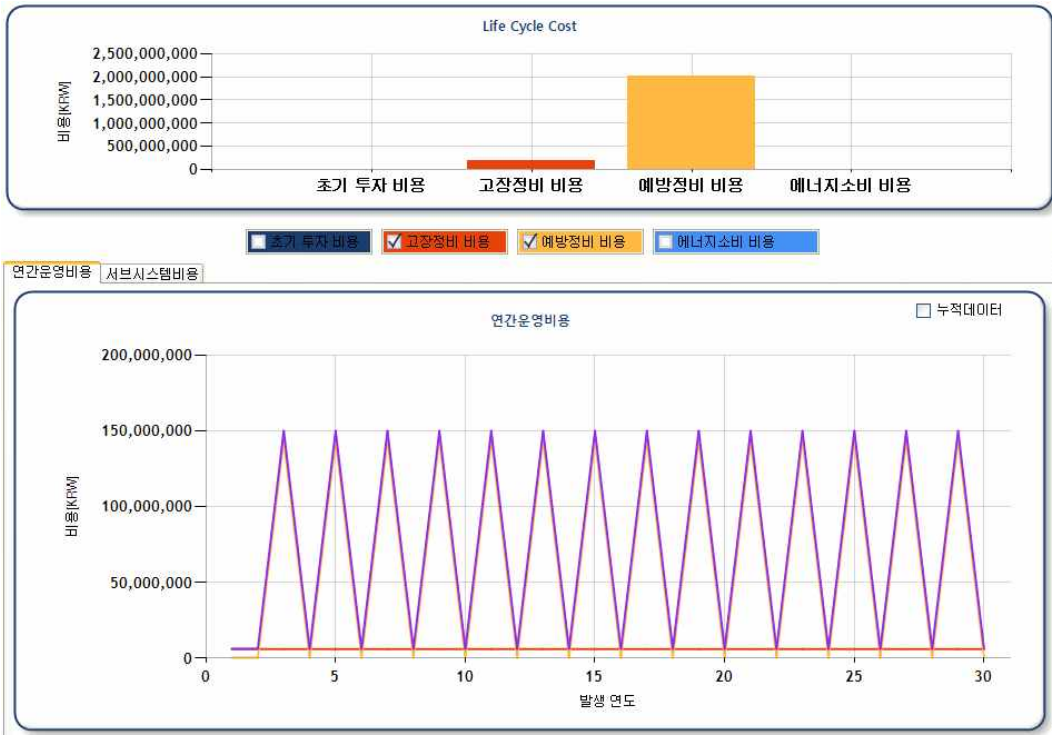
라) 제동 시스템 LCC 계산 결과

제동 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 22억원 정도로 계산되었으며, 여기서 예방정비비용이 약 20억원으로 거의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 제동 시스템의 서브시스템의 경우 Braking Operating Unit가 75.4%의 유지보수비용을 차지하고 있어 이에 대한 성능개선이 필요함을 알 수 있다.

[180000] Brake System	2,198,190,087	6,109,000	6,109,000	150,031,864	6,109,000	150,031,864	6,109,000	150,031,864	6,109,000	150,031,864	6,109,000
[181000] Brake Operating Unit...	1,656,537,398	3,300,470	3,300,470	114,552,134	3,300,470	114,552,134	3,300,470	114,552,134	3,300,470	114,552,134	3,300,470
[181100] Electronic Control...	60,464,012	1,691,899	1,691,899	2,385,259	1,691,899	2,385,259	1,691,899	2,385,259	1,691,899	2,385,259	1,691,899
[181200] Pneumatic-Electri...	445,318,071	247,424	247,424	31,525,664	247,424	31,525,664	247,424	31,525,664	247,424	31,525,664	247,424
[181300] Pneumatic-Electri...	445,318,071	247,424	247,424	31,525,664	247,424	31,525,664	247,424	31,525,664	247,424	31,525,664	247,424
[181400] EP Change Relay...	481,006,749	611,562	611,562	33,658,698	611,562	33,658,698	611,562	33,658,698	611,562	33,658,698	611,562
[181500] Variable Load Val...	214,016,167	377,920	377,920	14,854,960	377,920	14,854,960	377,920	14,854,960	377,920	14,854,960	377,920
[181600] Test Fitting for AS...	1,179,289	3,358	3,358	80,398	3,358	80,398	3,358	80,398	3,358	80,398	3,358
[181700] Magnet valve for c...	9,235,039	120,884	120,884	521,492	120,884	521,492	120,884	521,492	120,884	521,492	120,884
[182000] Supply Reservoir Eq...	1,930,701	28,405	28,405	105,445	28,405	105,445	28,405	105,445	28,405	105,445	28,405
[183000] BC Out Equipment	40,018,762	114,951	114,951	2,727,111	114,951	2,727,111	114,951	2,727,111	114,951	2,727,111	114,951



아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.


Life Cycle Cost
비용[KRW]
2,500,000,000
2,000,000,000
1,500,000,000
1,000,000,000
500,000,000
0
초기 투자 비용
고장정비 비용
예방정비 비용
에너지소비 비용
초기 투자 비용
고장정비 비용
예방정비 비용
에너지소비 비용
연간운영비용
서브시스템비용
연간운영비용
누적데이터
비용[KRW]
200,000,000
150,000,000
100,000,000
50,000,000
0
0
5
10
15
20
25
30
발생 연도

9) 차량 출입문 시스템

가) 차량 출입문 시스템 구조

계산에 사용된 차량 출입문 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.

나) 차량 출입문 시스템 고장정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용						인건비용				
															예비품		소모 재료				현장정비			Component shop	
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	9	0	0	0	0	Body Side Door System	8																			
1	9	1	0	0	0	Door Control Unit	8	모터 제어 상실	고제	0.1853503	N		1500000	KRW	1	EA					1	0.25				
								입출력 신호 제어 에러	고제	0.1853503	N				1	EA					1	0.25				
								모터 엔코더 파워 공급 에러	고제	0.1853503	N				1	EA					1	0.25				
								통신 에러	고제	0.1853503	N				1	EA					1	0.25				
								DCU 전원부 에러	고제	0.1853503	N				1	EA					1	0.25				
								Motor Brake 제어 에러	고제	0.1853503	N				1	EA					1	0.25				
								DCU 커넥트 error	고제	3.707006	N				1	EA					1	0.25				
								Local 열림/닫힘 버튼 파손	고제	2.5949042	N				1	EA					1	0.25				
1	9	2	0	0	0	Fixed Assembly	1																			
1	9	2	1	0	0	Right Over Center	8	파손	고제	0.0024	N		20000	KRW	1	EA					1	0.33				
								Plug Shaft Rod와의 체결부 이	체결부 확인 및 조정	0.0096	Y										1	0.17				
								마모	고제	0.004	N				1	EA					1	0.33				
1	9	2	2	0	0	Left Over Center	8	파손	고제	0.0024	N		20000	KRW	1	EA					1	0.33				
								Plug Shaft Rod와의 체결부 (	체결부 확인 및 조정	0.0096	Y										1	0.17				
								마모	고제	0.004	N			KRW	1	EA					1	0.33				
1	9	2	3	0	0	Guide Track	8	파손	고제	0.008	N		220000	KRW	1	EA					2	0.33				
1	9	2	4	0	0	Plug Shaft Stopper	8	파손	고제	0.004	N		150000	KRW	1	EA					1	0.25				
1	9	2	5	0	0	Plug Shaft Assembly	1																			
1	9	2	5	1	0	Plug Shaft Rod	8	파손	고제	0.001525	N		120000	KRW	1	EA					2	2				
								마모	고제	0.028975	N				1	EA					2	2				
1	9	2	5	2	0	Manual Release Ha	8	파손	고제	0.00167	N		180000	KRW	1	EA					1	0.17				
								체결부풀림	체결부 확인 및 조정	0.010855	Y										1	0.17				
								걸림 또는 튐	튐 상태 조정	0.004175	Y										1	0.33				
1	9	2	5	3	0	Spur Gear	8	이새파손	고제	0.0048	N		200000	KRW	1	EA					2	2				
								이탈	체결부 확인 및 조정	0.0072	Y										2	0.5				
								마모	고제	0.004	N				1	EA					2	2				
1	9	2	5	4	0	MID Handle Catche	8	이탈	체결상태 점검	0.016	Y		100000								1	0.17				
1	9	2	5	5	0	Bearing	16	동작지연	상태확인 청소 그리스 도포	0.0846	Y		10000	KRW							1	0.5				
								마모	고제	0.0564	N				2	EA					2	2				
1	9	2	6	0	0	Electric Block Assembly	1																			
1	9	2	6	1	0	Door Close Switch-D	8	Snap Action 동작지연	고제	0.0050196	N		80000	KRW	1	EA					1	0.25				
								제어 상실	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
								접점 불가	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
								스프링상	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
1	9	2	6	2	0	Door Close Switch-D	8	Snap Action 동작지연	고제	0.0050196	N		80000	KRW	1	EA					1	0.25				
								제어 상실	고제	3.97297E-05	N				1	EA					1	0.25				
								접점 불가	고제	3.97297E-05	N				1	EA					1	0.25				
								스프링상	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
1	9	2	6	3	0	Door Lock Switch-D	8	Snap Action 동작지연	고제	0.0050196	N		80000	KRW	1	EA					1	0.25				
								제어 상실	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
								접점 불가	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
								스프링상	고제	0.0150588	N				1	EA					1	0.25				
1	9	2	6	4	0	Automatic Circuit Br	8	Toggle lever 동작출량	고제	0.17	N		80000	KRW	1	EA					1	0.25				
								개폐/접점 불가	고제	0.17	N				1	EA					1	0.25				
1	9	2	6	5	0	AMP Wire Connecto	8	스프링상	고제	0.0001646	N		100000	KRW	1	EA					1	0.67				
								체결부 파손	고제	0.0006584	N				1	EA					1	0.67				
1	9	2	7	0	0	Universal Joint Assembl	1																			
1	9	2	7	1	0	Universal Gear	8	이새파손	고제	0.01935	N		250000	KRW	1	EA					1	0.5				
								이탈	체결상태 점검 및 조정	0.04515	Y										1	0.25				
1	9	2	7	2	0	Spindle Gear	8	이새파손	고제	0.01935	N		200000	KRW	1	EA					1	0.5				
								이탈	체결상태 점검 및 조정	0.04515	Y										1	0.25				
1	9	2	7	3	0	Universal Joint	8	파손	고제	0.016	N		340000	KRW	1	EA					1	0.33				
1	9	2	7	4	0	Bearing	8	마모	고제	0.02564	N		10000	KRW	1	EA					1	0.5				
								동작지연	고제	0.09846					1	EA					1	0.5				

다) 차량 출입문 시스템 예방정비 정보

아래 그림에 계산에 적용된 예방정비 정보를 보인다.

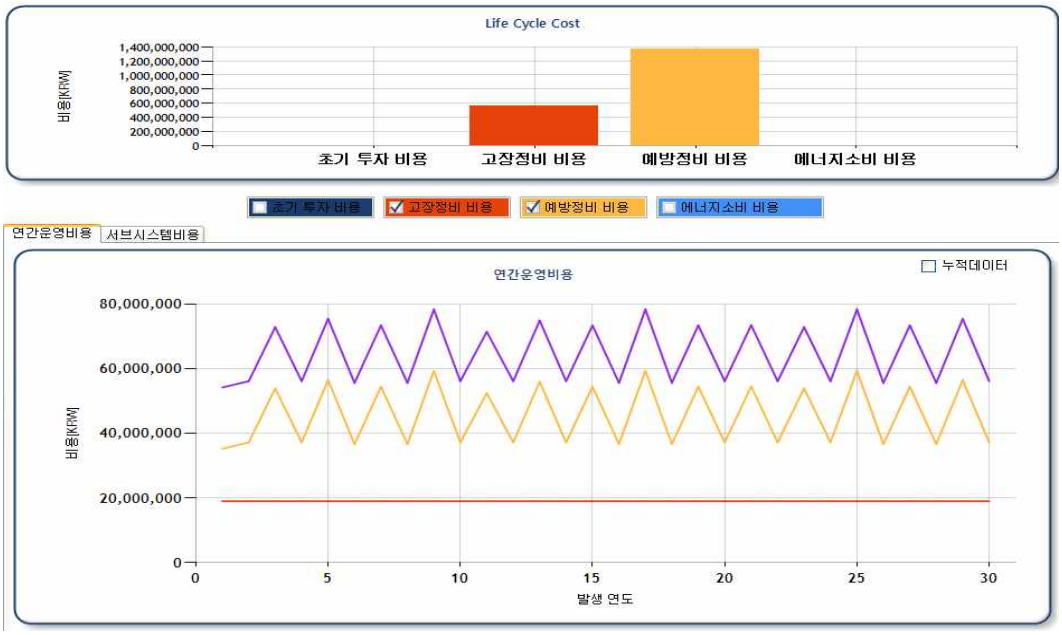
Item ID						Item명	수량	예방 정비 업무 코드 (IN/S	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용				
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비			Component shop	
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	정비 시간	인시
1	9	0	0	0	0	Body Side Door System	8																								
1	9	1	0	0	0	Door Control Unit	8	IN	동작시험	5000	km		1500000	KRW													2	0.03			
1	9	2	0	0	0	Fixed Assembly							0																		
1	9	2	1	0	0	Right Over Center	8	IN	Plug Shaft Rod와의 체결 상태 및 회전시	20000	km		20000	KRW													1	0.03			
							8	SV	회전부 윤활유 주입	120000	km															1	0.03			
1	9	2	2	0	0	Left Over Center	8	IN	Plug Shaft Rod와의 체결 상태 및 회전시	20000	km		20000	KRW													1	0.03			
							8	SV	회전부 윤활유 주입	120000	km															1	0.03			
1	9	2	3	0	0	Guide Track	8	IN	체결 상태 점검	120000	km		220000	KRW													1	0.03			
1	9	2	4	0	0	Plug Shaft Stopper	8	IN	체결 상태	120000	km		150000	KRW													1	0.03			
1	9	2	5	0	0	Plug Shaft Assembly							0																		
1	9	2	5	1	0	Plug Shaft Rod	8	IN	Rod 양 끝단 회전부 정위치 확인	360000	km		120000	KRW													1	0.19			
1	9	2	5	2	0	Manual Release Handle	8	IN	Plug Shaft Rod와의 체결 상태 점검	360000	km		180000	KRW													1	0.03			
1	9	2	5	3	0	Spur Gear	8	IN	Plug Shaft Rod와의 체결 상태 점검	120000	km		200000	KRW													1	0.03			
1	9	2	5	4	0	MID Handle Catcher	8	IN	Plug Shaft Rod와의 체결 상태 점검	120000	km		0	KRW													1	0.03			
1	9	2	5	5	0	Bearing	8	IN	회전부 상태 점검	360000	km		10000	KRW													1	0.03			
1	9	2	6	0	0	Electric Block Assembly							0																		
1	9	2	6	1	0	Door Close Switch-DCS1	8	IN	Snap action switch 힌점부 상태 점검	120000	km		80000	KRW													1	0.03			
1	9	2	6	2	0	Door Close Switch-DCS2	8	IN	Snap action switch 힌점부 상태 점검	120000	km		80000	KRW													1	0.03			
1	9	2	6	3	0	Door Lock Switch-DLS	8	IN	Snap action switch 힌점부 상태 점검	120000	km		80000	KRW													1	0.03			
1	9	2	6	4	0	Automatic Circuit Breake	8	IN	동작시험	5000	km		80000	KRW													2	0.02			
1	9	2	6	5	0	AMP Wire Connector	8		체결부 상태 점검	20000	km		100000	KRW													1	0.03			
1	9	2	7	0	0	Universal Joint Assembly							0																		
1	9	2	7	1	0	Universal Gear	8	IN	회전시 간섭 점검	20000	km		250000	KRW													1	0.03			
1	9	2	7	2	0	Spindle Gear	8	IN	회전시 간섭 점검	20000	km		200000	KRW													1	0.03			
1	9	2	7	3	0	Universal Joint	8	IN	Motor Shaft와 Universal Gear와의 체결	120000	km		340000	KRW													1	0.03			
							8	RP	Universal joint 고제	1440000	km															1	0.67			
1	9	2	7	4	0	Bearing	16	IN	회전부 상태 점검	120000	km		10000	KRW													1	0.03			
							16	RP	Bearing 고제	1440000	km															1	0.33			
1	9	2	8	0	0	Emergency Cable Guide Assembly							0							30000											
1	9	2	8	1	0	Internal Cable Pulley	8	IN	Cable과의 체결 상태 확인	20000	km		0														1	0.03			
1	9	2	8	2	0	External Cable Pulley	8	IN	Cable과의 체결 상태 확인	20000	km		0														1	0.03			
1	9	2	8	3	0	Force Reduction Pulley	8	IN	Cable과의 체결 상태 확인	20000	km		0														1	0.03			
1	9	2	9	0	0	Mechanical Isolation Device							0							30000											
1	9	2	9	1	0	Handle	8	IN	동작시험	5000	km		0														1	0.03			
							8	IN	Handle 고정 상태 점검	20000	km															1	0.02			
1	9	2	9	2	0	Mechanical Isolation Swit	8	IN	힌점부 상태 점검	120000	km		80000	KRW													1	0.03			
1	9	2	9	3	0	Mechanical Isolation Swit	8	IN	힌점부 상태 점검	120000	km		80000	KRW													1	0.03			
1	9	2	A	0	0	Electric Motor	8	IN	동작시험	20000	km		800000	KRW						30000							1	0.2			
							8	RP	Motor 고제	1440000	km															1	0.17			
1	9	2	B	0	0	Emergency Pulley Assembly							0																		
1	9	2	B	1	0	Internal Emergency Pulle	8	IN	Cable과의 체결 상태 확인	20000	km		0														1	0.03			
1	9	2	B	2	0	IEP Return Spring	8	IN	Spring 고정 상태 확인	120000	km		0							30000							1	0.03			
1	9	2	B	3	0	External Emergency Pulle	8	IN	Cable과의 체결 상태 확인	20000	km		0														1	0.03			
1	9	2	B	4	0	EEP Return Spring	8	IN	Spring 고정 상태 확인	120000	km		0														1	0.03			
1	9	3	0	0	0	Plug & Sliding Components							0																		
1	9	3	1	0	0	Right Hanger	8	IN	표면 상태 점검	360000	km		800000	KRW													2	0.25			
1	9	3	2	0	0	Right Fork	8	IN	Spindle Nut와의 결합 상태 확인	20000	km		0														1	0.03			
1	9	3	3	0	0	Left Hanger	8	IN	표면 상태 점검	360000	km		800000	KRW													2	0.25			
1	9	3	4	0	0	Left Fork	8	IN	Spindle Nut와의 결합 상태 확인	20000	km		120000	KRW													1	0.03			
1	9	3	5	0	0	Carriage Assembly							0																		

라) 차량 출입문 시스템 LCC 계산 결과

차량 출입문 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 19.2억원 정도로 계산되었으며, 여기서 예방정비비용이 13.8억원이고 고장정비비용이 5.4억원 정도 차지하고 있음을 알 수 있다. 출입문 시스템의 서브시스템의 경우 Door Control Unit, Fixed Assembly 순으로 유지보수 비용이 많음을 알 수 있다.

[190000] Body Side Door System	1,938,568,376	54,179,170	56,151,394	72,884,482	56,151,394	75,473,026	55,617,250	73,418,626	55,617,250	78,349,186	56,151,394
[191000] Door Control Unit	650,104,685	21,620,851	21,703,027	21,620,851	21,703,027	21,703,027	21,620,851	21,703,027	21,620,851	21,703,027	21,703,027
[192000] Fixed Assembly	549,175,761	15,954,255	17,351,247	19,035,855	17,351,247	19,159,119	17,227,983	19,159,119	17,227,983	22,035,279	17,351,247
[192100] Right Over Center	25,565,613	739,880	822,056	904,232	822,056	904,232	822,056	904,232	822,056	904,232	822,056
[192200] Left Over Center	25,565,613	739,880	822,056	904,232	822,056	904,232	822,056	904,232	822,056	904,232	822,056
[192300] Guide Track	3,706,277	85,194	85,194	167,370	85,194	167,370	85,194	167,370	85,194	167,370	85,194
[192400] Plug Shaft Stopper	3,646,666	83,207	83,207	165,383	83,207	165,383	83,207	165,383	83,207	165,383	83,207
[192500] Plug Shaft Assem...	15,945,424	186,375	186,375	925,959	186,375	925,959	186,375	925,959	186,375	925,959	186,375
[192600] Electric Block Ass...	56,667,378	1,749,213	1,790,301	1,995,741	1,790,301	2,036,829	1,749,213	2,036,829	1,749,213	2,036,829	1,790,301
[192700] Universal Joint As...	59,306,886	1,505,754	1,670,106	1,834,458	1,670,106	1,834,458	1,670,106	1,834,458	1,670,106	4,299,738	1,670,106
[192800] Emergency Cable...	65,885,245	1,974,300	2,220,828	2,220,828	2,220,828	2,220,828	2,220,828	2,220,828	2,220,828	2,220,828	2,220,828

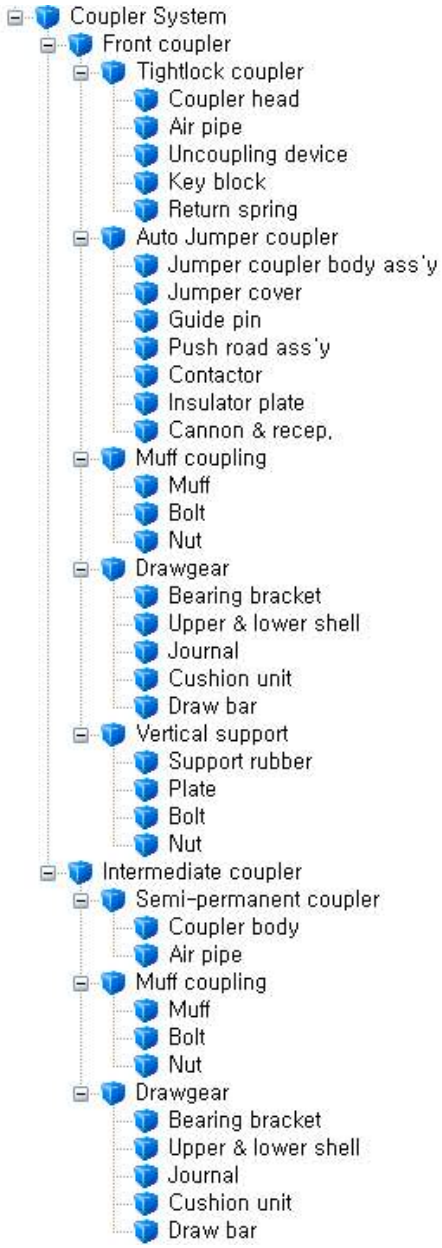
아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



10) 연결기 시스템

가) 연결기 시스템 구조

계산에 사용된 연결기 시스템의 PBS 구조를 아래 그림에 보인다.



나) 연결기 시스템 고장정비 정보

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료비용					인건비용			
															예비품		소모 재료			현장정비		Component shop	
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	소모 재료 비용	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	A	0	0	0	0	Coupler System	1																		
1	A	1	0	0	0	Front coupler	1																		
1	A	1	1	0	0	Tightlock coupler	2																		
1	A	1	1	1	0	Coupler head	2	연결시 잉게 부위의 균열	균열부 용접 보수	0.000184	Y		1000000	KRW							1	1	2	2
								고무판 마모 또는 변형	용접육성 및 수정작업	0.183815967	Y										1	1	2	2
1	A	1	1	2	0	Air pipe	2	공기 누설 발생	Valve seat 분해/조립	0.215	Y		200000	KRW							1	0.5			
1	A	1	1	3	0	Uncoupling devic	2	공기 누설 발생	실린더 작동상태 점검	0.450000045	Y		500000	KRW							1	1			
								실린더가 전방으로 움직이지	공기압급라인 확인	0.225000023											1	1			
								실린더가 정상복귀하지 않음	실린더 내부 피스톤 및 Sealing	0.225000023											1	1			
1	A	1	1	4	0	Key block	2	작동면의 파손	작동면 용접육성 및 수정	0.144	Y		250000	KRW							1	0.5	1	0.5
								키홈턱의 파손	신품으로 교체	0.016	N				1	EA					1	0.5			
1	A	1	1	5	0	Return spring	2	스프링의 풀림	장력 및 조립상태 확인	0.16	N		50000	KRW	1	EA					1	0.5			
1	A	1	2	0	0	Auto Jumper coupler	2																		
1	A	1	2	1	0	Jumper coupler b	2	전기연결기 통체의 균열	전기연결기 통체 교환	0.010499999	N		1000000	KRW	1	EA					1	1			
								패킹 손상에 의한 수분 유입	패킹 교환	0.094499995	Y										1	0.25			
1	A	1	2	2	0	Jumper cover	2	커버의 손상	커버 교환	0.16	N		100000	KRW	1	EA					1	0.5			
1	A	1	2	3	0	Guide pin	2	가이드핀의 뽑리	가이드핀 재조립	0.53	N		30000	KRW	1	EA					1	0.5			
1	A	1	2	4	0	Push road ass'y	2	푸시로드의 고장	푸시로드 변형 및 마모 확인	0.53	N		100000	KRW	1	EA					1	0.5			
1	A	1	2	5	0	Contactor	84	컨택터의 손상	컨택터 조립상태 점검	0.141499996	Y		500000	KRW							1	0.5			
								접촉 불량	컨택터 작동상태 점검	0.141499996	Y										1	0.5			
1	A	1	2	6	0	Insulator plate	2	절연판의 손상	절연판 손상상태 점검	0.060000002	Y		200000	KRW							1	0.5			
								절연판 불량	절연판 교체	0.060000002	N				1	EA					1	0.5			
1	A	1	2	7	0	Cannon & recep	2	접촉 불량	Cannon 상태 점검	0.12	Y		250000	KRW							1	0.5			
1	A	1	3	0	0	Muff coupling	4																		
1	A	1	3	1	0	Muff	4	머프의 손상	손상정도에 따라 교환	0.255	N		300000	KRW	1	EA					1	0.5	1	0.25	
1	A	1	3	2	0	Bolt	8	볼트의 풀림	규정 토오크로 재조임	0.000255	Y		10000	KRW			Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								연결이 느슨해짐	규정 토오크로 재조임	0.229499978	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								공기 누설 발생	밸브 조립면 상태점검	0.025244998	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
1	A	1	3	3	0	Nut	8	너트의 풀림	규정 토오크로 재조임	0.000255	Y		1000	KRW			Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								연결이 느슨해짐	규정 토오크로 재조임	0.229499978	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								공기 누설 발생	밸브 조립면 상태점검	0.025244998	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
1	A	1	4	0	0	Drawgear	2																		
1	A	1	4	1	0	Bearing bracket	2	bearing bracket 의 손상	손상정도에 따라 교환	0.17	N		500000	KRW	1	EA					1	1	1	1	
1	A	1	4	2	0	Upper & lower s	4	upper & lower shell 의 손상	손상정도에 따라 교환	0.17	N		500000	KRW	1	EA					1	1	1	1	
1	A	1	4	3	0	Journal	4	연결기의 회전 불량	회전 및 마모상태 확인	0.017	N		200000	KRW	1	EA					1	1			
1	A	1	4	4	0	Cushion unit	8	완충장치의 손상	손상정도에 따라 교환	0.017	N		200000	KRW	1	EA					1	1			
1	A	1	4	5	0	Draw bar	2	연결봉(drawbar)의 손상	손상정도에 따라 교환	0.017	N		500000	KRW	1	EA					1	0.8	1	1	
1	A	1	5	0	0	Vertical support	2								1	EA									
1	A	1	5	1	0	Support rubber	2	써포트고무의 손상	손상정도에 따라 교환	0.21	N		300000	KRW	1	EA					1	0.25			
1	A	1	5	2	0	Plate	2	써포트 고무와 플레이트의 분	손상정도에 따라 교환	0.21	N		50000	KRW	1	EA					1	0.5	1	0.25	
1	A	1	5	3	0	Bolt	4	볼트의 풀림	규정 토오크로 재조임	0.21	Y		10000	KRW							1	0.25			
1	A	1	5	4	0	Nut	4	너트의 풀림	규정 토오크로 재조임	0.21	Y		1000	KRW							1	0.25			
1	A	2	0	0	0	Intermediate coupler	1																		
1	A	2	1	0	0	Semi-permanent couple	2																		
1	A	2	1	1	0	Coupler body	2	연결시 잉게 부위의 균열	균열부 용접 보수	0.184	Y		500000	KRW	1	EA					1	1	2	2	
1	A	2	1	2	0	Air pipe	2	공기 누설 발생	Valve seat 분해/조립	0.215	Y		200000	KRW							1	0.5			
1	A	2	2	0	0	Muff coupling	3																		
1	A	2	2	1	0	Muff	3	머프의 손상	손상정도에 따라 교환	0.255	N		300000	KRW	1	EA									
1	A	2	2	2	0	Bolt	6	볼트의 풀림	규정 토오크로 재조임	0.000255	Y		10000	KRW			Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								연결이 느슨해짐	규정 토오크로 재조임	0.229499978	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								공기 누설 발생	밸브 조립면 상태점검	0.025244998	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
1	A	2	2	3	0	Nut	6	너트의 풀림	규정 토오크로 재조임	0.000255	Y		1000	KRW			Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								연결이 느슨해짐	규정 토오크로 재조임	0.229499978	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			
								공기 누설 발생	밸브 조립면 상태점검	0.025244998	Y						Loctite	1	EA	10000	1	0.25			

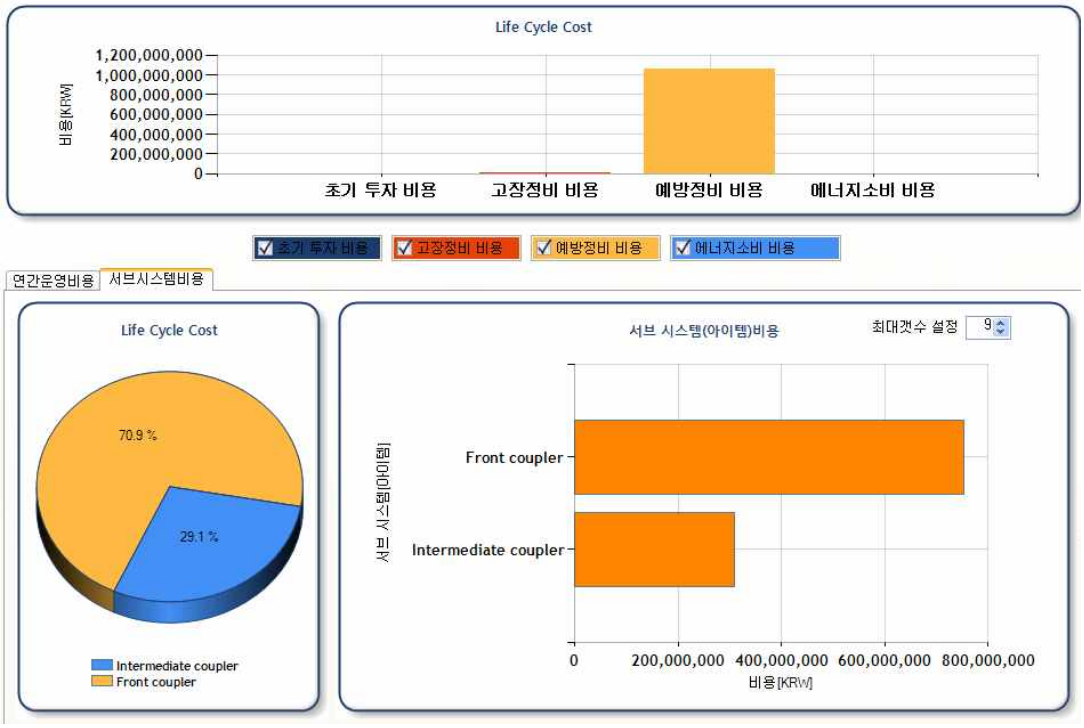
다) 연결기 시스템 예방정비 정보

Item ID						Item명	수량	예방 정비 업무 모드 (IN/S)	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용						Component shop 재료비용						인건비용					
															예비품		소모 재료				예비품		소모 재료				현장정비			Component shop		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	명칭	개수	단위	가격	개수	단위	명칭	개수	단위	가격	인력 수	정비 시간	인시	인력 수	정비 시간	인시
1	A	0	0	0	0	Coupler System							0																			
1	A	1	0	0	0	Front coupler							0																			
1	A	1	1	0	0	Tightlock coupler	2						0																			
1	A	1	1	1	0	Coupler head	2	IN	외관 및 동작검사	20000	km		1000000	KRW			Auto T	1	EA	10000							1	0.05				
1	A	1	1	2	0	Air pipe	2	SV	형상 및 누설 검사	20000	km		200000	KRW													1	0.05				
1	A	1	1	3	0	Uncoupling device	2	IN	작동 및 누설검사	20000	km		500000	KRW													1	0.05				
1	A	1	1	4	0	Key block	2	IN	외관상태검사	20000	km		250000	KRW			Auto T	1	EA	10000							1	0.05				
1	A	1	1	5	0	Return spring	2	IN	조립상태 점검	20000	km		50000	KRW													1	0.05				
1	A	1	2	0	0	Auto Jumper coupler	2						0																			
1	A	1	2	1	0	Jumper coupler body ass	2	IN	외관검사	360000	km		1000000	KRW													1	0.25				
								RP	Bolt & Nut 고착	360000	km						Bolt &	1	Set	50000							1	0.5				
								RP	패킹 고착	360000	km						Packin	1	Set	5000							1	0.5				
1	A	1	2	2	0	Jumper cover	2	IN	외관검사	360000	km		100000	KRW													1	0.05				
1	A	1	2	3	0	Guide pin	2	IN	외관검사	360000	km		30000	KRW													1	0.05				
1	A	1	2	4	0	Push road ass'y	2	IN	외관검사	360000	km		100000	KRW													1	0.05				
1	A	1	2	5	0	Contactor	84	IN	외관검사	360000	km		500000	KRW													1	0.01				
1	A	1	2	6	0	Insulator plate	2	IN	외관검사	360000	km		200000	KRW													1	0.25				
1	A	1	2	7	0	Cannon & recep	2	IN	외관검사	20000	km		250000	KRW													1	0.05				
1	A	1	3	0	0	Muff coupling	4						0																			
1	A	1	3	1	0	Muff	4	IN	외관검사	20000	km		300000	KRW													1	0.05				
1	A	1	3	2	0	Bolt	8	IN	볼트 이완여부 확인	20000	km		10000	KRW			Loctite	1	EA	10000							1	0.01				
1	A	1	3	3	0	Nut	8	IN	너트 이완여부 확인	20000	km		1000	KRW			Loctite	1	EA	10000							1	0.01				
1	A	1	4	0	0	Drawgear	2						0																			
1	A	1	4	1	0	Bearing bracket	2	IN	외관검사	720000	km		500000	KRW													1	0.5				
1	A	1	4	2	0	Upper & lower shell	4	IN	외관검사	720000	km		500000	KRW													1	0.25				
1	A	1	4	3	0	Journal	4	IN	외관검사	720000	km		200000	KRW													1	0.25				
1	A	1	4	4	0	Cushion unit	8	IN	외관검사	720000	km		200000	KRW													1	0.13				
1	A	1	4	5	0	Draw bar	2	IN	외관검사	720000	km		500000	KRW													1	0.5				
1	A	1	5	0	0	Vertical support	2						0																			
1	A	1	5	1	0	Support rubber	2	IN	외관검사	20000	km		300000	KRW													1	0.02				
1	A	1	5	2	0	Plate	2	IN	외관검사	20000	km		50000	KRW													1	0.02				
1	A	1	5	3	0	Bolt	4	IN	볼트 이완여부 확인	20000	km		10000	KRW													1	0.01				
1	A	1	5	4	0	Nut	4	IN	너트 이완여부 확인	20000	km		1000	KRW			Loctite	1	EA	10000							1	0.01				
1	A	2	0	0	0	Intermediate coupler							0				Loctite	1	EA	10000												
1	A	2	1	0	0	Semi-permanent coupler	2						0																			
1	A	2	1	1	0	Coupler body	2	IN	외관검사	360000	km		500000	KRW													1	0.25				
1	A	2	1	2	0	Air pipe	2	SV	형상 및 누설 검사	360000	km		200000	KRW													1	0.1				
1	A	2	2	0	0	Muff coupling	3						0																			
1	A	2	2	1	0	Muff	3	IN	외관검사	20000	km		300000	KRW													1	0.1				
1	A	2	2	2	0	Bolt	6	IN	볼트 이완여부 확인	20000	km		10000	KRW			Loctite	1	EA	10000							1	0.02				
1	A	2	2	3	0	Nut	6	IN	너트 이완여부 확인	20000	km		1000	KRW			Loctite	1	EA	10000							1	0.02				
1	A	2	3	0	0	Drawgear	2						0																			
1	A	2	3	1	0	Bearing bracket	2	IN	외관검사	720000	km		500000	KRW													1	0.5				
1	A	2	3	2	0	Upper & lower shell	4	IN	외관검사	720000	km		500000	KRW													1	0.25				
1	A	2	3	3	0	Journal	4	IN	외관검사	720000	km		200000	KRW													1	0.25				
1	A	2	3	4	0	Cushion unit	8	IN	외관검사	720000	km		200000	KRW													1	0.13				
1	A	2	3	5	0	Draw bar	2	IN	외관검사	720000	km		500000	KRW													1	0.5				

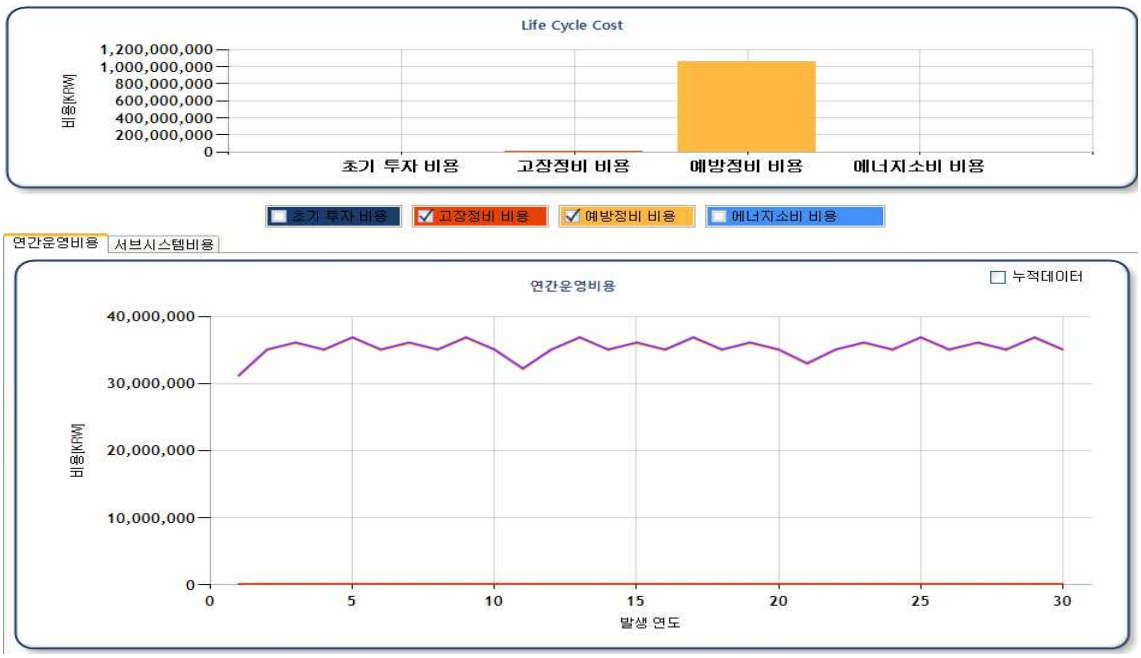
라) 연결기 시스템 LCC 계산 결과

연결기 시스템의 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 10.6억원 정도로 계산되었으며, 여기서 예방정비비용이 거의 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있다. 연결기 시스템의 서브시스템의 경우 전면 연결기가 70.9%, 중간 연결기 29.1%의 유지보수비용을 차지하고 있음을 알 수 있다.

[1A0000] Coupler System	1,062,366,657	31,247,630	35,133,266	36,178,466	35,133,266	36,948,866	35,133,266	36,178,466	35,133,266	36,948,866	35,133,266
[1A1000] Front coupler	753,277,543	22,083,707	24,831,563	25,822,835	24,831,563	26,208,035	24,831,563	25,822,835	24,831,563	26,208,035	24,831,563
[1A1100] Tightlock coupler	74,457,408	2,231,246	2,509,766	2,509,766	2,509,766	2,509,766	2,509,766	2,509,766	2,509,766	2,509,766	2,509,766
[1A1200] Auto Jumper coup...	16,545,059	81,975	89,679	1,080,951	89,679	1,080,951	89,679	1,080,951	89,679	1,080,951	89,679
[1A1300] Muff coupling	527,508,742	15,809,401	17,780,761	17,780,761	17,780,761	17,780,761	17,780,761	17,780,761	17,780,761	17,780,761	17,780,761
[1A1400] Drawgear	3,617,039	30,688	30,688	30,688	30,688	415,888	30,688	30,688	30,688	415,888	30,688
[1A1500] Vertical support	131,149,294	3,930,398	4,420,670	4,420,670	4,420,670	4,420,670	4,420,670	4,420,670	4,420,670	4,420,670	4,420,670
[1A2000] Intermediate coupler	309,089,115	9,163,922	10,301,702	10,355,630	10,301,702	10,740,830	10,301,702	10,355,630	10,301,702	10,740,830	10,301,702
[1A2100] Semi-permanent...	1,056,927	10,064	10,064	63,992	10,064	63,992	10,064	63,992	10,064	63,992	10,064
[1A2200] Muff coupling	304,425,681	9,123,521	10,261,301	10,261,301	10,261,301	10,261,301	10,261,301	10,261,301	10,261,301	10,261,301	10,261,301
[1A2300] Drawgear	3,606,507	30,337	30,337	30,337	30,337	415,537	30,337	30,337	30,337	415,537	30,337



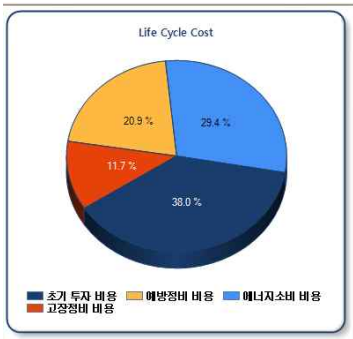
아래 그림은 유지보수비용중 초기투자비용과 에너지소비비용을 제외하고 연도별 고장정비비용과 예방정비비용만의 추이를 보인 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 년도별 예방정비 활동내용에 따라 LCC 비용에도 변화가 발생하고 있음을 알 수 있다.



(나) 차량 시스템 종합 LCC 분석

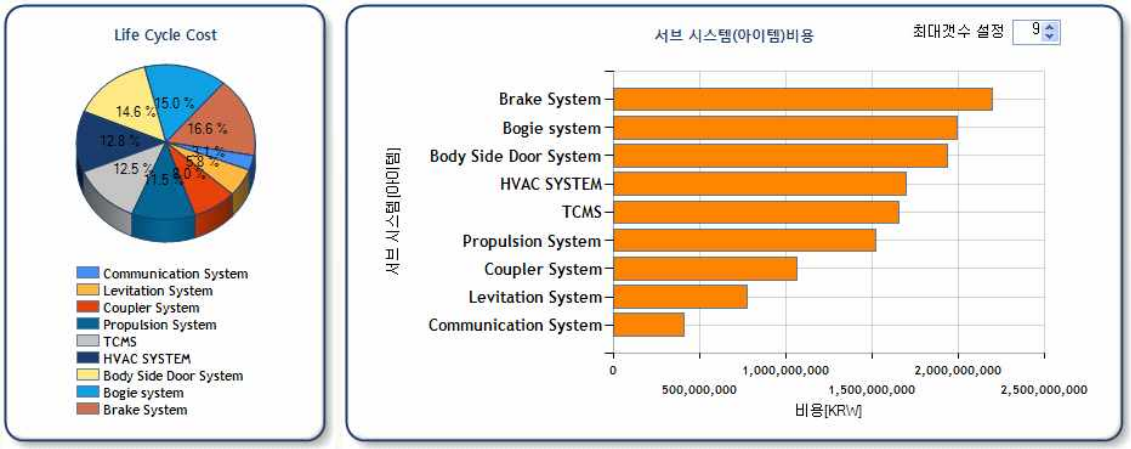
아래 그림은 상기 차량시스템의 서브시스템의 결과를 바탕으로 계산된 LCC 비용을 취합한 것이다. 그림에서 알 수 있듯이 차량시스템의 수명을 30년으로 가정할 경우 30년간의 총 LCC 비용은 약 406억원이 발생됨을 알 수 있다. 이중 초기투자비용이 154억원으로 총비용의 38%를 차지하고 있고, 유지보수 및 운영비용이 252억원으로 나머지를 차지하고 있다. 유지보수 및 운영비용의 관점에서 볼 때 에너지비용이 119억원으로 가장 크며, 예방정비 비용이 85억원으로 고장정비비용의 약 2배 정도 들어감을 알 수 있다.

비용항목	합계 (KRW)
차량 시스템	40,641,792,193
초기 투자 비용	15,454,640,000
유지보수장비 구입 비용	5,004,640,000
소모품 구입 비용	900,000,000
엔지니어링 비용	100,000,000
시스템 구입 비용	9,000,000,000
훈련 및 교육 비용	450,000,000
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	25,187,152,193
고장정비 비용	4,744,665,045
예방정비 비용	8,491,567,148
에너지소비 비용	11,950,920,000



아래 그림은 차량시스템의 30년간의 연간 운영비용의 추이를 보인 그림이다.

아래 그림은 차량시스템의 서브시스템별 유지보수비용의 비율을 보인 것으로 차량 주요장치중에서 제동장치에 대한 유지보수비용이 가장 크고, 이어서 대차, 출입문, 공조설비, TCMS, 추진장치, 연결기, 부상장치, 통신장치의 순서로 유지보수비용이 많이 드는 것으로 예측되었다.

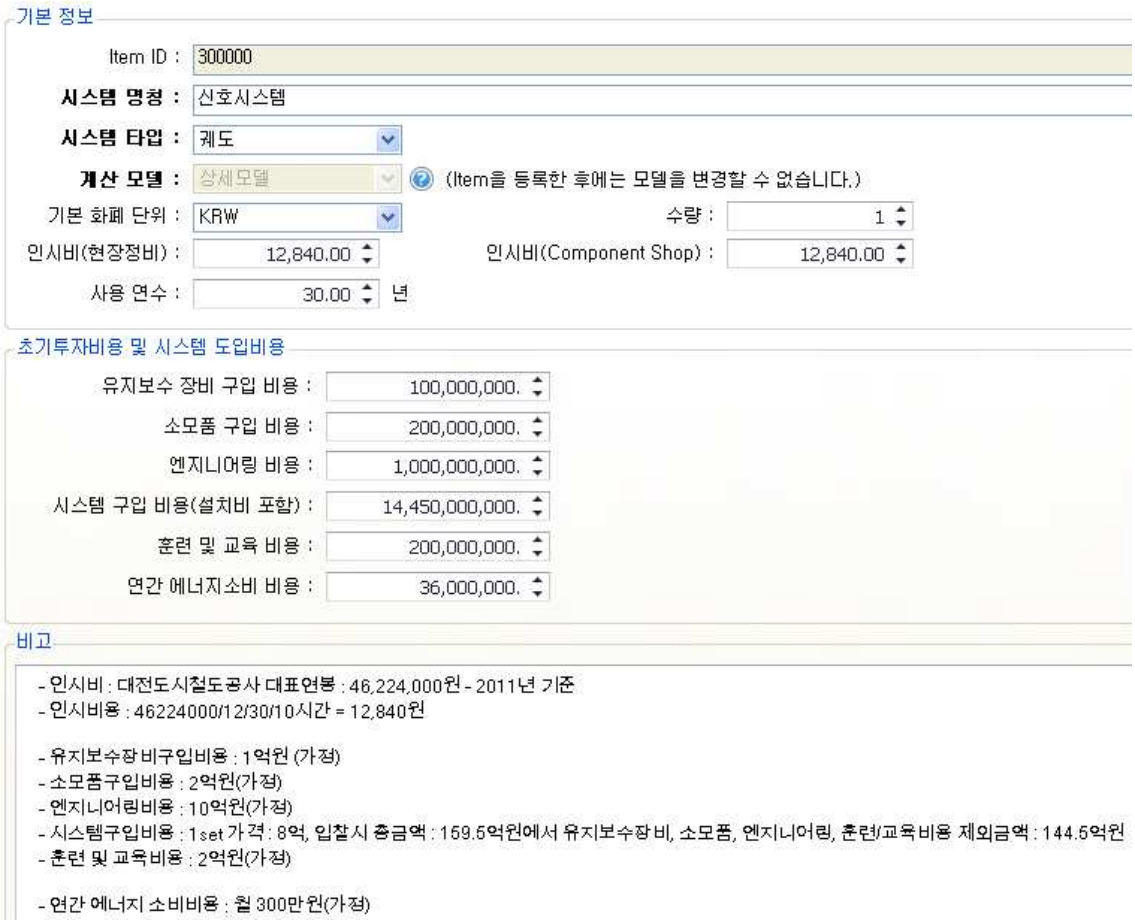


(다) 신호시스템 LCC 분석

1] 입력 항목

가) 인시비, 사용연수, 초기투자비용 입력

신호시스템의 유지보수비용을 계산하기 위한 작업자의 인건비는 대전도시철도공사 대표연봉 46,224,000원(2011년)을 기준으로 시간당 12,840원으로 하였다. 초기투자비용은 인천공항철도 건설시에 들어간 견적을 기초로 하여 아래 그림의 비고에 보인 바와 같은 근거를 기준으로 하여 계산 하였다. 유지보수장비 구입비용은 설치된 신호시스템의 고장 방지 및 수리를 위한 장비구입비용을 1억원이라 가정하였으며, 또한 관련 소모품 구입비용도 타 시스템대비 신호시스템의 중요성을 감안하여 2억원이라 가정하였다. 엔지니어링 비용은 신호시스템의 경우 차량과 인터페이스 활동 등 정확도를 요구하는 활동이 맡은 것을 감안하여 10억원이라 가정하였으며, 시스템 구입비용은 입찰시 총금액인 159.5억원에서 유지보수장비비용, 소모품비용, 엔지니어링비용, 훈련교육비용을 제외한 금액인 144.5억원으로 하였으며, 훈련 및 교육비용도 시스템의 중요성을 감안하여 2억원으로 가정하였다. 연간 에너지 소비비용은 PSD 시스템의 전력비와 동일하게 월 300만원으로 하였다.



나) 신호시스템 정보 입력 및 계산 결과

1) 신호시스템 구조

신호시스템의 구조는 아래에 보인 것과 같이 4개의 서브시스템으로 분류하여 계산을 수행하였다. 신호시스템의 유지보수비용을 계산하기 위해서는 서브시스템의 유지보수 활동 단위인 LRU에서 발생되는 활동을 취합하게 된다. 따라서 각 서브시스템의 유지보수성 분석 자료를 근거로 하여 주어진 계산 모델을 기반으로 LCC 계산을 수행하였다.

2) 신호시스템 고장정비 정보

신호시스템의 고장정비는 LRU 단위에서의 각 고장모드에 따라 유지보수 업무가 결정되게 되며, 실제 고장정비는 고장률에 따라 현장에서 재료 및 인력을 투입하여 고장 정비 활동이 이루어지게 된다. 신호시스템의 정보는 아래의 RAMS 프로그램의 유지보수성 분석 정보로부터 입수된 자료를 근거로 계산을 수행하였다.

System / Subsystem: SIG Subsystem 시스템/서브시스템 : 신호서브시스템										System / Subsystem ID: 2.0.0.0 시스템/서브시스템 ID: 2.0.0.0									
Item ID 품목 코드	Item Description 품목 명	Item Qty 품목 수량	Failure Mode 고장 모드	Failure Consequence Class 고장의 심각도 등급	Overall Failure rate 전체 고장률	Maintenance Task ID 고장 정비 코드	Maintenance Task Description 고장 정비 절차	Special Tools or Equipment 특수공구, 장비	MTTR [hours] MTTR(시간)	Crew Size 인원 수	Skill Level 기술 수준	Total Repair Time [hours] 수리시간소계 (시간)	Total Man-hours for CM 정비 작업 인시	Spare Parts ID 예비품 코드	Spare Parts Description 예비품 명칭	Spare Parts Qty 예비품 수량	Consumables 소모품	Remarks 기타
2.1.1.1	차상 ATP/ATO 장치	2	기능 불량	SG	6.78E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.1.1.2	차상 ATP/TD 송수신장치	1	기능 불량	SG	5.00E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-
2.1.1.3	ATP/TD 안테나	2	기능 불량	MI	1.82E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.1.1.4	ATO Local 송수신장치	1	기능 불량	MI	1.00E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-
2.1.1.5	ATO Local 안테나	1	기능 불량	MI	1.48E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-
2.1.1.6	VEL	1	기능 불량	MJ	5.00E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	VEL	2	-	-
2.1.1.7	VEL 안테나	2	기능 불량	MI	2.00E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.1.1.8	차상화면 표시장치(ADU)	2	기능 불량	MI	1.00E+01	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.1.1.9	ATO Data 전송장치(AP)	2	기능 불량	MI	1.67E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.1.1.10	ATO Data 안테나	2	기능 불량	MI	-	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.1.1.11	스위칭 허브	2	기능 불량	MI	6.50E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.2.1.1	ATP/TD 랙	11	기능 불량	SG	2.34E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	11	11	-	-	-	-	-
2.2.1.2	VEL 랙	3	기능 불량	SG	6.45E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	3	3	-	-	-	-	-
2.2.1.3	MSO 랙	3	기능 불량	SG	1.50E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	3	3	-	-	-	-	-
2.2.1.4	MT 랙	3	기능 불량	SG	2.52E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	3	3	-	-	-	-	-
2.2.1.5	MT Box	173	기능 불량	SG	1.79E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	173	173	-	MT Box(VEL, ATP/TD	8	-	-
2.2.2.1	ATO Local 제어랙	7	기능 불량	MI	1.40E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	7	7	-	-	-	-	-
2.2.2.2	ATO Local 콘솔랙	7	기능 불량	MI	8.81E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	7	7	-	-	-	-	-
2.2.2.4.1	Access Point	29	기능 불량	MI	2.42E-04	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	29	29	-	-	-	-	-
2.2.2.4.2	지향성 안테나	55	기능 불량	MI	4.58E-04	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	55	55	-	무선랜태너	3	-	-
2.2.2.5.1	유전체기상기	16	기능 불량	MJ	2.40E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	16	16	-	유전체(상기	3	-	-
2.2.2.5.2	유전체기상기 PT	50	기능 불량	MI	1.50E-07	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	50	50	-	유전체(상기	3	-	-
2.2.3.1	이중화리랙	2	기능 불량	SG	4.00E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.2.3.2	현장제어단말랙	4	기능 불량	SG	1.64E-07	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	4	4	-	-	-	-	-
2.2.3.3	표시제어부	2	기능 불량	MI	1.14E-06	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-
2.3.1.1	무 정류자	4	기능 불량	MJ	5.00E-06	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	4	4	-	-	-	-	-
2.3.1.2	콘솔	14	기능 불량	MI	1.01E-05	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	14	14	-	-	-	-	-
2.3.1.3	LDP	8	기능 불량	Ne	1.60E-06	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	8	8	-	-	-	-	-
2.5.1.1	FT/OT 랙	12	기능 불량	MJ	2.40E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	12	12	-	-	-	-	-
2.5.1.2	IFS 랙	1	기능 불량	MJ	1.20E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-

제공받은 자료에는 단가 정보가 없어 단가를 추정하기 위하여 인터넷을 통한 가격 정보를 조사하였다. 유사정보로 아시아경제(asiae.co.kr)사의 “도시철도공사들 ’신기술개발‘이 100년 먹거리” 기사를 참조하여 신호시스템의 납품가격을 대당 8억원으로 추정하였으며, 단가는 설치비 등을 제외하고 납품 추정가격의 85%인 6.8억원으로 산정하였다. 예비품 가격은 타 시스템과 동일하게 신호시스템 1set의 10%라 가정하였고, 시스템 구입비용을 구성 수량에 맞추어 제공된 수량의 단위개수로 분할하여 입력하였다. 또한 계산된

LCC 비용을 검토한 결과 업체로부터 제공된 고장정비 데이터 [211800] 차상화면 표시장치(ADU)의 고장율이 1E+01로 되어 있어 입력오류로 판단되어 1E-06으로 수정하여 계산하였다. 계산에 사용된 고장정비 정보를 아래에 보인다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 영무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 자		연간비용		
															예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	인력 수	정비 시간	건사
3	1	0	0	0	0	차상장치 조립체	1						17,000,000						
3	1	1	0	0	0	차상장치 조립체	1						17,000,000						
3	1	1	1	0	0	차상 ATP/ATO 장치	2	기능불능	수리	4.39	N		772,727	KRW			1	1	1
3	1	1	2	0	0	차상 ATP/TD 송수신장치	1	기능불능	수리	5	N		1,545,454	KRW			1	1	1
3	1	1	3	0	0	ATP/TD 안테나	2	기능불능	수리	0.91	N		772,727	KRW			1	1	1
3	1	1	4	0	0	ATO Local 송수신장치	1	기능불능	수리	10	N		1,545,454	KRW			1	1	1
3	1	1	5	0	0	ATO Local 안테나	1	기능불능	수리	14.8	N		1,545,454	KRW			1	1	1
3	1	1	6	0	0	VEL	1	기능불능	수리	5	N		1,545,454	KRW			1	1	1
3	1	1	7	0	0	VEL 안테나	2	기능불능	수리	10	N		772,727	KRW			1	1	1
3	1	1	8	0	0	차상화면 표시장치 (ADU)	2	기능불능	수리	5	N		772,727	KRW			1	1	1
3	1	1	9	0	0	ATO Data 전송장치(AP)	2	기능불능	수리	8.35	N		772,727	KRW			1	1	1
3	1	1	A	0	0	ATO Data 안테나	2	기능불능	수리	0	N		772,727	KRW			1	1	1
3	1	1	B	0	0	스위칭 허브	2	기능불능	수리	4.25	N		772,727	KRW			1	1	1
3	2	0	0	0	0	ATP/TD 랙 조립체	1						17,000,000						
3	2	1	0	0	0	ATP/TD 랙 조립체	1						5,666,666						
3	2	1	1	0	0	ATP/TD 랙	11	기능불능	수리	2.127272727	N		103,030	KRW			1	1	1
3	2	1	2	0	0	VEL 랙	3	기능불능	수리	2.15	N		377,777	KRW			1	1	1
3	2	1	3	0	0	MSO 랙	3	기능불능	수리	5	N		377,777	KRW			1	1	1
3	2	1	4	0	0	MT 랙	3	기능불능	수리	8.4	N		377,777	KRW			1	1	1
3	2	1	5	0	0	MT Box	173	기능불능	수리	0.1	N		6,551	KRW			1	1	1
3	2	2	0	0	0	ATO Local 제어랙 조립체	1						5,666,666						
3	2	2	1	0	0	ATO Local 제어랙	7	기능불능	수리	2	N		161,904	KRW			1	1	1
3	2	2	2	0	0	ATO Local 전송랙	7	기능불능	수리	1.23	N		161,904	KRW			1	1	1
3	2	2	3	0	0	ATO Data 랙	7			0			161,904						
3	2	2	4	0	0	Accesss Point 조립체	1						1,133,333						
3	2	2	4	1	0	Accesss Point	29	기능불능	수리	8.344827586	N		19,540	KRW			1	1	1
3	2	2	4	2	0	지향성 안테나	55	기능불능	수리	8.327272727	N		10,303	KRW			1	1	1
3	2	2	5	0	0	무전원지상자 조립체	1						1,133,333						
3	2	2	5	1	0	무전원지상자	16	기능불능	수리	1.5	N		35,416	KRW			1	1	1
3	2	2	5	2	0	무전원지상자	50	기능불능	수리	0.008	N		11,333	KRW			1	1	1
3	2	3	0	0	0	전자연동장치	2						2,833,333						
3	2	3	1	0	0	연동논리랙	2	기능불능	수리	20	N		944,444	KRW			1	1	1
3	2	3	2	0	0	현장제어단말랙	4	기능불능	수리	0.041	N		472,222	KRW			1	1	1
3	2	3	3	0	0	표시에저부	2	기능불능	교체	0.72	N		944,444	KRW	1	EA	1	1	1
3	3	0	0	0	0	주 컴퓨터 조립체	1						17,000,000						
3	3	1	0	0	0	주 컴퓨터 조립체	1						17,000,000						
3	3	1	1	0	0	주 컴퓨터	4	기능불능	교체	1.25	N		1,416,666	KRW	1	EA	1	1	1
3	3	1	2	0	0	콘솔	14	기능불능	교체	0.721428571	N		404,761	KRW	1	EA	1	1	1
3	3	1	3	0	0	LDP	8	기능불능	교체	0.2	N		708,333	KRW	1	EA	1	1	1
3	5	0	0	0	0	FT/OT 랙 조립체	1						17,000,000						
3	5	1	0	0	0	FT/OT 랙 조립체	1						17,000,000						
3	5	1	1	0	0	FT/OT 랙	12	기능불능	수리	2	N		708,333	KRW			1	1	1
3	5	1	2	0	0	IFS 랙	1	기능불능	수리	1.2	N		8,500,000	KRW			1	1	1

3) 신호시스템 예방정비 정보

신호시스템 예방정비 정보도 고장정비정보와 동일한 PBS 구조를 가지고 있다. 예방정비의 경우 주요 활동을 살펴 볼 경우 주요 작업은 고장방지를 위한 육안검사가 주활동임을 알 수 있으며, 따라서 본 활동의 주요 비용은 육안검사를 위한 인건비가 대부분이라는 것을 본 데이터를 통하여 예측할 수 있다. 아래에 RAMS 프로그램의 유지보수성 분석 정보로부터 입수된 자료와 계산에 사용된 예방정비 정보를 보인다.

System / Subsystem: SIG Subsystem 시스템/서브시스템 : 신호서브시스템																			System / Subsystem ID: 2.0.0.0 시스템/서브시스템 ID: 2.0.0.0	
Item ID 품목 코드	Item Description 품목 명	Item Qty 품목 수량	Failure Mode 고장 모드	Failure Consequence Class 고장의 심각도 등급	Overall Failure rate 전체 고장률	Maintenance Task ID 고장 정비 코드	Maintenance Task Description 고장 정비 설명	Special Tools or Equipment 특수공구, 장비	MTTR (hours) MTTR(시간)	Crew Size 인원 수	Skill Level 기술 수준	Total Repair Time (hours) 수리시간소계 (시간)	Total Man-hours for CM 전체 작업 인.시	Spare Parts ID 예비품 코드	Spare Parts Description 예비품 명칭	Spare Parts Qty 예비품 수량	Consumables 소모품	Remarks 기타		
2.1.1.1	차상 ATP/ATO 장치	2	기능 불능	SG	8.78E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.1.1.2	차상 ATP/TD 송수신 장치	1	기능 불능	SG	5.00E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-		
2.1.1.3	ATP/TD 안테나	2	기능 불능	MI	1.82E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.1.1.4	ATO Local 송수신장치	1	기능 불능	MI	1.00E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-		
2.1.1.5	ATO Local 안테나	1	기능 불능	MI	1.48E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-		
2.1.1.6	VEL	1	기능 불능	MJ	5.00E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	VEL	2	-	-		
2.1.1.7	VEL 안테나	2	기능 불능	MI	2.09E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.1.1.8	차상화면 표시장치(ADU)	2	기능 불능	MI	1.00E+01	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.1.1.9	ATO Data 전송장치(AP)	2	기능 불능	MI	1.67E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.1.1.10	ATO Data 안테나	2	기능 불능	MI	-	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.1.1.11	스위칭 허브	2	기능 불능	MI	8.50E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.2.1.1	ATP/TD 랙	11	기능 불능	SG	2.34E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	11	11	-	-	-	-	-		
2.2.1.2	VEL 랙	3	기능 불능	SG	6.45E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	3	3	-	-	-	-	-		
2.2.1.3	MSO 랙	3	기능 불능	SG	1.50E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	3	3	-	-	-	-	-		
2.2.1.4	MT 랙	3	기능 불능	SG	2.52E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	3	3	-	-	-	-	-		
2.2.1.5	MT Box	173	기능 불능	SG	1.73E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	173	173	-	MT Box(VEL, ATP/TD)	8	-	-		
2.2.2.1	ATO Local 제어랙	7	기능 불능	MI	1.40E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	7	7	-	-	-	-	-		
2.2.2.2	ATO Local 전송랙	7	기능 불능	MI	8.61E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	7	7	-	-	-	-	-		
2.2.2.4.1	Access Point	29	기능 불능	MI	2.42E-04	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	29	29	-	-	-	-	-		
2.2.2.4.2	지향성 안테나	55	기능 불능	MI	4.58E-04	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	55	55	-	무선이테나	3	-	-		
2.2.2.5.1	유전원지상자	16	기능 불능	MJ	2.40E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	16	16	-	유전원지상자	3	-	-		
2.2.2.5.2	무전원지상자 P1	50	기능 불능	MI	1.50E-07	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	50	50	-	무전원지상자	3	-	-		
2.2.3.1	연동논리랙	2	기능 불능	SG	4.00E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.2.3.2	현장제어단말랙	4	기능 불능	SG	1.84E-07	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	4	4	-	-	-	-	-		
2.2.3.3	표시제어부	2	기능 불능	MI	1.44E-06	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	2	2	-	-	-	-	-		
2.3.1.1	주 컴퓨터	4	기능 불능	MJ	5.00E-06	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	4	4	-	-	-	-	-		
2.3.1.2	콘솔	14	기능 불능	MI	1.01E-05	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	14	14	-	-	-	-	-		
2.3.1.3	LDP	8	기능 불능	Ne	1.60E-06	CMT01	교체	-	1.00	1	Advanced	8	8	-	-	-	-	-		
2.5.1.1	FT/OT 랙	12	기능 불능	MJ	2.40E-05	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	12	12	-	-	-	-	-		
2.5.1.2	IFS 랙	1	기능 불능	MJ	1.20E-06	CMT02	수리	Torque Driver Kit etc.	1.00	1	Advanced	1	1	-	-	-	-	-		

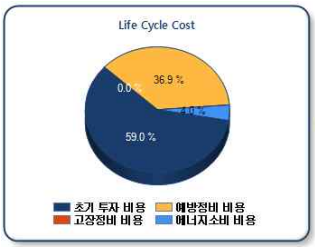
Item ID						Item명	수량	예방정비 업무코드 (IN/SV/RP/NDT/O	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비 재료		인건비용		
															예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6										개수	단위	인력 수	정비 시간	인시
3	1	0	0	0	0	차상장치 조립체	1						17,000,000						
3	1	1	0	0	0	차상장치 조립체	1						17,000,000						
3	1	1	1	0	0	차상 ATP/ATO 장치	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	2	0	0	차상 ATP/TD 송수신장치	1	IN	육안검사	3	d		1,545,454	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	3	0	0	ATP/TD 안테나	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	4	0	0	ATO Local 송수신장치	1	IN	육안검사	3	d		1,545,454	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	5	0	0	ATO Local 안테나	1	IN	육안검사	3	d		1,545,454	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	6	0	0	VEL	1	IN	육안검사	3	d		1,545,454	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	7	0	0	VEL 안테나	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	8	0	0	차상화면 표시장치 (ADU)	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	9	0	0	ATO Data 전송장치(AP)	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	A	0	0	ATO Data 안테나	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	1	1	B	0	0	스위칭 허브	2	IN	육안검사	3	d		772,727	KRW			1	0.5	0.5
3	2	0	0	0	0	ATP/TD 랙 조립체	1						17,000,000						
3	2	1	0	0	0	ATP/TD 랙 조립체	1						5,666,666						
3	2	1	1	0	0	ATP/TD 랙	11	IN	육안검사	3	d		103,030	KRW			1	0.5	0.5
3	2	1	2	0	0	VEL 랙	3	IN	육안검사	3	d		377,777	KRW			1	0.5	0.5
3	2	1	3	0	0	MSO 랙	3	IN	육안검사	3	d		377,777	KRW			1	0.5	0.5
3	2	1	4	0	0	MT 랙	3	IN	육안검사	3	d		377,777	KRW			1	0.5	0.5
3	2	1	5	0	0	MT Box	173	IN	육안검사	3	d		6,551	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	0	0	0	ATO Local 제어랙 조립체	1						5,666,666						
3	2	2	1	0	0	ATO Local 제어랙	7	IN	육안검사	3	d		161,904	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	2	0	0	ATO Local 전송랙	7	IN	육안검사	3	d		161,904	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	3	0	0	ATO Data 랙	7	IN	육안검사	3	d		161,904	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	4	0	0	Accesss Point 조립체	1						1,133,333						
3	2	2	4	1	0	Accesss Point	29	IN	육안검사	3	d		19,540	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	4	2	0	지향성 안테나	55	IN	육안검사	3	d		10,303	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	5	0	0	유전원지상자 조립체	1						1,133,333						
3	2	2	5	1	0	유전원지상자	16	IN	육안검사	3	d		35,416	KRW			1	0.5	0.5
3	2	2	5	2	0	무전원지상자	50	IN	육안검사	3	d		11,333	KRW			1	0.5	0.5
3	2	3	0	0	0	전자연동장치	2	IN	육안검사	3	d		2,833,333	KRW			1	0.5	0.5
3	2	3	1	0	0	연동논리랙	2	IN	육안검사	3	d		944,444	KRW			1	0.5	0.5
3	2	3	2	0	0	현장제어단말랙	4	IN	육안검사	3	d		472,222	KRW			1	0.5	0.5
3	2	3	3	0	0	표시에저부	2	IN	육안검사	3	d		944,444	KRW			1	0.5	0.5
3	3	0	0	0	0	주 컴퓨터 조립체	1						17,000,000						
3	3	1	0	0	0	주 컴퓨터 조립체	1						17,000,000						
3	3	1	1	0	0	주 컴퓨터	4	IN	육안검사	3	d		1,416,666	KRW			1	0.25	0.25
3	3	1	2	0	0	콘솔	14	IN	육안검사	3	d		404,761	KRW			1	0.25	0.25
3	3	1	3	0	0	LDP	8	IN	육안검사	3	d		708,333	KRW			1	0.25	0.25
3	5	0	0	0	0	FT/OT 랙 조립체	1						17,000,000						
3	5	1	0	0	0	FT/OT 랙 조립체	1						17,000,000						
3	5	1	1	0	0	FT/OT 랙	12	IN	육안검사	3	d		708,333	KRW			1	0.5	0.5
3	5	1	2	0	0	IFS 랙	1	IN	육안검사	3	d		8,500,000	KRW			1	0.5	0.5

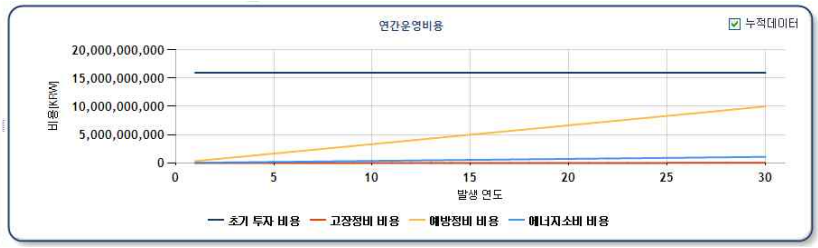
4) 신호시스템 LCC 계산 결과

상기 고장정비 및 예방정비 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 신호시스템의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 270억원 정도로 계산되었으며, 여기서 초기투자비용은 59%로 약 159.5억원이며, 유지보수 및 운영비용은 110억원 정도 예상되었다. 또한 총 유지보수 비용에서 예방정비

비용이 36.9%, 99.8억원으로 거의 대부분을 차지하고 있으며, 고장정비비용은 0.07억원으로 거의 고장발생과 관련된 비용은 지출되지 않을 것으로 예측되었다.

