고속철도기술개발사업 최종보고서

R&D / I-1

고속철도기술개발 통합 및 총괄

2007. 10

주관연구기관 / 한국철도기술연구원
협동연구기관 / 해당없음

건 설 교 통 부
한국건설교통기술평가원

제 출 문

건설교통부장관(한국건설교통기술평가원장) 귀하

본 보고서를 " 고속철도기술개발사업 통합 및 총괄" 5차년도 보고서로 제출합니다.

2007. 10. 31

주관연구기관 : 한국철도기술연구원

협동연구기관 : 해당 없음

■ 총괄연구책임자 / 수석연구원		김기환	기술개발총괄조정
■ 주관연구기관 참여연구원 / 책임연구원		김석원	인터페이스조정관리
		김영국	인터페이스조정관리
		목진용	개발결과활용방안연구
		박춘수	개발결과활용방안연구
		한영재	기술개발총괄지원
	선임연구원	김상수	기술개발총괄지원
		최성훈	개발결과활용방안연구
		이태형	인터페이스조정관리
	한국철도시설공단	박상옥	기술개발총괄지원
		조병찬	기술개발총괄지원
		손광수	기술개발총괄지원
	한국철도공사	문제홍	기술개발총괄지원
		장영태	기술개발총괄지원
		김정훈	기술개발총괄지원

요 약 문

Ⅰ. 제 목

고속철도기술개발 통합 및 총괄

Ⅱ. 연구개발의 목적 및 필요성

○ 기술개발은 항상 위험성이 존재하고 이의 극복 또한 연구개발을 통해서 가능할 것이며 고속전철 기술개발은 현재수준을 넘어선 기술력을 목표로 해야 함.

○ 따라서 300km/h급 경부 고속전철의 기술이전을 바탕으로 고속전철기술개발사업에서 350km/h급 고속철도 시제차량 및 관련 핵심기술이 개발되었으며, 이에 대해 신뢰성과 실용성을 갖출 필요성이 있음.

○ 본 과제의 목적은 8개의 소과제로 나뉘어 있는 기술개발 과제의 유기적인 연계 및 관계정립과 시스템 통합관리를 통하여 전체 시스템 개발사업이 효율적으로 운영되도록 하는 것에 있음.

○ 고속철도는 다양한 부품, 하부시스템 및 인프라와 관계가 있으며, 이들과 관련된 과제들의 상호 밀접한 인터페이스를 통해 원활하게 본 연구사업이 진행될 수 있도록 할 필요성이 있음.

○ 2007년 본 연구개발 사업이 완료될 때 본 연구사업의 결실인 한국형 고속철도가 국내에서 상업운전이 가능하도록 고속철도의 수요자 관점에서의 검토가 필요함.

○ 2004년 4월부터 국내에서 상업 운행 중인 경부 고속철도 사업과 더불어 본 연구 사업으로 실용화되는 한국형 고속철도 기술에 대한 대국민 홍보를 강화하여 국민에게 고속철도에 대한 이미지를 좋은 방향으로 유도할 필요성이 있음.

○ 따라서, 본 연구과제에서는 한국형 고속철도 차량에 대한 실용화를 위한 과제간의 효율적인 관리는 물론 수요자 및 국민에 대한 홍보를 강화하는 방향으

로 추진되어야 함.

Ⅲ. 연구개발의 내용 및 범위

○ 고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리
- 고속철도기술개발사업 안정화 시험일정 총괄관리 및 조정
- 분기별 연구책임자 회의를 통한 각 과제간 상호 역할 및 업무분담의 조정·관리
- 과제별 수행 진척도에 따른 사업 일정·목표관리 및 시스템 기술통합, 조정
- 열차 안정화 및 신뢰성 확보를 위한 4만km 이상 주행
- 한국형 고속열차 시운전단 운영

○ 시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야간 인터페이스 조정, 관리
- 개발된 고속철도시스템에 대한 수요자 관점의 기술 자문·검토 및 조정
- 개발열차의 서브시스템(Sub-System) 인터페이스 조정, 관리
- 시스템 안정화 관련 개발품 유지보수·예비품 조달, 관리

○ 개발결과 활용방안 수립지원
- 개발결과 활용방안(실용화) 수립지원
  · 개발차량의 향후 활용에 대비한 기술적 검토 및 방안 수립
- 안정화 시운전 시험 결과 종합 활용 방안 수립
- 각 과제별 성과정리 및 평가방안 수립
- 최종평가를 위한 신뢰성 목표치를 I-2과제, II-1 및 II-2과제와 협의하여 시스템별로 수립

○ 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄
- 수요조사/ 사례조사 / 정책관련교육훈련 매뉴얼 작성(국·영문)
- 추진전략수립 및 프로그램 개발
- 프로그램 시행계획수립

Ⅳ. 연구개발결과

○ 고속철도기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리

- 연구과제 책임자 회의를 통한 각 과제의 목표관리 및 일정조정
  - 전체과제 일정관리 및 조정
  - 연도별 사업추진 내용 조정
- 안정화 시험일정 조정, 관리 및 지원
  - 한국형 고속열차 시운전단 운영(3-5차년도)
  - 증속시험 및 안정화 시험 총괄
  - G7 개발열차의 증속시험 및 안정화 시험 총괄
  - 안정화 시험시 발생하는 문제의 해결책 수립 및 역할 분담 조정
  - 오송사무소 관리, 작업현황 및 시설공단/철도공사와의 일정 협의
  - 안정화 시험시 발생문제의 해결책 수립 및 역할 분담조정
  - 안전관리
  - 시운전 시험 결과의 참여기업 활용지원
  - 한국형 고속열차 증속시험 협의

○ 기술개발 성과의 활용방안 모색

- 기술개발 성과를 이용한 수요처 기술자문(철도공사)
  - KTX 영업운전을 위한 기존선 속도향상 검증지원
  - 철도청 KTX 운행 관련 기술지원
  - 연결선 증속시험
  - 경부기존선 KTX운행을 위한 사전 인터페이스 시험
- 개발열차 향후 활용방안 검토
  - 개발열차 해외진출 기술지원
  - 실용화 열차(전라선/호남선) 기술지원(4-5차년도)

○ 차량 레일간 상호작용 현상 인터페이스 연구(위탁, 1-3차년도)

○ 고속철도기술개발사업의 홍보 및 평가

- 고속철도 개발과 관련 각종 전달매체 및 전시회 참가를 통한 홍보
- 개발열차의 시승행사

○ 차세대 고속철도기술개발사업 기획(4차년도)

○ 고속철도기술개발관련 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄(5차년도)

V. 연구개발결과의 활용계획

○ 수입대체

- 호남선에 투입되는 향후 물량의 사양확정 및 국내 기술에 의한 수요
- 남북 철도 및 유라시아철도에 고속철도 기술 활용

○ 해외진출

- 시스템 통합기술, 전기신호시스템, 차량시스템 및 부품, 선로구축물 분야별로 기술을 완제품 또는 부품으로 해외시장 진출

○ 국내고속철도의 안전 확보

- 충분한 시운전을 통한 국내여건에 맞는 안전기준 수립
- 유지관리를 체계화하여 비용절감, 효율 극대화 및 신뢰성 제고
- 기존선과 연계 운영관련 기술적인 지원으로 안전 및 운행 효율 제고

SUMMARY

The project for development of KHST(Korea High Speed Train) has been conducted for 6 years to design and construct the prototype high speed train running at the maximum speed of 350 km/h by home grown technologies. Many organizations composed of industries, universities and institutes have participated in the project and prototype component products related with KHST have been developed and tested in 2002. However, the performances of the prototype KHST and developed products were certified partially, because the testing period was not enough for complete certification of reliability.

A new research project has been commenced since December 2002 for practical use and stabilization of KHST and the related components developed in the previous project. The first and second projects completed successfully. Now, the fifth year project is going on and trial running test of the prototype KHST is being conducted on the Korean high-speed line. On 16, Dec. 2004, KHST had achieved the speed of 352.4 km/h. Total 316 times of trial tests had been conducted amounting to 204,525 km running distance('07. 10). The KHST had been selected as the preferred negotiator in the international bid for Honam/Cholla line of KORAIL in Nov. 2005 and will start a commercial service in 2009.

The research contents of the new project for general management and system integration of high speed railway technologies are summarized as follows;

○ General management and adjustment of the project for development of high speed railway technologies

- Management of targets and adjustment of schedules by meetings of project directors
- Adjustment of schedules, management and support for tests for stabilization
- Interface of development technologies with demand organization
- Operation and management of Korea high speed train commissioning bureau

○ Use of results of technology development
- Technical advisory for customers by using the results of technology development
- Technical support for the export of Korean high speed train

○ General management for drawing the manual of the education and the training

○ Advertisement for the project for development of high speed railway technologies
- Advertisement of the results of the project for development of high speed railway technologies through various mass media
- Participation in fairs
- Promotion through trial rides

목 차

제1장 서론 ····· 1

제1절 G7 고속전철기술개발사업의 추진현황 및 결과 요약 ····· 1

1. G7 고속전철기술개발사업 개요 ····· 1

2. G7 고속전철기술개발사업 추진실적 ····· 6

3. G7 고속전철기술개발사업 평가 ····· 11

가. 과제 최종평가 ····· 11

나. 고속전철기술개발사업(선도기술개발사업, G7)의 최종평가 ····· 14

제2절 고속철도기술개발사업의 현황 요약 ····· 16

1. 고속철도기술개발사업 개요 ····· 16

2. 고속철도기술개발사업 추진 현황 ····· 18

제3절 통합 및 총괄과제의 현황 요약 ····· 23

1. 통합 및 총괄과제의 역할 ····· 23

2. 연구개발의 목표 및 연구내용 ····· 27

가. 연구개발 최종목표 ····· 27

나. 연차별 연구개발 목표 및 내용 ····· 27

다. 당해연도 상세 연구내용 ····· 29

라. 당해연도 시운전 시험 계획 ····· 30

제2장 국내·외 기술개발 현황 ····· 31

제1절 국내 기술개발 현황 ····· 31

제2절 국외 기술개발 현황 ····· 32

1. 프랑스의 기술개발 동향 ····· 32
2. 일본의 기술개발 동향 ····· 37
3. 독일의 기술개발 동향 ····· 44

제3장 주요 연구추진 현황 ····· 50

제1절 고속철도기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리 ····· 50

1. 연구과제 책임자 회의를 통한 각 과제의 목표관리 및 일정조정 ····· 50
   가. 전체과제 일정관리 ····· 50
   나. 연도별 사업추진 내용 조정 ····· 92

2. 안정화 시험일정 조정, 관리 및 지원 ····· 96
   가. 안정화 시험 총괄 ····· 96
   나. 안정화 시험시 발생문제의 해결책 수립 및 역할 분담조정 ····· 250
   다. 시운전시험결과에 대한 참여기업의 활용 ····· 282
   라. 한국형고속열차 시운전단 운영 ····· 300
   마. 시운전 시험을 위한 관계기관 간 협약 체결 및 변경 ····· 316

제2절 기술개발 성과의 활용방안 모색 ····· 327

1. 기술개발 성과에 대한 수요처 기술자문 수행 ····· 327
   가. KTX 영업운전을 위한 기존선 속도향상 검증지원(2차년도) ····· 327

나. 철도청 KTX 운행 관련 기술지원(1차년도-3차년도) ····· 329
다. 연결선 증속시험(3차년도) ····· 341
라. 경부기존선 KTX운행을 위한 사전 인터페이스 시험(5차년도) ····· 343
마. 위성 인터넷 시험(5차년도) ····· 346

2. 개발열차 향후 활용방안 검토 ····· 348
가. 해외진출 기술지원(3-4차) ····· 348
나. 실용화 열차(전라선/호남선)기술지원 ····· 355

제3절 차세대 고속철도 기획 ····· 364

1. 차세대 고속철도 기술개발사업 추진경위 ····· 364

2. 기획(안) 내용 요약 ····· 365
가. 서론 ····· 365
나. 국내외 기술현황 분석 ····· 370
다. 소요기술 분석 ····· 377
라. 프로그램 및 추진체계 설정 ····· 379
마. 사업투입 인력 및 예산 ····· 386
바. 기대효과 ····· 387

제4절 고속철도 기술개발관련 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄 ····· 389

1. 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄 ····· 389
가. 필요성 ····· 389
나. 주요 추진경위 ····· 389
다. 매뉴얼 작성 원칙 ····· 389
라. 매뉴얼 작성 분야 ····· 390

2. 계획수립분야 ····· 392

가. 고속철도 계획수립 분야 매뉴얼 기획 및 작성 목적 ····· 392
나. 계획수립 분야 교육훈련 매뉴얼의 기본 고려항목 ····· 393
다. 고속철도 계획수립분야 매뉴얼 주요내용 ····· 395
라. 고속철도 계획수립 분야 매뉴얼의 발전방향 ····· 409
참고문헌 ····· 412

3. 프로그램 기획 분야 ····· 414
가. 고속철도 교육/훈련 프로그램 목표 및 기대효과 ····· 414
나. 국내·외 교육/훈련 프로그램 사례 ····· 415
다. 고속철도 교육/훈련 프로그램 기획 ····· 422
라. 고속철도 교육/훈련 프로그램 내용 ····· 424
마. 맺음말 ····· 434

제5절 고속철도기술개발사업의 홍보 및 평가 ····· 435

1. 고속철도 개발결과 홍보 ····· 435
가. 방송매체를 통한 홍보 ····· 435
나. 전시회 참가 ····· 460

2. 개발열차의 시승행사 ····· 473

제6절 차량 레일간 상호작용 현상 인터페이스 연구(위탁) ····· 486

1. 서론 ····· 486
가. 연구 배경 ····· 486
나. 연구 내용 ····· 487
다. 차륜 손상 예측 모델링 방법론 ····· 490

2. 고속전철 차량의 동역학적 해석 ····· 495
가. 연구의 범위 ····· 495

나. 차량 모델 ····· 496
다. 차륜 레일간의 상호작용 ····· 496
라. 레일 궤도의 불규칙성(Track Irregularity) ····· 497
마. 주행조건 ····· 499
바. 해석 결과 ····· 503

3. 접촉문제해석 ····· 504
가. Hertz' Contact Theory ····· 504
나. 크리이프(creep)와 크립력(creep force) ····· 505
다. Traction의 결정 ····· 506
라. Traction bound ····· 509

4. 유한 요소 해석 ····· 511
가. 해석 모델 ····· 511
나. 유한요소 해석 조건 ····· 513
다. 유한요소 해석 결과 ····· 515
라. Stick 및 Slip의 판별 ····· 521

5. 마모해석 ····· 523
가. 미끄럼 마모 ····· 525
나. 마모 해석 결과 ····· 526

6. 철도차량 차륜의 구름접촉 피로해석 ····· 531
가. 구름접촉 피로예측 ····· 532
다. 표면하 개시 피로 (Subsurface-initiated fatigue) ····· 536
라. 깊은 결함에서 개시된 피로 (Fatigue Initiated at Deep Defects) ····· 542
마. 실용적인 사용 ····· 544

7. 기타 연구 내용 ····· 548
가. 차륜/레일 단면형상 측정 장치 (profilometer) ····· 548

나. 개발된 프로그램의 사용 예 ····· 550
다. 마모 실험장치 개념설계 ····· 552

8. 결론 ····· 553

제7절 결론 ····· 558

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도 ····· 561

제1절 목표 달성도 ····· 561

제2절 관련분야 기여도 ····· 564

[부록 1] 한국형 고속열차(G7)의 경부 기존선대전-동대구 구간
운행적합성 시험 ····· 부록-1

그림 차례

그림 1.3.1.1 350 km/h 주행화면(2004. 12. 16) ····· 25
그림 1.3.1.2 주행속도 증속현황 ····· 25
그림 1.3.1.3 주행거리 현황 ····· 26
그림 1.3.1.4 무사고 20만 km 달성 기념사진 ····· 26
그림 2.2.1.1 운행 중인 TGV-R 차량 ····· 32
그림 2.2.1.2 프랑스의 새로운 고속열차 AGV ····· 33
그림 2.2.1.3 신형 AGV 열차의 외형 ····· 34
그림 2.2.2.1 FASTECH 360 열차 외형 ····· 37
그림 2.2.2.2 새로운 판토그래프 ····· 39
그림 2.2.2.3 공기저항 증가장치 ····· 40
그림 2.2.2.4 판토그래프의 공력소음 저감장치 ····· 41
그림 2.2.2.5 선두부 형상 ····· 42
그림 2.2.3.1 ICE 3 ····· 45
그림 2.2.3.2 ICE 3 차량 배치도 ····· 47
그림 2.2.3.3 Velaro E 외형 개념도 ····· 49
그림 3.1.1.1 고속철도기술개발사업 전체 추진일정 ····· 51
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/7) ····· 52
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/7) ····· 53
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/7) ····· 54
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/7) ····· 55
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/7) ····· 56
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/7) ····· 57
그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/7) ····· 58
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/8) ····· 59
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/8) ····· 60
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/8) ····· 61

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/8) ····· 62
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/8) ····· 63
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/8) ····· 64
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/8) ····· 65
그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/8) ····· 66
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/8) ····· 67
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/8) ····· 68
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/8) ····· 69
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/8) ····· 70
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/8) ····· 71
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/8) ····· 72
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/8) ····· 73
그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/8) ····· 74
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/9) ····· 75
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/9) ····· 76
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/9) ····· 77
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/9) ····· 78
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/9) ····· 79
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/9) ····· 80
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/9) ····· 81
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/9) ····· 82
그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(9/9) ····· 83
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/8) ····· 84
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/8) ····· 85
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/8) ····· 86
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/8) ····· 87
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/8) ····· 88
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/8) ····· 89
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/8) ····· 90
그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/8) ····· 91

그림 3.1.2.1 전부 동력차 롤 각 ····· 252
그림 3.1.2.2 중간객차 롤 각 ····· 252
그림 3.1.2.3 후부 동력차 롤 각 ····· 252
그림 3.1.2.4 Anti-yaw 댐퍼 시험 ····· 253
그림 3.1.2.5 전체 Battery Pack이 Common되어 있는 상태 ····· 255
그림 3.1.2.6 우측 차륜 찰상 ····· 256
그림 3.1.2.7 좌측 차륜 찰상 ····· 256
그림 3.1.2.8 4번대차 1번 차륜 ····· 257
그림 3.1.2.9 7번대차 2번 차륜 ····· 257
그림 3.1.2.10 냉매 압력 측정 ····· 260
그림 3.1.2.11 냉매 레벨 검사 ····· 260
그림 3.1.2.12 압축기 오일 레벨 검사 ····· 260
그림 3.1.2.13 압축기 전기 검사 ····· 260
그림 3.1.2.14 TRS 구성도 ····· 262
그림 3.1.2.15 동력차 주변압기 취거 사진(측면) ····· 268
그림 3.1.2.16 동력차 주변압기 보호 앵글 사진 ····· 268
그림 3.1.2.17 주변압기 모터블럭 1차측 인입애자 ····· 268
그림 3.1.2.18 주변압기 보조블럭 1차측 인입애자 ····· 268
그림 3.1.2.19 계산을 위한 가상의 횡댐퍼 설치 위치 ····· 271
그림 3.1.2.20 댐퍼의 감쇠계수에 따른 차체 RMS가속도 변화 ····· 271
그림 3.1.2.21 승차감 향상도 ····· 272
그림 3.1.2.22 객차대차 설치 검토 ····· 272
그림 3.1.2.23 동력차 대차 댐퍼 교체 안 ····· 274
그림 3.1.2.24 세미 액티브 서스펜션 구성 ····· 275
그림 3.1.2.25 세미액티브 댐퍼의 제어법과 시스템 구성 ····· 276
그림 3.1.2.26 한국형고속열차용 세미액티브 댐퍼 특성 곡선 ····· 277
그림 3.1.2.27 제작된 댐퍼의 특성 곡선 ····· 277
그림 3.1.2.28 댐퍼의 시간 특성 곡선 ····· 278
그림 3.1.2.29 댐퍼 설치 작업 ····· 280
그림 3.1.2.30 선두차 세미액티브 제어시험 ····· 281