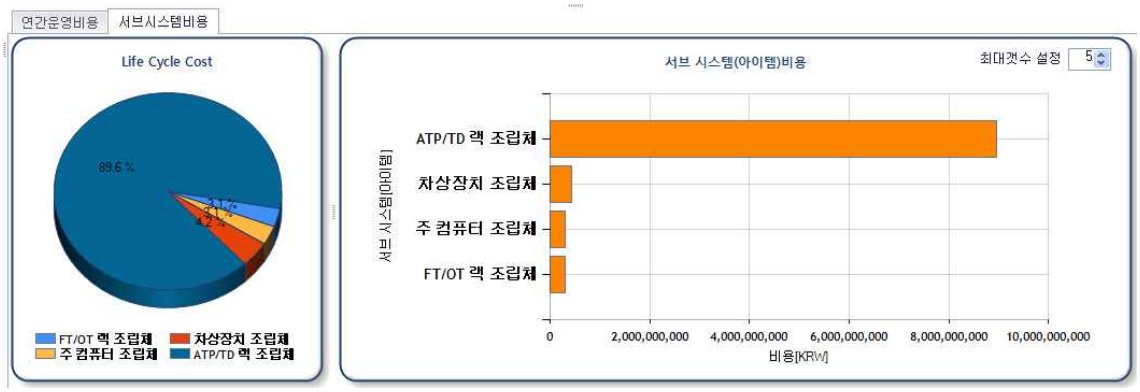
신호시스템	27,019,982,703
초기 투자 비용	15,950,000,000
유지보수장비 구입 비용	100,000,000
소모품 구입 비용	200,000,000
엔지니어링 비용	1,000,000,000
시스템 구입 비용	14,450,000,000
훈련 및 교육 비용	200,000,000
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	11,069,982,703
고장정비 비용	7,524,703
예방정비 비용	9,982,458,000
에너지소비 비용	1,080,000,000





신호시스템의 서브시스템에 대한 유지보수 비용을 살펴보면, ATP/TD랙 조립체가 대부분인 89.5억원으로 89.6%를 차지하고 있으며, 차상장치조립체, 주컴퓨터 조립체, FT/OT 조립체의 순으로 LCC 비용이 작아짐을 알 수 있다. 본 분석 결과를 토대로 신호시스템의 유지보수 비용의 절감을 위해서는 ATP/TD랙 조립체의 성능개선이 중요하며, 특히 조립체 하위 부품으로 타 부품대비 개수가 많은 MT Box(173개)와 Access Point 조립체(Acess Point 29ro, 지향성 안테나 55개), 유전원지상자 조립체(유전원지상자 16개, 무전원지상자 50개)의 성능개선이 필요함을 알 수 있다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
[300000] 신호시스템	27,019,982,703	16,317,176,1...	369,911,063	369,911,063	367,176,143	369,911,063	369,911,063	367,176,143	369,911,063	369,911,063	367,176,143
[310000] 차상장치 조립체	422,133,460	13,994,075	14,109,635	14,109,635	13,994,075	14,109,635	14,109,635	13,994,075	14,109,635	14,109,635	13,994,075
[311000] 차상장치 조립체	422,133,460	13,994,075	14,109,635	14,109,635	13,994,075	14,109,635	14,109,635	13,994,075	14,109,635	14,109,635	13,994,075
[320000]ATP/TD 랙 조립체	8,955,216,169	296,872,246	299,324,686	299,324,686	296,872,246	299,324,686	299,324,686	296,872,246	299,324,686	299,324,686	296,872,246
[321000]ATP/TD 랙 조립체	4,522,863,750	149,936,085	151,175,145	151,175,145	149,936,085	151,175,145	151,175,145	149,936,085	151,175,145	151,175,145	149,936,085
[322000] ATO Local 제어랙...	4,009,562,831	132,920,214	134,018,034	134,018,034	132,920,214	134,018,034	134,018,034	132,920,214	134,018,034	134,018,034	132,920,214
[323000] 전자연동장치	422,789,589	14,015,946	14,131,506	14,131,506	14,015,946	14,131,506	14,131,506	14,015,946	14,131,506	14,131,506	14,015,946
[330000] 주 컴퓨터 조립체	307,919,040	10,208,328	10,291,788	10,291,788	10,208,328	10,291,788	10,291,788	10,208,328	10,291,788	10,291,788	10,208,328
[350000]FT/OT 랙 조립체	304,714,034	10,101,494	10,184,954	10,184,954	10,101,494	10,184,954	10,184,954	10,101,494	10,184,954	10,184,954	10,101,494

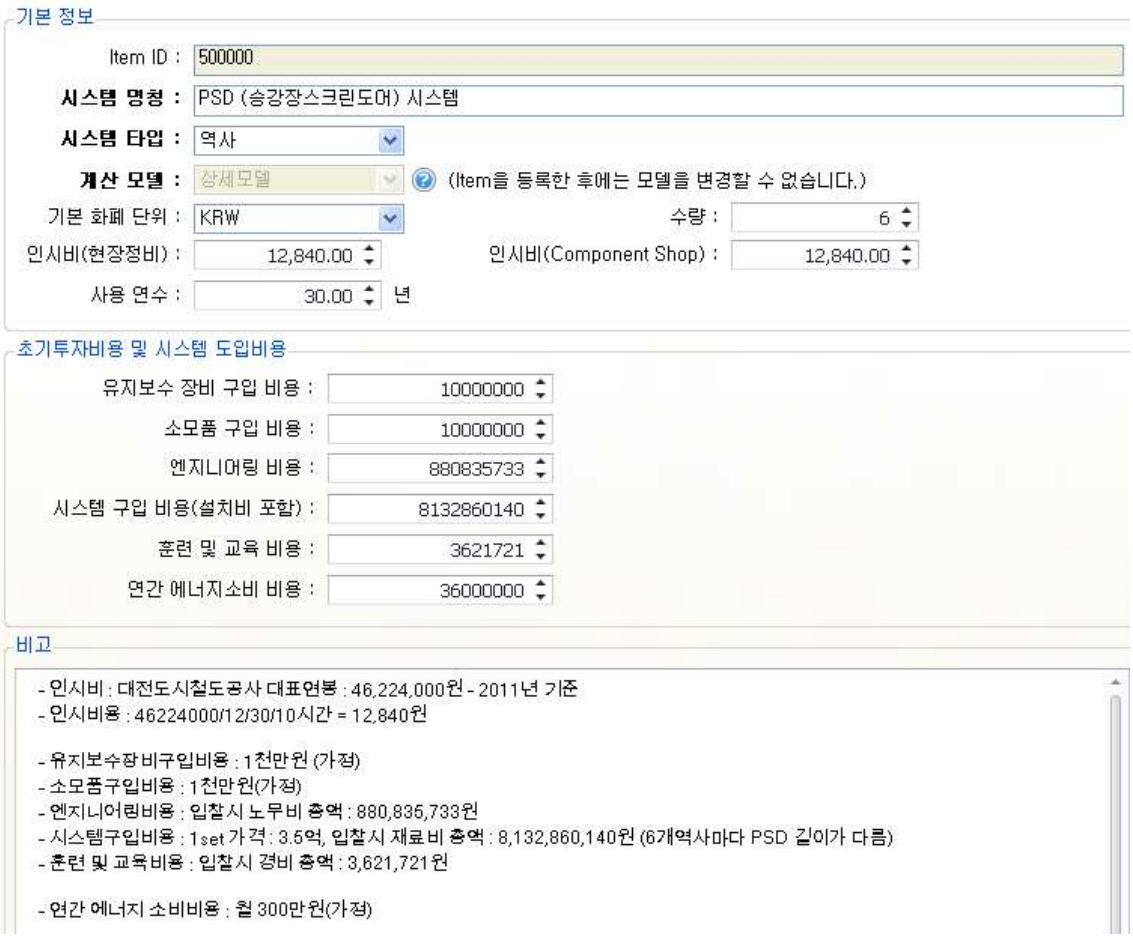

연간운영비용
서브시스템비용
Life Cycle Cost
89.6 %
FT/OT 랙 조립체
차상장치 조립체
주 컴퓨터 조립체
ATP/TD 랙 조립체
서브 시스템(아이템)비용
최대갯수 설정
5
서브 시스템(아이템)
ATP/TD 랙 조립체
차상장치 조립체
주 컴퓨터 조립체
FT/OT 랙 조립체
0
2,000,000,000
4,000,000,000
6,000,000,000
8,000,000,000
10,000,000,000
비용[KRW]

(라) 승강장 PSD LCC 분석

1] 입력 항목

가) 인시비, 사용연수, 초기투자비용 입력

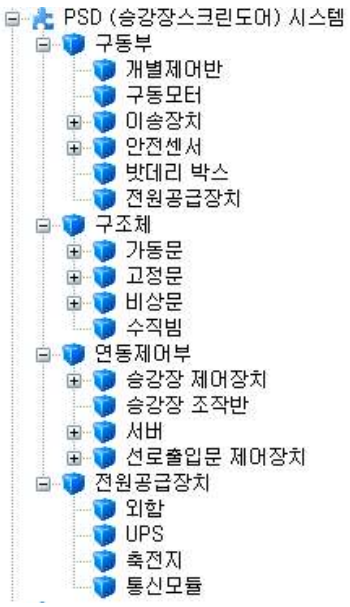
승강장 PSD의 유지보수비용을 계산하기 위한 작업자의 인건비는 대전도시철도공사 대표연봉 46,224,000원(2011년)을 기준으로 시간당 12,840원으로 하였다. 초기투자비용은 인천공항철도 건설시에 들어간 견적을 기초로 하여 아래 그림의 비고에 보인 바와 같은 근거를 기준으로 하여 계산 하였다. 유지보수장비 구입비용은 역사에 설치된 PSD 수리를 위한 장비구입비용이 1천만원이라 가정하였으며, 또한 관련 소모품 구입비용도 1천만원이라 가정하였다. 엔지니어링 비용은 PSD 입찰시 견격서에 명시된 노무비 총액으로 하였으며, 시스템 구입비용은 역사에 설치된 PSD의 길이가 각기 달라 입찰시 재료비 총액으로, 시스템 구입비용은 입찰시 경비 총액으로 가름하였다. 연간 에너지 소비비용은 역시운영의 월 전력비 총액이 3천만원 정도 인 것을 감안하여 월 300만원으로 하였다.



나) PSD 정보 입력 및 계산 결과

1) PSD 구조

PSD 의 구조는 아래에 보인 것과 같이 4개의 서브시스템으로 분류하여 계산을 수행하였다. PSD의 유지보수비용을 계산하기 위해서는 서브시스템의 유지보수 활동 단위인 LRU에서 발생되는 활동을 취합하게 된다. 따라서 각 서브시스템의 유지보수성 분석 자료를 근거로 하여 주어진 계산 모델을 기반으로 LCC 계산을 수행하였다.



2) PSD 고장정비 정보

PSD의 고장정비는 LRU 단위에서의 각 고장모드에 따라 유지보수 업무가 결정되게 되며, 실제 고장정비는 고장률에 따라 현장에서 재료 및 인력을 투입하여 고장 정비 활동이 이루어지게 된다. PSD의 정보는 RAMS 프로그램의 유지보수성 분석 정보 로부터 입수된 자료를 근거로 계산을 수행하였다. 아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 여기서 보인 빨간 표시는 제출된 수량을 근거로 계산을 할 경우 LCC 비용에 상당한 오류값이 발생되어 조사한 결과, 제출된 수량은 6개정거장에 설치된 전체 수량을 표시한 것으로 판단되어 1개 정거장으로 환산한 값을 적용하였으며, 또한 PSD 구조상 제출된 수량에 모순이 있다고 판단되는 수치에 대해서도 빨간색으로 표시된 수량으로 변경하여 계산하였다. 또한 제출된 자료에는 PSD 부품별 가격 정보가 없어 빨간 색으로 표시된 예비품 가격을 추정하여 LCC 계산을 수행하였다. 예비품 가격 추정은 입찰시 견적자료를 토대로 정거장

에 설치된 PSD 1set의 가격을 3.5억원으로 추정하였으며, 예비품 가격은 PSD 1set의 10%라 가정하여 PSD 하위 시스템인 구동부, 구조체, 연동제어부, 전원공급장치에 각각 3:2:3:2의 비율로 가격을 분배한 값으로 LCC 분석을 수행하였다. 또한 하위시스템의 하위시스템에 대해서도 동일한 분배 논리를 적용하여 가격을 추정하였다.

Item ID						Item명	수량(수정전)	수량(수정후)	고장 모드	유지보수 범주	고장률(F/Mh)	수리가능여부(Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위(KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비		원격비용		
																예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6											개수	단위	연력수	정비 시간	련시
5	1	0	0	0	0	구동부	1	1												
5	1	1	0	0	0	개별제어반	48	8	릴레이 핵(입력) 통신 에러	부품고제	0.595238095	N		131,250	KRW			1	0.25	0.25
									SCP와의 통신 오류	부품고제	0.595238095	N						1	0.25	0.25
									OPS와의 통신 오류	부품고제	0.595238095	N						1	0.25	0.25
									안전센서과 통신오류	부품고제	0.595238095	N						1	0.25	0.25
									전기 잠금장치 통신 에러	부품고제	0.595238095	N						1	0.25	0.25
									전원선 빠짐	다시연결	0.595238095	N						2	0.25	0.5
									개별제어반장치고장	부품고제	0.595238095	N						1	0.25	0.25
5	1	2	0	0	0	구동모터	48	8	전기선 빠짐	다시연결	0.208333333	N		262,500	KRW			1	0.5	0.5
									장치 고장	부품고제	0.208333333	N						3	0.5	1.5
5	1	3	0	0	0	이송장치	1	1						1,050,000						
5	1	3	1	0	0	행거레일	96	16	고정 볼트 풀림	볼트조임	0.104166667	N		13,125	KRW			3	0.5	1.5
5	1	3	2	0	0	도어 행거	96	16	가동문 탈선	새 롤러로 교체	0.052083333	N		6,563	KRW			3	0.5	1.5
									고정 볼트 풀림	볼트 조임	0.052083333	N						3	0.5	1.5
5	1	3	3	0	0	구동벨트	48	8	벨트 고장	벨트 고체	0.005208333	N		26,250	KRW			2	0.75	1.5
									벨트 고정장치 고장	고체	0.005208333	N						2	0.75	1.5
5	1	3	4	0	0	벨트 클램프	96	16	고정 볼트 풀림	볼트 조임	0.104166667	N		13,125	KRW			3	0.5	1.5
5	1	3	5	0	0	풀리	48	8	장치 고장	고체	0.003125	N		13,125	KRW			2	0.75	1.5
									벨트 기계적 연결 고장	고체	0.003125	N						2	0.75	1.5
5	1	3	6	0	0	도어 스프링	96	16	고정 볼트 풀림	볼트 조임	0.104166667	N		6,563	KRW			3	0.5	1.5
5	1	3	7	0	0	전기적 잠금장치	48	8	신호(릴레이)출력 통신 에러	다시 연결	1.041666667	N		13,125	KRW			1	0.25	0.25
									장치 고장	고체	1.041666667	N						1	0.25	0.25
5	1	4	0	0	0	안전센서	1	1						3,150,000						
5	1	4	1	0	0	열림검지센서	48	8	장치 고장	고체	0.416666667	N		78,750	KRW			1	0.33	0.33
5	1	4	2	0	0	닫힘검지센서	48	8	신호 릴레이 핵 출력 통신 에러	고체	0.208333333	N		78,750	KRW			1	0.33	0.33
									장치 고장	고체	0.208333333	N						1	0.33	0.33
5	1	4	3	0	0	장애물검지센서	48	8	장치 고장	고체	0.416666667	N		118,125	KRW			1	0.33	0.33
5	1	4	4	0	0	비상문검지센서	48	8	신호 릴레이 핵 출력 통신 에러	고체	0.208333333	N		118,125	KRW			1	0.33	0.33
									장치 고장	고체	0.208333333	N						1	0.33	0.33
5	1	5	0	0	0	밧데리 박스	48	8	개별제어반 전기 커넥터 빠짐	다시 연결	0.347222222	N		131,250	KRW			1	0.17	0.17
									전기 잠금장치 전기 커넥터 빠짐	다시 연결	0.347222222	N						1	0.17	0.17
									구동모터 전기 커넥터 고장	다시 연결	0.347222222	N						1	0.17	0.17
									안전센서 전기 커넥터 고장	다시 연결	0.347222222	N						1	0.17	0.17
									입입전원 커넥터 고장	다시 연결	0.347222222	N						1	0.17	0.17
									자가 진단장치 고장	고체	0.347222222	N						1	0.17	0.17
5	1	6	0	0	0	전원공급장치	48	8	장치고장	고체	0.166666667	N		262,500	KRW			1	0.25	0.25
									UPS 전기연결 고장	다시 연결	0.166666667	N						1	0.25	0.25
									개별제어반 전기연결 고장	다시 연결	0.166666667	N						1	0.25	0.25
									구동모터 전기연결 고장	다시 연결	0.166666667	N						1	0.25	0.25
									안전 센서 전기연결 고장	다시 연결	0.166666667	N						1	0.25	0.25
									전기적 잠금장치 전기연결 고장	다시 연결	0.166666667	N						1	0.25	0.25

Item ID						Item명	수량 (수정 전)	수량 (수정 후)	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JPY)	현장정비		인건비율		
																예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6											개수	금액	인력 수	정비 시간	연시
5	2	0	0	0	0	구조체	1	1												
5	2	1	0	0	0	가동문	96	16	프레임이 부러지거나 변형 발생	교체	1.041666667	N		159,091	KRW			2	0.75	1.5
5	2	1	1	0	0	가로 프레임	16	2						7,955						
5	2	1	2	0	0	세로프레임	16	2						7,955						
5	2	1	3	0	0	강화유리	96	1	유리 깨짐	교체	0.020833333	N		79,545	KRW			2	0.5	1
5	2	1	4	0	0	고무쿠션	96	1	고무가 찢거나 찰림	교체	5.208333333	N		15,909	KRW			2	25	50
5	2	1	5	0	0	수동개방핸들	96	1	장치 동작 안됨	교체	21.875	N		31,818	KRW			2	0.83	1.66
5	2	2	0	0	0	고정문	48	16	프레임이 부러지거나 변형 발생	교체	1.041666667	N		119,318	KRW			2	0.75	1.5
5	2	2	1	0	0	가로 프레임	8	2						11,932						
5	2	2	2	0	0	세로프레임	8	2						11,932						
5	2	2	3	0	0	강화유리	48	1	유리 깨짐	교체	0.020833333	N		71,591	KRW			2	0.5	1
5	2	3	0	0	0	비상문	48	16	프레임이 부러지거나 변형 발생	교체	1.041666667	N		119,318	KRW			2	0.75	1.5
5	2	3	1	0	0	가로 프레임	8	2						6,629						
5	2	3	2	0	0	세로프레임	8	2						6,629						
5	2	3	3	0	0	강화유리	48	1	유리 깨짐	교체	0.020833333	N		68,288	KRW			2	0.5	1
5	2	3	4	0	0	패닉바	48	1	장치 동작 안됨	교체	43.75	N		13,258	KRW			2	0.83	1.66
5	2	3	5	0	0	도어 클로져	48	1	동작안됨	교체	0.208333333	N		13,258	KRW			2	0.83	1.66
5	2	4	0	0	0	슈직팀	9	9						70,707						
5	3	0	0	0	0	연동제어부	1	1												
5	3	1	0	0	0	승강장 제어장치	12	2	신호(릴레이)입력 통신 에러	교체	5.555555556	N		1,575,000	KRW			1	0.33	0.33
									신호(릴레이)출력 통신 에러	교체	5.555555556	N						1	0.33	0.33
									승강장 조작반과 통신기능 고장	교체	5.555555556	N						1	0.33	0.33
									전원공급 연결고장	교체	5.555555556	N						1	0.33	0.33
									UPS 통신고장	교체	5.555555556	N						1	0.33	0.33
									장치 고장	교체	5.555555556	N						1	0.33	0.33
5	3	1	1	0	0	Sub-Rack	1	1						157,500						
5	3	1	2	0	0	전원 모듈	12	1	장치 고장	교체	1.983333333	N		315,000	KRW			1	0.83	0.83
5	3	1	3	0	0	MCU	12	1	장치 고장	교체	1.883333333	N		315,000	KRW			1	0.5	0.5
5	3	1	4	0	0	Input Card	12	1	장치 고장	교체	0.44	N		315,000	KRW			1	0.5	0.5
5	3	1	5	0	0	Output Card	12	1	장치 고장	교체	0.44	N		315,000	KRW			1	0.5	0.5
5	3	1	6	0	0	ATO 신호기기	12	1	장치 고장	교체	0.409166667	N		157,500	KRW			1	0.5	0.5
5	3	2	0	0	0	승강장 조작반	12	2	신호(릴레이) 입력 통신 에러	교체	11.86111111	N		1,050,000	KRW			1	0.2	0.2
									UPS연결 에러	교체	11.86111111	N						1	0.2	0.2
									장치고장	교체	11.86111111	N						1	0.2	0.2
5	3	3	0	0	0	서버	1	1						3,150,000						
5	3	3	1	0	0	본체	12	2	장치 고장	교체	0.380833333	N		1,102,500	KRW			1	0.5	0.5
									UPS연결 에러	다시 연결	8.333333333	N						1	0.2	0.2
5	3	3	2	0	0	모니터	12	2	장치 고장	교체	0.469166667	N		315,000	KRW			1	0.15	0.15
5	3	3	3	0	0	키보드	12	2	장치 고장	교체	0.020083333	N		157,500	KRW			1	0.15	0.15
5	3	4	0	0	0	센트롤인문 제어장치	24	4	장치 고장	교체	0.014833333	N		525,000	KRW			1	0.2	0.2
5	3	4	2	0	0	키패드	24	1	장치 고장	교체	0.000591667	N		52,500	KRW			1	0.3	0.3
5	3	4	3	0	0	인터폰	24	1	장치 고장	교체	1.795833333	N		105,000	KRW			1	0.15	0.15
5	3	4	4	0	0	EM Lock	24	1	장치 고장	교체	0.000148333	N		105,000	KRW			1	0.5	0.5
5	3	4	5	0	0	제어모듈	24	1	장치 고장	교체	0.014083333	N		262,500	KRW			1	0.5	0.5
5	4	0	0	0	0	전원공급장치	1	1												
5	4	1	0	0	0	외함	1	1						700,000						
5	4	2	0	0	0	UPS	12	1	장치 고장	교체	6.25	N		4,200,000	KRW			1	0.5	0.5
5	4	3	0	0	0	충전지	12	1	장치 고장	교체	6.25	N		1,400,000	KRW			1	0.5	0.5
5	4	4	0	0	0	통신모듈	12	1	장치 고장	교체	11.41666667	N		700,000	KRW			1	0.5	0.5

당초 RAM 유지보수분석 자료에 제시된 고장율은 각 품목별 고장모드를 더한 전체 고장율로 표시되어 있어 이를 LCC 비용으로 환산하기 위해서는 100만시간당의 고장율로 환산시켜야 한다. 이를 위해 당초 제시된 고장시간을 아래의 수식을 사용하여 환산하여 계산하였다.

품목별 고장율 = 전체고장율 x 100만시간 / 품목수량 / 품목 고장모드 수

3) PSD 예방정비 정보

PSD 예방정비 정보도 고장정비정보와 동일한 PBS 구조를 가지고 있다. 예방정비 정보도 고장정비 정보와 동일하게 1정거장에 소요되는 수량을 적용하여 분석을 수행하였다. 예방정비의 경우 주요 활동을 살펴 볼 경우 주요 작업은 고장방지를 위한 먼지털기임을 알 수 있으며, 따라서 본 활동의 주요 비용은 먼지털기를 위한 인건비가 대부분이라는 것을 본 데이터를 통하여 예측할 수 있다.

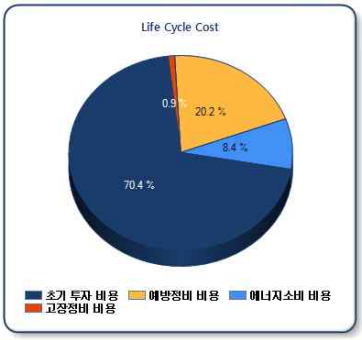
Item ID						Item명	수량	수량	예방정비 업무코드 (IN/SV/RP/ NDT/OV)	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD /EUR/JPY)	현장정비 자		연간비용		
																예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6											개수	단위	연력수	정비 시간	연시
5	1	0	0	0	0	구동부	1	1												
5	1	1	0	0	0	개별제어반	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	1	2	0	0	0	구동모터	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	1	3	0	0	0	이송장치	1	1												
5	1	3	1	0	0	행거레일	96	16	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.2	0.2
5	1	3	2	0	0	도어 행거	96	16	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.2	0.2
5	1	3	3	0	0	구동벨트	48	8	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.2	0.2
5	1	3	4	0	0	벨트 클램프	96	16	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	1	3	5	0	0	풀리	48	8	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	1	3	6	0	0	도어 스토퍼	96	16	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	1	3	7	0	0	전기적 잠금장치	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	1	4	0	0	0	안전센서	1	1												
5	1	4	1	0	0	열림검지센서	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	1	4	2	0	0	닫힘검지센서	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	1	4	3	0	0	장애물검지센서	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	1	4	4	0	0	비상문검지센서	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	1	5	0	0	0	밧데리 박스	48	8	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.2	0.2
5	1	6	0	0	0	전원공급장치	48	8	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.3	0.3
5	2	0	0	0	0	구조체	1	1												
5	2	1	0	0	0	가동문	96	16	IN	1.먼지털기 2.외관점검	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	1	1	0	0	가로 프레임	16	2												
5	2	1	2	0	0	세로프레임	16	2												
5	2	1	3	0	0	강화유리	96	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	1	4	0	0	고무루션	96	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	1	5	0	0	수동개방핸들	96	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	2	0	0	0	고정문	48	16	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	2	1	0	0	가로 프레임	8	2												
5	2	2	2	0	0	세로프레임	8	2												
5	2	2	3	0	0	강화유리	48	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	3	0	0	0	비상문	48	16	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	3	1	0	0	가로 프레임	8	2												
5	2	3	2	0	0	세로프레임	8	2												
5	2	3	3	0	0	강화유리	48	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	3	4	0	0	패닉바	48	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	3	5	0	0	도어 클로져	48	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	2	4	0	0	0	수직빔	9	9												

Item ID						Item명	수량	수량	예방정비 업무코드 (IN/SV/RP/ NDT/OV)	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	초기 구매 예비품 수량	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD /EUR/JPY)	현장정비 자		연간비용		
																예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6											개수	단위	연력수	정비 시간	연시
5	3	0	0	0	0	연동제어부	1	1												
5	3	1	0	0	0	승강장 제어장치	12	2	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.2	0.2
5	3	1	1	0	0	Sub-Rack	1	1												
5	3	1	2	0	0	전원 모듈	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.3	0.3
5	3	1	3	0	0	MCU	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	3	1	4	0	0	Input Card	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	3	1	5	0	0	Output Card	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	3	1	6	0	0	ATO 신호기기	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	3	2	0	0	0	승강장 조작반	12	2	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	3	3	0	0	0	서버	12	1												
5	3	3	1	0	0	본체	12	2	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	3	3	2	0	0	모니터	12	2	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	3	3	3	0	0	키보드	12	2	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	3	4	0	0	0	선로출입문 제어장치	24	4	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.2	0.2
5	3	4	2	0	0	키패드	24	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	3	4	3	0	0	인터폰	24	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.05	0.05
5	3	4	4	0	0	EM Lock	24	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	3	4	5	0	0	제어모듈	24	1	IN	1.먼지털기	1	m			KRW			1	0.1	0.1
5	4	0	0	0	0	전원공급장치	1	1												
5	4	1	0	0	0	외함	12	1	IN	1.먼지털기 2.외관점검	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	4	2	0	0	0	UPS	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	4	3	0	0	0	축전지	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1
5	4	4	0	0	0	통신모듈	12	1	IN	1.먼지털기	7	d			KRW			1	0.1	0.1

4) PSD LCC 계산 결과

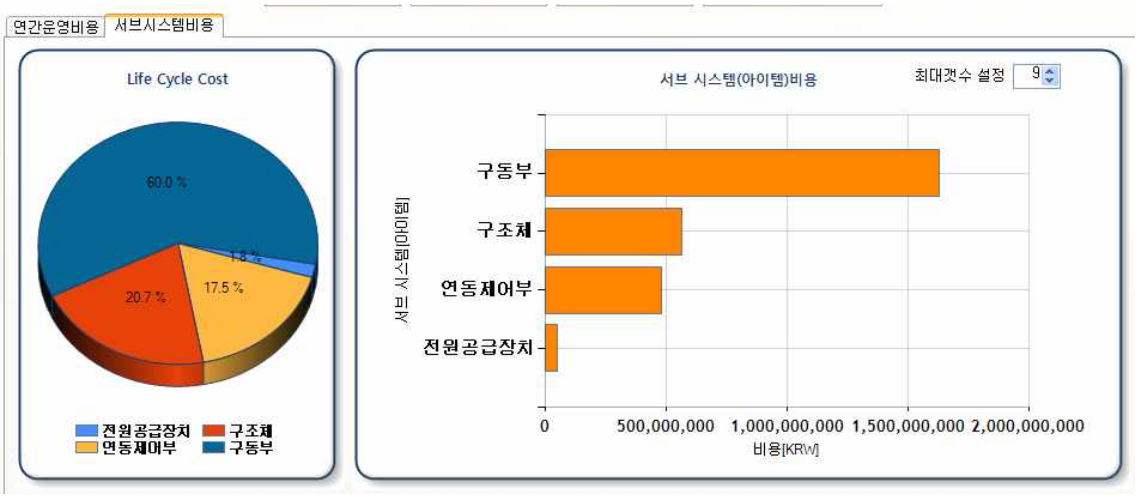
상기 고장정비 및 예방정비 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 PSD의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 128억원 정도로 계산되었으며, 여기서 초기투자비용은 70.4%로 약 90억원이며, 유지보수 및 운영비용은 38억원 정도 예상되었다. 또한 총 유지보수 비용에서 예방정비비용이 20.2%인 26억원이고, 고장정비 비용은 8.4%인 1.2억원 정도로 예측되었다.

PSD (승강장스크린도어) 시스템	12,837,064,251
초기 투자 비용	9,037,317,594
유지보수장비 구입 비용	10,000,000
소모품 구입 비용	10,000,000
엔지니어링 비용	880,835,733
시스템 구입 비용	8,132,860,140
훈련 및 교육 비용	3,621,721
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	3,799,746,657
고장정비 비용	121,279,905
예방정비 비용	2,598,466,752
에너지소비 비용	1,080,000,000



PSD의 서브시스템에 대한 유지보수 비용을 살펴보면, 구동부가 16.3억원 정도로 60%를 차지하고 있으며, 이어서 구조체, 연동제어부, 구동부 순으로 LCC 비용이 많음을 알 수 있다. 본 분석 결과를 토대로 PSD의 유지보수 비용의 절감을 위해서는 구동부의 성능개선이 필요함을 알 수 있다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
[500000] PSD (승강장스크린도어)...	12,837,064,251	9,163,829,954	126,512,360	126,512,360	126,512,360	126,512,360	126,512,360	127,606,328	126,512,360	126,512,360	126,512,360
[510000] 구동부	1,631,027,779	54,260,764	54,260,764	54,260,764	54,260,764	54,260,764	54,260,764	55,061,980	54,260,764	54,260,764	54,260,764
[511000] 개별제어반	192,977,716	6,416,155	6,416,155	6,416,155	6,416,155	6,416,155	6,416,155	6,539,419	6,416,155	6,416,155	6,416,155
[512000] 구동모터	192,852,383	6,411,978	6,411,978	6,411,978	6,411,978	6,411,978	6,411,978	6,535,242	6,411,978	6,411,978	6,411,978
[513000] 이송장치	525,888,565	17,513,184	17,513,184	17,513,184	17,513,184	17,513,184	17,513,184	17,636,448	17,513,184	17,513,184	17,513,184
[514000] 안전센서	385,658,875	12,822,425	12,822,425	12,822,425	12,822,425	12,822,425	12,822,425	13,068,953	12,822,425	12,822,425	12,822,425
[515000] 밧데리 박스	44,432,404	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080	1,481,080
[516000] 전원공급장치	289,217,836	9,615,942	9,615,942	9,615,942	9,615,942	9,615,942	9,615,942	9,800,838	9,615,942	9,615,942	9,615,942
[520000] 구조체	563,530,448	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348	18,784,348
[530000] 연동제어부	476,750,096	15,856,745	15,856,745	15,856,745	15,856,745	15,856,745	15,856,745	16,118,681	15,856,745	15,856,745	15,856,745
[540000] 전원공급장치	48,438,334	1,610,502	1,610,502	1,610,502	1,610,502	1,610,502	1,610,502	1,641,318	1,610,502	1,610,502	1,610,502

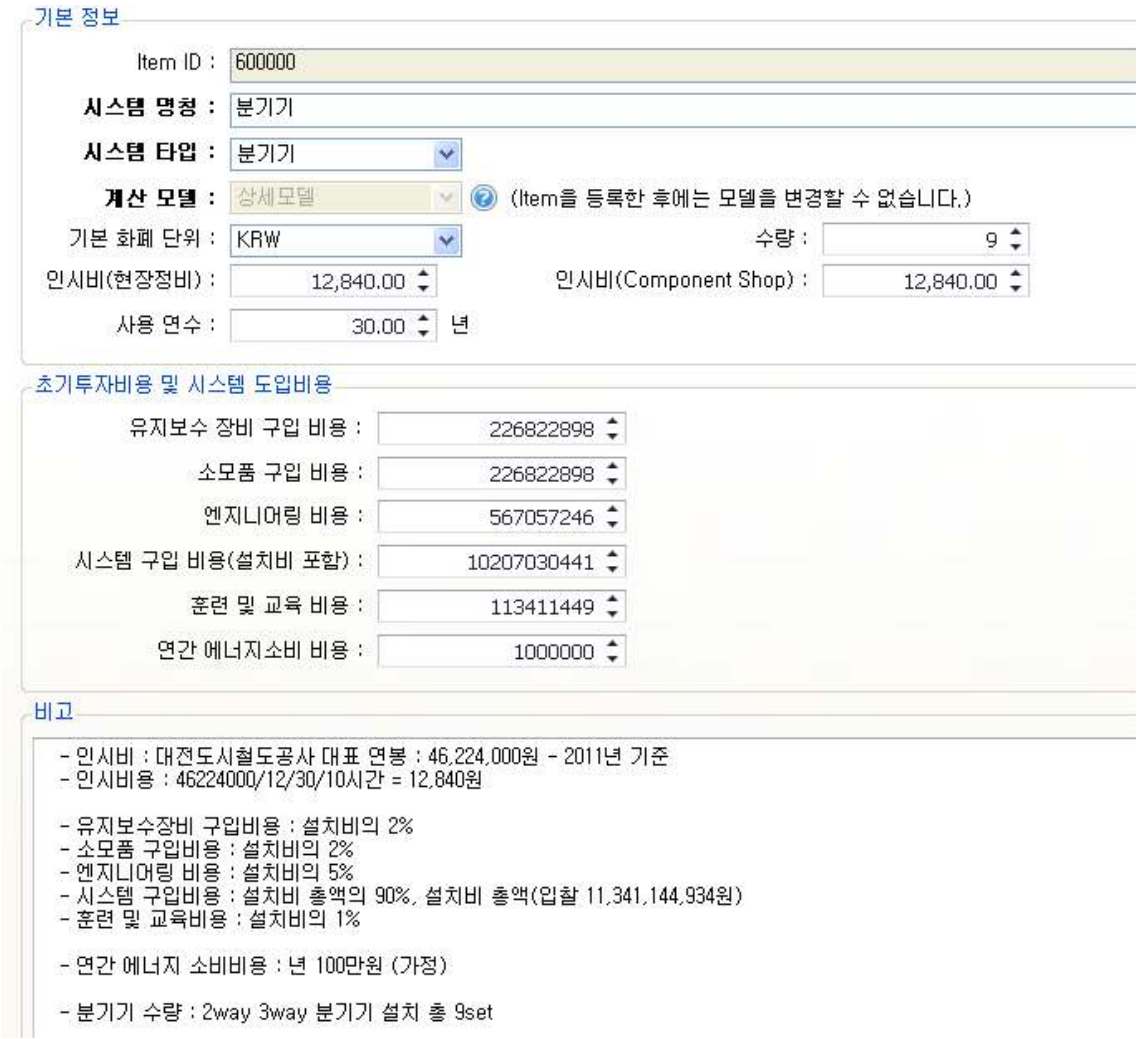


(마) 궤도 분기기(2+3way) LCC 분석

1] 입력 항목

가) 인시비, 사용연수, 초기투자비용 입력

2+3way 분기기의 유지보수비용을 계산하기 위한 작업자의 인건비는 대전도시철도공사 대표연봉 46,224,000원(2011년)을 기준으로 시간당 12,840원으로 하였다. 초기투자비용은 인천공항철도 건설시에 들어간 견적을 기초로 하여 아래 그림의 비고에 보인 바와 같은 근거를 기준으로 하여 계산 하였다. 유지보수장비 구입비용은 분기기 설치비 총액의 2%로 가정하였으며, 관련 소모품 구입비용도 설치비 총액의 2%로 가정하였다. 엔지니어링 비용은 설치비의 5%로 가정하였으며, 시스템 구입비용은 2+3way 분기기 설치를 위한 입찰시 입찰가액의 90%로 추정하였다. 연간 에너지 소비비용은 분기기 관련하여 비용 소요가 거의 없다고 가정하여 연 100만원으로 하였다.



나) 분기기 정보 입력 및 계산 결과

1) 분기기 구조

분기기의 구조는 아래에 보인 것과 같이 2개의 서브시스템으로 분류하여 계산을 수행하였다. 분기기의 유지보수비용을 계산하기 위해서는 서브시스템의 유지보수 활동 단위인 LRU에서 발생되는 활동을 취합하게 된다. 따라서 RAMS 활동의 하나의 분석결과인 각 서브시스템의 유지보수성 분석 자료를 근거로 하여 주어진 계산 모델을 기반으로 LCC 계산을 수행하였다.

2) 분기기 고장정비 정보

분기기의 고장정비는 LRU 단위에서의 각 고장모드에 따라 유지보수 업무가 결정되게 되며, 실제 고장정비는 고장률에 따라 현장에서 재료 및 인력을 투입하여 고장 정비 활동이 이루어지게 된다. 분기기의 정보는 입수된 RAMS 유지보수성 분석자료를 근거로 계산을 수행하였다. 아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 아래의 표에서 파란 부분은 제공된 유지보수성 분석자료에는 없는 것으로 LCC 분석을 위해 데이터 구조체계(PBS)의 누락된 상위 ID를 가상적으로 분석자가 생성시킨 것이다. 또한 비용계산을 위해서는 제공된 부품별 가격 정보가 필수적이나 이에 대한 정보가 미흡하여 분석자는 분기기 1set의 가격을 입찰시 견적자료를 참고로 하여 8.3억원(실제 2way 분기기 단가)으로 추정하였으며, 예비품 가격은 분기기 1set의 10%라 가정하여 하위 시스템인 거더장치 조립체, 작동장치 조립체, 전원장치 조립체에 각각 6:2:2의 비율로 가격을 분배한 값으로 LCC 분석을 수행하였다. 또한 하위 시스템에 대해서도 동일한 분배 논리를 적용하여 가격을 추정하였다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	수리 가능 여부 (Y/N)	예비품 가격	가격 단위 (KRW/USD/EUR/JP	현장정비 재료비용				인건비용			비고
														예비품		소모 재료			현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6									개수	단위	명칭	개수	단위	인력 수	정비 시간	빈도	
6	D	0	0	0	0	거더장치 조립체	1															1set의 60%
6	D	1	0	0	0	파워실린더 조립체	1					20,067,048										
6	D	1	1	0	0	BALL BEARING 조립체	1					1,003,352										
6	D	1	1	6	0	BALL BEARING	8					62,709										
6	D	1	1	A	0	BALL BEARING	4					125,419										
6	D	1	2	0	0	BALL BEARING 조립체	1					1,003,352										
6	D	1	2	6	0	BALL BEARING	8					125,419										
6	D	1	3	0	0	BALL BEARING 조립체	1					1,003,352										
6	D	1	3	7	0	BALL BEARING	6					167,225										
6	D	1	4	0	0	BALL BEARING 조립체	1					1,003,352										
6	D	1	4	4	0	BALL BEARING	24					41,806										
6	D	1	5	0	0	POWER CYLINDER	4	파손	수리(부품교체)	5	N	4,013,409	KRW	4	EA	SHCS볼트, 윤활유	1	EA	2	0.5	1	
6	D	2	0	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1					5,016,762										
6	D	2	1	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1					3,511,733										
6	D	2	1	7	0	TAPER ROLLER BEARING	8					351,173										
6	D	2	1	8	0	OIL SEAL	3					117,057										
6	D	2	1	A	0	LOCK NUT/WASH ER (힌지유닛)	3					117,057										
6	D	2	2	0	0	TAPER ROLLER BEARING (힌지유닛)	1					1,505,028										
6	D	2	2	5	0	TAPER ROLLER BEARING (힌지유닛)	6					125,419										
6	D	2	2	6	0	OIL SEAL (파워실린더)	4					112,877										
6	D	2	2	8	0	LOCK NUT/WASH ER (파워실린더)	4					75,251										
6	D	3	0	0	0	O-RING (구동롤러) 조립체	1					5,016,762										
6	D	3	1	0	0	O-RING (구동롤러) 조립체	1					4,013,409										
6	D	3	1	9	0	O-RING (구동롤러)	24					50,167										
6	D	3	1	A	0	자동조심BEARING (구동롤러)	24					117,057										
6	D	3	2	0	0	O-RING 조립체	1					1,003,352										
6	D	3	2	6	0	O-RING	2					250,838										
6	D	3	2	7	0	UCF213 BEARING (위치링크)	6					83,612										
6	D	4	0	0	0	O-RING 조립체	1					5,016,762										
6	D	4	1	0	0	O-RING 조립체	1					5,016,762										
6	D	4	1	7	0	O-RING	2					1,254,190										
6	D	4	1	8	0	BEARING (끝단연결장치롤러)	2					1,254,190										
6	D	6	0	0	0	베어링 조립체	1					1,254,190										
6	D	6	5	0	0	베어링	1					1,254,190										
6	D	B	0	0	0	베어링 조립체	1					1,254,190										
6	D	B	1	0	0	베어링 조립체	1					1,254,190										
6	D	B	1	2	0	베어링	2					627,095										
6	D	C	0	0	0	베어링 조립체	1					2,508,381										
6	D	C	1	0	0	베어링 조립체	1					1,254,190										
6	D	C	1	3	0	베어링	2					627,095										
6	D	C	2	0	0	베어링 조립체	1					1,254,190										
6	D	C	2	3	0	베어링	2					627,095										

6	D	D	0	0	0	거더구동모터 조립체	1					10,033,524										
6	D	D	1	0	0	거더구동모터	1	파손	수리(부품교체)	9.24	N	3,010,057	KRW	1	EA	SHCS볼트, 윤활유	1	EA	2	2	4	
6	D	D	2	0	0	잠금장치모터	1	파손	수리(부품교체)	6.9	N	3,010,057	KRW	1	EA	SHCS볼트, 윤활유	1	EA	2	0.5	1	
6	D	D	3	0	0	힌팅크멜	1	파손	수리(부품교체)	2.6	N	2,006,704	KRW	1	EA	SHCS볼트, 윤활유	1	EA	2	2	4	
6	D	D	4	0	0	근접센서	20	정지/오작동	수리(부품교체)	1.5	N	100,335	KRW	20	EA	SHCS볼트, 윤활유	1	EA	2	0.5	1	
6	E	0	0	0	0	장치조립체	1															1set의 20%
6	E	1	0	0	0	작동장치 조립체	1					16,722,540										
6	E	1	3	0	0	비상정지스위치버튼	1	정지/오작동	수리(부품교체)	0.4	N	1,672,254	KRW	2	EA				1	0.05	0.05	
6	E	1	7	0	0	RELAY 부	6	정지/오작동	수리(부품교체)	5	N	278,709	KRW	6	EA				1	1	1	
6	E	1	8	0	0	FUSE 반	1	정지/오작동	수리(부품교체)	2	N	1,672,254	KRW	10	EA				1	1	1	
6	E	1	B	0	0	전원부	1	정지/오작동	수리(부품교체)	5	N	2,508,381	KRW	1	EA				2	0.5	1	
6	E	1	E	0	0	Input Module	4	정지/오작동	수리(부품교체)	2	N	836,127	KRW	3	EA				1	0.003	0.003	3시간 재점토 필요
6	E	1	F	0	0	Output Module	2	정지/오작동	수리(부품교체)	5	N	1,672,254	KRW	3	EA				1	0.003	0.003	3시간 재점토 필요
6	E	1	G	0	0	SSR	6	정지/오작동	수리(부품교체)	5	N	418,063	KRW	3	EA				1	0.25	0.25	
6	E	2	0	0	0	전원장치 조립체	1					16,722,540										1set의 20%
6	E	2	2	0	0	INVERTER	1	정지/오작동	수리(부품교체)	6.71	N	13,378,032	KRW	1	EA	볼트	1	EA	2	0.7	1.4	
6	E	2	3	0	0	버선용차단기/MCCB	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	334,450	KRW	1	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	4	0	0	버선용차단기/MCCB	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	334,450	KRW	1	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	5	0	0	버선용차단기/MCCB	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	334,450	KRW	1	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	6	0	0	버선용차단기/MCCB	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	334,450	KRW	1	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	7	0	0	버선용차단기/BK	2	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	167,225	KRW	2	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	8	0	0	모터보호용 버선용차단기(MMS)	4	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	83,612	KRW	4	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	9	0	0	전자접촉기(22AF)	4	정지/오작동	수리(부품교체)	10	N	83,612	KRW	4	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	A	0	0	모터보호계전기	4	정지/오작동	수리(부품교체)	0.4	N	83,612	KRW	4	EA	볼트	1	EA	1	0.25	0.25	
6	E	2	B	0	0	보조계전기	15	정지/오작동	수리(부품교체)	0.4	N	22,296	KRW	15	EA	볼트	1	EA	1	0.0008	0.0008	3시간 재점토 필요
6	E	2	D	0	0	SOLID STATE RELAY	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	N	167,225	KRW	2	EA	볼트	1	EA	1	0.0008	0.0008	3시간 재점토 필요
6	E	2	I	0	0	DIAZED FUSE	12	정지/오작동	수리(부품교체)	2	N	13,935	KRW	12	EA	볼트	1	EA	1	0.0008	0.0008	3시간 재점토 필요

3) 분기기 예방정비 정보

분기기 예방정비 정보도 고장정비정보와 동일한 PBS 구조를 가지고 있다. 예방정비의 경우 주요 활동을 살펴 볼 경우 주요 작업은 고장방지를 위한 6개월, 12개월 주기의 월상검사가 주로 필요함을 알 수 있다. 또한 정비비용은 현장정비 재료비가 필요한 노란색으로 표시된 활동이외로는 주로 인건비가 대부분이라는 것을 알 수 있다.

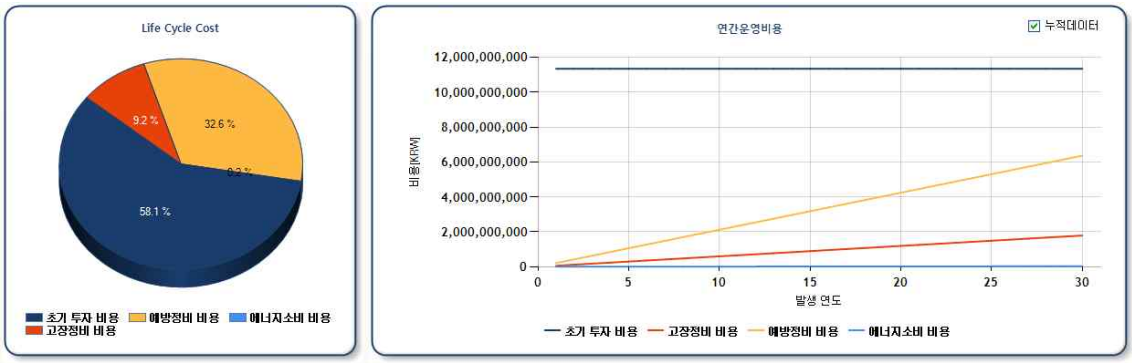
Item ID						Item명	수량	예방정비	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	예비품 개수	유지보수비용비율						인건비율		
												예비품		소모 재료				유지보수비용		
L1	L2	L3	L4	L5	L6							계수	단위	명칭	계수	단위	개수	인력 수	정비 시간	인시
6	D	0	0	0	0	거더장치 조립체	1													
6	D	1	0	0	0	파워실린더 조립체	1													
6	D	1	1	0	0	BALL BEARING 조립체	1													
6	D	1	1	6	0	BALL BEARING	8	IN	육안점사, 기능시험, 그리스 주유	6	m		0.1	EA					2	0.16	0.32
6	D	1	1	A	0	BALL BEARING	4	IN	육안점사, 기능시험, 그리스 주유	6	m		0.1	EA					2	0.16	0.32
6	D	1	2	0	0	BALL BEARING 조립체	1						0								
6	D	1	2	6	0	BALL BEARING	8	IN	육안점사, 기능시험, 그리스 주유	6	m		0.1	EA					2	0.16	0.32
6	D	1	3	0	0	BALL BEARING 조립체	1						0								
6	D	1	3	7	0	BALL BEARING	6	IN	육안점사, 기능시험, 그리스 주유	6	m		0.1	EA					2	0.16	0.32
6	D	1	4	0	0	BALL BEARING 조립체	1						0								
6	D	1	4	4	0	BALL BEARING	24	IN	육안점사, 기능시험, 그리스 주유	6	m		0.1	EA					2	0.16	0.32
6	D	1	5	0	0	POWER CYLINDER	4	IN	육안점사기능시험수리,그리스주유, 고정	3	m		0.1	EA	베어링 프트너	1	EA		3	1	3
6	D	2	0	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1						0								
6	D	2	1	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1						0								
6	D	2	1	7	0	TAPER ROLLER BEARING	8	IN	육안점사, 기능시험, 그리스 주유	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	2	1	8	0	OIL SEAL	3	IN	육안점사교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	2	1	A	0	LOCK NUT/WASH ER (민지유닛)	3	IN	육안점사기능시험교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	2	2	0	0	TAPER ROLLER BEARING (민지유닛)	1						0								
6	D	2	2	5	0	TAPER ROLLER BEARING (민지유닛)	6	IN	육안점사교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	2	2	6	0	OIL SEAL (파워실린더)	4	IN	육안점사, 교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	2	2	8	0	LOCK NUT/WASH ER (파워실린더)	4	IN	육안점사기능시험교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	3	0	0	0	O-RING (주름롤러) 조립체	1						0								
6	D	3	1	0	0	O-RING (주름롤러) 조립체	1						0								
6	D	3	1	9	0	O-RING (주름롤러)	24	IN	육안점사교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	3	1	A	0	자동조심BEARING (주름롤러)	24	IN	육안점사교체	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	3	2	0	0	O-RING 조립체	1						0								
6	D	3	2	6	0	O-RING	2	IN	육안점사교체	12	m		0.1	EA					2	5	10
6	D	3	2	7	0	UCF213 BEARING (위치림크)	6	IN	육안점사	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	4	0	0	0	O-RING 조립체	1						0								
6	D	4	1	0	0	O-RING 조립체	1						0								
6	D	4	1	7	0	O-RING	2	IN	육안점사교체	12	m		0.1	EA					2	5	10
6	D	4	1	8	0	BEARING (볼단연결장치롤러)	2	IN	육안점사기능점사	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	6	0	0	0	베어링 조립체	1						0								
6	D	6	5	0	0	베어링	1	IN	육안점사교체	12	m		0.1	EA					2	5	10
6	D	B	0	0	0	베어링 조립체	1						0								
6	D	B	1	0	0	베어링 조립체	1						0								
6	D	B	1	2	0	베어링	2	IN	육안점사교체	12	m		0.1	EA					2	5	10
6	D	C	0	0	0	베어링 조립체	1						0								
6	D	C	1	0	0	베어링 조립체	1						0								
6	D	C	1	3	0	베어링	2	IN	육안점사교체	12	m		0.1	EA					2	5	10
6	D	C	2	0	0	베어링 조립체	1						0								
6	D	C	2	3	0	베어링	2	IN	육안점사교체	6	m		0.1	EA					2	5	10

6	D	D	0	0	0	거더구동모터 조립체	1						0								
6	D	D	1	0	0	거더구동모터	1	IN	기능점사그리스주유,육안점사	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	D	2	0	0	정류장치모터	4	IN	기능점사그리스주유,육안점사	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	D	3	0	0	히팅코일	3	IN	기능점사육안점사	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	D	D	4	0	0	근접센서	21	IN	기능점사육안점사	6	m		0.1	EA					2	0.5	1
6	E	0	0	0	0	비상정지스위치버튼 조립체	1						0								
6	E	1	0	0	0	비상정지스위치버튼 조립체	1						0								
6	E	1	3	0	0	비상정지스위치버튼	1	IN	육안점사, 기능시험	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	1	7	0	0	RELAY 부	6	IN	육안점사, 기능시험	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	1	8	0	0	FUSE 반	1	IN	육안점사	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	1	B	0	0	전원부	1	IN	육안점사,전압, 전류측정	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	1	E	0	0	Input Module	4	IN	육안점사동작상태LED 점등상태	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	1	F	0	0	Output Module	2	IN	육안점사동작상태LED 점등상태	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	1	G	0	0	SSR	6	IN	육안점사,전압측정	12	m		0.1	EA					1	0.3	0.3
6	E	2	0	0	0	INVERTER 조립체	1						0								
6	E	2	2	0	0	INVERTER	1	IN	육안점사,전류/ 전압측정,인버터/모터메가옴	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		2	2	4
6	E	2	3	0	0	배선용차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 클림 먼지, 개폐, 절연사항	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	4	0	0	배선용차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 클림 먼지, 개폐, 절연사항	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	5	0	0	배선용차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 클림 먼지, 개폐, 절연사항	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	6	0	0	배선용차단기/MCCB	1	IN	단자나사, 클림 먼지, 개폐, 절연사항	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	7	0	0	배선용차단기/BK	2	IN	단자나사, 클림 먼지, 개폐, 절연사항	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	8	0	0	모터보호용 배선용차단기(MMS)	4	IN	전압측정, 트립 기능시험, 접촉상태	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	9	0	0	전자접촉기(22AF)	4	IN	코일변색, 체결나사,부식확인, 전자석부 확	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	A	0	0	모터보호계전기	4	IN	전압측정,동작확인	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	B	0	0	보조계전기	15	IN	육안점사,릴레이 접점 마모확인,코일상태 확	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	D	0	0	SOLID STATE RELAY	1	IN	육안점사동작상태 확인전압측정	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3
6	E	2	I	0	0	DIAZED FUSE	12	IN	육안점사	6	m		0.1	EA	볼트	1	EA		1	0.3	0.3

4) 분기기 LCC 계산 결과

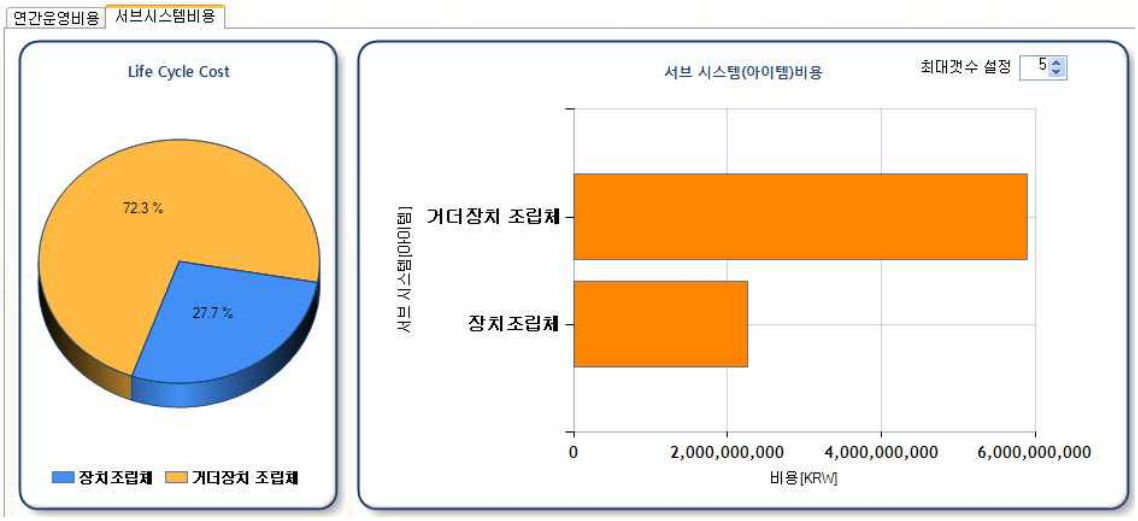
상기 고장정비 및 예방정비 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 분기기 시스템의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 195억원 정도로 계산되었으며, 예방정비비용은 약 63.6억원, 고장정비 비용은 약 17.8억원 정도가 소요된다는 것을 알 수 있었다.

분기기재계산_130603	19,523,786,108
분기기	19,523,786,108
초기 투자 비용	11,341,144,932
유지보수장비 구입 비용	226,822,898
소모품 구입 비용	226,822,898
엔지니어링 비용	567,057,246
시스템 구입 비용	10,207,030,441
훈련 및 교육 비용	113,411,449
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	8,182,641,176
고장정비 비용	1,789,852,145
예방정비 비용	6,362,789,031
에너지소비 비용	30,000,000



또한 서브시스템별로 계산된 아래의 표와 그림을 통해 유지보수비용중 거더장치 조립체가 72.3%(58.3억원), 장치조립체(27.7%, 22.5억원) 정도 소요됨을 알 수 있다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
[600000] 분기기	19,523,786,108	11,613,899,6...	272,754,706	272,754,706	272,754,706	272,754,706	272,754,706	272,754,706	272,754,706	272,754,706	272,754,706
[6D0000] 거더장치 조립체	5,895,208,080	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936	196,506,936
[6D1000] 파워실린더 조립체	2,987,868,545	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618	99,595,618
[6D2000] TAPER ROLLER BE...	465,045,408	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514	15,501,514
[6D3000] O-RING (구동롤러)...	701,108,244	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275	23,370,275
[6D4000] O-RING 조립체	286,381,980	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066	9,546,066
[6D6000] 베어링 조립체	68,531,130	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371	2,284,371
[6D8000] 베어링 조립체	103,199,130	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971	3,439,971
[6DC000] 베어링 조립체	309,597,390	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913	10,319,913
[6DD000] 거더구동모터 조립...	973,476,253	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208	32,449,208
[6E0000] 장치조립체	2,257,433,096	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770	75,247,770
[6E1000] 작동장치 조립체	960,403,330	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444	32,013,444
[6E2000] 전원장치 조립체	1,297,029,766	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326	43,234,326

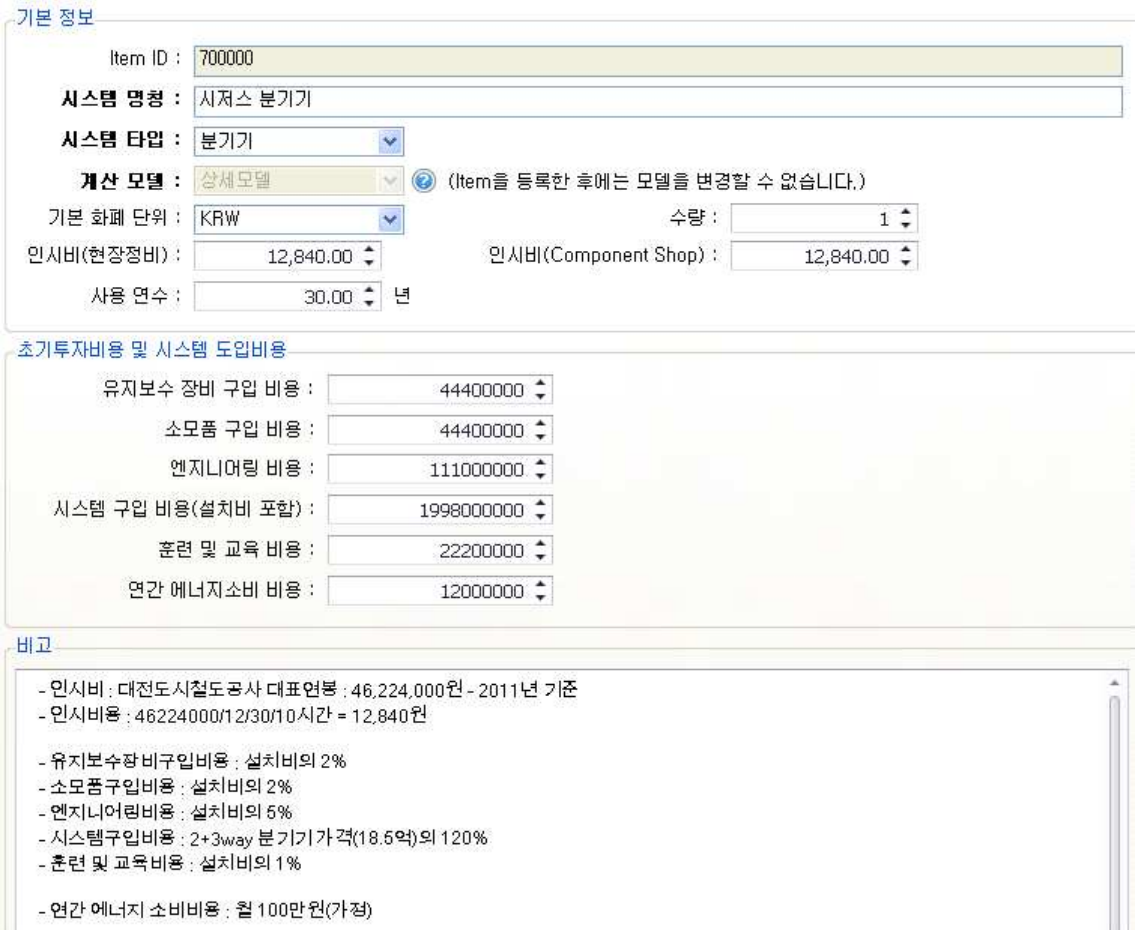


(마) 시저스 분기기 LCC 분석

1] 입력 항목

가) 인시비, 사용연수, 초기투자비용 입력

시저스 분기기의 유지보수비용을 계산하기 위한 작업자의 인건비는 대전도시철도공사 대표연봉 46,224,000원(2011년)을 기준으로 시간당 12,840원으로 하였다. 초기투자비용은 인천공항철도 건설시에 들어간 견적을 기초로 하여 아래 그림의 비고에 보인 바와 같은 근거를 기준으로 하여 계산 하였다. 유지보수장비 구입비용은 분기기 설치비 총액의 2%로 가정하였으며, 관련 소모품 구입비용도 설치비 총액의 2%로 가정하였다. 엔지니어링 비용은 설치비의 5%로 가정하였으며, 시스템 구입비용은 시저스 분기기의 경우 R&D 연구결과를 토대로 구축된 것을 감안하여 2+3Way 분기기 1set 가격을 18.5억원(인천공항 설비비를 토대로 추정)이라 가정하고, 시저스 분기기의 구조가 2+3way보다 더 복잡한 것을 감안하면, 약 1.2배 정도 설치비용이 추가된다고 가정하여 비용을 산정하였다. 훈련 및 교육비용은 설치비의 1%로 하였고, 연간 에너지 소비비용은 분기기 절환을 위한 에너지가 소요되는 것을 감안하여 월 100만원으로 하였다.



나) 시저스 분기기 정보 입력 및 계산 결과

1) 시저스 분기기 구조

시저스 분기기의 구조는 아래에 보인 것과 같이 3개의 서브시스템으로 분류하여 계산을 수행하였다. 시저스 분기기의 유지보수비용을 계산하기 위해서는 서브시스템의 유지보수 활동 단위인 LRU에서 발생되는 활동을 취합하게 된다. 따라서 RAMS 활동의 하나의 분석결과인 각 서브시스템의 유지보수성 분석 자료를 근거로 하여 주어진 계산 모델을 기반으로 LCC 계산을 수행하였다.

2) 시저스 분기기 고장정비 정보

시저스 분기기의 고장정비는 LRU 단위에서의 각 고장모드에 따라 유지보수 업무가 결정되게 되며, 실제 고장정비는 고장률에 따라 현장에서 재료 및 인력을 투입하여 고장 정비 활동이 이루어지게 된다. 시저스 분기기의 정보는 입수된 RAMS 유지보수성 분석자료를 근거로 계산을 수행하였다. 아래 그림에 계산에 적용된 고장정비 정보를 보인다. 아래의 표에서 파란 부분은 제공된 유지보수성 분석자료에는 없는 것으로 LCC 분석을 위해 데이터 구조체계(PBS)의 누락된 상위 ID를 가상적으로 분석자가 생성시킨 것이다. 또한 비용계산을 위해서는 제공된 부품별 가격 정보가 필수적이나 이에 대한 정보가 미흡하여 분석자는 시저스 분기기 부품가격은 2+3way 분기기 부품 가격과 동일하다고 가정하고 2+3way 분기기 분석시 적용한 부품가격을 적용하여 LCC를 분석하였다.

Item ID						Item명	수량	고장 모드	유지보수 업무	고장률 (F/Mh)	예비품 가격	현장정비 재료비용						인건비용		
												예비품		소모 재료				현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6							계수	단위	명칭	계수	단위		인력 수	정비 시간	인시
7	3	0	0	0	0	모터 모듈	1													
7	3	D	0	0	0	거더 구동모터 조립체	1													
7	3	D	1	0	0	거더 구동모터 조립체	5	파손	수리(부품교체)	9.24	3010057	1	EA	SHCS 볼트, 윤활유	1	EA		2	2	4
7	3	D	2	0	0	파워시린더	18	파손	수리(부품교체)	6.9	4013409	1	EA	SHCS 볼트, 윤활유	1	EA		2	0.5	1
7	3	D	3	0	0	히팅코일	12	파손	수리(부품교체)	2.6	2006704	1	EA	SHCS 볼트, 윤활유	1	EA		2	2	4
7	3	D	4	0	0	근접센서	80	정지/오작동	수리(부품교체)	1.5	100335	20	EA	SHCS 볼트, 윤활유	1	EA		2	0.5	1
7	4	0	0	0	0	비상정지스위치버튼 부분	1													
7	4	1	0	0	0	비상정지스위치버튼 조립체	1													
7	4	1	3	0	0	비상정지스위치버튼	1	정지/오작동	수리(부품교체)	0.4	1672254	2	EA					1	0.05	0.05
7	4	1	7	0	0	RELAY 부	9	정지/오작동	수리(부품교체)	5	278709	6	EA					1	1	1
7	4	1	8	0	0	FUSE 반	1	정지/오작동	수리(부품교체)	2	1672254	10	EA					1	1	1
7	4	1	B	0	0	전원부	1	정지/오작동	수리(부품교체)	5	2508381	1	EA					2	0.5	1
7	4	1	E	0	0	Input Module	10	정지/오작동	수리(부품교체)	2	836127	3	EA					1	0.003	0.003
7	4	1	F	0	0	Output Module	5	정지/오작동	수리(부품교체)	5	1672254	3	EA					1	0.003	0.003
7	4	1	G	0	0	SSR	15	정지/오작동	수리(부품교체)	5	418063	3	EA					1	0.25	0.25
7	4	2	0	0	0	전원장치 조립체	1													
7	4	2	2	0	0	INVERTER	2	정지/오작동	수리(부품교체)	6.71	13378032	1	EA	볼트	1	EA		2	0.7	1.4
7	4	2	3	0	0	배선용차단기/MCCB	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	334450	1	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	4	0	0	배선용차단기/MCCB	2	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	334450	1	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	5	0	0	배선용차단기/MCCB	1	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	334450	1	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	6	0	0	배선용차단기/MCCB	2	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	334450	1	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	7	0	0	배선용차단기/BK	2	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	167225	2	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	8	0	0	모터보호용 배선용차단기(MMS)	8	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	83612	4	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	9	0	0	전자접촉기(22AF)	8	정지/오작동	수리(부품교체)	10	83612	4	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	A	0	0	모터보호계전기	8	정지/오작동	수리(부품교체)	0.4	83612	4	EA	볼트	1	EA		1	0.25	0.25
7	4	2	B	0	0	보조계전기	25	정지/오작동	수리(부품교체)	0.4	22296	15	EA	볼트	1	EA		1	0.0008	0.0008
7	4	2	C	0	0	SOLID STATE RELAY	2	정지/오작동	수리(부품교체)	1.2	167225	2	EA	볼트	1	EA		1	0.0008	0.0008
7	4	2	D	0	0	DIAZED FUSE	21	정지/오작동	수리(부품교체)	2	13935	12	EA	볼트	1	EA		1	0.0008	0.0008

3) 시저스 분기기 예방정비 정보

제공된 RAM 유지보수성 분석 자료는 시저스 분기기 예방정비 정보는 타 시스템과 달리 고장정비 정보와 다른 PBS 구조를 가지고 있었다. 따라서 고장정비 정보와 동일하게 파란색으로 표시된 것과 같이 PBS 구조상에 가상 ID를 생성시켜 분석을 수행하였다. 관련 예비부품 가격도 마찬가지로 2+3way 분기기에 적용된 가격과 동일한 가격을 적용하여 LCC를 분석하였다. 제공된 데이터상으로 특이한 점은 2+3way 분기기에 비해 부품별 수량에 상당한 차이가 있다는 것이며, 부붐적으로 중복된 부품들이 상당수 존재한다는 것이다. 그러나 분석자는 이들 데이터가 정확하다는 가정하에 분석을 수행하였음을 밝힌다.

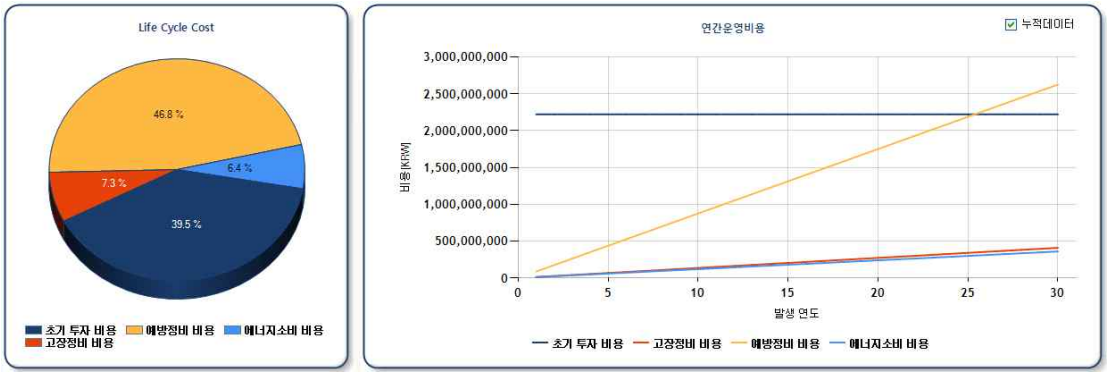
Item ID						Item명	수량	예방정비 업무코드	예방정비 업무	예방정비 주기	주기 단위 (d/m/y)	예비품 가격	현장정비 재		인건비용		
													예비품		현장정비		
L1	L2	L3	L4	L5	L6								계수	단위	인력수	정비 시간	인시
7	2	0	0	0	0	베어링 부품	1										
7	2	1	0	0	0	베어링 조립체	1										
7	2	1	E	0	0	베어링	2	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	0	0	0	0	모터 모듈	1										
7	3	1	0	0	0	베어링 부품	1										
7	3	1	1	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	1	1	6	0	볼 베어링	64	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	1	2	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	1	2	6	0	볼 베어링	12	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	1	3	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	1	3	6	0	볼 베어링	12	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	1	4	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	1	4	4	0	볼 베어링	18	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	1	5	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	1	5	4	0	볼 베어링	24	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	1	6	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	1	6	5	0	볼 베어링	16	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	125,419	0.1	EA	2	0.16	0.32
7	3	2	0	0	0	TAPER ROLLER BEARING 부품	1										
7	3	2	1	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1										
7	3	2	1	7	0	TAPER ROLLER BEARING	16	IN	육안검사, 기능시험, 그리스 주유	6	m	351,173	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	1	8	0	OIL SEAL	8	IN	육안검사	6	m	117,057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	1	A	0	LOCK NUT/WASHER	8	IN	육안검사	6	m	117,057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	2	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1										
7	3	2	2	5	0	TAPER ROLLER BEARING	8	IN	육안검사	6	m	351,173	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	2	6	0	OIL SEAL	4	IN	육안검사, 교체	6	m	117,057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	2	8	0	LOCK NUT/WASHER	4	IN	육안검사	6	m	117,057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	3	0	0	TAPER ROLLER BEARING 조립체	1										
7	3	2	3	5	0	TAPER ROLLER BEARING	2	IN	육안검사	6	m	351,173	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	2	3	6	0	OIL SEAL	1	IN	육안검사, 교체	6	m	117,057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	3	0	0	0	O-RING 부품	1										
7	3	3	1	0	0	O-RING 조립체	1										
7	3	3	1	9	0	O-RING	64	IN	육안검사	6	m	50,167	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	3	1	A	0	BEARING(자기 정렬)	64	IN	육안검사	6	m	117,057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	3	2	0	0	O-RING 조립체	1										
7	3	3	2	6	0	O-RING	24	IN	육안검사	12	m	250,838	0.1	EA	2	5	10
7	3	3	2	7	0	베어링(UCF213)	24	IN	육안검사	6	m	83,612	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	4	0	0	0	O-RING 부품	1										
7	3	4	1	0	0	O-RING 조립체	1										

7	3	4	1	7	0	O-RING	48	IN	육안검사	12	m	1,254,190	0.1	EA	2	5	10
7	3	4	1	8	0	베어링	48	IN	육안검사	6	m	1,254,190	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	6	0	0	0	베어링 부품	1										
7	3	6	1	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	6	1	5	0	베어링	4	IN	육안검사	12	m	1,254,190	0.1	EA	2	5	10
7	3	6	2	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	6	2	5	0	베어링	1	IN	육안검사	12	m	627,095	0.1	EA	2	5	10
7	3	B	0	0	0	베어링 부품	1										
7	3	B	1	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	B	1	2	0	베어링	16	IN	육안검사	12	m	627,095	0.1	EA	2	5	10
7	3	C	0	0	0	베어링 부품	1										
7	3	C	1	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	C	1	3	0	베어링	4	IN	육안검사	12	m	627,095	0.1	EA	2	5	10
7	3	C	2	0	0	베어링 조립체	1										
7	3	C	2	3	0	베어링	4	IN	육안검사	6	m	627,095	0.1	EA	2	5	10
7	3	D	0	0	0	거더장치 조립체	1										
7	3	D	1	0	0	거더구동모터	5	IN	기능검사	6	m	3010057	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	D	2	0	0	파워실린더	18	IN	육안검사	3	m	4013409	0.1	EA	3	1	3
7	3	D	3	0	0	히팅코일	12	IN	기능검사	6	m	2006704	0.1	EA	2	0.5	1
7	3	D	4	0	0	근접센터	80	IN	기능검사	6	m	100335	0.1	EA	2	0.5	1
7	4	0	0	0	0	비상정지스위치버튼 부품											
7	4	1	0	0	0	비상정지스위치버튼 조립체	1										
7	4	1	3	0	0	비상정지스위치버튼	1	IN	육안검사, 기능검사	12	m	1672254	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	1	7	0	0	RELAY 부	9	IN	육안검사, 기능검사	12	m	278709	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	1	8	0	0	FUSE 반	1	IN	육안검사	12	m	1672254	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	1	B	0	0	전원부	1	IN	육안검사	12	m	2508381	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	1	E	0	0	Input Module	10	IN	육안검사	12	m	836127	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	1	F	0	0	Output Module	5	IN	육안검사	12	m	1672254	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	1	G	0	0	SSR	15	IN	육안검사	12	m	418063	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	0	0	0	INVERTER 조립체	1										
7	4	2	2	0	0	INVERTER	2	IN	육안검사	6	m	13378032	0.1	EA	2	2	4
7	4	2	3	0	0	배선용차단기/MCCB	1	IN	단자나사	6	m	334450	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	4	0	0	배선용차단기/MCCB	2	IN	단자나사	6	m	334450	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	5	0	0	배선용차단기/MCCB	1	IN	단자나사	6	m	334450	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	6	0	0	배선용차단기/MCCB	2	IN	단자나사	6	m	334450	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	7	0	0	배선용차단기/BK	2	IN	단자나사	6	m	167225	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	8	0	0	모터보호용 배선용차단기(MMS)	8	IN	전류측정, 기능검사	6	m	83612	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	9	0	0	전자접촉기(22AF)	8	IN	코일변색	6	m	83612	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	A	0	0	모터보호 계전기	8	IN	전류측정	6	m	83612	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	B	0	0	보조계전기	25	IN	육안검사	6	m	22296	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	C	0	0	SOLID STATE RELAY	2	IN	육안검사	6	m	167225	0.1	EA	1	0.3	0.3
7	4	2	D	0	0	DIAZED FUSE	21	IN	육안검사	6	m	13935	0.1	EA	1	0.3	0.3

4) 시저스 분기기 LCC 계산 결과

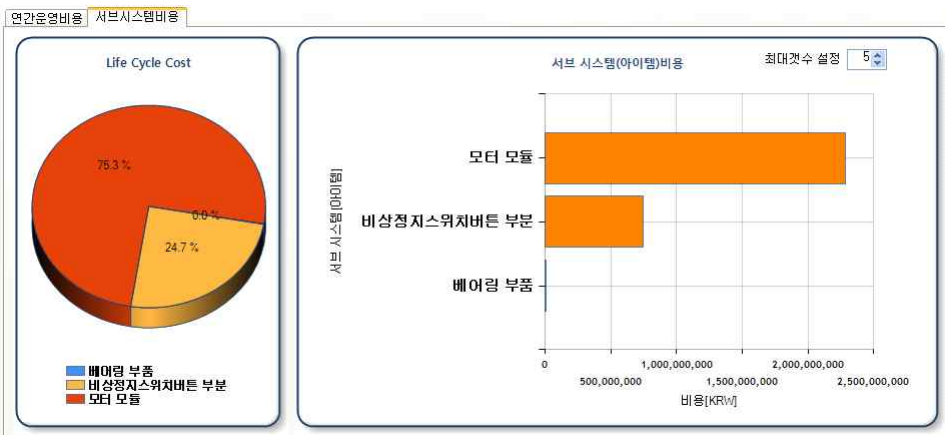
상기 고장정비 및 예방정비 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 시저스 분기기의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 56억원 정도로 계산되었으며, 예방정비비용은 약 26억원, 고장정비비용은 약 4억원 정도가 소요된다는 것을 알 수 있었다.

비용항목	합계 (KRW)
⊟ 시저스 분기기	5,614,768,724
⊟ 초기 투자 비용	2,220,000,000
유지보수장비 구입 비용	44,400,000
소모품 구입 비용	44,400,000
엔지니어링 비용	111,000,000
시스템 구입 비용	1,998,000,000
훈련 및 교육 비용	22,200,000
초기 예비품 비용	0
⊟ 유지보수 및 운영 비용	3,394,768,724
고장정비 비용	409,474,268
예방정비 비용	2,625,294,456
에너지소비 비용	360,000,000



또한 서브시스템별로 계산된 아래의 표와 그림을 통해 모터 모듈이 75.3%(22.8억원), 비상정지스위치모듈이 24.7%(7.4억원) 으로 모터 모듈이 유지보수비용의 대부분을 차지하고 있으며, 따라서 모터 모듈의 개선을 통해 LCC 비용 절감을 도모할 수 있음을 알 수 있다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
[700000] 시저스 분기기	5,614,768,724	2,333,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957	113,158,957
[720000] 베어링 부품	1,505,028	50,168	50,168	50,168	50,168	50,168	50,168	50,168	50,168	50,168	50,168
[730000] 모터 모듈	2,285,062,101	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737	76,168,737
[731000] 베어링 부품	109,867,044	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235	3,662,235
[732000] TAPER ROLLER BE...	72,341,538	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385	2,411,385
[733000] O-RING 부품	94,314,480	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816	3,143,816
[734000] O-RING 부품	541,810,080	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336	18,060,336
[736000] 베어링 부품	16,931,565	564,386	564,386	564,386	564,386	564,386	564,386	564,386	564,386	564,386	564,386
[73B000] 베어링 부품	30,100,560	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352	1,003,352
[73C000] 베어링 부품	22,575,420	752,514	752,514	752,514	752,514	752,514	752,514	752,514	752,514	752,514	752,514
[73D000] 거더 구동모터 조립...	1,397,121,414	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714	46,570,714
[740000] 비상정지스위치버튼...	748,201,595	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053	24,940,053
[741000] 비상정지스위치버...	197,141,537	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385	6,571,385
[742000] 전원장치 조립체	431,444,106	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470	14,381,470
[743000] 전자접촉기(22AF)...	119,615,952	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198	3,987,198



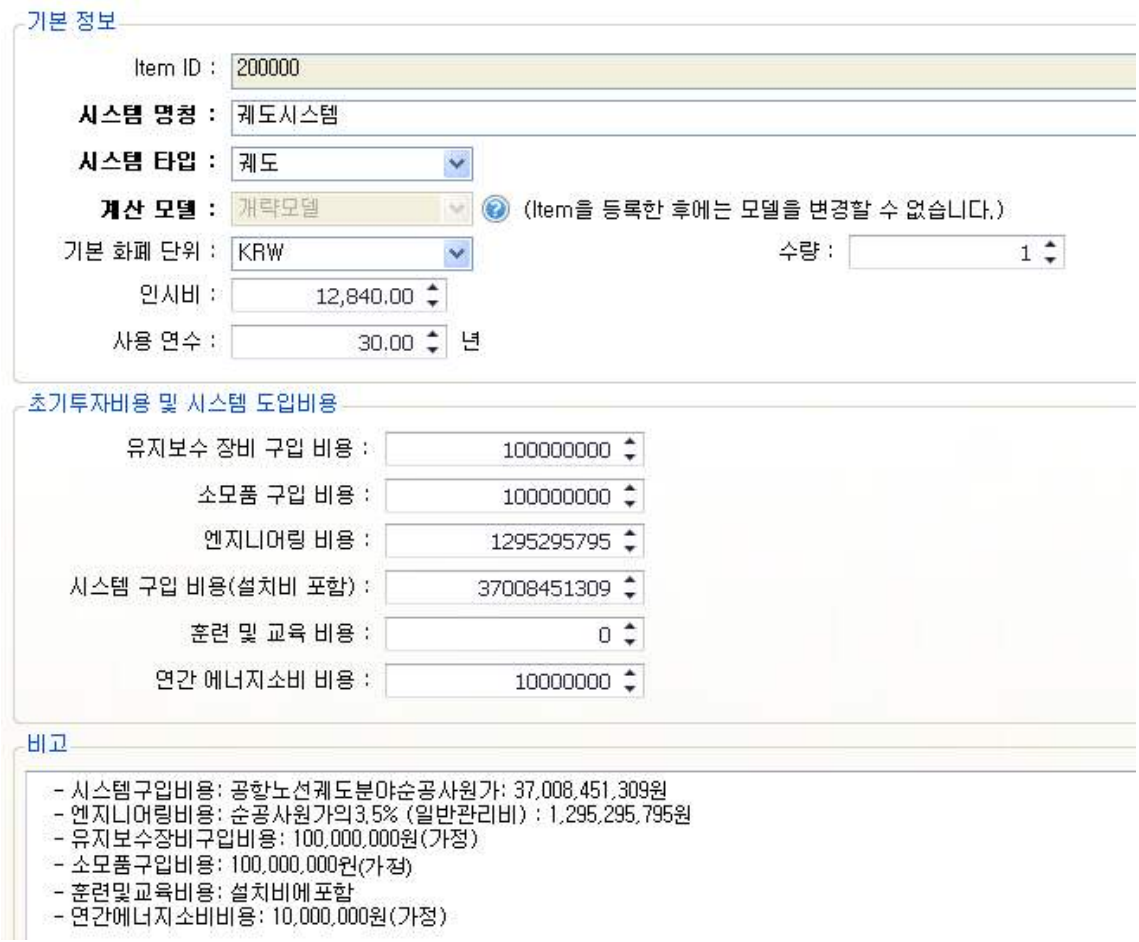
(바) 궤도 시스템 LCC 분석

1] 입력 항목

가) 인시비, 사용연수, 초기투자비용 입력

궤도시스템의 유지보수비용을 계산하기 위한 작업자의 인건비는 대전도시

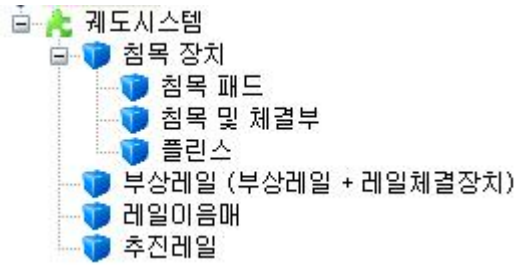
철도공사 대표연봉 46,224,000원(2011년)을 기준으로 시간당 12,840원으로 하였다. 초기투자비용은 인천공항철도 건설시에 들어간 견적을 기초로 하여 아래 그림의 비고에 보인 바와 같은 근거를 기준으로 하여 계산 하였다. 유지보수장비 구입비용은 궤도검측설비 등이 고가인 점을 감안하여 1억원으로 가정하였으며, 관련 소모품 구입 비용도 마찬가지로 1억원으로 가정하였다. 엔지니어링 비용은 공사 견적시 순공사 원가의 3.5%를 책정한 일반관리비인 1.29억원을 책정하였으며, 시스템구입비용은 공항노선 궤도분야의 순공사원가인 370억원을 책정하였다. 훈련 및 교육비용은 설치비에 포함되었다고 가정하여 0으로 하였으며, 연간에너지 소비비용은 1천만원으로 하였다.



나) 궤도시스템 정보 입력 및 계산 결과

1) 궤도시스템 구조

궤도시스템의 구조는 아래에 보인 것과 같이 4개의 서브시스템으로 분류하여 계산을 수행하였다. 궤도시스템의 유지보수비용을 계산하기 위해서는 서브시스템의 유지보수 활동 단위인 LRU에서 발생되는 활동을 취합하게 된다. 그러나 궤도시스템의 LCC 계산은 LRU 활동 단위가 아닌 비용을 추정할 수 있는 서브시스템별로 유지보수 활동을 총괄로 예측하고 이를 비용으로 환산하는 비용모델을 적용하는 것으로 하였으므로, 과제에 참여한 전문가의 경험을 토대로 제시된 자료를 기반으로 LCC 계산을 수행하였다.



2) 궤도시스템 고장정비 정보

현재 궤도시스템의 경우 전문가가 고장정비와 관련된 유지보수 활동 내역을 예측할 수가 없어 고장정비는 이루어지지 않는 것으로 하였다. 경험적으로도 궤도시스템의 고장은 발생해서는 안되는 경우가 일반적이므로 없는 것으로 처리하여도 무방하다고 생각된다.

3) 궤도시스템 예방정비 정보

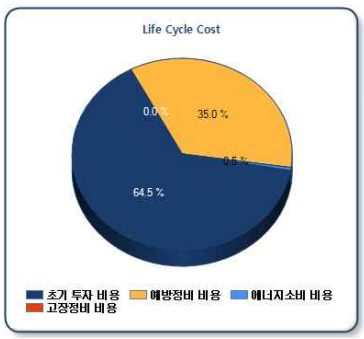
궤도시스템의 예방정비와 관련된 정보를 아래 표에 보인다. 여기에 입력된 정보는 과제에 참여한 전문가의 경험을 토대로 제시된 것으로 각 시스템 항목별로 활동내역을 총괄하여 제시된 것이다.

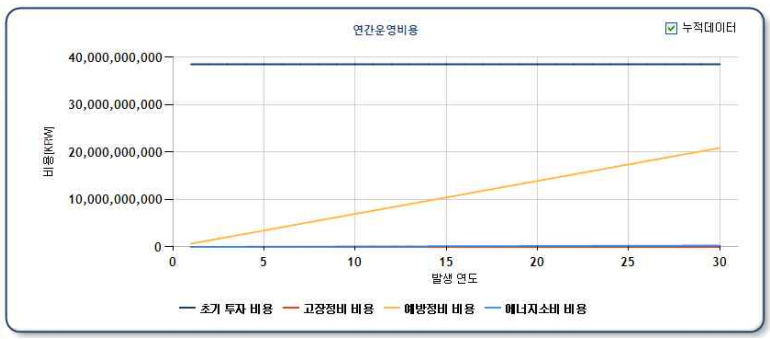
Item ID						Item명	수량	수량 기준 단위 (Unit)	연간 예방정비 횟수	가격	/Unit /회 정비 시 소모되는 자원				연간 로지스틱 비용
L1	L2	L3	L4	L5	L6						재료비용 (예비품 +	인력 수	정비 시간	인시	
2	1	0	0	0	0	침목 장치	32526	개							
2	1	1	0	0	0	침목 패드	1	조	0.05		43,212	7.2	0.66	4.752	
2	1	2	0	0	0	침목 및 체결부	1	개	0.33		49	14.3	0.026	0.3718	
2	1	3	0	0	0	플린스	1	개	0.033		287,291	7.78	0.952	7.40656	
2	2	0	0	0	0	부상레일 (부상레일 + 레일체결장치	15.6	Km	0.2		61,079	11.7	20	234	
2	3	0	0	0	0	레일이음매	2364	개	0.5		19,200	1.3	1.5	1.95	
2	4	0	0	0	0	추진레일	15.6	Km	0.2		7,820	2.3	36	82.8	

4) 궤도시스템 LCC 계산 결과

상기 정보를 적용하여 계산된 결과를 아래에 보인다. 본 궤도시스템의 경우 총 LCC 비용은 30년 수명에 약 597억원 계산되었으며, 이중 초기투자비용이 64.5%인 385억원 정도이며, 유지보수비용은 35%인 212억원 정도임을 알 수 있다.

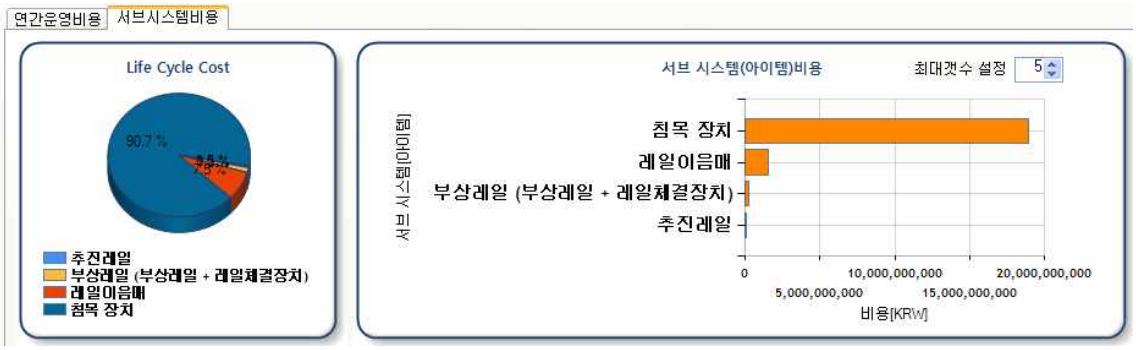
비용항목	합계 (KRW)
궤도시스템	59,696,179,795
초기 투자 비용	38,503,747,104
유지보수장비 구입 비용	100,000,000
소모품 구입 비용	100,000,000
엔지니어링 비용	1,295,295,795
시스템 구입 비용	37,008,451,309
훈련 및 교육 비용	0
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	21,192,432,691
고장정비 비용	0
예방정비 비용	20,892,432,691
에너지소비 비용	300,000,000





또한 서브시스템별로 계산된 아래의 표와 그림을 통해 유지보수비용중 침목장치가 90.7%인 189억원 정도 소요되어 유지보수 비용을 절감하기 위해서는 침목장치와 관련된 성능개선이나 인력을 통한 유지보수가 아닌 기계적인 감시장치를 통한 유지보수 활동 등도 필요한 것을 알 수 있다.

Item명칭	합계 (KRW)	1년	2년	3년	4년	5년	6년	7년	8년	9년	10년
[200000] 궤도시스템	59,696,179,795	39,210,161,5...	706,414,423	706,414,423	706,414,423	706,414,423	706,414,423	706,414,423	706,414,423	706,414,423	706,414,423
[210000] 침목 장치	18,951,458,221	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274	631,715,274
[211000] 침목 패드	5,085,164,280	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476	169,505,476
[212000] 침목 및 체결부	1,553,013,354	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112	51,767,112
[213000] 클린스	12,313,280,588	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686	410,442,686
[220000] 부상레일 (부상레일 +...	275,907,510	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917	9,196,917
[230000] 레일이음매	1,568,679,480	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316	52,289,316
[240000] 추진레일	96,387,480	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916	3,212,916

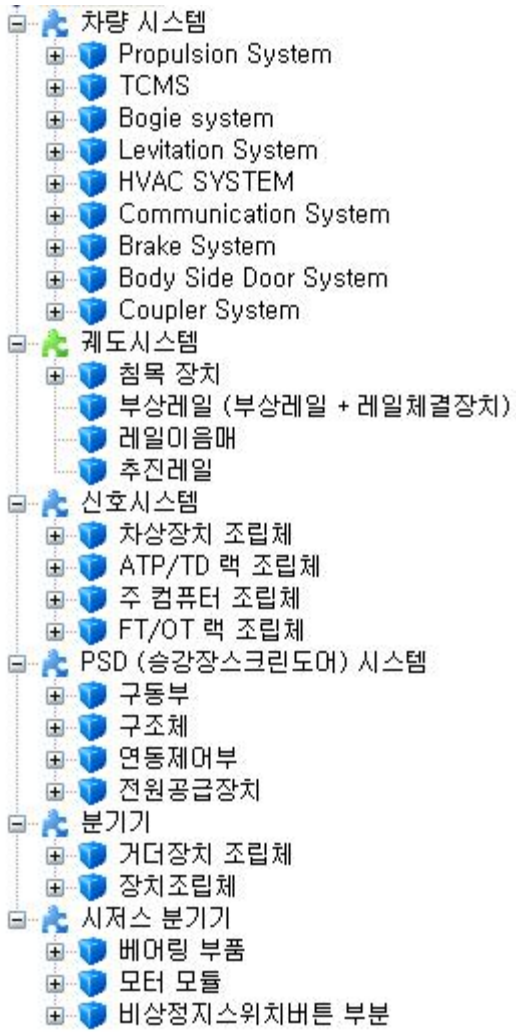


(사) 자기부상열차시스템 LCC 분석 결과

여기서는 자기부상열차시스템 수준에서의 각 서브시스템 단위의 LCC 비용계산 결과를 소개하고 서브시스템 수준에서의 LCC 결과 분석을 비교해 본다. 또한 유지보수비용에 큰 영향을 미치는 고장율, 예방정비주기, 정비인시를 변화시켜 봄으로서 각 시스템 LCC 비용에 어떠한 변화가 발생하는지를 비교 검토해 본다.

1) 자기부상열차 시스템 구성

LCC 계산에 사용된 자기부상열차 시스템 구성을 아래에 보인다. 본 계산에 적용된 이외의 시스템은 현재 데이터가 제공되지 않아, 당초 계획된 RAM 분석 대상의 유지보수성 분석이 완료되어 데이터가 제공된 차량시스템, 신호시스템, PSD, 2+3way 분기기, 시저스 분기기와 간략모델을 적용한 궤도시스템으로 구성하였다.



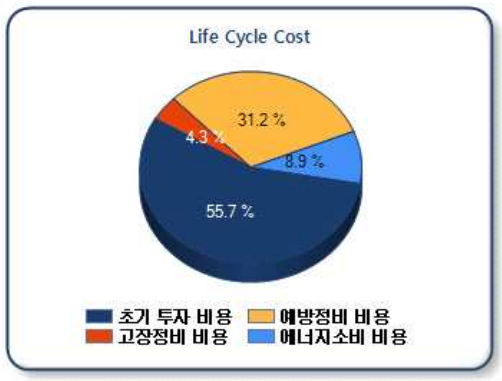
2) 자기부상열차 시스템 데이터 입력

분석 대상인 자기부상열차 시스템의 총 LCC 비용은 시스템을 구성하는 각 하위 시스템의 LCC 비용의 총합을 통해 계산되어진다. 이를 위해 각 하위 시스템별 LCC 관련 데이터 입력내용과 시스템별 결과는 5장의 시스템별로 작성된 별도의 보고서를 참조하면 된다.

3) 자기부상열차 시스템 LCC 분석 결과

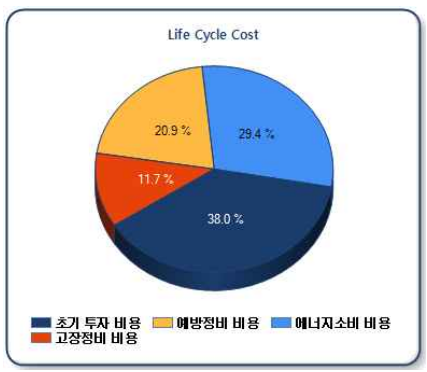
아래의 그림은 자기부상시스템의 총 LCC 비용을 계산한 결과이다. 시스템을 30년 운영한다고 가정한 경우 30년간 발생되는 총 LCC 비용은 약 1,661억원이 필요한 것을 알 수 있으며, 이의 구성은 초기투자비용이 55.7%, 예방정비비용이 31.2%, 에너지소비비용이 8.9%, 고장정비비용이 4.3% 차지함을 알 수 있었다.

2013.05.20	166,193,641,260
차량 시스템	40,641,792,193
초기 투자 비용	15,454,640,000
유지보수 및 운영 비용	25,187,152,193
궤도시스템	59,696,179,795
초기 투자 비용	38,503,747,104
유지보수 및 운영 비용	21,192,432,691
신호시스템	27,019,982,703
초기 투자 비용	15,950,000,000
유지보수 및 운영 비용	11,069,982,703
PSD (승강장스크린도어) 시스템	12,837,064,251
초기 투자 비용	9,037,317,594
유지보수 및 운영 비용	3,799,746,657
분기기	19,523,786,108
초기 투자 비용	11,341,144,932
유지보수 및 운영 비용	8,182,641,176
시져스 분기기	6,474,836,210
초기 투자 비용	2,220,000,000
유지보수 및 운영 비용	4,254,836,210



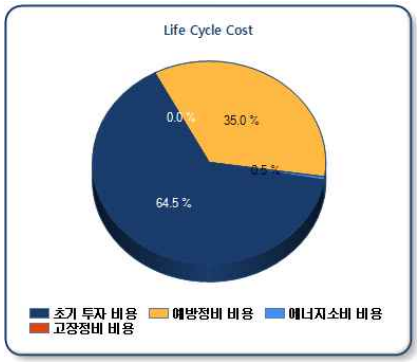
각 하위 시스템별로의 LCC 비용분포 상황을 아래에 보인다.

차량 시스템	40,641,787,965
초기 투자 비용	15,454,640,000
유지보수장비 구입 비용	5,004,640,000
소모품 구입 비용	900,000,000
엔지니어링 비용	100,000,000
시스템 구입 비용	9,000,000,000
훈련 및 교육 비용	450,000,000
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	25,187,147,965
고장정비 비용	4,744,660,818
예방정비 비용	8,491,567,148
에너지소비 비용	11,950,920,000



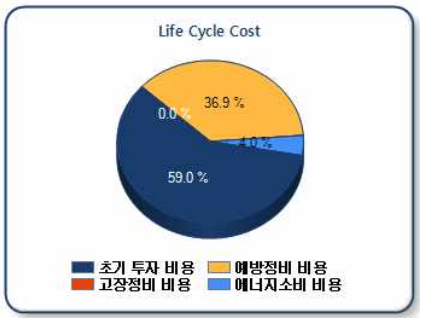
[차량시스템 LCC 비용분포]

궤도시스템	59,696,179,795
초기 투자 비용	38,503,747,104
유지보수장비 구입 비용	100,000,000
소모품 구입 비용	100,000,000
엔지니어링 비용	1,295,295,795
시스템 구입 비용	37,008,451,309
훈련 및 교육 비용	0
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	21,192,432,691
고장정비 비용	0
예방정비 비용	20,892,432,691
에너지소비 비용	300,000,000



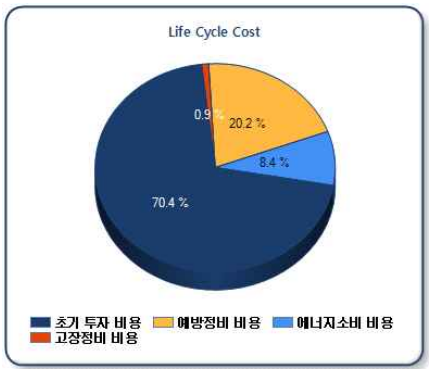
[궤도시스템 LCC 비용 분포]

신호시스템	27,019,982,703
초기 투자 비용	15,950,000,000
유지보수장비 구입 비용	100,000,000
소모품 구입 비용	200,000,000
엔지니어링 비용	1,000,000,000
시스템 구입 비용	14,450,000,000
훈련 및 교육 비용	200,000,000
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	11,069,982,703
고장정비 비용	7,524,703
예방정비 비용	9,982,458,000
에너지소비 비용	1,080,000,000



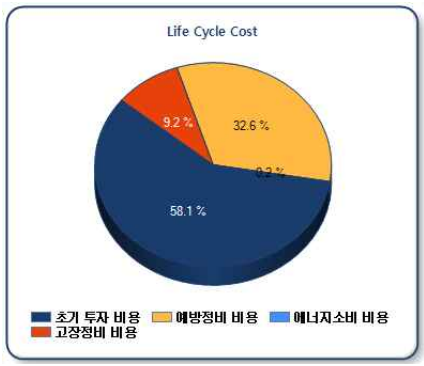
[신호시스템]

PSD (승강장스크린도어) 시스템	12,837,064,251
초기 투자 비용	9,037,317,594
유지보수장비 구입 비용	10,000,000
소모품 구입 비용	10,000,000
엔지니어링 비용	880,835,733
시스템 구입 비용	8,132,860,140
훈련 및 교육 비용	3,621,721
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	3,799,746,657
고장정비 비용	121,279,905
예방정비 비용	2,598,466,752
에너지소비 비용	1,080,000,000



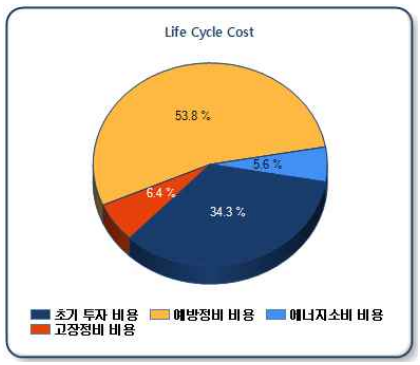
[승강장 PSD 시스템]

분기기	19,523,786,108
초기 투자 비용	11,341,144,932
유지보수장비 구입 비용	226,822,898
소모품 구입 비용	226,822,898
엔지니어링 비용	567,057,246
시스템 구입 비용	10,207,030,441
훈련 및 교육 비용	113,411,449
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	8,182,641,176
고장정비 비용	1,789,852,145
예방정비 비용	6,362,789,031
에너지소비 비용	30,000,000



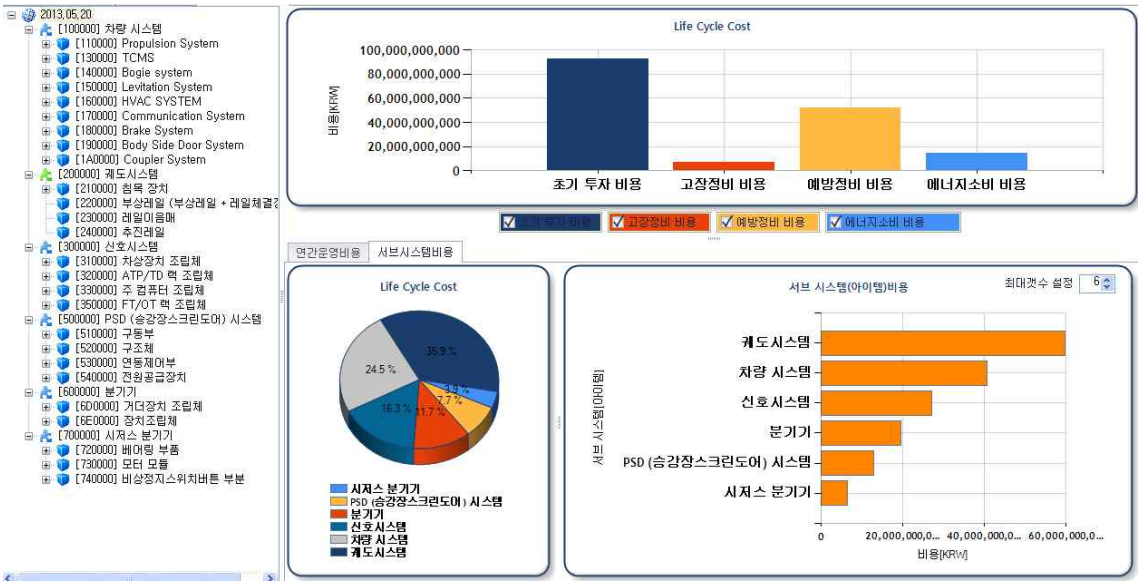
[2+3way 분기기]

시저스 분기기	6,474,836,210
초기 투자 비용	2,220,000,000
유지보수장비 구입 비용	44,400,000
소모품 구입 비용	44,400,000
엔지니어링 비용	111,000,000
시스템 구입 비용	1,998,000,000
훈련 및 교육 비용	22,200,000
초기 예비품 비용	0
유지보수 및 운영 비용	4,254,836,210
고장정비 비용	411,732,170
예방정비 비용	3,483,104,040
에너지소비 비용	360,000,000

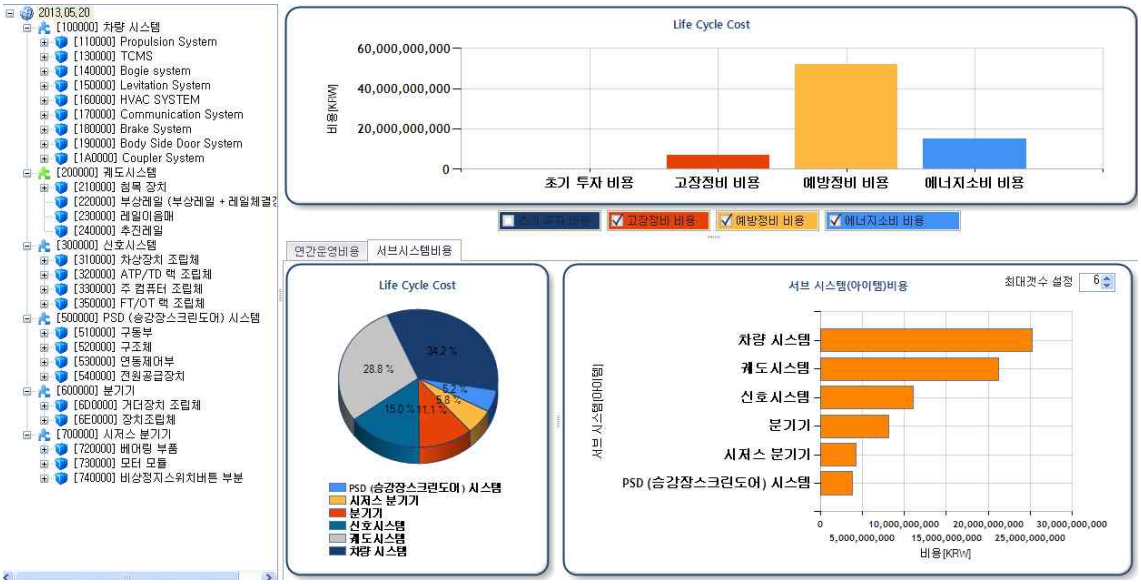


[시저스 분기기]

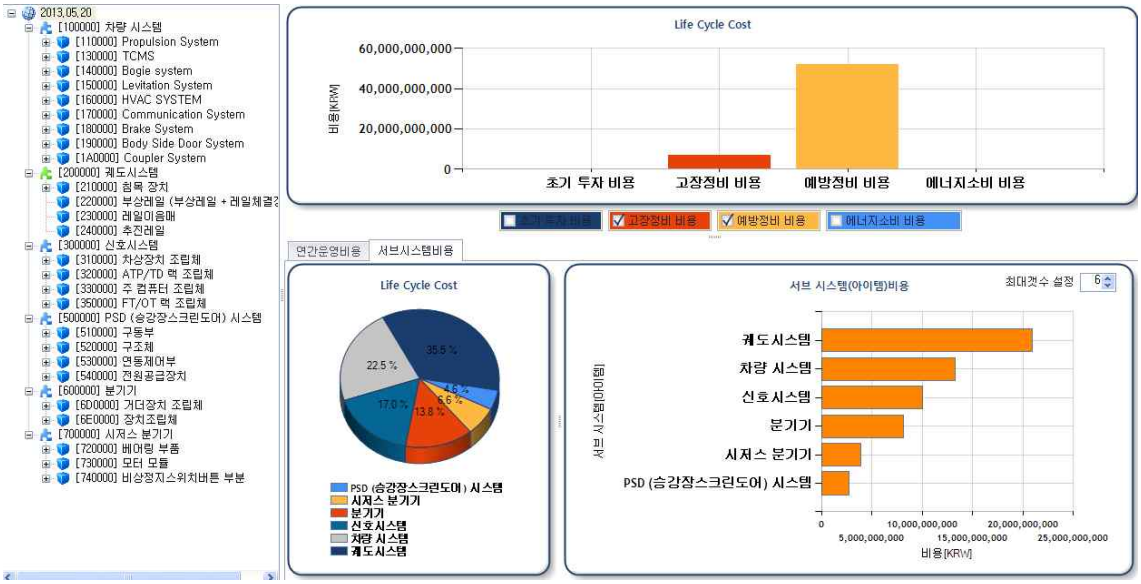
아래 그림은 전체 시스템의 총 LCC 비용에서 각 시스템별로 차지하는 비율을 보인 그림이다. 서브시스템 구성별로 볼 때 총 LCC 비용에서 궤도시스템이 가장 크며, 이어서 차량시스템, 신호시스템, 분기기, PSD, 시저스 분기기 순으로 LCC 비용이 큰 것을 알 수 있다.



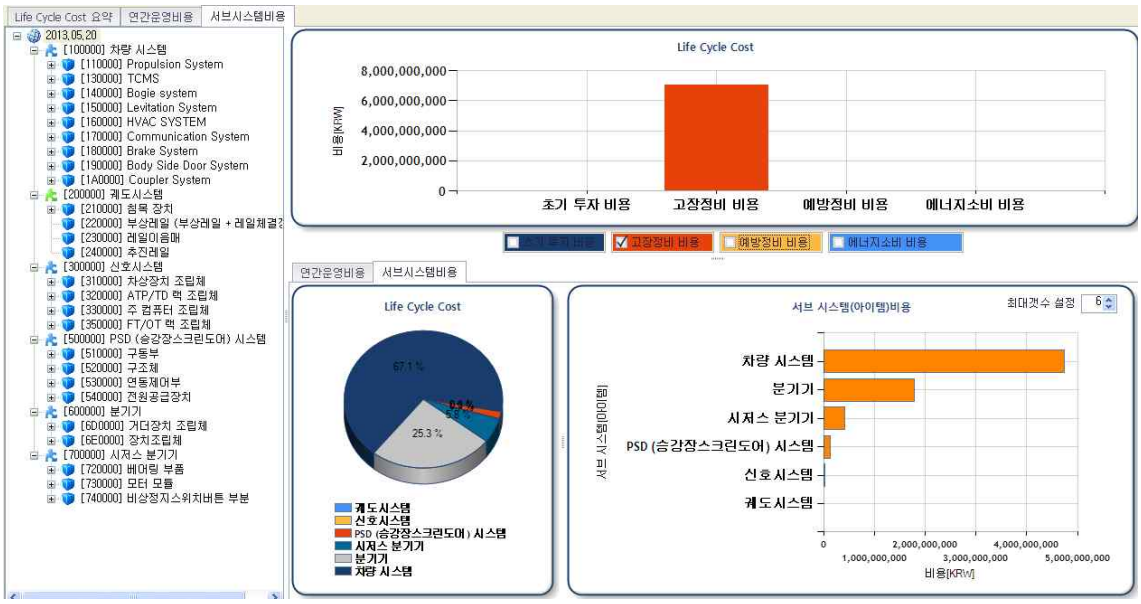
아래 그림은 고정비용인 초기투자비용을 제외한 경우 운영 및 유지보수비용 측면에서 각 서브시스템별로의 LCC 비용 분포를 보인 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 초기투자비용을 제외 할 경우 초기투자비용이 큰 궤도시스템이 2위가 되고 차량시스템이 1위가 된 것을 알 수 있다.



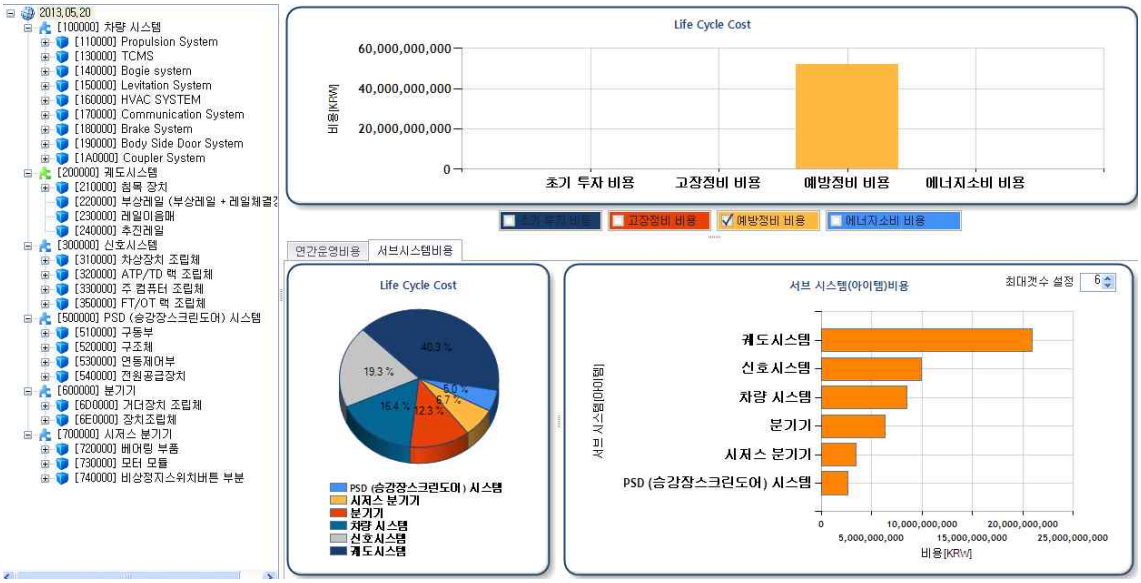
아래 그림은 초기투자비용과 에너지 소비비용을 제외한 경우의 각 서브시스템별로의 LCC 비용 분포를 보인 그림이다. 그림에서 알 수 있듯이 유지보수가 많이 필요한 궤도시스템이 1위가 되고, 에너지 비용이 많이 필요한 차량시스템이 2위가 된 것을 알 수 있다.



아래 그림은 고장정비비용만을 놓고 볼 때 각 서브시스템의 비용분포를 보인 그림이다. 예측가능한 차량시스템의 고장정비비용이 가장 크며, 이어서 분기기, 시저스, PSD, 신호시스템, 궤도시스템의 순으로 비용이 많이 들어가는 것을 알 수 있다.



아래 그림은 예방정비비용만을 놓고 볼 때 각 서브시스템의 비용분포를 보인 그림이다. 위의 고장정비비용과는 달리 차량외 시스템인 궤도시스템이 가장 크며, 이어서 신호시스템, 차량시스템, 분기기, 시저스, PSD 순으로 비용이 많이 들어가는 것을 알 수 있다.



4) 민감도 분석

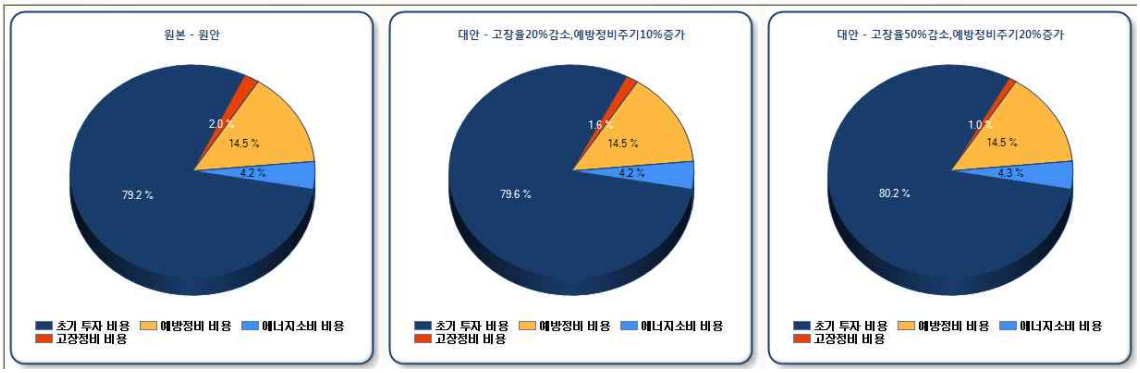
가) 고장율, 예방정비주기 변경

자기부상열차 시스템의 민감도 분석을 위해 유지보수비용에 가장 영향을 미친다고 생각되는 아래 표의 고장율과 예방정비주기의 변경에 대한 LCC 비용의 변동 추이를 판단해 보았다.

	변경 조건
원안	고장율 변경 0, 예방정비주기 변경 0
대안 1	고장율 20% 감소, 예방정비주기 10% 증가
대안 2	고장율 50% 감소, 예방정비주기 20% 증가

아래 그림은 편의를 위해 운영 10년 동안의 상기 변경 조건을 대입하고 계산된 LCC 계산 결과이다. 대상 시스템의 전체 비용을 고려할 때 원안대비 대안 1은 6억원 정도 감소, 대안 2는 14억원 정도 감소됨을 알 수 있다. 개별 시스템을 고려할 경우 궤도 시스템을 제외한 모든 시스템에서 고장율 감소에 따른 비용 축소가 있으나, 궤도시스템의 경우에는 고장정비비용이 0로 가정하였기 때문에 예방정비 활동의 증가로 오히려 원안대비 대안 1은 7억원 정도, 대안 2는 14억원 정도의 비용증가가 있음을 알 수 있다.

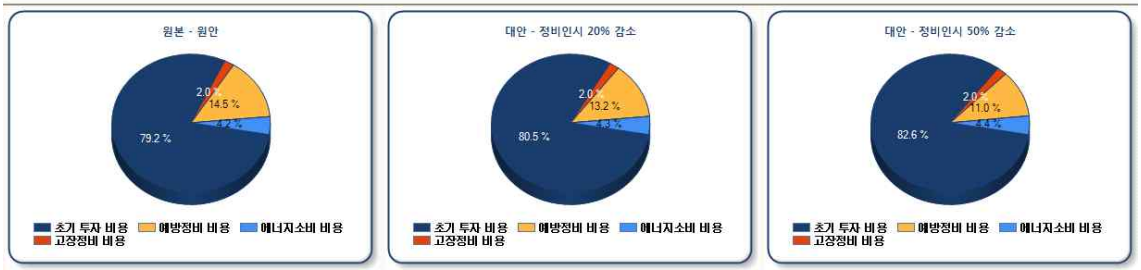
비용항목	원본 - 원안 (KRW)	대안 - 고장율20%감소,예방정비주기10%증가 (KRW)	대안 - 고장율50%감소,예방정비주기20%증가 (KRW)
프로젝트 전체 합계	116,783,675,965	116,149,838,483	115,363,111,116
[100000] 차량 시스템	23,567,107,792	23,099,787,360	22,480,422,209
초기 투자 비용	15,454,640,000	15,454,640,000	15,454,640,000
유지보수 및 운영 비용	8,112,467,792	7,645,147,360	7,025,782,209
[200000] 궤도시스템	45,567,891,334	46,264,305,758	46,960,720,181
초기 투자 비용	38,503,747,104	38,503,747,104	38,503,747,104
유지보수 및 운영 비용	7,064,144,230	7,760,558,654	8,456,973,077
고장정비 비용	0	0	0
예방정비 비용	6,964,144,230	7,660,558,654	8,356,973,077
에너지소비 비용	100,000,000	100,000,000	100,000,000
[300000] 신호시스템	19,638,170,954	19,336,828,107	19,081,728,077
초기 투자 비용	15,950,000,000	15,950,000,000	15,950,000,000
유지보수 및 운영 비용	3,688,170,954	3,386,828,107	3,131,728,077
[500000] PSD (승강장스크린도어)...	10,303,535,157	10,216,915,254	10,138,841,024
초기 투자 비용	9,037,317,594	9,037,317,594	9,037,317,594
유지보수 및 운영 비용	1,266,217,563	1,179,597,660	1,101,523,430
[600000] 분기기	14,068,691,991	13,737,275,547	13,362,032,357
초기 투자 비용	11,341,144,932	11,341,144,932	11,341,144,932
유지보수 및 운영 비용	2,727,547,059	2,396,130,615	2,020,887,425
[700000] 시저스 분기기	3,638,278,737	3,494,726,457	3,345,367,269
초기 투자 비용	2,220,000,000	2,220,000,000	2,220,000,000
유지보수 및 운영 비용	1,418,278,737	1,274,726,457	1,125,367,269



나) 정비인시 변경

자기부상열차 시스템의 민감도 분석을 위해 유지보수비용에 가장 영향을 미친다고 생각되는 정비인시의 20%, 50% 감축에 대한 LCC 비용의 변동 추이를 판단해 보았다. 아래 그림은 편의를 위해 운영 10년 동안의 상기 변경 조건을 대입하고 계산된 LCC 계산 결과이다. 대상 시스템의 전체 비용을 고려할 때 원안대비 대안 1은 19억원 정도 감소, 대안 2는 47억원 정도 감소됨을 알 수 있다. 개별 시스템을 고려할 경우 유지보수비용이 큰 차량시스템, 궤도시스템, 신호시스템에서 다른 시스템보다 큰 폭의 비용 축소가 있음을 알 수 있다. 파이 차트를 볼 때 정비 인시의 감소에 따라 고장비용인 초기투자비용이 증가하고 정비인시와 관련된 예방정비비비용이 감소되는 것을 알 수 있다.

비용항목	원본 - 원안 (KRW)	대안 - 정비인시 20% 감소 (KRW)	대안 - 정비인시 50% 감소 (KRW)
프로젝트 전체 합계	116,783,675,965	114,889,225,042	112,039,022,209
[100000] 차량 시스템	23,567,107,792	23,268,850,088	22,815,113,433
초기 투자 비용	15,454,640,000	15,454,640,000	15,454,640,000
유지보수 및 운영 비용	8,112,467,792	7,814,210,088	7,360,473,433
고장정비 비용	1,581,555,015	1,556,197,644	1,518,178,460
예방정비 비용	2,547,272,777	2,274,372,444	1,858,654,974
에너지소비 비용	3,983,640,000	3,983,640,000	3,983,640,000
[200000] 궤도시스템	45,567,891,334	44,983,049,091	44,102,955,926
초기 투자 비용	38,503,747,104	38,503,747,104	38,503,747,104
유지보수 및 운영 비용	7,064,144,230	6,479,301,987	5,599,208,822
고장정비 비용	0	0	0
예방정비 비용	6,964,144,230	6,379,301,987	5,499,208,822
에너지소비 비용	100,000,000	100,000,000	100,000,000
[300000] 신호시스템	19,638,170,954	18,972,799,997	17,976,773,308
초기 투자 비용	15,950,000,000	15,950,000,000	15,950,000,000
유지보수 및 운영 비용	3,688,170,954	3,022,799,997	2,026,773,308
고장정비 비용	2,508,234	2,269,821	1,912,201
예방정비 비용	3,325,662,720	2,660,530,176	1,664,861,107
에너지소비 비용	360,000,000	360,000,000	360,000,000
[500000] PSD (승강장스크린도어)...	10,303,535,157	10,122,305,845	9,850,614,490
초기 투자 비용	9,037,317,594	9,037,317,594	9,037,317,594
유지보수 및 운영 비용	1,266,217,563	1,084,988,251	813,296,896
[600000] 분기기	14,068,691,991	13,961,127,253	13,798,629,996
초기 투자 비용	11,341,144,932	11,341,144,932	11,341,144,932
유지보수 및 운영 비용	2,727,547,059	2,619,982,321	2,457,485,064
[700000] 시져스 분기기	3,638,278,737	3,581,092,769	3,494,935,055
초기 투자 비용	2,220,000,000	2,220,000,000	2,220,000,000
유지보수 및 운영 비용	1,418,278,737	1,361,092,769	1,274,935,055



다) 결언

자기부상열차 시스템의 LCC 분석을 위해 적용된 데이터(원안)를 가지고 시스템별 주요 비용분포의 현황을 살펴보고, 원안 데이터에 대해 유지보수 비용에 영향을 미치는 고장율, 예방정비주기, 정비인시에 대한 변화를 줄 때 LCC 비용에 어떠한 변화가 발생하는지를 살펴 보았다. 분석 결과 자기부상열차 LCC 비용에 가장 큰 영향을 미치는 시스템은 궤도시스템, 차량시스템, 신호시스템이었으며, 민감도 분석 결과도 각 서브시스템에 대한 비용변화가 타 시스템대비 가장 큰 것을 알 수 있었다. 따라서 개발된 LCC 모델을 적용한 LCC SW를 통해 LCC 분석을 수행할 경우 다양한 관점에서의 분석이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

(아) 결 론

자기부상열차 LCC 분석을 위해 관련 국제규격과 해외 사례 조사를 통해 LCC 분석 절차를 수립하고, 사업 수행시 나오는 LCC 관련 데이터 수집을 위해 LCC 데이터 수집 양식과 LCC 분석을 위한 데이터베이스를 구축하였다. 또한 LCC 계산을 위한 방법론 개발을 위해 해외 UNIFE 및 REMAIN 프로젝트에서 개발된 LCC 모델을 참조하여 국내 실정에 적합한 LCC 모델

을 개발하였다. 이러한 연차별로 시행된 LCC 분석 기반 구축을 통해 최종 년도인 7차년도에서는 상위과제로부터 RAM 유지보수성 데이터 제공이 완료된 완성차량, 신호시스템, 분기기, PSD 시스템과 현장 중심의 궤도시스템에 대해 개발된 상세모델과 개략모델을 적용하여 전문가가 아니라도 손쉽게 계산 가능하도록 개발된 LCC SW를 적용하여 분석을 수행하였다.

분석 결과를 검토해 볼 때 개발된 LCC 모델과 LCC SW는 입/출력 데이터를 감안할 때 예측가능한 범위에서 LCC 결과를 계산하여 생성하고 있음을 알 수 있었다. 아쉬운 점이 있다면 자기부상열차 LCC 분석을 위해 적용된 데이터는 개발된 LCC 데이터 수집 Sheet를 통한 것이 아니라 RAM 유지보수성 분석 자료를 기반으로 분석자가 LCC 계산 양식에 따라 재배치한 것임을 밝힌다. 따라서 이러한 재배치 과정에서 당초 없었던 부품별 단가 및 초기투자비용 등은 현장 및 인터넷에서 입수한 견적서를 토대로 추정한 값을 적용하였다. 또한 LCC 분석 결과를 검토할 때 제공된 많은 RAM 데이터에서의 오류가 있어, RAM 데이터와 LCC 비용과의 관계 파악 및 보정에 많은 시간이 투자되었음을 밝힌다.

과제를 수행하는 동안 “과연 정확한 LCC 비용 추정은 가능한 것인가”에 대한 문제에 많은 의구심이 들었다. 그러나 이는 LCC 입력데이터가 정확하고, LCC 분석을 위해 구축된 계산 모델을 모든 관계자가 통일시켜 적용한다면 여기서 나온 LCC 분석결과는 모든 사람이 동일한 관점에서의 LCC 계산 결과이므로 향후 LCC 분석의 궁극적인 목적인 시스템 비용성능 분석에 유용하게 활용될 수 있다고 생각된다.

본 과제에서 적용된 데이터의 경우에도 LCC 분석에 바로 적용이 가능할 정도의 명확한 구분 체계가 미흡하고 유지보수 활동과 관련된 많은 데이터가 누락된 것이 많아 향후 일련의 절차를 통해 데이터에 대한 검증이루어져야 될 것으로 판단된다. 그러나 RAM 데이터를 적용한 철도시스템에 대한 LCC 분석이 국내에서는 처음 시도되는 것이고, 시운전/영업운전 등을 통하여 점차 실제 현상을 정확하게 반영한 데이터가 축적된다면, 본 과제에서 개발된 LCC 모델과 S/W의 활용하여 유지보수 측면에서의 보다 신뢰성 있는 LCC 분석이 가능하게 될 것이라 판단된다.

러. 자기부상열차 LCC 분석 S/W 구현

(1) LCC SW 개발 개요

(가) 개발의 목적 및 중요성

유지보수관점에서 자기부상열차시스템에 대한 수명주기비용(Life Cycle Cost ; LCC)를 예측하기 위해서는 시스템/모듈/부품단위까지의 유지보수 데이터 및 비용 데이터가 필요하며, 자기부상열차 시스템 전체를 대상으로 하기 때문에 데이터가 매우 방대하며 따라서 수작업으로 LCC를 계산하기는 불가능하다. 따라서 LCC 계산을 자동으로 하기 위한 S/W를 개발하게 되었다.

LCC S/W는 전체시스템에 대한 비용계산을 빠르게 수행할 뿐만 아니라 비용계산을 위해 획득한 데이터 및 계산결과를 DB화하여 저장/관리할 수 있으므로 데이터의 이력관리기 가능하고 다양한 대안을 빠르고 정확하게 시뮬레이션 함으로써 주어진 조건하에서 최적의 솔루션을 도출할 수 있는 장점이 있다.

(나) 기능적 요구조건

LCC S/W는 데이터 획득기능, LCC 계산기능, 결과보고기능, 데이터저장 및 관리기능으로 구성되어야 하며 이를 구현하기 위한 각각의 기능적 조건들은 다음과 같다.

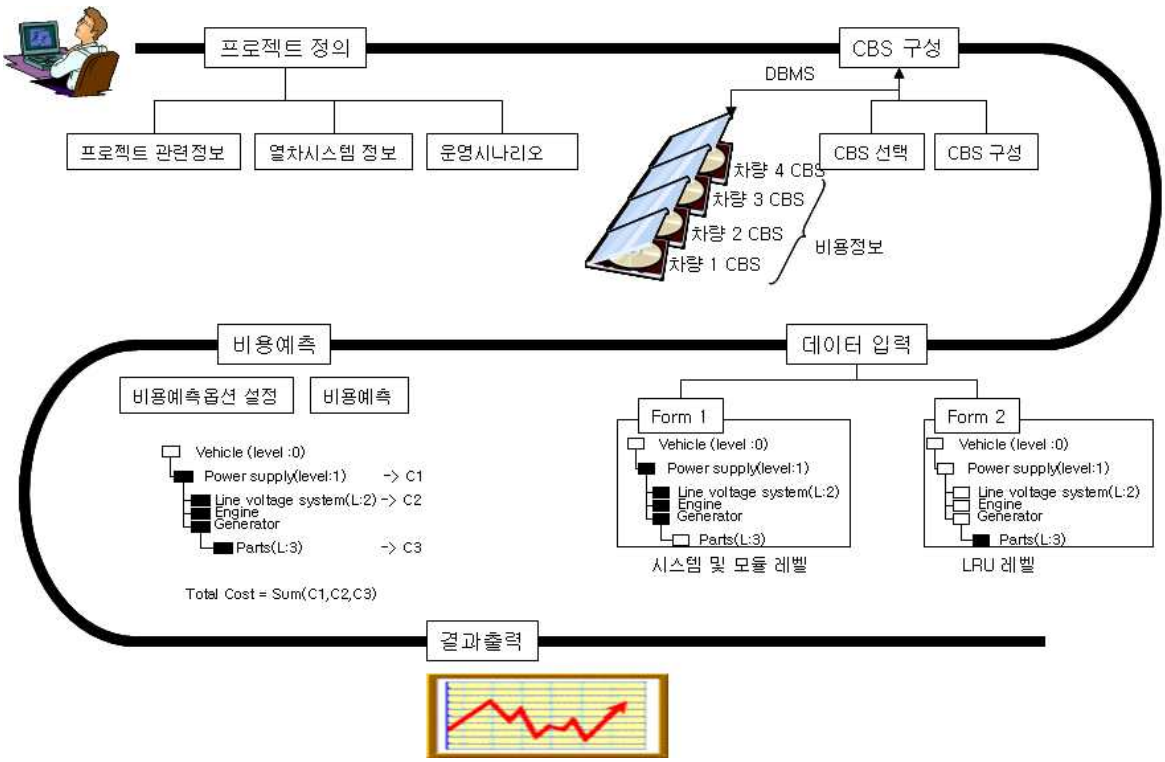
- 자기부상열차시스템을 도입 및 수명주기 동안 운행하는데 필요한 모든 비용의 예측기능을 제공하여야 한다.
- 자기부상열차시스템을 운행하는데 필요한 비용 프로파일을 제공하여야 한다.
- 서브시스템(예. 제동장치)을 도입 및 수명주기 동안 사용하는데 필요한 모든 비용의 예측기능을 제공하여야 한다.
- 서브시스템(예. 제동장치)을 매년 운행하는데 필요한 비용 프로파일을 제공하여야 한다.
- 서브시스템 A를 사용했을 경우와 B를 사용했을 경우에 대한 대안비교 기능을 제공하여야 한다.

(2) LCC SW 구성 및 주요 모듈

(가) LCC 계산 프로세스

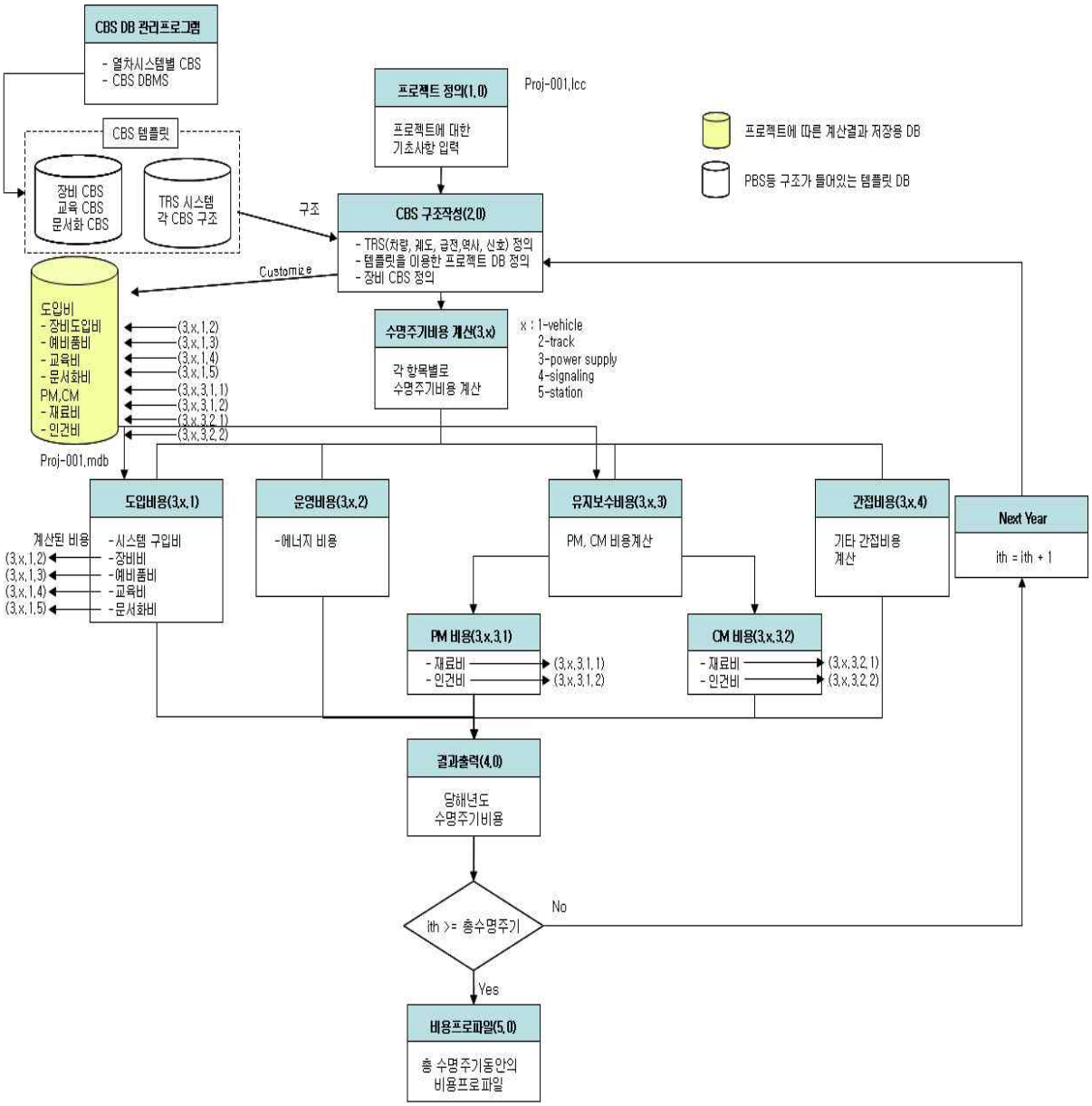
그림 1은 개발된 LCC S/W의 수행절차로써 프로젝트 정의, 비용구성트리(Cost Breakdown Structure : 츈) 구성, 유지보수 및 비용 데이터 입력, 비용예측 및 결과 출력의 과정을 거친다.

- 프로젝트 정의 : 해석을 원하는 시스템에 대한 정보, LCC 해석을 수행하는 기관 등의 정보, 해석조건 등을 정의한다.
- CBS 구성 : 기존의 CBS DB로부터 적절한 CBS 트리(Tree)를 추출하여 완성된 CBS Tree 구조를 만든다.
- 데이터입력 : 템플릿으로부터 불러온 비용데이터 검토 및 추가적인 데이터를 입력한다.
- 비용예측 : 데이터베이스에 수록되어 있는 레코드를 기준으로 수명주기동안 반복하여 비용을 계산한다.
- 결과출력 : 총수명주기비용, 비용프로파일 등을 출력한다.



[그림 308]LCC S/W 프로세스 흐름도

아래 그림은 LCC S/W의 기능 블록도로써 데이터베이스 시스템을 기본으로 하며, 데이터베이스에 저장된 CBS 및 비용데이터를 기반으로 하여 사용자가 비용계산에 필요한 데이터를 입력하며, 입력이 완료되면 계산조건에 따라 LCC를 계산하고 결과를 출력하는 과정으로 구성되어 있다.



[그림 309]소프트웨어 기능블럭도

(나) LCC SW 구성

총 수명주기비용은 “초기투자비용“과 ”운용 및 유지보수비용“으로 구분하고 이들을 각각 계산하여 합산하는 형식으로 구성하였다.

■ 초기투자비용

- 유지보수 장비 구입비용
- 소모품 구입비용
- 엔지니어링 비용
- 시스템 구입비

- 훈련 및 교육비용
- 초기 예비품 비용

■ 운용 및 유지보수비용
- 연간 에너지 소비비용
- 고장정비비
- 예방정비비

본 프로그램에서 수명주기비용은 다음 그림과 같이 구성하였다.

[그림 310]총수명주기비용 구성도

초기투자비용은 초기연도에 발생하는 비용을 기준으로 계산하며 입력항목과 계산방법은 다음과 같다.

비용항목	입력 방법	계산방법
유지보수 장비 구입비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
소모품 구입비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
엔지니어링 비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
시스템 구입비	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
훈련 및 교육비용	시스템 단위로 입력	등록된 모든 시스템 별 발생하는 비용을 모두 합산하여 계산
초기 예비품 비용	아이템 기준으로 예비품 가격, 가격 단위 및 수량을 입력	모든 예비품의 [예비품 가격 X 예비품 수량 X 총 시스템수] 의 합

운영 및 유지보수 비용은 구성품에 대한 고장 및 예방 정비를 분석한 내용과 연간 에너지 소비 비용을 기준으로 산출한다.

<table>
<tr><th>비용
항목</th><th>입력항목</th><th>계산방법</th></tr>
<tr><td rowspan="2">고장
정비비</td><td>품목 고장모드 별 고장률, 수리가능여부, 인건비, 재료비를 품목 기준으로 입력</td><td>$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}}\left(\sum_{j}^{\text{모든품목}} \text{품목별연간고장정비비}_j\right)$
품목 별 연간 고장정비비i = 인건비i + 자재비i</td></tr>
<tr><td colspan="2">■ 수리가능일 경우
$\text{인건비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\sum \text{현장정비인시} \times \text{현장정비인시비} + \sum Component\,shop\,\text{인시} \times Component\,shop\,\text{인시비}\right)$
$\text{자재비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\text{품목단가} \times \text{예비품개수} + \sum \text{현장정비재료비} + \sum Component\,shop\,\text{재료비}\right)$
■ 수리불가능일 경우
$\text{인건비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\sum \text{현장정비인시} \times \text{현장정비인시비}\right)$
$\text{자재비} = \text{연간고장발생횟수} \times \left(\text{품목단가} \times \text{예비품개수} + \sum \text{현장정비재료비}\right)$
■ 연간고장발생횟수
$\text{연간고장발생횟수} = (\text{연간운행시간} \times \text{고장률}) \times \text{품목수량}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">예방
정비비</td><td>품목 예방정비별 예방정비 주기, 인건비, 재료비를 시스템별로 입력</td><td>$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}}\left(\sum_{j}^{\text{모든품목}} \text{품목별연간예방정비비}_j\right)$
품목 별 연간 예방정비비i = 인건비i + 자재비i</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\text{인건비} = \text{연간예방정비횟수} \times \left(\sum \text{현장정비인시} \times \text{현장정비인시비} + \sum Component\,shop\,\text{인시} \times Component\,shop\,\text{인시비}\right)$
$\text{자재비} = \text{연간예방정비횟수} \times \left\{\text{품목단가} \times (\text{현장정비개수} + \text{현장정비예비품개수}) + \sum \text{현장정비재료비} + \sum Component\,shop\,\text{재료비}\right\}$
■ 연간 예방정비 횟수
$\text{연간예방정비횟수} = \text{예방정비주기} \times \text{예방정비주기별연간횟수}$</td></tr>
<tr><td>연간
에너지
소비
비용</td><td>연간 소모되는 에너지 비용을 시스템 단위로 합산하여 입력</td><td>$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}}(\text{에너지비}_i)$</td></tr>
</table>

고장정비비를 산출하기 위해 품목 고장모드 별 고장률, 수리가능여부, 인건비, 재료비 항목을 품목 기준으로 아래와 같이 입력한다.

입력 항목			설명	필수
고장모드			FMEA 분석 시트를 참고하여 작성한 LRU의 고장모드	O
유지보수 업무			정비 업무에 관한 설명	O
고장률			고장모드의 고장률(100만 시간당 고장 횟수)	O
수리 가능 여부			수리가 가능 여부를 'Y', 'N' 으로 입력	
현장정비 재료 비용	예비품	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
	소모재료	명칭	현장정비 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
Component Shop 재료 비용	소모재료	명칭	Component Shop 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
인건비용	현장정비	인력수	유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수	
		인시		
	Component Shop	인력수		
		인시		

품목 예방정비별 비용을 아래와 같이 입력한다.

입력 항목			설명	필수
예방정비 업무코드			예방정비 업무에 대한 고유 코드 (IN, SV, RP, NDT, OV)	O
예방정비 업무			예방정비 업무에 대한 설명	O
예방정비 주기			주기 단위별 횟수	O
주기 단위			정비 주기의 단위 (Y, M, D, Km) km 인 경우 연간운행거리에 따라 시간으로 환산함	O
현장정비 재료 비용	예비품	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
	소모재료	명칭	현장정비 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
Component Shop 재료 비용	소모재료	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
		명칭	Component Shop 재료 비용	

		개수		
		단위		
		가격		
인건비용	현장정비	인력수	유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수	
		인시		
	Component Shop	인력수		
		인시		

LCC 계산모델은 상세모델과 개략모델 두 가지가 있으며 계산법은 다음 표와 같다.

■ 상세 모델

비용항목	계산 방법
유지보수 장비구입비용	유지보수장비구입비용 = $\sum_{i=1}^{n} no_{(equip)i} \times CE_i$
	● n : 장비구입비의 모든 항목 ● no : 장비의 수량 ● CE : 장비의 가격
초기 예비품비용	초기예비품비용 = $\sum_{i=1}^{n} no_{(spare)i} \times CSP_i$
	● n : 초기 예비품비용의 모든 항목 ● no : 필요한 초기 예비품 수량 ● CSP : 예비품의 가격
고장정비비	연간고장정비비 = $\left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\begin{array}{l}\text{예비품및기타재료비}_i \\ +\left(\begin{array}{l}\text{교체정비시간}_i + \text{교체인력수}_i \\ + \text{수리정비시간}_i \times \text{수리인력수}_i\end{array}\right) \times \text{인시비}_i\end{array}\right) \times \text{연간고장발생횟수}_i\right\}$
	● n : 모든 품목의 종류 ● (연간운행시간 × 고장률$_i$)의 소수점 이하는 다음 연도에 포함되어 계산됨 ● 연간고장발생횟수$_i$ = 연간운행시간 × 고장률 ● 고장발생시점 계산 방법에 따라 고장발생횟수는 달라짐
예방정비비	연간예방정비비 = $\left\{\sum_{i=1}^{n}\left(\begin{array}{l}\text{예비품및기타재료비}_i \\ +\left(PM\text{시간}_i \times PM\text{인력수}_i\right) \times \text{인시비}_i\end{array}\right) \times \text{연간}PM\text{횟수}_i\right\}$
	● n : 모든 품목의 종류 ● 연간PM횟수$_i$ = 예방정비주기 × 주기별연간횟수 ● 주기별연간횟수 : year =1, month = 12, day = 365, Km = 연간운행거리에 따라 환산 ● (예방정비주기 × 주기별연간횟수)의 소수점 이하는 다음 연도에 포함되어 계산됨
에너지 소비 비용	$\sum_{i=1}^{\text{수명주기}} (\text{연간에너지소비비용}_i)$

■ 개략 모델

비용항목	계산방법
초기투자비용 (INV)	$INV = EPC + ENC + INC + ISC + ITC + DIC$
	● EPC(Equipment and materials Cost): 장비 및 자재 구매비용 ● ENC(Engineering Cost): 엔지니어링 비용 ● INC(Installation Cost): 설치 비용 ● ISC(Initial Spares Cost): 초기 예비품 비용 ● ITC(Initial Training Cost): 초기 교육 비용
연간 유지보수 및 운영비용 (AMC)	$AMC = CMC + PMC + ECC$
	● CMC(Corrective Maintenance Cost) : 연간 보수정비 비용 ● PMC(Calendar based PM Cost) : 연간 Calendar기반의 예방정비 비용 ● ECC(Energy Consumption Cost) : 연간 에너지 소비 비용
연간 보수정비 비용 (CMC)	CMC = 아이템수량 × (연간고장횟수 × (재료비 + 인시 × 시간당표준인건비) + 연간로지스틱비용)
연간 예방정비 비용 (PMC)	PMC = 아이템수량 × (연간예방정비횟수 × (재료비 + 인시 × 시간당표준인건비) + 연간로지스틱비용)
연간 에너지 소비 비용 (ECC)	입력

초기 투자비용과 운용 및 유지비 입력 항목을 이용하여 비용 항목별 계산 방법에 따라 수명주기비용을 산출하며, 수명주기비용은 수명주기 동안의 자기부상열차 시스템의 총 비용, 연간 비용, 품목별 비용 등을 산출한다.
산출 과정에 할인율에 대해 아래의 식을 적용하여 연간 등가값을 산출할 수 있다.

$$f = \left[1-(1+k)^{-m}\right]/k$$

- k : 할인율(이자율 - 물가상승률)
- m : 총 운영 연수
- 연이율 k의 값은 일정하다고 가정함.
- 미래 가치를 현재 가치로 환산해 적용함
- m년 동안 운영한 $total\,discounted\,\mathrm{cost} = S \bullet f$ (S:연간비용)

(다) LCC SW 주요 모듈 구성

앞서 제시된 LCC S/W의 기능적 요구조건을 만족시키기 위하여 아래 그림과 같이 LCC S/W의 주요 모듈을 구성하였다.

[그림 311]LCC 소프트웨어 주요 모듈 구성도

LCC S/W 주요기능을 완성하기 위하여 총 22개의 화면을 디자인하였으며, 각각의 화면에 대한 기능적 설명은 다음과 같다.