그림 3.1.2.31 후미차 세미액티브 제어시험 ····· 281
그림 3.1.2.32 신선에서의 변압기 온도 특성 ····· 284
그림 3.1.2.33 신선에서의 전동기 온도 특성 ····· 284
그림 3.1.2.34 IGCT 소손시의 주요 신호 ····· 285
그림 3.1.2.35 동력대차의 Cross Blending 개념도 ····· 286
그림 3.1.2.36 답면제동력 수정 (1차, 2차) ····· 287
그림 3.1.2.37 현재 설정된 답면제동실린더 압력 ····· 287
그림 3.1.2.38 차륜 답면 마모 및 열크랙 발생 모습 ····· 288
그림 3.1.2.39 상용 회생시 제동장치별 대차당 제동력 곡선 ····· 291
그림 3.1.2.40 비상 회생시 제동장치별 대차당 제동력 곡선 ····· 291
그림 3.1.2.41 상용 회생시 차량 전체 제동력 곡선 ····· 292
그림 3.1.2.42 비상 회생시 차량 전체 제동력 곡선 ····· 292
그림 3.1.2.43 KTX 열차 제동장치별 제동력 곡선 ····· 293
그림 3.1.2.44 상용 회생제동시 차량 전체 제동력 곡선 ····· 294
그림 3.1.2.45 답면제동 투입 속도대역 변경에 따른 제동력 곡선 ····· 294
그림 3.1.2.46 상용제동 및 비상제동에 대한 대차당 디스크제동력 ····· 296
그림 3.1.2.47 손실 제동력 보상을 위한 디스크 제동력 수정 곡선 ····· 297
그림 3.1.2.48 슬립발생에 의한 모터블럭 차단 ····· 298
그림 3.1.2.49 Gate Power Supply 저전압에 의한 모터블럭 차단 ····· 299
그림 3.1.2.50 통신 고장에 의한 모터블럭 차단 ····· 299
그림 3.1.2.51 시운전단 조직표 ····· 301
그림 3.1.2.52 시운전중 운전사고 보고 계통도 ····· 304
그림 3.1.2.53 차량유치중 운전사고 보고 계통도 ····· 305
그림 3.1.2.54 차량종합점검 사진 ····· 308
그림 3.1.2.55 차량/검수설비 적합성 시험 사진 (고양고속차량관리단) ····· 309
그림 3.1.2.56 주요 장치 점검 ····· 309
그림 3.1.2.57 3차년도 1차 변경협약서 원문 (날인지) ····· 319
그림 3.1.2.58 4차년도 2차 변경협약서 원문 (표지) ····· 320
그림 3.1.2.59 4차년도 2차 변경협약서 원문 (서명지) ····· 321
그림 3.1.2.60 영업배상책임보험 계약증서 원문그림 ····· 325

그림 3.1.2.61 단체 상해보험 계약증서 원문 ····· 326
그림 3.2.1.1 집전판 외측 이상 접촉 ····· 330
그림 3.2.1.2 전차선 건넘선 구조 ····· 330
그림 3.2.1.3 경부선(상행) 차축가속도(횡) 데이터 분석결과 "예" ····· 333
그림 3.2.1.4 10월 17일 데이터 분석 종합 결과 "예" ····· 334
그림 3.2.1.5 트리포드 부위 센서설치 위치 ····· 336
그림 3.2.1.6 계측시스템 구성도 ····· 336
그림 3.2.1.7 센서 및 시험계측장비 설치 모습 ····· 337
그림 3.2.1.8 1차 시험 측정 결과 (80km/h) ····· 339
그림 3.2.1.9 2차 시험 측정 결과 (160km/h) ····· 339
그림 3.2.1.10 3차 시험 측정 결과 (160km/h) ····· 340
그림 3.2.1.11 4차 시험 측정 결과 (160km/h) ····· 340
그림 3.2.1.12 이동형 안테나 설치모습 ····· 347
그림 3.2.2.1 터어키 고속철도 건설계획 ····· 352
그림 3.2.2.2 터어키 철도노선 현황 검토 ····· 353
그림 3.2.2.3 사우디아라비아 고속철도 노선 계획도. 적색선 : 기존선 개량 청색선 : 신선건설 ····· 354
그림 3.4.1.1 분야별 구성 내용 ····· 390
그림 3.4.2.1 고속철도의 시험 및 운영속도 ····· 395
그림 3.4.2.2 고속철도 시스템의 운영 및 계획현황 ····· 395
그림 3.4.2.3 경부선 노선(1단계) ····· 397
그림 3.4.2.4 호남선 노선 ····· 397
그림 3.4.2.5 한국형 고속전철 시제차량 편성도 ····· 399
그림 3.4.2.6 한국형 고속전철과 KTX 외관 ····· 399
그림 3.4.2.7 수송 분담율과 에너지 소비율 ····· 401
그림 3.5.1.1 1차년도 보도내용(1/3) ····· 438
그림 3.5.1.1 1차년도 보도내용(2/3) ····· 439
그림 3.5.1.1 1차년도 보도내용(3/3) ····· 440
그림 3.5.1.2 2차년도 언론매체 보도내용 일부 ····· 443
그림 3.5.1.3 3차년도 언론매체 보도내용 일부 ····· 447

그림 3.5.1.4 언론 보도 ····· 454
그림 3.5.1.5 언론 보도 ····· 459
그림 3.5.1.6 부산 국제철도 물류전 참가관련 사진(1차년도) ····· 462
그림 3.5.1.7 2005년도 미래 성장동력 연구성과 전시회 ····· 464
그림 3.5.1.8 한국정밀공학회 춘계학술대회 전시회 ····· 465
그림 3.5.1.9 대한민국 과학축전 ····· 466
그림 3.5.1.10 2006년도 미래 성장동력 연구성과 전시회 ····· 468
그림 3.5.1.11 2006년도 대한민국기술대전 시상식 및 전시회 ····· 470
그림 3.5.1.12 2007년도 미래 성장동력 연구성과 전시회 ····· 472
그림 3.5.2.1 2차년도 시승행사 관련 사진 ····· 476
그림 3.5.2.2 3차년도 시승행사 관련 사진 ····· 480
그림 3.5.2.3 주요 시승행사 사진 ····· 483
그림 3.5.2.4 주요 시승행사 사진 ····· 485
그림 3.6.1.1 차륜 손상 예측을 위한 흐름도 ····· 490
그림 3.6.2.1 HSR 350x의 전체 모습 ····· 495
그림 3.6.2.2 한국형 고속전철의 다물체 동역학 모델링 ····· 496
그림 3.6.2.3 차륜의 단면형상 ····· 497
그림 3.6.2.4 레일의 단면형상 ····· 497
그림 3.6.2.5 경부고속철도 시운전 구간의 좌우 불규칙도 ····· 498
그림 3.6.2.6 경부고속철도 시운전 구간의 상하 불규칙도 ····· 498
그림 3.6.2.7 경부고속철도 시운전 구간의 궤간 불규칙도 ····· 498
그림 3.6.2.8 호남선 특정 구간의 좌우 불규칙도 ····· 499
그림 3.6.2.9 호남선 특정 구간의 상하 불규칙도 ····· 499
그림 3.6.2.10 호남선 특정구간의 궤간 불규칙도 ····· 499
그림 3.6.2.11 곡선주로의 조건 (a) 캔트, (b) 주행 궤적 ····· 500
그림 3.6.2.12 차륜/레일 접촉점 ····· 503
그림 3.6.2.13 윤중 ····· 503
그림 3.6.3.1 국부적인 접촉 해석 ····· 507
그림 3.6.4.1 FE 해석을 위한 차륜/레일 전체 모델 ····· 512
그림 3.6.4.2 FE 해석을 위한 차륜/레일 접촉 모델 ····· 512

그림 3.6.4.3 응력-변형률 특성 곡선 ····· 513
그림 3.6.4.4 FE 해석의 접촉 조건 (직선 궤도) ····· 514
그림 3.6.4.5 FE 해석의 접촉 조건 (곡선 궤도 - 좌측륜) ····· 514
그림 3.6.4.6 FE 해석의 접촉 조건 (곡선 궤도 - 우측륜) ····· 515
그림 3.6.4.7 Mises Stress distribution (직선 궤도) ····· 516
그림 3.6.4.8 Mises Stress distribution (곡선 궤도 - 좌측륜) ····· 516
그림 3.6.4.9 Mises Stress distribution (곡선 궤도 - 우측륜) ····· 516
그림 3.6.4.10 접촉압력 분포 ····· 517
그림 3.6.4.11 접촉압력 분포 (직선 궤도) ····· 518
그림 3.6.4.12 종방향 접촉압력 분포 (직선궤도) ····· 518
그림 3.6.4.13 횡방향 접촉압력 분포 (직선 궤도) ····· 518
그림 3.6.4.14 접촉 압력 분포 (곡선궤도 - 우측륜) ····· 519
그림 3.6.4.15 종방향 접촉압력분포 (곡선궤도 - 우측륜) ····· 519
그림 3.6.4.16 횡방향 접촉압력 분포 (곡선궤도 - 우측륜) ····· 519
그림 3.6.4.17 접촉압력 분포 (곡선궤도 - 좌측륜) ····· 520
그림 3.6.4.18 종방향 접촉압력 분포 (곡선궤도 - 좌측륜) ····· 520
그림 3.6.4.19 횡방향 접촉압력분포 (곡선궤도 - 좌측륜) ····· 520
그림 3.6.4.20 압력과 전단 응력의 개략적 도시 ····· 522
그림 3.6.4.21 접촉면에서의 점착/슬립 영역 (직선궤도);(a) Hertztheory, (b) FE analysis ····· 522
그림 3.6.5.1 접촉점에서의 마모 깊이 (직선 궤도) ····· 527
그림 3.6.5.2 접촉점에서의 마모 깊이 (곡선궤도 - 좌측륜) ····· 527
그림 3.6.5.3 접촉점에서의 마모 깊이 (곡선궤도 - 우측륜) ····· 528
그림 3.6.5.4 총 마모체적 ····· 528
그림 3.6.5.5 R=7000m일 때 마모분포 ····· 529
그림 3.6.5.6 R=8000m일 때 마모분포 ····· 529
그림 3.6.5.7 R=400에서의 마모 분포 ····· 530
그림 3.6.5.8 R=500에서의 마모 분포 ····· 530
그림 3.6.6.1 차륜 답면의 RCF 피로균열시작에 대한 종방향 및 횡방향 traction 방향 ····· 531

그림 3.6.6.2 X로 표시된 work point(WP)로 나타낸 Shakedown map. ····· 534
그림 3.6.6.3 표면하 개시 피로 크랙 [30] ····· 537
그림 3.6.6.4 순수 구름 접촉으로 통과할 때의 개략적인 그림 ····· 538
그림 3.6.6.5 표면하 등가응력에 미치는 횡방향 작용하중의 영향 ····· 540
그림 3.6.6.6 깊은 결함에 의해 개시되는 피로 [29] ····· 543
그림 3.6.6.7 shakedown map에 표시된 오른쪽 뒤 차륜에 대한 Work points (X들의 띠로 표시됨) ····· 545
그림 3.6.6.8 동력대차의 우측차륜 대한 발생수(수직좌표) vs. (횡좌표).(총 1002번의 발생) ····· 546
그림 3.6.6.9 발생 빈도(총 1000) vs. FI_{sub} ····· 547
그림 3.6.6.10 발생 빈도(총 1000) vs. FI_{def} ····· 548
그림 3.6.7.1 제작된 단면형상 측정 장치 ····· 549
그림 3.6.7.2 단면형상 측정 장치의 serial port 통신 프로그램 ····· 550
그림 3.6.7.3 측정데이타 그래프 ····· 551
그림 3.6.7.4 변환된 차륜 단면형상 그래프 ····· 551
그림 3.6.7.5 차륜 단면형상을 4차 다항식으로 curve fitting 해석한 후의 그래프 ····· 551
그림 3.6.7.6 마모실험장치의 구상도 ····· 552
그림 3.6.7.7 마모측정에 사용된 장 ····· 552

표 차례

표 1.1.1.1 고속전철기술개발사업의 단계별 목표 ····· 3
표 1.1.1.2 한국형 고속전철시스템의 핵심기술 ····· 3
표 1.1.1.3 사업 추진경위(1/2) ····· 4
표 1.1.1.3 사업 추진경위(2/2) ····· 5
표 1.1.2.1 주요 추진실적 ····· 6
표 1.1.3.1 과제별 최종평가 결과(1/2) ····· 12
표 1.1.3.1 과제별 최종평가 결과(2/2) ····· 13
표 1.1.3.2 선도기술개발 연구사업 최종평가 결과 ····· 15
표 1.2.1.1 분야별 기술개발 목표 ····· 17
표 1.2.1.2 기술개발 과제명 ····· 17
표 1.2.2.1 신뢰성 및 안전체계 분야 연차별 주요 연구내용 ····· 19
표 1.2.2.2 시스템 안정화 분야 연차별 주요 연구내용 ····· 20
표 1.2.2.3 각 과제별 주요 연구내용(1/2) ····· 21
표 1.2.2.3 각 과제별 주요 연구내용(2/2) ····· 22
표 1.3.2.1 연차별 연구목표 및 연구내용(1/2) ····· 27
표 1.3.2.1 연차별 연구목표 및 연구내용(2/2) ····· 28
표 1.3.2.2 고속철도 시운전 시험일정(안) ····· 30
표 3.1.2.1 고장 발생 현황 ····· 96
표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(1/4) ····· 98
표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(2/4) ····· 99
표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(3/4) ····· 100
표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(4/4) ····· 101
표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(1/7) ····· 103
표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(2/7) ····· 104

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(3/7) ····· 105
표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(4/7) ····· 106
표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(5/7) ····· 107
표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(6/7) ····· 108
표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(7/7) ····· 109
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(1/14) ····· 111
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(2/14) ····· 112
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(3/14) ····· 113
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(4/14) ····· 114
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(5/14) ····· 115
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(6/14) ····· 116
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(7/14) ····· 117
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(8/14) ····· 118
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(9/14) ····· 119
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(10/14) ····· 120
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(11/14) ····· 121
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(12/14) ····· 122
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(13/14) ····· 122
표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(14/14) ····· 124
표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(1/6) ····· 126
표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(2/6) ····· 127
표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(3/6) ····· 128
표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(4/6) ····· 129
표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(5/6) ····· 130
표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(6/6) ····· 131
표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(1/7) ····· 133
표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(2/7) ····· 134
표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(3/7) ····· 135
표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(4/7) ····· 136
표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(5/7) ····· 137

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(6/7) ····· 138
표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(7/7) ····· 139
표 3.1.2.7 안정화 시험시 발생 주요 사항 현황 ····· 251
표 3.1.2.8 차체의 롤 경사각(2003년 7월 5일) ····· 251
표 3.1.2.9 대차 횡방향 진동가속도(280km/h) ····· 254
표 3.1.2.10 차체 횡방향 진동가속도(280km/h) ····· 254
표 3.1.2.11 MB2 와 MB5의 견인 특성 비교 ····· 258
표 3.1.2.12 운행 중 격리 횟수 ····· 259
표 3.1.2.13 점검 및 유지보수 소요 인력 ····· 261
표 3.1.2.13 주요 지원내용 ····· 282
표 3.1.2.14 Brake Shoe 교체 주기 비교 ····· 288
표 3.1.2.15 속도별 디스크 제동력 검토 결과 ····· 289
표 3.1.2.16 속도별 휠디스크 제동력 검토 결과 ····· 289
표 3.1.2.17 속도별 답면 제동력 검토 결과 ····· 289
표 3.1.2.18 상용제동시 속도별 회생 제동력 검토 결과 ····· 290
표 3.1.2.19 비상제동시 속도별 회생 제동력 검토 결과 ····· 290
표 3.1.2.20 KTX 열차 답면제동 투입조건 ····· 293
표 3.1.2.21 제동거리 검토 결과 ····· 295
표 3.1.2.22 답면제동 투입 시점에 대한 제동거리 시뮬레이션 결과 ····· 295
표 3.1.2.23 시뮬레이션 신뢰성 검토 결과(4MB기준) ····· 295
표 3.1.2.24 시운전단 반별 업무 및 역활 ····· 303
표 3.1.2.25 2차 변경 협약의 조문 대비표 ····· 318
표 3.2.2.1 적합성시험 결과 ····· 355
표 3.2.2.2 모터블럭 기술지원내용 ····· 362
표 3.2.2.3 보조블럭 기술지원내용 ····· 362
표 3.2.2.4 제동장치 기술지원내용 ····· 363
표 3.2.2.5 차상컴퓨터장치 기술지원내용 ····· 363
표 3.4.1.1 분야별 상세 내용 ····· 391
표 3.4.2.1 고속철도 시장규모 ····· 394
표 3.4.2.2 고속철도 비교표 ····· 394

표 3.4.2.3 경부선 단계별 시설현황 ····· 396
표 3.4.2.4 호남/전라선 기본계획 ····· 397
표 3.4.2.5 한국형 고속전철 주요 특성비교 ····· 398
표 3.4.2.6 이용인원 증가추이 ····· 400
표 3.4.2.7 차량 및 부품 국산화 실적 ····· 407
표 3.4.2.8 중국 고속철도 사업에 진출하기 위한 일본의 노력 ····· 410
표 3.4.2.9 북경-상해 고속철도계획에 관한 공동연구조사 ····· 411
표 3.4.3.1 JR EAST 인터내셔널 코스 교육/훈련 프로그램 일정 ····· 419
표 3.4.3.2 고속철도 교육/훈련 프로그램 연수기간 ····· 423
표 3.4.3.3 고속철도 교육/훈련 프로그램 일정(안): 사업구상단계 ····· 425
표 3.4.3.4. 고속철도 교육/훈련 프로그램 일정(안): 계획수립단계 ····· 426
표 3.4.3.5 고속철도 교육/훈련 프로그램 일정(안): 건설초기단계 ····· 427
표 3.4.3.6 교육훈련 프로그램 소요경비 사례(Korail) ····· 434
표 3.5.1.1 1차년도 언론매체 보도 상세 내역 ····· 437
표 3.5.1.2 2차년도 언론매체 보도 상세 내역 ····· 442
표 3.5.1.3 3차년도 언론매체 보도 상세 내역(1/2) ····· 445
표 3.5.1.3 3차년도 언론매체 보도 상세 내역(2/2) ····· 446
표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(1/5) ····· 449
표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(2/5) ····· 450
표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(3/5) ····· 451
표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(4/5) ····· 452
표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(5/5) ····· 453
표 3.5.1.5 언론매체 보도 상세내역(1/3) ····· 456
표 3.5.1.5 언론매체 보도 상세내역(2/3) ····· 457
표 3.5.1.5 언론매체 보도 상세내역(3/3) ····· 458
표 3.5.2.1 1차년도 시승행사 상세 내역 ····· 473
표 3.5.2.2 2차년도 시승행사 상세 내역(1/2) ····· 474
표 3.5.2.2 2차년도 시승행사 상세 내역(2/2) ····· 475
표 3.5.2.3 3차년도 시승행사 상세 내역(1/3) ····· 477
표 3.5.2.3 3차년도 시승행사 상세 내역(2/3) ····· 478

표 3.5.2.3 3차년도 시승행사 상세 내역(3/3) ····· 479
표 3.5.2.4 시승행사 상세 내역 ····· 482
표 3.5.2.5 시승행사 상세 내역 ····· 484
표 3.6.1.1 1차년도 연구내용 (2002.12 ~ 2003.9) ····· 492
표 3.6.1.2 2차년도 연구내용 (2003.11 ~ 2004.10) ····· 493
표 3.6.1.3 3차년도 연구내용 (2004.11 ~ 2005.10) ····· 494
표 3.6.2.1 광명역~대전역 전용선 구간 ····· 500
표 3.6.2.2 서대전 ~ 목포 기존선 구간 데이터 (상행) ····· 501
표 3.6.2.3 서대전 ~ 목포 기존선 구간 데이터 (하행) ····· 502
표 3.6.3.1 계수 na, nb [4] ····· 505
표 3.6.3.2 크리피지와 스핀 계수 ····· 509
표 3.6.4.1 차륜/레일 접촉해석을 위한 재료 특성 ····· 512
표 3.6.4.2 FE 해석 조건 ····· 513
표 3.6.4.3 FE 해석의 결과 (응력 분포) ····· 515
표 3.6.4.4 FE 해석 결과 (접촉압력 분포) ····· 517
표 3.6.6.1 식 와 사이의 비교 ····· 541

제1장 서론

제1절 G7 고속전철기술개발사업의 추진현황 및 결과 요약

1. G7 고속전철기술개발사업 개요

고속철도기술개발사업은 과기부에서 추진한 선도기술개발사업(G7)의 하나인 고속전철기술개발사업의 연구결과인 한국형 고속전철시스템을 안정화시키고 신뢰성을 향상시켜 실용화 가능성을 높이고자 추진되었기 때문에 고속철도기술개발사업을 설명하기 전에 지난 6년 동안 추진된 "G7 고속전철기술개발사업"의 추진 현황과 결과를 요약 정리하고자 한다.