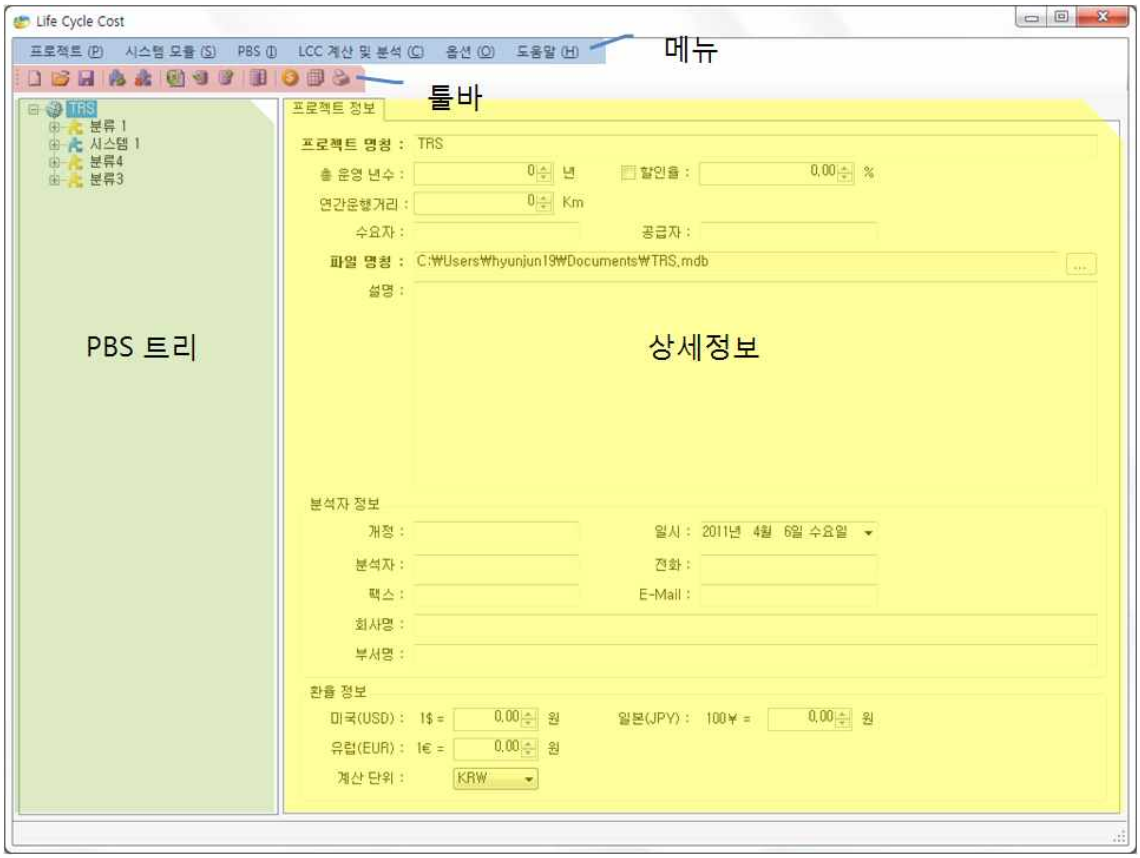
No	화면ID	화면명	기능 설명
1	MainFrame	메인화면	메인 화면
2	ProjectNew	새 프로젝트	새로운 프로젝트를 생성
3	RecentProjectList	최근 작업프로젝트	기존의 프로젝트 파일을 선택하여 가져오기
4	UsrProjectInfo	프로젝트 정보	프로젝트에 대한 정보 입력 및 조회
5	SystemInfo	시스템 정보	시스템 모듈에 대한 정보 입력 및 조회
6	ClassInfo	분류 정보	분류정보에 대한 입력 및 조회
7	ImportCarModule	차량 시스템 모듈 가져오기	이전의 차량시스템 기반 LCC 프로그램의 데이터를 가져오기
8	UsrKRRIInfo	상세 모델 Item 정보	상세 모델의 고장정비, 예방정비 등 Item 정보를 입력 및 조회
9	UsrRemainInfo	개략 모델 Item 정보	개략 모델의 고장정비, 예방정비 등 Item 정보를 입력 및 조회
10	UsrSpareAll	예비품 전체보기	전체 예비품의 수량정보를 입력 및 조회
11	SpareCalc	예비품 수량 계산	예비품 수량을 계산해주는 팝업
12	ImportFromExcel	Excel 데이터 가져오기	엑셀로 유지보수비정보를 가져오기
13	ItemImport	서버데이터 가져오기	서버로부터 고장, 예방 정비에 대한 유지보수 비를 가져옴
14	ItemExport	서버데이터 내보내기	서버로 고장, 예방 정비에 대한 유지보수 비를 내보냄
15	SqlConnInfo	데이터베이스 접속정보	서버데이터를 가져오거나 내보내기 할 때에 데이터베이스 연결정보를 입력
16	PasswdChange	패스워드 변경	서버DB 내보내기 하는 비밀번호 변경
17	CostCalculation	비용계산	PBS에서 입력한 정보에 대해 총수명주기 비용을 계산
18	UsrResultMst	결과목록	비용계산 결과목록을 조회
19	ExportLcc2Excel	총수명주기 비용 출력	총수명주기비용 결과를 Excel 보고서로 출력
20	ChangeInputData	일괄변경	고장률, 정비주기, 정비인시, 예비품 가격등을 일괄변경
21	AlterComparison	민감도 분석 계산	원본과 대안을 선택해서 민감도 분석을 위해 총수명주기비용을 계산
22	DlgAlterResult	민감도 분석 결과	민감도 분석 계산 결과를 비교 조회

(3) LCC SW 사용설명서

(가) 메인화면

1) 화면구성

LCC 화면은 다음과 같이 구성되어 있다. 화명은 크게 메뉴, 툴바, PBS 트리 및 각각의 메뉴에 대한 상세정보를 확인할 수 있는 영역으로 구성하였다.



: LCC의 다양한 기능을 사용할 수 있는 메뉴이다.

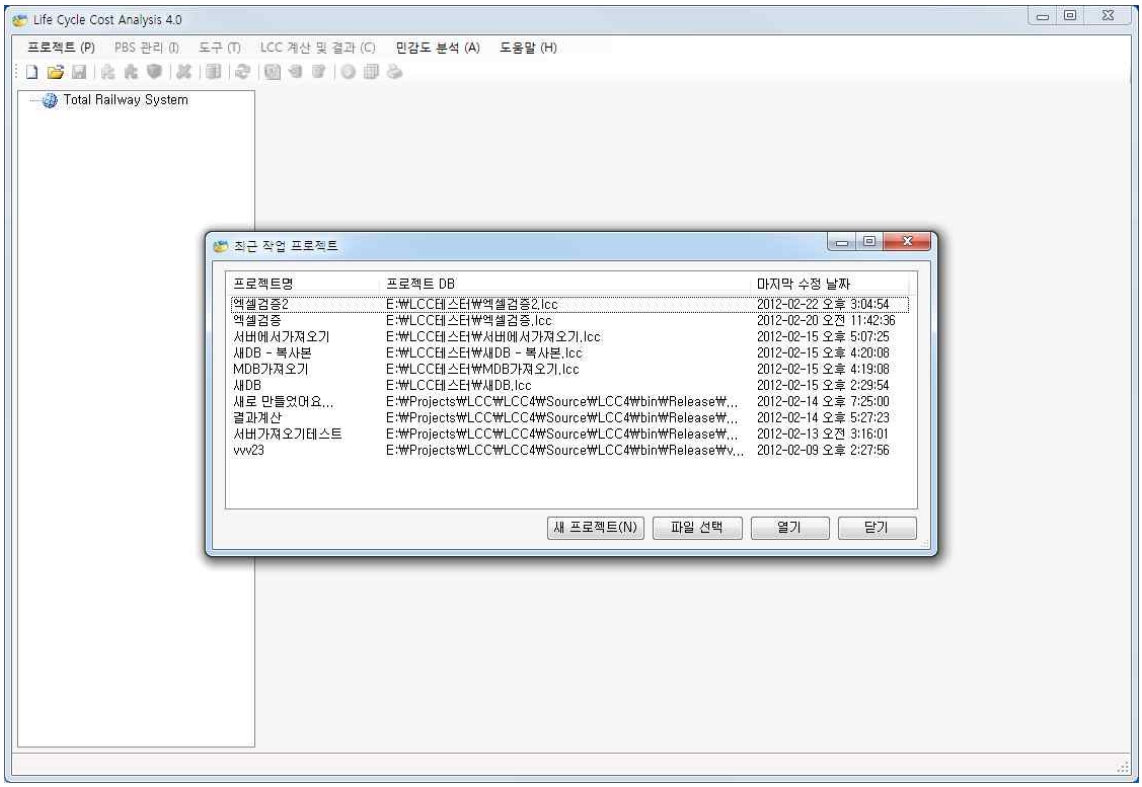
: LCC에서 자주 사용되는 기능을 모아 놓은 툴바이다.

: PBS를 조회하고 관리할 수 있는 PBS 트리이다.

: PBS 트리에서 선택한 노드의 상세정보 화면이다.

PBS 트리와 상세정보 영역 사이를 마우스로 드래그해서 조절할 수 있다.

LCC 계산 소프트웨어를 실행하면 아래의 그림과 같이 최근 사용한 파일 목록을 보여주는 화면이 나타나게 되고 이를 이용하여 이전에 작업했던 프로젝트를 쉽게 접근할 수 있도록 하였다.



“최근 작업 프로젝트” 화면에 표현되는 버튼은 다음과 같다.

새 프로젝트(N) : 새 프로젝트 생성 화면으로 이동

파일 선택 : 파일을 선택하는 화면이 나타나서 직접 파일을 선택

열기 : 목록에서 선택한 프로젝트 로딩

닫기 : “최근 작업 프로젝트” 화면을 닫음.

2) 메인메뉴

메인메뉴는 아래와 같으며, 프로젝트의 관리 및 기본 정보를 관리하는 프로젝트 메뉴와 LCC 계산을 위한 PBS 정보를 관리하는 PBS 관리 메뉴까지 현재 구현되어있다.

프로젝트 (P) PBS 관리 (I) 도구 (T) LCC 계산 및 결과 (C) 민감도 분석 (A) 도움말 (H)

※ 열려진 프로젝트가 없을 때에는 메뉴들이 비활성화 되어서 나타난다.

3) 도구모음

메인 메뉴 아래에는 사용자의 편의를 위해서 즐겨 쓰는 메뉴들의 아이콘을

모은 도구모음이 있다.

[새로 만들기] : 새로운 프로젝트를 생성한다.

[열기] : 최근 사용한 파일목록창이 나타난다.

[저장] : 다른 이름으로 프로젝트를 저장한다.

[분류추가] : PBS에 분류를 추가한다.

[시스템 모듈 추가] : PBS에 시스템 모듈을 추가한다.

[Item 추가] : PBS에 Item을 추가한다.

[삭제] : PBS에서 선택된 노드를 삭제한다.

[초기 구매 예비품 전체보기] : 예비품 전체를 한 화면에서 조회한다.

[새로 고침] PBS 트리를 새로 고친다.

[PBS 엑셀 가져오기] : 지정된 양식에 작성된 엑셀로부터 데이터를 가져온다.

[PBS 서버의 Item 가져오기] : 서버로 부터 가져올 데이터를 선택하는 창을 나타낸다.

[PBS 서버로 내보내기] : 서버로 내보내서 저장할 데이터를 선택하는 창을 나타낸다.

[LCC 계산] : 수명주기비용을 계산하는 창을 나타낸다.

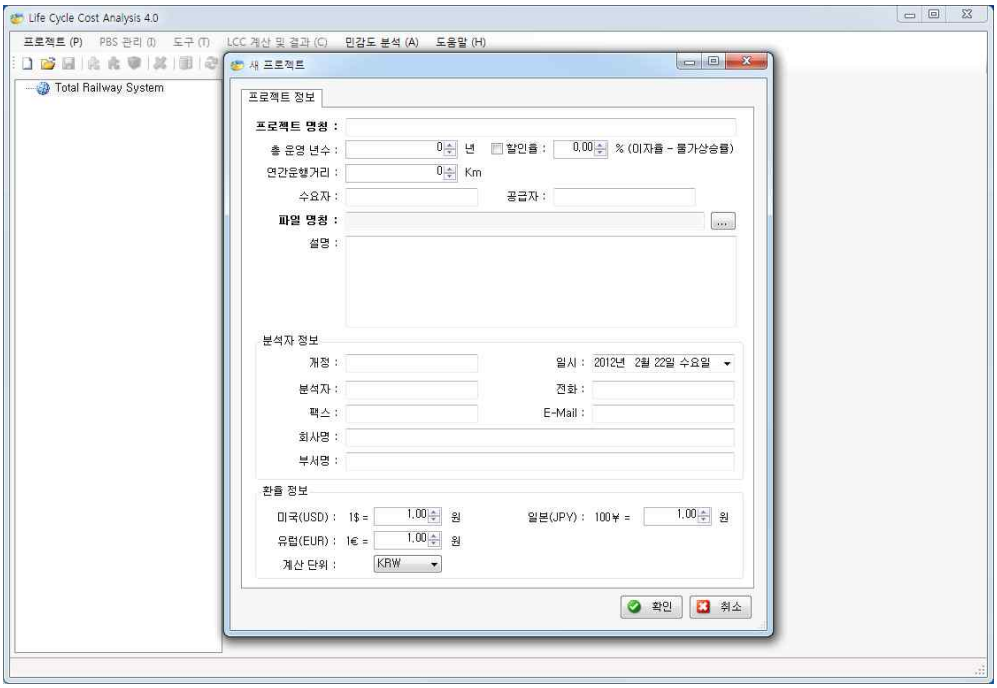
[LCC 결과] : 수명주기비용 계산결과 목록화면을 조회한다.

[LCC 결과 출력] : 수명주기비용 계산결과를 엑셀로 출력한다.

(나) 메인화면

1) 프로젝트 새로 만들기

신규 프로젝트를 생성하기 위해 필요한 프로젝트의 기본정보와 프로젝트를 분석하는 분석자 정보를 입력하는 화면이다.



■ 새로운 프로젝트를 생성하는 순서는 다음과 같다.

1) [프로젝트] → [새로 만들기] 메뉴를 클릭한다.

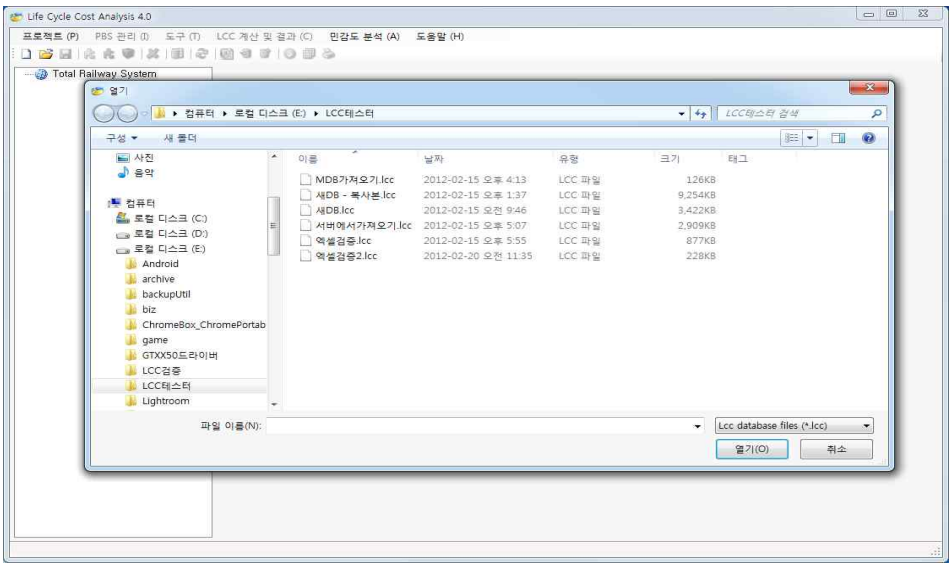
2) 프로젝트 명칭을 입력하고 파일 명칭을 선택한다.

3) 확인 버튼을 클릭하면 (프로젝트관리DB에 입력한 값).lcc 라는 SQLite 용 DB 파일(이하 DB)이 생성된다.

4) 취소 버튼을 클릭하면 프로젝트 생성을 취소하고 창을 닫는다.

2) 열기

열기메뉴에서 특정 LCC 데이터베이스 파일을 지정해서 열 수 있다.



■ 프로젝트를 여는 순서는 다음과 같다.

가) [프로젝트] → [프로젝트 열기] 메뉴를 클릭한다.

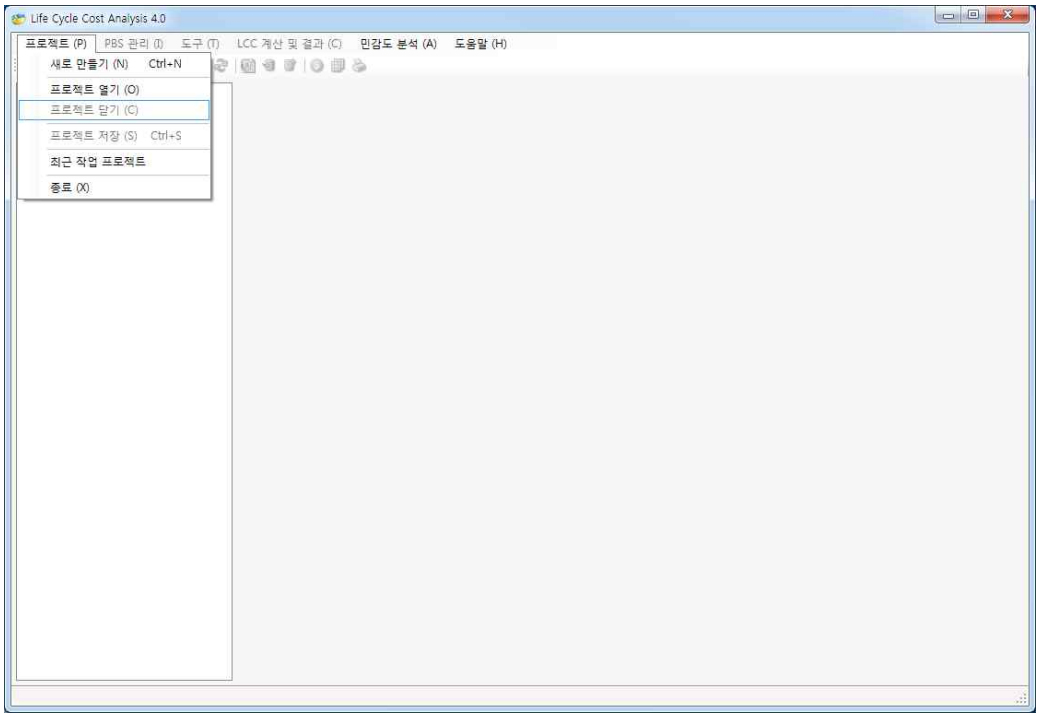
나) LCC 데이터베이스 파일을 찾아서 선택한다. 열기 창에서는 lcc 파일만 선택할 수 있다.

다) 열기를 선택하면 LCC 데이터베이스 파일의 있는 내용이 로드된다.

라) 취소를 선택하면 열기창이 닫히게 된다.

3) 프로젝트 닫기

현재 열려져 있는 프로젝트를 닫고 아래와 같은 초기 상태로 전환한다.



■ 프로젝트를 닫는 순서는 다음과 같다.

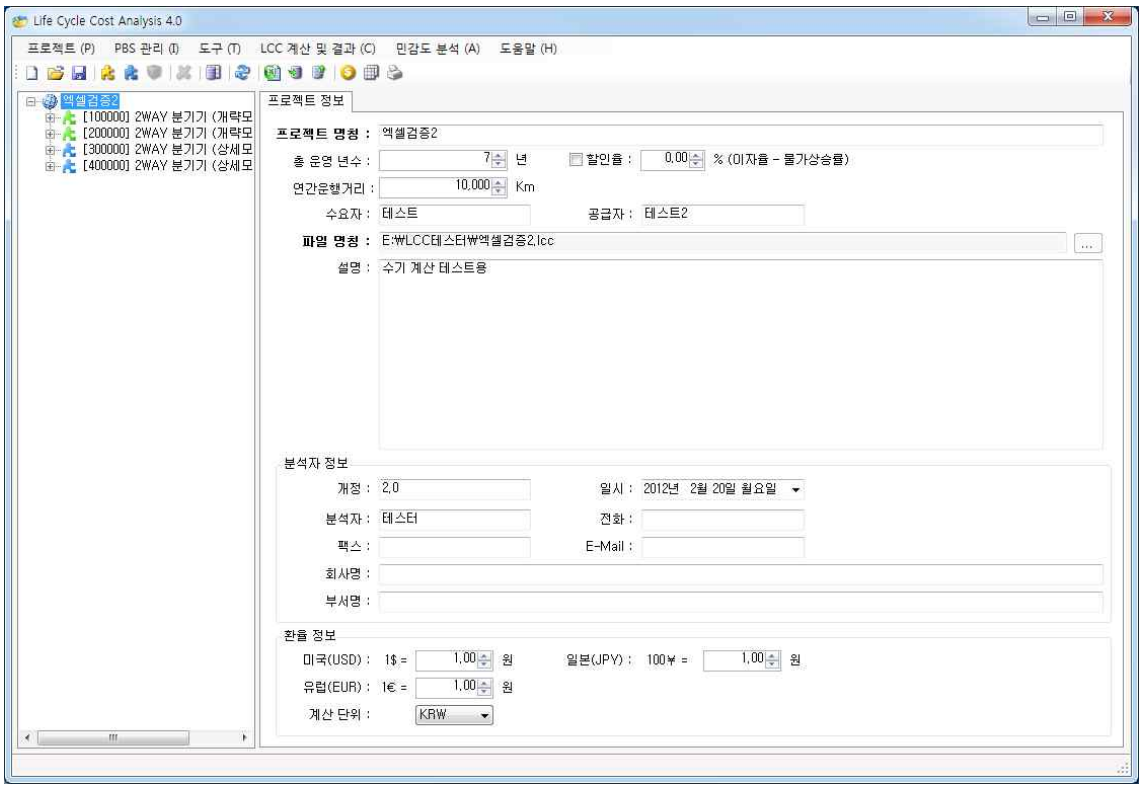
가) [프로젝트] → [프로젝트 닫기] 메뉴를 클릭한다.

나) 저장되지 않은 내용이 있으면 변경사항 저장여부를 선택한다.

다) 프로젝트가 닫히게 되면 프로젝트 메뉴를 제외한 나머지 메뉴는 사용할 수 없게 되며 상세정보 화면도 공백이 된다.

4) 프로젝트 정보

프로젝트 정보는 좌측 트리에서 프로젝트 이름을 선택하면 우측화면에 프로젝트 정보를 조회할 수 있다.



5) 끝내기

현재 열려진 프로젝트가 종료되며 프로그램이 종료된다. 저장하지 않은 데이터는 손실된다.

■ 프로젝트를 종료하는 순서는 다음과 같다.

가) [프로젝트] → [종료] 메뉴를 클릭한다.

나) 저장되지 않은 내용이 있으면 변경사항 저장여부를 선택한다.

다) 확인을 선택하면 변경된 내용을 저장하고 프로그램이 종료된다.

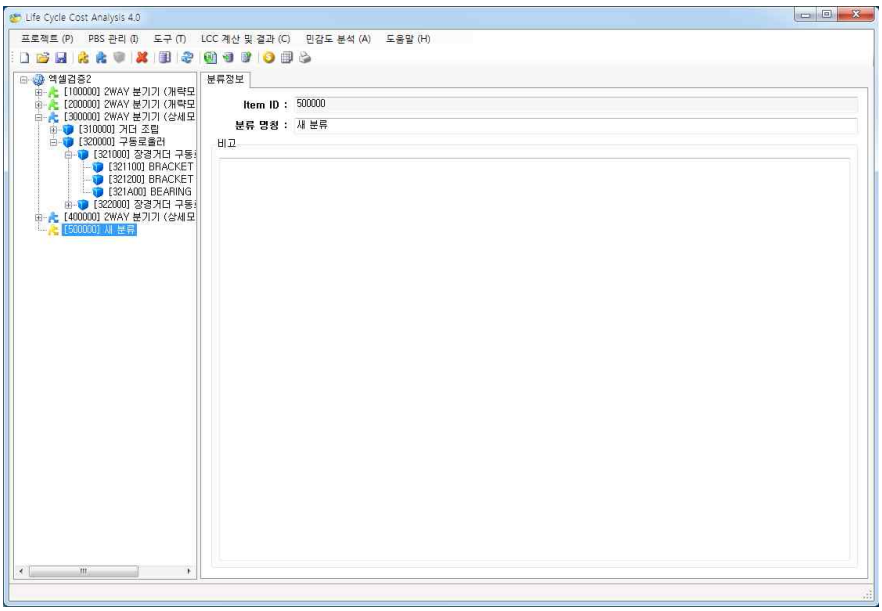
라) [아니요]를 선택하면 변경된 내용을 저장하지 않고 프로그램이 종료된다. 이 경우 저장되지 않은 내용은 다시 복구할 수 없으니 신중하게 선택해야 한다.

마) [취소]를 선택하면 프로그램 종료가 취소된다.

[PBS(Product Breakdown Structure)]

1) 분류

LCC에서는 여러 개의 비슷한 시스템을 하나의 분류로 지정할 수 있다.



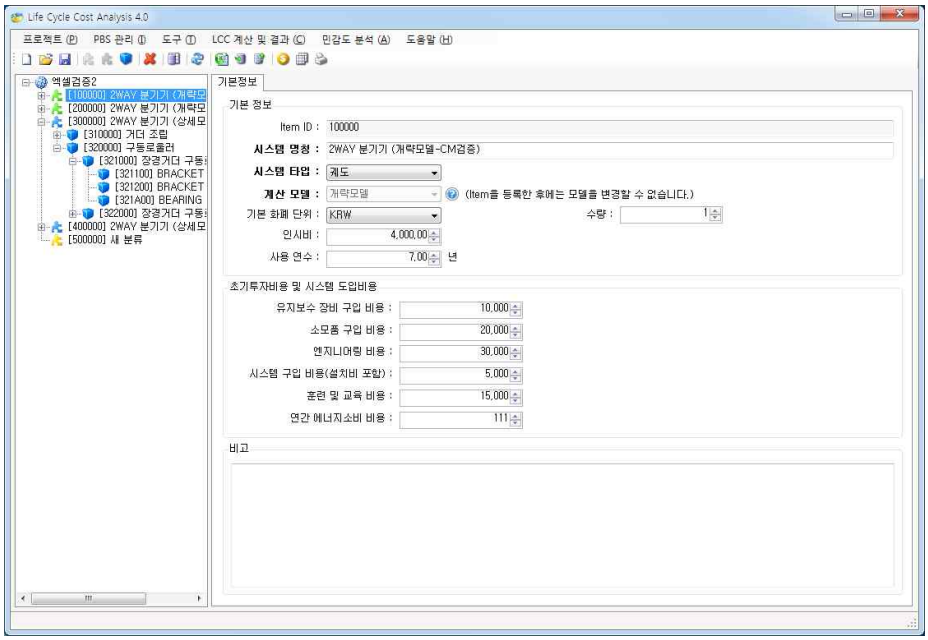
■ 분류를 추가하는 방법은 다음과 같다.

가) PBS 트리에서 프로젝트나 분류, 시스템을 마우스로 우클릭하면 [분류 추가] 메뉴가 나타난다.

나) [분류 추가]를 클릭하면 상세정보 화면에서 분류에 대한 정보를 입력/수정/조회할 수 있다.

2) 시스템 모듈

각 시스템에 대한 정보를 입력/수정/조회하는 화면이다.



■ 시스템 타입을 추가하는 방법은 다음과 같다.

가) [시스템 모듈] → [시스템 모듈 추가] 메뉴를 클릭한다. 좌측 트리에도 프로젝트나 분류, 시스템을 우클릭하면 [시스템 모듈 추가] 메뉴가 있다.

나) [시스템 모듈 추가]를 클릭하면 상세정보 화면에서 시스템에 대한 정보를 입력/수정/조회할 수 있다.

■ 시스템 타입은 차량 시스템/궤도/전력/통신/신호/정비창/역사/분기기가 있다.

■ 계산모델의 선택에 따라서 Item 입력 정보 항목이 다르며 Item을 하나라도 등록하면 Item을 모두 삭제하기 전에는 계산모델을 수정할 수 없다.

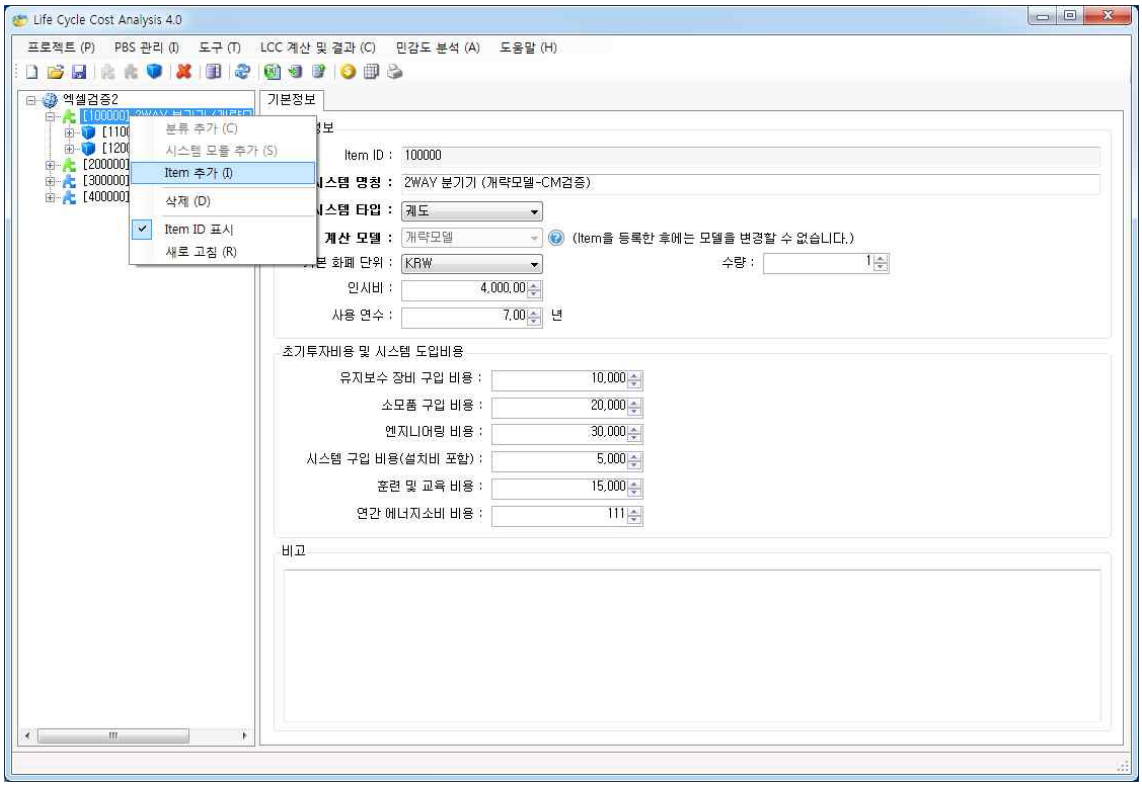
■ 를 클릭하면 계산모델에 대한 설명을 볼 수 있다.

3) PBS Item

PBS Item은 시스템을 운용하면서 발생하는 고장정비와 예방정비에 대한 정보이며, 좌측에 트리구조는 PBS(Product Breakdown Structure)로 ItemID를 이용해서 계층구조를 나타낸다. Item은 계산모델(상세모델, 개략모델)에 따라서 입력항목이 다르며 Item의 수량은 상위 수량 1개당 수량을 입력한다.

■ 트리에서 시스템 모듈 노드를 선택한 상태에서 마우스 우클릭을 하면 아

래와 같은 팝업 메뉴가 나타난다.



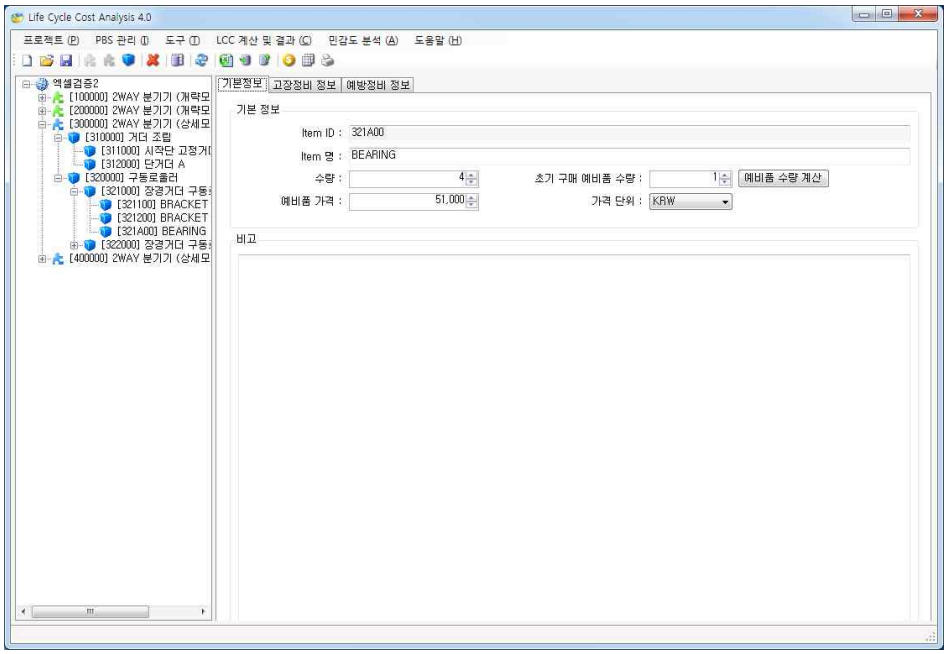
■ Item 추가 항목을 선택하면 트리에 New Item 118 항목이 생성되고 우측화면에는 Item ID가 항목에 입력된 상태로 입력 폼이 나타난다. 아이템 아이디는 자동으로 부여되며 임의로 변경할 수 없다.

■ Item 삭제 | 항목을 선택하면 확인 경고창이 나타나고, 트리에서 해당 항목이 삭제되며 Access DB에서도 삭제된다.

■ 새로고침 | 항목을 선택하면 DB로 부터 다시 데이터를 로딩해서 트리를 표시한다.

■ 우측에는 트리에서 선택된 Item ID의 기본정보와 고장정비 및 예방정비 정보를 추가/수정/삭제할 수 있다.

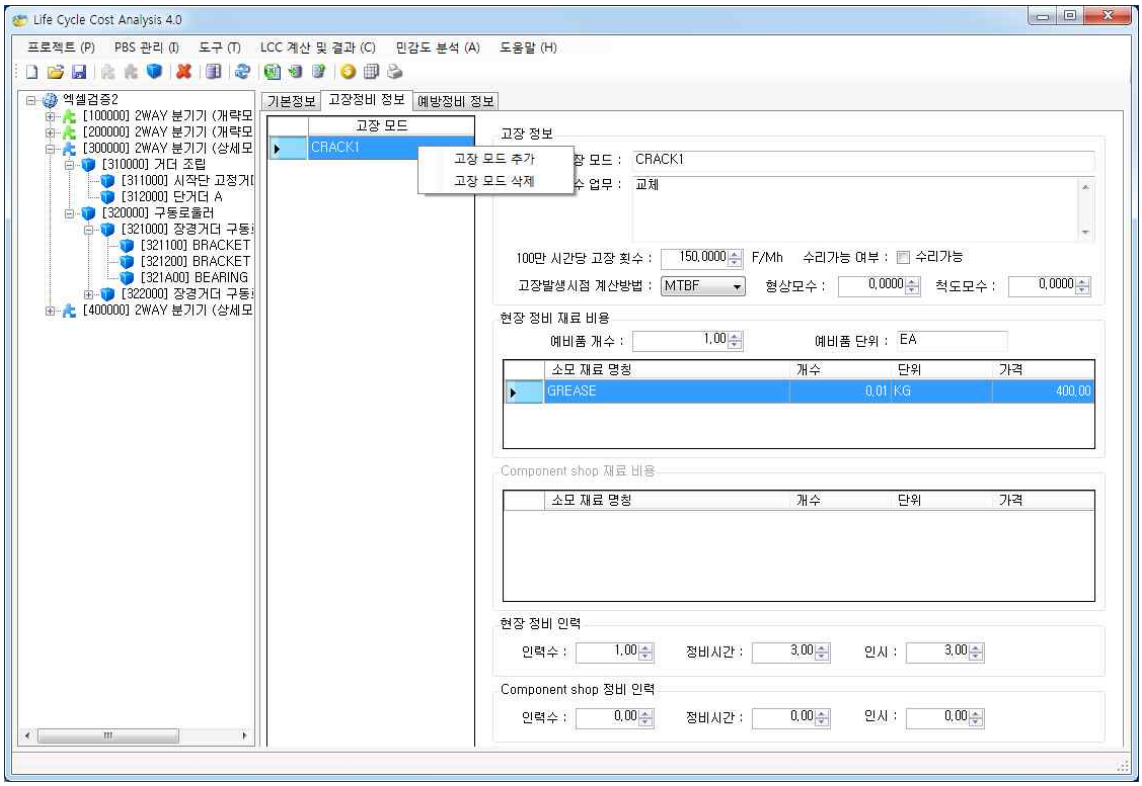
□ 상세모델의 아이템 기본 정보 화면



■ 입력 항목

입력 항목	설명	입력기준	필수
Item ID	Item ID는 자동으로 생성되며 사용자가 임의로 수정할 수 없습니다.	LRU	O
Item 명	아이템 명칭	LRU	O
수량	아이템 수량	LRU	O
초기 구매 예비품 수량	초기 구매 예비품 수량은 '예비품 수량 계산' 버튼을 클릭하면 예비품 수량 계산 기능을 사용해서 입력할 수 있습니다.	LRU	
예비품 가격	예비품 가격	LRU	
가격 단위	아이템 정보에서 사용되는 가격의 단위	LRU	

□ 상세모델의 아이템 고장정비 정보 화면



고장 모드 목록에서 우클릭을 하면 팝업 메뉴가 나타난다.

■ 고장 모드 추가 : 고장 모드를 추가하고 고장 모드에 대한 정보를 입력할 수 있는 행 추가

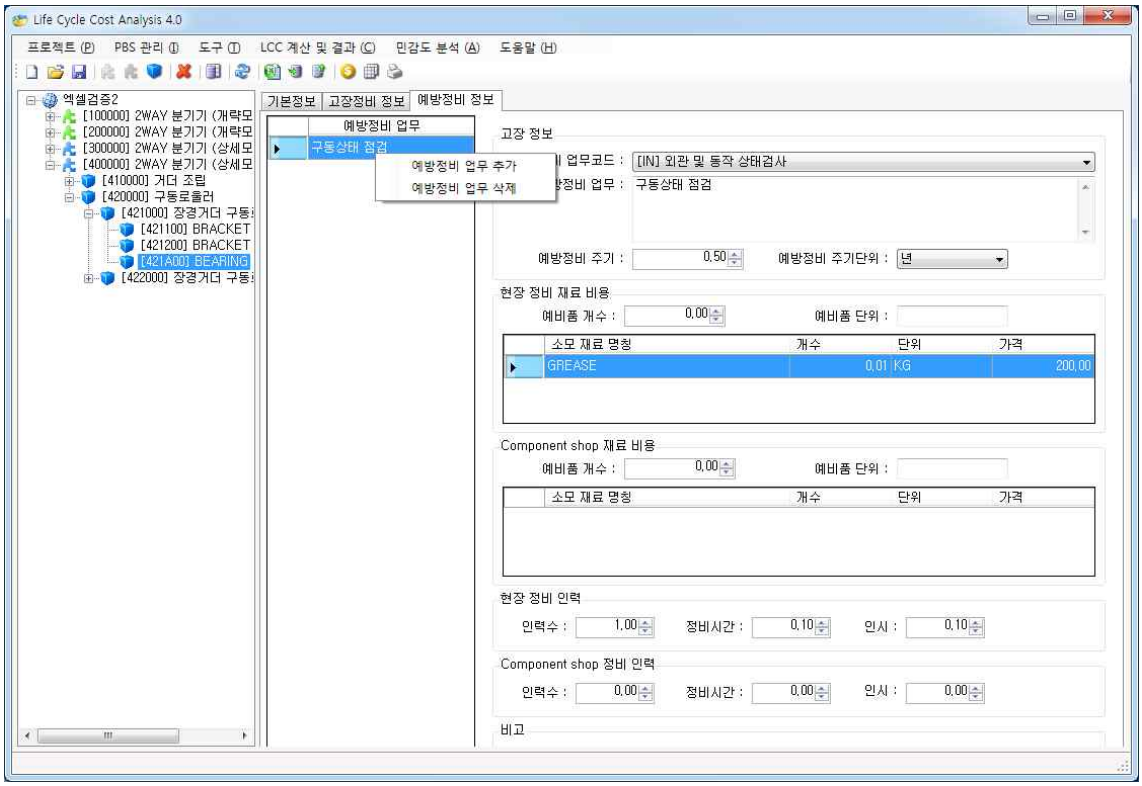
■ 고장 모드 삭제 : 선택된 항목의 고장 모드와 고장 모드에 대한 고장 정보 삭제

■ 입력 항목

입력 항목	설명	입력기준	필수
고장모드	FMEA 분석 시트를 참고하여 작성한 LRU의 고장모드	LRU	O
유지보수 업무	교정정비 업무에 관한 설명	LRU	O
고장률	LRU 고장모드의 고장률(시간당 고장 횟수)	LRU	O
고장발생시점 계산방법	고장발생시점을 계산하는 방법으로 MTBF기준, 지수분포, 와이블분포 중 한 가지를 선택	LRU	O
형상모수	와이블분포에서 사용되는 파라미터	LRU	
척도모수	와이블분포에서 사용되는 파라미터	LRU	

수리 가능 여부			수리가 가능한지의 여부를 'Y' 또는 'N' 으로 입력	LRU	
현장정비 재료 비용	예비품	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	LRU	
		단위	예비품 단위	LRU	
	소모품	명칭	현장정비 재료 비용	LRU	
		개수			
		단위			
		가격			
Component shop 재료 비용	소모품	명칭	Component shop 재료 비용	LRU	
		개수			
		단위			
		가격			
인건비용	현장 정비	인력수	유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수	LRU	
		인시			
	Component shop 정비	인력수			
		인시			
비고			비고		

□ 상세모델의 아이템 예방정비 정보 화면



예방정비 업무 목록에서 마우스 우클릭을 하면 팝업 메뉴가 나타난다.

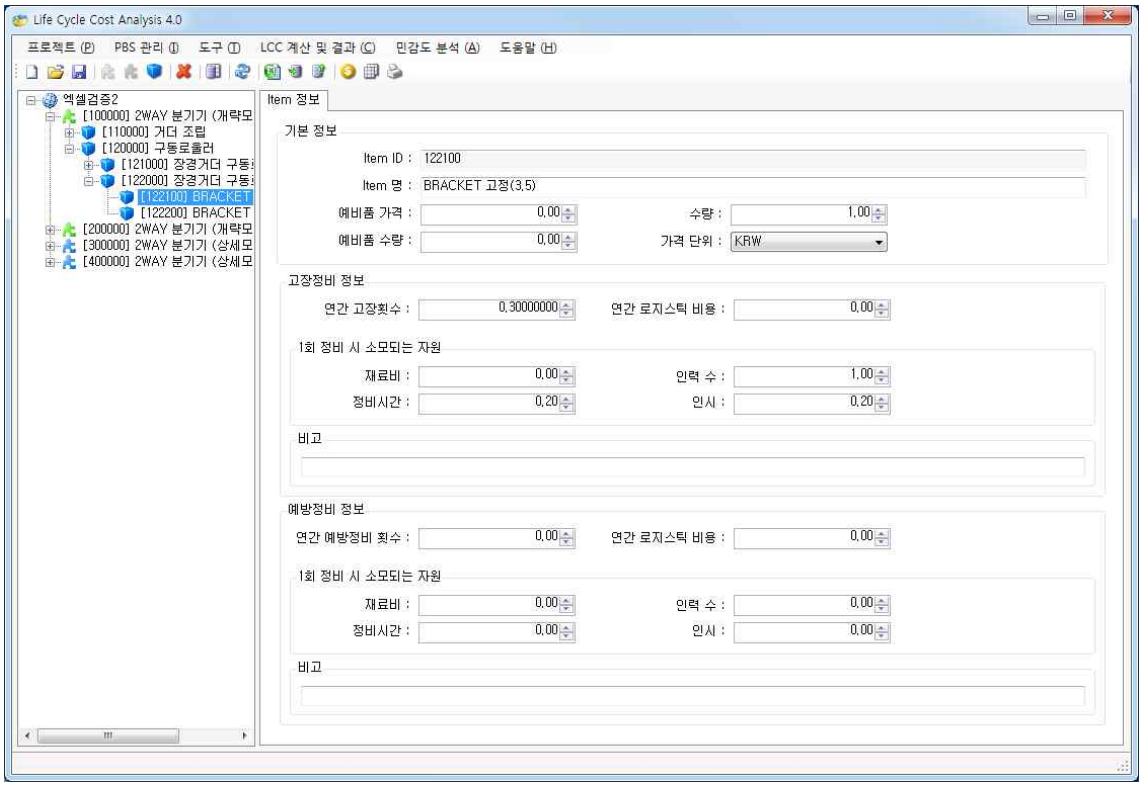
■ 예방정비 업무 추가 : 예방정보를 입력할 수 있는 행 추가

■ 예방정비 업무 삭제 : 선택된 항목의 예장정비 정보 삭제

■ 입력 항목

입력 항목			설명	필수
예방정비 업무코드			예방정비 업무에 대한 고유 코드(IN, SV, RP, NDT, OV)	O
예방정비 업무			예방정비 업무에 대한 설명	O
예방정비 주기			주기 단위별 횟수	O
주기 단위			정비 주기의 단위 (Y, M, D, Km) km 인 경우 연간운행거리에 따라 시간으로 환산함	O
현장정비 재료 비용	예비품	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
	현장정비 재료 비용	명칭	현장정비 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
Component Shop 재료 비용	Component Shop 재료 비용	개수	1회 정비 시 교체되는 예비품 개수	
		단위	예비품 단위	
		명칭	Component Shop 재료 비용	
		개수		
		단위		
		가격		
인건비용	현장 정비	인력수	유지보수 업무에 필요한 시간, 필요 인력 수	
		인시		
	Component Shop	인력수		
		인시		

□ 개략 모델의 아이템 정보

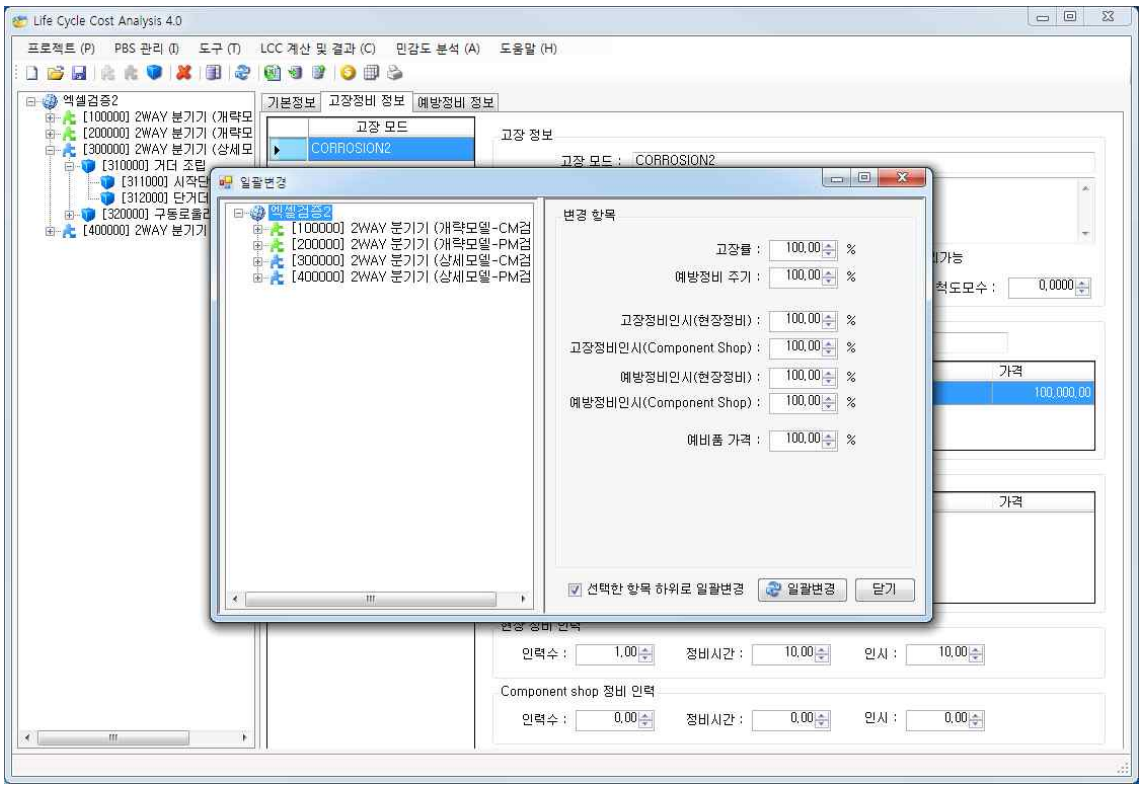


■ 입력 항목

입력 항목	설명	필수
Item ID	Item ID는 자동으로 생성되며 사용자가 임의로 수정할 수 없습니다.	O
Item 명	아이템 명칭	
예비품 가격	예비품 가격	
수량	아이템 수량	
예비품 수량	예비품 수량	
가격단위	아이템 정보에서 사용되는 가격의 단위	
연간 고장횟수	1년간 발생한 고장횟수	
고장정비-연간 로지스틱 비용	고장정비 시 발생되는 연간 물류비용	
고장정비-재료비	고장정비 시 발생되는 재료비	
고장정비-인력 수	고장정비 시 필요한 인력 수	
고장정비-정비시간	고장정비 시 소요되는 정비시간	
고장정비-인시	고장정비 시 필요한 인시	
연간 예방정비 횟수	1년간 발생한 예방정비 횟수	
예방정비-연간 로지스틱 비용	예방정비 시 발생되는 연간 물류비용	
예방정비-재료비	예방정비 시 발생되는 재료비	
예방정비-인력 수	예방정비 시 필요한 인력 수	
예방정비-정비시간	예방정비 시 소요되는 정비시간	
예방정비-인시	예방정비 시 필요한 인시	
비고	비고	

4) 일괄변경

PBS Item 의 고장률, 정비주기, 정비인시, 예비품 가격 등을 일괄로 변경할 수 있다.



■ 일괄변경을 하는 방법은 다음과 같다.

가) 일괄변경을 적용할 PBS Item을 좌측의 트리에서 선택한다.

나) 변경항목에 대해서 증감정도를 100%를 기준으로 증가시킬 경우에는 100%이상으로 감소시킬 경우에는 100% 이하로 입력한다.

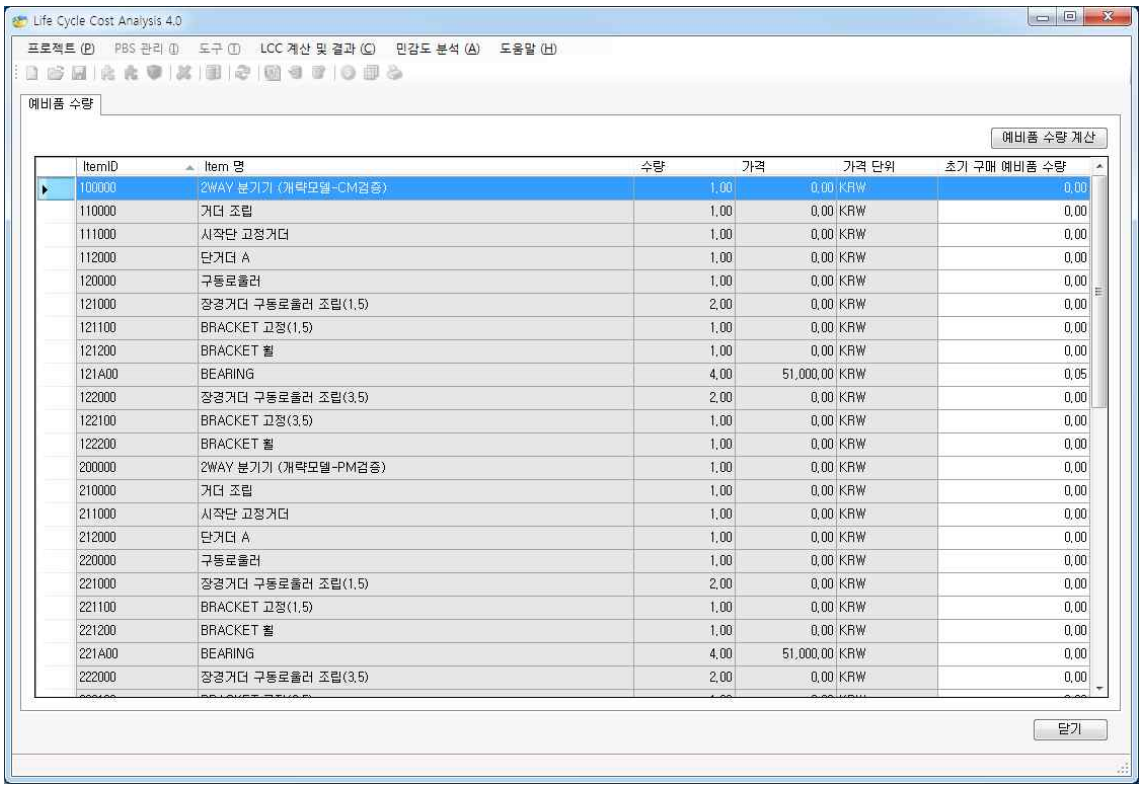
다) ☑ 선택한 항목 하위로 일괄변경 : 선택한 항목의 하위항목들도 모두 일괄변경을 적용한다.

라) 일괄변경 : 고장률, 정비주기, 정비인시, 예비품 가격 등의 변경항목을 입력한 값에 따라 일괄로 변경한다.

마) 닫기 : 현재 창을 닫는다.

5) 초기 구매 예비품 전체보기

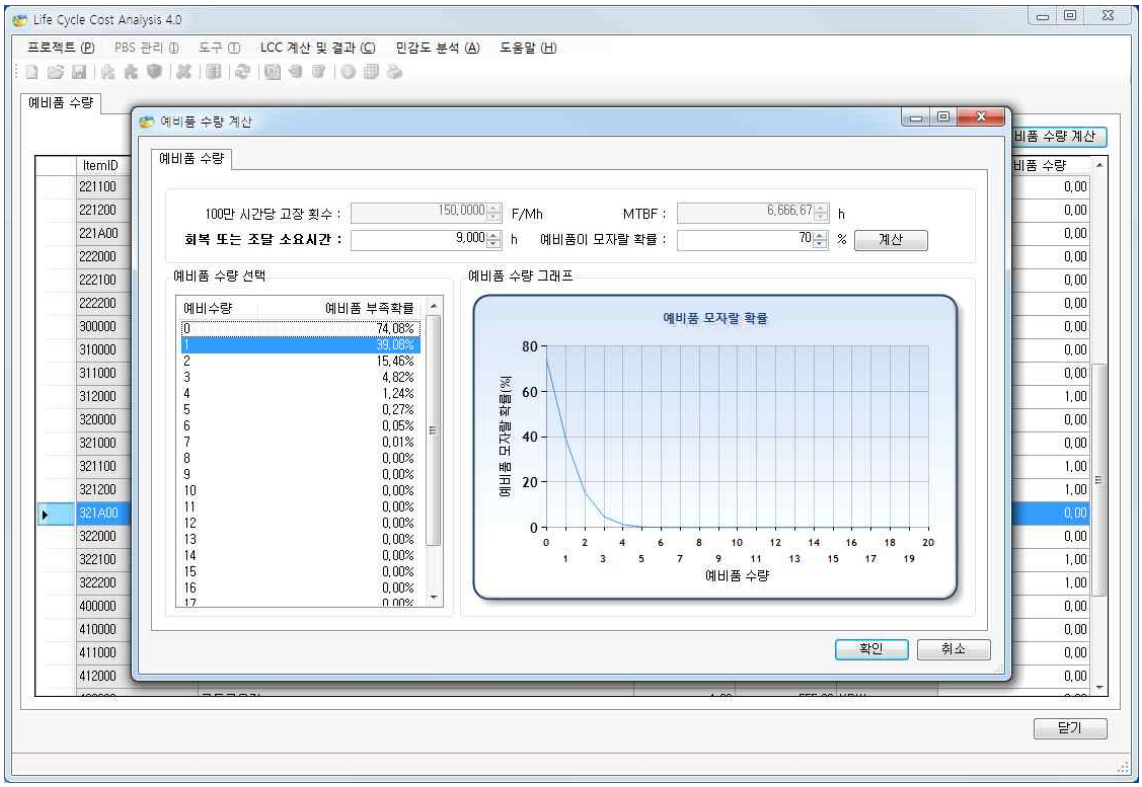
초기 구매 예비품 전체보기에서는 전체 구매 예비품을 조회하고 초기 구매 예비품 수량을 계산할 수 있다.



■ 초기 구매 예비품 전체보기 방법은 다음과 같다.

가) [PBS] → [초기 구매 예비품 전체보기] 메뉴를 클릭하면 초기 구매 예비품을 모두 보여준다.

나) 계산을 할 행을 클릭하고 예비품 수량 계산 버튼을 클릭하면 예비품 수량 계산창이 생성된다.

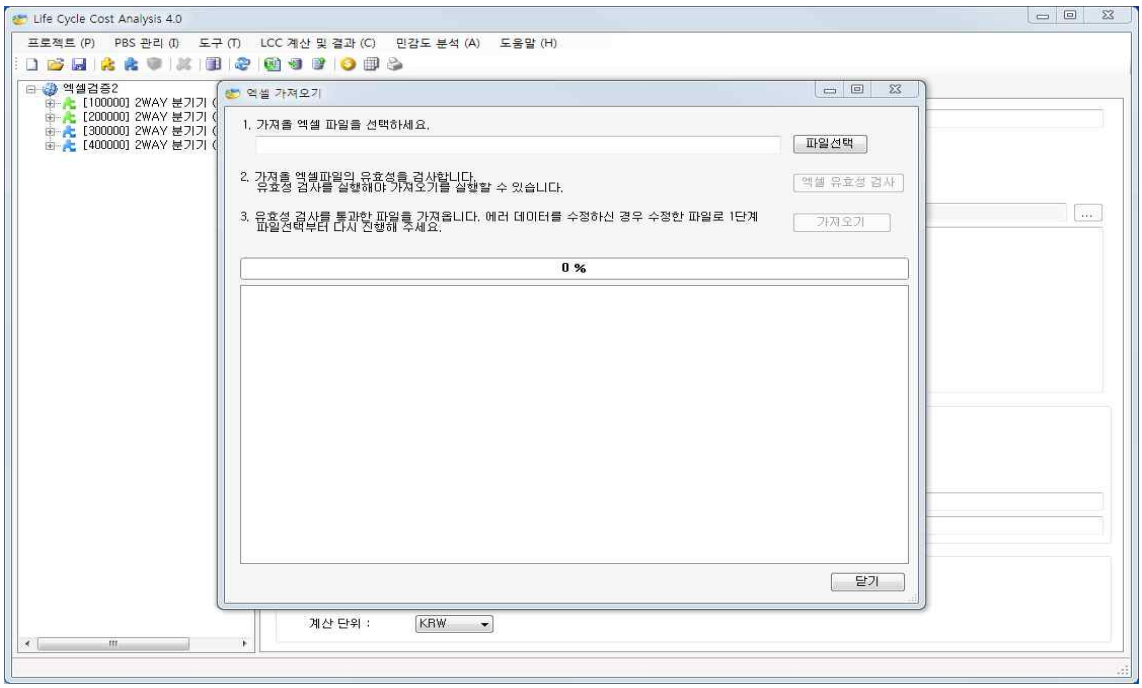


다) 확인 버튼을 클릭하면 다시 이전 화면으로 돌아가며 변경된 정보는 자동으로 저장된다.

[도구]

1) PBS Excel 가져오기

프로젝트의 유지보수정보를 외부의 Excel데이터로부터 가져올 수 있다.



■ PBS Excel 가져오기 전에 먼저 변경사항을 저장해야 PBS Excel 가져오기 기능을 사용할 수 있다.

■ PBS Excel 가져오는 방법은 다음과 같다.

가) 파일선택 : 가져올 엑셀 파일을 선택합니다. 파일을 선택하면 다음 단계의 버튼이 활성화 된다.

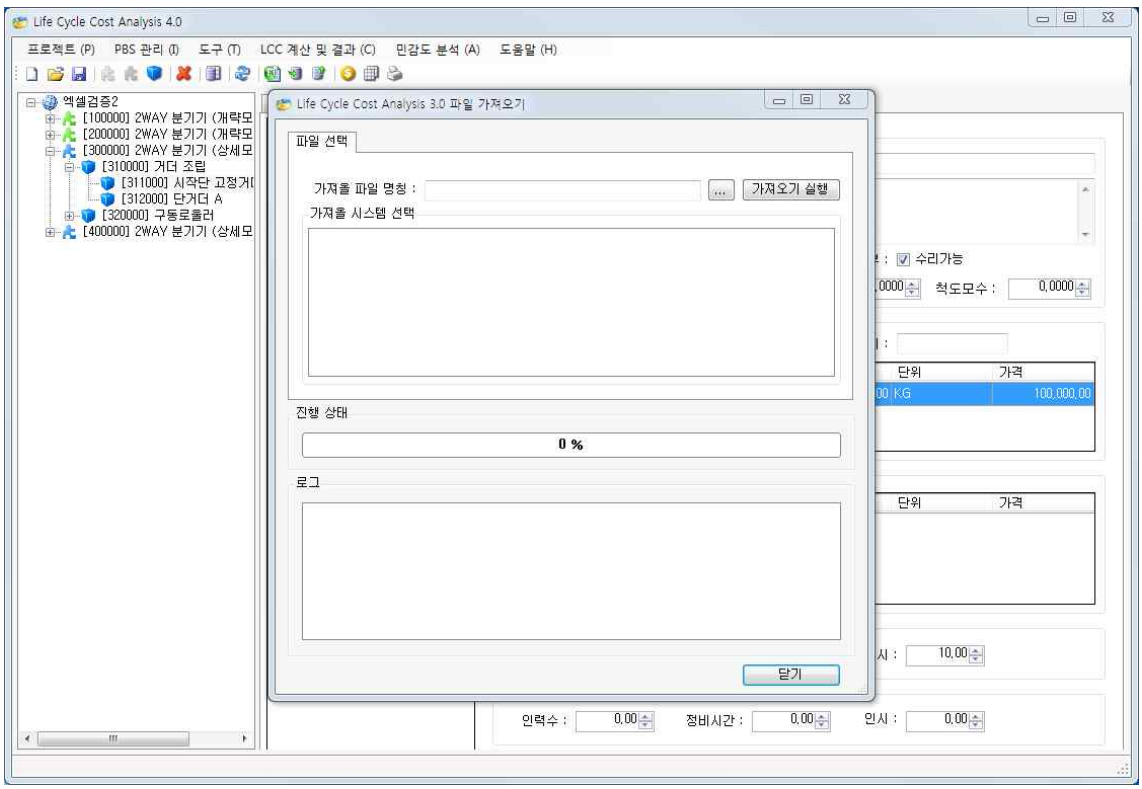
나) 엑셀 유효성 검사 : 선택한 파일의 데이터가 유효한지 검사를 실행합니다. 검사를 통과하지 못하는 경우 검사결과 파일을 확인할 수 있으며 검사가 종료되면 가져오기를 실행할 수 있다.

다) 가져오기 : 검사가 끝난 파일의 데이터를 가져옵니다. 가져오기 실행 시 유효성 검사에서 오류로 지정된 데이터는 제외된다.

라) 닫기 : 현재 창을 닫는다.

2) Life Cycle Cost Analysis 3.0 파일 가져오기

프로젝트의 유지보수정보를 외부의 기존의 Life Cycle Cost Analysis 3.0 버전의 Access DB(.mdb) 데이터로부터 가져올 수 있다.



■ Life Cycle Cost Analysis 3.0파일 가져오기 전에 먼저 변경사항을 저장

해야 가져오기 기능을 사용할 수 있다.

■ Life Cycle Cost Analysis 3.0파일 가져오는 방법은 다음과 같다.

가) [...] : 가져올 Access DB(.mdb) 파일을 선택합니다. 선택하면 가져올 파일에서 선택 가능한 시스템이 나타난다.

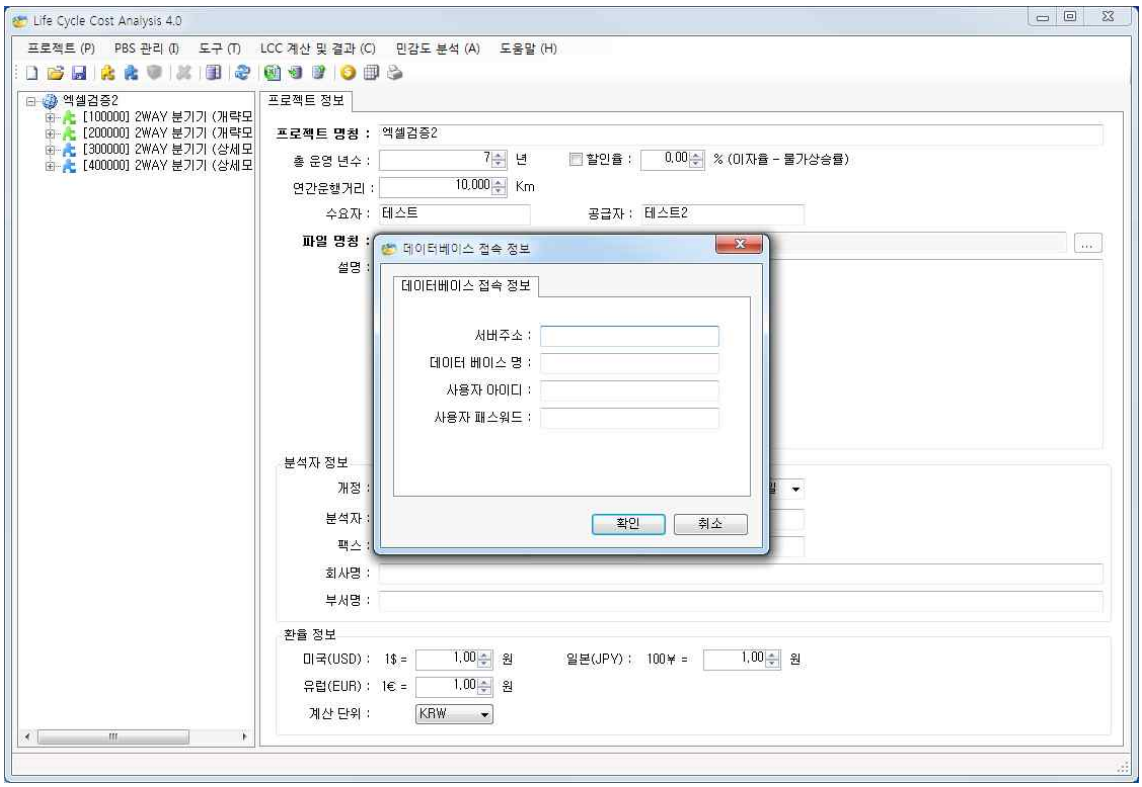
나) 가져올 시스템을 트리에서 선택한다.

다) [가져오기 실행] : Access DB(.mdb) 파일의 내용을 현재의 SQLite DB로 가져온다. 이미 등록된 시스템의 ITEM ID가 충돌이 발생할 경우 덮어쓰거나 첫 문자열만 수정해서 새로운 ITEM ID로 등록이 가능하다.

라) [닫기] : 현재 창을 닫는다.

3) 유지보수정보 서버의 데이터 가져오기/내보내기

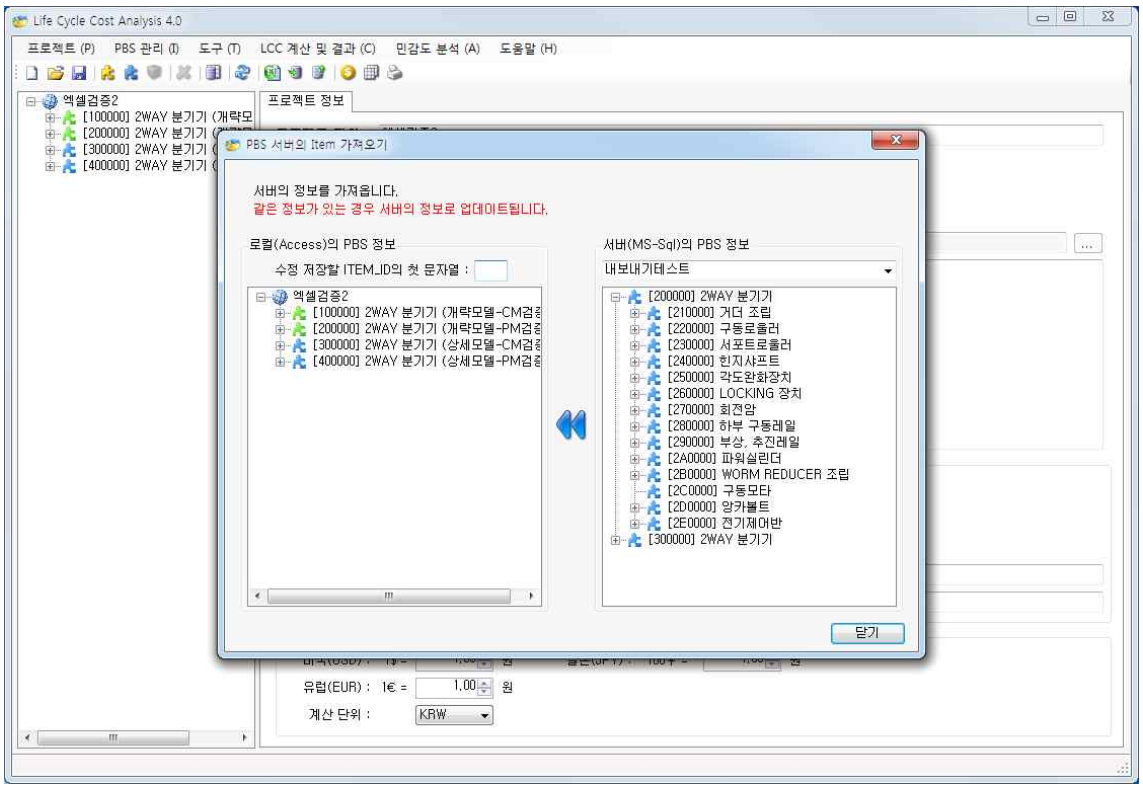
SQLite DB의 데이터를 MS-SQL 2005 또는 MS-SQL 2008 서버로 된 시스템DB에 저장하여 다른 작업자들과 데이터를 공유할 수 있다. 혹은 이전에 시스템DB(이하 서버)에 저장된 데이터를 가져와서 SQLite DB에 데이터를 추가할 수 있다.



■ PBS 서버의 Item을 가져오는 방법은 다음과 같다.

가) [PBS] → [PBS 서버의 Item 가져오기] 메뉴를 클릭하면 위와 같은 데

이터베이스 연결정보 창이 뜨고 사용자 패스워드를 입력하고 확인 버튼을 클릭하면 다음과 같이 가져오기 창이 나타난다.



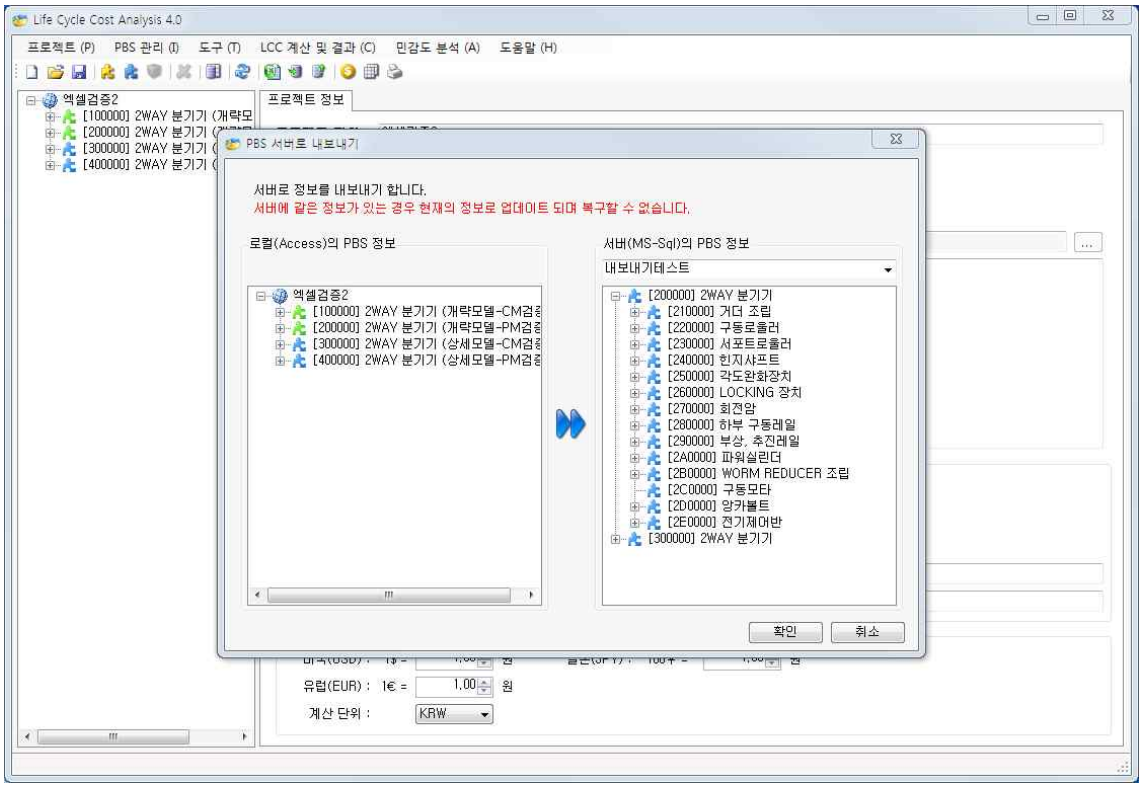
나) 좌측은 로컬의 SQLite DB의 유지보수비에 대한 PBS 트리를 보여주고, 우측은 서버의 PBS 트리 구조를 보여준다. 서버에서는 빨간색으로 표시한 콤보박스를 선택해서 시스템 항목을 선택할 수 있어서 다른 시스템의 정보도 가져올 수 있다.

다) 우측의 서버 항목을 선택하고 을 선택하면 가져오기가 진행이 되며 가져오기가 완료되면 자동으로 저장된다.

라) [PBS] → [PBS 서버로 내보내기] 메뉴를 클릭하면 가져오기와 같은 데이터베이스 연결 정보가 나타난다. 내보내기 시에는 가져올 때와 다르게 추가적으로 서버에 대한 관리자권한을 체크하기 위해 내보내기 패스워드를 입력해야 한다. 시스템 최초 설치 시 내보내기 패스워드는 “admin”이다.

마) 내보내기 패스워드 변경 버튼을 클릭하면 아래와 같은 패스워드 변경 창이 나타나고 패스워드를 수정할 수 있다.

■ PBS 서버의 Item을 내보내는 방법은 다음과 같다.



가) 데이터베이스 접속을 마치면 위와 같이 내보내기 창이 나타난다. 내보내기 시에는 좌측의 Access DB 의 항목을 선택하고, 우측 화면에서 콤보박스를 통해 기존에 입력된 시스템 항목을 선택하거나 혹은 새로운 시스템 항목으로 내보내기한 데이터를 서버에 저장할 수 있다.

나) 좌측의 Access DB의 항목을 선택하고 을 선택하면 내보내기가 진행된다.

다) 확인 버튼을 클릭하면 최종적으로 서버에 저장된다.

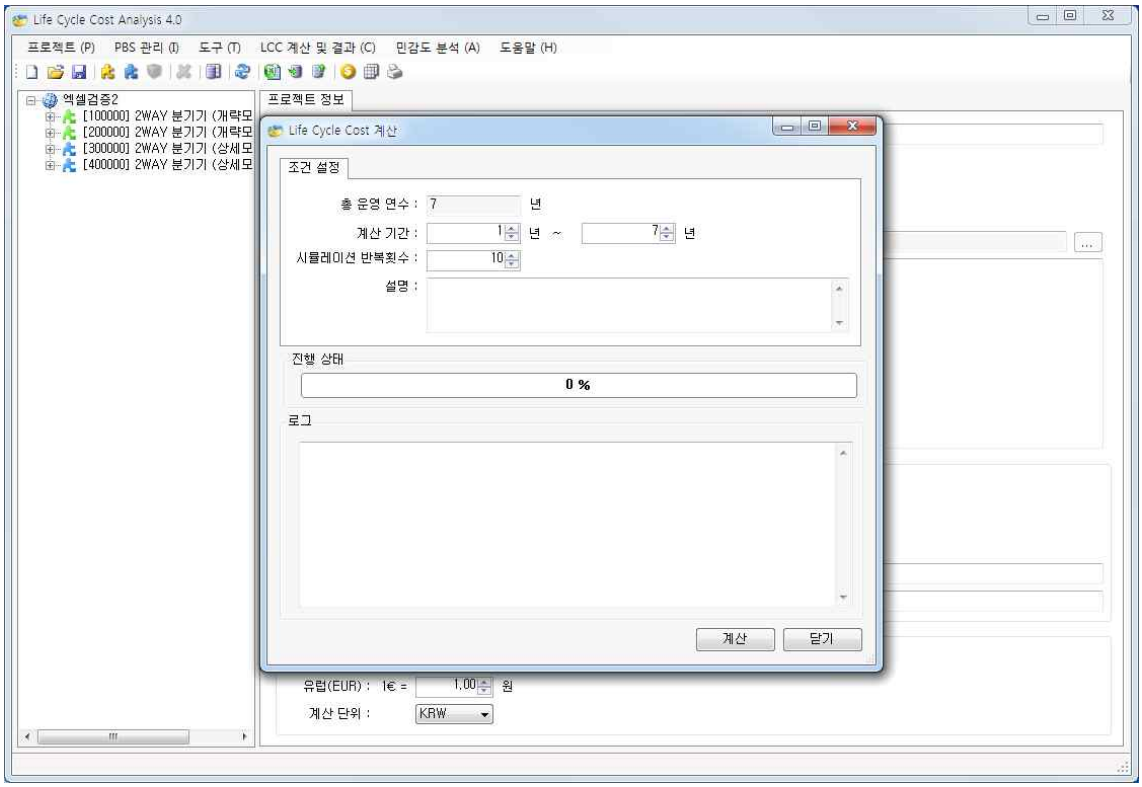
라) 취소 버튼을 클릭하면 작업을 취소하고 창을 닫는다.

■ [옵션] → [데이터베이스 접속 정보] 메뉴를 통해서 서버에 대한 접속 정보를 미리 저장해 둘 수 있다.

[LCC 계산 및 결과]

1) LCC 계산

LCC 비용계산에 필요한 조건을 입력하고 실행하는 화면이다.



■ LCC 계산을 하는 방법은 다음과 같다.

가) [LCC 계산 및 결과] → [LCC 계산] 메뉴를 클릭하면 비용계산 창이 나타난다.

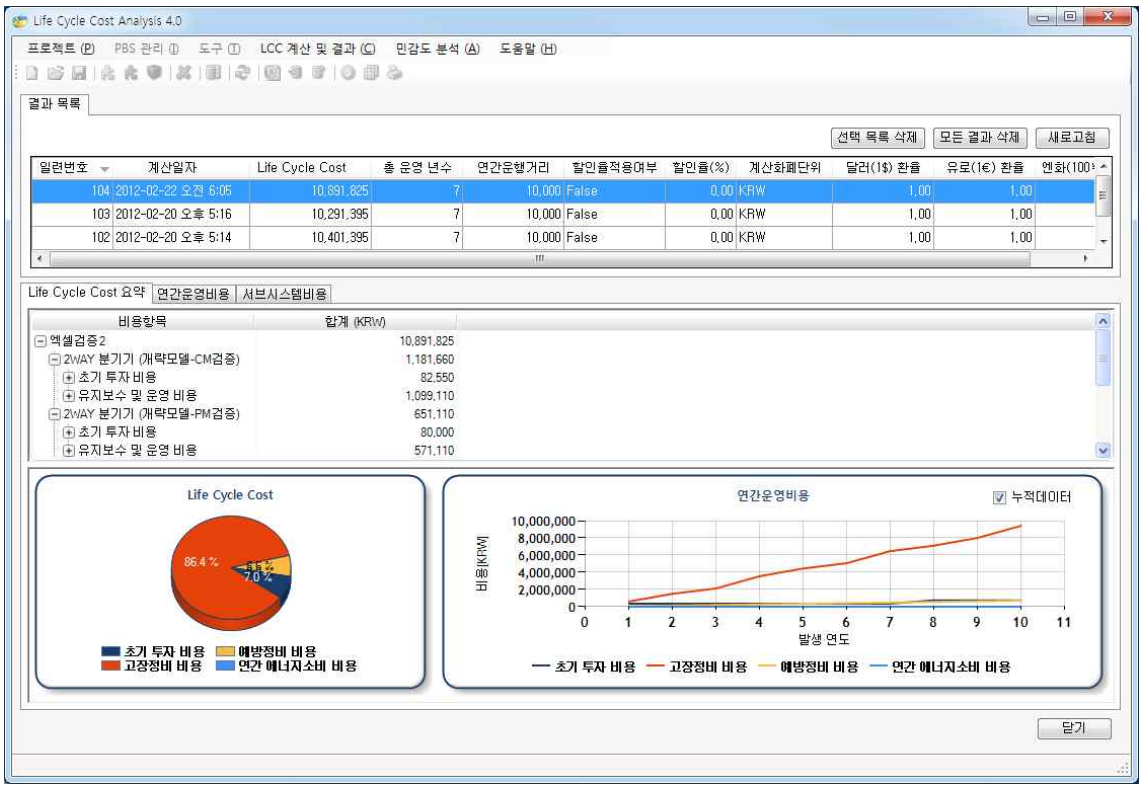
나) 계산 기간을 설정하고 시뮬레이션 반복횟수를 입력 후에 계산 버튼을 클릭하면 계산이 실행된다. 진행상태바를 통해서 비용 계산의 진행을 확인할 수 있다. 계산 결과는 [LCC 결과 목록]에서 확인할 수 있다.

다) 닫기 버튼을 클릭하면 창을 닫는다.

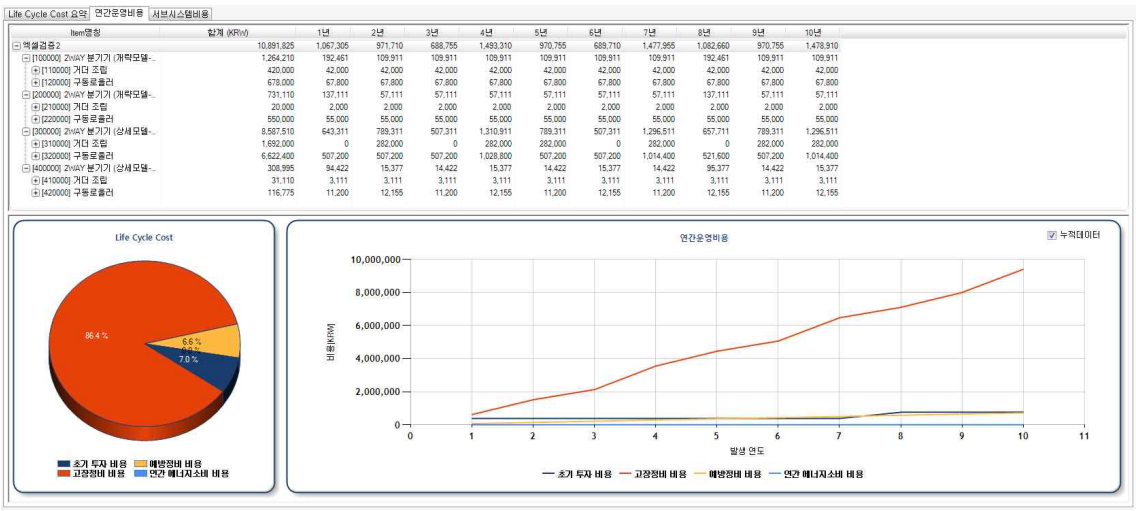
2) LCC 결과

[LCC 계산 및 결과] → [LCC 결과] 메뉴를 클릭하면 아래와 같이 결과 목록과 선택된 결과에 대한 분석 정보를 확인할 수 있다.

■ LCC계산 결과 - 총 수명주기 비용



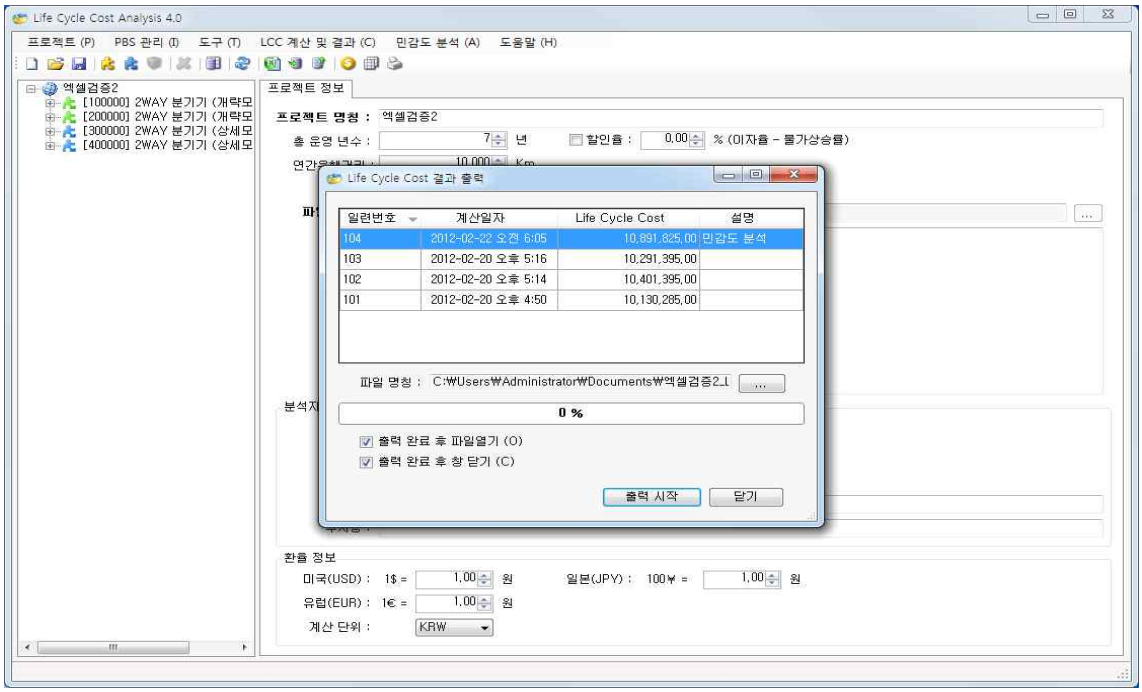
■ LCC계산결과 - 연간운용비용



■ LCC 계산결과 - 서브시스템비용

3) LCC 결과 출력

LCC 결과를 Excel 형태의 보고서로 출력 하는 기능이다.

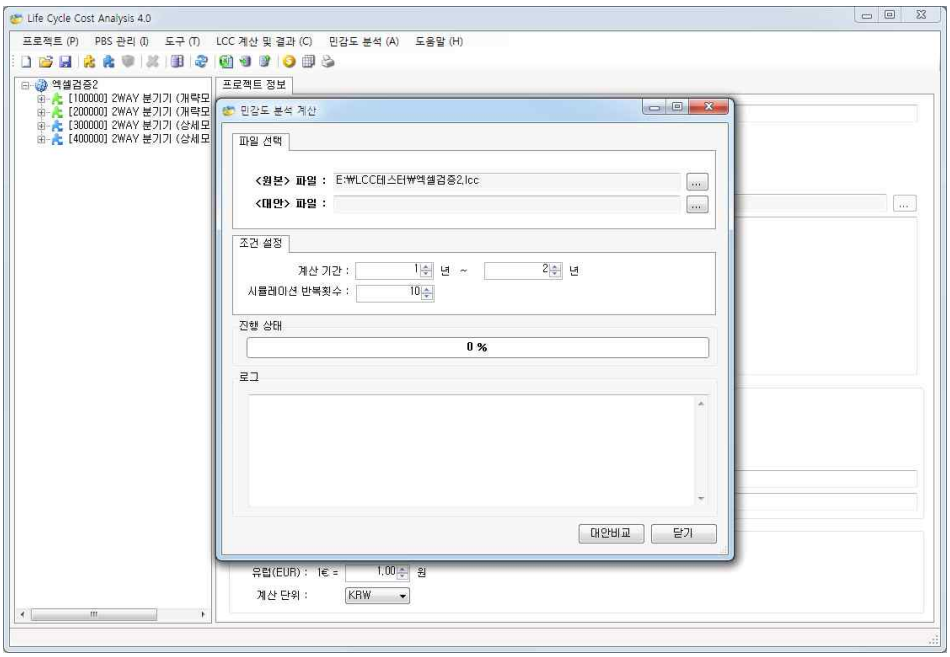


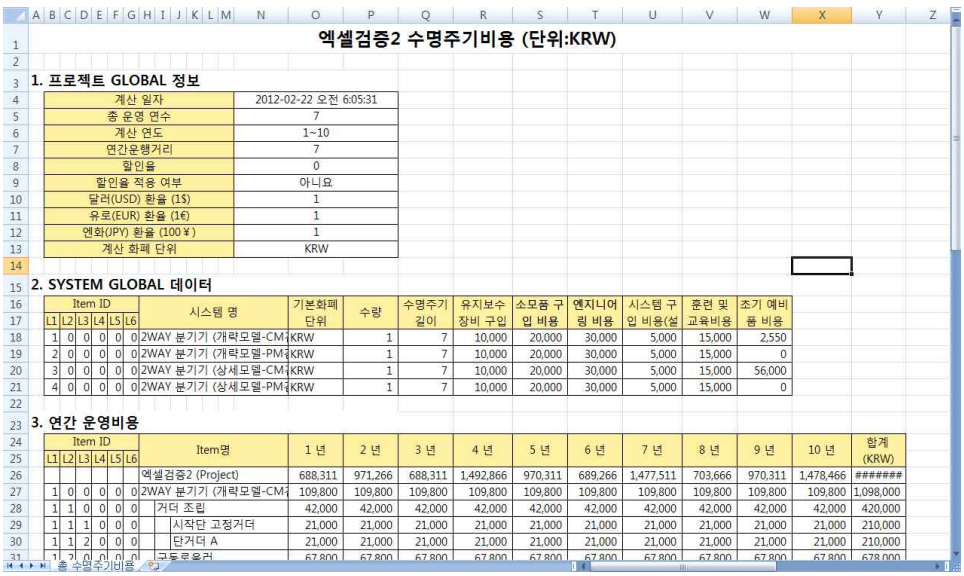
출력되는 내용은 프로젝트 정보, 계산에 사용된 시스템 GLOBAL 데이터, 연간운영비용이 포함된다.

(다) 민감도 분석

1) 민감도 계산

원본과 대안 두 개의 LCC 비용을 비교분석하기 위해 계산하는 화면이다.





엑셀검증2 수명주기비용 (단위:KRW)

1. 프로젝트 GLOBAL 정보

계산 일자	2012-02-22 오전 6:05:31
총 운영 연수	7
계산 연도	1~10
연간운행거리	7
할인율	0
할인율 적용 여부	아니요
달러(USD) 환율 (1$)	1
유로(EUR) 환율 (1€)	1
엔화(JPY) 환율 (100￥)	1
계산 화폐 단위	KRW

2. SYSTEM GLOBAL 데이터

Item ID						시스템 명	기본화폐 단위	수량	수명주기 길이	유지보수 장비 구입	소모품 구입 비용	엔지니어링 비용	시스템 구입 비용(설	훈련 및 교육비용	초기 예비품 비용
L1	L2	L3	L4	L5	L6										
1	0	0	0	0	0	2WAY 분기기 (개략모델-CM	KRW	1	7	10,000	20,000	30,000	5,000	15,000	2,550
2	0	0	0	0	0	2WAY 분기기 (개략모델-PM	KRW	1	7	10,000	20,000	30,000	5,000	15,000	0
3	0	0	0	0	0	2WAY 분기기 (상세모델-CM	KRW	1	7	10,000	20,000	30,000	5,000	15,000	56,000
4	0	0	0	0	0	2WAY 분기기 (상세모델-PM	KRW	1	7	10,000	20,000	30,000	5,000	15,000	0

3. 연간 운영비용

Item ID						Item명	1 년	2 년	3 년	4 년	5 년	6 년	7 년	8 년	9 년	10 년	합계 (KRW)
L1	L2	L3	L4	L5	L6												
						엑셀검증2 (Project)	688,311	971,266	688,311	1,492,866	970,311	689,266	1,477,511	703,666	970,311	1,478,466	#######
1	0	0	0	0	0	2WAY 분기기 (개략모델-CM	109,800	109,800	109,800	109,800	109,800	109,800	109,800	109,800	109,800	109,800	1,098,000
1	1	0	0	0	0	거더 조립	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000	420,000
1	1	1	0	0	0	시작단 고정거더	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	210,000
1	1	2	0	0	0	단거더 A	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	21,000	210,000
1	2	0	0	0	0	교동로옹건	67,800	67,800	67,800	67,800	67,800	67,800	67,800	67,800	67,800	67,800	678,000

총 수명주기비용

■ 민감도 계산을 하는 방법은 다음과 같다.

가) [민감도 분석] → [민감도 계산] 메뉴를 클릭하면 민감도 분석 계산창이 나타난다.

나) 원본과 대안 파일을 각각 선택한다.

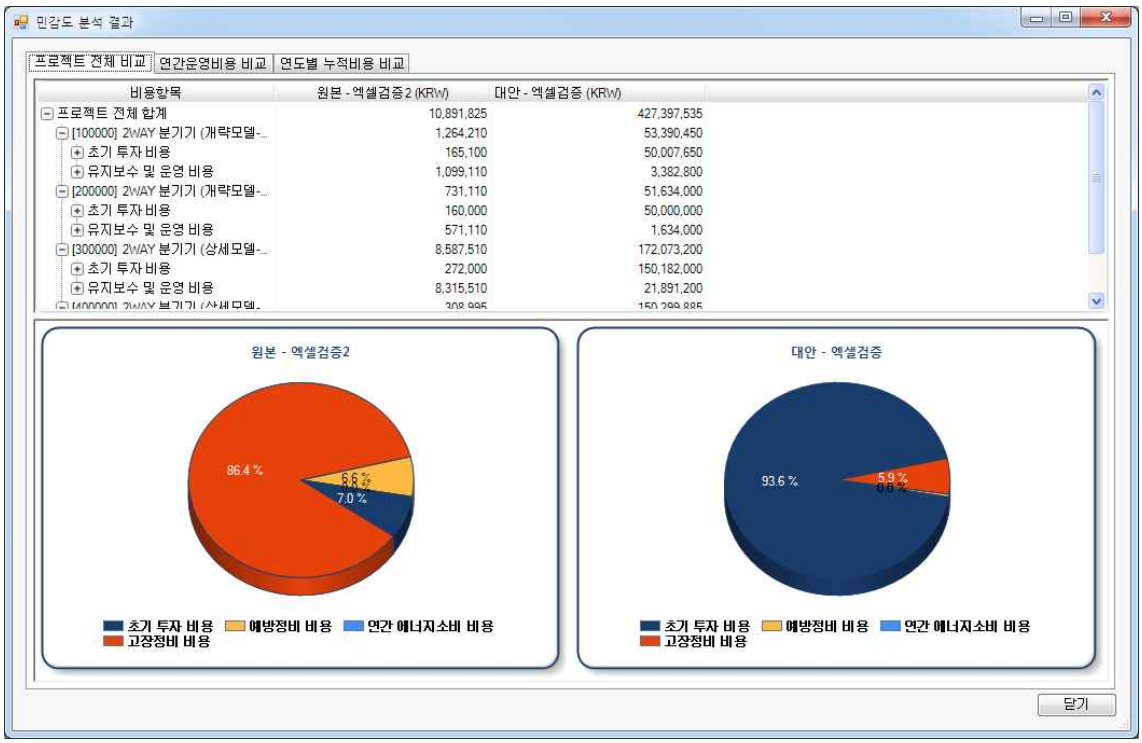
다) 계산 기간을 설정하고, 시뮬레이션 반복 횟수를 입력 후에 [계산] 버튼을 클릭하면 계산이 실행된다. 진행상태바를 통해서 비용 계산의 진행을 확인할 수 있다. 계산 결과는 [민감도 결과]에서 확인할 수 있다.

라) 닫기 버튼을 클릭하면 창을 닫는다.

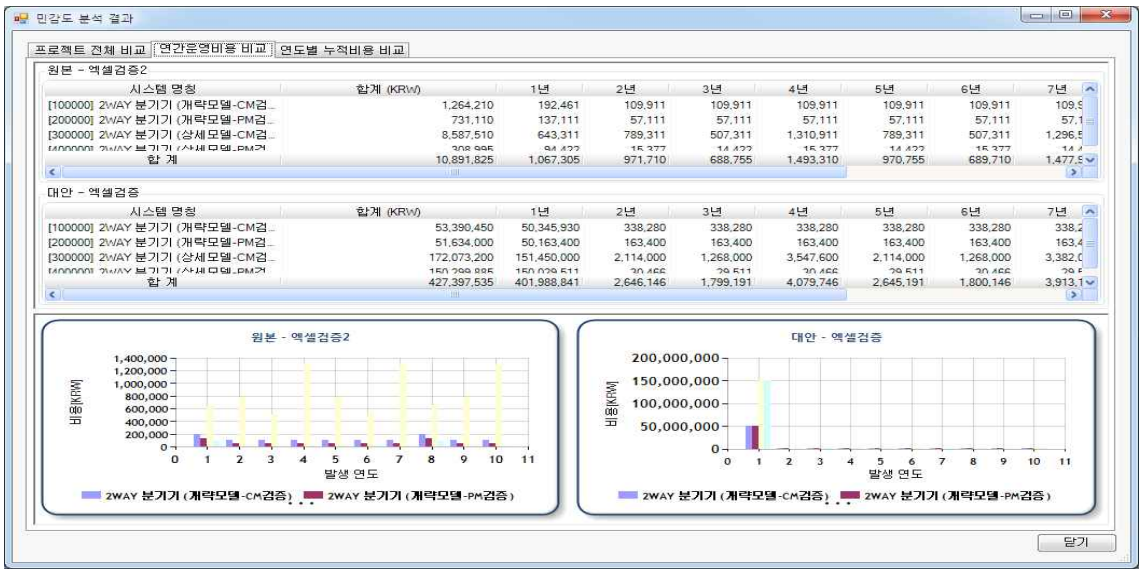
2) 민감도 결과

[민감도 분석] → [민감도 결과] 메뉴를 클릭하면 아래와 같이 결과 목록과 선택된 결과에 대한 분석 정보를 확인할 수 있다.

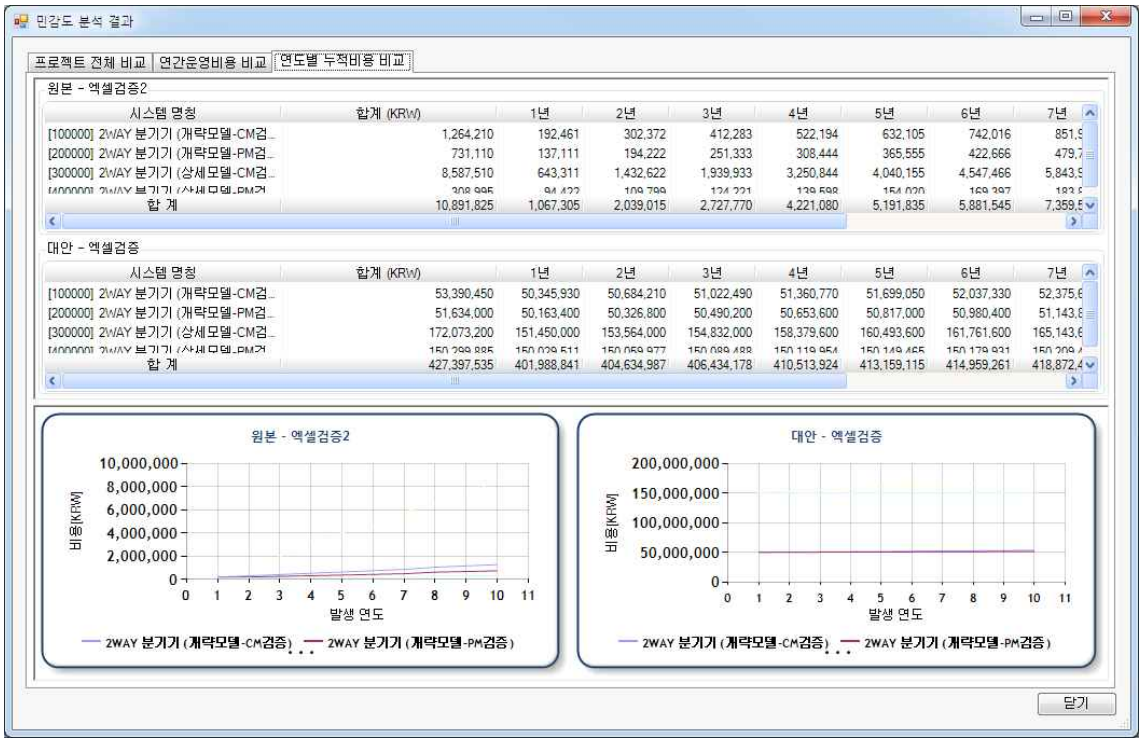
■ LCC계산 결과 - 총 수명주기 비용



■ LCC계산결과 - 연간운용비용



■ LCC 계산결과 - 서브시스템비용



[1-4과제]

가. 품질인증요령(안) 개발

(1) 개요

품질인증요령은 구성품 이하의 세부 단품 또는 부품에 대한 품질검사기준으로서, 본 자기부상열차용품 품질인증요령은 자기부상열차에 사용되는 주요 용품 중 품질검사 관리가 필요한 제품을 선별하고 그 제품에 대한 품질시험 기준을 마련하는데 있다.

(가) 필요성

품질인증요령은 지속적이고 신뢰성 있는 부품 생산을 유도하여 내수 조달을 통해 국내 철도산업을 육성하고 철도시장의 경제성을 향상시키는데 그 목적이 있다.

특히 본 실용화사업을 통해 개발되는 자기부상열차 시스템은 국내 철도를 세계 최고수준으로 발돋움 할 수 있게 하며, 해외시장 개척을 염두에 두고 있다. 이러한 자기부상열차에 사용되는 부품을 국산화 육성해야 참된 자기부상철도의 선진화를 이룩할 수 있을 것이다.

(나) 주요내용

1) 품질인증 대상 용품 선정

품질인증기준(안)은 해당 시스템 PBS(product breakdown structure)의 3~5 level의 품목을 주요 대상으로 한다. 그보다 상위인 2 level 수준은 구성품 단위로서 구성품은 하나의 주된 기능을 발휘하도록 여러 개의 단위 품목 들이 결합된 용품이다. 또한 구성품 이상의 수준은 법적 강제 규정인 성능시험을 통해 검증을 받도록 되어 있다. 다만, 구성품 수준에 해당하더라도 그 품목이 단품으로 생산가능하며 품질인증을 통해 국내 지속적인 품질 관리를 유도하기 위해서는 품질인증 대상에 포함할 수 있다. 또한 6레벨 이하의 품목은 세부 부품 단위로서 일반적인 부품에 해당하여 모든 산업에서 사용할 수 있는 부품으로 철도산업으로 한정하여 관리하기에는 범위가 적합하지 않다.

관련 품질인증 시행지침에서는 품질인증 대상 품목 선정요건을 다음과 같이 나타내고 있다. “철도의 안전운행에 직접적으로 영향을 줄 것”, “철도 건설 및 운영에 호환성을 유지할 수 있을 것”, “철도용품이 철도시스템에 중요한 영향을 미칠 것”, “철도용품의 성능이 철도 건설 및 운영에 중요한 영향을 미칠 것”, “철도용품의 성능이 다수의 이해관계인과 관련이 있을 것”, “국산화 개발품 또는 신개발품으로 우수한 성능을 보유 할 것” 등이다.

여기에 자기부상열차 관련 산업 발전성 등과 용품의 설계변경 가능성, 발전성, 일반화 등을 고려해서 모듈화를 지향하였으며, 한국산업표준(KS) 및 타 법령에서 규정한 동일한 용품은 품질인증 대상에서 제외하였다.

2) 품질인증기준(안) 개발

품질인증기준은 우선 각 품질검사 대상의 적용범위를 나타내고, 용품의 설계상에 필요한 구조, 형식 및 필요조건을 명시하도록 한다. 그 다음 각각의 품질을 확인할 수 있는 검사와 시험에 대한 방법 및 평가기준 등을 제시한다. 따라서 대상 용품의 제작사양서를 바탕으로 도시철도에서 공통적으로 요구하는 품질 조건을 선별하고 해당 용품의 호환성과 신뢰성 등의 품질을 보장할 수 있는 시험으로 구성해야 한다.

또한 「철도안전법 시행규칙」에서는 품질 시험을 “외관 및 치수검사”, “재료시험”, “작동 및 성능시험”, “(필요한 경우)내구성시험”, “(필요한 경우)설치시험” 등으로 구분하고 있다.

3) WBS

당초, 자기부상열차용품 품질인증요령(안) 개발은 대상 용품선정과 그에 따른 품질인증기준 개발이 연계되어 추진할 계획이었다. 그러나 본 실용화사업 2단계에 접어들면서 기존의 지하철과 같은 중형 전동차를 대상으로 하던 도시철도법령 및 기준에 최근의 각종 경량전철을 통합하고 포함하도록 하는 정책의 변화가 있었다.

도시형 자기부상열차도 경량전철에 해당하기 때문에 이러한 정책에 따라 도시철도법 내에 신규 제정에서 각각의 법안에 대응하는 현행 규정에 통합하는 것으로 조정되고 있다.

그 결과 자기부상열차용품 품질인증요령(안)의 개발은 품질인증 대상 품목 선정과 품질인증기준 개발로 크게 나누어지게 되었다. 이는 「도시철도법 시

행령」에서 품질인증 대상 품목 선정과 품질인증기준 제·개정을 별도로 구분하고 각각을 도시철도기술실무위원회의 심의를 수행하도록 한 것과도 같은 맥락에 있다.

[표 204]품질인증요령(안) 개발 WBS

Level 1	Level 2
1. 품질인증 대상 품목 선정	1-1. 양산편성 부품제작사양서 취합
	1-2. 자기부상열차 품질인증 대상 최종 선정(안)
2. 품질인증기준 개발	2-1. 품질인증기준 초안 개발
	2-2. 관련 기술자료 검토 및 반영
	2-3. 전문가 검토 및 의견수렴
	2-4. 품질인증기준(안) 개발

(2) 계획일정 및 목표달성도

품질인증요령(안) 개발을 위한 계획일정 및 목표달성도는 아래 표와 같다.

[표 205]품질인증요령(안) 개발의 연구내용별 달성도

세부 연구 내용	일 정								달성도
	6차 1분기	6차 2분기	6차 3분기	6차 4분기	7차 1분기	7차 2분기	7차 3분기	7차 4분기	
1-1. 양산편성 부품제작사양서 취합	▬▬	▬▬							100 %
1-2. 품질인증기관 등의 유관기관과의 검토·협의		▬▬	▬▬						100 %
2-1. 품질인증기준 초안 개발			▬▬	▬▬					100 %
2-2. 관련 기술자료 검토 및 반영				▬▬	▬▬				100 %

2-3. 전문가 검토 및 의견수렴						▬▬	▬▬										100 %
2-4. 품질인증 기준(안) 개발							▬▬	▬▬									100 %

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 품질인증 대상 용품 선정 관련

품질인증 대상 품목 선정은 우선적으로 자기부상열차 세부 PBS를 재정립하고 이를 도시철도와 비교하여 특이사항 및 검토필요사항을 구분/도출하였다.

이를 바탕으로 관련 법령에서 규정하고 있는 품목 선정 요건과 자기부상열차 시스템의 발전성 등을 검토하여 초안을 개발하였다.

자기부상열차의 품질인증 대상 품목 선정 요건은 다음과 같다.

○ 철도의 안전운행에 직접적으로 영향을 줄 것
○ 철도 건설 및 운영에 호환성을 유지할 수 있을 것
○ 철도용품이 철도시스템에 중요한 영향을 미칠 것
○ 철도용품의 성능이 철도 건설 및 운영에 주요한 영향을 미칠 것
○ 철도용품의 성능이 다수의 이해관계인과 관련이 있을 것
○ 국산화 개발품 또는 신개발품으로 우수한 성능을 보유 할 것
○ 용품의 설계변경 가능성, 발전성, 일반화 등을 고려해서 모듈화를 지향
○ 한국산업표준(KS) 및 타 법령에서 규정한 동일한 용품은 품질인증 대상에서 제외

또한 개발한 품목 선정 초안을 도시철도용품 품질인증기관인 한국철도기술연구원의 도시철도 표준화연구단 등의 유관기관과 검토·협의하여 자기부상열차의 고유품목 10개 항목과 일반 전동차용 적용 가능한 품목 8개 항목을 법적 신규 등록 품목으로 결정하였다.

분 류	대상용품	품목수	품질인증 대상 선정 심의 추진 여부
자기부상열차 고유용품	전자석, 부상제어장치(제어기, 초퍼), 대차프레임(캐스팅블록, 타이빔, 링크), 조향실린더, 스키드(착지스키드, 안내스키드), 비상착지륜, 유압발생장치, 집전장치, 제동패드, 보조전원장치	10	○
일반전동차 적용 가능 용품	선형유도전동기, 추진제어장치, 출입문(문 패널, 전기식 도어엔진), 냉난방장치(냉방장치, 난방장치) (밀폐형 Ni-Cd)축전지, 공유압변환기, 밀착연결기(연결기, 완충장치), 중간연결기	8	○
일반전동차 사용 용품	차단기, 주퓨즈, 필터리액터, 배전반, 자동열차제어장치, 자동열차운전장치, 종합제어장치, 응하중밸브, 제동작용장치, 제동제어기, 주간제어기, 승객안내정보장치, 공기스프링, 차압밸브, 자동높이조정밸프, 공기압축기, 공기건조기	17	X

[그림 312]자기부상열차 품질인증요령 대상 용품 선정

(나) 품질인증기준 개발

1) 품질인증 기준의 초안 개발

품질인증기준은 자기부상열차에 적용되는 용품 전체를 대상으로 하여, 기존 전동차 용품과 동일 항목이더라도 도시철도 전동차 전체에 개정이 필요한 부분/자기부상열차에만 적용되는 품목 전체를 그 대상으로 하여 개발하였다.

자기부상열차용품 품질인증기준 초안의 주요 내용은 다음과 같다.

○ 부상장치, 추진장치 등의 자기부상열차의 특성 장치에 대한 품질인증기준 신설
○ 최근 제・개정된 국제표준 적용 보완
○ 용품의 품질에 대한 요구조건을 도출하고 환경시험, 특성시험, EMI 시험 등의 신뢰성 시험 개발

자기부상열차용품 중 기계분야는 2단계에 대상 용품에 대한 전체 조사가 이루어졌으며, 자기부상열차의 부상장치 등 주요 전장품의 품질요구조건을 조사・검토하기 위해, 직접 제조업체를 방문하여 관련 사항을 토의하였다. 대상기관은 전자석 개발・제조 기업인 (주)WSM과, 부상제어기 개발・제조기업인 (주)이에스, 추진제어장치 개발・제조기업인 (주)브이씨텍 그리고 부상・추진시스템 개발 담당을 맡았던 한국전기연구원과 차량개발을 총괄 담당하는 (주)현대로템 등이다. 이를 통하여 품질인증요령 품질시험 기준 대상 용

품 및 주요 검토 사항에 대한 내용은 다음과 같이 반영하였다.

① 양산편성 적용 품목 반영

양산편성에 새로 적용되거나 초도편성에서 변경이 발생된 항목 중 품질인증 대상으로서의 적합성을 검토하여 품질인증 대상 품목으로 반영하였으며 주요 내역은 아래 표와 같다.

[표 206]자기부상열차 품질인증기준 양산편성 적용 품목 반영 및 주요 검토사항

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
대차	○ “조향실린더” 추가 - 곡선선로를 추종하기 위해 유압식으로 작동·제어하는 조향장치의 용품 - 자기부상열차의 대차는 좌우 모듈(부상·추진·제동 등의 기능성 장치의 집합체)이 따로 움직일 수 있도록 구속되어 있지 않기 때문에 곡선선로의 추종성을 향상하기 위해서는 필수장치로 판단됨 - 현재의 도시형 자기부상열차에 있어 주행 안전성에 직접적인 영향을 미침 ○ “유압발생장치” 추가 - 도시형 자기부상열차의 주차/착지 시에는 스키드가 사용되어 지며, 부상장치의 이상시에는 착지주행이 가능하도록 비상착지바퀴 또는 롤러가 사용됨. 유압발생장치는 이 비상착지바퀴를 필요에 따라 사용할 수 있도록 출입을 제어하는 용품 - 부상장치의 이상시 차량의 주행을 할 수 있도록 해야 하므로 자기부상열차에 있어 필수장치로 판단되어 품질인증 대상 용품으로 선정함
전원공급장치	○ “충전기”를 품질인증 대상에서 제외 - 기존 전동차와 다르게 자기부상열차에 적용한 축전지는 언제든지 부상전원이 끊겼을 때 즉각적으로 부상장치에 전원을 공급해서 낙하 충돌의 발생이 없도록 해야 한다. 따라서 축전지는 보조전원회로에 연결되어 상시충전방식을 사용하므로 별도의 충전기는 적용하지 않아도 무방한 것으로 판단되어 대상에서 제외함

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
제동장치	○ “공유압변환기”를 추가 - 실용화모델에는 공압을 유압으로 변환하고 유압으로 제동력을 생성하는 국내 첫 유압을 활용한 제동방식을 적용하였으며, 이 장치는 일반 경량전철에 활용이 가능하므로 공유압변환기 등을 신규장치로 추가함 - 필요 제동력을 생산하기 위해 성능, 안전성, 신뢰성 등이 요구되므로 품질인증 대상으로 선정함

② 부품의 모듈화

품질인증 대상은 PBS상의 3레벨 이하 5레벨 이상의 세부 기능성부품이 주로 해당한다. 일반적으로는 개발기업의 품목 단위를 적용하여 구분되어 진다. 여기에 생산 및 유지보수성 향상을 위해 가능한 기능 단위 부품의 묶음을 넓혀 모듈화 하였다. 이를 통해 수십년 사용할 대상 열차의 사용 용품의 호환성과 성능유지를 도모할 수 있을 것으로 판단된다. 주요 내역은 표 3-2-4와 같다.

[표 207]부품의 모듈화에 대한 대상 용품 및 주요 검토사항

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
차체 (내・외장재)	○ “출입문”을 신규용품으로 선정 - 기존의 전동차 출입문은 판넬부(기계/재료)와 작동제어부(동작/제어/성능/신뢰성)를 별도로 구분하였으나 두 부분은 연계되어 성능이 검증되어야하며 유지보수성 등을 고려하여 하나의 품목을 선정 - 기존의 일반 전동차에서는 출입문 제어부로 공기식 도어엔진을 사용해 왔으나, 자기부상열차를 포함하여 최근의 경전철에서는 전기식 도어엔진을 사용함 - 전기식 도어엔진은 대부분 수입하여 사용해 왔으나, 국산 용품을 적용함 ○ “냉난방장치”를 신규용품으로 선정 - 기존의 일반 전동차에서는 냉방장치와 난방장치는 별도로 분리되어 사용되어왔으나 자기부상열차를 포함하여 최근에는 냉방장치와 난방장치를 하나의 장치(Air conditioner)를 통해 각각의 기능을 발휘함

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
	- 열차의 경량화 및 공간사용률 등을 고려하여 통합된 냉난방장치의 사용은 필요하며 성능 및 신뢰성 확보를 위해 대상 용품으로 선정
부상장치	○ “부상제어장치”의 모듈화 - 센서로부터 열차와 선로의 부상정도에 대한 신호 입력을 받아 연산을 수행하는 부상제어기와 이 연산결과를 입력받아 잔자석에 전력을 변환하여 공급하는 전자석초퍼를 모듈화하여 부상제어장치로 선정함 - 부상제어기와 전자석초퍼는 전기적으로 연결되고 연속되는 기능 구현 및 성능 발휘의 일관성을 통해 운행 안전성 및 유지보수성, 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단됨
기장 (전선・배관)	○ “밀착연결기”와 “중간연결기”에 “고무완충기”를 포함하여 모듈화 함 - 연결기와 완충기는 기계적으로 연결되고 연속되는 기능 구현 및 성능 발휘의 일관성을 통해 운행 안전성 및 유지보수성, 신뢰성 향상에 기여할 수 있을 것으로 판단됨

③ 고유・신규・일반 용품 장치 재분류

품질인증 대상 용품 선정 심의에서는 기존 사용 일반장치는 제외되어야 한다. 또한 신규용품 중에서도 전동차에 일반적으로 사용가능한지 자기부상열차의 고유장치로 국한되어야 하는지 구분이 필요하다. 양산편성의 대상 용품의 사용환경, 구조・기능・성능・형식 등을 검토하여 대상을 고유/신규/일반 용품으로 구분하였으며 주요 검토 내역은 아래와 같다.

[표 208]고유·신규·일반 용품 장치의 재분류 주요 검토사항

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
차체 (내・외장재)	○ “출입문”을 신규용품으로 선정 - 기존의 전동차 출입문은 판넬부(기계/재료)와 작동제어부(동작/제어/성능/신뢰성)를 별도로 구분하였으나 두 부분은 연계되어 성능이 검증되어야하며 유지보수성 등을 고려하여 하나의 품목을 선정 - 기존의 일반 전동차에서는 출입문 제어부로 공기식 도어엔진을 사용해 왔으나, 자기부상열차를 포함하여 최근의

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
	경전철에서는 전기식 도어엔진을 사용함 - 전기식 도어엔진은 대부분 수입하여 사용해 왔으나, 국산 용품을 적용함 ○ “냉난방장치”를 신규용품으로 선정 - 기존의 일반 전동차에서는 냉방장치와 난방장치는 별도로 분리되어 사용되어왔으나 자기부상열차를 포함하여 최근에는 냉방장치와 난방장치를 하나의 장치(Air conditioner)를 통해 각각의 기능을 발휘함 - 열차의 경량화 및 공간사용률 등을 고려하여 통합된 냉난방장치의 적용이 필요하며 성능 및 신뢰성 확보를 위해 대상 용품으로 선정
대차	○ “유압발생장치” 추가 - 도시형 자기부상열차의 주차/착지 시에는 스키드가 사용되어 지며, 부상장치의 이상시에는 착지주행이 가능하도록 비상착지바퀴 또는 롤러가 사용됨. 유압발생장치는 이 비상착지바퀴를 필요에 따라 사용할 수 있도록 출입을 제어하는 용품 - 부상장치의 이상시 차량의 주행을 할 수 있도록 해야 하므로 자기부상열차에 있어 필수장치이며, 사용조건 상 고유장치로 구분됨
전원공급장치	○ “보조전원장치”를 고유장치로 선정 - 자기부상열차에 사용되는 보조전원장치는 기존 전동차의 보조전원장치에 부상장치에 전원을 공급하는 추가 계통이 들어가게 된다. 따라서 사용 환경 및 기능과 설비내역이 다르므로 고유장치로 선정함 ○ “집전장치”를 고유장치로 선정 - 자기부상열차의 집전장치(판토)는 제3궤조, 측면접촉식을 사용한다. 최근의 경전철역시 제3궤조, 측면 상·하접촉식을 사용하기 때문에 신규장치 범위로 볼 수 있지만, 자기부상열차의 부상주행의 특성상 집전시의 상하·좌우 변위가 발생하며, 이에 따라 전차선보다 집전판이 넓은 형태적 구조를 갖게 되고 좌우 안내 변위에 효과적인 스프링작용식이 사용되게 되는 구조적인 특징으로 고유장치로 선정함
제동장치	○ “공유압변환기”를 신규용품으로 선정 - 실용화모델에는 공압을 유압으로 변환하고 유압으로 제동

구성품 구분	대상 용품 및 주요 검토사항
	력을 생성하는 국내 첫 유압을 활용한 제동방식을 적용하였으며, 이 장치는 일반 경량전철에 활용이 가능하므로 공유압변환기 등을 신규장치로 추가함 - 필요 제동력을 생산하기 위해 성능, 안전성, 신뢰성 등이 요구되므로 품질인증 대상으로 선정함 ○ “제동패드”를 고유장치로 선정 - 자기부상열차는 바퀴와 구동장치가 없으므로 제동시에 선로를 맞잡아 제동을 이루게 된다. 제동패드는 기존 차륜식 차량의 제륜자 등과 다르며, 선로와의 마찰을 통해 제동력을 생산하는 구조는 자기부상열차가 유일하므로 고유장치로 구분함 - 필요 기초 제동력을 생산하기 위해 적용 재료, 구조 등의 검증이 요구되므로 품질인증 대상으로 선정함
기장 (전선・배관)	○ “중간연결기”를 신규용품으로 선정 - 자기부상열차의 중간연결기는 일반 철도차량의 밀착연결기와 그 쓰임 또는 요구 성능이 다르기 때문에 신규장치로 선정함 - 일반 경량전철에 적용 가능하므로 신규장치로 선정함

④ 타 경전철 시스템 및 일반전동차 적용 가능한 장치

타 경전철 시스템 및 일반 전동차에 적용이 가능한 신규장치에 대한 주요 세부 검토・반영 사항은 다음과 같다.

[표 209]타 시스템 및 일반전동차 적용 가능 용품 검토, 반영

대상 용품	주요 검토・반영 내용
선형유도전동기	○ 구조 및 형식 관련 - 고정자 코어는 코일의 이탈을 방지하도록 함 - 고정자 프레임은 냉각 면적이 최대화되는 구조를 갖도록 함 - 외부에 노출되는 장치이므로 표준규격에서 정한 환경조건에서 정상적인 작동이 가능하도록 함 - 사용 구조상 자연냉각방식, 절연등급 H종 이상이 되도록 함 ○ 필요조건 관련 - 외부 노출에 따른 습기 및 눈과 자기장에 영향으로 먼지의

대상 용품	주요 검토·반영 내용
	흡착, 주행 중 발생하는 진동에 대한 내구성을 갖도록 함 - 작동 중의 가열과 대차부 타 장치의 온도 상승을 고려하여 충분한 열용량을 갖도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 최소 도막두께를 제작사양서를 반영하여 지정하며, 다른 방법을 적용할 수 있으므로 제작시 승인된 사양을 만족하도록 함 - 신뢰성을 확보하기 위해 코일 내부 단락 측정 시험시 최대 가혹 조건의 상하한 온도를 지정 - 특성시험으로 부상·안내력 측정시험과 온도상승 시험을 수행토록 함
부상제어장치	○ 구조 및 형식 관련 - 사용 환경조건은 도시형 자기부상열차 표준규격에서 정한 외기온도와 상대습도를 적용 - 외부에 노출되며 별도의 냉각장치 없이 포화온도조건을 만족해야 하므로 자연냉각방식으로 하며, 제어 효율이 좋도록 PWM 방식으로 지정 ○ 필요조건 관련 - 안전한 부상제어를 위해 차량의 종합제어장치와 연계하여 진단 및 고장 감시 기능을 갖도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 온도상승시험을 연속정격 온도상승시험과 단시간 과부하 정격 온도상승시험으로 구성하여 시험수행하도록 하며, 권선의 최대 상승 온도 기준을 정함 - 방수시험은 IEC 60529에 준하도록 하며, 최종적으로 절연저항을 측정하여 절연에 이상이 없는지를 확인하도록 함
추진제어장치	○ 구조 및 형식 관련 - 차체 하부에 함으로 설치되므로, 상면에 덮개를 설치하도록 하고 사용 부품은 모듈화 되어 유지보수가 용이한 구조를 갖도록 함 - 인버터 박스는 경량화 재질 사용을 기본으로 하며 차폐 효과를 위해 용접 조립하도록 함

대상 용품	주요 검토·반영 내용
	- 제어회로의 노이즈 영향을 최소화하기 위해 고압회로와 저압회로를 분리 배선하도록 함 - 함이 외부로 노출되므로 도시형 자기부상열차 표준규격에서 정한 외기조건에서 정상 작동 가능하도록 정함 ○ 필요조건 관련 - 과전류 유입 등에 따른 차량 주행의 안전성을 유지할 수 있도록 차단기를 설치하도록 함 - 고속, 고정밀 연산을 수행하도록 중앙처리장치는 32비트 이상의 프로세서를 사용하도록 함 - 종합제어장치와 연계하여 차상 자기진단 기능 및 고장 감지 등의 모니터링 기능을 갖추도록 함 - 이상 전압 등에 대한 보호 기능을 갖도록 하며, 이상 조건이 사라지면 정상적인 동작 상태로 회복되도록 함 - 안정한 부상제어를 위해 선로간의 흡인력이 최소화되도록 제어하도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 보호 검출 시험으로 정상작동을 하는지 파형 확인을 해야 하는 중요 항목을 정함 - 제어 기능 시험으로 속도/전압/전류 등의 모의신호를 적용하여 차단기 동작 상태 등의 주요 제어 기능 확인 항목을 정함 - 전자파 내성시험으로 IEC 62236을 적용하도록 하며, 각 시험 항목에 대해 안정적인 성능을 발휘하기 위한 등급 수준을 제시함
출입문	○ 구조 및 형식 관련 - 출입문의 형식 및 구조는 다양하게 적용할 수 있도록 제작도면에 따르도록 함 ○ 필요조건 관련 - 승객의 안전을 위해 개폐여부, 작동상태 등을 진단하여 종합제어장치 등에 정보를 전송할 수 있도록 하며, 장애물 감지 기능을 갖추도록 함 - 무전원시에도 작동 가능한 수동 개폐 장치를 설치하도록 함 - 개폐 장치는 차량이 완전 정차시에서만 작동되도록 하며, 차량 운행 중에 개폐장치를 조가하여도 열리지 않도록 함

대상 용품	주요 검토·반영 내용
	- 출입문의 창유리는 파손시 승객의 상해를 방지하기 위해 안전유리 등의 재료를 사용하도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 출입문 패널의 재료시험으로서 MILL SHEET 또는 공인기관 시험성적서로 대체할 수 있도록 함 - 내구성을 확보할 수 있도록 출입문 패널에 반복 하중시험을 10만회에 걸쳐 수행하도록 함 - 엔진도어 시험에 수동개폐력 시험과 장애물 검지 시험 등을 수행하도록 하여 작동성능과 안전성을 확인하도록 함
냉난방장치	○ 필요조건 관련 - 쾌적한 공기를 제공할 수 있도록 자기소화성 이상의 재질과 항균성 재질의 단열재를 사용하도록 함 - 무인·자동운전시를 고려하여 종합제어장치 등과 연계하여 자동으로 모드 운전이 가능할 수 있도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 소음시험에서 자기부상열차의 정숙성을 고려하여 시험기준을 65 dB(A)로 함
축전지	○ 구조 및 형식 관련 - 사용시 화학적인 손상을 방지하도록 함 ○ 필요조건 관련 - 일반 제어용 전원 공급 이외에도 부상장치에 전원을 공급할 수 있도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 내구성 시험에서 방전시간 확인을 위한 1~50 사이클 수행을 최소 500회 이상이되도록 함
공유압변환기	○ 필요조건 관련 - 압력을 변환하는 장치이므로 이완 누설 등의 결함이 없도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 안정적인 작동 성능을 확보하기 위해 누설, 누유 시험에서 저압 및 고압상태에서 누설여부를 확인하도록 함 - 출력성능시험을 통해 공유압 변환시의 출력비가 승인된 사

대상 용품	주요 검토·반영 내용
	양을 만족하는지 확인하도록 함
연결기	○ 필요조건 관련 - 용품간의 호환성을 확보할 수 있도록 함 - 연결 및 분리가 간단한 조작에 의해 쉽게 수행될 수 있어야 하며, 연결한 경우에는 연결면이 밀착될 수 있어야 함

그 결과로서 자기부상열차의 주요 전장품의 품질요구조건을 도출하였으며, 이러한 전장품의 품질 요구조건과 국내외 최신 표준 내용을 반영하여 전장품 품질인증요령 품질시험기준 초안을 개발하였다.

⑤ 자기부상열차 고유용품

자기부상열차에 적용된 고유용품에 대한 주요 세부 검토·반영 사항은 다음 표와 같다.

[표 210]자기부상열차 고유용품에 대한 주요검토 및 반영 내용

대상 용품	주요 검토·반영 내용
부상 전자석	○ 구조 및 형식 관련 - 사용 환경조건은 도시형 자기부상열차 표준규격에서 정한 외기온도와 상대습도를 적용 - 외부에 노출되며 별도의 냉각장치 없이 포화온도조건을 만족해야 하므로 자연냉각방식, 절연등급 H종 이상으로 지정 ○ 필요조건 관련 - 철심의 가공 후 응력 제거, 화학조성의 균일화, 자기적 특성 향상을 목적으로 열처리 하도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 최소 도막두께를 제작사양서를 반영하여 지정하며, 다른 방법을 적용할 수 있으므로 제작시 승인된 사양을 만족하도록 함 - 신뢰성을 확보하기 위해 코일 내부 단락 측정 시험시 최대 가혹 조건의 상하한 온도를 지정 - 특성시험으로 부상·안내력 측정시험과 온도상승 시험을 수행토록 함

대상 용품	주요 검토·반영 내용
부상제어장치	○ 구조 및 형식 관련 - 사용 환경조건은 도시형 자기부상열차 표준규격에서 정한 외기온도와 상대습도를 적용 - 외부에 노출되며 별도의 냉각장치 없이 포화온도조건을 만족해야 하므로 자연냉각방식으로 하며, 제어 효율이 좋도록 PWM 방식으로 지정 ○ 필요조건 관련 - 안전한 부상제어를 위해 차량의 종합제어장치와 연계하여 진단 및 고장 감시 기능을 갖도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 보호동작확인 시험에 이상전압시의 동작 상태를 확인토록 함 - 전자기적합성시험에 KS C IEC 61000-4 규격군에서 정한 시험방법을 따라 수행하도록 하고 최소 요구되는 등급을 지정함
조향실린더	○ 구조 및 형식 관련 - 도시형 자기부상열차의 대차(모듈) 구조의 특성상 양로드, 복동 실린더 형식으로 지정함 ○ 필요조건 관련 - 주행 중 곡선 선로에서 선후행 하는 일련의 모듈이 반대 반향으로 회전하도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 내구성시험으로 사용내구성을 고려하여 30만회 왕복시험을 실시토록 함 - 외부 누유/내압력/내부 누유 시험 등을 수행토록 하며, 유압식에 따른 최대 누유량 기준을 지정함
스키드	○ 구조 및 형식 관련 - 횡스키드는 차량의 측면에 장착되어 급곡선 구간에서 레일과 차량의 직접적인 접촉을 방지하는 구조가 되도록 함 - 착지스키드는 일반 착지시 이외에도 부상기능 이상시에 레일과 차량의 직접적인 접촉을 방지하는 구조가 되도록 함

대상 용품	주요 검토·반영 내용
	○ 필요조건 관련 - 차량과 레일의 충돌을 방지할 수 있도록 충격하중을 견딜 수 있도록 함 - 마모한도까지 재질이 균일하도록 제작되어 성능을 유지할 수 있도록 함 - 스키드는 불꽃발생이 최소화 되도록 하며, 착지스키드는 필요 제동력을 생성하기 위해 노면상태와 관계없이 일정한 마찰계수를 갖도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 마모량시험, 마찰계수 시험, 밀도시험, 경도시험 등을 수행하도록 하여 사용내구성과 제동성능을 만족할 수 있도록 함
유압발생장치	○ 구조 및 형식 관련 - 비상착지륜의 작동을 위한 장치 구성과 작동 압력 및 유량을 조절하기 위한 유압발생 장치의 구조를 정함 ○ 필요조건 관련 - 비상시 착지주행에서 사용되므로 통합관제실(무인운전시) 또는 간이운전대의 신호를 인가하여 작동하도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 환경시험과 진동시험 및 작동(성능/누유)시험을 복합적으로 수행하여 이상 및 누유 발생을 확인하도록 함
집전장치	○ 구조 및 형식 관련 - 도시형 자기부상열차의 부상 주행 특성에 따라 전차선 수직 밀착 구조로 하며, 스프링식을 사용하여 마모 보상이 가능하도록 함 ○ 필요조건 관련 - 부상주행에 따른 부상·안내 공극의 변화에 있어서도 정상 집전이 가능하도록 하며, 마찰에 의한 불꽃 발생이 잘 일어나지 않는 재질을 사용하도록 함 - 마모에 의한 교체가 용이하도록 본체에 취부가 용이한 구조를 갖도록 함

대상 용품	주요 검토·반영 내용
	○ 시험 기준 관련 - 기계적 성질을 확인할 수 있도록 집전자 재료 시험으로 경도, 비중을 수행하도록 함 - 스프링 작용에 의한 압상력을 확인할 수 있도록 하며 제작사양서에 따라 힘의 크기 범위를 정하며, 향후의 설계 변경을 고려하여 승인된 사양을 만족하여 확인토록 함
제동패드	○ 구조 및 형식 관련 - 비석면 재질을 사용하도록 하며, 성형 후 재질이 균일하게 되도록 열처리를 시행하여 제조하도록 함 - 마모에 따른 교체가 용이한 구조를 갖도록 함 ○ 필요조건 관련 - 마찰로 순간 가열에 인해 비틀림 발생이 없도록 함 - 마모시에도 표면의 균열 등의 이상이 발생하지 않도록 함 ○ 시험 기준 관련 - 평균 마찰계수 시험을 수행하도록 하여 적용 열차의 제동력에 따른 제동력을 생성할 수 있는지 확인하도록 함 - 최대 온도 측정 시험을 수행하도록 하여, 최대 온도 발생 기준을 만족하도록 함
공유압변환기	○ 구조 및 형식 관련 - 공기압을 유압으로 변환시키는 시스템으로 안정적인 유압 출력을 얻어야 함 ○ 필요조건 관련 - 각 부분에 대해서 이완, 누설 등의 결함이 없어야 하며, 비교적 작은 공기압력을 큰 유압으로 변환하여 원활한 제동력을 생성시킬 수 있어야 함 ○ 시험 기준 관련 - 작동시험을 수행하여 공기의 공급 작동 이상여부를 확인도록 함 - 실린더의 누설, 누유시험, 압력강도 시험, 출력 성능시험 등을 수행하여 사용 조건상의 기준을 만족하도록 함

2) 품질인증요령 품질시험기준의 전문가 의견

양산편성의 사용 용품에 대한 각각의 품질인증기준은 도시철도운영기관, 전문연구기관, 관련용품 개발기업을 대상으로 전문가 자문검토를 추진하였다.

자문 위촉을 의뢰한 대상 기관은 다음 표와 같다.

[표 211]품질인증요령 품질시험기준의 자문 대상 기관

구 분	기관명 / 기업명
도시철도 운영기관	서울메트로, 인천교통공사, 대전도시철도공사, 대구도시철도공사, 광주도시철도공사, 부산교통공사
연구기관	한국기계연구원, 한국전기연구원, 한국철도기술연구원
관련용품 개발기업	(주)우성마그네트, (주)에이디에스레일, (주)유진기공, (주)동일고무벨트, (주)에스지서보, (주)한터기술, (주)세방전지, (주)브이씨텍, (주)우진산전, (주)휴렉스

주요 자문 의뢰 내역은 품질인증 대상으로 선정한 용품의 타당성, 각각의 품질인증기준별로 세부 필요사항, 시험기준 등이며 그 외에도 대상 용품의 국내외 기술수준, 수요 등에 대한 현황도 문의하였다. 관련 산업의 현황은 본 품질인증기준과 시험기준 등의 수준을 정하고 부족한 기술력에 대한 보완 방향을 제시할 수 있도록 해준다.

(4) 결과

(가) 연구결과

자기부상열차용품 자기부상열차 용품 품질인증요령 품질인증기준(안)

(2) 기대효과

3단계 연구에서 양산편성에 적용된 부품 제작사양서를 반영하여 최종 개발된 품질인증요령(안)은 도시철도기술실무위원회의 심의를 거쳐 도시철도용품 품질인증요령에 자기부상열차 용품 항목과 품질인증기준으로 7차년도에 개정되었다. 이 신규 기준을 통해 향후 자기부상열차의 각종 상용 노선에 사용되는 부품의 품질을 일정 수준이상으로 유지할 수 있으며, 국내 자기부상열차

시스템의 원활한 정착과 철도산업 향상 및 나아가 국내 기술력에 신뢰성을 주고 자기부상열차를 포함한 국내 철도산업의 수출시장 개척에도 일조를 할 수 있을 것으로 판단된다.

나. 개발 규정(안) 보완

(1) 개요

실용화사업을 통해 개발한 규정의 적합성과 실효성을 향상시키기 위해 시범노선의 건설 및 종합시운전 결과를 반영할 수 있도록 마지막 3단계까지 계속 수행되었으며, 본 과제가 연구개발한 규정(안) 전체를 대상으로 하였다. 법제화된 건설규칙, 안전기준, 성능시험기준을 포함하여 운전규칙, 열차 및 시설분야 표준규격, 품질인증요령, 정밀진단지침 등이 모두 해당한다.

3단계 연구에서는 법제화 진행 순서상 열차 및 시설분야 표준규격(안), 품질인증요령 품질시험기준, 운전규칙에 대한 보완이 중점적으로 진행되었으며, 시범노선 건설 중에 안전 또는 건설과 연계된 부분은 관련 과제와 연계하여 빠르게 보완·개정을 이뤄질 수 있도록 하여, 시범노선 건설에 차질이 없도록 진행하였다.

(가) 주요내용

1) 자기부상열차 차량 표준규격(안) 수정·보완

자기부상열차 표준규격은 본 실용화사업 2차년도부터 개발을 시작해서 3차년도에 자문회의, 공개토론회, 공청회 등을 거쳐 대내외 의견수렴 마치고 일단락 지었었다. 그 후 본 실용화사업 2단계에서는 시험선 시험을 통해 초도편성 차량의 설계 보완이 발생하였으며, 3단계 들어서 최근 각종 경량전철이 국내에 도입되면서 경량전철의 건설비용의 저감 등 경쟁력을 향상시킬 수 있도록 상업용 모델 스펙에 대한 재검토가 필요하다는 의견이 제기되어 사업단 및 1핵심과 협의하여 법제화를 추진하기 전에 보완 검토를 수행하여 차량 표준규격(안)을 수정·보완하였다.

2) 자기부상철도 시설표준규격(안) 수정·보완

자기부상철도 시설 표준규격은 3개의 분야로 구분되는데 그 분류는 다음과 같다.

- 자기부상철도 선로시설 시설표준규격
- 자기부상철도 전력시설 시설표준규격
- 자기부상철도 신호 및 열차제어설비 시설표준규격

자기부상철도 시설 표준규격도 열차 표준규격과 마찬가지로 2차년도부터

개발을 시작하여 3차년도에 자문회의, 공개토론회, 공청회 등을 거쳐 대내외 의견수렴을 마쳤다. 그 이후 실용화사업에서 시범노선 설계, 건설, 운영을 거치면서 자기부상열차 특성을 반영하여, 사업단, 1,2,3핵심, 관련 기업의 의견과 전문가 자문회의를 거쳐서 시설표준규격(안)을 수정·보완하였다.

3) 자기부상열차 운전규칙(안) 수정·보완

자기부상철도 운전규칙(안)의 개발은 2단계(4~5차년도)에 진행되었다. 그 도중에 기존 도시철도차량과 각종 경량전철 차량을 하나의 규정으로 만들고자 하는 국토해양부의 법제화 정책에 따라 자기부상철도 운전규칙도 신규 제정 대신 도시철도 운전규칙 포함하여 개정하는 방안으로 법제화를 추진하게 되었다. 3단계에서는 2단계까지 연구된 내용과 자기부상열차 설계, 제작, 시운전 등을 거치면서 해당 내용의 수정 보완을 실시하였다. 또한 국토해양부의 요청에 따라서 자기부상열차 운전규칙 내용을 포함한 도시철도 운전규칙 개정안을 한국철도기술연구원과 협의하여 수정·보완을 하였다.

4) 자기부상열차 용품 품질인증요령 품질시험기준(안) 수정·보완

자기부상열차 용품 품질인증요령은 2단계 연구에서 총 35종의 용품을 선정하였고, 해당 용품에 대한 품질인증요령 품질시험기준(안)을 개발하였다. 3단계 연구에서 국토교통부, 사업단, 관련 연구기관과 논의하여 자기부상열차 고유 용품에 대해서 심의를 실시하는 것으로 결정하였으며, 일반 전동차에 적용하는 용품 등을 제외하고 자기부상열차 고유용품에 대해서만 품질시험 대상으로 추진하는 것으로 제설정 하였다. 이후에 자기부상열차 차량 규격서, 시험절차서, 시험 결과, 전문가 자문검토 및 의견수렴 등의 기술적 검토를 거치면서 자기부상열차 고유용품 8종에 대해서 최종 품질인증요령 품질시험기준(안)을 개발하였다.

5) 합동추진반 구성에 의한 개발 규정(안) 수정·보완

3단계 연구에서 차량 표준규격, 시설 표준규격, 품질인증요령 품질시험기준, 운전규칙 등 자기부상열차 개발 규정(안)의 고시를 국토교통부에 요청하였다. 국토교통부는 철도 관련 법령의 관리기관은 한국철도기술연구원의 기술검토를 실시할 수 있도록 합동추진반을 구성토록 하여 자기부상열차 법제화 추진하도록 하였다. 합동추진반은 국토교통부, 자기부상열차사업단, 한국

철도기술연구원, 한국산업기술시험원으로 구성하였으며, 2012년 6월부터 2012년 12월 까지 각 분야별로 추진되었으며, 최종 결과 보고를 2013년 1월에 실시하였다. 합동추진반 운영에 따라서 자기부상열차 관련된 개발 규정(안)의 심의 및 고시를 위한 최종적인 제개정안의 수정·보완이 실시되었다.

(2) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 자기부상열차 표준규격(안) 보완

자기부상열차 표준규격은 본 실용화사업 2차년도부터 개발을 시작해서 3차년도에 자문회의, 공개토론회, 공청회 등을 거쳐 대내외 의견수렴 마치고 일단락 지었었다. 그 후 본 실용화사업 2단계에서는 시험선 시험을 통해 초도편성 차량의 설계 보완이 발생하였으며, 최근 각종 경량전철이 국내에 도입되면서 경량전철의 건설비용의 저감 등 경쟁력을 향상시킬 수 있도록 상업용 모델 스펙에 대한 재검토가 필요하다는 의견이 제기되어 사업단 및 1핵심과 협의하여 법제화를 추진하기 전에 보완 검토를 진행하였다.

3단계 연구에서는 사업단 및 1핵심, 2핵심 등 관련 과제로 부터 1차 양산편성의 설계 보완 내역, 개정 의견 및 보완검토 내역을 취합하고 반영계획을 수립하여 '11.12.28일에 토론회를 거쳐 의견수렴 하였다. 일부 토론회에서 미완된 보완 검토 추진 사항과 2핵심의 추가의견에 대해서는 '12.1월에 의견수렴 하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 다음 표와 같다.

[표 212]자기부상열차 표준규격 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
최고 운행속도	○ 최고 운행속도 100 km/h, 성능최고속도 110 km/h 이상 등 실제 도시형에 적합한 규격으로의 수정 검토가 필요함 - 운전조건 "차량의 최고 운행속도는 100 ㎞/h 이상으로 하며, 구간별 운전속도 계획은 운행할 노선의 운전규정에 따른다."와 차량시스템 성능규격 "성능 최고속도 : 110 km/h 이상" 및 "운행 최고속도 : 100 km/h 이상"는 도시형자기부상열차실용화사업 RFP의 최고속도를 기준으로 설정된 것으로 이해되나, - 국토해양부고시 제2010-48호(2010.1.26일)로 고시된 도시철도차량 표준규격 중 전용선로를 운행하는 모노레일형식,

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	선형유도전동기형식 및 철제차륜형식 경량전철 차량 표준규격에는 “성능최고속도 : 80 km/h 이상” 및 “최고운행속도 : 70 km/h 이상”으로 규정하고 있으므로 - 타 경량전철과 레벨을 같이 하는 도시형 자기부상열차 또한 표준규격에는 “성능최고속도 : 80 km/h 이상” 및 “최고운행속도 : 70 km/h 이상”으로 개정할 필요 있음 ➪ 도시철도의 공통 표준(운행최고속도 80km/h)으로 부합시키고 불필요한 차량 개발비와 시설 공사비 전체의 단가를 낮춰 경쟁력을 높일 수 있도록 함
환경조건 (외기조건, 최대강우강도, 습도, 최대강설강도, 풍속, 결빙)	○ 철제차륜형식 경량전철차량 표준규격, 노면전차형식 경량전철차량 표준규격, 선형유도전동기형식 경전철차량 표준규격의 기후조건과 동일 조건 적용으로 일관성 유지필요 ➪ 국내 하절기의 기후 특징과 자기부상철도의 구조 및 운행특성에 따라 필수적으로 요구되는 “습도”, “풍속”은 원안을 유지함 ➪ “최대강설강도”, “결빙”, “최대강우강도” 등은 지역별 편차가 클 것으로 판단되어 검토항목으로만 표시하도록 수정
구원운전	○ 도시철도 공통 표준으로 구원운전시 구원차의 승객안내방송 및 출입문제어는 피구원차와 동시에 작용하도록 되어 있음. 그러나 구원차와 피구원차는 상황이 다르므로 공통방송을 내보내는 것은 바람직하지 못함 ➪ 구원운전시 승객안내방송과 출입문제어는 구원차와 피구원차가 동시에 또는 개별적으로 이루어질 수 있도록 한다.
부상제어장치	○ 부상제어기의 신뢰성측면에 대한 하드웨어부품의 이중화를 굳이 구속할 필요는 없음. 그에 상응하는 백업기능 또는 유사한 시스템 구성으로 신뢰성을 높일 수 있는 만큼 굳이 부품의 이중화를 명시할 필요는 없음 ➪ 부상제어는 높은 신뢰성이 요구되므로, 이중계 또는 이에 상응하는 신뢰성 확보 방안을 나타내도록 수정함
차량간 통로연결장치	○ 통로연결장치내 “안전장치”는 별도의 안전장치에 관한 의미가 불분명하므로 “안전장치”는 삭제 요망 ➪ 안전장치는 기존 철도차량의 통로에서 필요한 것으로 확인되었으며, 최근의(시범노선 차량 포함) 경량전철의 통로에서는 별도의 안전장치가 불필요한 것으로 확인됨. 다

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	만, 이 규격은 승객의 안전확보를 위한 것이므로 문장을 보완하여 수정

7차년도에는 자기부상열차 차량 표준규격 심의(안)을 개발하는 단계에서 사업단, 2핵심과의 토론회를 실시하여 현재 자기부상열차 시스템에 최종적으로 적용된 사양, 제품의 기능, 성능 등을 확인하여 최종 시스템에 대한 내용으로 차량 표준규격을 수정·보완(2013년 3월)하였으며 그 주요 내용은 표 다음과 같다.

[표 213]자기부상열차 표준규격 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
대차 및 부속장치	○ 자기부상열차 대차는 용접 실시를 실시하지 않으므로 용접 관련 문구 삭제 및 프레임 커버 미적용되므로 프레임 커버의 재질 내용 검토 요청 ➪ 자기부상열차 대차 프레임은 알루미늄 용접 열처리 공정이 없으므로 해당 내용을 반영함 ➪ 도시형 자기부상열차의 프레임 커버가 미적용되므로 프레임 커버 재질에 대한 내용은 삭제하여 반영함 ○ 공기 스프링 장치에서 공기가 누설시에는 부상이 불가하므로 공기 스프링의 압력이 부족한 경우에도 운행이 가능하도록 한 문구에 대한 수정이 필요 ➪ 공기스프링 누설에 의한 차량의 과도한 치우침을 방지하기 위해서 탄성패드가 필요하며, 공기가 누설된 상태에서도 비상운전이 가능토록 수정반영
차량의 편성	○ 인천공항 도시형자기부상열차의 편성은 2향 1편성이지만 향후 지자체 및 운영기관이 노선별 수송수요에 맞추어서 편성구조를 선택 할 수 있도록 수정 요망 ➪ 기본 편성은 2량1편성으로 하며, 중복 연결을 하여 편성하는 경우에는 연결편성이 가능토록 의견 반영
제어전압 회로	○ 제어회로전압은 배선길이, 통전량, 부하특성에 따라서 변동이 되므로, 공급전압 기준으로는 변동범위가 DC 80V이상 확보가 되어야 실제 기기에는 변동범위가 DC 70 ~ 110V가 보장된다. 공급전압 기준으로 보면 DC 80V ~ 110V로 명기해야 함 ➪ 차량시스템 규격서에 따라서 적용하며, 해당 전압의 범위가 차량 성능에 영향을 미치지 않고 설계시에도 해당 전압으로 설계가 실시되므로 원안 유지함

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
전기기기 배치	○ 자기부상열차에는 별도의 접지스위치가 없으며, 고압라인의 경우 단로기에 의하여 분리가 됨(고압기기 유지보수 시에는 차량 정지 후 일정시간 후에 고압장치의 자가 방전이 이루어진 상태에서 수행함). 다음과 같이 변경 검토 요망 - '유지보수의 안전을 위해 고압회로를 차단할 수 있어야 하며, 기기함은 차체에 접지되어야 한다' ➪ 유지보수의 안전을 위해 고압회로를 차단할 수 있어야 하며, 기기함은 차체에 접지되어야 하므로 의견 반영
중앙제어장치	○ 중앙제어장치는 고장이 발생할 경우, 차량 동작에 이상이 없도록 이중계 또는 기능의 백업이 이루어져야 한다." 문구 적용 검토 요망 ➪ 중앙제어장치는 고장이 발생할 경우, 차량 동작에 이상이 없도록 이중계 또는 기능의 백업이 이루어져야 하므로 해당 의견 반영
전자석	○ "전자석은 차량의 최대 중량, 열차의 속도 증가에 따른 부상력 감소, 선형유도전동기 동작 시 수직력에 의한 영향 등을 고려하여 충분한 용량이 확보되어야 한다." 내용으로 검토 요망 ➪전자석에 대한 용량 확보 개념에서 의견 반영
정차제동	○ 객실 출입문이 열려 있을 때와 정차제동 제어는 관련이 없음(삭제 요망). 즉, 객실출입문이 열리기 위해서는 차량의 정지 상태이어야 하며, 주행 중 출입문이 열렸을 경우에는 차량 역행(powering)이 차단되며, 신호보안장치의 경우 제동을 수행함. ➪도시철도 공통 요구사항이며, 차량/(차상)신호 구분 없이 수행되어야 하는 필요사항으로 판단되어 원안 유지

(나) 자기부상철도 시설 표준규격(안) 보완

시설분야 표준규격은 열차 표준규격과 함께 본 실용화사업 1단계에 공청회 개최 등을 통해 대내외 의견수렴 하였었다. 2단계에서는 시범노선에 대한 대안설계를 통해 기초설계에서 보완 설계된 부분이 발생하였으며, 건설비용의 저감 등 경쟁력을 향상시킬 수 있도록 상업용 스펙에 대한 재검토가 필요하다는 의견이 제기되었으며, 3핵심의 토목구조물 설계기준 보완연구 진행에

따른 연구결과를 반영할 수 있도록 사업단 및 1핵심과 협의하여 당해 연도(6차년도)에 보완 검토를 진행하였다.