고속전철기술개발사업은 건교부를 중심으로 산자부 및 과기부가 정부부처로 참여하였으며, 한국철도기술연구원을 중심으로 129개 기관(기업: 82, 연구소: 18, 대학: 29)에서 4,934명(기업: 3,089, 연구소: 1,254, 대학: 569, 기타: 21)의 연구인원이 참가하여 1996년 12월부터 2002년 10월 까지 수행되었다. 사업의 최종목표는 "최고운영속도 350km/h 한국형 고속전철 시스템 개발 및 핵심기술 확보"였으며, 총 2,101억원(정부 1,052억원, 민간 1,049억원)의 사업비가 투자되었다.

사업은 전체적으로 2단계로 구분되어 추진되었으며, 1단계에는 해석 및 설계를 중심으로, 2단계에는 제작 및 시험·평가 위주로 사업이 추진되었다. 각 단계의 목표는 표 1.1.1.1과 같다. 또한, 개발된 한국형 고속전철시스템의 핵심기술을 경부고속철도(KTX)와 비교하면 표 1.1.1.2와 같으며, 시스템의 특징을 요약하면 다음과 같다. 동력의 방식은 집중식으로 전·후부 동력차 배치형, 대차의 형식은 관절형(연접식)으로 TGV의 전형적인 형태, 차량의 외형은 한국의 독자성을 살린 돌고래 형상, 추진장치는 전동기 형식으로 대용량의 유도전동기를 채택, 제동은 전기지령식을 사용하여 전기·기계·와전류 제동을 혼합 사용하는 방식, 차체의 재질은 동력차는 Mild Steel을 사용하였으며, 동력객차 및 객차는 알루미늄 압출재를 사용하여 중량을 경량화, 차량의 제어는 네트워크 방식을 이용한 TCN 방식을 사용하는 것으로 요약할 수 있다. 각각의 특징은 지난 6년동안 진행된 각 과제별 보고서를 살

펴보면 상세하게 파악 할 수 있다.

고속전철기술개발사업에서 연구개발하고자 하는 주요 테마를 살펴보면 KTX에 비하여 차량의 운행속도가 증가함에 따라 발생하는 기술적인 문제들을 극복하고 독자적인 기술을 확보하고자 노력한 것으로 볼 수 있으며, 이를 요약하면 다음과 같다.

○ 견인력 향상 및 열차 공기저항 저감기술

차량의 에너지 및 공기저항은 속도증가의 제곱에 비례하여 증가

⇒ 대용량 주전력변환장치, 유도전동기, 변압기 등 개발

⇒ 대차하부 공기저항 감소 구조 적용

⇒ 차량의 경량화(차체 및 장치별) 개발

⇒ 전두부 공기저항 최소화 설계

○ 주행 안정성

속도증가에 따라 동적하중의 증가로 승차감 저해, 차량동요 증가

⇒ 대차 피로강도 해석

⇒ 차체 경량화 및 대차프레임 구조 변경

⇒ 롤바 위치 변경 등 고속화에 따른 현수장치 특성해석 및 개발

○ 제동장치

속도증가에 따라 제동거리 증가로 인한 고성능 제동장치 필요

⇒ 와전류 제동장치 추가 개발

⇒ 휠디스크, 환기형 디스크 개발 적용

⇒ 재점착 및 하중제어 프로그램 및 제어기 개발

○ 집전장치 및 신호장치

속도증가에 따라 집전용량 증가 및 동적 하중 증가, 호환성을 갖는 신호시스템 개발 필요

⇒ 차량/가선 인터페이스 및 동적 특성 해석 및 집전장치 개발

⇒ 속도 향상에 따른 새로운 가선시스템 설계 및 가선재료 개발

⇒ 호환성을 갖는 신호체계 구축(자동열차제어, 집중열차제어, 전자연동장치 개발)

○ 환경 대책

속도 증가에 따른 공력 소음, 진동, EMI 등 대책 필요

⇒ 소음저감을 고려한 각장치 기술개발(판토, 차체, 대차 등)

⇒ 궤도 성능향상 흡수기술개발(체결구, 방진재, 슬라브 궤도 등)

⇒ 터널, 교량 특성해석 및 대책 기술개발

⇒ 전기전자 영향 분석 및 영향평가 시스템 구축

표 1.1.1.1 고속전철기술개발사업의 단계별 목표

1단계 ('96.12~'99.10)	○ 차세대 한국형 시스템 사양결정 및 상세설계 ○ 시제차 모형 제작 및 신호장치 1차 시제품 개발 ○ 원천설계기술 개발 및 기술인력 양성 ○ 선로구축물 설계기술 개발
2단계 ('99.11~'02.10)	○ 350km/h 시험평가기술 자립 및 시제차 완성·시운전 ○ 원천설계기술 확보 및 시스템 엔지니어링 기술 자립 ○ 선로구축물 설계기술 자립

표 1.1.1.2 한국형 고속전철시스템의 핵심기술

항목	한국형 고속전철	KTX	비고
최고운행속도	350Km/h	300Km/h	
전두부	한국형	TGV 형	공력설계
차체	알루미늄	연강(Mild Steel)	재료기술
견인전동기	유도전동기	동기전동기	
주전력변환장치 (전력소자)	IGCT	GTO	
압력조절시스템	여압시스템	환기구 개폐 방식	
제동시스템	마찰, 회생, 와전류	마찰, 회생	

고속전철기술개발사업의 추진경위를 살펴보면 표 1.1.1.3과 같다.

표 1.1.1.3 사업 추진경위(1/2)

일 자	추 진 내 용
'96. 4.	선도기술개발위원회 G7사업 확정
'96. 12. 1	고속전철기술개발사업 1단계 개시
'99. 10. 31	고속전철기술개발사업 1단계 종료
11. 1	고속전철기술개발사업 2단계 1차년도 사업 개시
12.17	1단계 연구성과 발표회 및 단계 평가
'00. 2. 17	국가과학기술위원회 국가연구개발사업 조사·분석·평가 ☞ 평가등급 'A'
4. 5	1단계 성과물 특집방송 방영 (EBS TV)
6. 8	국가과학기술위원회 국가연구개발사업 2001년 예산 사전심의 ☞ 평가등급 'B'
6. 30~7. 1	1단계 연구성과 Workshop 개최
8. 25, 9. 1	대과제별 전문위원회 개최 : RFP 변경 심의 조정
9. 8	총괄운영위원회 개최 : RFP 변경안 심의조정, 운영지침 변경, 사업비 심의
10. 12	기술개발추진위원회 개최 : 2단계 2차년도 기본계획 확정
10. 19	2단계 2차년도 사업설명회 개최
10. 30~11. 2, 11. 14	대과제별 전문위원회 개최 : 연차보고서 및 사업계획서 심의 평가
11. 1	고속전철기술개발사업 2단계 2차년도 사업시작
12. 20	2단계 1차년도 연구성과 발표
'01. 4. 11	경부고속철도 시승행사 (건교부)
4. 30	개발사업비 집행 설명회 개최
5. 9	국가연구개발사업 조사 분석·평가(과기부) ☞ 2년 연속 평가등급 'A'
5. 28~6. 15	고속전철기술개발사업 현장실태조사
6. 13	국가과학기술위원회 예산사전조정 심의 ☞ 평가등급 '계속지원'
7. 13	2단계 2차년도 상반기 Workshop 개최
9. 12~9. 20	전문위원회 및 총괄운영위원회 개최 : 2단계 3차년도 RFP(안) 심의
9. 28	기술개발추진위원회 개최 : 2단계 3차년도 기본계획 확정
10. 10~10. 11	전문위원회 개최 : 연차보고서 및 사업계획서 심의 평가
11. 1	고속전철기술개발사업 2단계 3차년도 사업 시작

표 1.1.1.3 사업 추진경위(2/2)

일 자	추 진 내 용
12.19	2단계 2차년도 연구성과 보고회
'02. 2.	한국고속철도건설공단 시험선로 사용에 대한 협약 체결
3. 14	동력차 제작 완료
5. 16	국가과학기술위원회 국가연구개발사업 조사·분석·평가 ☞ 평가등급 'B' 국가연구개발사업 예산사전조정 심의 ☞ 평가등급 '계속지원'
6. 7	시제차량 제작 및 조립 완료
6. 25	2단계 3차년도 상반기 연구성과 workshop 개최
6. 28	시제차량 오송기지 이송
'02. 8~'03. 2	시운전 시험
'03. 1. 28	전문위원회 개최 : 현장실사(개발차량 시승) 및 연차평가 실시
2. 14	총괄운영위원회 개최 : 현장실사 및 연차평가, 최종평가지침 심의
2. 27	과제 최종평가
8.	G7 기획자문회의 사업 최종평가

2. G7 고속전철기술개발사업 추진실적

고속전철기술개발사업은 초기에 총 72개로 기획되어 추진되었으며, 1단계를 거치면서 2단계에서는 27개 소과제로 조정되어 추진되었다. 이중 5개 과제는 2단계 1, 2차년도 에 종료되었으며, 최종적으로 2단계에 3차년도에는 22개 소과제가 추진되었다. 사업의 주요 성과를 요약하면 분야별로 표 1.1.2.1과 같다.

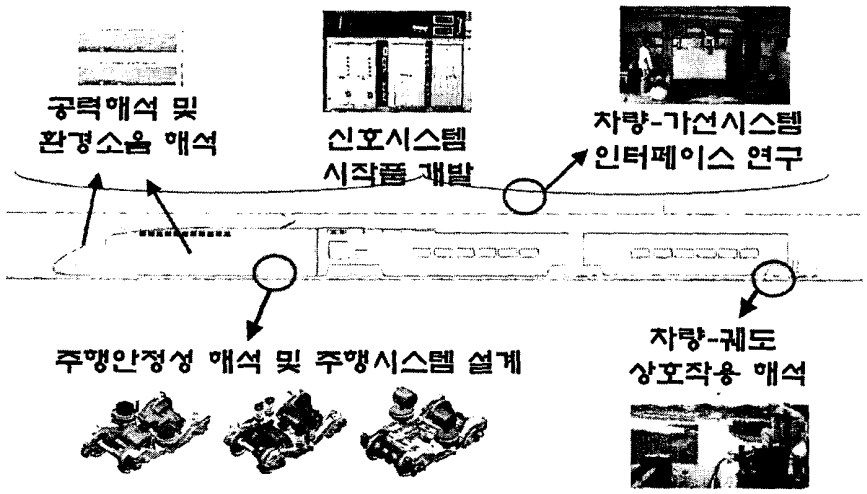
표 1.1.2.1 주요 추진실적

구 분	연 구 내 용
시스템 엔지니어링 분야	- 시스템 엔지니어링 관리체계 구축 및 기술체계 확립 - 시험평가계획에 따른 종합관리 및 종합시운전 시험/평가 수행 - 시스템 성능검증 및 성능평가기술 완성 - 시운전 통합시스템 성능검토 및 계측시스템 구축 - 신호제어 시스템 시작품 개발 및 통합시험 - 신호제어 시스템 통합 시뮬레이터 개발 및 전기·전자 환경 평가 및 대책 시스템 개발 - 선로구축물 성능 향상기술 개발 시운전을 위한 성능평가기술개발 - 시운전에 따른 선로구축물 성능 검증 및 안전성 평가
차량 시스템 및 부품분야	- 차량시스템 엔지니어링기술 체계 확립 - 차량시스템 및 부품 평가계획 수립, 평가기준설정 및 사양 확정 - 차량시스템 및 부품 시작품 개발 및 평가 - 차량시스템 및 주요 전장품 상세설계 완성 및 생산 - 차량시스템 최적설계 및 시제 차량 제작 완료 - 차량전기 시스템 통합시험 및 보완 및 진단제어 방안 확립 - 시제 차량 성능시험 수행 - 종합 시운전 시험평가 지원

또한, 주요 성과는 아래에 상세히 나타나 있다.

○ 시스템 엔지니어링 관리체계 구축 및 기술체계 확립

- 시스템 엔지니어링 및 차량시스템 기술체계 구축
- 전산 시스템 엔지니어링 체계 구축 및 하위과제 설계 및 단품시험 요건관리
- 다중열차 시뮬레이션 프로그램 개발
- 시운전 시험과 연계하여 선로구축물 안전성 평가





HSR 350X 시제차량 편성도



■ 좌석 수: 총 82석, 특실 26석, 일반실 56석
■ 서비스설비: 네트워크실 1, 카페테리아 1,
화장실: 2, 장애인 화장실 1, 승무원실 1
■ 온도, 진동, 변위 등 약 400Point On-Line으로 측정

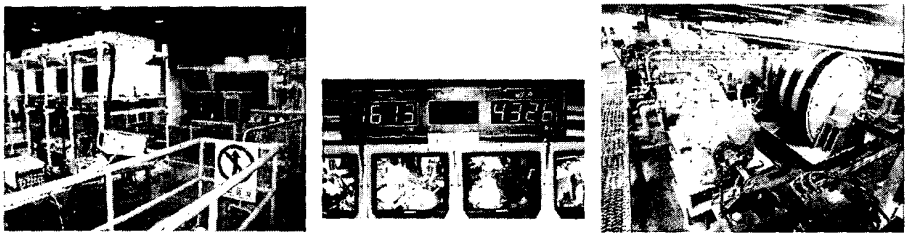
< 차량편성도>

○ 시작품 개발 및 통합시험, 공장 내 시험

- 신호제어 시스템 통합 시뮬레이터 개발 및 전기·전자 환경 평가 및 대책 시스템 개발
- 열차집중제어장치, 전자연동장치, 자동열차제어장치 시작품 제작 및 시험
- 신호제어시스템 통합시험, 추진통합시험, 제어통합시험, 추진제어통합시험 수행
- 각 부품의 성능평가 및 차량 공장 내 시험에 대한 시험평가체계 확립
- 궤도 종합 성능해석 S/W 및 주요 시작품 개발/평가
- 방진침목/체결구/슬래브 궤도 등 제작 및 성능시험



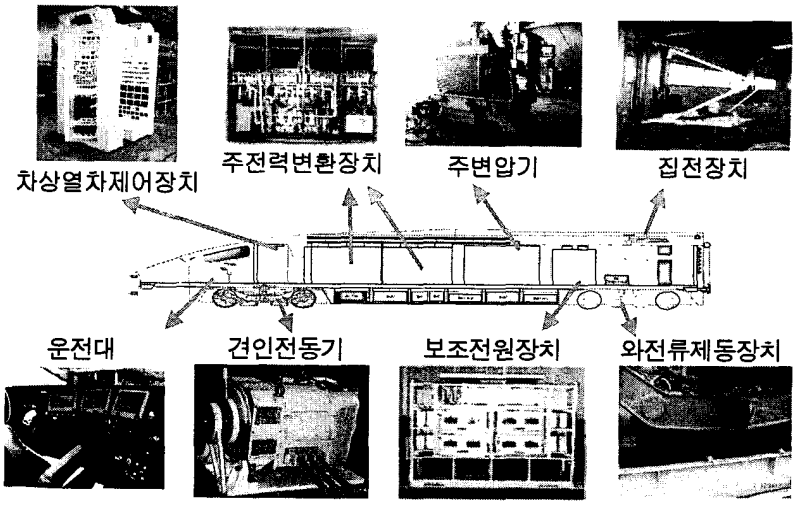
< 중국 서남교통대학 대차 Roller Rig Test 및 402km/h 현시 >



< 추진통합 시험>

○ 시제열차 제작 완료

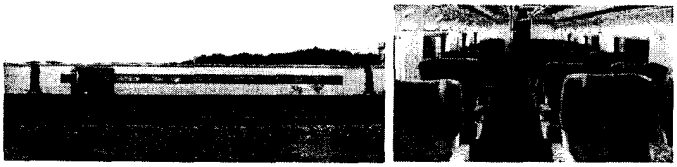
- 시제열차 제작을 위해 개발된 각 부품 제작 완료
- 동력차, 동력객차, 객차 단차별 제작 완료 ('02. 4. 24)
- 동력차 + 동력객차 Unit 조립 및 시험
- 시제열차 편성제작 및 공장 내 시험 ('02. 6. 7)
- 부품 분야 상세 연구내용: 견인전동기, 주전력변환장치 등 핵심부품 개발



< 전기추진통합 시험>

- 차량 분야 상세 연구내용: 차체 경량화(알루미늄 차체), 및 차량제작 및 시험

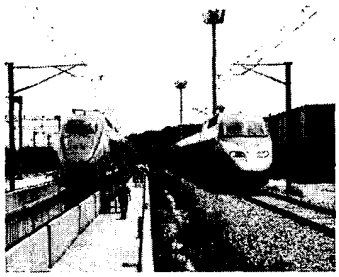

설계(차체단면도) 제작(알루미늄) 시험(압축하중시험)




배선 기기취부 편성

○ 시제열차 성능검증을 위한 본선 시운전시험

- 시제열차 성능 검증을 위한 계측시스템 구축 완료
- 시제열차 성능 시험 (2003년 2월 22일, 과제 최종평가 2월 27일)
  - 주행 최고속도 : 270 km/h
  - 총 시험 횟수 : 29회
  - 총 주행거리 : 약 3,500 km
  - 한국형 고속전철시스템(차량, 신호 등)의 성능 특성시험 및 안전성 시험

○ 논문, 특허 및 S/W 발표 건수

- 논문(국내외) : 843 편, 국내게재 : 207 편, 국외게재 : 30 편
- 특허(출원 및 등록, 국내외) : 96 건

3. G7 고속전철기술개발사업 평가

가. 과제 최종평가

고속전철기술개발사업은 단계별로 평가를 실시하도록 되어 있으며, 1단계에서는 추진된 모든 과제가 성공으로 평가되었으며. 2003년 2월 27일 실시된 과제 최종평가에서 2단계 평가를 실시하였다. 2단계 평가 결과는 표 1.1.3.1과 같이 수행된 27개 모든 과제가 성공으로 평가되었으며, 현가장치개발 과제 등 일부과제에 대해서는 고속철도기술개발사업의 진행 중에도 지속적인 A/S하도록 하였다.