3단계 연구에서는 사업단 및 1핵심, 3핵심 등 관련 과제로 부터 대안설계 결과에 따른 설계 보완 내역과 개정 의견 및 보완검토 내역을 취합하고 반영계획을 수립하여 '11.12.28일에 토론회를 거쳐 의견수렴 하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 다음과 같다.

[표 214]자기부상철도 시설표준규격 주요 검토의견 및 반영 결과

<table>
<tr><th>대상 항목</th><th>주요 검토의견 및 반영 결과</th></tr>
<tr><td>선로의
허용공차</td><td>○ 선로의 허용공차에 대한 대안설계 결과에 따른 한계 기준과 용어 사용에 대한 조정이 필요함
<table>
<tr><th>구분</th><th>허용한계</th></tr>
<tr><td>수직틀림</td><td>±3㎜</td></tr>
<tr><td>수평틀림</td><td>±3㎜</td></tr>
<tr><td>궤간 틀림</td><td>±3㎜</td></tr>
<tr><td>이음매단차(수직방향)</td><td>±1㎜</td></tr>
<tr><td>이음매단차(횡방향)</td><td>±0.5㎜</td></tr>
<tr><td>레일상하단차</td><td>±3㎜</td></tr>
<tr><td>횡방향틀림</td><td>±1㎜</td></tr>
</table>
➪ 선로의 공차와 관련하여 용어는 공차를 "틀림"으로 하되, 혼동의 우려가 있으므로, 용어정의 또는 그림 설명 등을 신설하도록 함. 설계·시공사 관점에서 "±"를 표기하도록 함. 궤간의 공차"(2 m 이내의 궤간 기준)"는 시공성에 영향이 없으므로 삭제함</td></tr>
<tr><td>분기기</td><td>○ 장치명과 장치 사용 위치 등, 현재의 특정 설계 내역이 사용되어 향후 설계변경을 제한할 우려가 있음
➪ 설계를 구속하지 않도록 설치 개소 사용 장치 등 지정된 규격 내용을 삭제하고 기술 변화를 포용적으로 나타내도록 수정함</td></tr>
<tr><td>상부구조물</td><td>○ 대안설계 결과 슬래브 형식의 바닥판을 적용하지 않고 있</td></tr>
</table>

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	으므로 관련 내용 삭제 필요 - 슬래브 형식 적용시 구조물이 거대해지며, 건설비가 크게 증대되고 주변 미관에 좋지 않은 영향을 끼칠 우려가 있음 - 슬래브 형식이 구조물의 안전성과 열차 주행의 안정성과 무관하며, 비상대피로 또한 별도로 설치가 가능하므로 적용 불필요 ➪ 삭제

(다) 자기부상열차 운전규칙(안) 보완

자기부상철도 운전규칙(안)의 개발은 2단계(4~5차년도)에 진행되었다. 그 도중에 기존 도시철도차량과 각종 경량전철 차량을 하나의 규정으로 만들고자 하는 국토해양부의 법제화 정책에 따라 자기부상철도 운전규칙도 신규 제정 대신 도시철도 운전규칙 포함하여 개정하는 방안으로 법제화를 추진하게 되었다.

이에 따라 자기부상철도 운전규칙(안)의 내용을 반영하여 도시철도 운전규칙 개정안을 개발하게 되었다. 개정 초안 개발은 5차년도에 수행하였고 본 6차년도에는 이 초안에 대해 종합시운전을 준비 중인 사업단 및 관련 과제와 시범노선을 건설하는 인천국제공항공사 그리고 서울메트로 등의 6대도시 운영기관 등과 검토 및 의견수렴을 하여 도시철도 운전규칙 개정안을 확정지었으며, 철도연의 도시철도 표준화 연구단과 최종 협의를 진행하고 있다.

한국철도연구원은 자기부상열차를 제외한 일반 전동차와 경량전철을 모두 총괄하여 도시철도 운전규칙 개정 제안을 준비 중에 있어 원활한 법제화를 진행하기 위해서는 철도연과의 협의하는 것이 바람직하다.

운전규칙 개정 초안에 대한 사업단 및 1, 2, 3핵심 그리고 인천국제공항공사에 의견을 취합하여 반영계획을 수립하고 중요사항에 대해 '12.12.28에 토론회를 개최하여 의견수렴 하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 아래의 표와 같다.

[표 215]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
자기부상열차의 부상·착지주행 (역간 승객 대피)	○ 열차선로 중간에서 승객 대피에는 다양한 해저드들이 수반되어 어떠한 이벤트인 경우에도 가급적 역사(승강장) 또는 역사에서 더 가까운 본선 위치에서 승객대피가 이뤄 지도록 기능/장치를 개선하는 것을 철도 건설사업에서 검토하고 있음 - 본선에서 대피하는 과정에서 승객 넘어짐, 추락, 이동에 장애를 갖는 승객 등 2차적인 사고발생 또는 해저드가 가능할 것으로 추정 - 상기에서 “열차가 착지한 상태에서 다음 역사까지 제한된 속도로 주행 → 승강장에서 승객 대피 → 고장열차를 운영 시나리오에 따라 조치”하는 것과 “착지주행 전 해당 열차 탑승 승객의 대피”하는 것이 안전성 측면에서 유리/불리할 것인지를 자기부상열차실용화사업 운영시나리오 작성 기관과 함께 운영시나리오 절차상 문제점/이점 등을 검토하여 결정할 것을 요청함 - 안전성 측면에서 대부분의 경우 “승객이 본선 대피로를 통해 대피하지 않고, 승강장에서 대피”하도록 하는 것이 해저드 발생결과 측면에서 인명 피해를 최소화 할 수 있을 것임 ➪ 자기부상열차가 고장이 난 경우 최악조건(만차/최대경사선로)에서 착지/구원 운전이 가능하도록 설계되어야 하며, 이는 시험선 시험에서도 성능이 검증되었음 ➪ 역 사이 선로에서 승객 대피를 유도하는 것으로 혼돈을 줄 우려가 있으므로 해당 조문(탑승 승객의 대피)은 삭제
운전모드의 전환	○ 운전모드가 자동에서 수동으로 변경된 경우는 이미 지정된 구간이라도 수동으로 운전하는 것이 안전확보 가능 - 예로써, 수동운전에서 고장이 발생하였으나 이미 지정된 모드로의 변경에 따라 자동/무인운전으로 전환되는 경우

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	고려 ➪ 운전모드 전환시에 안전을 위해 관제실의 승인을 받는 것은 필요하며, 고장이 난 경우는 운전모드가 지정이 되어 있더라도 비상시에 해당하므로 시스템에 의해 자동적으로 또는 관제실과 승무원에 의해 관리가 될 것임

사업단 과제 검토 협의를 한 후 서울·인천·대전·대구·광주·부산 등 6대 도시 운영기관과 자문검토를 진행하였다. 자문회의는 '12.2.22~'12.2.27 동안 기관별로 진행하였으며, 일부 미완 사항에 대해서는 보완·검토하여 의견 수렴 하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 아래 표와 같다.

[표 216]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
관제의 정의	○ 관제란 철도안전법 제2조(정의)제9호철도종사자 나목에 철도차량의 운행을 집중제어, 통제, 감시하는 업무라고 명시 - 관제업무에 대한 집중제어 및 열차 수동운전시 대비 지시 업무추가 ➪ 관계 법령과 가급적 사용용어를 통일하는 것은 바람직하므로 반영함
운전모드의 전환	○ 도시철도운영기관 중 승강장 승하차용 출입문 또는 그에 상응하는 보안설비를 갖추지 못한 승강장도 있으므로 이를 고려하여 차량고장 등으로 정지 위치에 못미쳐 정차한 경우에도 승객안전을 위해 승인없이 수동운전이 가능하도록 변경 필요 ➪ 원안은 무인·자동운전시에 정위치 정차를 위한 운전모드 변경시에 해당함 ➪ 승강장 보완 설비가 미비한 경우에는 이미 수동운전에 의존하고 있으므로 본 조항에 적용받지 않을 것으로 판단됨

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	○ 도시철도운영기관 중 승강장 승하차용 출입문 또는 그에 상응하는 보안설비를 갖추지 못한 승강장도 있으므로 이를 고려하여 차량고장 등으로 정지 위치에 못미쳐 정차한 경우에도 승객안전을 위해 승인없이 수동운전이 가능하도록 변경 필요 ➪ 운전모드의 전환은 안전운전과 직결되어 있으며 도시철도에 공통적으로 적용이 필요하므로 본 규칙에서 규정함이 바람직함 ➪ 운전모드가 별도로 없는 차량은 이 기준에 해당하지 않으며, 이 기준은 향후의 선로에 적용될 것이므로 무방한 것으로 판단됨
관제시설의 보안	○ 운전취급규정에 포함함이 바람직함 - 도시철도기관 자체의 운전규정에 적용 ➪ 통합방위법 및 동법시행령과 국방부 훈령 제721호 국가중요시설지정 및 관리지침에 따라 보안 대상으로 지정, 관리되므로 삭제함
무인운전시의 사전전검	○ 무인운전의 경우 사전점검 열차를 반드시 운행 하여야 함 - 관제사는 사전점검 여부를 반드시 확인하고 첫차발차 ➪ 검토의견은 바람직한 것으로 사료되나, 운영기관에서 시스템에 적합한 점검기준을 선택할 수 있도록 규정하지 않음

(라) 자기부상열차 용품 품질인증요령 품질시험기준(안) 보완

자기부상열차 용품 품질인증요령 품질시험기준은 6차년도에 대상을 결정하였고, 수정안을 개발하였다. 7차년도에는 시범노선에 적용된 차량 구성품의 기능, 성능 사양 등 개정된 차량 구성품 규격서를 토대로 기술검토를 실시하였으며, 사업단과 2핵심과의 토론회를 실시하여 수정·보완을 실시하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 아래 표와 같다.

[표 217]자기부상열차 용품 품질인증요령 품질시험기준 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
스키드	○ 밀도에 대한 기준이 현재 적용된 자기부상열차에 적용된 제품이지만 향후 다양한 소재가 개발될 수 있으므로 밀도에 대한 기준을 적용할 필요가 없음 ➪ 밀도에 대한 기준은 제거하고 운영사가 스키드 제품의 성능을 요구하는 것으로 반영 ○ 경도시험의 경우에도 현재 적용된 자기부상열차에 적용된 제품이지만 향후 다양한 소재가 개발될 수 있으므로 밀도에 대한 기준을 적용할 필요가 없음 ➪ 스키드는 마찰재로서 차량과 선로의 접촉, 파손을 방지해야 하고 각종 하중을 견뎌야 하며, 제동의 기능을 수행하는 등 특정한 경도가 요구되므로 원안 유지
제동패드	○ 평균 마찰계수의 시험방법에서 상용제동력의 비율에 따라서 시험하는데 실제 시험하는 방법과 협의가 필요함 ➪ 평균 마찰계수에 대한 시험방법에서 상용제동력의 비율에 따라서 시험하는 것이 실제 차량에서 다양하게 제동이 적용되는 내용을 반영할 수 있으므로 원안 유지 ○ 최대 온도 측정 시험에도 온도를 지정한 경우에 추후 소재가 바뀔 경우에는 해당 온도에 부적합할 수 있으므로 단서조항을 넣어서 소재가 변경시에도 허용 가능토록 수정 요망 ➪ 기존 최대 온도 측정 시험의 기준은 원안을 유지하며, 다른 소재를 사용한 경우에는 승인된 사양을 만족하도록 반영
부상전자서	○ 코일의 저항값을 실용화 차량의 내용이 적용되었지만 추후 상용화 차량에 설계기준이 다르게 적용될 경우에는 해당 기준을 만족할 수 없게 되므로 저항값의 절대값에 대한 수정이 필요 ➪ 코일의 저항값은 요구조건에 따라서 변경될 수 있으므로 설계기준값으로 수정 반영
집전장치	○ 압상력 시험에서 측정 기준을 상향 조정 요망 ➪ 특정 설계 허용 오차를 지정하기는 어려움이 있으나, 일반적인 설계의 오차지정범위와 원활한 집전성능 유지를 위해서는 오히려 허용범위를 줄여야 할 것으로 판단되어 원안 유지
부상제어장치	○ 부상제어장치의 진동 시험 규격을 KS 규격이 아닌 IEC 규격으로 변경 요망 ➪ 국제 규격 부합화를 위하여 IEC 규격으로 수정 반영

(마) 합동추진반 추진, 운영 및 개발 규정(안)의 수정·보완

도시철도 표준규격, 품질인증요령, 운전규칙의 법령 제개정을 위하여 국토해양부와의 협의한 결과 협의 초기에는 국토부 내부 업무 분장 변경으로 해당 법령에 대한 제개정 권한이 광역도시철도과, 철도기술안전과로 명확한 분장이 안되어 있는 상태에서 각 과의 실무 담당자와의 협의를 통하여 철도기술안전과에서 해당 법령에 대한 제개정을 추진하는 것으로 결정하였다.

이에 따라서 철도기술안전과에서는 철도 관련 법령 관리기관인 자기부상열차사업단, 한국철도기술연구원, 한국산업기술시험원으로 구성된 합동추진반을 구성하여 법제화 추진을 실시하였다. 2012년 6월부터 2013년 1월까지 검토, 회의를 실시하였으며 표 219와 같이 해당 검토 내용을 토대로 전문가 자문을 실시하여 개발 규정(안)을 수정·보완하였다.

[표 218]합동추진반 추진에 따른 전문가 자문 실시

일 자	전문가 자문 실시 내용
2012. 8. 21.	○ 자기부상열차 법제화를 위한 제개정안 송부(한국철도기술연구원) - 차량 표준규격 - 품질인증요령 품질시험기준 - 선로시설 표준규격 - 전력시설 표준규격 - 신호 및 열차제어시설 표준규격 - 운전규칙 - 운전기준
2012. 11. 2 ~ 2012. 12. 22.	○ 자기부상열차 법제화를 전문가 자문 추진 - 차량 표준규격 - 선로시설 표준규격 - 전력시설 표준규격 - 신호 및 열차제어시설 표준규격 - 운전규칙/운전기준
2012. 11. 20. ~ 2012. 11 .21.	○ 자기부상열차 표준규격(안) 검토회의를 통한 수정, 보완(철도연, 사업단, 2핵심, 3핵심) - 열차 표준규격 검토 회의 추진 - 시설 표준규격 검토 회의 추진
2012. 11. 27. ~ 12. 31.	○ 표준규격 및 품질인증요령(안) 심의 회의를 통한 수정, 보완

	(한국철도기술연구원)

(4) 결과

(가) 연구결과

자기부상열차 차량 표준규격 개정(안)

자기부상철도 선로시설 시설표준규격 개정(안)

자기부상철도 전철전력설비 시설 표준규격 개정(안)

자기부상철도 신호 및 열차제어설비 시설 표준규격 개정(안)

자기부상열차 차량 용품의 품질인증요령 품질시험기준(안)

자기부상열차 운전규칙(안)

(나) 기대효과

자기부상열차 시범노선이 설치되고, 개발된 차량이 시운전되면서 자기부상열차 개발 법령도 성능시험, 시범노선에서의 차량 시운전, 시설분야 검증 등의 결과를 반영하여 수정 보완되었다. 이러한 결과는 자기부상열차에 대한 신뢰성, 안전성을 확보하여 실용화 사업이 원활하게 추진될 수 있을 것이며, 상용화시에 관련 자료로 널리 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

다. 개발 규정(안) 고시지원

(1) 개요

본 과제의 연구성과로 개발된 자기부상열차 관련 법안들은 최종적으로 국토부에 제안하고 국토해양부령 또는 고시의 형태로 법제화가 이뤄진다. 국토부에 제안하고 상정, 고시될 때 까지 국토부 등에서 요청하는 기술적인 검토를 협조, 지원한다.

(가) 주요내용

1) 도시철도 표준규격 및 도시철도용품 품질인증요령 관련 철도기술실무위원회 수검

자기부상열차 관련 규정에 대한 고시를 위한 합동추진반을 구성하여 운영하였고, 그 결과에 대해서 철도기술실무위원회의 수검이 실시되었다. 6차년도에 도시철도기술실무위원회의 조직이 재구성되어야 하는 상황에서 국토부 내부의 방침에 따라서 자기부상열차 관련 규정을 철도기술실무위원회의 수검을 통하여 고시하기로 결정하였고, 철도기술실무위원회의 수검을 실시하였다.

2) 도시철도 운전규칙 관련 고시지원

3단계 연구에서 운전규칙의 고시지원을 위하여 개발된 자기부상열차 운전규칙(안)에 대해서 국토부와 협의하여 고시를 추진하였다. 자기부상열차 법제화 연구와 함께 한국철도기술연구원에서 도시철도 표준화 연구의 결과물 중 하나로 도시철도 운전규칙을 개발하여 2012년도 개정안이 완성되어 그 이후에 자기부상열차 운전규칙(안)의 내용을 도시철도 운전규칙(안)과 통합하여 고시화 추진을 실시하였다.

3) 국토부/사업단 요청에 대응하는 제·개정 고시 지원

3단계 연구에서는 국토부/사업단 요청에 대응하는 제개정 고시지원은 다음과 같이 수행되었다.

- 성능시험기준 고시지원
- 합동추진반에 의한 자기부상열차 규정(안) 고시 지원 추진

- 도시철도 건설규칙 경량전철에 관한 특례에 대한 시범노선 사양 확인 및 지원
- 자기부상열차의 운전면허 관련 법적 사항 검토
- 도시형 자기부상열차의 개정될 운전기준의 적용 내용 분석

(2) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 합동추진반 추진, 운영 및 개발 규정(안)의 수정·보완

도시철도 표준규격, 품질인증요령, 운전규칙의 법령 제개정을 위하여 국토해양부와의 협의한 결과 협의 초기에는 국토부 내부 업무 분장 변경으로 해당 법령에 대한 제개정 권한이 광역도시철도과, 철도기술안전과로 명확한 분장이 안되어 있는 상태에서 각 과의 실무 담당자와의 협의를 통하여 철도기술안전과에서 해당 법령에 대한 제개정을 추진하는 것으로 결정하였다.

이에 따라서 철도기술안전과에서는 철도 관련 법령 관리기관인 한국철도기술연구원, 한국산업기술시험원, 자기부상열차사업단으로 구성된 합동추진반을 구성하여 법제화 추진을 실시하였다. 2012년 6월부터 2013년 1월까지 국토해양부, 한국철도기술연구원, 자기부상열차실용화사업단, 한국산업기술시험원 등 총 27회의 검토 회의, 진행사항 보고, 전문가 자문 등을 거쳤으며 주요 추진 경과는 아래 표와 같다.

[표 219]합동추진반 주요 추진 경과 및 내용

일 자	주요 추진 내용
2012. 6. 19.	○ 자기부상열차 법제화 추진 방안 협의(국토부) - 도시철도 관련 기 개정 법안 설명 - 운전규칙, 표준규격 등 자기부상열차 법제화 추진 협의 - 철도 기술실무위원회의 구성방안 협의
2012. 7. 23.	○ 자기부상열차 법제화 추진 방안 협의(한국철도기술연구원) - 국토부 법제화 담당 부서 협의 - 자기부상열차 법제화 추진 계획 협의
2012. 7. 24.	○ 도시철도 관련 규정(안)의 제개정 추진 방안 협의(사업단) - 한국철도기술연구원과의 추진 내용 협의 - 도시철도 제개정 추진 계획 협의

2012. 7. 27.	○ 자기부상열차 관련 규정(안)의 제개정 추진 방안 협의(국토부) - 국토부와에 자기부상열차 관련 제개정 제안 요청 - 자기부상열차관련 규정의 제개정 추진 계획 협의
2012. 8. 2.	○ 자기부상열차 법제화를 위한 철도기술실무위원회 심의 추진(한국철도기술연구원) - 기술실무위원회 심의 절차, 신청서류 확인 및 향후 추진 사항 협의
2012. 8. 6.	○ 자기부상열차 법제화를 위한 철도기술실무위원회 심의 추진 검토 협의(국토부) - 법제화 추진 진행현황 및 방안 협의 - 철도기술실무위원회 심의 수검 관련 협의
2012. 8. 8.	○ 자기부상열차 법제화 추진 현황 및 상정 계획 협의(사업단) - 법제화 추진 배경 및 환경변화 협의 - 향후 추진 계획 및 협조 사항 협의
2012. 8. 14.	○ 자기부상열차 관련 규정(안)의 제개정 추진 계획 보고(국토부) - 도시철도법 제개정 추진 방안 보고 - 향후 일정 보고
2012. 8. 21.	○ 자기부상열차 법제화를 위한 제개정안 송부(한국철도기술연구원) - 차량 표준규격 - 품질인증요령 품질시험기준 - 선로시설 표준규격 - 전력시설 표준규격 - 신호 및 열차제어시설 표준규격 - 운전규칙 - 운전기준
2012. 9. 26.	○ 자기부상열차 법제화를 위한 합동추진반 추진 방안 협의(국토부, 철도연) - 자기부상열차 법제화 추진 방향 협의 - 도시철도 하위규정 개정 요청 사항 협의
2012. 10. 24.	○ 자기부상열차 시스템 시설분야 설명회 개최(한국철도기술연구원, 사업단, 3핵심) - 자기부상열차 법령 제개정을 위한 시설분야 설명회 개최
2012. 11. 2 ~	○ 자기부상열차 법제화를 전문가 자문 추진

2012. 12. 22.	- 차량 표준규격 - 선로시설 표준규격 - 전력시설 표준규격 - 신호 및 열차제어시설 표준규격 - 운전규칙/운전기준
2012. 11. 8.	○ 자기부상열차 법제화 경과 보고(국토부) - 합동추진반 경과 보고 - 향후 법제화 추진 계획 보고
2012. 11. 20. ~ 2012. 11 .21.	○ 자기부상열차 표준규격(안) 검토회의(철도연, 사업단, 2핵심, 3핵심) - 열차 표준규격 검토 회의 추진 - 시설 표준규격 검토 회의 추진
2012. 11. 27. ~ 12. 31.	○ 표준규격 및 품질인증요령(안) 심의 회의한국철도기술연구원)
2012. 12. 31.	○ 합동추진반 운영 결과에 따른 자기부상열차 제개정안 제출(국토부, 철도연)
2013. 1. 4.	○ 도시철도·자기부상열차 제도 일원화 합동추진반 경과 보고(국토부) - 합동추진반 추진 경과 보고 - 향후 추진 계획 보고
2013. 1. 31.	○ 도시철도·자기부상열차 제도 일원화 합동추진반 경과 보고(사업단) - 추진 경과 보고 - 주요 협의 사항 토의

(나) 도시철도 표준규격 및 도시철도용품 품질인증요령 관련 철도기술실무위원회 수검

도시형 자기부상열차 실용화를 위한 법·제도 개선연구의 연구 내용 중 자기부상열차 차량 표준규격, 시설 표준규격 3건, 품질인증요령 품질시험 기준은 “도시교통정비 촉진법 시행령”에 따라서 도시철도기술실무위원회를 거쳐 고시하게 되어있다. 6차년도에는 5회에 거쳐 국토부와 사업단과 기술실무워원회 수검을 위한 협의를 진행하였다.

도시철도법 시행령 제24조(표준규격의 제정 등)과 제25조의6(품질인증의 대상·기준 등)에 따라 도시철도 표준규격의 제·개정 및 도시철도용품 품질인증 대상을 선정하기 위해서는 도시철도기술실무위원회의 심의를 수검해야 한다.

이와 관련하여 국토해양부와 협의를 진행하였으며, 도시철도기술실무위원회는 2년마다 조직 구성을 해야 하는데 지난 조직은 그 임기를 마쳤고 신규로 조직 구성이 필요한 상황에 있다. 3단계 연구 진행상 위원회 조직 구성이 이뤄지지 않고 있어, 국토해양부에서는 도시철도 관련 위원회를 철도기술실무위원회로 이관하여 해당 업무를 수행하도록 방침(2013. 1. 17)을 결정하였음

국토부 방침에 따라서 도시철도 차량 표준규격, 도시철도 시설표준규격(선로, 전력, 신호 및 열차제어), 도시철도용품 품질인증요령으로 구분하여 총 5회의 기술실무위원회 수검을 실시하도록 하였다. 철도기술실무위원회에서 표준규격 등 관련된 기준에 대한 심의 의결사항을 철도전문위원회에 위임하여 아래 표와 같이 각 분야별 철도전문위원회를 수검하였다.

[표 220]자기부상열차 표준규격 및 품질시험기준 철도기술실무위원회 수검

구 분	수검일자	비 고
철도기술실무위원회 수검	2013. 3. 6.	철도기술전문위원회에 표준규격 등 기술기준에 대한 심의, 의결권한 위임
도시철도 차량 표준규격 전문위원회 수검	2013. 6. 12	도시철도 표준규격 제6부 자기부상열차형식 차량표준규격 심의
도시철도 선로시설 시설 표준규격 전문위원회 수검	2013. 10. 11.	도시철도시설 표준규격 제1편 제2부 자기부상철도 표준규격 심의
도시철도 전력설비 시설 표준규격 전문위원회 수검	2013. 6. 26.	도시철도시설 표준규격 제2편 제2부 자기부상철도 전력설비 표준규격 심의
도시철도 신호 및 열차제어설비 시설 표준규격 전문위원회 수검	2013. 6. 26.	도시철도시설 표준규격 제3편 제2부 자기부상철도 신호 및 열차제어설비 표준규격 심의
도시철도 차량용품 품질인증요령 품질시험기준 전문위원회 수검	2013. 6. 12.	도시철도용품 품질시험기준 8개 규격 제정 심의

도시철도 선로시설 표준규격 전문위원회 수검	2013. 10. 11.	도시철도시설 표준규격 제1편 제2부 자기부상철도 선로시설 표준규격 심의

(라) 도시철도 운전규칙 관련 고시지원

자기부상철도 운전규칙(안)의 개발은 2단계(4~5차년도)에 진행되었다. 그 도중에 기존 도시철도차량과 각종 경량전철 차량을 하나의 규정으로 만들고자 하는 국토해양부의 법제화 정책에 따라 자기부상철도 운전규칙도 신규 제정 대신 도시철도 운전규칙 포함하여 개정하는 방안으로 법제화를 추진하게 되었다.

이에 따라 자기부상철도 운전규칙(안)의 내용을 반영하여 도시철도 운전규칙 개정안을 개발하게 되었다. 개정 초안 개발은 5차년도에 수행하였고 본 6차년도에는 이 초안에 대해 종합시운전을 준비 중인 사업단 및 관련 과제와 시범노선을 건설하는 인천국제공항공사 그리고 서울메트로 등의 6대도시 운영기관 등과 검토 및 의견수렴을 하여 도시철도 운전규칙 개정안을 확정지었으며, 국토부의 요청에 따라서 철도연의 도시철도 표준화 연구단과 최종 협의를 진행하였다.

철도연은 자기부상열차를 제외한 일반 전동차와 경량전철을 모두 총괄하여 도시철도 운전규칙 개정 제안을 실시하였고 해당 해당 규정에 자기부상열차 운전규칙 내용을 포함하여 개정안을 개발하였다.

1) 사업단 과제 검토 및 의견수렴

운전규칙 개정 초안에 대한 사업단 및 1, 2, 3핵심 그리고 인천국제공항공사에 의견을 취합하여 반영계획을 수립하고 중요사항에 대해 '12.12.28에 토론회를 개최하여 의견수렴 하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 아래와 같다.

[표 221]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
자기부상열차의 부상·착지주행 (역간 승객	○ 열차선로 중간에서 승객 대피에는 다양한 해저드들이 수반되어 어떠한 이벤트인 경우에도 가급적 역사(승강장) 또는 역사에서 더 가까운 본선 위치에서 승객대피가 이뤄 지도록 기능/장치를 개선하는 것을 철도 건설사업에서 검토하고 있음

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
대피)	- 본선에서 대피하는 과정에서 승객 넘어짐, 추락, 이동에 장애를 갖는 승객 등 2차적인 사고발생 또는 해저드가 가능할 것으로 추정 - 상기에서 “열차가 착지한 상태에서 다음 역사까지 제한된 속도로 주행 → 승강장에서 승객 대피 → 고장열차를 운영 시나리오에 따라 조치”하는 것과 “착지주행 전 해당 열차 탑승 승객의 대피”하는 것이 안전성 측면에서 유리/불리할 것인지를 자기부상열차실용화사업 운영시나리오 작성 기관과 함께 운영시나리오 절차상 문제점/이점 등을 검토하여 결정할 것을 요청함 - 안전성 측면에서 대부분의 경우 “승객이 본선 대피로를 통해 대피하지 않고, 승강장에서 대피”하도록 하는 것이 해저드 발생결과 측면에서 인명 피해를 최소화 할 수 있을 것임 ➪ 자기부상열차가 고장이 난 경우 최악조건(만차/최대경사선로)에서 착지/구원 운전이 가능하도록 설계되어야 하며, 이는 시험선 시험에서도 성능이 검증되었음 ➪ 역 사이 선로에서 승객 대피를 유도하는 것으로 혼돈을 줄 우려가 있으므로 해당 조문(탑승 승객의 대피)은 삭제
운전모드의 전환	○ 운전모드가 자동에서 수동으로 변경된 경우는 이미 지정된 구간이라도 수동으로 운전하는 것이 안전확보 가능 - 예로써, 수동운전에서 고장이 발생하였으나 이미 지정된 모드로의 변경에 따라 자동/무인운전으로 전환되는 경우 고려 ➪ 운전모드 전환시에 안전을 위해 관제실의 승인을 받는 것은 필요하며, 고장이 난 경우는 운전모드가 지정이 되어 있더라도 비상시에 해당하므로 시스템에 의해 자동적으로 또는 관제실과 승무원에 의해 관리가 될 것임

2) 운영기관 자문검토 및 의견수렴

사업단 과제 검토 협의를 한 후 서울・인천・대전・대구・광주・부산 등 6대 도시 운영기관과 자문검토를 진행하였다. 자문회의는 ‘12.2.22～‘12.2.27 동안 기관별로 진행하였으며, 일부 미완 사항에 대해서는 보완·검토하여 의견수렴 하였다.

주요 검토의견과 그에 대한 반영 결과는 아래 표와 같다.

[표 222]자기부상열차 운전규칙 주요 검토의견 및 반영 결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
관제의 정의	○ 관제란 철도안전법 제2조(정의)제9호철도종사자 나목에 철도차량의 운행을 집중제어, 통제, 감시하는 업무라고 명시 - 관제업무에 대한 집중제어 및 열차 수동운전시 대비 지시 업무추가 ➪ 관계 법령과 가급적 사용용어를 통일하는 것은 바람직하므로 반영함
운전모드의 전환	○ 도시철도운영기관 중 승강장 승하차용 출입문 또는 그에 상응하는 보안설비를 갖추지 못한 승강장도 있으므로 이를 고려하여 차량고장 등으로 정지 위치에 못미쳐 정차한 경우에도 승객안전을 위해 승인없이 수동운전이 가능하도록 변경 필요 ➪ 원안은 무인·자동운전시에 정위치 정차를 위한 운전모드 변경시에 해당함 ➪ 승강장 보완 설비가 미비한 경우에는 이미 수동운전에 의존하고 있으므로 본 조항에 적용받지 않을 것으로 판단됨 ○ 도시철도운영기관 중 승강장 승하차용 출입문 또는 그에 상응하는 보안설비를 갖추지 못한 승강장도 있으므로 이를 고려하여 차량고장 등으로 정지 위치에 못미쳐 정차한 경우에도 승객안전을 위해 승인없이 수동운전이 가능하도록 변경 필요 ➪ 운전모드의 전환은 안전운전과 직결되어 있으며 도시철도에 공통적으로 적용이 필요하므로 본 규칙에서 규정함이 바람직함 ➪ 운전모드가 별도로 없는 차량은 이 기준에 해당하지 않으며, 이 기준은 향후의 선로에 적용될 것이므로 무방한 것으로 판단됨
관제시설의 보안	○ 운전취급규정에 포함함이 바람직함 - 도시철도기관 자체의 운전규정에 적용 ➪ 통합방위법 및 동법시행령과 국방부 훈령 제721호 국가중요시설지정 및 관리지침에 따라 보안 대상으로 지정, 관리되므로 삭제함
무인운전시의	○ 무인운전의 경우 사전점검 열차를 반드시 운행 하여야 함

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
사전전검	- 관제사는 사전점검 여부를 반드시 확인하고 첫차발차 ➪ 검토의견은 바람직한 것으로 사료되나, 운영기관에서 시스템에 적합한 점검기준을 선택할 수 있도록 규정하지 않음

3) 도시철도 운전규칙 개정안

사업단, 관계기관 전문가 검토를 통해 도시철도 운전규칙 개정안 개정

4) 개정안 통합과 법제화

국토부의 요청에 따라서 한국철도기술연구원에서 연구한 자기부상열차 이외의 기존 운전규칙의 내용인 직교류 전동차를 포함한 각종 경량전철에 대한 운전규칙을 개발하였으며, 도시철도 운전규칙의 원활한 개정 추진을 위하고 국토부의 정책에 따라 '12년도 초반부터 철도연과 통합하는 방안을 검토하였다.

규칙에서는 모든 차량에 대한 기준이 공통적으로 담을 수 있도록 하고 차량에 따라 세부 기술 내역에 따라 별도의 기준으로 정해야 하는 부분은 세부지침으로 하여 정비하는 방안이 강구되고 있으며, 여기에 자기부상열차 부분을 통합하여 운전규칙 개정안을 개발하였다. 이러한 과정에 대한 고시지원 현황과 한국철도기술연구원의 도시철도 운전규칙과 자기부상열차를 통합한 도시철도 운전규칙, 운전기준 제개정(안)에 대한 고시지원, 자기부상열차의 내용만을 포함하여 도시철도 운전규칙 개정(안)을 진행

최종적으로 제안한 운전규칙 개정안은 국토부의 결정에 따라서 철도안전법 전면 시행 이후에 철도안전법에 나타난 사항과 모든 차량에 대한 내용을 반영한 통합된 도시철도 운전규칙을 개정하는 것으로 결정하여 향후 지원을 실시하기로 결정하였다.

(다) 자기부상열차 정밀진단지침 고시지원

자기부상열차 정밀진단지침은 6차년도까지 사업단 등 연구 참여 전문가의 자문, 외부 전문가 자문 등을 실시하여 최종 개정안을 완성하였다. 한국철도기술연구원과의 도시철도 정밀진단지침을 국토부의 방침에 따라서 통합하여

최종 고시가 되었다.

(라) 국토부/사업단 요청에 대응하는 제・개정 고시 지원

1) 자기부상열차 성능시험기준이 포함된 도시철도차량 성능시험기준 개정고시 지원

성능시험기준은 양산편성 차량의 시험・인증 및 시범노선에서의 운행을 위해 당초 계획보다 빠르게 법제화를 추진하였다. 자기부상열차 성능시험기준(안)의 각각의 세부 시험기준을 반영하여 도시철도차량 성능시험에 관한 기준의 본칙 부분일 일부 조항과 시험 항목(별표 25개)이 신설되었다.

○ 도시철도차량의 성능시험에 관한 기준 개정

- 2011.7.27 고시, 국토해양부고시 제2011-413호
- 자기부상열차의 구성품시험기준 7종, 완성차시험기준 8종, 본선시운전시험 10종 신설

2) 도시철도 건설규칙 관련 규정의 도시형 자기부상열차 시범노선 사양 확인

사업단의 요청에 따라서 기 개정된 도시철도 건설규칙의 제7장 경량전철에 관한 특례 사항에서 인천공항에 설치된 시범노선의 내용에 대한 사양 검토를 실시하였다. 자기부상열차 시범노선의 내용을 확인한 경과 궤간에 대한 내용에는 특이사항이 없으며, 전체 조항에 대해서 규정에 만족한 것으로 나타났다.

3) 자기부상열차 도입에 따른 운전면허 사항 검토 요청

국토부에서는 자기부상열차에 대한 별도의 운전면허의 필요성에 대해서 검토를 요청하였다. 자기부상열차의 경우에는 무인운전으로 운영될 예정이며, 근래에 무인운전 등에 대해서 종별 운전면허 소지자가 다양한 차량에 대한 운전을 실시할 수 있는지에 대한 여부를 확인하였다. 이를 확인하기 위하여 교통안전공단의 담당자와 해당 법령의 내용을 확인하였다. 이를 바탕으로 국토부에 도시철도법령에 특수 경량전철에 대한 운전 규정을 보완을 요청하였다.

4) 운전기준 제정시의 자기부상열차 적용 내용 검토

사업단의 요청에 따라서 운전규칙과 운전기준의 분리되어 제·개정이 될 때에 운전기준 별표에 나타나 있는 시스템의 적용범위에서의 무인운전에 대한 사항을 검토하였다. 이중에서 대부분의 안전운행, 운전조작 등에 관련된 대부분의 사항이 차량의 시스템에서 처리 가능토록 설계되었지만, 선로의 감시에서 장애물, 사람 충돌 방지에 대한 기능 구현이 현재 시범노선의 내용에서 정확하게 구현되는지의 확인이 필요하였다.

(3) 결과

(가) 연구결과

3단계의 연구범위인 자기부상열차 관련 개발 규정(안) 고시지원에서는 7개 법령에 대한 고시지원을 실시하였으며, 이중에서 선로시설 표준규격은 전문위원회 심의 수검을 진행하고 있으며, 심의 수검 후에 제정될 예정이다. 운전규칙은 국토부의 방침에 따라서 철도안전법이 시행되는 2014년 3월 이후에 철도안전법의 내용을 반영하여 자기부상열차를 제외한 전체 철도차량에 대한 운전규칙을 개정하도록 자기부상열차 운전규칙 관련 연구 내용을 국토부에 전달하였다. 이의 5개 규정은 철도기술실무위원회의 수검과 고시지원으로 고시가 완료되었다.

도시철도 차량 표준규격 제2편 경량전철 표준규격 : 6부 자기부상열차형식 경량전철 제정 고시

도시철도 시설 표준규격 제2편 선로시설 제2부 자기부상철도 제정 고시

도시철도 시설 표준규격 제2편 전철전력설비 제3부 자기부상철도 제정 고시

도시철도 시설 표준규격 제3편 신호 및 열차제어설비 제2부 자기부상철도 제정 고시

도시철도 용품 품질인증요령 품질시험기준 개정 고시

도시철도 정밀진단지침 개정 고시

(나) 기대효과

자기부상열차 시범노선 및 이후의 각종 상용노선의 건설과 안전 운행을 위한 법적인 기반을 두게 되었으며, 자기부상열차에 대한 신뢰성과 안전성을 확보하여 관련 사업이 탄력적으로 추진될 수 있을 것으로 판단된다. 또한 관련 지자체 및 운영기관에서도 자기부상열차 도입에 보다 더 적극적인 관심을 갖게 될 것으로 예상된다.

라. 자기부상열차 통합지침서 개발

(1) 개요

국토해양부의 법제화 정책에 따라 기 개발한 자기부상열차 관련 규정(안)의 도시철도에 통합되면서 제개정을 실시하였으며, 자기부상열차 관련 개발 법령에 대한 세부 기준들을 운영기관과 향후 상용 노선건설에 활용할 수 있도록 통합하여 매뉴얼 또는 지침으로 활용할 수 있도록 추진하였다.

(가) 필요성

자기부상열차 실용화 사업에서 개발된 자기부상열차 관련 법령은 일부는 도시철도 법령과 통합하여 개정이 되었으며, 일부는 자기부상열차 고유의 내용으로 제정되었다. 이러한 법령에 대하여 개발된 차량과 건설된 시범노선에 적용 사례 및 관련 기술적 근거를 토대로 자기부상열차 통합지침서를 개발하여 인천공항 자기부상열차의 운영에 도움이 되며, 자기부상열차를 이해하고 향후 지자체 등 운영기관이 자기부상열차를 도입하는데 도움이 되고자 개발하였다. 자기부상열차 통합지침서의 기술적 내용, 사례 등을 토대로 국산화 기술이 적용된 자기부상열차가 국내 시장에 널리 퍼질 수 있을 것이며, 국제적인 선도 기술로 수출에 기여할 수 있을 것으로 판단된다.

(나) 주요내용

1) 자기부상열차 통합지침서 개발 방향 설정

자기부상열차 통합지침서는 연구개발된 자기부상열차 관련 규정 10개에 대해서 구성되었다. 7차년도 초기에 통합지침서 구성방안에 대해서 목차를 작성하고, 기술검토와 국토부와 진흥원에 보고를 실시하였다.

2) 자기부상열차 통합지침서 초안 개발

자기부상열차 통합지침서는 자기부상열차 법제화 연구결과와 구성품 등의 시험결과, 시범노선의 설계 사항 등을 반영하여 초안을 개발하였다. 또한 자기부상열차 관련 규정이 고시 지원을 실시하면서 해당 규정이 일부 수정, 보완이 이루어지면서 해당 내용을 반영한 자기부상열차 초안을 개발하였다.

3) 자기부상열차 통합지침서 전문가 자문 검토 및 의견반영

자기부상열차 통합지침서 개발 과정에서 한국철도기술연구원 등 8개기관

29명의 자문을 실시하였으며, 초안에 대해서 14개 기관 32명의 전문가 자문을 실시하였다. 자문 내용을 반영한 수정안에 대해서 기술실무위원회 수검 및 전문가 자문을 추가적으로 실시하여 20 개기관 34명의 자문 결과를 통합지침서에 반영하였다. 마지막 단계에서 6개 도시철도 운영기관 22명의 전문가 자문을 요청하여 해당 자문 내용을 반영하였다.

4) 자기부상열차 통합지침서 최종안 개발 및 배포지원

자기부상열차 통합지침서에 대한 초안 개발과 전문가 자문 검토 및 의견반영을 실시하여 자기부상열차 통합지침서를 개발하였으며, 해당 결과를 자기부상열차실용화사업단과 한국산업기술시험원의 연구결과로 배포하기로 결정하였다.

(다) WBS

자기부상열차 통합지침서 개발을 위한 WBS는 아래와 같다.

[표 223]정밀진단지침(안) 개발 WBS

Level 0	Level 1 / Level 2
자기부상열차 통합지침서 개발	1. 통합지침서 개발 방향 설정
	2. 통합지침서 초안 개발
	3. 전문가 검토 및 의견수렴 등을 통한 수정·보완
	3-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴
	3-2. 외부 전문가 검토 및 의견수렴
	3-3 관련 규정의 고시에 따른 내용 수정, 보완
	3-4 운영기관 전문가 검토 및 의견수렴
	4. 통합지침서 최종안 개발

(2) 계획일정 및 목표달성도

통합지침서 개발을 위한 계획 일정 및 목표달성도는 아래와 같다.

[표 224]정밀진단지침(안) 개발의 연구내용 및 달성도

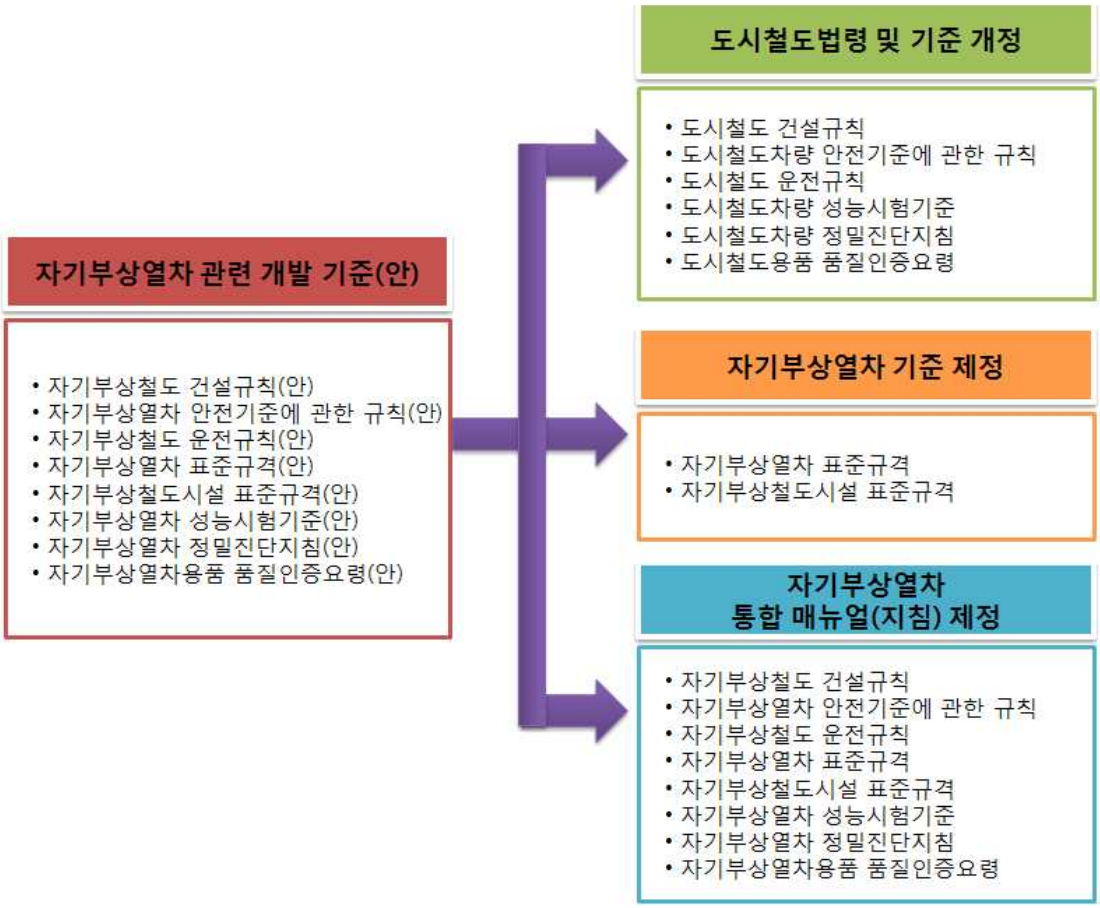
세부 연구 내용	일 정								달성도
	7차 1분기		7차 2분기		7차 3분기		7차 4분기		
1. 통합지침서 개발 방향 설정	▬	▬							100 %
2. 통합지침서 초안 개발			▬	▬					100 %
3-1. 사업단 내부 전문가 검토 및 의견수렴					▬	▬			100 %
3-2. 외부 전문가 검토 및 의견수렴						▬	▬		100 %
3-2. 관련 규정의 고시에 따른 내용 수정, 보완						▬	▬		100 %
3-2. 운영기관 전문가 검토 및 의견수렴								▬	100 %
4. 통합지침서 최종안 개발								▬	100 %

(3) 세부공정별 수행내역 및 결과

(가) 자기부상열차 통합지침서 개발 방향 설정

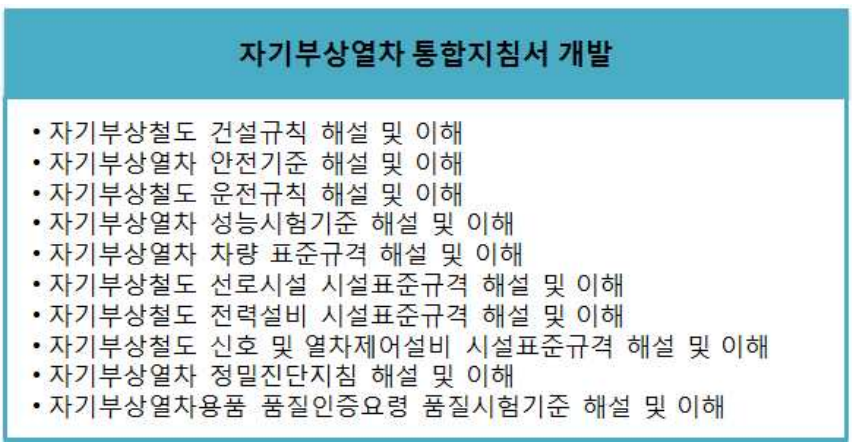
국토해양부의 법제화 정책에 따라 기 개발한 자기부상열차 관련 규정(안)의 도시철도에 통합되면서 제·개정을 실시하였으며, 자기부상열차 관련 개발 법령에 대한 세부 기준들을 운영기관과 향후 상용 노선건설에 활용할 수 있도록 통합하여 매뉴얼 또는 지침으로 활용할 수 있도록 추진하였다.

자기부상열차 통합지침서는 아래 그림과 같이 8종의 기준을 담는 것으로 목표로 시작하였다.



[그림 313]자기부상열차 법제화 추진 내용 및 자기부상열차 통합지침서 개발 계획

자기부상열차 법제화 결과 시설 표준규격이 3개의 세부 규격으로 분리되어 총 10개의 세부 법령에 대한 자기부상열차 통합지침서 세부 해설을 실시하였으며, 그 초안을 개발하였으며, 그 구성은 아래 그림과 같으며 첨부 파일과 같이 통합지침서의 초안을 개발하였다.



[그림 314]자기부상열차 통합지침서 구성

자기부상열차 통합지침서 개발 추진 현황은 다음 표와 같이 추진하였다.

[표 225]자기부상열차 통합지침서 개발 추진 현황

일 자	구 분	대 상
2012. 9. 6	- 통합지침서 목차 작성	
2012. 10. 24.	- 자기부상열차 기술 설명회 및 기술검토	한국철도기술연구원, 사업단, 2핵심, 3핵심, 1-4
2012. 11. 2. ~ 2012. 12. 22	- 자기부상열차 관련 기술자문 및 회의 - 자기부상열차 운전규칙/운전기준 자문 - 자기부상열차 차량 표준규격 자문 - 자기부상철도 선로시설 표준규격 자문 - 자기부상철도 전력설비 표준규격 자문 - 자기부상철도 신호 및 열차제어설비 표준규격 자문 - 자기부상열차 용품 품질인증 요령 자문	한국철도기술연구원, 현대로템, GS건설, 포스코ICT, 포스코엔지니어링, 우성마그네트, SG Servo, 유진기공 등 8개기관/29명
2012. 11. 8.	- 법제화 보고 및 통합지침서 보고	국토해양부, 사업단, 1-4 (산기원)
2012. 11. 28.	- 자기부상열차 제도 일원화 및 통합지침서 경과 보고	사업단
2013. 1. 4.	- 자기부상열차 법제화 및 통합지침서 경과 보고	국토해양부
2013. 2. 15.	- 자기부상열차 통합지침서 초안 완성(초안)	
2013. 8. 6.	- 국토부의 운전규칙 개정안 추진 방침에 따라서 통합지침서 재구성	

	- 자기부상열차 통합지침서 전문가 자문 의견 반영된 수정본 완성(Ver 2.0)	
2013. 8. 20	- 통합지침서 배포 지원(자기부상열차 사업단, 한국산업기술시험원 연구결과물로 배포)	

(나) 자기부상열차 통합지침서 초안 개발

자기부상열차 통합지침서는 사업단, 1핵심, 2핵심, 3핵심과의 토론회, 자기부상열차 용품 및 시설분야 담당 기업 등의 기술자료 수집을 통하여 초안을 개발하였다. 또한 인천공항에 도입된 자기부상열차의 최종 설계 사양, 적용된 구성품, 시험 결과를 반영하였으며, 시범노선에 적용된 각 분야의 기술적 사항, 설계 사항을 최종 확인하여 통합지침서 초안을 개발하였다.

자기부상열차 통합지침서 개요
자기부상열차 건설규칙 해설 및 이해 초안
자기부상열차 안전기준 해설 및 이해 초안
자기부상열차 성능시험기준 해설 및 이해 초안
자기부상열차 운전규칙 해설 및 이해 초안
자기부상열차 운전기준 해설 및 이해 초안
자기부상열차 경량전철 차량 표준규격 해설 및 이해 초안
자기부상철도 선로시설 표준규격 해설 및 이해 초안
자기부상철도 전력시설 표준규격 해설 및 이해 초안
자기부상철도 신호 및 열차제어시설 표준규격 해설 및 이해 초안
자기부상열차 정밀진단지침 해설 및 이해 초안
자기부상열차 용품 품질인증요령 품질시험기준 해설 및 이해 초안

(다) 자기부상열차 통합지침서 전문가 자문 검토 및 의견반영

자기부상열차 통합지침서 개발 과정에서 한국철도기술연구원 등 8개기관 29명의 자문을 실시하였으며, 초안에 대해서 14개 기관 32명의 전문가 자문을 실시하였다. 자문 내용을 반영한 수정안에 대해서 기술실무위원회 수검 및 전문가 자문을 추가적으로 실시하여 20 개 기관 34명의 자문 결과를 통합지침서에 반영하였다. 마지막 단계에서 6개 도시철도 운영기관 22명의 전문

가 자문을 요청하여 해당 자문 내용을 반영하였다.

[표 226]자기부상열차 규정 및 통합지침서 심의·자문 기관

구 분	기관명 / 기업명
도시철도 운영기관	한국철도공사, 서울메트로, 인천교통공사, 대전도시철도공사, 대구도시철도공사, 광주도시철도공사, 부산교통공사, 코레일공항철도, 한국철도시설공단
연구기관	한국기계연구원, 한국철도기술연구원
학교	인하대학교, 한양대학교, 홍익대학교, 한국교통대학교
관련기업	(주)현대로템, ㈜유진기공, 우진산전, 세종기술(주), 벽산파워(주), LS 산전, (주)포스코엔지니어링, (주)포스코ICT, 삼표이앤씨(주), (주)동명기술공단, GS건설, 우성마그네트, SG Servo

주요 전문가 자문 검토 및 의견수렴 내용 아래 표와 같다.

[표 227]자기부상열차 통합지침서 전문가 자문 검토의견 및 반영결과

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
건설규칙	○ 궤도(이음매)+리액션플레이트+분기기 간 상호간 별도 통합 허용공차 기준 마련필요 ➪ 궤도(이음매)+리액션플레이트+분기기 등의 각각의 연결된 부분에 차량의 비상롤러를 이용하여 연결 홈 통과시 비상롤러 size 지름70 mm와 연결부 위의 각각 설계공차가 최대치로 일치할 경우 통과 시 무리가 발생함으로 추후 해당 설계 요건 및 기준을 강화하도록 함 ○ 궤도, 거더, 분기기 등 설계 시 각종 부속품의 기준을 전자기적인 특성에 상관 없는 재질를 적용할 수 있도록 세부기준 명문화 필요 ➪ 해당 구성품에 대해서는 도시철도 및 철도관련 기준에서 전류자기를 최소화 하도록 되어 있으며, 이러한 구성품에 대한 선택은 발주자, 운영자가 하도록 함 ○ 분기부에서 이례상황이 빈번하게 이루어지므로 분기부 주변에 궤도시설물 비축 자재를 비치할수 있는 공간 확보가 필요함 ➪ 해당 내용을 해설에 적용하고 설계시에 해당 내용에 따라서 반영할 수 있도록 함

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
안전기준	○ 무인운전시 대피 또는 구조에 필요한 시간은 현재 유인운전의 도시철도보다 다소 길어짐으로 '비상등은 비상시 40분 이상 작동되어야 한다.'로 변경 적용하는 것이 타당하다고 사료됨 ➪ 현행 기준은 30분이며, 해설에 40분 이상의 권장하도록 반영 ○ 운전실 비치 장비는 승객용보다는 직원용으로 손전등 또는 휴대용비상조명등으로 적용하는 것이 타당함 ➪ 자기부상열차는 무인운전을 목표로 하고 있으며, 비상시에는 차량 전체에 비상조명등이 점등되도록 적용되고 있으므로 휴대용비상조명등의 작동으로도 차량 전체를 비춰줄 수 있음, 만일 비상조명등이 점등되지 않는 조건일 경우에 휴대용 조명등을 비치하도록 해설에 반영
운전규칙	○ 제2장 선로 및 설비의 보전 내용은 도시철도시설 안전기준에 관한 규칙 [시행 2013.3.23] [국토교통부령 제1호, 2013.3.23, 타법개정] 에 자세하게 규정되어 있으므로 선언적 내용만 남기고 점검부분은 삭제하여도 무방하다고 사료됨 ➪ 국토부와 협의하였고, 철도안전법 이후에 삭제를 반영하는 것으로 논의하였으므로 개발된 도시철도 운전규칙(안)에는 유지. ○ 관제실에서 열차의 운행상태를 실시간 감시하기 위해서는 Fail safe 개념의 설비의 이중화가 필요하고 운행상태에 전도 감시 부분 추가하여 조문수정 요함. ➪ 신호 및 열차제어설비 표준규격에서 시스템 및 구성품에 대한 fail safe 개념이 적용되어 있으므로 해당 규칙에서는 반영하지 않음
차량 표준규격	○ 철도차량의 전기장치를 구성하는 주요 부품의 성능에 관련 규격 내용 반영 요망 ➪ 철도차량 전기장치의 환경조건에 따른 IEC 규격 적용 ○ 전자기적 적합성의 내용이 규격명과 일본 리니모 사례만을 해설하고 있다. 자기부상열차에 적용된 전자기적 적합성 내용을 반영 요망 ➪ 자기부상열차에 반영된 정전기 방전시험, 내성 시험 등의 내용과 기준을 해설에 반영 ○ 차량의 제동 기능에서 현재 도시형 자기부상열차의 비상제동과 정차제동 내용과 상이한 설명 수록됨

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	➪ 인천공항에 도입된 차량의 제동기능에 맞추어서 해설 수정하여 반영 ○ 승객 1인하중이 63 kg이 적용되었는데 이에 대한 해설 내용 추가 반영 요망 ➪ 기술표준원에서 매년 제시하는 인체표준 치수 내용이 반영된 승객 하중 설정 내용을 해설서에 수록
선로시설 표준규격	○ 자기부상철도는 소음·진동 발생이 작으므로 해당 설명을 추가 요망 ➪ 자기부상열차의 진동에 대한 영향이 최소화하는 내용을 해설에 추가 반영 ○ 부상안내레일에서 작용하는 작용력에 대한 설명과 레일에 대한 부상 작용을 추가 해설 요망 ➪ 대차와 부상레일사이의 구성요소와 자력에 의한 부상 원리를 해설에 반영 ○ 궤간에 대한 자기부상열차 특성 반영된 해설이 필요 ➪ 시범노선에 적용된 궤간에 대한 해설을 그림과 함께 상세히 해설하여 반영
전력설비 표준규격	○ 자기부상열차 접지 시스템에 대한 규격 및 해설의 반영이 필요함 ➪ 자기부상열차 시범노선에 적용된 접지 설비에 대한 내용을 해설하여 반영 ○ 도시철도에 도입되지 않은 ATCB에 대한 설명이 필요함 ➪ ACB와 ATS를 통합하여 공간축소 및 사업비 축소가 가능하므로 현재 신규 철도노선에 사용하고 있는 설비 내용을 반영 ○ 도시철도에는 없는 도전레일이 적용되었으므로 해당 내용의 반영 및 해설이 필요함 ➪ 도전레일의 그림과 설치 내용 등을 시범노선의 예로 해설에 반영
품질인증요령 품질시험기준	○ 부상제어장치의 시험 규격인 IEC 62236-3-2에 따라서 시험을 실시된 시험결과를 제공하여 규격 및 해설 내용의 수정 요망 ➪ 현대로템에서 제공한 시험 결과를 토대로 해설 실시 ○ 부상전자석의 절연저항 1MΩ인 내용을 해설에 나타내어 절연저항 값이 각각 상이한 내용에 대한 설명이 이루어져야 함 ➪ 작용하는 부하, 전압 등에 따라서 절연저항이 달라지는

대상 항목	주요 검토의견 및 반영 결과
	내용을 해설에 수록 ○ 부상전자석과 부상제어장치의 IP등급이 상이한 이유를 해설에 반영 요망 ➪ 구조 및 사용환경에 대한 내용을 해설에 추가하여 설명

(라) 통합지침서 최종안 개발 및 배포지원

통합지침서의 전문가 검토 및 의견수렴 결과를 반영한 통합지침서(10개 법령 해설 및 이해) 최종안을 개발하였다. 해당 통합지침서는 전문기관과 사업단과의 협의를 통하여 연구에 참여한 각 기관과 해당 법령을 활용할 운영기관에 배포할 예정이다.

(4) 결과

(가) 연구결과

자기부상열차 관련 법령의 이해를 위한 자기부상열차 통합지침서는 다양한 전문가 자문의견과 사업에 참여하는 전문가 자문검토 및 의견반영을 통하여 최종 완성을 하였다. 자기부상열차 통합지침서의 최종안을 첨부와 같이 표지로만 나타내었으며, 출판될 별책으로 구성하였다.

자기부상열차 안전기준에 관한 규칙 해설 및 이해
자기부상열차 차량 표준규격 해설 및 이해
자기부상열차 성능시험 기준 해설 및 이해
자기부상열차용품의 품질인증요령 품질시험기준 해설 및 이해
자기부상열차 운전규칙 해설 및 이해
자기부상열차 정밀진단지침 해설 및 이해
자기부상철도 건설규칙 해설 및 이해
자기부상철도 선로시설 시설 표준규격 해설 및 이해
자기부상철도 전력설비 시설 표준규격 해설 및 이해
자기부상철도 신호 및 열차제어설비 시설 표준규격 해설 및 이해

(나) 기대효과

자기부상열차 관련 법령 내용에 대하여 기술적 사항과 시범노선에 적용된 차량과 시설에 대한 설계, 기능, 성능 등을 토대로 통합지침서를 개발하였다. 본 자기부상열차 통합지침서는 자기부상열차에 적용된 기술을 법적인 관점에서 쉽게 이해하고, 향후에 인천공항 자기부상열차의 기술적 사항을 이해하는데 도움이 될 것이며, 자기부상열차를 운영하고자 하는 운영기관 참고자료로 널리 활용될 것으로 기대된다.

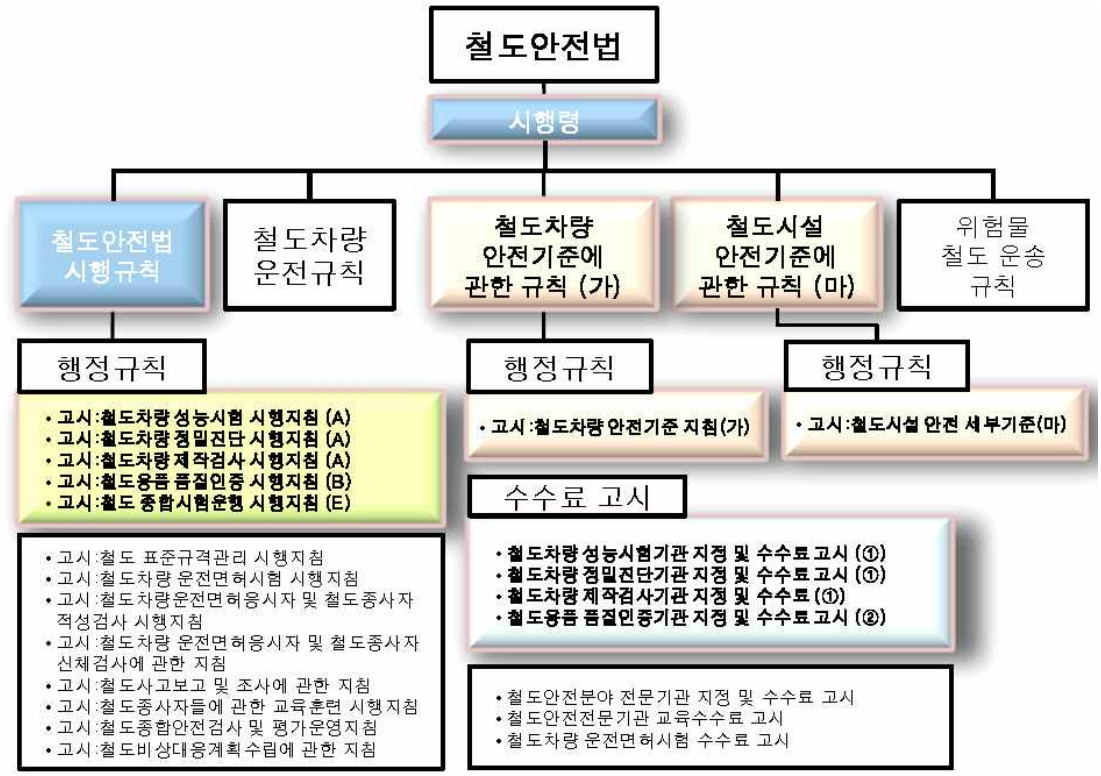
마. 철도안전법 전면 개정에 따른 대응 방안

(1) 철도안전법 전면 개정에 따른 자기부상열차 관련 규정의 변화

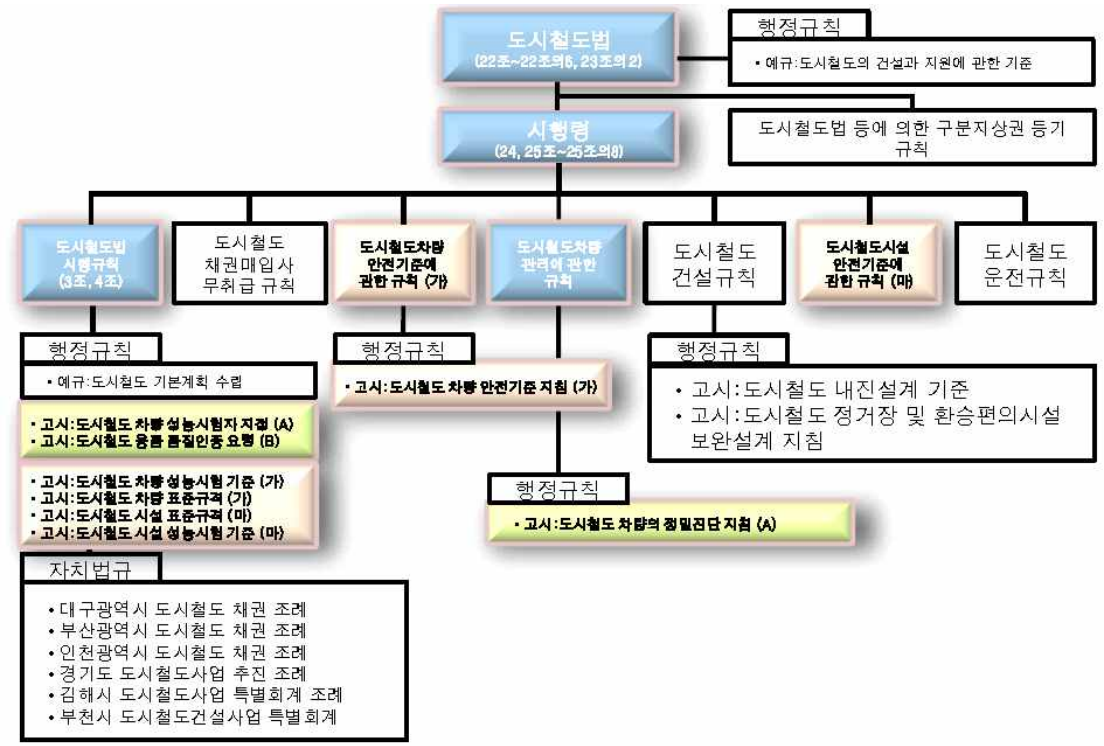
기존의 철도관련 제작검사는 기술검토, 재료 및 부품 입고검사, 공정검사, 최종검사의 단계로 진행되었다. 기존까지의 철도차량 및 용품에 대한 성능인증체계 현황은 다음과 같다.

- 국내 철도차량 성능인증체계는 도시철도법 및 철도안전법으로 이원화하여 기본법-안전법시행령-시행규칙에 의거하여, 철도 핵심분야별 성능검증이 시행되고 있음
- 차량의 경우에는 철도차량 성능시험 시행지침, 철도차량 안전기준에 관한 지침, 철도용품 품질인증 시행지침에 의거하여, 차량의 단위부품, 구성품, 완성차시험, 종합시운전에 이르는 일련의 시험들이 규정, 의무화되어 있음
- 성능시험 절차는 기술검토, 부품 시험, 구성품 시험, 완성차 시험, 시운전 시험으로 구분하고 있으며 각각의 시험에 대한 시험 항목을 지정하고 있음
- 성능시험에 대한 시험 항목은 규정하고 있지만 시험방법 및 기준에 대하여는 기술자료를 토대로 시험신청자와 차량발주자가 협의하여 정하도록 되어있어서 발주처 및 차량의 종류에 따라서 다르게 적용되고 있는 실정임
- 현재의 성능 시험은 최초 제작 차량에 대하여 시행하고 있으나, 초기 설계단계에서의 설계 적합성 검증이 부족한 실정임

아래 그림에서는 개정 전 철도안전법의 체계에 대해서 나타내고 있으며, 다음 그림에서는 개정 전의 도시철도법의 체계에 대해서 나타내고 있다.



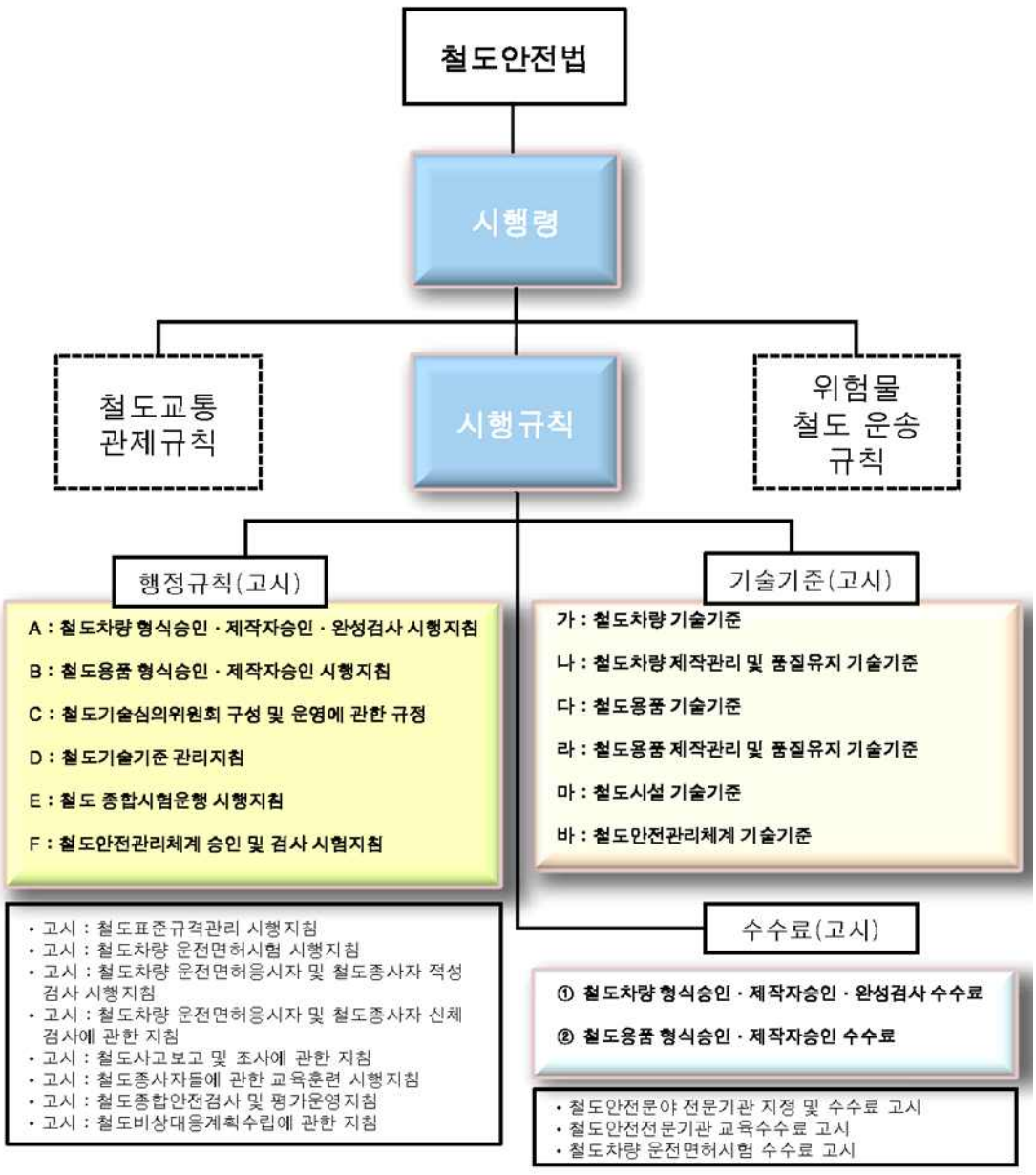
[그림 315]개정 전 철도안전법 체계



[그림 316]개정 전 도시철도법 체계

위와 같이 철도관련 안전제도가 철도안전법과 도시철도법으로 이원화되어

있으며, 사후적 안전검증, 안전관리 의무의 모호성, 사후관리 및 제재수단이 부족한 상태로 운영되고 있어 이러한 점을 개선하고자 철도안전법 전면 개정으로 형식승인, 제작자 승인, 완성검사 체계로 차량 제작검증제도를 개편하였다. 아래 그림은 개정된 철도안전법의 구성 체계를 나타내고 있다. 개편된 철도안전법에서 자기부상열차와 관련된 내용은 철도차량 형식승인 제도와 철도용품 형식승인제도가 직접적으로 관련이 되어 있다.



[그림 317]개정 후 철도안전법 체계

(2) 현 도시철도 하위규정 개선 필요성

- 현재 철도용품 품질인증제도는 철도안전법과 도시철도법에 근거하여 이원화된 체계로 운영되고 있으며, 인증을 받은 철도용품의 사용도 건고사항에 그치고 있어 품질인증제도가 활성화되지 못한 상황에서, 철도용품의 안전성능 수준을 사전에 보장하고 지속적으로 품질을 유지하는데 어려움을 겪고 있는 실정
- 안전과 직결되는 주요 철도용품에 대한 안전성능 검증과 표준화된 품질관리가 부족하여 고장발생이나 유지보수 비용의 증가 등 비효율을 초래하는 문제점 발생
- 유럽 철도의 경우 상호 운영 또는 안전과 관련된 철도용품에 대해서는 기술기준에 부합함을 검증하는 안전성능 인증을 제도화 하고 있으며, 항공부문의 경우에도 항공기 기술표준에 대한 형식증명과 부품 등의 제작자 증명 등을 통해 엄격하게 용품의 사전 안전성능 검증과 지속적 품질관리를 수행
- 국토부 주관으로 안전에 직결된 주요 철도용품을 중심으로한 철도용품에 대한 형식승인을 실시하여 이를 통해 안전성능 확보 및 지속적 용품 품질수준을 보장, 도시철도법과 이원화된 품질인증체계를 철도안전법으로 통합하는 철도용품 품질인증체계 개선을 추진
- 개정 철도안전법 부칙 제7조(철도용품의 형식승인에 관한 경과조치) 제1항에 뜨르면 '종전의 규정에 따라 품질인증을 받은 철도용품은 법 제27조제1항의 개정규정에 따라 철도 용품의 형식승인을 받은 것으로 본다.'고 규정하고 있고, 부칙 제7조제4항에서는 '종전의 규정에 따라 품질인증을 받은 제작자는 법 제27조제1항의 개정규정에 따라 철도용품의 제작자승인을 받은 것으로 본다. 다만, 이 법 시행 후 1년 이내에 철도용품 품질관리체계의 기준을 갖추어 철도용품의 제작자승인을 받아야 한다.'고 규정하고 있음
- 따라서 철도용품 품질인증제도는 설계검증과 제작 시 품질관리 강화를 통한 안전성능 확보 및 지속적인 품질수준 유지를 보장하기 위한 형식승인 및 제작자승인의 의무화에 대응하고, 제도변화에 따른 부작용을 최소화하면서 관련 기관이나 산업계의 부담을 완화할 수 있도록, 현행 철도용품 품질인증 제도를 최대한 연계시켜 발전시키는 방식을 취함

(3) 철도안전법 개정에 따른 연구 동향

철도안전법의 시행을 위한 하위법령 및 기술기준 초안 개발은 차량 형식승인 분야, 용품 형식승인 분야, 운영분야로 총 3개의 부문으로 나누어서 연구가 진행 중이다.

○ 철도차량 형식승인제도를 위한 기술기준 및 시험규격 개발

- 연구과제명 : 철도차량 형식승인을 위한 시험규격 정비 및 기술기준 개발
- 주관 : 한국철도연구원
- 연구 수행 일정 : 2013년 5월 ~ 2017. 4월
- 주요 연구 내용

· 고속철도 차량(동력 집중형, 동력 분산형, 자기부상형) 기술기준 개발
· 일반철도 차량(동력차, 객차) 기술기준 개발
· 도시철도 차량(전동차, 경전철) 기술기준 개발
· 철도차량 시험규격 개발
· 철도차량 제작자 승인을 위한 기술기준 개발

○ 철도용품 형식승인제도를 위한 기술기준 및 시험규격 개발

- 연구과제명 : 철도용품 인증을 위한 실내/현장 시험규격 정비 및 인증체계 개선방안 연구
- 주관 : 한국철도연구원
- 연구 수행 일정 : 2011년 11월 ~ 2016년 6월
- 주요 연구 내용

· 차량 용품 기술기준 및 시험규격 개발
· 궤도 용품 기술기준 및 시험규격 개발
· 환경분야 기술기준 및 시험규격 개발
· 전차선/전력 용품 기술기준 및 시험규격 개발
· 신호통신 용품 기술기준 및 시험규격 개발

○ 철도 운영부문 안전관리체계 승인제도 개발

- 연구과제명 : 철도 운영부문 안전관리 체계 승인제도 도입에 따른 하위법령 기준 마련 및 추진방안 연구

- 주관 : 교통안전공단
- 연구 수행 일정 : 2012년 3월 ~ 2013년 1월
- 주요 연구 내용

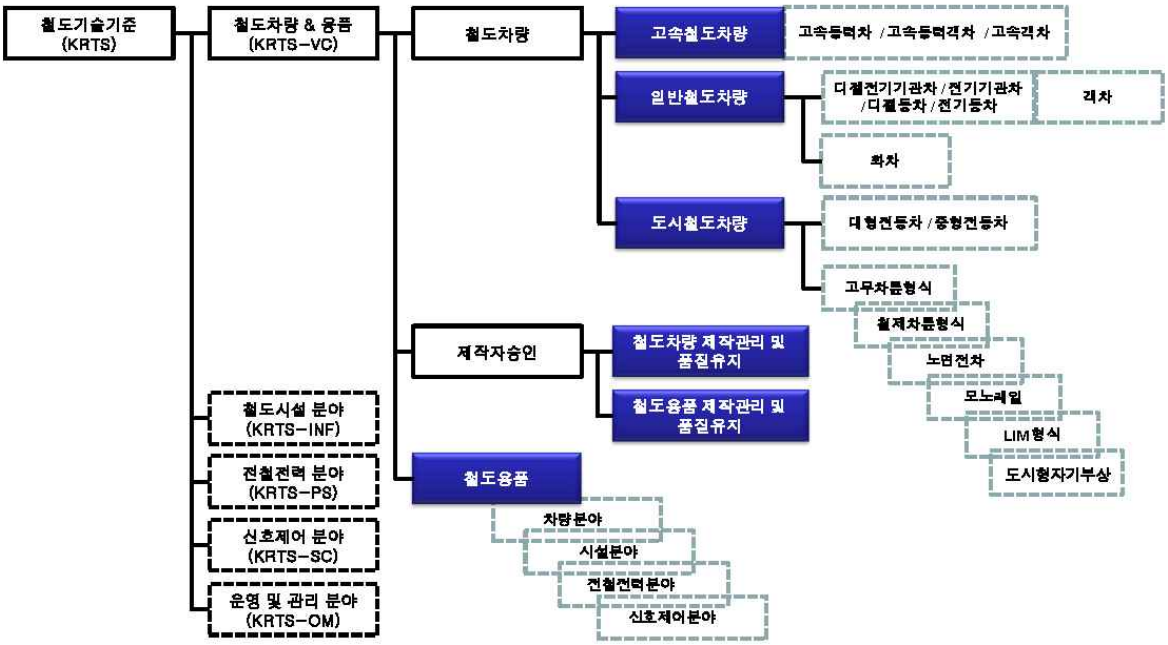
· 운영부문 철도 안전관리체계 개편방안 연구

· 철도 안전관리체계 승인기준 및 제도운영방안 연구

· 철도 안전승인 이후 지속적인 유지관리 여부 확인·점검방안 연구

· 종합시험운행(운영부문) 결과 확인을 위한 절차·방법 연구

그림 3-2-7에서는 철도차량 및 철도용품 형식승인제도에 철도기술기준 체계(안)을 나타내고 있으며, 차량분야는 도시형 자기부상열차에 대한 기술기준 및 시험규격 개발 내용이 반영되어 연구가 수행중이다.



[그림 318]철도기술기준의 체계(안)

(4) 국외 철도차량 성능인증 체계

(가) 유럽

EU의 정책지침 하에 유럽 각국의 상이한 철도노선 상에서의 기술 운영성 및 상호 호환성 확보를 최우선으로 인증을 수행하고 있으며, EU에서는 이를 위한 상호운영성 확보를 위해 기술사양서(Technical Specifications for Interoperability : TSI)를 법령 형태로 규정하였으며, TSI에 대한 개별용품/하부시스템(차량 등)의 적합성 평가를 수행하고 있다. 또한 범유럽의 통합 표

준규격인 EN규격을 제정, 적용하고 있다. TSI 기술사양이 강제화된 규정인 반면 EN은 권고규격이나, 범유럽 철도시장의 규모가 세계 철도시장의 상당 부분을 차지하고 있으며 국제 표준규격처럼 인식되어 적용되고 있는 상태이다.

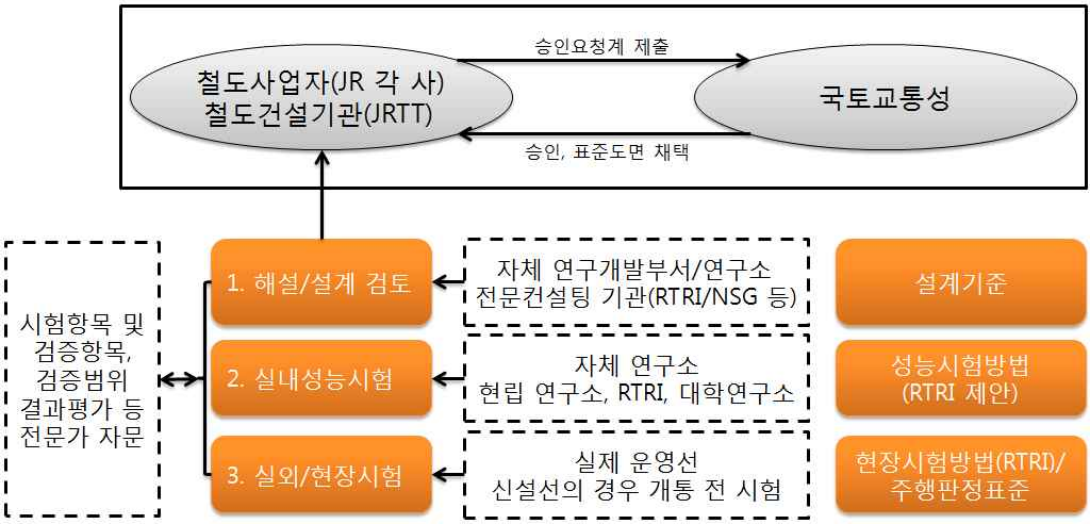
- 유럽의 경우에는 지침의 필수요구사항(Essential requirements)을 충족시키는지에 대하여 적합성 평가를 수행하도록 되어 있으며, 필수요구사항은 아래의 그림에서와 같이 5가지에 대하여 규정하고 있음
- 지침에서의 필수요구사항은 요건에 대하여만 기술하고 있으며 기술적인 세부사항은 TSI에서 각각의 항목에 따라서 규정하고 있음
- 지침에서 5가지 항목은 안전성, 신뢰성 및 가용성, 보건, 환경보호 및 기술적 호환성으로 구성되어 있으며, 여기에 하부시스템에 대한 세부사항을 추가로 규정하고 있음

[그림 319]범유럽 정부주도 인증체계 개념 및 궤도 분야 EN 규격의 예

(나) 일본

일본에서는 철도사업자(JR, 각사 등) 및 건설기관(Japan Railway Construction, Trans- portation Agency, JRTT) 등 해당 궤도시스템의 도입 책임자가 개발된 궤도구조와 관련된 해석 및 설계검토서, 실내성능시험 결과, 실외 및 현장시험결과 등 1식을 작성 국토교통성에 제출하여 승인을 요청(철도사업법 및 동 시행규칙)하고 제출된 승인요청서를 국토교통성에서 검토 후 승인하여 표준도면에 반영하는 검증체계를 운영하고 있다. 일본에서의 궤도시스템 평가 및 승인절차를 요약하면 그림 3-2-9과 같다.

법령이나 성령에서 검토기준, 시험방법 및 항목이 명확히 기준화되지는 않았으나, 국토교통성의 통달(국토 교통성 감수 JR철도종합연구소, 각 철도사업자와 전문가 등으로 구성된 속도향상에 관한 위원회로 심의된 것으로 현재 시판된 지도도서로서 발행)로 표준적인 절차와 판정기준이 제시되어 있다.



[그림 320]일본의 철도시스템 성능검증 체계

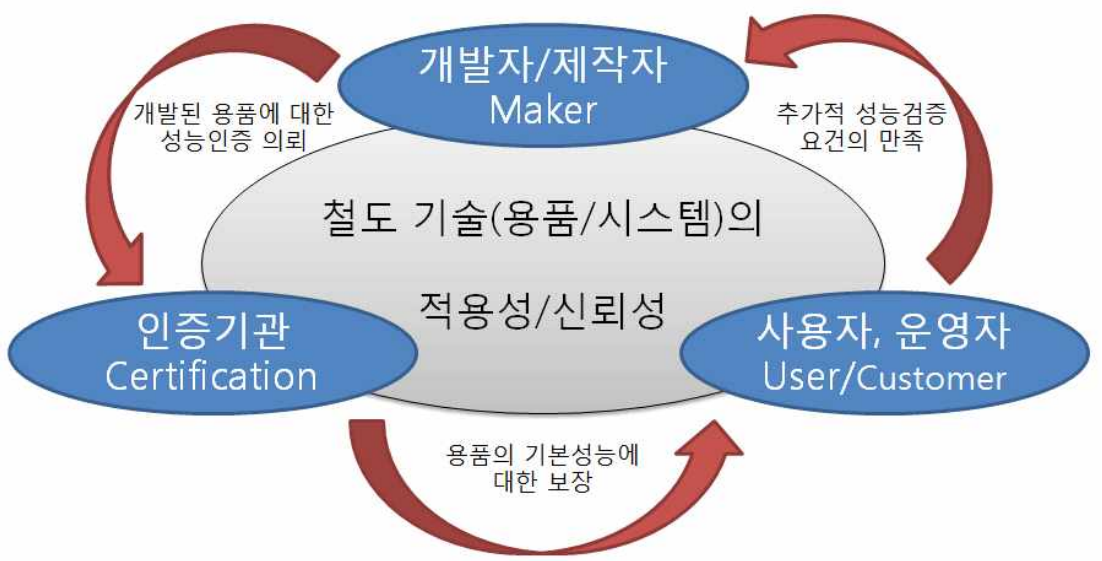
[표 228]국외 철도용품 관련규격 현황

구분/명칭	특징	비고
북미산업규격 (AAR)	- 북미의 철도산업계가 장기적으로 사용할 수 있는 기술표준, 철도차량 위주로 구성	총 638종
국제철도규격 (UIC)	- 철도건설 및 운영에 있어서의 기술향상을 목적	총 658종
국제표준규격 (ISO)	- 철도분야와 관련해서는 차량/궤도, 소음측정, 진동 및 승차감 등이 있음	
국제전기전자표준규격 (IEC)	- 전기전자기술분야의 국제표준 수립이 목적	총 535종
유럽통합규격 (EN)	- 범유럽 철도 상호 운영 호환성 확보를 위해 정립된 TSI의 만족여부에 대한 시험적 검증을 목적으로 하는 규격	약 200종

(다) 국내외 인증체계 분석

각 국가별 철도차량 인증체계는 자국 특성을 반영하여 다소 상이할 수는 있으나 근본적으로는 개발자 ~ 인증기관 ~ 사용/운영자의 주체별로 독립된

역할을 수행하도록 유도하고, 수행 주체별로 권한과 책임을 명확히 규정하여 인증을 수행하고 있다. 또한 철도안전법 개정에서 새로이 도입된 철도차량의 형식승인제도, 유럽 TSI 인증제도, 국내 타산업분야(항공, 선박, 자동차)의 인증제도를 비교·분석하면 세부적으로는 다소 다르지만 큰 틀에서는 유사한 인증제도이다.



[그림 321]국외 철도용품 성능인증 수행주체 및 역할 분담

(5) 국토교통부 주관 형식승인 대상 설정

2013년 2월부터 국토부 철도기술안전과 주관으로 철도용품분야 전문가 T/F가 결성되었으며, 4차에 걸친 집중회의를 통해 철도용품 형식승인 대상 목록에 대한 세부검토 및 조정이 수행되었다. 검토사항은 아래와 같다.

- 형식승인 제도 시행의 실현 가능성(국내 업체의 수준 등)
- 형식승인 제도 시행을 위한 시험장비의 보유 현황
- 기존 품질인증제도 내 품질인증 대상에 대한 우선 고려 등

다양한 토의와 검토, 의견수렴 등을 통해, 전체적으로 99개의 후보군 중, 완성차 시스템 형식승인의 항목으로 포함되어야 할 일부 용품을 정리하고, 총 91개 후보군으로 재정리 하였으며, 이를 다시 우선 형식승인 대상(군) 41개 용품과 후 승인대상(군) 50개 용품으로 재정리 하였다.

[표 229]철도용품 형식승인 용품 대상(군)

분야	형식승인 용품	우선대상	후순위 대상
차량	32	16	16
궤도	9	9	0
전철 / 전력	32(18/14)	10(7/3)	22(11/11)
신호 통신	18	6	12
환경, 노반, 구조물	※시설특성으로 용품에서는 제외		

[표 230]철도용품 형식승인 대상

No	차량 분야 (우선대상 16, 후대상 16)	궤도 분야 (우선대상 9)	전차선/전력 분야 (우선대상 10, 후대상 22)	신호통신 분야 (우선대상 6, 후대상 12)
1	차축	보통레일	전차선-전선	일반철도 ATS 지상장치
2	차륜	특수레일	전차선-인류애자	일반철도 전자연동장치
3	댐퍼	PSC침목	급전선- 애자	일반철도 궤도회로장치
4	공기스프링	자갈궤도 분기기 (체결장치 포함)	급전선-인류애자	선로전환기
5	코일스프링	콘크리트궤도 분기기 (체결장치 포함)	장력조정장치	일반철도 자동폐색장치
6	고무스프링	레일체결장치 (콘크리트 침목용)	가동브래킷-장간애자	건널목장치 제어유닛
7	활주방지장치	레일체결장치 (콘크리트 궤도용)	구분장치-동상용	일반-CBTC 지상장치
8	제동디스크	접착절연레일	스코트변압기	일반-CBTC 통신장치
9	제동마찰패드	자갈궤도용 신축이음매	단권변압기	고속-ATC 지상장치
10	제동실린더		정류기용변압기	일반-ATP 지상(LEU)
11	밀착연결기		배전용변압기	일반-ATP 발리스그룹
12	자동연결기		변압기용 보호계전기	고속-전자연동장치
13	자동복합연결기		전차선-접속클램프	궤도회로장치(UM71C)
14	중간연결기		급전선-(전선)	일반-선로전환기
15	일반철도ATS-S형 차상장치		조가선-전선	열차무선방호장치
16	일반철도ATS-정보형차상장치		드로퍼클램프	승강용 무선영상장치

17	견인전동기		와이어 턴버클	계전기(신호장치)
18	판토그라프		곡선담김금구	
19	보조전원인버터		회전크립	
20	충전기		가동브라켓	
21	변압기		스코트변압기	
22	인덕터		T-Bar	
23	고압개폐기		R-Bar	
24	주회로퓨즈		전철제어반	
25	피뢰기		직류 고속차단기	
26	제동압축기(공기압축기)		가스 차단기	
27	제동슈(브레이크슈)		진공 차단기	
28	축상 베어링		공기 차단기	
29	기어 커플링		교류단로기	
30	고속-통합형 차상제어장치		급전용 보호계전기	
31	일반-열차자동방호장치		변류기	
32	고속-열차자동제어장치		계기용 변압기	
33	고속-전면유리창		다이오드 정류기	
34			싸이리스터 정류기	

(6) 자기부상열차 및 용품의 형식승인 확보를 위한 방안

철도안전법 개정 등 변화하는 철도관련 법령에 대응하여 자기부상열차가 국내 철도 시스템의 법제도 개선 방향에 부합될 수 있는 제반 법령 및 기준의 개발이 필요하다.

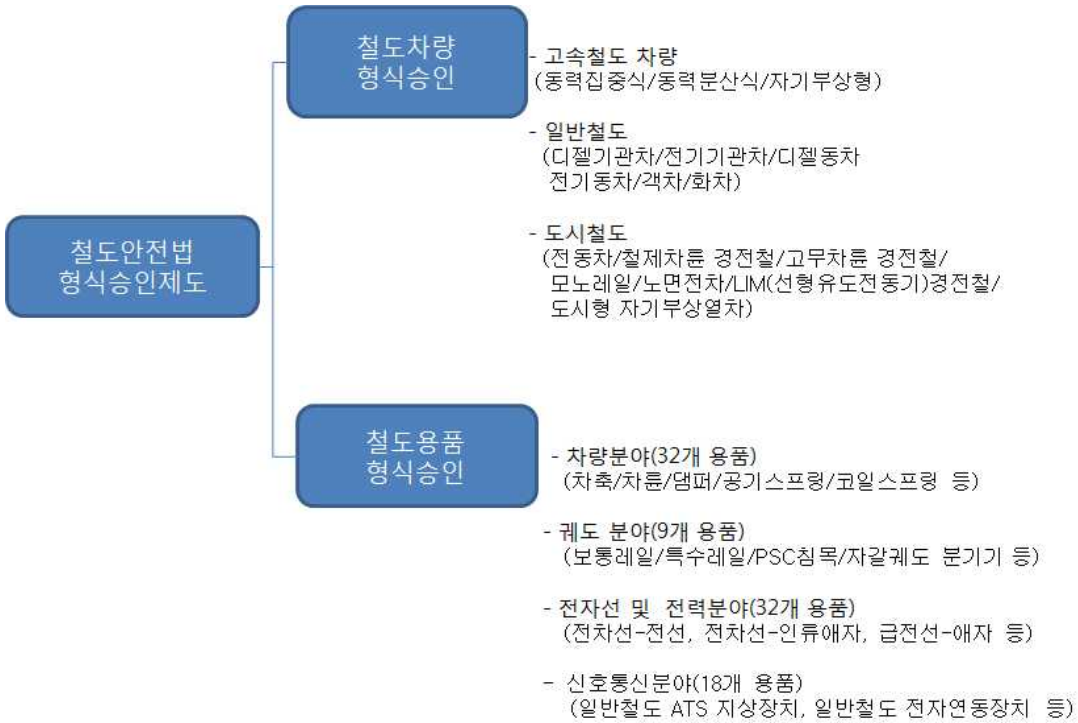
도시형 자기부상열차 실용화 사업에서는 건설, 설치, 운영에 필요한 제반 규정을 개발하고 도시철도로서의 정당성을 확보하기 위해 관련 도시철도법에 반영하여 개정하는 등 도시철도 하위법 체계에 적합한 규정 개정 이루어졌다.

최근 철도안전법의 전면 개정에 따라 2014년부터 도시철도법 하위법령에 따른 차량 및 시설분야의 법령이 철도안전법의 차량 및 용품의 형식승인 체계로 변화하고 있다. 차량분야의 자기부상열차 고유 용품인 전자석, 부상제어장치 등 8종은 품질시험기준으로 제정되었지만 해당 용품에 대해서 철도안전법 체계에 따른 형식승인 기술기준 및 시험규격의 개발이 필요한 상태이며, 이외에도 현재 철도 용품 형식승인 대상으로 선정된 차량용품 중 공기스프

링, 제동마찰패드, 제동실린더, 연결기, 보조전원장치, 충전기, 변압기, 주회로 휴즈 등에 대하여 자기부상열차에 적용되는 내용을 확인하여 형식승인을 위한 기술기준 대한 제·개정이 필요한 상태이다. 시설분야의 경우에도 계획 당시에는 해당 법령의 부재로 연구범위에 포함되지 않았지만 향후에 자기부상열차가 도입되기 위해서는 철도안전법의 시설 용품 분야의 선로분야(분기기, 추진도체판, 레일, 분기기 등 5종), 전력분야, 신호통신분야의 용품에 대한 기술기준 반영이 필요하다.

(7) 자기부상열차 용품의 형식승인을 위한 기술기준 개발 및 시험규격 개발 방향

현재 한국철도기술연구원에서는 그림 3-2-11과 같이 철도차량 형식승인을 위한 형식승인 개발과 철도용품 형식승인을 위한 기술기준 개발 연구를 수행하고 있다.



[그림 322]철도안전법 형식승인제도 관련 현재 추진 중인 연구 내용

위 그림에서도 알 수 있듯이 철도차량 형식승인을 위한 기술기준 및 시험규격 개발 연구에서는 도시형 자기부상열차가 포함되어 연구가 진행 중에 있다. 하지만 철도용품 형식승인을 위한 기술기준 및 시험규격 개발에서는 도시형 자기부상열차에 관련된 내용에 대한 연구가 수행되고 있지 않고 있다. 이는 향후 도시형 자기부상열차가 상용화시에 지자체에 도입 상의 문제점으

로 대두될 수 있는 사항으로 나타날 것으로 예상된다.

(가) 차량분야의 형식승인을 위한 기술기준 및 시험규격 개발 연구 내용

철도차량 용품에서 현재 추진되는 형식승인 대상 용품은 32개로 다음과 같으며, 자기부상열차 차량에도 적용된 구성품을 표기하였다.

[표 231]차량분야 형식승인 대상 용품

No	대상 용품	자기부상 대상 검토	No	대상 용품	자기부상 대상 검토
1	차축		17	견인전동기	○
2	차륜		18	판토그라프	
3	댐퍼		19	보조전원인버터	○
4	공기스프링	○	20	충전기	○
5	코일스프링		21	변압기	○
6	고무스프링		22	인덕터	○
7	활주방지장치		23	고압개폐기	○
8	제동디스크		24	주회로퓨즈	○
9	제동마찰패드	○	25	피뢰기	
10	제동실린더	○	26	제동압축기	○
11	밀착연결기	○	27	축상 베어링	
12	자동연결기	○	28	기어 커플링	
13	자동복합연결기		29	고속-통합형 차상제어장치	
14	중간연결기	○	30	일반-열차자동방호장치	
15	일반철도ATS-S형차상장치		31	고속-열차자동제어장치	
16	일반철도ATS-정보형차상장치		32	고속-전면유리창	

자기부상열차에도 적용되는 구성품의 경우에는 시험규격인 기 개발된 내용을 적용하지만, 현재 철도일반용품에 대한 기술기준에 자기부상열차 분야의 내용을 반영한 기술기준의 수정, 보완이 필요하다.

그리고 차량분야에 반영되지 않은 자기부상열차 고유용품인 8종에 대해서는 구성품 제작 기업과의 협의, 철도용품 TFT에서의 형식승인 용품으로의 결정 등을 거쳐서 해당 용품에 대한 기술기준과 시험규격의 개발이 필요하

다.

[표 232]자기부상열차 차량 고유용품 형식승인 대상 용품

No	자기부상열차 차량 고유 용품	비고
1	전자석	
2	부상제어장치	
3	스키드	
4	비상착지륜	
5	선형유도전동기	
6	추진제어장치	

(나) 궤도분야의 형식승인을 위한 기술기준 및 시험규격 개발 연구 내용

철도차량 용품에서 현재 추진되는 형식승인 대상 용품은 9종으로 자기부상열차의 경우에는 분기기와 레일체결장치가 대상 용품으로 반영이 가능할 것으로 판단된다.

[표 233]궤도분야 형식승인 대상 용품

No	대상 용품	자기부상 대상 검토	No	대상 용품	자기부상 대상 검토
1	보통레일		6 7	레일체결장치 - 콘크리트 침목용 - 콘크리트 궤도용	○
2	특수레일				
3	PSC침목		8	접착절연레일	
4 5	분기기 -자갈궤도 - 콘크리트궤도 (체결장치 포함)	○	9	자갈궤도용 신축이음매	

하지만 자기부상열차가 현행 구름 방식의 철도차량과는 주행 방식이 다르므로 자기부상열차에 달리 적용되는 위 표의 자기부상열차 고유 용품에 대해서 궤도 용품 제작사와의 협의와 국토부의 철도용품 TFT의 형식승인 용품 대상 결정에 따라서 궤도분야의 형식승인 대상 용품의 선정 기술기준 및 시험규격의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

[표 234]자기부상철도 궤도분야 고유용품 형식승인 대상 용품

No	자기부상철도 궤도 고유 용품	비고
1	추진도체판	
2	레일(추진레일, 부상레일)	

(다) 전차선/전력분야의 형식승인을 위한 기술기준 및 시험규격 개발 연구 내용

전차선/전력분야 용품에서 현재 추진되는 형식승인 대상 용품은 32개로 다음과 같으며, 자기부상열차 차량에도 적용된 구성품을 표기하였다.

[표 235]전차선/전력분야 형식승인 대상 용품

No	대상 용품	자기부상 대상 검토	No	대상 용품	자기부상 대상 검토
1	전차선-전선	○	17	회전크립	
2	전차선-인류애자		18	가동브라켓	
3	급전선- 현수애자	○	19	스코트변압기	
4	급전선-인류애자		20	T-Bar	
5	장력조정장치	○	21	R-Bar	
6	가동브래킷-장간애자		22	전철제어반	
7	구분장치-동상용		23	직류 고속차단기	
8	스코트 변압기		24	가스 차단기	
9	단권 변압기		25	진공 차단기	
10	정류기용 변압기		26	공기 차단기	
11	전차선-접속클램프	○	27	교류단로기	
12	급전선-전선		28	급전용 보호계전기	
13	조가선-전선		29	변류기	
14	드로퍼클램프		30	계기용 변압기	
15	와이어 턴버클		31	다이오드 정류기	
16	곡선담김금구		32	싸이리스터 정류기	

전차선/전력분야의 경우에는 일반 도시철도와 자기부상철도의 차이점이 거의 없는 상태이고, 대부분이 동일한 시스템으로 적용되었다. 이에 따라서 위 표에서 자기부상 대상 검토에 표기는 되어 있지만 대부분이 공통적으로 적용 가능 할 것으로 판단되며, 동일한 기술기준와 시험규격을 사용해도 될 것으로 판단된다.

하지만 자기부상열차 부상에 의한 운행을 실시하기 때문에 구성되는 구성품에 대해서 관련 부품 제조기업과의 협의와 국토부의 철도용품 TFT에 의한 관련 용품 선정 결정 이후에 기술기준 및 시험규격이 필요할 것으로 판단된다.

[표 236]자기부상철도 전차선/전력분야 형식승인 대상 용품

No	자기부상철도 전차선/전력 고유 용품	비고
1	도전레일	
2	지지금구	
3	습동완화장치	

(라) 신호통신분야의 형식승인을 위한 기술기준 및 시험규격 개발 연구 내용

신호통신분야 용품에서 현재 추진되는 형식승인 대상 용품은 17개로 다음과 같다.

[표 237]신호통신분야 형식승인 대상 용품

No	대상 용품	자기부상 대상 검토	No	대상 용품	자기부상 대상 검토
1	일반 - ATS 지상장치		10	일반-ATP 지상(LEU)	
2	일반 - 전자연동장치		11	일반-ATP 발리스그룹	
3	일반 - 궤도회로장치		12	고속-전자연동장치	
4	선로전환기		13	궤도회로장치(UM71C)	
5	일반 - 자동폐색장치		14	일반-선로전환기	
6	건널목장치 제어유닛		15	열차무선방호장치	
7	일반-CBTC 지상장치		16	승강용 무선영상장치	
8	일반-CBTC 통신장치		17	계전기(신호장치)	
9	고속-ATC 지상장치				

신호통신분야의 경우에는 일반 도시철도와 자기부상철도의 차이점이 거의 없는 상태이고, 대부분이 동일한 시스템으로 적용되었으므로 현재 진행되고 있는 신호통신분야의 용품으로 자기부상열차에도 적용 가능할 것으로 보인다.

제4장 연구개발목표 달성도

제1절 연구개발목표의 달성도

제 4 장 연구개발목표 달성도 및 관련분야의 기여도

제 1 절 연구개발목표의 달성도

[1-0과제]

단계	연도	연구개발목표	달성도(%)	주요 연구내용
1단계	1차연도	-실용화사업 총괄업무 지원 -과제별 인터페이스 협조체계 구축 -시범노선 선정 지원	100	-엔지니어링 관리계획을 통해 사업단장의 총괄 관리업무 및 통합업무 지원 -사업단장의 실용화 사업상 기술적 프로세스 및 관리 프로세스를 지원 -S/E 절차에 기반한 인터페이스 조정 체계 구축 -조정 필요사항의 조기 발굴 및 대책 수립, 조정 및 관리 -사업단장 지원 -핵심과제/세부과제 지원체제 구축 협조
	2차연도	-실용화사업 총괄업무 지원 -과제별 인터페이스 관리 -실용화사업 기술총괄 및 시스템 통합	100	-사업단장의 총괄 관리업무 및 통합업무 지원 -인터페이스 관리 문서체제 구축 -기술적 및 기능적 인터페이스 협의, 조정, 관리 -설계검토(DR)계획 작성 -설계기준 검토 및 적합여부 판정 -각 핵심과제와 정기 기술적 연계 및 통합관련 회의
	3차연도	-실용화사업 총괄업무 지원 -과제별 인터페이스 관리 -시범노선 건설 지원	100	-사업단장의 총괄 관리업무 및 통합업무 지원 -기술적 및 기능적 인터페이스 협의, 조정, 관리 -설계기준 검토 및 적합성 판정
2단계	4차연도	-실용화사업 총괄 관리 업무 지원 -실용화사업 시스템 통합 -시험선 시험평가 총괄 -시범노선 구축 지원	100	-인터페이스 관리를 통한 실용화사업 총괄 및 시스템 통합 지원 -SEMP에 따른 리스크관리계획 작성 및 관리 -하위세부과제 관리 -시험선 시험평가 총괄 -시범노선 건설 지원(설계변경 등에 따른 타 핵심 인터페이스 등)
	5차연도	-실용화사업 총괄관리업무지원	100	-실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페

		및 시스템통합		이스/리스크/연구산출물 등) 및 시스템 통합 -하위세부과제관리
3 단 계	6차 연도	-실용화사업 총괄관리업무지원 및 시스템통합	100	-실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크(TPM관리)/연구산출물 등) 및 시스템 통합 -하위세부과제관리 -시범노선 시운전 시험평가 지원
	7차 연도	-실용화사업 총괄관리업무지원 및 시스템통합	100	-실용화사업 연구수행 총괄관리(일정/인터페이스/리스크(TPM관리)/연구산출물 등) 및 시스템 통합 -하위세부과제관리 및 종합 -시범노선 종합시운전 시험평가 지원

[1-1과제]

단계	연도	연구개발목표	달성도(%)	주요 연구내용
1단계	1차연도	- 초기 요구사항 분석 및 시스템 규격서 작성	100	- 이해관계자 요구사항 수집 - 요구사항 논증(validation) - 운영개념 분석 - 요구사항 도구 선정 및 schema 개발 - 시스템 규격서 작성 - 차량분야 규격서 작성
	2차연도	- 차량시스템 제작규격 및 시범노선 분야 개발규격 작성	100	- 시스템 요구사항 보완 - 차량분야 하부수준 기능 분석 - 규격서 작성 - 인터페이스 관리 문서 작성 - 검증 요구사항서 작성
	3차연도	- 차량 및 시범노선 상세규격 보완 - 요구사항 추적관리	100	- 상세설계 진행에 따른 규격 수집/모니터링 - 서브시스템 개발규격 보완 - 시스템 운영개념 보완 (시범노선 운영 시나리오 보완) - 요구사항에 대한 규격 검증 - 요구사항/규격 변경관리 - 요구사항/규격 간 추적관리 서비스
2단계	4차연도	- 전기 분야(신호, 통신, 전력시스템) 규격서 작성 및 차량 제작에 대한 규격 추적관리	100	- 전기 분야(신호, 통신, 전력) 상세 규격서 작성 및 확정 - 도시형 자기부상열차 시스템 요구사항 및 규격의 추적관리 - 차량시스템의 공장 내 시험 결과를 요구사항 DB에 반영 - 시험선 시험평가 결과를 요구사항 DB에 반영
	5차연도	- 시험선 시험결과와 시범노선 구축에 대한 규격 추적관리	100	- 시험선 시험평가 결과 및 시범노선 시설분야에 대한 규격추적관리(변경관리)
3단계	6차연도	시범노선 전기분야에 대한 규격추적관리(변경관리)	100	시범노선 전기분야에 대한 규격추적관리(변경관리)
	7차연도	- 요구사항/규격 추적관리 결과 종합 및 시스템 통합 지원	100	- 검증요구사항 검증현황 관리 - 도시형자기부상열차 시스템 요구사항/규격 최종 종합 - 기술자료/개발 경험 문서화 및 차기사업을 위한 개선된 개발 프로세스 수립 - 시범노선 종합시운전시험 결과 요구사항/규격 DB에 반영 -시범노선 시험평가에 따른 규격추적관리(변경관리)

[1-2과제]

단계	연도	연구목표	달성도(%)	주요연구내용
1단계	1차년도	1.기술 자료 수집	100	▪ 유사철도시스템 RAMS 자료
		2.RAMS 관리체계 구축	100	▪ RAMS 라이프 사이클 단계별 Mission 정의 ▪ 각 단계별 기준 또는 표준 양식 산출물 개발 (입력문서 ,출력문서, 표준양식)
		3.자기부상열차 전체시스템레벨에서의 RAMS성능 예측 모델링	100	▪ 자기부상열차 시스템 가용성, 정시성 목표치 설정 및 타당성 예비 평가 ▪ 가용성, 정시성 판단을 위한 Failure 기준 정의
		4.기존 도시철도 시스템의 검수체계 분석	100	▪ 국내외 도시철도 검수체계 분석 보고서 작성
		5.자기부상열차 수명주기비용 분석모델 수립	100	▪ LCC 분석 요구사항 정의 ▪ 유사 시스템의 LCC 모델 자료 분석 ▪ 자기부상열차 LCC 예측 절차, 모델, 방법 구축
	2차년도	1.차량 주요장치 RAMS 설계특성 비교	100	▪ 차량 신뢰도 및 안전성 분석
		2.차량 주요장치 RAMS 분석결과 데이터베이스화	100	▪ 차량 신뢰도 분석 및 Hazard Log 데이터베이스화
		3.차량주요장치 계층모형구축	100	▪ PBS 분석 및 CBS 구축
		4.차량 주요장치 수명주기 예측 및 분석	100	▪ 장치별 실 데이터 수집 및 수명주기간 LCC 비용 예측
		5.차량 주요장치 LCC 분석결과 데이터베이스화	100	▪ 주요장치별 LCC 계산모델 및 분석결과 DB화
		6.서브시스템 RAMS 요구조건 정의	100	
		(1)자기부상열차 시스템레벨 초기 위험원 분석	100	▪ 전체 시스템에 대한 위험원 도출
		(2)자기부상열차 각 분야별 서브시스템 레벨에서의 RAM 성능 예측 모델링	100	▪ 자기부상열차 전체 시스템의 서비스 가용성 목표치를 달성하기 위한 각 서브시스템 분야별 RAM 목표치를 할당하기 위한 예측 모델링
		(3) 서브시스템 분야별 RAM 요구조건 정의	100	▪ 실시설계 및 시범노선 구축관련 서브시스템 분야별 RAM 요구조건 정의
		7.시범노선 구축 대비 예비업무수행	100	▪ RAM Plan, Safety Plan 개발
	3차년도	1.완성차 RAMS 분석	100	▪ 완성차 RAMS 관리 체계에 따른 분석
		2.완성차 수명주기비용 분석	100	▪ 완성차 LCC 모델 구축 ▪ 완성차 LCC 예측 및 분석 ▪ 완성차 주요 비용변수에 대한 민감도 분석

단계	연도	연구목표	달성도(%)	주요연구내용
		3.완성차 RAMS 분석결과 데이터베이스화	100	▪ 완성차 RAMS 관리 체계에 따른 분석 결과 데이터베이스화
		4.완성차 LCC 분석결과 데이터베이스화	100	▪ 완성차 LCC 분석 결과 데이터베이스화
		5.시범노선구축 대비 예비 업무 수행		
		(1)설계단계 시스템 수준의 RAMS 분석	100	▪ 설계단계에서 시스템 수준의 RAMS분석 • Preliminary System FME(C)A • Preliminary Hazard Analysis
		(2)서브시스템 RAMS 요구사항 개정	100	▪ 설계 진행사항을 반영하여 서브시스템별 RAMS 요구사항 개정 (차량, 신호, 통신, 전기, 분기기)
		(3)RAM Management Plan 및 Safety Management Plan 개정	100	▪ 설계 진행사항을 반영하여 RAM Management Plan 및 Safety Management Plan 개정
2 단계	4차 년도	1.시험선 시험평가를 통한 RAMS / LCC 분석 및 검증	100	▪ 차량외 서브시스템 설계단계에서 시스템 수준의 RAMS관리 - Preliminary System FME(C)A 개정 - System Hazard Log 개정[SHA, IHA, O&SHA] - RAM Analysis 보고서 ▪ RAM 입증 계획(RAM Demonstration Plan) 수립 ▪ FRACAS 절차서 구축 ▪ 시험선 완성차 시험을 통한 안전성 확인 ▪ 시험선 운행 환경을 반영한 완성차량의 LCC 데이터 및 분석결과 Update
		2.차량 외 시스템 LCC 분석 및 DB반영	100	▪ 데이터 지원이 가능한 차량외 시스템 LCC 모델 구축 ▪ 차량외 시스템 LCC 예측 및 분석 ▪ 차량외 시스템 주요 비용 변수에 대한 민감도 분석 ▪ 차량외 시스템 LCC 분석결과 DB 구축 ▪ 3차년도 연구결과를 반영한 완성차량 LCC 분석 S/W 1차 버전 개발 - 완성차 주요장치별 LCC 계산 모델 반영 - 사용자 GUI 환경 구축 완료 - 완성차량 DB 체계 구축 완료
	5차	1.도시형 자기부상철도시스템	100	▪ 차량외 서브시스템 제작/설치단계에서 시스

단계	연도	연구목표	달성도(%)	주요연구내용
	년도	RAMS분석		템 수준의 RAMS관리 - Preliminary System FME(C)A 개정 - System Hazard Log 개정 [SHA, IHA, O&SHA] ▪ 시험선 FRACAS 수행 ▪ FRACAS 절차서 개정
		2.도시형 자기부상철도 시스템 LCC분석	100	▪ 서브시스템별 실측 비용정보 갱신 및 예측 모델 보완 ▪ 자기부상철도 시스템 LCC 예측 및 분석 ▪ 자기부상철도 시스템 LCC 분석결과 DB화 ▪ 4차년도 연구결과를 반영한 차량외 시스템 LCC 분석 S/W 2차 버전 개발 - 차량외 시스템 주요장치별 LCC 계산 모델 반영 - 사용자 GUI 환경 구축 완료 - 차량외 시스템 DB 체계 구축 완료
		3. 시험선 시험평가를 통한 RAMS/LCC 분석	100	▪ 시험선 운행환경을 반영한 차량외 시스템의 LCC 데이터 및 분석결과 Update(2)
3 단 계	6차 년도	1.도시형자기부상철도시스템 RAMS 추적관리	100	▪ 시험선 시험 단계에서 시스템 수준의 RAMS관리 - RAM 시연(DEMO) 계획 개정 - Hazard Log 개정 - 시스템 FMECA 개정
		2.도시형자기부상철도시스템 LCC분석	100	▪ 서브시스템별 비용정보 갱신 및 예측 모델 보완
		3.시험선 시험평가를 통한 RAMS/LCC 분석	100	▪ 시험선 FRACAS 수행 ▪ 시스템 FRACAS 절차서 개정 ▪ 시험선 LCC 데이터 수집 및 분석결과 Update(3)
		4.LCC 모델 상세수준 구현	100	▪ 현장 데이터 수준을 반영한 LCC 분석 S/W 개발
	7차 년도	1.도시형 자기부상철도 시스템 RAMS 성능입증 및 추적관리	100	▪ 종합시운전 단계에서 시스템 수준의 RAMS 관리 - Hazard Log 개정 - 고장 데이터 수집 S/W 개발
		2.도시형 자기부상철도 시스템 LCC 분석	100	▪ 서브시스템별 비용정보 갱신 및 예측모델 보완
		3.도시형 자기부상철도 시스템RAMS/LCC 분석결과 종합	100	▪ RAMS 분석 최종보고서 작성 (초안) ▪ LCC 분석 최종보고서 작성
		4.LCC 모델 상세수준 구현 및 검증	100	▪ 자기부상열차 LCC 분석 S/W 구현 및 검증

[1-3과제]

단계	연차	연구목표	달성도 (%)	주요 연구내용
1 단계	1차 년도	▪ 도시형 자기부상열차의 시험항목, 세부시험계획, 평가기준 및 인증체계 구축방안 수립	100	▪ 도시형 자기부상열차 인증체계 구축방안 수립 ▪ 시험평가 종합계획(TEMP) 개발
		▪ 구성품 시험계획서/절차서 개발	100	▪ 구성품 시험계획서/절차서 초안 작성
			100	▪ 해외 자기부상열차 시험평가 및 인증체계 조사(I)
	2차 년도		100	▪ 구성품 시험계획서/절차서 수정 보완
		▪ 완성차 시험계획서/절차서 개발	100	▪ 완성차 시험계획서/절차서 초안 작성
			100	▪ 해외 자기부상열차 시험평가 및 인증체계 조사(II)
	3차 년도	▪ 구성품시험 지원 및 관리	100	▪ 구성품시험 지원 및 관리
			100	▪ 완성차 시험계획서/절차서 수정 보완
		▪ 시범노선 시운전 시험 계측시스템 설계	100	▪ 시범노선 시운전 시험 계측시스템 기본설계
2 단계	4차 년도	▪ 구성품 및 완성차시험(시험선시험) 지원 및 관리	100	▪ 구성품시험/완성차시험(시험선시험) 지원 및 관리
		▪ 시범노선 시운전 시험 계측시스템 구축	100	▪ 시범노선 시운전시험 계측시스템 상세설계 및 제작
			100	▪ 시험선 상부구조 계측 및 분석
	5차 년도	▪ 완성차시험(시험선시험) 지원 및 관리(계속), 본선시운전 시험계획서/절차서 개발	100	▪ 완성차시험(시험선시험) 지원 및 관리 ▪ 본선 시운전 시험계획서/절차서 개발
		▪ 계측시스템 구축 및 보완 (제작/임차)	100	▪ 시범노선 시운전 시험 계측시스템 제작 및 임차를 통한 구축
			100	▪ 시범노선 시설분야 시험평가 지원
			100	▪ 시험선 상부구조 계측 및 분석
			100	▪ Design Review 항목의 시험을 통한 검증
			100	▪ 시험선 최고속도 증속(50→70km/h)을 위한 시험설비(회생제동기) 증설

[1-4과제]

단계	연도	연구개발목표	달성도(%)	주요 연구내용
1단계	1차연도	-자기부상열차 법제화 정비방안 도출	100	-국내외 철도차량 및 자기부상열차 관련 법령 및 기준 조사, 분석 -도시형 자기부상열차 법제화 정비방안 도출
		-자기부상철도 건설규칙 초안 개발	100	-기존 도시철도 건설규칙 분석 -건설규칙 관련 기준의 제·개정안 검토 -자기부상철도 건설규칙 초안 개발
		-자기부상열차 안전기준 초안 개발	100	-기존 도시철도 안전기준 분석 -안전기준 관련 기준의 제·개정안 검토 -자기부상열차 안전기준 초안 개발
	2차연도	-건설규칙/안전기준(안) 확정	100	-사업단과제의 연구성과물의 내용 반영 -건설규칙/안전기준 초안에 대한 수정, 보완 -사업단 내외부 전문가 검토 및 의견수렴 -건설규칙/안전기준 최종안 개발
		-자기부상열차 차량/시설 표준규격 초안 개발	100	-국내외 자기부상열차시스템 사양 조사 및 분석 -구성내용 분석 및 시스템 분류체계 확립 -자기부상열차시스템 세부 기술사양 비교 검토 -자기부상열차 차량/시설 표준규격 초안 개발
		-자기부상열차 초안 성능시험기준 개발	100	-해외 자기부상열차 관련 시험, 인증 분석 -성능평가 항목 및 기준 조사, 분석 -자기부상열차 성능시험기준 초안 개발
	3차연도	-표준규격/성능시험기준(구성품시험)(안) 확정	100	-사업단과제의 연구성과물의 내용 반영 등 표준규격/성능시험기준 초안에 대한 수정, 보완 -사업단 내외부 전문가 검토 및 의견수렴 -표준규격/성능시험기준(구성품) 최종안 개발
		-자기부상열차 품질인증요령(기계용품) 초안 개발	100	-현행 도시철도용품 품질인증체계 분석 -열차 주요용품(기계용품)의 품질요구조건 분석 -자기부상열차 품질인증요령(기계용품) 초안개발
		-자기부상열차 정밀진단지침 초안 개발	100	-현행 도시철도차량 정밀진단 대상 및 방법 분석 -주요 구성품의 정밀진단항목 및 세부기술 분류 -자기부상열차 정밀진단기준 초안 개발
2단계	4차연도	-자기부상열차 정밀진단지침/성능시험기준(완성차시험)(안) 개발	100	-사업단과제의 연구성과물의 내용 반영 등 정밀진단지침/성능시험기준(완성차시험) 초안에 대한 수정, 보완 -사업단 내외부 전문가 검토 및 의견수렴 -정밀진단지침/성능시험기준(완성차시험) 최종 기준 확정
		-자기부상철도 운전규칙 초안 개발	100	-운전시나리오 등 조사, 분석 및 비교 검토 -세부 운전규칙 분석 및 기술 타당성 검토 -자기부상철도 운전규칙 초안 개발
		-자기부상열차 품질인증요령(전장품) 초안 개발	100	-열차 주요용품(전장품)의 품질요구조건 분석 -자기부상열차 품질인증요령(전장품) 초안 개발
		-개발된 규정(안) 고시지원	100	-자기부상철도 건설규칙(안)을 반영한 도시철도 건설규칙 개정안 개발 -도시철도 건설규칙 개정안 상정 및 고시지원

				-자기부상열차 안전기준(안)을 반영한 도시철도 안전기준에 관한 규칙 개정안 개발 -도시철도차량 안전기준 개정안 상정 및 고시지원
	5차 연도	-자기부상열차 품질인증요령(안) 개발	100	-부품제작사양서 등 사업단과제의 연구성과물의 내용을 반영하여 품질인증요령 초안의 수정, 보완 -사업단 내외부 전문가 검토 및 의견수렴 -품질인증요령 최종안 개발
		-성능시험기준(본선시운전시험) (안) 개발	100	-성능시험절차서 등 사업단과제의 연구성과물의 내용을 반영하여 성능시험기준(본선시운전시험) 초안의 수정, 보완 -사업단 내외부 전문가 검토 및 의견수렴 -성능시험기준 최종안 개발
		-자기부상철도 운전규칙(안) 개발	100	-사업단과제의 연구성과물 등을 반영한 운전규칙(안) 수정, 보완 -도시철도 운전규칙 개정 내용 검토를 통한 자기부상열차 운전규칙 최종안 개발 -자기부상철도 운전규칙(안)을 반영한 도시철도 운전규칙 개정안 개발
		-개발된 규정(안) 고시지원	100	-도시철도 건설규칙 개정안 고시 지원 -도시철도차량 안전기준에 관한 규칙 개정안 고시지원 -자기부상열차 성능시험기준(안)을 반영한 도시철도차량 성능시험기준 개정안 개발 -국토부/사업단 요청에 대응하는 제·개정지원
3 단 계	6차 연도	-(양산편성) 자기부상열차 품질인증요령(안) 개발	100	-양산차량 부품제작사양서 취합 -양산차량의 개선·보완 사항을 반영한 품질인증요령 수정안 개발 -전문가 검토 및 의견수렴 -품질인증요령(안) 개발
		-개발된 규정(안) 보완	100	-시험선시험/성능시험/시범노선 제작, 설치 결과 등에 따른 개정요구사항 취합 -기 개발 규정(안) 반영을 위한 공개토론회 등 개최 -자기부상열차 관련 개발 법안의 수정·보완
		-개발된 규정(안) 고시지원	100	-표준규격/품질인증 관련 도시철도기술실무위원회 상정 -운전규칙 관련 부처 제·개정 요청 및 고시지원 -국토부/사업단 요청에 대응하는 제·개정 지원
	7차 연도	-도시형 자기부상열차 관련 규정 통합	100	-도시형 자기부상열차 세부 기술기준의 법제화 방향 결정 -자기부상열차 관련 세부 개발 법안의 통합 연구 및 재구성 -세부 법안 및 기술기준의 통합 제정 -외부 전문가 검토 및 의견수렴을 통한 규정(안) 개발

				-통합 지침서 고시(배포) 지원
		-개발된 규정(안) 보완	100	-종합시험/시범노선 제작 설치 결과 등에 따른 개정요구사항 취합 및 보완 사항 도출 -기 개발 규정(안)에 반영을 위한 공개토론회 등 개최 -자기부상열차 관련 개발 규정(안)의 수정·보완
		-개발된 규정(안) 고시지원	100	-표준규격/품질인증 관련 도시철도기술실무위원회 심의 수검 -열차/시설분야 표준규격 제정안 고시지원 -도시철도차량용품의 품질인증요령 개정안 고시지원 -도시철도 운전규칙 개정안 고시지원 -도시철도차량의 정밀진단지침 개정안 개발 및 고시지원

제5장 연구개발결과의 활용계획

제1절 연구성과의 활용방안

제2절 연구성과의 기대효과

제 5 장 연구개발결과의 활용계획

제 1 절 연구성과의 활용방안

[1-0과제]

본 연구 수행에 따른 연구결과(주로 S/W 및 자료, 데이터) 중 가능한 부분은 지적재산권 등록 예정이며, 도시형자기부상열차실용화사업의 성과 자료로 보관(사업단 및 본 핵심과제 주관기관 공유)예정이며, 향후 상용화 확산에 대비하여 지자체에 대한 국가적인 자료지원 시스템으로 구축(데이터베이스화)예정이다. 또한 보안이 요구되는 사항 외에는 가급적 최대한 관련 기업에 공개하여 타 연구개발사업 및 철도, 도시철도, 경전철 사업 등 추진에 활용 가능하게 할 계획이며, 향후 초고속 자기부상열차 개발 추진에 본 시스템 통합 성과를 적용할 계획이다.

[1-1과제]

○ 요구사항 관리체계 구축

- 대규모 프로젝트의 요구사항 및 규격 관리 경험을 제공
- 요구사항 추적관리를 통한 시스템의 신뢰성 확보
- 운영자 및 후속사업의 도시형자기부상열차 요구사항 및 규격의 참고자료로 활용

○ 사용자 중심의 DB 구축

- 방대한 자료를 전산화하여 문서관리의 효율성을 제고
- 체계화된 문서관리 시스템을 활용하여 문서 및 추적성식별의 편리성 제공
- 기존 DB의 한계였던 검색기능을 보완하여 사용자 편의성 향상
- 복잡한 시스템 내에서 추적성이 확보된 요구사항관리체계를 통해 요구사항의 인과관계를 확인/검증

[1-2과제]

본 연구의 목적은 자기부상열차 전체시스템 레벨의 RAMS 분석, 관리기술 확보 및 수행경험 확보이다. 따라서 실용화사업 완료 후 RAMS/LCC 분석 연구결과를 가장 잘 활용하는 방안은 추가로 있을 국내/해외의 여러 자기부상열차

시스템 프로젝트에서 실용화사업에 참여했던 연구원들이 참여함으로써 본 연구 결과를 직접 적용하는 것이다.

본 실용화사업에서 진행한 자기부상시스템 수준의 RAMS 자료 “시스템 RAM 시연계획”, “시스템 FRACAS 절차서”에 따라 영업시운전 2개월 동안 SA(서비스 가용성) 확인/검증 및 고장데이터 수집 및 분석 작업을 진행한다.

특히, 3단계에서 개발한 S.A.V S/W는 영업시운전 동안 고장 데이터 수집 및 SA 산출을 위한 기본적인 Tool로 활용될 예정이며, 제공되는 이벤트 로그 및 고장보고서(운영사 제공)를 토대로 고장 분석 작업에 활용되었으며, 축적되는 데이터는 고장 원인 조사에 중요한 역할을 할 수 있으며 귀책 여부를 판단하는데 관련정보를 제공하였다.

영업시운전 기간 동안 작성된 “시스템 RAM 시연 보고서” 및 “시스템 FRACAS 보고서”의 경우, 실제 영업시운전 기간에 확인된 데이터를 기반으로 작성되는 문서들로 영업시운전 기간의 목표달성(SA93%) 여부를 검증하는 문서로 활용된다.

[1-3과제]

1. 안전성 평가

궤도교통수단은 단시간에 많은 인력을 수송해야 하므로 안전성 확보는 무엇보다 중요하다. 현재의 도시철도의 성능시험수준은 수많은 규격 및 기준을 적용하여 수행되고 있으나, 일반적으로 차량에 국한되어 수행되어 왔다. 향후 해외시장 진출을 위해서는 전체적인 시스템의 안전성 확보를 해야 하므로 시스템 안전성 평가를 할 수 있는 인증체계가 개발되어야 할 것이다. 현재 국내의 경우 시스템 안전성 평가를 인증할 수 있는 능력이 부족함이 사실이다. 따라서 본 과제는 시스템 안전성 평가에 대한 인증체계를 개발하여 제시하는 것이다.

2. 기술수준 평가

KS 규격이 국제 규격과 상당 수준 동일하게 적용되고 있으나 자기부상열차의 기술적 특수성 등을 고려하여 많은 부분에서 국제 규격의 도입 및 적용이

불가피한 실정이다. 이러한 도입은 결국 한 차원 높은 기술능력을 갖추어야 하므로 범국제적인 기술로 발전할 것이다.

[1-4과제]

○ 본 사업은 도시형 자기부상열차의 실용화를 위한 법령 및 규칙, 기준 등의 제정을 하는 것을 목표로 하고 있으며, 해당 법령의 제정에 따라 관련 분야의 사업화 및 실용화를 위해 필수적으로 따라야하는 법령으로 작용하게 된다.

○ 본 사업에서 작성되는 건설규칙, 안전기준, 차량 및 시설 표준규격, 품질인증기준, 운전규칙, 정밀진단기준 등을 토대로 자기부상열차의 요구 성능과 기능이 정형화되고, 규정화된 차량 및 제반 사항을 구성하는데 기본이 될 것이며, 향후 도시형 자기부상열차의 상용화와 개발 차량, 선로, 기술에 대하여 수출할 수 있는 기틀이 마련될 것으로 판단된다.

○ 본 사업에서 개발되는 법령 및 기준 등은 우선적으로는 인천공항의 시범노선 구축에서 가장 먼저 반영될 것이며 향후 자기부상열차 시스템이 실용화에 따라서 기존 신교통 시스템과는 보완 및 경쟁적 관계가 형성될 것으로 기대된다. 신교통 시스템 건설을 위해 계획하거나 검토 중인 노선에 자기부상열차가 투입될 수도 있을 것으로 기대된다.

○ 국내에 적용되는 자기부상열차 실용화에 따라서 차량시스템 뿐만 아니라 전력시스템 분야, 궤도 및 기반시설, 건설기술분야의 산업으로 확대되며, 도시형 자기부상열차를 도입하여 역사 및 역세권에 관련된 제반 사항에 파급효과를 나타낼 수 있을 것으로 기대된다.

○ 또한 동남아시아를 중심으로 신교통시스템의 도입을 고려하고 있는 상태여서 관련 기업의 해외 진출도 가능할 것이라고 판단된다.

제 2 절 연구성과의 기대효과

1. 기술적 측면

[1-0과제]

○ 세계1위 수준의 도시형 자기부상열차 기술력 확보

- 현재 선진국 대비 70%인 기술수준을 시스템의 안전성, 승차감, 경제성 등을 종합하여 단기간 내 세계최고수준 도달 구현 가능

○ 한국이 세계 자기부상열차 표준사양 제정시 주도적 역할 담당

○ 국산화율 100%달성

○ 관련 기술개발성과의 일반산업, 철도차량산업 기술파급

[1-1과제]

○ 시스템 엔지니어링 업무 추진을 위한 '틀'과 '기준' 제시

거의 모든 프로젝트는 비용, 성능, 일정에 대한 부담에 노출되어 있다. 특히 본 실용화사업과 같이 연구개발 및 시스템구축의 양면을 잘 관리해야 하는 대형국책개발사업의 경우는 더욱 그러하다. 이와 같은 부담은 프로젝트 종사자에게 사업 초반에 필요한 업무를 생략하고 신속히 개발을 진행하고 싶은 유혹을 안겨준다.

그러나 갈 길이 멀고 어려운 상황일수록 무조건 빨리 설계하고 제작하고 구축하는 것이 능사가 아니다. 횡단보도를 건너지 않고 무단횡단을 한다는 것은 빠르게 길을 건너는 방법이지만 법을 무시한 댓가는 반드시 치르게 되어 있다. 마찬가지로 프로젝트에 대한 기준이 충분히 정리하지 않은 상태에서 서둘러 진행하는 시스템 개발은 당장 진도가 빠르게 느껴지지만 개발주기 후반에 돌이킬 수 없는 부작용을 발생시킬 수도 있다.

따라서, 본 실용화사업같은 대형 프로젝트일수록 개발 대상 전분야에 대한 '틀'을 제시하는 업무는 더욱 중요하다. 사업에 참여하는 기관과 인원이 다양하며, 연관된 분야도 복잡하기 때문에 최종 결과물을 생각하는 관점이 모두 상이할 수 밖에 없다. 전체 시스템의 관점에서 무엇을 개발해야 하는지, 각자의 역할 범위는 어디까지인지, 누락된 분야는 없는지에 대한 검토가 반드시 필요하

다.

도시형 자기부상열차 실용화사업 전반을 볼 때 이러한 '틀'은 여러 가지가 존재하겠지만 본 과제의 역할에서 보면 시스템 구성체계(Product Breakdown Structure), 시스템 요구사항(System Requirements), 분야별 규격(Specification) 등이 위와 같은 '틀'에 해당될 수 있을 것이다. 물론 PBS를 구성하고 시스템 요구사항을 정의하는 작업이 본 과제에서 독단적으로 수행할 수 있는 것은 아니다. 사업단 예하 전 과제의 참여하에 모든 이해관계자들의 협의를 거쳐야 할 것이다. 또한 이렇게 모든 참여과제의 의견을 종합하여 수립된 '틀'이라 하더라도 이것이 반드시 정답일 수는 없는 것이기 때문에 프로젝트 진행 내역과 환경에 맞추어 지속적으로 관리되어야 한다.

○ 실용화사업 성과 정비 및 차기 사업에 대한 재사용성 강화

본 실용화사업의 목적은 도시형 자기부상열차에 관한 세계 최고의 시스템 엔지니어링 기술을 확보하여 국내 경전철 수요에 적용을 확산하고, 세계시장 선점을 추진하는데 있다. 따라서 단지 영종도의 자기부상열차 노선을 성공적으로 운영함에 그치지 않고 이번 사업을 통해 획득되는 모든 유무형의 기술과 경험을 망라하여 자기부상열차 상용화에 가장 효율적으로 반영할 수 있도록 정비되어야 한다.

일반적인 연구개발 프로젝트에서 획득된 기술과 경험은 연구보고서를 통해 집대성되기 마련이다. 그러나 도시형 자기부상열차 실용화사업의 경우와 같이 시스템이 대형화/복잡화되는 경우 참여과제와 기업의 수가 급격히 늘어나게 되며, 이에 따른 보고서와 각종 참고자료의 분량 역시 급격히 증가하게 된다. 이와 같은 현상은 시스템 개발이 대형화되고 첨단기술이 복합적으로 집약되는 최근 추세에 따라 두드러지게 나타난다. 미국에서 개발되는 최신예 잠수함의 매뉴얼을 쌓아놓으면 잠수함의 무게와 맞먹는다는 웃지못할 일화가 있을 정도이다.

또한 연구보고서는 통상 결과 위주로 서술되는데, 대형 프로젝트일수록 수많은 연구과제 및 참여기업에서 상호 검토되고 설계변경되어 온 과정에 상당한 기술경험이 숨어있게 된다. 이러한 기술적 자산의 차기사업에 대한 재사용은 사업에 참여했던 연구인력에 의존할 수 밖에 없는데, 이 역시 프로젝트가 대형화될수록 연구개발 및 시스템 구축 기간이 길어지기 때문에 사업 전반에 걸쳐 참여한 인력의 수는 제약될 수 밖에 없으며, 향후 차기 사업(자기부상열차 상

용화)에 반영되는 기술경험 역시 제약받게 된다.

본 과제에서 구축하는 규격추적관리 데이터베이스의 궁극적인 목적은 바로 위와 같은 사업성과 활용의 한계를 극복하고 본 실용화사업의 성과와 각종 기술경험이 최대한 효과적으로 차기 상용화사업에 반영될 수 있도록 재사용성을 높이는데 있다.

[1-2과제]

체계적인 RAMS 활동을 통해서 시스템 수준의 신뢰성과 안전성을 보장하고 자기부상 시스템의 가용성 및 인명피해방지를 위한 체계를 구축 할 수 있으며 차량, 신호, 통신, 전기, PSD, 분기기 등의 장치/제품의 설계개선사항 도출 및 정비정책 기초 DATA 확보 등의 효과를 부수적으로 얻을 수 있다. 또한 LCC 연구를 통하여 RAMS에서 도출된 신뢰성, 가용성 등이 비용으로 환산되며 이를 확보하기 위해 필요한 비용을 예측할 수 있다. RAMS/LCC 분석은 이미 철도시스템 건설/개수에 있어서 전 세계적인 추세로 자리 잡았기 때문에 추후 자기부상시스템의 해외진출을 위해서라도 본 연구를 통해서 분석기술 및 수행경험을 확보하여야 한다.

[1-3과제]

○ 시스템 인증

시스템 인증 또는 안전성 평가는 관련 분야의 국제적인 전문성이 있어야 하므로 유럽 규격에 따른 전문 기술자의 육성을 장려하므로써 선진 기술력 수준으로 발전할 수 있음.

상용화에 성공한 자기부상열차 기술 보유국의 노하우를 활용한 도시형 자기부상열차 인증체계 구축방안 및 시험 평가 절차서 개발을 위한 유럽 및 독일 자기부상열차 관련법의 조사연구는 선진국 수준의 자기부상열차 시험 평가 기술력을 확보하는 데 기여할 것으로 사료됨.

○ 통합계측시스템 기본설계 및 제작

통합계측시스템의 기본설계에 대한 외부 전문기관의 자문을 통하여 통합계측시스템의 기본설계 및 제작

○ 시험평가

시험평가는 세분화된 기술력을 바탕으로 이루어지기 때문에 각각의 분류된 기술이 통합 평가기술 확보 및 세분화된 전문기술력 확보됨

[1-4과제]

○ 자가부상철도 표준화 및 성능평가 기준의 제공을 통한 기술기반 확립
- 도시형 자기부상열차의 품질 및 안전관리방법의 기준으로 활용
- 자기부상열차 제조업체를 대상으로 성능평가방법으로 활용
- 자기부상열차 신규 제작 및 유지보수용 제품의 제조 및 설치 가이드로 활용
- 부품 및 시스템의 성능, 안전 및 신뢰성 평가 수행
- 모델 형태별 성능평가를 위한 성능평가 표준안의 모듈화 개발 가능

○ 표준화된 기준은 자기부상열차의 요구 성능 기준을 정형화하고, 규정화된 차량 및 제반 사항을 구성하는데 기본이 될 것이며, 향후 도시형 자기부상열차의 국내외 보급과정에서 기술 신뢰성 도모와 제작비용 절감이 기대됨
- 관련 산업 파생효과가 큰 철도산업의 특성을 감안할 때 중장기적으로는 도시형 자기부상열차 관련 기술 발전의 계기를 마련할 것으로 기대됨

2. 사회·경제적 측면

[1-0과제]

○ 세계 1등 상품화 하여 조속히 세계시장 진입
- 대형국가연구개발사업의 근본취지인 성장동력산업으로 키워 국민소득 3만불 시대 견인

○ 자기부상열차는 친환경적 도시교통수단으로서 경전철 수입 대체 및 해외수출 등을 통해 미래 국가성장동력산업으로 자리매김 가능
- 향후 경전철시장이 형성될 경우 연간 1조원 경제파급 효과 발생
- 차량+궤도 total 시스템으로 해외시장진입, 부가가치 극대화

○ 4,500억원의 실용화 사업비가 투입될 경우 낙관적인 경전철 시장이 형성되는 전제하에서 B/C 1.39로 경제적 타당성 확보

○ 친환경적인 첨단 대중교통수단 확보로 교통난 해소 및 국민의 삶의 질 향상

[1-1과제]

○독자적이고 완전한 자기부상열차 개발체계 확립

그동안 비단 철도분야 뿐만이 아니라 국방, 조선, 대형 건설 등의 체계 개발은 기존 시스템에 대한 모방 또는 기본설계의 의존에 의해 이루어지는 경향이 강했다. 우리 손으로 직접 요구사항을 일구어 시스템엔지니어링 프로세스의 초기 단계부터 시작되는 개발과정을 경험하는 것은 독자적인 개발능력을 고양하는데 필수적이며 이러한 경험은 타 철도 개발 사업뿐만 아니라 국가 전반적으로 다양한 기술분야에 있어 매우 선구적인 의미가 있다.

다른 모델의 참조로 이루어지는 기술 개발은 벤치마킹과는 다른 의미이며, 시스템 통합에 대한 인터페이스와 규격 추적성 측면에서의 이해 부족을 의미한다. 이러한 상태에서는 모델의 독자성을 확보하기도 어렵다. 국내 운용되는 주력 전투기인 KF-16은 제너럴 다이너믹스 사와의 기술제휴로 국내에서 100대가 넘게 생산했지만 우리만의 힘으로는 항법장치의 일부도 설계변경하기 어렵다는 사실은 시스템 추적성과 통합을 이해하는 것이 얼마나 중요한 것인지를 느끼게 해준다. 본 과제에서 수행하는 시스템엔지니어링 체계 구축 및 요구사항/규격 추적 관리 활동은 독자적인 개발 능력을 키우는데 핵심적인 역할을 할 수 있다.

지금까지 국내의 기술 개발은 시스템의 단품에 대한 전문공학 분야의 기술개발에 매진하였고 이러한 활동은 실제로 상당한 성과를 거두고 있어 국내의 전문공학 기술력은 세계적인 수준에 도달하고 있다. 그러나 시스템 수준의 거시적인 관점에서 이해관계를 관리하고 조율하는 시스템적인 기술과 경험은 부족하다고 할 수 있다. 시스템 모든 분야의 요구사항을 관리함으로서 전주기에 걸쳐 일관되고 공정한 기술적 시각을 유지(상황에 따라 흔들리는 개발체계 지양)하여 시스템 수준의 완성도를 높일 필요가 있다.

이를 위해서는 시스템 전반에 걸친 모든 기술적 데이터들의 무결성 확보하고 무엇보다 이러한 내용들이 특정 개발자의 머릿속에서 조율되고 저장되는 것이 아닌 소프트웨어 도구의 도움에 의해 관리되는 체계를 갖추는 것이 중요하다. 그래야만 개발자 간의 협력체계가 강화되고 기술이전에도 유리한 상황을 조성할 수 있다.

[1-2과제]

본 자기부상 실용화 사업이 성공리에 이루어 질 경우, 향후 자기부상시스템 관련 부품, 장치 및 시스템(차량/토목/궤도/신호/통신/전력 등) 공급 업체들은 새로운 부가가치 창출이 가능할 뿐만 아니라, 자기부상열차를 비롯한 철도시스템건설에는 RAMS 요구조건이 발주요구조건으로 필수적으로 수반되는데 전체 시스템에 대한 체계적인 RAMS 관리를 통하여 공급업체들은 RAMS 기술을 확보하고 수준을 높이게 된다.

또한 LCC 분석을 통하여 시스템의 비용측면의 위크포인트(Weak Point)를 찾아내고 이를 향상시킴으로써 전체적으로 시스템의 성능은 향상되고 비용은 절감하는 효과를 기대할 수 있다. 그러나 기술확보 실패시 국내 실용화 프로젝트 혹은 해외진출시 RAMS/LCC 부문의 국외기술자문을 받을 수 밖에 없는 상황이 되는데 지출되는 비용이 상당하다. 본 연구를 통하여 확보한 RAMS/LCC 기술을 통하여 자력으로 턴키 프로젝트를 수행하면 향후 국외기술자문 기술료 지출을 절감, 최소화 할 수 있다.

자기부상열차시스템의 RAMS/LCC 연구는 해외 유사 프로젝트에서 축적된 경험, 절차, 데이터 및 기법을 도입, Turn-key 자기부상시스템에 직접 활용할 수 있는 RAMS/LCC 체계를 구축하는데 목적을 둔다.

[1-3과제]

○ 시스템 인증 분야

국제 인증기관 의존도가 절대적이나 국내 인증 분야의 글로벌화로 극복해야하므로 관련 전문가 및 전문기관 육성으로 과학 기술력이 증대됨

○ 시험평가 및 인증

서브시스템, 하부 시스템 등을 평가함에 있어 관련 평가기법 기술개발은 많은 경제 유발을 가져올 수 있음

○자기부상열차 개발

신개념의 자기부상열차 개발 사업은 철도시스템의 특성상 종합시스템 구성이므로 다방면의 기술개발 및 기술향상을 가져와 기계, 전기전자, 재료 부분 및

토목, 선로구축물 등 괄목할 만한 성장을 유발함

○ 선진 외국 자기부상열차 실용화 사업국가의 기술 경험을 활용한 도시형 자기부상열차 인증체계 구축 방안 및 유럽 및 독일 자기부상열차 관련법규에서의 시험평가 관련 조사 연구는 실용화 사업에서 경제적으로는 개발비용의 절감을 가져 올 뿐만 아니라, 향후 해외시장 개척 시 기술개발의 근거 규정으로 제시함으로 추가적인 기술검토 없이 수출 상담할 수 있는 경제, 산업적인 이점을 가질 수 있음.