표 1.1.3.1 과제별 최종평가 결과(1/2)

과제명(과제코드)	연구기관	평가	비 고
고속전철 시스템 통합 및 총괄 (Ⅱ-1-0-0)	한국철도기술연구원	성공	
고속전철 열차시험 및 성능평가 기술개발 (Ⅱ-1-0-1)	한국철도기술연구원	성공	
고속전철 시스템 엔지니어링 기술개발 (Ⅱ-1-1-0)	한국철도기술연구원	성공	
전기·신호 시스템 엔지니어링 기술개발 (Ⅱ-1-1-1)	한국철도기술연구원	성공	
열차 제어장치 개발 (Ⅱ-1-1-2)	LG산전(주)	성공	
전자 연동장치 (Ⅱ-1-1-3)	대우엔지니어링(주)	성공	
고속전철 선로구축물 시스템 엔지니어링 기술개발 (Ⅱ-1-1-4)	한국철도기술연구원	성공	
고속전철 구조물 안전성 기술개발 (Ⅱ-1-1-5)	한국건설기술연구원	성공	
고속전철 기반 기술개발 (Ⅱ-1-1-6)	한국기계연구원	성공	
차량시스템 엔지니어링 기술개발 (Ⅱ-2-1-0)	한국생산기술연구원	성공	
동력차 개발 (Ⅱ-2-1-1)	(주)로템	성공	
동력객차 개발 (Ⅱ-2-1-2)	(주)로템	성공	
객차 개발 (Ⅱ-2-1-3)	(주)로템	성공	

표 1.1.3.1 과제별 최종평가 결과(2/2)

과제명(과제코드)	연구기관	평가	비 고
고강도 알루미늄 형강제 압출 기술개발 (Ⅱ-2-1-4)	(주)동양강철	성공	
대차 개발 (Ⅱ-2-1-5)	(주)로템	성공	
현가장치 개발 (Ⅱ-2-1-6)	대원강업(주)	성공	지속적인 A/S 필요
제동 시스템 개발 (Ⅱ-2-1-7)	유진기공(주)	성공	
HVAC 및 여압 시스템 개발 (Ⅱ-2-1-8)	캐리어(주)	성공	지속적인 A/S 필요
대차용 감속 구동장치 개발 (Ⅱ-2-1-9)	(주)한국DTS	성공	
판토그라프 개발 (Ⅱ-2-1-10)	한국생산기술연구원	성공	지속적인 A/S 필요
전기시스템 엔지니어링 기술개발 (Ⅱ-2-2-0)	한국전기연구원	성공	기술료 요율 : 10%
차량 진단처리 및 열차제어 시스템 개발 (Ⅱ-2-2-1)	현대중공업(주)	성공	지속적인 안정화 및 신뢰성 확보 필요
견인전동기 개발 (Ⅱ-2-2-2)	(주)로템	성공	
보조전원장치 개발 (Ⅱ-2-2-3)	(주)로템	성공	
주변압기 개발 (Ⅱ-2-2-4)	현대중공업(주)	성공	
Cab Cubicle 개발 (Ⅱ-2-2-5)	(주)로템	성공	지속적인 A/S 필요
주전력 변환장치 개발 (Ⅱ-2-2-6)	현대중공업(주), (주)로템	성공	지속적인 A/S 필요

나. 고속전철기술개발사업(선도기술개발사업, G7)의 최종평가

선도기술개발사업은 특정제품과 기술분야에서 2000년대 초에 세계7대 과학기술 선진국 진입을 목표을 하여 1992년부터 10년간 고속전철기술개발사업을 포함한 18개 사업이 진행되었다. 2002년 모든 사업이 종료됨에 따라 과기부와 한국과학기술기획평가원이 각 사업에 대한 추진성과 및 향후 추진계획 등을 종합적으로 2003년 3~8월에 평가하였다.

18개 사업에 대해 표 1.1.4.1과 같이 아주 우수 1개, 우수 14개, 보통 1개, 미흡 1개, 기타(평가등급 미실시) 1개로 평가되었다. 고속전철기술개발사업의 평가 결과는 "우수"였으며, 그 상세한 평가내용은 아래와 같다.

○ 연구사업명: 고속전철

○ 최종목표

- 최고 운행속도 350 km/h의 한국형 고속전철 개발
- 고속전철시스템개발 및 관련 핵심기술 확보

○ 평가등급: 우수

○ 종합평가 의견

- 한국형 고속전철개발 및 관련 핵심기술 확보라는 연구목표를 달성함.
- 최고운행속도(350 km/h) 시험주행을 완료하지 못하여 전체 시스템의 신뢰성, 안전성, 내구성 확인을 위해 지속적 연구개발이 요구됨.

표 1.1.3.2 선도기술개발 연구사업 최종평가 결과

사 업 명	평가결과	사 업 명	평가결과
고선명TV	기타	차세대초전도토카막 장치	미흡
차세대반도체기반기술	우수	의료공학	우수
신의약·신농약	우수	초소형정밀기계	우수
주문형반도체	우수	차세대자동차	우수
차세대평판표시장치	아주우수	고속전철	우수
광대역종합정보통신망	우수	첨단생산시스템	우수
차세대원자로	우수	감성공학	보통
정보·전자·에너지첨단 소재	우수	환경공학	우수
신기능생물소재	우수	신에너지	우수

제2절 고속철도기술개발사업의 현황 요약

1. 고속철도기술개발사업 개요

고속철도기술개발사업은 G7 고속전철기술개발사업과 연계되어 추진되었으며, G7 사업에서 개발된 한국형 고속전철시스템을 안정화·신뢰성 확보 및 안전체계 구축하는 목표로 사업이 수행되고 있다. 사업기간은 2002년 12월부터 2007년 10월까지 총 5년으로 계획되었고, 고속철도기술개발사업에 투입된 순수한 사업비는 443.48억원이 투자되었다. 건설기술평가원의 사업관리수수료 13.36억원을 포함하면 5년간 고속철도기술개발사업에 투입된 예산은 총 456.84억원(정부 353.06억원, 민간 103.78억원)이다.

(단위 : 백만원)

	1차년도 (2002)	2차년도 (2003)	3차년도 (2004)	4차년도 (2005)	5차년도 (2006)	합계
정부	5,000	6,000	6,100	8,500	9,706	35,306
민간	1,183	1,817	1,834	2,610	2,934	10,378
합계	6,183	7,817	7,934	11,110	12,640	45,684

고속철도기술개발사업의 주요 연구내용은

- 한국형 고속철도시스템의 신뢰성 확보로 안정화 및 실용화 기술개발
- 고속철도 승객·화물 복합운송시스템 기술개발
- 고속철도시스템 안전·성능기준 체계 구축
- 한국형 다중 추진시스템 기술개발

이며, 연구개발의 효율적 추진을 위하여 "신뢰성 및 안전체계분야"와 "시스템 안정화 분야"로 나누어 추진되고 있다. 각 분야별 기술개발목표는 표 1.2.1.1과 같다. 또한 전체사업의 목표 달성을 위하여 각 분야별로 4개 과제씩 총 8개의 과제(표 1.2.1.2 참조)로 추진되었다.

표 1.2.1.1 분야별 기술개발 목표

분 야	기술개발 목표
신뢰성 및 안전체계 분야	- 고속철도기술개발사업 기술 조정 및 총괄 - 고속철도시스템 RAMS 평가 기술개발 - 고속철도 성능기준, 안전기준 체계 구축 - 고속철도 차량시스템 실용화 개발체계 구축
시스템안정화 분야	- 고속철도 차량시스템 안정화 기술 확보 - 고속철도 열차제어시스템 안정화 기술 확보 - 고속철도 선로구축물 안전성 향상 및 실용화 기술 확보 - 한국형 다중 추진시스템 기술 확보

표 1.2.1.2 기술개발 과제명

분 야	과 제 명
신뢰성 및 안전체계 분야	고속철도기술개발 통합 및 총괄
	고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발
	고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발
	고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발
시스템안정화 분야	고속철도 차량시스템 안정화 기술개발
	고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발
	고속철도 선로구축물시스템 안정화 기술개발
	한국형 다중 추진시스템 기술개발

2. 고속철도기술개발사업 추진 현황

고속철도기술개발사업은 건설교통부를 주관 부처로 한국철도기술연구원을 전담기관으로 8개 과제의 연구기관이 선정되어 2002년 12월부터 추진되었다. 그러나 사업 중간 2004년 2월에는 건설교통부('03.12.23 수송 91000-450)호에 의거하여 전담기관이 한국건설교통기술평가원으로 변경되어 추진되었다. 각 연구과제에서 추진하고 있는 기술개발에 대한 연도별 주요 연구내용은 표 1.2.2.1 및 표 1.2.2.2, 과제별 연구내용은 표 1.2.2.3에 각각 설명되어 있으며, 금년이 5차년도로 연구개발 사업의 마지막 년도이다. "고속철도 성능 기준 및 안전체계 기술개발"과 "고속철도 차량시스템 개발체계 기술개발"과제는 4차년도에 종료되고, 나머지 6개과제는 5차년도까지 추진되었다.

표 1.2.2.1 신뢰성 및 안전체계 분야 연차별 주요 연구내용

연도	주요연구내용
1차년도	- 기술개발 방향 총괄조정, 목표관리 및 일정관리 - 유지보수 부품 조달계획 총괄 조정 및 조달 - 고속철도시스템 신뢰성평가기법 조사 및 Data 수집 - 고속철도 복합운송시스템 사례 분석 및 타당성 검토 - 하위 시스템별 성능, 사양 및 자료 분석 - 차량시스템 설계 요구조건 항목 조사/분석
2차년도	- 시스템/과제별 인터페이스 및 시험 총괄 조정 - 고속철도시스템 안정화 및 신뢰성 검증을 위한 측정 및 분석 - 고속철도 복합운송시스템 기본설계 - 고속철도시스템 성능시험 기준 기본안 작성 - 차량시스템 실용화를 위한 설계 전주기 프로그램 정비
3차년도	- 안정화 시운전시험 결과 중간 종합 및 조정 - 고속철도 하위시스템 신뢰성평가 및 Data 분석 - 고속철도 복합운송시스템 적용을 위한 개조 및 부품 제작 - 성능시험기준, 안전기준, 진단기준 기본안 적합성 평가 및 보완 - 차량시스템 및 부품 품질관리 체계 구축
4차년도	- 개발결과 활용방안 수립 지원 - 고속철도시스템 인터페이스 기반기술 - 고속철도 복합운송시스템 운영 타당성 분석 - 고속철도시스템 종합측정시스템 성능시험 및 보완 - 성능시험기준, 안전기준, 진단기준 규격화
5차년도	- 개발결과 정리 및 평가방안 수립 - 고속철도시스템 신뢰성 평가기술 확보 - 고속철도시스템 종합측정시스템 완성 - 성능시험기준에 따른 고속철도시스템 인증시험

표 1.2.2.2 시스템 안정화 분야 연차별 주요 연구내용

연도	주요연구내용
1차년도	- 차량시스템 안정화시험, 유지보수 및 부품 조달 - 차량시스템 실용화를 위한 객차 보완설계 - ATC/IXL 안정화 시험 - 체결구, 방진침목, 슬래브궤도 안정화시험 - 접속구간 현장조사 및 계측을 통한 궤도손상 요인분석 - 다중추진시스템 동력, 발전 및 보조시스템 기본설계
2차년도	- 차량시스템 안정화시험, 유지보수 및 부품 조달 - 차량시스템 실용화를 위한 변경 시스템 조립 - 차량시스템 안정화를 위한 기존선 연계 시험 - ATC/IXL 안정화 시험 - 체결구, 방진침목, 슬래브궤도 신뢰성 분석 - 하중계측용 교량받침과 감진장치의 현장시험 시공 - 동력시스템 및 발전시스템 상세설계
3차년도	- 차량시스템 안정화를 위한 기존선 연계 시험 - 차량시스템 실용화를 위한 변경 시스템 성능 검증시험 - 차량시스템 유지보수 및 정비체계 구축, 유지보수 시행 - ATC/IXL 신뢰성 예측 및 분석 - 체결구, 방진침목, 슬래브궤도 신뢰성 분석 - 다중 추진시스템 축소형 동력/발전시스템 도입
4차년도	- 차량시스템 안정화를 위한 기존선 연계 영업 시운전 시험 - 차량시스템 실용화를 위한 객차 2량 제작 - ATC/IXL 신뢰성 확보 - 선로구축물 개발S/W 전/후처리 기능 강화 - 축소형 다중 추진시스템 특성 시험
5차년도	- 차량시스템 안정화를 위한 기존선 연계 영업 시운전 시험 - 차량시스템 안정화시험 및 영업시운전 결과 분석·정리 - ATC/IXL 유지보수 체계 구축 - 고속전철 교량 하중계측용 교량받침과 감진장치의 실용화 - 다중 추진시스템 설계사양 비교분석 및 사양제시

표 1.2.2.3 각 과제별 주요 연구내용(1/2)

과 제 명	주요 연구내용
고속철도기술개발 통합 및 총괄	- 고속철도기술개발사업 관리 및 총괄 - 유지보수 부품 조달 총괄 - 하위과제 일정 관리 및 조정
고속철도시스템 신뢰성 및 운영 효율화 기술개발	- 고속철도시스템 신뢰성평가 기술 확보 - 종합 측정시스템 구축 - 개발 S/W 통합 및 상용화 - 고속철도시스템 신뢰성 체계 구축 - 고속철도 복합운송시스템 기술조사 - 복합운송시스템 설계, 적용 및 타당성 분석 - 운영효율화 기반기술 개발
고속철도 성능 기준 및 안전체계 기술개발	- 고속철도 성능기준 및 안전체계 해외사례 분석 - 성능 기준 및 안전관리체계 기본안 도출 - 기본안 기술검토 및 의견 수렴 - 한국형 고속철도 성능 기준 구축 - 한국형 고속철도 안전관리체계 확립 - 성능기준/안전기준 법제화
고속철도 차량시스템 개발체계 기술개발	- 시제차량부품 성능시험 분석 및 보완대책 수립 - 시운전시험 차량시스템 기술지원 - 차량시스템 개발 체계 구축 - 차량시스템 품질관리 체계 구축
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발	- 차량시스템 안정화를 위한 안정화 시험 - 차량시스템 유지 보수 및 정비 - 실용화를 위한 변경 설계 - 실용화 시스템 개발 및 성능 검증 - 차량시스템 유지보수 체계 구축
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발	- 신호시스템(ATC/CTC/IXL) 안정화 및 신뢰성 시험 - 열차제어관련 Hazard 도출, 분석 - 안전성 요구사항 및 계획 분석 - 안전성 검증체계 구축 - 관련 H/W 및 S/W 기술개발 - 라이프 사이클 안정성 분석

표 1.2.2.3 각 과제별 주요 연구내용(2/2)

과 제 명	주요 연구내용
고속철도 선로구축물시스템 안정화 기술개발	- 선로구축물 안전성 향상 기술개발 - 고속분기기 등 개발품 실용화 연구 - 궤도관련 부품의 신뢰성 기술개발
다중 추진시스템 기술개발	- 다중 추진시스템의 적용 방안 분석 및 확정 - 다중 추진시스템의 용량 및 특성 분석 선정 - 다중 추진시스템의 특성 분석 및 시험 평가 - 개발시스템 시운전 시험

제3절 통합 및 총괄과제의 현황 요약

1. 통합 및 총괄과제의 역할

2절에서 언급한 바와 같이 고속철도기술개발사업은 G7 고속전철기술사업으로 연장선으로 볼 수 있고, 고속전철기술개발사업에서 설계 및 제작된 시제품(시제차량 및 핵심부품)의 안정화, 신뢰성 확보 및 실용화를 목표로 하고 있다. 고속철도기술개발사업에서 통합 및 총괄과제는 다른 7개 과제와 업무적으로는 동등한 수준의 연구과제이나 기술적으로는 각 과제간의 상호 역할 및 업무분담 등에 대해 조정 및 관리할 수 있는 상위과제의 성격을 갖고 있다. 따라서, 본 연구과제에서는 신뢰성·안전체계 및 시스템 안정화 연구과제 간 공동협력과 인터페이스 활동을 주도하여 G7에서 개발된 한국형 고속전철시스템의 안정화 시험과 내구성 향상 연구를 통해 독자적인 고속전철시스템 기술을 확보하도록 조정·통합하는 것을 목적으로 한다. 본 과제는 시운전 시험과 관련된 여러 기관(건설교통부, 철도공사, 한국철도시설공단)과의 긴밀한 협조체계를 구축하여 한국형 고속열차의 350 km/h 주행에서도 안정된 성능을 확보할 수 있도록 원활히 시운전 시험이 진행되도록 하는 역할도 갖고 있다. 또한, 350 km/h 속도에서의 안정된 성능의 입증으로 확보된 기술 우위 및 수요자 관점의 기술자문 등을 통한 본 연구사업의 실용화된 고속전철시스템의 상업운전 노선 투입 및 해외 수출 모색 등의 방안을 찾고자 한다.

본 과제의 통합 및 조정의 노력으로 그림 1.3.1.1에서 보는 바와 같이 2004년 12월 16일 한국형 고속열차의 352.4km/h 시험 주행이 성공리에 마무리되었다. 그림 1.3.1.2는 한국형 고속열차의 주행속도를 증속한 현황을 나타낸 것이다. 또한, 개발된 한국형 고속열차의 실용화를 위한 목표 주행거리인 12만 km를 2005년 11월 16일에 별다른 사고가 없이 달성하였고, 2007년 9월 18일 철도의 날에는 사업의 최종 목표인 20만km를 달성하게 되었다. 2007년 10월까지 그림 1.3.1.3, 그림 1.3.1.4에서 보는 바와 같이 총 주행거리가 205,488km에 이르렀다. 이러한 시운전 시험은 초기에는 열차가 안정화되지 못하여 시운전거리 확보에 어려움도 있었으나, 증속시험에 중점을 두고 추진되었다. 2004년 8월부터는 KTX와 동시에 시험이 이루어져 매주 약 2회 이상의 시운전을 실시하게 되었다.

2005년 12월에는 한국철도공사에서 실시된 신규 고속철도 차량 도입 입찰 심사에서 한국형 고속열차가 "우선협상 대상자" 로 선정되었으며, 2006년 6월 8일 한국형 고속열차가 최종적으로 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 한국철도공사와 로템(주)에서 고속철도 도입을 위한 계약이 체결되었다. 개발한 한국형 고속열차가 국내에서 처음으로 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 운행 투입이 결정됨에 따라 한국형 고속열차를 수출하기 위한 교두보가 마련되었다고 볼 수 있다.

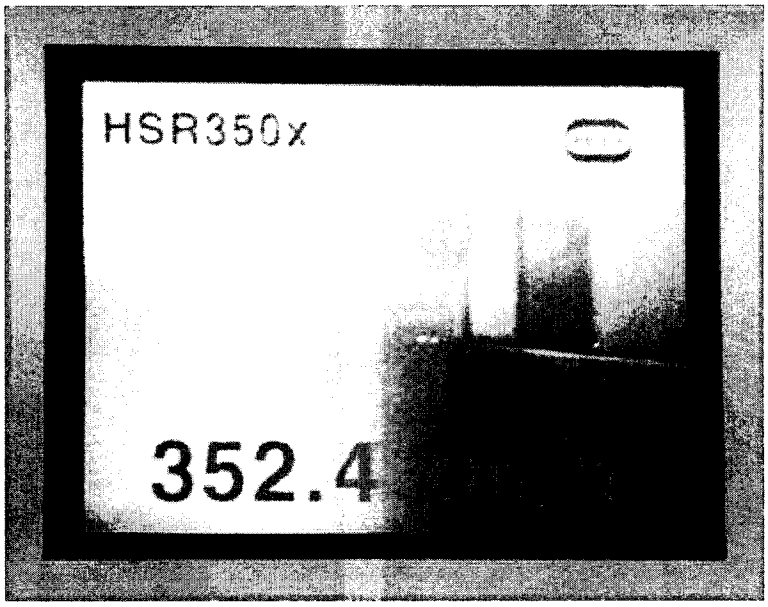


그림 1.3.1.1 350 km/h 주행화면(2004. 12. 16)

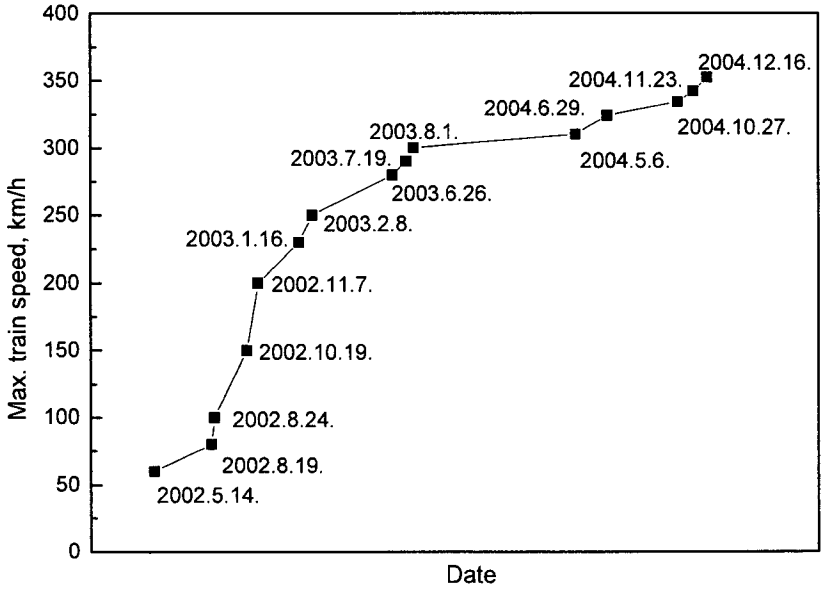


그림 1.3.1.2 주행속도 증속현황

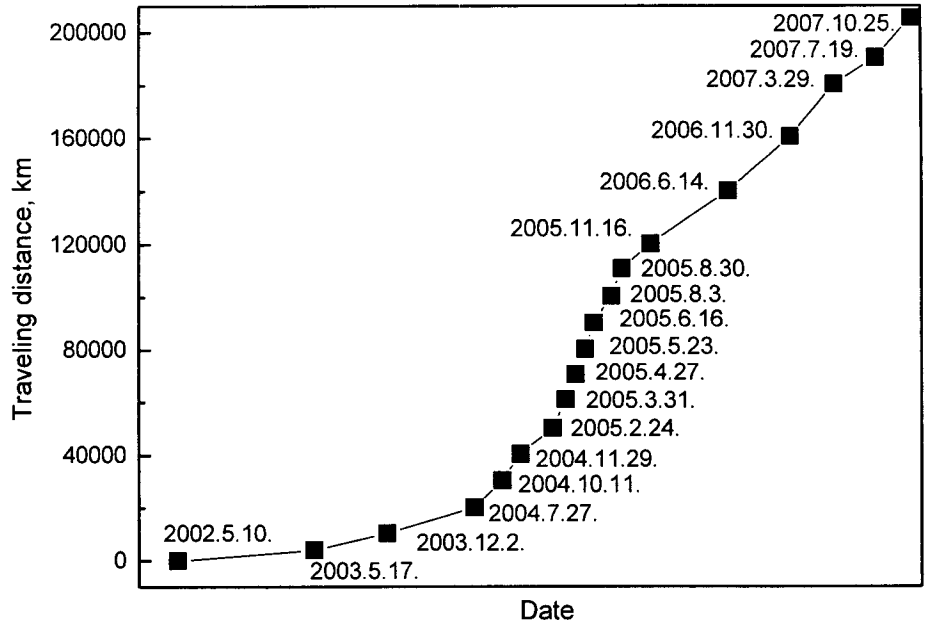


그림 1.3.1.3 주행거리 현황



그림 1.3.1.4 무사고 20만 km 달성 기념사진

2. 연구개발의 목표 및 연구내용

가. 연구개발 최종목표

- 고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리
  - · 고속철도기술개발사업 안정화 시험일정 총괄관리 및 조정
  - · 각 과제간 상호 역할 및 업무분담의 조정 · 관리
  - · 연도별 사업추진 내용 조정, 보완
  - · 과제별 수행 진척도에 따른 사업 일정 · 목표관리 및 시스템 기술통합, 조정
- 시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야간 인터페이스 조정, 관리
  - · 개발된 고속철도시스템에 대한 수요자 관점의 기술 자문 · 검토 및 조정
  - · 개발열차의 서브시스템(Sub-System) 인터페이스 조정, 관리
- 개발시스템 안정화를 위한 유지보수부품 조달 및 총괄 관리
  - · 시스템 안정화 관련 개발품 유지보수 · 예비품 조달, 관리

나. 연차별 연구개발 목표 및 내용

고속철도기술개발 통합 및 총괄과제의 5년 동안의 연차별 연구개발 목표 및 연구개발 내용은 표 1.3.2.1과 같으며, 4차년도의 연구가 진행되고 있다.

표 1.3.2.1 연차별 연구목표 및 연구내용(1/2)

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
1차년도 (2002)	· 고속철도 기술개발사업 총괄 조정 및 관리 · 시스템성능안정화/신뢰성연구 분야간 인터페이스 조정, 관리 · 개발시스템 안정화를 위한 유지보수부품 조달 및 총괄관리	· 과제별 연구개발 방향 총괄조정 및 수행 진척도의 전반적 목표 · 일정 관리(1) · 서브 시스템별/과제별 인터페이스 및 시험 총괄 조정(1) · 안정화 시험을 위한 서브시스템별 유지보수부품 조달계획 총괄 조정 및 조달

표 1.3.2.1 연차별 연구목표 및 연구내용(2/2)

구 분	연구개발 목표	연구개발 내용 및 범위
2차년도 (2003)	· 고속철도 기술개발사업 총괄 조정 및 관리 · 시스템성능안정화/신뢰성연구 분야간 인터페이스 조정, 관리 · 개발시스템 안정화를 위한 유지 보수부품 조달 및 총괄관리	· 과제별 연구개발 방향 총괄조정 및 수행 진척도의 전반적 목표·일정 관리(2) · 서브 시스템별/과제별 인터페이스 및 시험 총괄 조정(2) · 안정화 시험을 위한 서브시스템별 유지 보수부품 조달 및 조정, 관리
3차년도 (2004)	· 고속철도 기술개발사업 총괄 조정 및 관리 · 시스템성능안정화/신뢰성연구 분야간 인터페이스 조정, 관리	· 과제별 연구개발 방향 총괄조정 및 수행 진척도의 전반적 목표·일정 관리(3) · 서브 시스템별/과제별 인터페이스 및 시험 총괄 조정(3) · 개발결과 분석 및 과제별 연구내용 조정 · 안정화 시험 결과 중간 종합 및 조정
4차년도 (2005)	· 고속철도 기술개발사업 총괄 조정 및 관리 · 시스템성능안정화/신뢰성연구 분야간 인터페이스 조정, 관리	· 과제별 연구개발 방향 총괄조정 및 수행 진척도의 전반적 목표·일정 관리(4) · 서브 시스템별/과제별 인터페이스 및 시험 총괄 조정(4) · 개발성과 활용방안 연구 및 지원 · 차세대 고속열차시스템 개발을 위한 조사 및 기획연구
5차년도 (2006)	· 고속철도 기술개발사업 총괄 조정 및 관리 · 시스템성능안정화/신뢰성연구 분야간 인터페이스 조정, 관리	· 과제별 연구개발방향 총괄조정 및 수행 진척도의 전반적 목표·일정 관리(5) · 서브 시스템별/과제별 인터페이스 및 시험 총괄 조정(5) · 개발결과 정리 및 평가방안 수립 · 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄

다. 당해년도 상세 연구내용

□ 고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리

- 고속철도기술개발사업 안정화 시험일정 총괄관리 및 조정
- 분기별 연구책임자 회의를 통한 각 과제간 상호 역할 및 업무분담의 조정·관리
- 과제별 수행 진척도에 따른 사업 일정·목표관리 및 시스템 기술통합, 조정
- 열차 안정화 및 신뢰성 확보를 위한 4만km 이상 주행
- 한국형 고속열차 시운전단 운영

□ 시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야간 인터페이스 조정, 관리

- 개발된 고속철도시스템에 대한 수요자 관점의 기술 자문·검토 및 조정
- 개발열차의 서브시스템(Sub-System) 인터페이스 조정, 관리
- 시스템 안정화 관련 개발품 유지보수·예비품 조달, 관리

□ 개발결과 활용방안 수립지원

- 개발결과 활용방안(실용화) 수립지원

· 개발차량의 향후 활용에 대비한 기술적 검토 및 방안 수립

- 안정화 시운전 시험 결과 종합 활용 방안 수립
- 각 과제별 성과정리 및 평가방안 수립
- 최종평가를 위한 신뢰성 목표치를 I-2과제, II-1 및 II-2과제와 협의하여 시스템별로 수립

□ 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄

- 수요조사/ 사례조사 / 정책관련교육훈련 매뉴얼 작성(국·영문)
- 추진전략수립 및 프로그램 개발
- 프로그램 시행계획수립

라. 당해연도 시운전 시험 계획

□ 5차년도 주행거리 4만 km의 달성을 위한 일정계획(표1.3.2.2 참조)

- 2006년 11월 ~ 2007년 10월: 주 2~4회 주행예정(10주 운행)

  오송 - 광명 - 동대구 - 광명 - 오송(주행거리 약 790 km)

  오송 - 광명 - 목포 - 오송(주행거리 약 810 km)

표 1.3.2.2 고속철도 시운전 시험일정(안)

구 분	2006년		2007년										비고
	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
안정화 및 신뢰성시험													
시험횟수	2-4회/주 (월, 화, 수, 목)												
시험구간	광명-동대구 또는 광명-목포												

※ 2007년 2월과 9월은 차량공장정기점검 실시예정

제2장 국내·외 기술개발 현황

제1절 국내 기술개발 현황

우리나라의 고속철도 기술은 프랑스, 독일, 일본 등 철도 선진국들의 고속철도에 대한 경험과 기술에는 아직도 못 미치지만, 경부고속철도건설사업과 고속철도기술개발사업(G7 고속전철기술개발사업 포함)을 통해 비약적인 발전이 있었다. 경부고속철도 도입시에 고속철도에 대한 국내 기술이 전무하였기 때문에 있다. 고속전철에 대한 기술조사 단계, 기종선정을 위한 제의요청서 및 평가기준서 작성업무 등을 외국의 기술적인 도움을 받아 프랑스의 TGV 시스템을 선정하였고, GEC - ALSTHOM사 등의 프랑스 회사로부터 기술도입에 따른 시스템 엔지니어링, 시스템 인터페이스 및 차세대 고속전철 R&D, 고속차량 제작 기술 등 기술 훈련을 통하여 경부고속철도 건설 사업을 추진하였다.

또한 1996년부터 프랑스 이전 기술을 바탕으로 고속철도 기술의 국내 자립을 위해 G7 고속전철기술개발사업과 고속철도기술개발사업이 추진되었다. G7 고속전철기술개발사업에서는 국내기술로 차량시스템 및 핵심 부품기술을 개발하여 한국형 고속열차를 탄생시켰으며, 고속철도기술개발사업에서는 한국형 고속열차의 지속적인 속도향상과 신뢰성 확보의 노력으로 지난 2004년 12월에는 352.4km/h의 주행최고속도를 기록하기도 하였고 2005년 11월에는 한국형 고속열차는 실용화를 위한 목표로 설정된 주행거리인 12만 km를 별다른 사고가 없이 달성하였다. G7 고속전철기술개발사업과 고속철도기술개발사업을 통해 고속차량 설계 기반기술과 선로구축물 설계 및 유지보수 기술의 향상을 꾀할 수 있었다. 2005년 12월에 한국형 고속열차가 한국철도공사에서 실시된 신규 고속철도 차량 도입 입찰 심사에서 "우선협상 대상자" 로 선정되었으며, 2006년 6월에 한국형 고속열차가 최종적으로 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 결정되어 계약이 체결되었다. 국내의 기술로 개발된 한국형 고속열차가 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 상업 운행을 할 수 있게 됨에 따라 고속철도 차량의 영업 운행 실적을 요구하는 고속열차의 수출에 대한 교두보가 마련되었다.

국내의 고속철도에 대한 기술은 고속철도 차량 설계 및 제작기술은 해외의 기술 수준에 매우 근접하였으나, 부품의 신뢰성 확보 기술과 고도의 최적화 기술 등은 아직도 미흡한 부분이 많기 때문에 이에 대한 계속적인 연구개발 투자가 이루어져야 할 것으로 판단된다.

제2절 국외 기술개발 현황

프랑스, 독일, 일본 등의 철도선진국에서는 300 km/h로 영업운전을 하고 있음에도 불구하고 고속철도에 대한 연구개발 투자를 계속적으로 진행하고 있으며, 본 절에서는 철도선진국에서 진행되는 새로운 연구개발을 중심으로 내용을 전개하다.

1. 프랑스의 기술개발 동향

프랑스에서 신기술 고속열차로 Eurostar, TGV-R 등의 차량을 개발하였고, 이러한 경험을 바탕으로 AGV 열차와 TGV POS 차량을 개발하였다. 프랑스의 고속열차 개발은 다음과 같은 순서로 진행되었다.

TGV-A (KTX 모델) → Eurostar → TGV-R → TGV-POS → AGV



그림 2.2.1.1 운행 중인 TGV-R 차량

프랑스는 2001년부터 알스톰과 SNCF가 공동으로 350km/h 의 영업속도를 갖는 2가지의 차세대 고속열차 프로젝트를 추진하였는데, 그 하나는 AGV 열차 개발 프로젝트로서 이 열차는 유럽 TSI 기준에 따르는 최초고속열차 개발 프로젝트이며, 유럽 전역을 운행하는 성능을 목표로 하여 다음과 같은 기술적 특징을 가지고 있다.

- 동력방식 : 분산식 동력장치 및 IGBT사용하는 VVVF 인버터 기술 적용
- 능동 현가장치 적용
- 소음 대책 : 방진블록 사용 (전동기 진동의 흡수로 차체 영향 감소)
- 제동 장치 개선 : 와전류 제동장치 개발 적용

최초의 성능입증 시험은 2008년 실시할 계획이며 3개 제작사(대차 및 추진장치 등) 및 부품공장이 생산을 준비 중이다.

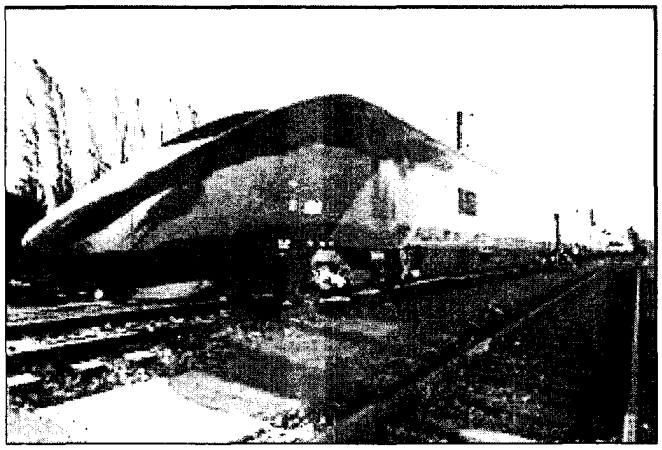


그림 2.2.1.2 프랑스의 새로운 고속열차 AGV

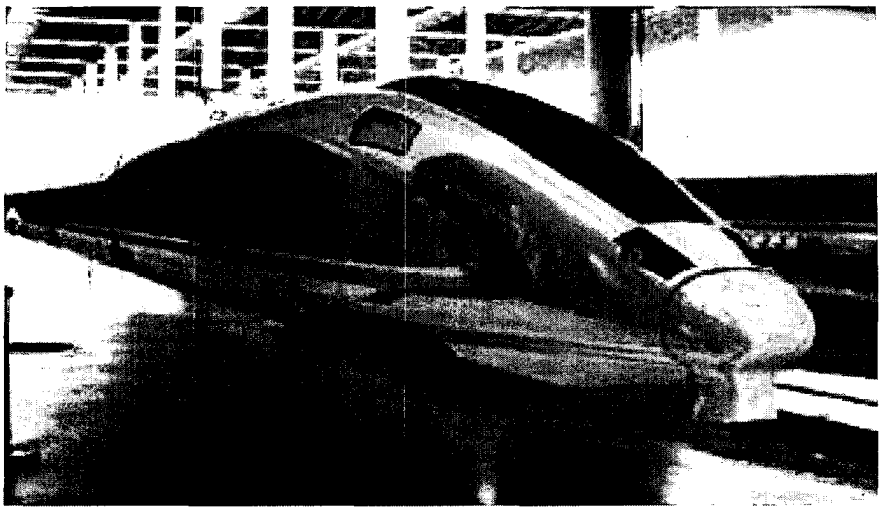


그림 2.2.1.3 신형 AGV 열차의 외형

AGV 열차는 기존 TGV에 최신 개발된 각종 기술을 적용하여 우수한 열차성능을 얻을 수 있도록 개발된 열차이며, 기술적 특성은 다음과 같다.

- 승차감 향상 : TGV가 300km/h로 주행할 때 발생되는 진동 궤도부담과 동일하게 작용하는 범위에서 속도 향상을 도모하였고, 이를 위한 능동 현가시스템을 개발하여 적용했다. 이 시스템은 부수대차에 장착되어 대차의 상하 운동을 능동 제어하는 방법으로 전기식 액츄에이터를 사용하였다. 이 능동시스템은 TGV-R에 장착하고 350km/h 시험 주행을 실시하였는데, 이 장치를 장착하지 않고 300km/h로 주행했을 때 승차감과 장착상태로 350km/h로 주행할 때의 승차감이 동일하였다.

- 제동력의 향상 : 속도향상에 따른 감속거리를 동일하게 유지하기 위한 제동력의 향상이 필요했으며, 이를 위해 와전류제동을 채택했는데 첫 번째와 마지막 대차에 적용되었다. 이 제동장치는 기존 TGV에 장착하고 350km/h로 시험주행을 마쳤으며, 3분 운행간격에서 열적 부하 등에 의한 선로이상 없이 성능을 발휘하는 것이 증명되었다.

- 동력 관절대차 : 동력분산식은 객차 하부의 관절형 부수대차에도 전동기가 취부되는데, 이로 인해 객실에 진동과 소음을 증가시킬 우려가 있으므로 견인전동기와 차체사이에 Silent Block을 채택하고 진동을 줄이도록 하였다. 또한 관절대차에 전동기를 장착하면 전동기의 강제 공기냉각이 어려우므로 이를 전동기 자체 강제냉각 시스템을 적용하고 선로에서 들어오는 먼지를 제거하기 위해 소용돌이를 이용하는 방법 등이 적용되었다.

- 차체 : 차체는 알루미늄을 사용하였으며, 철제 TGV와 비교하면 2톤 정도를 경감시킬 수 있도록 전두부의 충격에너지는 TGV Duplex와 동일한 6MJ을 흡수하도록 하였다.

□ TGV-POS

최근 들어 프랑스는 동유럽 고속선 프로젝트에 투입이 가능한 320km/h 영업운행용 고속열차 TGV-POS(Paris~Ostfrankreich~Suddeutschland)를 개발 중이다. 이 열차는 2량의 동력차, 8량의 객차로 총10량 1편성의 신형 고속열차이다. 투입예정 노선은 파리~스트라우스버그~뮌휀, 파리~포르바흐~프랑크프르트, 파리~쯔리히, 파리~룩센버르그 노선을 계획하고 있으며, 최고속도 320km로 2003년에 시제 차량이 완성되어 현재 2007년 개통될 파리에서 동 프랑스를 거쳐 독일에 이르는 LGV East 노선 투입을 위해 시험운행 중이다.

- 신형 TGV-POS 차량의 기술적 특징

TGV-POS 차량의 주행장치는 TGV-A, TGV-R, TGV-D와 달리 Eurostar에 채택된 유도모터를 사용한 IGBT 회로로 구성된 모터블럭 2기와 1기의 보조 블럭, 1대의 주변압기로 구성하여 1 편성을 제어하는 동력집중 방식의 열차이다. TGV-POS 차량은 모터 1대당 1,160kw의 출력을 가지며, 총 출력 9,260kw의 추진력을 갖는다.

TGV-R 차량에 비해 기술적으로 개선된 점은 동력차의 각 견인전동기가 독립되어 있어 일부 전동기 장애 시에도 장애가 발생한 모터를 임의로 격리하고 정상적인 전동기만으로 운행 가능하도록 만든 것이 특징이며, 유지보수의 용이성 측면으로 보면 Eurostar < POS < AGV의 순서로 정리할 수 있다. 또한 TGV POS 차량

은 프랑스의 고속선 및 기존선과 독일 지역의 고속선을 통과하기 위해 3가지의 서로 다른 공급 전원을 받을 수 있도록 개발되었는데 위 3개 지역 및 노선의 전원공급 시스템은 아래와 같이 상이한 조건을 가진다.