[1-4과제]

○ 국내 차량사 및 부품사의 기술적 향상과 국제 경쟁력 확보

- 국내 차량사 및 부품사의 엔지니어링 기술근거의 확보
- 자기부상열차 설계 및 제조기술의 선진화 유도
- 차량 엔지니어링 기술의 선진화·국제화를 통한 국제적 인지도 및 신뢰도 확보
- 개발 차량의 객관적 평가와 국제 수준의 부합화를 통한 국제 경쟁력 확보

○ 국내 경전철 시장의 기술력 향상

- 도시형 자기부상열차 설계 및 제조기술의 체계적 정리
- 자기부상열차 및 주요 부품의 국산화, 표준화, 규격화의 유도
- 경험 및 기술력을 통한 경제적인 설계가능

제6장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제 6 장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

[1-0과제]

제1절 일본 과학기술정보

1. 일본의 HSST(High Speed Surface Transport)

가. 개발과정

일본에서는 1972년 일본항공(JAL)이 독일 Transrapid-04 기술을 도입하여 당시 건설되고 있던 Narita 공항과 동경 도심을 연결하는 고속(300km/hr) 자기부상열차 개발을 목표로 했으나 이 계획은 성사되지 못하였고, 목표를 중저속 도시교통용으로 수정하였다. 개발하기 시작한 HSST는 수차례의 국제박람회장 내 전시운행을 거치면서 홍보효과와 함께 기술개선을 도모해 나갔으며, 1991년 부터 나고야 1.5km 시험선로상에서 실용화 모델 시험을 거쳐, 1992년 최고 100km/h급으로 교통안전공해연구소의 실용화 인증을 받았다.

HSST의 상용화는 2005년 초 일본 나고야 시에서 이루어졌다. 2005년 아이치(환경)엑스포 행사장을 연결하는 신교통시스템으로 자기부상열차가 선정되어 2002년부터 공사를 진행하여 2005년 3월 8.9km 노선을 개통하였으며 엑스포기간 중 수송목표를 초과달성한 이후 현재 정상적으로 상업운영 중에 있다.

주요한 개발경과는 다음과 같다.

-1972년 : 일본항공이 나리타공항 고속접근을 위해 HSST 개발 착수

-1975년 : 200m 궤도에서 상전도 흡인식 HSST-01호기 부상, 주행에 성공.

-1978년 : HSST-02호기 공개시승(8인승), 목표속도 300km/h 달성

-1985년 : HSST-03호기 쭈꾸바 과학박람회 전시주행, 좌석수 50인, 610,000명 수송 (HSST Corporation 설립하여 일본항공으로부터 권리양도 받음)

-1986년 : HSST-03호기 뱅쿠버 교통박람회 전시주행, 470,000명 수송

-1988년 : HSST-04호기 사이타마 박람회 전시주행, 좌석수 70, 240,000명 수송

-1989년 : HSST-05호기 요코하마 박람회 전시운행, 2량1편성, 좌석수 158/편성, 1,260,000명 수송

-1990년 : 나고야 중부에 1.5km 시험선로 건설 착수

-1991년 : HSST-100S 제작/시험개시, 2량1편성, 차량길이 8.5m, 3대차/량, 승차정원 44명

-1992년 04월 : 운송정책심의회에서 동부구릉선 노선 선정

-1993년 : HSST Development Corporation 설립(HSST Corporation로부터 권리양도)

-1995년 : HSST-100L 제작/시험개시

-1998년 : 영업운전에 필요한 모든 주행시험(HSST-100S; 6만km, HSST-100L: 4만km) 및 평가 완료

-1998년 04월 : 동부구릉선추진협의회(Aichi현, Nagoya시 등) 구성

-1999년 : 나고야 2005년 국제박람회행사장 연결노선 8.9km 건설계획 확정

-2000년 02월 : Aichi현 등이 동부구릉선 운영주체로 Aichi Rapid Transit Co., Ltd 설립

-2001년 12월 : '05년 아이치박람회 운송수단으로 철도교통 결정

-2002년 03월 : Aichi Rapid Transit 사에 공사시행 인가

-2004년 06월 : 본선의 일부구간에서 조정 및 시험주행 개시

-2004년 12월 : 공사 준공, 운행개시인가 신청

-2005년 01월 : 운임 인가, 국토교통성에 의한 승인검사, Aichi 현의 운행개시 인가검사

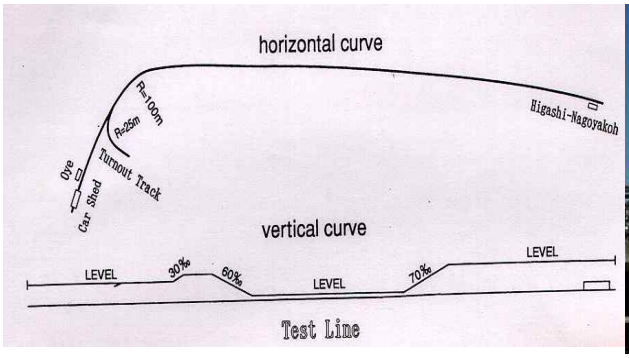
-2005년 03월 : 나고야 동부구릉선(Tobu Kyuryo선) 8.9km에서 Linimo라는 이름으로 개통

나. 시험설비

일본의 자기부상열차 시험선로는 1972년 일본항공에서 자기부상열차 개발에 착수한 이후, 1985년부터 1989년까지는 각종 박람회장 내에서 전시운행과 시험운행을 겸하였고, 나고야의 1.5km 시험선로는 1990년에 착공하여 1991년 완공하였다.

나고야 중부 HSST 시험선로(大江실험선)은 1.5 km, 궤도구조는 단선고가 PC/Steel, 최소곡선반경은 본선 100m와 분기선 25m, 최대구배 7%, 최대 Cant

8°이고, 분기장치는 3관절 수평회전식으로 아래 그림과 같다. 이 시험선로는 현재 전부 철거한 것으로 알려져 있다. 아래 그림은 주행시험 중인 HSST-100L이다.



나고야 시험선로 (1.5km)

주행시험중인 HSST-100L

다. 개발차량의 주요제원

<일본 개발차량 HSST-100L과 Linimo의 주요 제원>

구분		HSST-100L	가. Linimo
열차편성		2량 1편성	3량 고정편성
차량 치수 (m)	길이	14.4+13.5	14.0(선두차)/13.5(중간차)
	폭	2.59	2.6
	높이	3.6	3.45
차량 중량(톤/량)		15	17
승차 정원(명/편성)		110	244(좌석 104)
최고 속도(km/h)		100	100
최대 가속도(km/h/s)		4.0	4.0
감속도(km/h/s)		상용 4.0, 비상 4.5	상용 4.0, 비상 4.5
최대 구배(%)		7	6
최소 곡선 반경(m)		40	50
대차 수량(대/량)		5	5
부상방식		상전도흡인식	상전도흡인식
부상 높이(mm)		8	8
궤간(mm)		1,700	1,700
가선 전압(VDC)		1,500	1,500

라. 상용화노선

일본의 상용화 노선인 Linimo 노선(동부구릉선)은 총 8.9km 복선으로 2002년 4월 착공하여 2005년 3월 개통하였고, 노선현황은 다음 표와 같다. Linimo 노선도는 아래 그림과 같고 다음 그림은 분기기구간을 주행 중인 Linimo를 보여 주고 있다.

Linimo 노선 현황

노선명	Linimo 상용화노선
구 간	- 나고야 Fujigaoka역 ~ 애지현 Banbakyakusa역
연장	- 건설길이 : 9.15 km - 영업길이 : 8.9 km
역수	- 9 역
주행방식	- 상전도흡인식자기부상 · - Linear Induction Motor 추진방식
구조	- 복선、고가 (일부지하)
최고속도	- 시속 100 km
운행 시격	- 러시아워 : 6 분간격 - 주간 : 10 분간격
사업주체	- 차량、전기설비 등 건설운영: 愛知 고속교통(주) - 지주、거더 건설: 愛知縣 · 名古屋市
개통	2005(平成17)년 3 월 6 일

東部丘陵線 노선도

분기기구간을 주행중인 Linimo

제2절 중국 과학기술정보

1. 개발과정

중국에서는 1980년대부터 일본의 HSST와 유사한 자기부상열차 시스템과 고온초전도체를 이용한 자기부상열차 시스템을 국립철도학술원, 남서교통대학(South-West Jiaotong Univ.), 국방대학, 중국 과학학술원전기공학연구원 등 4개의 연구기관에서 지속적으로 연구하여 왔다. 아래 그림은 남서교통대학에서 자기부상 모형을 시험하고 있는 것을 보여 주고 있다.

자기부상 시험장면(남서교통대학)

자기부상 시험열차(CMS-03)

2001년에는 국방대학과 베이징 지주 자기부상기술개발유한공사(Beijing Enterprises Holdings Maglev Technology Development Co.)와 위의 그림에 보여주고 있는 도시형자기부상열차 CMS-03을 개발하여 Changsha(長沙) 시험선에서 20,000회 이상 주행시험으로 7,000km이상의 거리를 주행하여 안전성과 신뢰성을 입증하였다고 한다. 최근에는 베이징 지주 자기부상기술개발유한공사에서 실용화를 목표로 자기부상열차를 개발하여 2011년 02월 28일 북경도시형 자기부상열차 노선 기공식을 하였다.

베이징 지주 자기부상기술개발유한공사의 개발과정은 다음과 같다.

- 1999년 01월 : 국방과학기술대학과 공동으로 중저속 자기부상열차 연구 시작.
- 2001년 04월 : 장사 국방과학기술대학에서 중저속 자기부상열차 시험노선 건설.
- 2001년 08월 : 장사 시험노선에서 자기부상시험열차의 운행시험 시작.
- 2001년 11월 : 중저속 자기부상열차 궤도교통기술 엔지니어링연구개발 프로젝트 입안
- 2004년 03월 : 중저속 자기부상열차 5,000km 안전운행, 엔지니어링 모델열차 연구제작 시작.
- 2005년 12월 : 엔지니어링모델열차 시험운행 성공
- 2006년 07월 : 베이징지주 중저속자기부상열차 탕산 시험노선 착공.
- 2008년 04월 : '중저속 자기부상교통 설계규범'및 '중저속 자기부상교통 차량'공식 발표 및 적용.
- 2008년 05월 : 탕산 시험 노선에서 엔지니어링 운행시험 시작.
- 2008년 12월 : '선전시 궤도교통 8호선 기술방안 연구 발대식'개최 및 자기부상교통 기술 연구 시작.
- 2009년 01월 : '중저속 자기부상열차시험노선 및 시스템 기술엔지니어링 연구' 북경과학위원회 통과.

2. 시험설비

중국은 장사의 국방과학기술대학에 중저속 자기부상열차 시험을 위하여 길이 204m, 최소곡선반경 100m, 구배 4%의 시험선을 2001년 4월 건설하였고, 2006년 7월에는 당산에도 중저속자기부상열차 시험노선을 착공하였다고 한다. 당산 시험선의 주요 제원은 다음 표와 같으며, 아래 그림은 당산 시험선의 전경과 시험선에서 주행 시험 중인 북경 도시형 자기부상열차를 보여주고 있다.

당산 시험선의 주요 제원

구 분	제 원	구 분	제 원
길이	1.547km	종곡선반경	≥1000m
궤간	2000mm	궤도	F형, 127kg/m
선로 수	단선	분기기	1곳, 단개형
구배	구간선로 ≤70‰, 역, 차간 ≤2.5‰	주행제어	MATC 제어시스템
곡선반경	50mR 1개소, 100mR 1개소	최고주행속도	≥100km/h

당산 시험선 전경

북경 도시형 자기부상열차

3. 개발차량의 주요제원

중국 북경 도시형 자기부상열차는 당산철도회사에서 제작한 것으로 추정되며, 광동성 선전시 전철 8호선에 검토 중인 것으로 알려져 있으며, 차량의 주요 제원은 다음 표와 같다.

북경 도시형 자기부상열차 주요 제원

구 분	제 원	구 분	제 원
편성당 량수 (시험차량)	3량/편성	최대 편성당 량수	8량/편성
차량무게(전두/중간)/량	22t/21t	승객수/량	130
궤간	2000mm	높이	3.83m
길이(전두/중간)/량	15.5m/14m	폭(전두/차량)/량	3.0m
설계최고속도	150km/h	최대구배	40‰
최대 기동가속도	1.1m/s^2	감속도	상용 : 1.1m/s^2

	(4km/h/s)		(4.0km/h/s) 긴급 : 1.3m/s^2 (4.7km/h/s)

4. 베이징 도시형자기부상열차 노선

중국 북경에서 2011년 02월 28일 도시형 자기부상열차 1개 노선을 포함한 북경의 8개 신규 도시철도 노선 합동 기공식을 개최하였다. 북경 중심에서 서쪽에 위치한 도시형 자기부상열차 노선을 S1 노선이라 칭하였고, 노선길이는 약10.2 km에 8개 역사, 예상 건설비는 3억위안/km (528억원/km)이며, 2013년 완공예정이다. 북경 도시형 자기부상열차 S1 노선은 북경 지하철 1호선과 환승이 가능한 노선이며, 노선도는 아래 그림과 같다.

북경 도시형 자기부상열차 노선 S1

[1-2과제]

[SA 검증 및 FRACAS 활동 조사]

6.1 FRACAS 활동 및 SA 검증 방안

▣ 밀란 5호선

- SA 모델 및 목표치

$$SA = \frac{Planned\,Departure - Missed\,Departure}{Planned\,Departure}$$

SA Target : 98% (4개월 단위로 2차례 측정)

상기 서비스 가용성 모델 외에 시스템 관리 차원에서 Train Punctuality, Train Regularity 항목으로 시스템의 신뢰성을 확인 하고 있음.

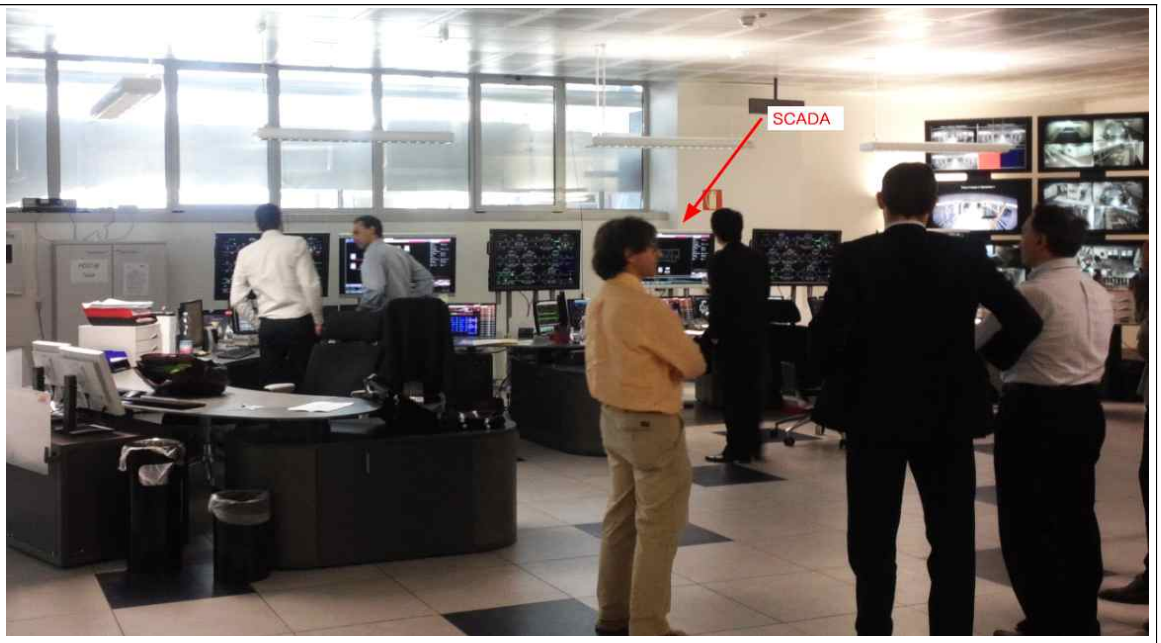
- SA 검증 조직

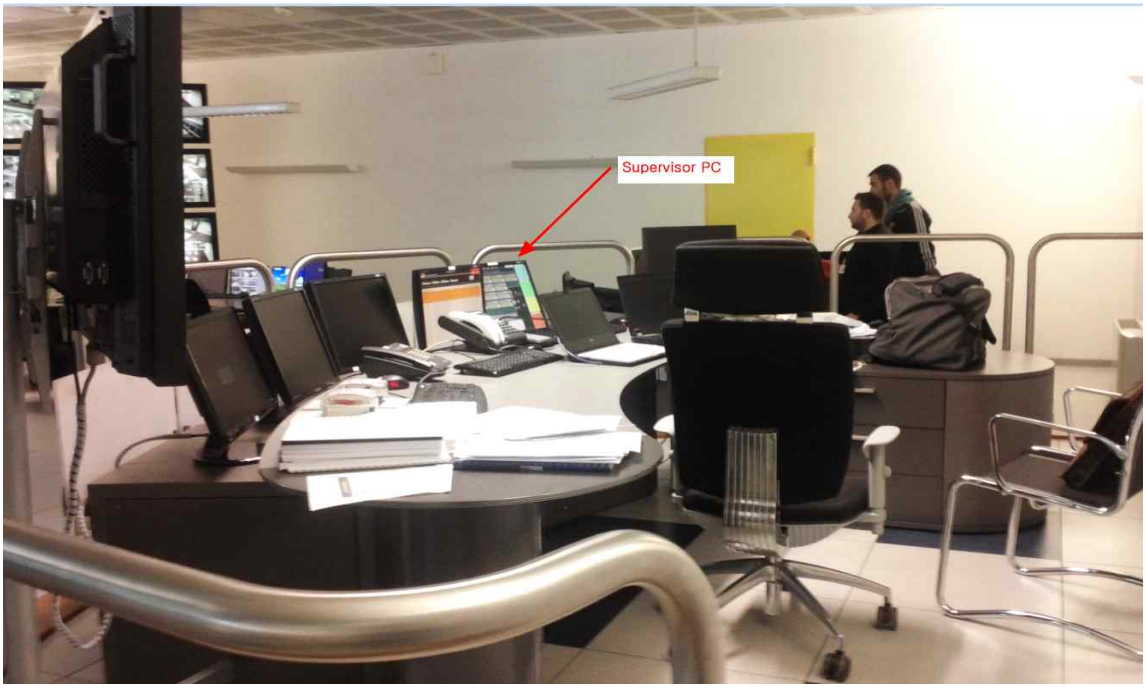
SA를 위한 별도 검증 조직은 없으며 영업시운전 착수 4개월 전부터 운영사는 시스템 인수인계와 함께 시스템 운영 및 유지보수에 관한 훈련을 실시하면서 구성 함(기존 고장분석 인력을 이미 있음).

- FRACAS 활동

- 고장 데이터 수집 방법

전체 시스템(신호, 통신, SCADA, PSD 등)이 하나의 네트워크로 구성되어 SCADA 시스템을 통해 O.C.C(지하구조)의 Supervisor 컴퓨터에서 접근/수집 가능





- 고장 조치 방법

영업시운전 기간 동안 각 서브시스템 별로 2~6명의 인원이 현장에 상주하며 고장 발생 시 신속한 조치가 가능토록 하였으며, 유지보수 인원과 예비품 관리 인원을 개별 선정하여 예비품 부족으로 인한 서비스 중단 사태를 방지하였음. 현재 영업 운전 시에는 Operator(3명), Supervisor(1명), 역사 순회 요원(5명, 4교대)으로 운영/유지보수 조직

을 구성하여 작은 인원으로 고장을 신속 발견 조치 할 수 있도록 하고 있음.

- 고장 데이터 분석

O.C.C 옆에 위치한 개별 룸에 FRACAS 엔지니어가 상주하여 고장데이터를 상시 분석함.

고장정보분석 사항은 매일 고장보고가 실시되고 2주별 주간 고장관련 회의 실시

- 경정비/중정비 개념

검수고를 지하에 작게 설계/설치 하여 차량 입고 시 유지보수 인원의 이동 시간을 최소화 하고 서비스 지연 발생시 대처 시간을 최소화 할 수 있게 하였음. 중정비는 밀라노 2호선의 검수고를 같이 사용하여 비용을 최소화. 영업시운전 기간에는 약 100명의 유지보수 인원을 배치하여 유지보수 시간으로 인한 서비스 지연을 방지.

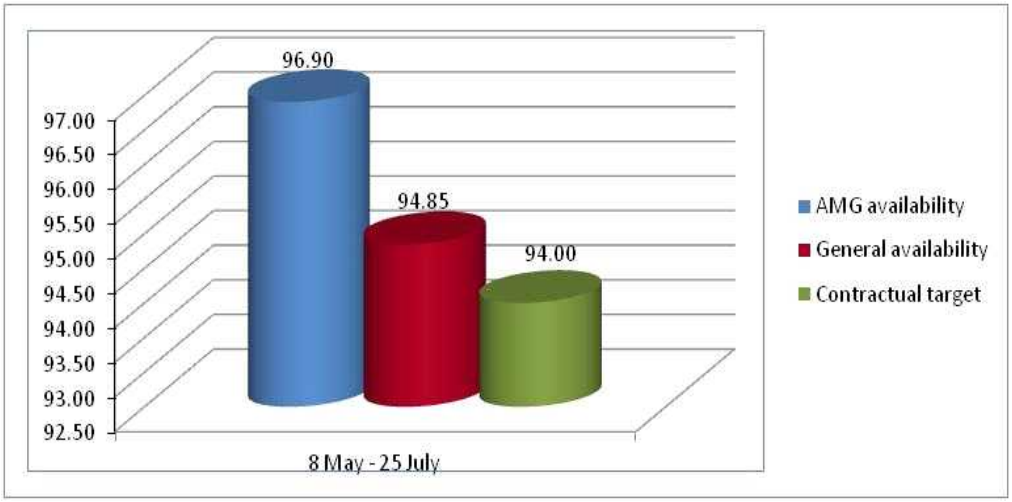
▣ 이스탄불 메트로

• SA 모델 및 목표치

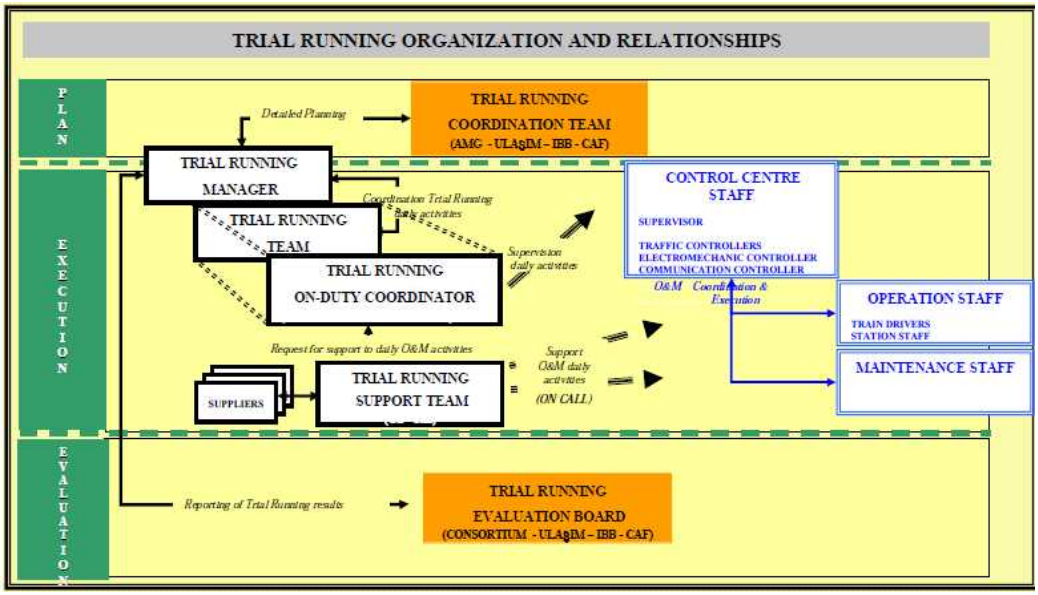
$$SA = \frac{Planned\,Runs - Missed\,Runs}{Planned\,Runs} = \frac{Performed\,Runs}{Planned\,Runs}$$

- SA Target: 94%(영업시운전), 98%(영업 운전)

- SA 측정 결과



• SA 검증 조직



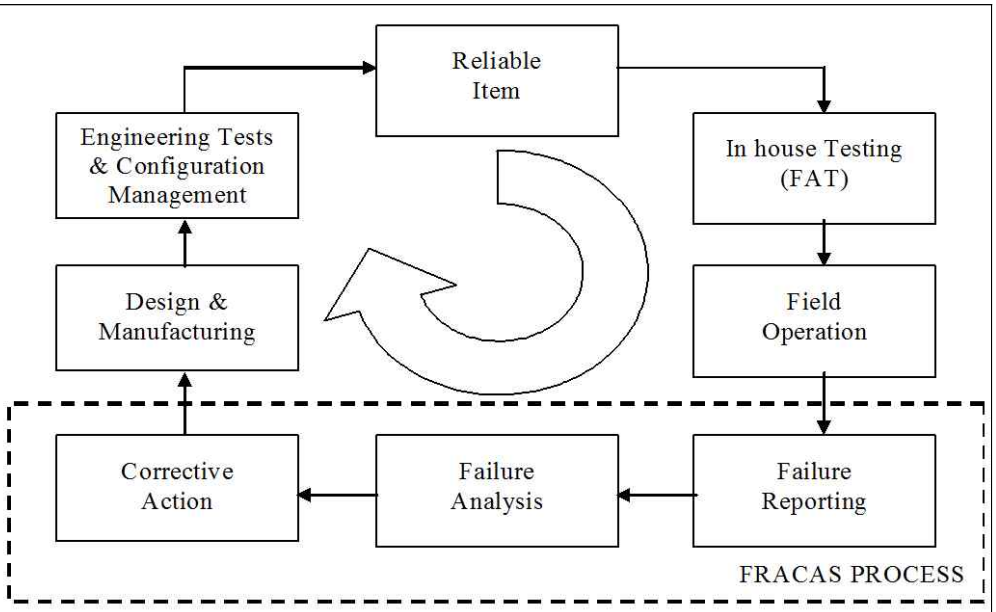
• SA 측정 시험

Service Type	Period (start/end)	h/day	days/week	Nr Trains	From	To	Timetable
5 min headway	08:00-20:00	12	(6) Mon to Sat	min 12	8-May	14-May	Trial TT01
2 min headway	08:00-20:00	12	(6) Mon to Sat	min 12	15-May	21-May	Trial 120 sec
Peak/Midday (4min) Evening (5min) Night (10min)	05:30-00:30	19	(6) Mon to Sat	min 18	22-May	28-May	Trial tt03
Peak (3,5min) Midday (4min) Night (7min)	06:00-00:00	18	(6) Mon to Sat	min 20	29-May	11-Jun	trial tt04
Due to the reduced extension of time, no specific service periods adopted	08:00-20:00	12	(6) Mon to Sat	min 22	12-Jun	18-Jun	EC-11-22-11
Peak (about 4min) Midday (about 5min) Evening (about 6min) Night (about 7min)	06:00-00:00	18	(6) Mon to Sat	min 17	19-Jun	25-Jun	İşletme Timetable, bypass AYR
Peak (about 4min) Midday (about 5min) Evening (about 6min) Night (about 7min)	06:00-00:00	17	(7) Mon to Sun	min 17	26-Jun	7-Jul	İşletme TT01, bypass AYR
Peak (about 4min) Midday (about 5min) Evening (about 6min) Night (about 7min)	06:00-00:00	17	(6) Thu to Wed	min 17	19-Jul	25-Jul	İşletme TT01, bypass AYR

• FRACAS 활동

- 고장 데이터 수집 방법

특정한 FRACAS 양식을 이용하여 고장 데이터를 수집하여 고장 조치 내역까지 확인 할 수 있도록 하고 있으며, FRACAS 양식을 4장으로 구성하여 운영사, 시스템 엔지니어, 신호 공급사, 차량 공급사에서 확인 하여 분쟁 발생이 없도록 하고 있음. 고장에 대한 추가 근거 자료 각 서브시스템의 이벤트 로그를 동시에 확인 하고 있음.



- 고장 조치 방법

FRACAS 양식은 크게 4개의 부분으로 구성되어 운영사, 시스템 엔지니어, 차량, 신호 공급사 작성 분으로 나뉘어 있다. 시스템 엔지니어가 초안을 작성 후 각 담당자에게 제공하여 해당 부분을 작성하게 함. 이를 스캔본으로 근거 자료화 하며 지속 관리/추적하여 고장을 해결함 [첨부 참조]

고장조치에 미해결 사항이 발생시 해당 서브시스템에 계약조건으로 기성(보너스) 미지급 및 그에 상응하는 조치를 취하도록 하거나, 요구 할 수 있는 구조로 되어있어 효과적으로 장애/고장조치 사항을 관리 할 수 있음.

- 고장 데이터 분석

고장 판단 기준은 다음표의 기준으로 분류되며, 운전시격 관련하여 발생 지연정보를 고장분석가가 SCADA 시스템에서 자동으로 수집된 정보를 이용하여 수동으로 분류한다.

RELEVANCE	DESCRIPTION
LOW RELEVANCE	Delay less than 60 sec
MEDIUM RELEVANCE	Delay between 60 sec and headway
HIGH RELEVANCE	Delay greater than the headway

SERVICE AVAILABILITY 일일 평가는 아래와 같이 실시하여 주/월간 평가 시 반영함.

Date	Trains	Planned runs	Performed runs	Missed runs	Avail. AMG	Avail. General	Target
…	…	…	…	…	…	…	…
14-Jun	22	355	347	8	98.9	97.7	94
15-Jun	22	355	355	0	100.0	100.0	94
16-Jun	22	355	343	12	97.8	97.8	94
18-Jun	22	355	333	22	97.2	93.8	94
19-Jun	17	443	443	0	100.0	100.0	94
20-Jun	17	443	443	0	100.0	100.0	94
21-Jun	17	443	441	2	100.0	99.5	94
22-Jun	17	443	434	9	98.0	98.0	94
23-Jun	17	443	443	0	100.0	100.0	94
…	…	…	…	…	…	…	…

주로 차량, 신호에 대한 데이터 분석을 진행 하였으며 개략적인 분석 결과는 아래와 같음.

「차량」

-> 제동 장치 - 제동 성능, EB 체결 불량, 브레이크 패드 고온 노출

-> 출입문 장치 출입문 동작 불량

-> 차상 장비 저압으로 인한 장비 불량, HMI, 케이블 연결 불량 등

「신호」

-> VCC/VOBC - 열차 조정 불량, 타임아웃

-> SMC - 타임테이블 업로딩 불량

-> 스위치 속도 한계 및 서비스 간섭

「통신」

-> 무선 데이터 통신의 통신 불량

2. 활용 방안

- FRACAS 적용

이스탄불 메트로에서 사용하고 있는 FRACAS Form(첨부 1) 과 같이 차량 및 신호 시스템 등 공급사에서 작성/제출 하여 향후 분쟁 발생을

예방하고 근거 자료로 사용 할 수 있는 구조로 적용할 예정임.
자기부상시스템에서 적용 예정인 고장보고서에 주요 시스템인 차량, 신호 부분을 따로 분리하여 개별 작성 가능토록 시범 적용 예정임.
밀란 5호선의 경우 모든 이벤트 데이터가 Supervison 메인 컴퓨터를 통해 취합되어 분석 작업이 용이하나 현재 자기부상 시스템은 하나의 네트워크로 구성되지 않아 개별 취합이 불가함. 따라서, 사업단 또는 운영사를 통해 이벤트 로그 제출 요청하여 정확한 고장 분석이 가능토록 하며, 각 서브시스템의 고장 조치를 신속하게 하기 위해 고장 보고서를 지속적으로 추적/관리 할 것이다. 고장 조치가 취해지지 않는 시스템에 대해서는 사업단에 기성 지급 지연 요청하여 공급사들의 고장 조치가 신속/정확하게 이루어 질 수 있도록 반영 예정임.

• SA 검증 조직

이태리 밀란 5호선의 경우 특정한 SA 검증 조직은 갖추지 않았지만 영업 시운전 기간 동안 다수의 유지보수 인원을 확보하였고 각 서브시스템 별로 자재관리, 유지보수 인원을 현장에 상주 시켰음. 현재 자기부상 시스템은 최초 시스템으로 신뢰성 확보가 되지 않은 상황으로 영업 시운전 기간 동안 서비스 가용성 목표(93%)를 달성 할 수 있도록 최대한 많은 유지보수인원 확보를 요청하고 각 서브시스템 별로 유지보수 인원 및 자재 관리 인원 확보를 요청 할 예정임.

[1-4과제]

제 1 절 일본

○ 법령 및 기술기준

- 궤도건설규정
- 궤도법・시행령・시행규칙
- 궤도운전규칙
- 도시 모노레일의 정비촉진에 관한 법률
- 동부구릉선 건설규정
- 동부구릉선 토목구조물 설계요령
- 무궤도전차 건설규칙
- 무궤도전차 운전규칙
- 색도시설에 관한 기술상의 기준을 정하는 성령
- 신간선철도에 있어서 철도시설의 양도 등에 관한 법률・시행령・시행규칙
- 운전의 안전확보에 관한 법률
- 일본국유철도 개혁법・시행령・시행규칙
- 전국신간선철도정비법・시행령・시행규칙
- 전용궤도규칙
- 철도궤도정비법・시행령・시행규칙
- 철도사고 등 보고규칙
- 철도사업법 ・시행령・시행규칙
- 철도시설 등 검사규칙
- 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 법령
- 철도에 관한 기술상의 기준을 정하는 법령의 시행
- 철도영업법
- 철도운수규정
- 특수철도 구조규칙
- 특정도시철도 정비촉진특별조치법・시행령・시행규칙

○ 기술자료

- 동부구릉선 건설규정 해설
- 동부구릉선 건설지
- 신교통시스템의 표준화와 기본사양
- 자기부상철도기술
- 자기부상과 자기축수
- Aichi 리니모 연구발표회특별강연회 자료

제 2 절 독일

○ 법령 및 기술기준

- 고속자기부상열차 건설운영규정에 의한 운영시설 및 차량의 인가
- 고속자기부상열차 검사소 인증을 위한 판정 지침
- 고속자기부상열차 공인시 지침
- 고속자기부상열차 적용기준 - 선로 1 : 일반요건
- 고속자기부상열차 적용기준 - 선로 2 : 산정
- 고속자기부상열차 적용기준 - 선로 3 : 기하학
- 고속자기부상열차 적용기준 - 선로 4 : 가설예정선 설정
- 고속자기부상열차 적용기준 - 선로 5 : 측량
- 고속자기부상열차 적용기준 - 선로 6 : 유지보수
- 고속자기부상열차 적용기준 - 운행제어기술
- 고속자기부상열차 적용기준 - 전체시스템
- 고속자기부상열차 적용기준 - 전체시스템 부록 1 : 정의
- 고속자기부상열차 적용기준 - 전체시스템 부록 2 : 법규정
- 고속자기부상열차 적용기준 - 전체시스템 부록 3 : 환경조건
- 고속자기부상열차 적용기준 - 전체시스템 부록 4 : 운영규칙
- 고속자기부상열차 적용기준 - 전체시스템 부록 5 : 소리
- 고속자기부상열차 적용기준 - 차량 1 : 일반요건
- 고속자기부상열차 적용기준 - 차량 2 : 평가

- 고속자기부상열차 적용기준 - 차량 3 : 운동학적 경계선
- 고속자기부상열차 적용기준 - 차량 4 : 부상유도기술
- 고속자기부상열차 적용기준 - 차량 5 : 제동기술
- 고속자기부상열차 적용기준 - 안전 및 인가에 대한 EBA의 의무
- 자기부상철도 계획법
- 자기부상철도 법적허가절차
- 자기부상철도 수요법
- 자기부상철도 일반법
- 자기부상철도 터널건설 및 운영
- 자기부상철도 특유의 검사 1~7
- 자기부상철도에 대한 전문조직
- 자기부상철도 건설운영규정
- 고속자기부상열차 소음방지법
- 고속자기부상열차 건설운영규정에 의한 운영시설 및 차량의 인가
- 고속자기부상열차 검사소 인증을 위한 판정 지침
- 고속자기부상열차 공인시 지침
- 고속자기부상열차 소음방지규정 및 해설
- 고속자기부상열차 운영허가 원칙
- 음료판매시설규정
- 철도건설운영규정
- 철도일반법
- VDV 340 - Directive on the Planning and Construction of Train Safety Installations for Light Rail and Metro Systems
- VDV 345 - Technical Equipment for the Automation and Remote Control of Train Safety Installations and Route Signalling Installations (BOStrab)
- VDV 346 - Maintenance of Electrical Setting and Monitoring Facilities at Switches and Derailers (BOStrab)
- VDV 347 - Maintenance of Train Safety Installations (BOStrab)

- VDV 349 - Maintenance of Train Safety Installations - Train Control System Route and Vehicle Equipment (BOStrab)
- VDV 399 - Requirements for Facilities Ensuring the Passengers' Safety at Stations with Driverless Operation
- VDV 420 - Technical Requirements for Automatic Vehicle Location Control Systems - Radio Data Transmission (BON version) with Supplement 1 and Supplement 2
- VDV 422 - Basic Requirements for Automation and Control Systems
- VDV 751 - Operational Requirements for a Train Safety System for Non-Federal Railways with Application of New Communications Technology

○ 기술자료

- Bases for the Operation of Low-Floor Light Rail Vehicles
- Basic Requirements for Automation and Control Systems
- Betriebsvorschrift fuer die verwendung von rollfahrzeugen (Operating instruction on the use of rolling vehicle)
- Conditions for the Design of Radio Control Systems for Powered Vehicles for Non-Federal Railways
- Design of and Protective Provisions for DC Rectifiers for DC Mass Transit Systems
- Design of and Protective Provisions for Electrical Power Installations in Depots and Workshops
- Design of and Protective Provisions for Electrical Power Installations on DC Mass Transit Liens
- Directive on the Planning and Construction of Train Safety Installations for Light Rail and Metro Systems
- Eisenbahn-Vorschriften fuer NE (FV-NE, 2000 Version incl.

corrective sheet II)

- Fahrdienstvorschrift fuer nichtbundeseigene eisenbahnen
- Heating and Ventilations Systems in Driver's Cab in Rail Vehicles for the Public Mass Transit
- Heating and Ventilations Systems in Passenger Compartments in Rail Vehicles for the Public Mass Transit
- Maglev Deployment Program - 마그레브 프로그램 배치 환경 영향평가서
- Magnetbahn-Regiegesellschaft
- Maintenance of Electrical Setting and Monitoring Facilities at Switches and Derailers (BOStrab)
- Maintenance of Train Safety Installations - Train Control System / Route and Vehicle Equipment (BOStrab)
- Maintenance of Train Safety Installations (BOStrab)
- Measuring Technique for the Testing of Heating, Ventilation, Air Cooling and Air Conditioning Systems in Rail Vehicles for the Public Mass Transit
- Operational Requirements for a Train Safety System for Non-Federal Railways with Application of New Communications Technology
- Passenger Evacuation Concept as applied for the Munich Transrapid
- Pictogramme werbemittel Fahrertaschen
- Power Supply Systems for DC Traction Systems with Regenerative Braking Vehicles
- Preventative fire protection in railway vehicles : DIN 5510 (Eng. version)
- Protection in case of Overload Current and Short-Circuit Current (Overcurrent) from Traction Current Systems for DC Traction

Systems

- Radio Control Systems for Powered Vehicles for Freight Railways
- Recommendation of Type - Light rail vehicles
- Recommendation of Type - Low-Floor tram tailer
- Recommendation of Type - Metro vehicles
- Recommendation on air Cooling and Air Dehumidification Systems in Rail Vehicles for the Public Mass Transit
- Requirements for Facilities Ensuring the Passengers' Safety at Stations with Driverless Operation
- Richtlinie fuer die montage und instandhaltung von bahnsignalanlagen (Directive on the assembly and maintenance of rail signalling installations)
- Schriften Broschueren Buecher Mitteillungen
- Technical Equipment for the Automation and Remote Control of Train Safety Installations and Route Signalling Installations (BOStrab)
- Technical Requirements for Automatic Vehicle Location / Control Systems
- Radio Data o Transmission (BON version) with Supplement 1 and Supplement 2
- Technical Requirements for Data and Speedch Mobile Radios
- Technical Requirements for Location Beacon Systems
- Technical Safety of Level Crossings with Tramways
- Terminals for the Intermodal Traffic with the Regional Railways
- Transrapid-Technik und Einsatz von Magnetschwebebahnen
- Univ. of Dresden의 자기부상열차 관련 교육자료
- Vergleich Rad-Schiene-Technik-Magnetbahn-Technik
- Vorschrift fuer die Bedienung von signalanlagen fuer nichtbundeseigene eisenbahnen (Regulation on the operation of

signalling installations for Non-federal railways)

- Wirtschaftswachstum in Deutschland und Europa

제 3 절 미국

○ 법령 및 기술기준

- 덴버시 경전철 설계지침(LRT LIGHT RAIL DESIGN CRITERIA)

Section 1 : GENERAL INFORMATION

Section 2 : OPERATIONS PLAN

Section 3 : CIVIL ENGINEERING

Section 4 : TRACKWORK

Section 5 : STATION DESIGN CRITERIA

Section 6 : STRUCTURAL DESIGN

Section 7 : COMMUNICATIONS AND CENTRAL CONTROL

Section 8 : SIGNAL SYSTEM

Section 9 : TRACTION ELECTRIFICATION SYSTEM

Section10 : STRAY CURRENT/CORROSION CONTROL

Section 11 : OPERATIONS FACILITY

Section 12 : FARE COLLECTION EQUIPMENT

Section 13 : LIGHT RAIL VEHICLE

Section 14 : SYSTEM SAFETY AND SYSTEM SECURITY

- 덴버시 통근기차 설계지침(LRT LIGHT RAIL DESIGN CRITERIA)

Section 1 : GENERAL INFORMATION

Section 2 : OPERATIONS PLAN

Section 3 : CIVIL ENGINEERING

Section 4 : TRACK GEOMETRY AND TRACKWORK

Section 5 : STATION DESIGN

Section 6 : COMMUTER RAIL BRIDGES & STRUCTURES

Section 7 : COMMUNICATIONS AND CENTRAL CONTROL

Section 8 : SIGNAL SYSTEM

Section 11 : OPERATIONS FACILITY

Section 12 : FARE COLLECTION EQUIPMENT

Section 13 : COMMUTER RAIL VEHICLES

Section 14 : SYSTEM SAFETY AND SYSTEM SECURITY

- 미국 도시철도 표준사양

Volume 1 : Rail Transit Standards Background and Process Description

Volume 2 : Vehicle Inspection and Maintenance

Volume 5 : Fixed Structures Inspection and Maintenance

Volume 6 : Signals and Communications Inspection and Maintenance

- 뉴욕지하철 R160 Specification

Section 1 : SCOPE OF SPECIFICATION

Section 2 : SYSTEM DESIGN

Section 3 : CAR BODY

Section 4 : TRUCKS AND SUSPENSION

Section 5 : COUPLERS, DRAWBARS AND DRAFT GEAR

Section 6 : CAB AND CAB CONTROLS

Section 7 : TRAIN AND CAR CONTROL

Section 8 : MRAIN AND CAR CONTROL

Section 9 : AUXILIARY ELECTRIC EQUIPMENT AND DISTRIBUTION

Section 10 : PROPULSION AND BRAKING

Section 11 : SIDE DOOR OPERATORS AND CONTROLS

Section 12 : HEATING, VENTILATION AND AIR CONDITIONING

Section 13 : COMMUNICATIONS

Section 14 : LIGHTING SYSTEMS

Section 15 : WORKMANSHIP, PROCESSES AND MATERIALS

Section 16 : SOFTWARE SYSTEMS

Section 17 : COMPLIANCE PROGRAM

Section 18 : SYSTEM ASSURANCE

Section 19 : CONTRACT MANAGEMENT

Section 20 : IN-SERVICE SUPPORT

Section 21 : INDEX

- 미국 연방기술기준(Transportation)
- ASCE 21-96 Automated People Mover Standards - Part1
- ASCE 21-98 Automated People Mover Standards - Part2
- ASCE 21-00 Automated People Mover Standards - Part3

○ 기술자료

- Applicability of CHSST Maglev Technology for US Urban Transportation
- Assessment of CHSST Maglev Technology for US Urban Transportation
- California Maglev Project - Project Description, Executive Summary, FRA Update
- Chubu HSST Maglev System Evaluation and Adaptability for US Urban Maglev
- National Maglev Initiative
- Non-electric part Reliability data
- Preliminary Ridership and Revenue Forecasts(Cal. Maglev Deployment Pr.)
- Technical issue raised by the proposal to introduce a 500 km/h magnetically-levitated transport system in the UK
- Technology Selection Report(Cal. Maglev Deployment Pr.)
- Urban Transit - Systems and Technology

- Unattended Train Operation(UTO) 무인운전의 단계 관련 보고서

제 4 절 기타

○ 중국

- 도시궤도교통 운영관리조치
- 상하이시 궤도교통관리조례
- 중화인민공화국 철로법

○ 영국

- Docklands Light Railway (Stratford International Extension) Decision Letter
- Docklands Light Railways (Stratford International Extension) Inspector's Report
- Guidelines for the assessment of bodies applying for Notified Status
- Conventional NNTR - CR control command & signalling
- Conventional NNTR - CR Conventional NNTR - CR energy
- Conventional NNTR - CR freight wagon
- Conventional NNTR - CR infrastructure
- Conventional NNTR - CR locomotives & traction unit
- Conventional NNTR - CR noise
- Conventional NNTR - CR passenger carriages
- Conventional NNTR - CR passengers
- Conventional NNTR - CR safety in tunnel
- Conventional NNTR - CR telemetics
- Conventional NNTR - CR traffic operations & management
- High Speed NNTRs(existing) - control & signalling
- High Speed NNTRs(existing) - covering letter from rssb

- High Speed NNTRs(existing) - energy
- High Speed NNTRs(existing) - infrastructure
- High Speed NNTRs(existing) - operations & management
- High Speed NNTRs(existing) - passengers
- High Speed NNTRs(existing) - rolling stock
- High Speed NNTRs(existing) - proposed ntr
- Transverse NNTR - persons with mobility
- Transverse NNTR - safety in tunnel
- 고속철도(고속전철 및 고속자기부상열차) 설치에 대한 에딘버러 시의회 답변서
- 도시철도 관련 기술자료
- 철도법(Railway Act)
- ARAMIS or The love of Technology
- Delivering a sustainable railway
- Local Transport Strategy 2007-2012
- Rail Technical Strategy
- Railway Engineering
- Technical issues raised by the proposal to introduce a 500km/h magnetically-levitated transport system in the UK
- The Eddington Transport Study - The case for action: sir rod eddington's advice to government

○ 네덜란드

- CE - The price of transport
- RnV-NORMBLAD I-003 : Baanvaksnelheden
- RnV-NORMBLAD I-004
- RnV-NORMBLAD I-006 : Beveiliging van werkwissels
- RnV-NORMBLAD I-007 : Richtlijn voor de veiligheid van Light-Railverkeer

- RnV-NORMBLAD I-013 : Functionele specificaties voor dienstoverpaden
- RnV-NORMBLAD I-016 : Krukken van wissels
- RnV NORMBLAD M-001 : Railway Safety Admission Requirements Rolling Stock
- RnV NORMBLAD M-002 : Automatische Rit Registratie
- RnV NORMBLAD M-003 : Reizigersinstapdeuren
- RnV NORMBLAD M-004 : Richtlijn bij de erkenning van onderhoudsbedrijven voor spoorwegmaterieel
- RnV NORMBLAD M-005 : Procedure for the admission of rolling stock on the Dutch national railway network
- RnV NORMBLAD M-006 : Indienststellingsaanschrijving
- RnV NORMBLAD M-007 : Beremming en Remproeven
- RnV NORMBLAD M-008 : Voertuigen met Beperkingen
- RnV NORMBLAD M-009 : Afsluiten noodrem
- RnV NORMBLAD M-010 : ATB-veiligheidsstoringen ATB-beschikbaarheidsstoringen
- RnV NORMBLAD M-011 : ATB-veiligheidsstoringen ATB-beschikbaarheidsstoringen
- RnV NORMBLAD M-012 : Treinradio - Veiligheidscommunicatie
- RnV NORMBLAD M-013 : Technische Controle - Controle Veilige Loop
- RnV NORMBLAD M-014 : Zichtbaarheid - Treinfronten
- RnV Standard : Procedure for the Admission of Rolling Stock
- RnV Standard : Railway Safety Admission Requirement Rolling Stock
- RnV Standard V-001 : Requirements for safety management systems for train operators
- RnV Standard V-002 : the safety certificate for train operators

requirements, criteria, process

- RnV Standard V-003 : Meldingen en veiligheidsonderzoek na een bijzonder voorval
- RRV Hoofdstuk - BASISPRINCIPES SPOORWEGVEILIGHEID
- RRV Hoofdstuk - INFRA
- RRV Hoofdstuk - MATERIEEL
- RRV Hoofdstuk - PERSONEEL
- RRV Hoofdstuk - VERVOERPROCES
- RRV Hoofdstuk - WERKZAAMHEDEN AAN DE IFRA
- RRV Hoofdstuk - TOEGANG TOT DE SPOORWEG
- RRV Hoofdstuk - BIJZONDERE VOORVALLEN
- RRV Hoofdstuk - COMMUNICATIE
- RRV Begrippenlijst
- RRV Trefwoordenlijst
- P-Norm 001a : Medische en Psychologische eisen voor de machinist met minimale bevoegdheid
- P-Norm 001b : Medische en Psychologische eisen voor de machinist met beperkte bevoegdheid
- P-Norm 001c : Medische en Psychologische eisen voor de machinist met volledige bevoegdheid
- P-Norm 002 : Medische en Psychologische eisen voor de rangeerder
- P-Norm 003 : Medische en Psychologische eisen voor de chef van de trein
- P-Norm 004a : Medische en Psychologische eisen voor de treindienstleider
- P-Norm 004b : Medische en Psychologische eisen voor de brugwachter
- P-Norm 005 : Medische en Psychologische eisen voor de opzichter

- P-Norm 006 : Medische en Psychologische eisen voor de voorbereider werkplekbeveiliging
- P-Norm 007 : Medische en Psychologische eisen voor de leider werkplekbeveiliging
- P-Norm 008a : Medische en Psychologischeeisen voor de veiligheidsman
- P-Norm 008b : Medische en Psychologische eisen voor de storingsmonteur en spanningsdeskundige
- P-Norm 009 : Medische en Psychologische eisen voor de alleenwerkende
- P-Norm 010 : Waarschuwingskleding
- P-Norm 012 : Erkenning Exameninstituten
- P-Norm 013 : Gespreksdiscipline
- P-Norm 014 : Algemene bepalingen voor personeel in het railverkeerssysteem
- P-Norm 0015 : Vakbekwaamheidsnormen voor de machinist met beperkte en met volledige bevoegdheid
- P-Norm 0016 : Vakbekwaamheidsnormen voor de machinist met minimale bevoegdheid
- P-Norm 017 : Vakbekwaamheidsnormen voor de machinist met beperkte en met volledige bevoegdheid-begeleider
- P-Norm 018 : Vakbekwaamheidsnormen voor de chef van de trein bij reizigerstreinen
- P-Norm 019 : Vakbekwaamheidsnormen voor de controle van treinen en krachtvoertuigen
- P-Norm 020 : Vakbekwaamheidsnormen voor de treindienstleider, pzichter en brugwachter
- P-Norm 022 : Vakbekwaamheidsnormen voor het vervoer van Gevaarlijke Stoffen

- P-Norm 023a : EXAMEN-REGELING NORMBLADEN
- P-Norm 023b : Toepassing keuringsnormen bij gehoorverlies
- SEINENBOEK - TOELICHTING

○ 유럽

- Conventional Control Command & Signalling TSI
- Conventional Noise TSI
- Conventional Operations TSI
- Conventional Rolling Stock Freight Wagon TSI
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI - Annex 1 : DATA DEFINITIONS AND MESSAGES
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI - Annex 2 : THE INFRASTRUCTURE DATA AND THE ROLLING STOCK DATA
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI - Annex 3 : THE CONSIGNMENT NOTE DATA AND DESCRIPTION
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI - Annex 4 : THE TRAIN PATH DATA AND DESCRIPTION
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI - Annex 5 : FIGURES AND SEQUENCE DIAGRAMS OF THE TAF TSI MESSAGES
- Conventional Telematics Applications for Freight TSI - Annex 6 : CONFIGURATION MANAGEMENT
- High Speed Command Control & Signalling TSI
- High Speed Command Control & Signalling TSI amendment to Annex A
- High Speed Energy TSI
- High Speed Infrastructure TSI

- High Speed Maintenance TSI
- High Speed Operations TSI
- High Speed Rolling Stock TSI
- Notified Body - Nando Information System

○ 국제표준

- ASTM E 662-01 : 고형 물질에 의해 생성되는 연기의 비광학밀도에 대한 표준 시험 방법
- BS 6853 : 승객수송열차의 설계와 제작에 있어 화재 예방조치의 실행 코드
- BIS PD R009-004 : Railway specifications - Systematic allocation of safety integrity requirements
- BSI DD IEC/PAS 62267 Railway applications-Automated Urban Guided Transport (AUGT) safety requirements
- DIN 1055 : Design loads for buildings - Live loads
- DIN 1076 : Engineering structures connected with roads and tracks
- DIN 4149 : Buildings in German earthquake zones - Design loads, dimensioning, design and construction of conventional buildings
- DIN 5510 : Manuskriptubersetzungen
- DIN EN 12663 : Structural requirements of railway vehicle bodies
- DIN VDE 0105 : Operation of electrical installation
- EN 1317 : Road restraint systems
- EN 1363 : Fire resistance tests
- EN 1990 : Eurocode - Basis of structural design
- EN 1991 : Eurocode 1 - Actions on structures
- EN 1992 : Eurocode 2 - Design of concrete structures
- EN 1998 : Eurocode 8 - Design of structure for earthquake
- EN 1999 : Eurocode 9 - Design of aluminum structures
- EN 10106 : Cold rolled non-oriented electrical steel sheet and strip

delivered in the fully processed state

- EN 12501 : Protection of metallic materials against corrosion - Corrosion likelihood in soil
- EN 12663 : Structural requirments of railway vehicle bodies
- EN 12944 : Fertilizers and liming materials - Vocabulary
- EN 13306 : Maintenance terminolgy
- EN 14067 : Railway applications - Aerodynamaics
- EN 14750 : Railway applications - Air conditioning for urban and suburban rolling stock
- EN 45545 : Railway applications - Fire Protection on railway vehicles
- EN 50121 : Railway applications - Electromagnetic compatibility
- EN 50124 : Railway applications - Insulation coordination
- EN 50125 : Environmental conditions for equipment
- EN 50126 : Railway applications - The specification and demomstration of Reliability, Availability, Maintainability and Safety (RAMS)
- EN 50128 : Railway applications - Communications, signalling and processing systems
- EN 50153 : Railway applications - Rolling stock - Protective provisions relating to electrical hazards
- EN 50159 : Railway applications - Communications, signalling and processing systems
- EN 50160 : Voltage characteristics of electricity supplied by public distribution systems
- EN 50178 : Electronic equipment for use in power installations
- EN 60068 : Environmental testing
- EN 60071 : Insulation co-ordination
- EN 60228 : Conductors of insulated cables

- EN 60529 : Degrees of protection provided by enclosures (IP code)
- EN 60664 : Insulation coordination for equipment within low-voltage systems
- EN 60695 : Fire hazard testing
- EN 60721 : Classification of environmental conditions
- EN 60909 : Short-circuit currents in three-phase a.c. systems
- EN 61133 : Railway applications - Rolling stock - Testing of rolling stock on completion of construction and before entry into service
- EN 61373 : Railway applications - Rolling stock equipment - shock and vibration tests
- EN 61508 : Fuctional safety of electrical/electronic/programmable electronic safety-related systems
- EN 61642 : Industrial a.c. networks affected by harmonics - Application of filters and shut capacitors
- EN 62040 : Uninterruptible power systems (UPS)
- EN 62271 : High-voltage switchgear and controlgear
- EN 62305 : Protection against lightning
- EN 92290-1 Railway applications-Urban Guided Transport Management and Command/Control System - Part 1 : System Principles and Fundamental concepts
- IEC 61133 : Railway Applications - Rolling stock
- IEC 61375-1 : Electric railway equipment - Train bus - Part 1: Train communication network
- IEC 61992-1 : Railway Applications - Fixed Installations - DC Switchgear - Part 1
- IEEE 1474-1 : IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements
- IEEE 1474-2 : IEEE Standard for User Interface Requirements in

Communications-Based Train Control (CBTC) Systems

- ISO 2631 : Mechanical vibration and shock - Evaluation of human exposure to whole-body vibration
- ISO 3095 : Railway applications - Acoustics - Measurement of noise emitted by railbound vehicles
- ISO 6520-1 : Welding and allied processes - Classification of geometric imperfections in metallic materials - Part 1
- ISO 9001 : Quality management systems - Requirements
- ISO 9004 : Quality management systems - Guidelines for performance improvements
- ISO 12543 : Glass in building - Laminted glass and laminated safety glass
- ISO 12944 : Paints and varnishes - Corrosion Protection of steel structures by protective paint systems
- ISO/IEC Guide 2 : 표준화 및 관련활동 일반용어
- ISO/IEC Guide 58 : 교정 및 시험을 위한 시험소 인정제도 - 운영 및 승인을 위한 일반요건
- ISO/IEC Guide 61 : 인증기관/등록기관의 심사 및 인정을 위한 일반 요건
- ISO/IEC Guide 62 : 품질시스템 심사등록기관에 대한 요구사항
- ISO/IEC Guide 65 : 제품 인증기관에 대한 일반 요구사항
- ISO/IEC Guide 17025 : 시험 및 교정기관의 자격에 대한 일반요건
- JIS E 1705 : 철도차량-여객차용 구체-하중시험방법
- JIS E 4041 : General rules for the test methods of electric railcar on completion of construction
- JIS E 4207 : 철도차량용 트럭 프레임 설계 일반규칙
- JIS E 4208 : 철도차량-대차-하중시험방법
- JIS E 6004 : 전기차-성능시험 통칙
- JIS E 6005 : 철도차량자동 철도제어 및 자동 철도 정지기기 차량 내

시험 방법

- JIS E 6006 : 철도차량용 자동 열차 운영기기 시험 방법
- JIS E 6402 : 철도차량-정지형 보조전원장치-시험방법
- JIS E 7106 : 철도차량-여객차용 구체-설계통칙
- UIC 505-5 OR : Basic conditions to common
- UIC 513 OR : Guidelines for evaluating passenger comfort in relation to vibration in railway vehicles
- UIC 518 OR : Testing and approval of railway vehicles from the point of view of their dynamic behaviour - Safety - Track fatigue - Ride quality
- UIC 566 OR : Loadings of coach bodies and their components
- UIC 615-4 OR : Motive power units - Bogies and running gear - Bogie frame structure strength tests

제7장 참고 문헌

제 7 장 참고문헌

[1-0과제]

1. 재정경제부, “ 주요 경제 지표”, pp. 2, 2005. 4
2. OECD, "Main Economic Indicators", pp. 259, 2005. 4
3. 요구사항 관리 e-TQM, , SAMSUNG SDS CO., LTD, 2003
4. Buede, D., The Engineering Design of Systems, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 51, 301, 2000.
5. Ingmar Ogren, "Requirement Management - A Tool designer's View", Systems Engineering, Vol. 5, No. 2, pp. 75~76, 145-150, 2002
6. Electronic Industries Alliance(EIA), EIA-632: Processes for Engineering a System, Electronic Industries Alliance, USA, 1998.
7. Environment for Requirements v1.0", Eurostep, pp. 5, 2004
8. Ivy Hooks, "Writing Good Requirements", 10th Annual International Symposium of International Council on Systems Engineering, 1994.
9. Joong-Yoon Lee and Young-Won Park, "Requirement Architecture Framework(RAF)", 14th Annual International Symposium of the International
10. 2006년 도시형 자기부상열차 실용화 사업 제안요구서(RFP)
11. 자기부상열차 실용화 타당성조사 보고서
12. 도시형 자기부상열차 RAMS 분석 보고서
13. 자기부상열차 RAMS 업무추진 계획(안)
14. 자기부상열차 실용화 차량 모델 개발(산업기술개발사업계획서)
15. M. Witt and S. Herzberg, "Technical-economical system comparison of high speed railway systems", pp.86-104.
16. Y.H. Cheng, A.S. Yang and H.L Tsao, "Study on rolling stock maintenance strategy and spares parts management"
17. K. Ulf, 1999, “From X2000 to CRUSARIA REGINA : Development of LCC technology”, World Congress Railroad Research.
18. G. Holden, 2003, “Life cycle cost issues in rolling stock assessment”, Lloyds list DCN Rail Maintenance and Asset Management Conference, pp.1-9.
19. K. Ulf, 1999, "UNIFE-UNILIFE and UNIFE-UNIDATA - The first european life cycle cost interface software model", World Congress

Railroad Research pp. 1-8.
20. UNIFE LCC group, 1997, “Guidelines for Life Cycle Cost Volume I~IV”,
21. 정종덕, 배대성, 2005, “입환기관차의 LCC 평가분석”, 한국철도학회논문집 제 8권 제 3호, pp.260-266.
22. IEC 60300-3-3, 2004, “Application guide - Life cycle costing”, IEC International Standards.
23. Syunzo Ishimoto and Masato Kato, 2004, "The First Urban Maglev Transport Application in Japan", Maglev Conference 2004, pp.298~306
24. Yoshio Yuyama, 2004, "The Tobu Kyurto Line(Popular Name : Linimo) a Magnetic Levitation System", Maglev Conference 2004, pp.307~315
25. Osamu Fujiwara, Jianqing Wang, Syunzo Ishimoto and Masaaki Fusino, 2004, "Environment Impact Assessment on the Tobu-Kyuryo Line(HSST System) in Japan, Maglev Conference 2004, pp.632~635
26. Jianqing Wang, Osamu Fujiwara, Syunzo Ishimoto, Masaaki Fusino and Takeshi Mizuma, 2004, "Electromagnetic Environment Assessment for the Tobu-Kyuryo Line(HSST System) in Japan, Maglev Conference 2004, pp.636~639
27. H.K. Sung, D.S. Kim, H.J. Cho, B.S. Kim and J.M. Lee, 2004, "Fault Tolerant Control of Electromagnetic Levitation System", Maglev Conference 2004, pp.676~689
28. Shinichi Kusagawa, Jumpei Baba, Katsuhiko Shutoh and Eisuke Masada, 2004, "Comparison of Total Performances for High Speed EMS Type Magnetically Levitated Railway Vehicle", Maglev Conference 2004, pp.942~952
29. Hiroyuki Ohsaki and Jian Du, 2004, "Influence of Eddy Current induced in Steel Rails on Electromagnetic Force Characteristics of EMS maglev Systems", Maglev Conference 2004, pp.960~965
30. Hokyung Sung 외 2인, 2005, “Design and Implementation of Fault Tolerant Controller for EMS Systems”, Mechatronics
31. Hyungsuk Han 외, 2006, “Simulation of Dynamic Interaction Between Maglev and Guideway using FEM”, Maglev Conference 2006, Vol. II, pp. 599-604

32. Hokyung Sung 외 5인, 2006, “A Fuzzy Based Treatment to Reduce Air-Gap Disturbance at the Railjoints with Step-wise Rail Joint” Maglev Conference 2006, Vol. I, pp. 247-250
33. Hokyung Sung 외 6인, 2006, “A Time Delay Based Gain Scheduled Control for Electromagnetic Suspension System”, Maglev Conference 2006, Vol. I, pp. 337-341.
34. 성호경 외 6명, 2006.4, “자기부상시스템에서 레일 이음매 통과시 공극처리방법”, 대한전기학회 춘계학술대회 논문집
35. 성호경 외 5명, 2006.7, “상태관측기를 이용한 자기부상시스템의 부상제어”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집
36. 성호경 외 5명, 2006.7, “Rail-Joint에서 퍼지룰을 기반으로하는 공극신호처리법”, 대한전기학회 하계학술대회 논문집
37. 성호경 외 4명, 2006.11, “상전도 흡인식 자기부상제어기 설계”, 한국철도학회 추계학술대회 특별세션지
38. 성호경 외 3명, 2006.11, “상전도 흡인식 자기부상열차에서 공극처리방식에 대한 연구”, 한국철도학회 추계학술대회 특별세션지
39. Schwindt G., 2006, "The Guideway", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
40. Droese S., Sperling D. and Empelmann M., 2006, "Transrapid Guideway : some suggestions for improved inspection methods and design", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
41. Junchang S., 2006, "Alignment Measurement and Control of Maglev Track", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
42. Grossert E., 2006, "Actual Development in Guideway Constructions at the Example of the TRANSRAPID Munich Project", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
43. Venkatesh M. and Jeter P., 2006, "Guideway Steel Fiber Reinforced Concrete Hybrid Girder Design", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
44. Schmitt C. and Friedrich N., 2006, "Primary Constructions for Traversing Traffic Routes with the Maglev Train", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany

45. Bacmann H., 2006, "MSB-Track-2010 : a New Guideway for the TRANSRAPID", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
46. Suding A. and Jeschull B., 2006, "Comparison of the Geometrical Requirements for Guideways of Transrapid and Wheel-on-rail", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
47. Walter A. and Ludwig S., 2006, "A New Guideway for Transrapid : the Munich girder, Maglev Conference 2006", Dresden, Germany
48. Dignath F., Liu X. and Zheng Q., 2006, "Dynamic Behavior of Guideway Switch Beams", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
49. Yan Luguang, "The Experience of Promoting the Maglev Commercial Application in China", Proc. of Int. Symp. on Commercial Application of Maglev, Paper No. 12-1, 2006.05.
50. http://www.tangche.com/e_tc/Products/Maglev.asp

[1-1과제]

1. 자기부상열차 실용화 타당성조사 보고서
2. 성호경 외 4명, 2006.11, “상전도 흡인식 자기부상제어기 설계”, 한국철도학회 추계학술대회 특별세션지
3. Kurt bitner, Ian Spence, Use case modeling, 2003
4. Jeffrey O. Grady, System requirements analysis, July 07, 2005
5. Mo Jamshidi, System of systems engineering, Jan 01, 2010
6. Benjamin S. Blanchard, Systems engineering management, June 18, 2008
7. Mark W. Maier eberhardt Rechtin, The art of systems architecting, Jan 01, 2009
8. Dennis M. Buede, The engineering design of systems, Jan 01, 2009
9. Buede, D., The Engineering Design of Systems, John Wiley & Sons, Inc., New York, pp. 51, 301, 2000.
10. OECD, "Main Economic Indicators", pp. 259, 2005. 4
11. H.K. Sung, D.S. Kim, H.J. Cho, B.S. Kim and J.M. Lee, 2004, "Fault Tolerant Control of Electromagnetic Levitation System", Maglev Conference 2004, pp.676~689
12. Osamu Fujiwara, Jianqing Wang, Syunzo Ishimoto and Masaaki Fusino,

2004, "Environment Impact Assessment on the Tobu-Kyuryo Line(HSST System) in Japan, Maglev Conference 2004, pp.632~635
13. Hyungsuk Han 외, 2006, "Simulation of Dynamic Interaction Between Maglev and Guideway using FEM", Maglev Conference 2006, Vol. II, pp. 599-604
14. Walter A. and Ludwig S., 2006, "A New Guideway for Transrapid : the Munich girder, Maglev Conference 2006", Dresden, Germany
15. Bacmann H., 2006, "MSB-Track-2010 : a New Guideway for the TRANSRAPID", Maglev Conference 2006, Dresden, Germany
16. Hokyung Sung 외 5인, 2006, "A Fuzzy Based Treatment to Reduce Air-Gap Disturbance at the Railjoints with Step-wise Rail Joint" Maglev Conference 2006, Vol. I, pp. 247-250

[1-2과제]

1. 제6차년도 연차보고서
2. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 제안요구서(RFP)
3. 자기부상열차 실용화 타당성조사 보고서
4. 도시형 자기부상열차 RAMS 분석 보고서
5. 자기부상열차 RAMS 업무추진 계획(안)
6. 자기부상열차 실용화 차량 모델 개발(산업기술개발사업계획서)
7. M. Witt and S. Herzberg, "Technical-economical system comparison of high speed railway systems", pp.86-104.
8. Y.H. Cheng, A.S. Yang and H.L Tsao, "Study on rolling stock maintenance strategy and spares parts management"
9. K. Ulf, 1999, "From X2000 to CRUSARIA REGINA : Development of LCC technology", World Congress Railroad Research.
10. G. Holden, 2003, "Life cycle cost issues in rolling stock assessment", Lloyds list DCN Rail Maintenance and Asset Management Conference, pp.1-9.
11. K. Ulf, 1999, "UNIFE-UNILIFE and UNIFE-UNIDATA - The first european life cycle cost interface software model", World Congress Railroad Research pp. 1-8.

12. UNIFE LCC group, 1997, “Guidelines for Life Cycle Cost Volume I~IV”, http://www.unife.org
13. 정종덕, 배대성, 2005, “입환기관차의 LCC 평가분석”, 한국철도학회논문집 제 8권 제 3호, pp.260-266.
14. IEC 60300-3-3, 2004, “Application guide - Life cycle costing”, IEC International Standards.

[1-3과제]

1. 경량전철 종합시스템 엔지니어링 기술개발 연구결과 보고서, 건설교통부, 2005
2. 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발 최종보고서, 건설교통부/산업자원부/과학기술부, 2002
3. 고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발 최종보고서(1단계 보고서), 건설교통부/산업자원부/과학기술부, 1999
4. 도시형 자기부상열차 실용화 사업-RAMS 관리체계(안) Rev.0, 현대로템(주), 2007
5. 도시형 자기부상열차 PBS, 한국생산기술연구원, 2007
6. 도시형 자기부상열차 운영개념서, Draft Rev.2, 한국생산기술연구원, 2008

[1-4과제]

1. 철도 표준규격관리시행지침, 건설교통부, 2005
2. 도시형 자기부상열차 실용화 사업 2핵심과제(차량개발) 차량시스템 규격서, 현대로템주식회사, 2007
3. 자기부상열차 시험평가 및 시운전 (최종보고서), 한국기계연구원, 2009
4. 경량전철 표준화기준 연구(최종보고서), 한국철도기술연구원, 2009
5. Maglev 실용화사업(국책) (8량) 도시형 자기부상열차 초도편성 운전자 매뉴얼, 현대로템주식회사, 2011
6. 자기부상열차 차량 해설 (현대로템 유지보수 매뉴얼), 현대로템주식회사, 2013
7. 구성품시험절차서, 한국기계연구원
8. 완성차시험절차서, 한국기계연구원
9. Maglev 실용화 사업 부품규격서, 현대로템주식회사
10. 도시철도차량 표준화 유지발전 연구보고서, 한국철도기술연구원, 2012
11. 도시형 자기부상열차 실용화사업 실적보고서, 도시형 자기부상열차 실용화 사

업단, 2007 ~ 2012
12. 신 교통시스템의 표준화와 그 기본사양'의 책정에 관한 검토 자료, 사단법인 일본교통계획협회, 1983
13. 한국철도표준규격(KRS), 철도기술심의위원회
14. 트랜스라피드 자기부상열차의 기술과 배치, 호르스트 괴츠케
15. 철도종합안전심사 및 평가 운영지침(안), 건설교통부, 2006
16. 항공·철도 사고조사에 관한 법률 시행규칙, 건설교통부, 2006
17. 철도안전법 시행규칙 (건설교통부령 제530호), 국토교통부, 2006
18. 시설물의 안전관리에 관한 특별법 법률 제11690호 (법률 제8967호), 국토교통부, 2008
19. 도시철도차량 표준화 유지발전 연구보고서, 한국철도기술연구원, 2012
20. "도시철도법 법률 제11690호, 국토교통부, 2013
21. 도시철도시설 안전기준에 관한 규칙, 국토교통부, 2013
22. 철도안전법 법률 제11690호, 국토교통부, 2013
23. 도시형 자기부상열차 운영개념서, 한국생산기술연구원,
24. 철도용품시험규정, 한국철도기술연구원, 2005
25. 철도차량 성능시험 시행지침, 건설교통부, 2005
26. 철도종합시험운행시행지침 (국토해양부고시 제 2010-508호), 국토해양부, 2010
27. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설 기본 및 실시설계 설계보고서(전차선분야), 한국철도시설공단, 세종기술주식회사, 2010
28. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설 기본 및 실시설계 설계보고서(신호분야), 한국철도시설공단, 신우이엔지주식회사, 2010
29. 본선시운전시험절차서, 한국기계연구원
30. Maglev 실용화 사업(국책) (6량) 부품규격서 (1~16), 현대로템주식회사
31. 광주광역시도시철도공사 운전취급규정, 광주광역시도시철도공사, 2006
32. 공항철도 운전취급규정, 공항철도, 2007
33. 인천국제공항 자동여객수송시설 안전관리지침, 국토해양부, 2007
34. 운전취급규정, 서울메트로, 2009
35. 시범노선 종합시운전 일정계획(안), 도시형 자기부상열차 실용화 사업단, 2010
36. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 운영시나리오(안). 한국기계연구원, 2010
37. 노면전차형식, 모노레일형식 경전철 운전규칙연구 연구보고서, 한국철도기술

연구원, 2008
38. 도시형 자기부상철도 토목구조물 설계기준, 도시형 자기부상열차 실용화 사업단, 2008
39. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선건설 설계기준, 한국철도시설공단, 2008
40. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설 기본 및 실시설계 설계보고서(노반분야), 한국철도시설공단, GS건설주식회사, 2010
41. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설 기본 및 실시설계 설계보고서(궤도분야), GS건설주식회사, 2010
42. 도시철도 신호시스템 표준화 연구 보고서, 한국철도기술연구원, 2007
43. 신 교통시스템의 표준화와 그 기본사양'의 책정에 관한 검토 자료, 사단법인 일본교통계획협회, 1983
44. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선건설 설계기준, 한국철도시설공단, 2008
45. 도시형 자기부상열차 실용화사업 시범노선 건설 기본 및 실시설계 설계보고서(전차선분야), 한국철도시설공단(세종기술주식회사), 2010
46. 도시철도 전력시스템 표준화 연구 보고서, 한국철도기술연구원, 2007