- 25kV 50Hz : 프랑스 고속선(최고속도 320km/h) 및 일부 기존선(최고속도 220km/h)
- 15kV 16.7Hz : 독일 고속선(최고속도 300km/h) 및 기존선(최고속도 220km/h, 160km/h)
- 1.5kV DC : 프랑스 일부 기존선 (최고속도 220km/h)

제동장치의 경우 공기압제동, 가변저항의 전기제동, 회생제동, 와전류 제동을 사용하며 공기제동은 KTX열차와 같은 방식을 사용한다. 전기제동은 전차선을 이용하지 않고 비상제동 시 사용하는데, 사용 시 각 대차 당 1,900kW의 제동에너지가 공급된다. 반면에 회생제동은 상용제동 시 사용되며, 각 대차 당 2,200kW의 제동파워가 공급되는데, 와전류제동은 독일 기존선 구간에서만 사용할 수 있도록 개발하였다.

배터리 충전장치는 위의 3가지 서로 다른 전원공급 방식에 대응할 수 있도록 새로운 배터리 충전장치를 개발(SMA), 생산토록 하여 충분한 72V 전원공급이 가능하다. 또한 제동에너지 충전기를 설치함으로서 전차선 혹은 추진장치 전원 공급이 중단된 상태에서 비상제동 시에도 배터리 전원의 소비를 최소화 할 수 있도록 전원을 공급한다.

1999년 독일과 프랑스는 파리와 동프랑스-남독일 간 고속선 건설에 동의함으로서 양국의 고속선 망 차이를 좁히는 계기가 되었고, 2003년 1월 SNCF는 TGV POS 동력차 30대 즉, 열차 15편성을 준비해 프랑스에서 독일까지 최고속도 320km/h로 운행할 계획이다.

2. 일본의 기술개발 동향

2000년대 초 일본의 九州 신간선 800계 신간선 열차와 별도로 JR-東日本이 최근 개발을 완료하여 현재 시험 중인 시험차로 'FASTECH 360'이 있으며 그 특징은 다음과 같다.

JR東日本은 신간선 고속화 프로젝트로 고속성, 신뢰성, 환경적합성, 쾌적성 등에서 최고수준의 신간선을 목표로 하여 시험차 'FASTECH 360'을 개발하였다. 신간선의 각종 요소기술 및 최신의 신간선 열차 (E2계, E3계)를 기본으로 차량의 주행안정성, 지상설비, 환경 영향, 쾌적성 등 실제 환경 및 조건에 대한 신간선 기술의 종합적 평가, 검증을 위해 전용 고속시험 전차를 개발, 제작을 완료한 열차로서 고속 주행시험 등을 실시 중에 있다.

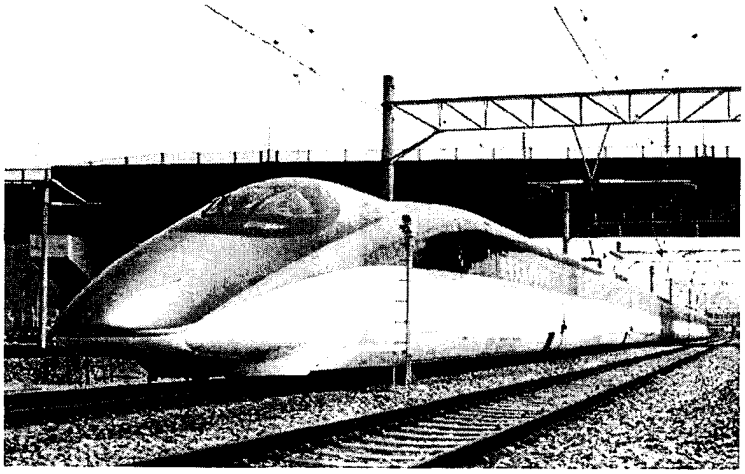


그림 2.2.2.1 FASTECH 360 열차 외형

JR-동일본은 자체 연구개발센터 중심으로 2002년 4월 '신간선 고속화 추진 프로젝트'라는 신간선 고속화 연구개발에 착수하였는데 프로젝트의 진행은 다음의 3단계로 수행되었다.

□ 지금까지의 기술과제 결과 정리 및 요소기술개발 자료의 데이터를 활용

□ 상업운행용 신간선(E2계 1000 및 E3계)를 이용한 고속 주행시험 결과의 활용

- 고속주행 시험1(2003년 3월~4월) : E2계 1000열차 개조차량(영업최고속도

275km/h)을 사용하여 최고속도 360km/h 시험을 실시함

- 고속 주행시험-2(2003년 5월) : E2계 1000열차로 최고속도 320km/h 시험을 실시함
- 고속 주행시험-3(2003년 6월) : E3계 (영업최고속도 275km/h) 개조 차량으로 최고속도 340km/h를 얻음

□ 위 기존차량 시험 결과 수집데이터를 'FASTECH 360' 시험차량의 설계에 참고, 반영함

'FASTECH 360' 시험열차는 신간선 전용차량 인 FASTECH 360-S(E954형식 8량편성)과 신재직통차량인 FASTECH 360-Z(E955형식6량편성)의 2개 편성이 있는데 신간선 전용차량은 2005년 6월 제작을 완료하였고, 신재 직통차량은 2006년 봄 완성 예정이다. FASTECH는 FASt와 TECHnology를 조합한 약어이며, 360은 기술개발 목표속도, S는 신간선의 첫 글자, Z는 재래선의 첫 글자를 의미한다. 특이한 점은 당초 개발사업의 계획단계에서는 기술개발 목표속도를 350km/h로 설정했지만 기술개발사업 추진과정에서 360km/h로 목표를 수정한 점인데, 이는 당초 개발계획 수립 이후 한국의 한국형 고속열차 개발 및 352.4km/h 시험주행 성공과 프랑스 AGV 개발열차의 목표 최고속도가 350km/h인 점을 의식하여 목표속도를 수정한 것으로 추정되어 세계 고속철도 기술개발 분야의 최고속도 기술 경쟁이 얼마나 치열한가를 극명하게 보여주는 사례라 할 수 있다. FASTECH 360 열차는 다음 3가지 컨셉을 기초로 개발이 추진된 특징을 가졌다.

- 360km/h급 신형 고속열차의 Proto Type
- 고속주행 시 여러 현상의 해명을 위한 시험 플랫폼 구축, 운영
- 가까운 미래의 쾌적 이동공간(고속교통수단)의 기술제안 단계 구현

완성차량은 8량 1편성으로서, 1, 4, 8호차는 측정실로 각종 측정 장비를 갖추었으며 다른 차량은 객실에 승차감 성능평가를 위한 좌석을 설치한 차량으로 2, 3, 6, 7호차는 보통차, 5호차는 특별차로 구분하였다. 연구개발을 통해 확보하려는 목표기술은 다음과 같다.

□ 주행속도 향상을 위한 기술

- 주회로 기기의 소형 고 출력화

열차의 성능은 설계속도를 최고 405km/h로 하여 최근 개발해 신간선에 적용된 소형 고출력 주회로 기기방식을 탑재하여 비교 시험을 하였다. 고속열차의 주회로 기기는 전동송풍기를 채택하지 않았는데 이는 전동송풍기의 경우 기기의 대형화 및 중량증가를 초래하고 송풍음이 전체 소음의 한 소음원이 되기 때문이다. 따라서 제 1유니트 2,3호차는 주행풍 냉각 방식의 주 전력 변환장치를 채택하고, 제3유니트 6, 7호차는 주행풍 냉각방식 주변압기를 적용한 시스템을 채용, 송풍기기의 소형화를 꾀하였다. 제 2유니트 4, 5호차는 종래의 유도전동기에 비해 회전자 내의 와전류 손실이 거의 발생하지 않아 효율이 높고 발열이 적은 영구자석 동기전동기를 채택함으로서 열과 충격에 강한 특장점을 갖추었는데, 이는 자기밀도가 높은 영구자석을 사용함으로서 가능하였다.

- 고속집전성능의 향상

고속주행 시 집전성능 향상을 위해 다분할 집전판 형 판토그래프를 새로 개발해 탑재하였다. 다분할 집전판은 여러 개의 분해된 집전판 조각들을 붙여 만든 집전판으로서, 가선 진동에 대해 유연한 추종성을 가지게 되었으며, 지상 측의 가선설비도 고강도 크롬, 실리코늄 동합금을 채택해 단면적을 종래보다 약 35% 줄인 가볍고 고강도인 접촉선을 채택하여 경량 고장력 가선설비로 개량하였다.



그림 2.2.2.2 새로운 판토그래프

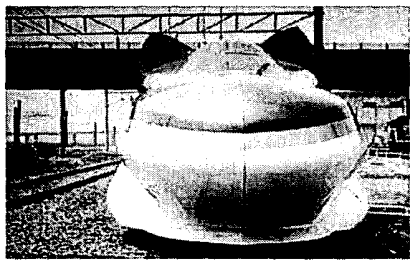
□ 신뢰성 확보를 위한 대책

니가타 현에서 발생한 신간선 탈선 사고는 향후의 탈선방지 대책, 제동거리 단축 방안, 탈선 시 피해의 최소화 대책 등 3개 관점에서 접근한 결과 검토된 대책에 기

초하여 제동 장치를 개발하였다. 제동거리의 단축은 디스크 브레이크 라이닝의 형상 및 재질을 변경해 마찰 특성을 개선하고, 디스크를 차륜에 장착할 때 장착 볼트의 위치를 변경하여 볼트의 부담력도 줄이며 제동 성능을 크게 향상시켰는데, 이 과정에는 유럽의 일부 관련 기술도 도입했다. 또 차량의 14개소에 공기저항을 이용한 제동장치를 최초로 탑재해 제동시험을 수행하였다. 이러한 공기저항 제동장치 기술로 360km/h에서 정지거리를 신간선의 현행 275km/h 속도에서 비상제동 거리 이하로 낮추었다. 공기저항 제동장치는 최초 시도한 장치이기 때문에 주행시험에서는 차량 주행안정성 뿐 아니라 가선 등 지상설비에 미치는 영향에 대해서도 동시에 검증시험을 실시하고 있다.



<공기저항 증가장치>



<공기저항 증가장치 외관>

그림 2.2.2.3 공기저항 증가장치

주행 장치인 대차 및 대차 부품의 경우 구동장치(치차장치)는 종래 하스파 치차(헬리컬 기어)방식을 변경한 야마하 치차를 최초로 채택했다. 하스파 치차는 구조상 견인전동기의 회전 속도와 토오크가 증가하면 베어링 부담이 커져서 360km/h 영역에서 베어링 부담력의 여유가 부족한 반면, 야마하 치차는 축방향 힘이 상쇄되는 구조로서 베어링 부담을 줄일 수 있으므로 신뢰성 향상과 소음 감소효과가 기대되는 장점이 있다. 이들 신개발 대차 및 구동장치는 JR 동일본 연구개발센터의 실물 대차 회전시험 장치에서 60만 km 내구시험을 완료한 후 주행시험을 통해 신뢰성 실적을 높이는 목표로 시험 중에 있다.

□ 눈 피해 방지대책

JR 동일본 신간선은 일본의 북쪽을 향하는 노선이므로 동절기 강설에 대비해 대

차측면 커버 및 대차형상을 유선화하여 유동 기류의 흐름을 매끄럽게 함과 동시에 눈이 쌓이기 쉬운 부분은 히터를 설치해 폭설로 인한 운행 장애를 방지하는 구조를 가지도록 하였다. 즉, 대차주변의 차체 측부와 하부의 형상을 개량해 유동 기류를 개선하고, 히터로 눈을 녹여 눈이 쌓이기 어려운 구조를 적용하였다.

□ 환경 적합성 대책

- 소음 저감 대책

고속열차의 판토그래프는 큰 공력음을 발생시키는 소음원이며 E2계 1000열차에서는 싱글암 형 판토그래프를 적용해 소음을 낮춘 효과를 얻었고, FASTECH 360 시험열차에는 한 단계 더 저소음화를 위해 2가지 판토그래프를 개발하였다. 하나는 E2계 1000차량에 적용된 싱글암형 판토그래프의 베이스 부분을 유선형으로 변형한 타입이며, 다른 하나는 암 부분을 일체형으로 변형시킨 부품이다. 이 두 가지 개선품은 각 1대씩 열차에 탑재하여 성능을 비교 평가하고 있으며, 주행시 사용하는 판토그래프는 1대가 되도록, 편성당 집전판토그래프를 1대로 줄이고 새로 개발한 저소음형 판토그래프와 방음판을 탑재하여 소음을 저감시켰다. 대차와 차체 간 연결부는 커버로 씌워 차체의 각 연결부를 평활하게 하고 신간선 최초로 차체 측면에 소음 저감효과를 최대화하기 위한 전장 7m의 새로운 형상의 방음판을 판토그래프의 양측에 설치하였는데 음향시험을 통해 개발한 방음판은 자체 공력소음이 발생하지 않도록 설계되어 있다.

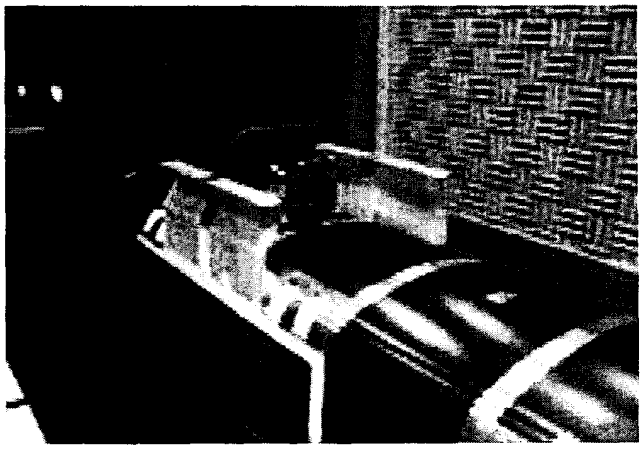
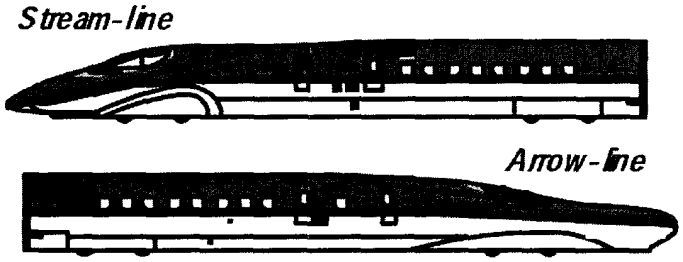


그림 2.2.2.4 판토그래프의 공력소음 저감장치

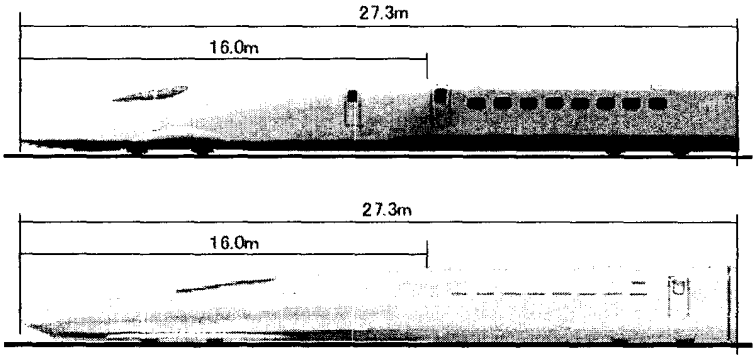
- 터널 미기압파 저감 설계

이 시험차는 선두 경사부분 길이를 E2계의 9.1m(전장25.5m)대비 설계상 가능한 최대길이인 16m(차체길이 27.3m)까지 연장하였다. 선두형상은 컴퓨터에 의한 공기역학 시뮬레이션으로 설계한 2종류를 채택하였다. 1호차는 Stream line (유선형), 8호차는 Arrow line (화살형)으로 구분해 제작한 형식별로 비교시험을 하고 있으며, 성능비교를 위해 1호차와 8호차의 위치를 맞바꾸어 편성한 시험도 수행하고 있다.

아래 그림에 1호차와 8호차의 선두형상의 특징과 개략도를 나타내었다.



<선두형상 형식의 특징>



<선두형상 치수>

그림 2.2.2.5 선두부 형상

또한 터널 미기압파 저감을 위해 객실의 쾌적성을 잃지 않는 범위에서 차체의 단면적을 검토하여 차체높이를 E2계의 3,700mm에서 3,650mm로 낮추었고 그 결과 차체의 단면적을 5% 축소시켰다.

□ 쾌적성 향상을 위한 대책

- 고속주행 승차감 향상

고속주행 중 차량의 동요를 억제하기 위해 E2계는 공기 압축식 액추에이터를 이용한 액티브 서스펜션을 적용했으나 FASTECH 360 열차는 더욱 승차감 향상을 위해 추력과 밀착성이 큰 리니어 모터(또는 동기모터) 구동식 전자 액추에이터를 최초로 적용하였다.

- 곡선통과 시 승차감 향상

고속에서 곡선통과 시 원심력 경감을 위해 E954 형식은 비교적 제조가 간단한 에어 스프링 스트로크 형식의 차체 경사장치를 채택하고 승차감 개선 효과를 시험 중에 있다.

□ 기타 실내설비 개선

차내 설비는 '근미래 쾌적 이동 공간'을 디자인 개념으로 적용한 객실을 지향하였으며 공기조화장치와 좌석에 신기술을 적용함과 동시에 차량별로 컨셉을 달리한 색채와 형상을 차별화한 인테리어를 적용하였고 차체 외부 컬러링은 로고마크 아래에 세계 제일의 신간선에 도전하는 개척정신을 표시하는 'The Frontier Spirit of JR East'라고 표기했다.

예정된 고속 주행시험은 E954 형식 차량 완성 후 2005년 6월부터 2007년까지 동북신간선(센다이~기타무라간)을 중심으로 시험운행 계획이 수립되어 있다.

- 주행시험 시간 : 영업열차가 운행 않는 야간에 주 2회 실시
- 주행속도 : 차량 성능시험은 최고 405km/h로 하나, 원칙적으로 275km/h ~ 365km/h로 수행
- 시험일정 : 2005년 6월부터는 E964 형식 시험차의 단독 주행시험을 수행하고, 2006년 봄 FASTECH 360Z 제작이 완료되면 신규 제작 직통차량과 교행 주행시험, 병렬연결(차량연결)시험 등을 실시함. 모든 시험은 2008년 3월까지 완료하여 2011년에 상용화 개시 예정임.

3. 독일의 기술개발 동향

독일의 ICE 고속열차는 다음과 같은 특징을 갖고 있다.

- 동력 집중식으로 보수유지가 편리하고 주행저항 및 에너지 소모가 적은 반면에 운행도중 고장 시 조치가 용이하지 않다.
- 재래선과의 직통 연계운행이 가능하다.
- 추진시스템은 일본의 신간선과 같이 PWM 방식의 컨버터와 전압형 인버터 방식으로 견인전동기는 3상 교류 유도 전동기(농형)방식을 채택하여 사용하고 있다. 반도체 소자는 일본의 신간선과 같이 GTO 싸이리스터를 사용하는 것이 특징이다.
- 전기제동 발전된 동력을 전차선에 되돌려 주는 회생제동 방식을 사용하고 있다.
- 대차의 스프링하 질량을 최소화함으로 선로부담 하중을 적게 하였고, 또한 차량의 연결방식은 공기 및 전기연결을 포함한 자동연결기를 사용하므로 열차편성의 유연성 및 검수성이 우수한 장점이 있는 반면, 전체 열차중량 및 동력차 축중이 다소 큰 단점이 있다.

ICE 1 열차가 처음 운행에 들어간 이후로 유럽 철도 운영은 기본적인 변화를 갖게 되었으며 차량 공급자는 시장 요구사항을 재조사하고 그에 따라 생산전략도 재정의가 필요하였다. Siemens는 차세대 고속전철을 대책으로 내놓았으며 이 열차는 전세대 것보다 더 안락하고 빠르지만 여러 방면에서 기본적으로 운영 실익을 최적화하기 위한 여러 가지 개념을 채용한 ICE 3이며 다음과 같은 개발개념을 갖고 있다. ICE 3는 Siemens의 주관으로 구성된 Siemens와 Adtranz의 콘소시움으로 생산되었으며, 독일 북서부에 있는 Siemens의 Wildenrath 시험소에서 1998년 9월 말경 철저한 연구가 시작되어 2001년 영업운전을 시작하였다.

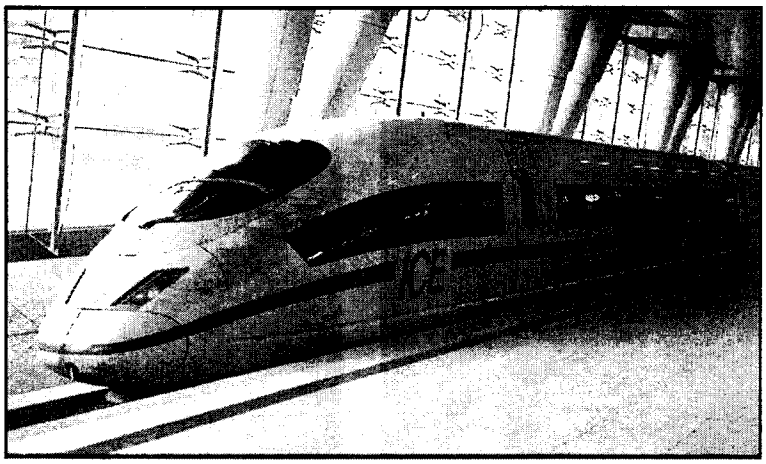


그림 2.2.3.1 ICE 3

고속선로의 건설에도 불구하고 ICE열차는 아직도 구 선로뿐만 아니라 개선된 장거리 선로를 주행해야 하며 이는 속도 변화(구 철도망에서 전형적인 운행 특성)에 대한 대응을 필요로 한다. 빠른 가속력은 여행 시간의 단축을 가능하게 하며 이를 위해 운전 출력이 ICE 1 열차에서 10kW/tonne에서 ICE 3에서는 20kW/tonne으로 2배로 증가되었다.

운행 요구사항을 만족시키는 것은 경제적 상황에 의해 큰 영향을 받는다. ICE 3 설계 단계에서 자주 몇 개의 요구사항이 서로 일치하지 않는 상황이 있었다. 전형적으로 엄청난 고출력 요구사항에도 불구하고 좌석 당 전체 비용이 예전의 ICE 열차에 비교하여 약 25% 정도 낮아져야 할 필요가 있었다. 더구나 시설비와 운영비가 감소되어야 하며 유지보수 요구사항이 대부분의 다른 경비보다 비용 효율에 영향을 주기 때문에 중요하게 되었다. 요구사항을 만족시키기 위해 유지보수비는 열차의 운전수명 주기 동안 다음과 같은 방법을 통해 최적화되었다.

- 기기의 모듈화 개발 및 모듈화된 단위의 빠르고 손쉬운 가변성
- 정확한 정밀도로 여러 가지 사고를 감지할 수 있는 진단 시스템의 장점 이용
- 최신 개발된 초경량 재료 사용
- 유지보수 필요성을 낮추고 비가동시간을 줄인 고 신뢰도의 기기 사용

새로운 요구사항을 만족시키는 출발점은 ICE 초기 모델을 운영하면서 얻은 경험이며 최고의 요구사항 중의 하나는 신뢰도를 증진시키고 안전도의 기준을 유지하면서 가용도(availability)를 증가시키는 것이다. 에너지 소비와 소음 수준을 감소시키는 것은 개선항목 중에서 중요성을 차지한다. 이것은 좌석 당 더 낮은 중량, 낮은 항력계수(drag coefficients)와 더 나은 공기 음향학적 특성을 요구한다. 승객 안락감은 속도 증가로 인해 차량 제작사에게 요구되는 주된 고려사항으로 전 모델과 같이 ICE3는 승객 고려사항을 만족시키도록 설계되었으며 단/중거리 여행 시 철도가 항공기와 경쟁이 가능토록 하였다. 운행 요구사항을 만족시키기 위해 동력차 사양에 많은 변화를 가져 왔으며, 가장 심각하게 고려된 요구사항은 최고 축중 17톤, 최고속도 330km/h, 4‰ 구배 등판 필요, 승객 안락감을 저해하지 않는 최다의 좌석 용량과 고정된 열차 전장 200m 또는 결합되었을 때 전장 400m이다.

이런 요구사항을 만족시키기 위해서는 다중 유닛의 개념을 채택하였으며 이것은 좌석 용량을 늘려주고 열차 전장에 중량을 골고루 분배시킬 수 있도록 하였다. 다중 유닛 개념은 구동 대차의 전체 수를 반으로 줄이는 것을 의미하므로 축중을 감소시키고 더 나은 견인력을 얻을 수 있는 장점이 있다.

ICE 3의 동력축의 축중이 단일시스템에서 14톤 근방, 다중 시스템에서 14.5톤임에 반해서 ICE 2 동력차의 정적 축중은 19.5톤이다. 그러나 ICE 2의 좌석이 이미 ICE 1의 좌석에 비해 중량이 반으로 줄었기 때문에 좌석 중량은 ICE3에서 약간 감소시킬 수 있었다. 그럼에도 불구하고 승차감의 규격이 2.5m 휠베이스(wheelbase) 내에서 구동 대차뿐만 아니라 객차의 대차에서도 만족되도록 설계되었다. 불리한 점착 조건에서도 견인력과 제동력은 ICE 1과 ICE 2 보다 개선되었기 때문에 ICE 3는 젖은 레일에서도 완전한 견인력과 제동력을 낼 수 있다.

다중 유닛 개념은 또한 회생 제동의 사용을 더 좋게 하였다. 8.2MW의 제동력으로 ICE 3는 ICE 2의 거의 2배에 가까운 회생제동력을 만들 수 있었다. 더구나 100% 제동 능력이 거의 일정하게 사용될 수 있으며 기존의 마찰 제동에서 발생하는 마모를 줄일 수 있고 결과적으로 유지 보수량을 감소시킬 수 있었다.

동력 분산 개념의 Multiple-unit에 대해서 높은 유지비는 거의 유지비가 들지 않는 전력전자를 광범위하게 이용함으로써 해결할 수 있었으며 2개의 동력차를 필요로 하는 기존의 구성과 비교했을 때 단지 견인 모터와 작동에 관계된 것들의 수만 증가하였다. 물론 본질적으로 다른 점은 열차에 거쳐 동력 컨트롤 부품들의 분산되

어 있다는 점이며, 선로에서 보다 작은 축중과 보다 작은 질량으로 인해 감소된 하중은 분산 견인의 장점으로 인식되고 있다.

여러 가지 분산 구동들이 평가되었을 때 견인 축과 비견인 축의 50:50의 비율이 장점이 가장 크다고 판단되었으며, 견인축과 비견인 축의 비율을 더 크게 하였을 때, 즉 견인축을 더 많게 하였을 때, 작동에 필요한 부품의 무게와 부피가 크게 늘어날 것이다.

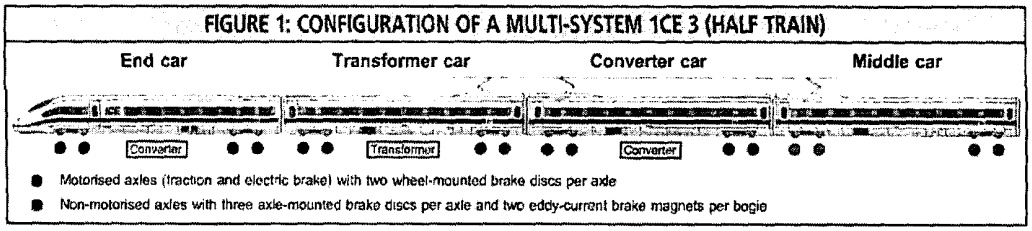


그림 2.2.3.2 ICE 3 차량 배치도

위의 그림은 ICE 3에서 채택된 개념과 어떻게 열차에 거쳐 주요 작동 요소들이 분산되었는지를 보여준다. 설계의 대칭성 때문에 8량 중에서 4량만 나타내었다. End car와 Converter car들은 각각 Converter unit가 장착되어 있고, 4개의 모든 축에 견인전동기가 장착되어 있다. Transformer car와 Trailer car는 Trailer 대차를 가지고 있다. 이렇게 견인장치들의 균형잡힌 분산과 부수차량에서의 보조물들 탑재로 인해 완전히 적재한 차량의 평균 축하중이 ICE 3의 Single-system에서 거의 14톤 수준이며, multi-system열차의 구성에서는 14.5톤의 수준을 유지하고 있다.

ICE 3 열차는 두 개의 변형 모델로 제작되었다. 독일 국내 서비스를 위한 단일시스템 열차(15kV, 16 2/3Hz 동작)와 4가지의 유럽 전력망(15kV와 25kV ac, 그리고 3kV와 1.5kV dc)에서 운용될 수 있도록 설계된 4-Car 1-Unit 열차이다. 모듈 기기를 폭넓게 사용함으로서 실제로 다중시스템 운행에 따른 차이점을 쉽게 극복할 수 있기 때문에 설계의 호환성(commonalty)을 보장한다. ICE 3는 전철화된 선로에서 최고속도 330km/h로 운행할 수 있으며, 구배 5‰에서도 300km/h의 최고속도를 유지할 수 있는 0.05㎳의 가속 여력을 갖고 있다. 최고속도는 DC 계통에서 운행될 때 220km/h로 제한된다. 이 성능감소는 기술 한계의 결과는 아니며 DC 견인 열차

는 더 높은 속도를 유지할 수 있지만 얼만큼의 선로 전류가 DC 전원으로부터 공급될 수 있는지에 대한 제한이다. ICE 3의 내외부는 광범위하고 중요한 재설계를 실시했다. 가장 두드러진 특징은 향상된 유선형 전두부와 더 높은 속도를 보장하는 후미부(end section)이다. 8량의 열차는 3량의 1등객실, 식당차와 4량의 2등객실로 구성되어 있다. 이런 구조는 단일시스템 열차에 있어서 391명의 승객, 4 Car 1 Unit에서는 380의 승객을 수송할 수 있다.

국제 규격을 만족시키는 위생설비도 ICE 2와 비교하여 향상되었고 장애자용 화장실 1개, 승무원용 화장실 1개, 일반용 11개의 화장실이 구비되어 있다. ICE 3의 특징은 다중 유닛 개념을 적용하면서도 획득과 유지보수 비용이 안락감이나 성능을 떨어뜨리지 않고 감소시켰다는 것이다. 좌석당 열차 중량은 ICE 2의 1.05톤에서 ICE 3의 990kg으로 감소시켰으며, 열차 길이 m당 좌석 수는 ICE 2의 1.9에서 ICE 3의 2.1로 증가되었다. 반면 kW당 좌석 중량은 0.22에서 0.12kg/kW로 감소되었다. 경량의 동일한 길이 조건에서 더 높은 좌석용량으로 동력분산 방식의 다중 유닛은 같은 길이의 동력차와 객차를 갖는 기존 열차보다 승객-km당 더 경제적으로 운행할 수 있게 되었다. 증가된 좌석용량은 안락감을 희생시켜서 얻은 것이 아니고 효과적인 차량 길이를 잘 이용하여 획득된 것이다. 입증된 부품과 중간 생산품의 계속적인 사용과 결합된 미래지향적인 개념의 현실화는 ICE 3를 유럽에서뿐만 아니라 전 세계에서 더 나은 철도 여행을 위해 계속적으로 발전하는 시장에서 강한 경쟁자로 만들었다.

또한 Siemens는 미래형 ICE 3 성능향상 개발계획을 발표하여 350km/h의 최고속도를 갖는 Velaro라는 차량을 개발 중에 있으며 안락한 승객환경과 고급스런 인테리어를 자랑하며 전 세계 시장을 목표로 홍보에 열중하고 있다. Velaro E Version 고속열차는 2001년 7월에 스페인 RENFE로부터 마드리드-바로셀로나-프랑스 국경에 이르는 625km 노선을 2시간 30분 이내로 주행하기 위하여 16 편성을 의뢰하였으며 Siemens는 ICE 3 기술을 이용하여 현존하는 전 세계 고속열차 상업차량 중 최고의 차량으로 개발 중에 있다.

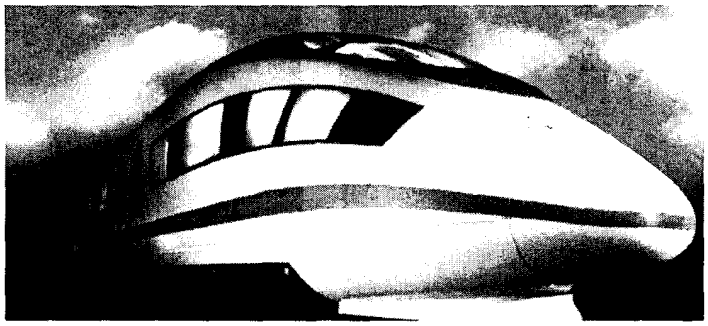


그림 2.2.3.3 Velaro E 외형 개념도

이 차량은 동력 분산식을 채택하여 최대출력 8,800kW로 350km/h를 주행할 수 있으며 8량 1편성으로 제작되고 있다. 또한 GSM-R-Stanfard에 기초한 유럽 신호 표준인 ETCS Level 2를 적용함으로서 전 유럽지역에 적용할 수 있다. 차량 제어 신호는 가장 선진화된 표준인 2중 안전구조를 갖는 TCN을 채택하고 있으며 중련 편성 운행에 대한 제어도 가능토록 설계 되었다.

객실은 3등급으로 나뉘어져 있으며 VIP를 위한 Club Class는 운전 바로 뒤에 위치하여 여행 중 각종 편의 시설을 자유롭게 이용할 수 있도록 했을 뿐만 아니라 고급스런 인테리어를 적용하여 고품격의 환경을 제공토록 하고 있다. 다음은 Preferente Class 로서 항공기의 비즈니스 Class수준을 제공토록 하고 있다. 또한 일반석인 Turista Areas는 중간 카페테리아 차량으로 분리되도록 하는 등 차내 서비스의 고급화에 역점을 두고 있는데 철도 승객에 여행에 대한 불편함을 최소한으로 줄이려는 노력이 담겨져 있다고 본다.

제3장 주요 연구추진 현황

제1절 고속철도기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리

1. 연구과제 책임자 회의를 통한 각 과제의 목표관리 및 일정조정

가. 전체과제 일정관리

고속철도기술개발사업에 대한 사업제안요구서(RFP)에 명기된 추진일정은 그림 3.1.1.1과 같으며, 상세한 연구 내용은 제1장의 표 1.2.2.1 ~ 표 1.2.2.3에 나타난 바와 같다. 본 연구과제는 본 연구사업의 목표를 달성하기 위해 모든 과제에 대해 기술적인 총괄을 하도록 되어 있기 때문에 8개의 연구과제는 서로 긴밀한 협조체계를 구축하도록 조처하였고 과제 간에서 발생하는 기술적 인터페이스상의 문제를 해결할 수 있도록 정기적 또는 비정기적으로 과제책임자 회의를 개최하여 효과적으로 대응하였다. 본 과제에서는 각 과제의 책임자 회의를 통해 기술적 중요사항을 협의하에 결정하였을 뿐만 아니라 모든 과제에 대해 당해연도의 일정표를 작성하도록 하여 이 일정표대로 모든 과제의 연구가 진행될 수 있도록 독려하였다.

현재는 5차년도의 연구가 진행되고 있으며, 1차년도 ~ 5차년도의 각 과제에 대한 상세한 연구내용 및 진행일정은 그림 3.1.1.2 ~ 그림 3.1.1.6에 상세히 기술되어 있다.

그림 3.1.1.1 고속철도기술개발사업 전체 추진일정

구 분			1차년도 (02.12 .- 03.10.)	2차년도 (03.11 .- 04.10.)	3차년도 (04.11. - 05.10.)	4차년도 (05.11.- 06.10.)	5차년도 (06.11. - 07.10.)
신뢰성 및 안전체계	고속철도 성능, 안전기준 규격화						
	복합운송시스템 기본설계 완성						
	복합운송시스템 제작						
	고속철도시스템 신뢰성 체계구축						
	한국형 고속전철시스템 안정화, 신뢰성시험						
신뢰성 및 안전체계	다중추진	기본설계					
		상세설계					
		시스템 제작					
		특성시험 및 분석					
	차량 시스템	변경설계					
		변경시스템 제작, 조립					
		변경시스템 성능검증					
	전기신호 구축물	개발시스템 안정화					
		신뢰성 시험					
		개발시스템 및 S/w 완성					

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 기술개발 통합 및 총괄 (I-1)	한국철도기술연구원	과제별 수행진척도에 따른 전반적 목표관리 및 일정관리		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		시스템별/과제별 인터페이스 및 내구성시험 총괄 조정		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		안정화시험을 위한 시스템 별유지보수 부품 조달계획 조정 및 조달, 관리		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		차량 레일 간 상호 작용현상 인터페이스 연구		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	신뢰성 평가	신뢰성 평가 기술 기초 확립을 위한 세미나	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 해석 S/W 사용 및 효과 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			고장 정보 체계 구축 방안 검토	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			고속철도 신뢰성 평가 시스템 교육	→	→	→	→	→					
			선진 고속철도 시스템의 신뢰성 평가 사례 분석					→	→				
			시운전 시험 계측 및 고장율 관련 자료 수집 방안에 대한 자문							→	→		
			시제차 신뢰도 모델 구축 신뢰도 예측								→	→	
			스펙트럴 피로 해석 기법 조사	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			피로 신뢰성 평가를 위한 시험 계측	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		계측 시스템	측정 채널 확정	→	→	→	→	→	→				
			측정 채널 센서, 케이블 설치						→	→			
			측정 채널 튜닝	→									
			외부 용역 과업지시서 작성	→									
			외부 용역 품의	→	→	→	→	→					
			외부 용역 계약					→					
			외부 용역 수행						→	→	→	→	→

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	계측 시스템	D/A 카드 구매 및 H/W 장비 추가(일부)	→	→	→	→	→					
			신뢰성 측정항목 협의 및 검토							→			
			신뢰성 측정 장비 구축								→	→	
			종합측정 시스템 구축 사례 수집						→	→			
			측정 방법 검토							→	→		
			안정화 시험 지원	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 시험									→	→
			보고서 작성/ 평가 등									→	→
			국외 고속철도 복합운송시스템 사례 분석						→	→			
		복합 운송 시스템	복합운송시스템 형태 검토	→	→	→	→	→	→	→			
			고속철도 운영구간에 대한 고속철도 이용대상 화물 수요조사 및 물동량 예측	→	→	→	→	→	→	→			
			복합운송시스템 운영에 따른 경제성 분석							→	→		
			결론								→	→	
		공기역학	문헌(자료) 조사	→	→	→	→	→	→				
			시험절차서 작성	→	→	→	→	→					
			계측시스템 설계/제작	→	→	→	→	→	→				
			시험						→	→	→		
			CATIA 파일을 통한 Grid 생성	→	→	→	→	→	→	→			
			STAR-CD 해석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
			최적 설계 조사 및 문제 정의							→	→	→	
			보고서 작성									→	→
			논문 투고									→	→

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	과업수행 관리체계 및 추진체계 수립	→									
		해외 고속철도 사례 및 국내외 관련규격 조사, 분석 — 해외 철도성능시험 및 안전기준 자료	→	→	→							
		해외 고속철도 사례 및 국내외 관련규격 조사, 분석 — 경부고속철도 기술이전 자료		→	→	→						
		해외 고속철도 사례 및 국내외 관련규격 조사, 분석 — 철도청(SNCF)고속철도 기술자문 자료		→	→	→						
		해외 고속철도 사례 및 국내외 관련규격 조사, 분석 — 국내 철도안전관련 법규정 자료 분석	→	→	→							
		System level 예비위험분석 및 안전검증 기법 적용성 연구 — 각국 철도시스템 예비위험 사례 분석			→	→	→	→	→			
		System level 예비위험분석 및 안전검증 기법 적용성 연구 — 고속철도시스템 기본위험(PHA) 목록제시 및 위험일지 작성						→	→			
		System level 예비위험분석 및 안전검증 기법 적용성 연구 — 위험도 평가를 위한 안전검증 Matrix 작성 제시						→	→			
		시스템 안전요건 도출 및 성능시험 기본항목 선정 — 고속철도 안전요건/기술기준 분석							→	→	→	
		시스템 안전요건 도출 및 성능시험 기본항목 선정 — 고속철도시스템 안전요건 도출								→	→	
		시스템 안전요건 도출 및 성능시험 기본항목 선정 — 고속철도 성능시험 기본항목 선정								→	→	
		체계구축 및 기본계획 수립 — 고속철도 시스템 안전기준 체계									→	→
		체계구축 및 기본계획 수립 — 고속철도 시스템 성능시험기준									→	→
		보고서 작성										→
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	시제차량 성능시험 결과 분석 — 차량 공장내시험 및 본선 시운전 시험 결과 분석	→	→	→	→						
		시제차량 성능시험 결과 분석 — 시제차량 성능시험 결과 및 성능 해석결과의 비교 분석		→	→	→	→	→				
		시제차량 성능시험 결과 분석 — 시제차량 품질관리 문제점 분석			→	→	→	→	→	→		
		차량시스템 설계 요구조건 항목 조사/분석 — 차량시스템 설계체계 정비를 위한 차량시스템 설계 요구조건 및 항목 조사/분석			→	→	→	→	→	→		
		차량시스템 설계 요구조건 항목 조사/분석 — 차량시스템 실용화를 위한 설계전주기 프로그램 구축방안 수립							→	→	→	→
		보고서 작성										→

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템	속도향상시험 및 보완	300km/h 주행시험	→	→	→	→	→	→				
		보완시험	HVAC 및 여압장치	→	→	→	→	→	→	→			
			와전류 제동장치	→	→	→	→	→	→	→			
			TCN 제어시스템	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
		형식시험 절차서 작성 및 형식시험	Static Test	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			Dynamic Test	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			기관사 지원기능 시험								→	→	→
			유지보수 정보 시험								→	→	→
		유지보수 지침서 작성	일상~3개월주기 검사 지침서	→	→	→	→	→	→				
			6개월/1년주기 검사지침서						→				
			부품검사 지침서	→	→	→	→	→	→				
			관련 기술문서	→	→	→	→	→	→				
		유지보수 검사 및 문제점 분석, 보완	일상/ 주간/ 월간 검사						→	→	→	→	→
			3개월주기 검사							→		→	
			6개월주기 검사							→	→	→	
			1년주기 검사)								→		→
		유지보수 data 분석							→	→	→	→	→
		실용화를 위한 설계 사양 및 도면 검토, 보완							→	→	→	→	→

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 열차제어 시스템 안정화 기술개발 (II-2)	LG산전/ 대우엔지니어링/ 한국철도기술연구원	시스템평가 이론조사	Fault-Tolerant 특성 평가방법				→	→	→				
			RAMS 평가방법	→	→	→	→						
		자동열차 제어장치 안정화	ATC 현장 안정화시험		→	→	→	→	→	→	→	→	→
			ATC 시스템 FT평가				→	→	→	→			
			ATC 시스템 RAMS평가 모델						→	→	→	→	
			ATC 시스템 신뢰성 향상 설계								→	→	
		전자연동 장치	전자연동장치 현장 안정화시험			→	→	→	→	→	→	→	→
			IXL/TFM FT평가				→	→	→	→			
			IXL/TFM RAMS평가 모델						→	→	→	→	
			IXL/TFM 신뢰성 향상 설계								→	→	
		보고서 작성										→	→
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원 /건설기술연구원	고속전철 슬래브궤도	개발 슬래브궤도 베이스 플레이트 신뢰성 시험	→	→	→	→	→					
			슬래브 침목						→	→			
			슬래브 스핀들 및 광파 공법개선 방안						→	→			
		고속전철 방진침목	방진침목패드 최적화 방안	→	→	→	→						
			시험제작 및 신뢰성 시험	→	→	→	→	→	→				
		고속전철 체결구	체결구 안정화시험	→	→	→	→	→	→				
			체결장치보완							→	→		
		고속전철 강성변화 구간	강성변화구간에 대한 자료수집	→	→	→	→						
			접속구간 현장계측 및 구조해석					→	→				
			접속구간 기준도출 및 보강레일 설계도면 제시							→			

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	프로그램 안정화	프로그램 인터페이스 조정	→	→	→	→						
			강성변화구간 및 특수구간해석 모듈개선					→	→				
			그래픽부분 성능향상							→			
		개발S/W 검증 및 보완을 위한 계측실험	KTX 및 G7개발 차량에 대한 변위 및 가속도 응답 측정	→	→	→	→						
			단면 가속도 응답 분포의 측정					→					
			가속도응답의 분석						→				
			실교량의 모드별 감쇠 측정							→			
		개발S/W 검증 및 보완을 위한 계측실험	모드별 감쇠비 측정결과 분석								→		
			교량형식별 응답의 측정 및 결과 분석									→	
			G7개발차량 증속 주행시 주행안전성 계측실험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		교량동적해석프로그램 신뢰성 검증 및 성능 개선	가속도 응답에 영향을 미치는 매개변수 해석	→	→	→	→						
			가속도 응답 측정결과와 해석치의 비교 분석					→					
			상자형 교량의 동해석을 위한 요소개발						→				
			해석프로그램 작성							→			
			해석프로그램 비교 검증 및 전후처리 시스템 개발 방안 검토								→		
			예제 해석									→	
		레일교량 상호작용 해석프로그램 신뢰성 검증 및 성능개선	개발 프로그램 최적화 및 보완수정	→	→	→	→						
			시제동 하중에 대한 매개변수 해석					→					
			도상저항력 변화에 대한 매개변수 해석						→				
			하부구조강성 변화에 대한 매개변수 해석							→			
			프로그램 개선 및 전후처리시스템 개발 방안 검토								→		

그림 3.1.1.2 1차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/7)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	고속전철 교량 부속장치의 현장 적용성 검토	고속전철교량 현황조사	→	→	→	→						
			시험시공 대상교량 선정					→					
			시험시공 교좌장치 기본설계 및 예비구조해석						→	→			
			현장시험시공 계획수립								→		
		개발제품 지적재산권 및 의장, 참여기업과 특허 공동출원				→	→	→	→				
		선로구축물 최고속도시험 실시				→	→	→	→				
		보고서 작성										→	→
한국형 다중추진 시스템 개발 (II-4)	한국기계연구원	시스템 총괄 및 기본 설계	기존 자료 검토 G7고속전처 동력객차 사양분석	→	→								
			다중추진 시스템 해석		→	→	→	→	→	→	→	→	→
			G7 고속전철 동력객차 도면 분석					→	→	→			
		동력시스템	가스터빈 성능해석 사양 검토					→	→	→	→	→	→
		발전시스템	G7고속전철과의 Interface 검토					→	→	→	→	→	→
		보조시스템	연료공급 시스템 검토							→	→	→	→
		제어시스템	G7 고속전철과의 Interface 문제 검토							→	→	→	→

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 기술개발 통합 및 총괄 (I-1)	한국철도기술연구원	과제별 수행진척도에 따른 전반적 목표관리 및 일정관리		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		시스템별/과제별 인터페이스 및 내구성시험 총괄 조정		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		안정화시험을 위한 시스템 별유지보수 부품 조달계획 조정 및 조달, 관리		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		차량 레일 간 상호 작용현상 인터페이스 연구		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	신뢰성 평가	신뢰성 평가기법 분석	→	→	→	→	→	→	→					
			고장정보 관리방안 수립	→	→	→	→	→	→	→					
			신뢰성 성장 관리방안 수립							→	→	→	→	→	→
			신뢰성 Data 수집	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		측정 시스템	추가 측정 채널 및 항목 측정	→	→	→	→	→	→						
			추가 채널 센서 설치 계획 수립					→	→	→	→				
			H/W 및 S/W 보완 방안 검토						→	→	→	→			
			신뢰성 시험 및 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		복합 운송 시스템	복합운송 개념설계	→	→	→	→	→	→	→	→				
			복합운송 기본설계								→	→	→	→	→
		인터페이스	차체하부 유동계측 및 메카니즘 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			다분야 통합 환경 프레임 설계	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			차체구조물 피로신뢰성 해석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			기존선 시스템 성능해석	→	→	→	→	→	→	→					

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	과업수행 관리체계 및 추진계획 수립	→											
		Sub system level 성능요건 분석 및 성능기준 기본안 제시												
		성능요건 추적성 검토 - System level 사양서 변경이력 검토 - Sub system level 사양서 추적성 분석 및 할당 (아주대 위탁과제)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		성능시험 규정/기술기준체계 분석 - 철도법 관련 규정(건설, 운전 등) - 도시철도차량 성능시험규정 분석 - 철도안전법(안) 요구사항 변경		→	→	→	→							
		Sub sustem level 성능요건 분석 - 단위시스템별 기술개발사양서 및 성능시험 절차서분석(차량/전기신호/선로구축물 개발품)					→	→	→	→	→			
		고속철도 성능기준 기본항목 선정 - System level 성능기준 수정사항 제시(시운전시험) - Sub system level 성능기준 기본항목 제시 (단차시험/Power Unit 시험/편성시험/전차선분야 개발품 성능시험)									→	→	→	→
		고속철도 시스템 안전기준 기본안 작성												
		해외철도안전요건/기술기준 분석 - 영국 철도안전규정/세부기술기준 - 미국 철도안전규정/기술기준 - 일본 기술상의 기준을 정하는 성령		→	→	→								
		국내 철도안전요건/기술기준 분석 - 철도법 관련규정류 - 도시철도법 관련규정류 - 철도안전법(안) 요구사항 반영			→	→	→							

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	고속철도 시스템 안전기준 기본안 작성	국내외 철도안전요건/기술기준 공통요건 도출 - 고속철도 안전규정체계 도출 - 고속철도 안저요건 관리체계 도출 - 고속철도 안전요건 추적성 검토					→	→	→	→	→	→		
			안전기준 기본안 작성 - 시스템 안전관리 프로그램 요건 제시 - 기술분야별 안전요건 도출 및 기술기준 기본안 제시(선호/전력/신호제어/차량/기타분야)								→	→	→	→	
		보고서 작성												→	→
		국외자문 및 교육훈련계획	철도시스템 고장모드 분석 및 사고조사 절차 (미국DOT 산하 TSI, 2.2~6)				→								
			철도시스템 안전프로그램계획 (미국DOT 산하 TSI, 5.17~22)							→					
			해외전문가 초청 세미나(독일)											→	
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	시제차량 설계보안지원	Life Cost Cycle, 유지보수 개념을 도입한 설계검토			→	→	→	→	→	→				
			성능시험 결과에 따른 보완 설계검토			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		시제차량 및 부품신뢰성 보안지원	시운전 시험과정에서 문제점 보완	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			전주기 수명을 고려한 차량 및 부품의 신뢰성 확인 방안 검토			→	→	→	→	→	→	→	→	→	
		차량시스템 설계요건 등 기술자료정비	Life Cycle Cost 등 상용화 설계를 위한 시스템엔지니어링 기술적용			→	→	→	→	→	→	→			
			응용 부품 사양 확립							→	→	→	→	→	

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/8)

과제명 (code #)	연구기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	차량시스템 실용화를 위한 시스템 엔지니어링 프로그램 구축	전주기 프로그램 체계확립	→	→	→	→								
			모듈개발 사례 착수	→	→	→	→	→	→	→	→				
		보고서 작성													→
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템	사업 관리		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		차량시스템 안정화 시험		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		인수시험 절차서 작성		→	→	→	→								
		시험 시 문제점 보완		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		유지보수 체계구축 및 정비		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		상용화 설계검토 및 변경 설계						→	→	→	→	→	→	→	→
		상용화 보완제작 및 단품시험					→	→	→	→	→				
고속철도 열차제어 시스템 안정화 기술개발 (II-2)	한국철도기술연구원/LG산전/대우엔지니어링	시제품 안정화시험 (2)	FMEA, FTA 수행							→	→	→	→	→	
			열차제어용 가속수명시험방법개발			→	→	→	→	→	→	→	→	→	
			열차제어용 신리성 향상프로그램 개발	→	→	→	→								
			열차제어용 신뢰성시험 방법개발	→	→	→	→								
			문서화											→	→
		자동열차 제어장치 안정화	시제품 안정화 시험 및 H/W 및 S/W 대폭개량(1) - ATC H/W 가속수명시험 절차개발 - ATC H/W upgrade - ATC S/W upgrade	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			ATC 시스템 문서화작업											→	→

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 열차제어 시스템 안정화 기술개발 (II-2)	한국철도기술연구원/LG산전/대우엔지니어링	전자연동장치 안정화 시험(2)	전자연동장치 현장 안정화시험 - 전자연동장치 가속수명시험 절차개발 - 전자연동장치 H/W upgrade - 전자연동장치 S/W upgrade												
		안정화 시험을 위한 유지 보수(2)													
		보고서 작성													
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	고속전철교량 하중계측용 교량받침 현장 시험시공													
		고속전철교량 국부진동 저감장치의 성능 평가													
		교량동적해석 프로그램의 성능개선을 위한 기본모듈개발													
		레일-교량 상호작용 해석프로그램의 성능개선을 위한 기본모듈개발													
		개발S/W 검증 및 보완을 위한 교량 동적거동 계측실험													
		G7차량 주행 안전성 검토													
		보고서 작성													
한국형 다중추진 시스템 개발 (II-4)	한국기계연구원	가스터빈 시스템 구성안 확정	주동력 기관 출력계산 보조 동력 계산												
		가스터빈 사양 결정													
		주기 시스템 구성													
		보조 시스템 구성안													
		전력 변환 시스템 계통 확정													
		전력 변환 시스템 부분품 입출력 data 확정	AC-DC Converter 입출력 data DC-AC Inverter 입출력 data DC-DC inverter 입출력 data												

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
한국형 다중추진 시스템개발 (II-4)	한국 기계연 구원	Optimum operating line계산					→								
		가스터빈 제어방식 결정					→								
		제너레이터 사양 확정					→								
		Simulator 입출력 data 분석					→								
		MGT 입출력 data 분석					→								
		가스터빈 제어 로직 작성						→							
		가스터빈 설계점 계산	출력, 효율, 유량, 온도 및 압력 계산					→							
		가스터빈 Map 작성						→							
		가스터빈 부분부하 계산						→							
		가스터빈 도입 계약						→							
		G7 고속전철 제어 계통 파악	G7고속전철 도면작업 (TM1과 TM5 내부 도면)					→							
		다중추진 시스템 축중량 계산						→							
		가스터빈 제어 계통 설계	TCU 자료 분석 TCU 입력 data 제공					→							
		보조시스템 layout 연료공급시스템 layout	G7 고속전철 layout 분석						→						
		윤활시스템 layout 소음 장치 layout	G7 고속전철 layout 분석						→						
		동력시스템(GT+발전기) 환기시스템 layout 제어로직 송부	G7 고속전철 layout 분석						→						
		MGT 연료용 LNG layout 작성 G7 고속전철 layout 분석 다중추진 시스템 layout	G7 고속전철 도면작업 (TM1과 TM5 내부 도면)						→						

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속전철 선로구축물 시스템안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	동력시스템(4MW)기본설계	가스터빈 장치 도면화(4WM) 발전기(4WM)도면화						→						
		전력변환시스템(4WM) 기본설계	Converter/Inverter 설계						→						
		제어시스템(4WM) 기본설계	제어장치 계통도 설계 G7 고속전철 layout 분석							→					
		보조시스템 기본설계	연료시스템 연료시스템 입출력 data 작성							→					
		Simulator 와 연계시험준비	Simulator와 연결을 위한 입출력 data 확인							→					
		보조시스템 기본 및 상세설계	윤활시스템 기본 설계 윤활시스템 입출력 data 작성							→					
		보조시스템 기본 및 상세설계	소음, 환기시스템 기본 설계 소음, 환기시스템 입출력 data 작성								→				
		보조시스템 3D Modeling작성	연료, 윤활								→				
		동력시스템 상세 설계	GT + 발전기 layout 상세 설계								→				
		보조시스템 상세 설계	환기, 소음								→				
		동력시스템 3D Modelling	GT + 발전기 layout 상세 설계 Modelling									→			
		MGT 도입 완료	MGT 부분품 학인, MGT 설치 시작 MGT 설치 process 문서화									→			
		MGT setup 시작	연료 라인 배관 연료 탱크 설치										→		

그림 3.1.1.3 2차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/8)

과제명 (code #)	연구 기관	연구내용		11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	MGT 실험 process 문서화	시험 준비 사항, 시험순서										→		
		제어 시스템 상세 설계	시스템 구성 부분품 상세 설계										→		
		MGT setup 완료	MGT 시험										→		
		전력변환 시스템 상세 설계	구성 부분품 상세 설계 및 입출력 data 작성 Inverter, Converter 상세 설계 MGT 시험										→		
		동력시스템 보고서 작성	GT + 발전기										→		
		보조시스템 보고서 작성	연료+환기+소음+윤활											→	
		MGT 관련 보고서	MGT 시험 결과 분석 MGT 설치방법, 유지보수, 시험방법, 준비 사항 포함											→	
		보고서 복사												→	
		MGT 시험	Partload 운전 특성 분석												→
		MGT 시험결과 data 작성	보고서 제출												→
		3차년도 사업계획서 작성	3차년도 연구 추진 계획 작성												→
		2차년도 연구결과 운영위원회발표	MGT 시험결과를 포함한 2차년도 연구결과 발표												→

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용			추 진 일 정(월) 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
고속철도 기술개발 통합 및 총괄 (I-1)	한국철도기술연구원	고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리		안정화 시험일정 총괄관리 및 조정	
				분기별 연구책임자 회의	
				연도별 사업추진 내용 조정, 보완	
				과제별 일정·목표관리 및 시스템 기술통합, 조정	
		시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야간 인터페이스 조정, 관리		개발 시스템의 수요자 관점 기술 자문·검토 및 조정	
				서브시스템 인터페이스 조정, 관리	
				개발품 유지보수·예비품 조달, 관리	
		개발결과 분석 및 과제별 연구내용 조정		개발결과 분석의 따른 추가과제의 도출	
				수요에 따른 기존 과제에 대한 업무 범위 조정	
				단계평가 대응	
		안정화 시운전시험 결과 중간종합 및 조정		안정화 시운전 시험 결과 종합방안 도출	
				안전화를 위한 총 주행거리 12만 km 달성	
		보고서 작성			
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	신뢰성 평가	고장정보 관리체계 운영 및 보완	고장정보 관리체계 보완	
				신뢰성 데이터 수집/분석	
				신뢰성 성장관리	
				고장현항 모니터링 시스템 구축	
			신뢰성 사양서 및 시험절차서 작성/검증	신뢰성 사양서 및 시험절차서 작성	
				신뢰성 사양서 및 시험절차서 검증	
		측정 및 분석	안정화/신뢰성시험 및 결과 분석	시운전시험 수행	
				결과분석 및 안정화과제 지원	

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용			추 진 일 정(월)											
					11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	측정 및 분석	계측시스템 보완 및 유지보수	계측시스템 배선분리 및 점검		→	→				→	→				
				계측시스템 보완				→	→	→			→	→	→	
				계측시스템 유지보수				→	→	→			→	→	→	
		차량 폭 확대	차량폭 확대에 따른 특성 분석	프로그램 점검 및 자료조사	→	→	→	→								
				공력 특성 해석					→	→	→	→				
				주행안정성 해석					→	→	→	→				
			특성 분석 지원 및 추가사항 검토								→	→	→	→	→	
		기반 기술	자갈/비산 방지 최적형상 분석	차량 하부/노반 상호 작용 해석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
				차량 하부/노반 형상 최적 설계					→	→	→	→	→	→	→	
			공력/동역학 통합 프레임 개발	동역학 성능지수 근사모델 구축	→	→	→	→	→	→	→	→				
				최적화 및 통합 데이터 베이스 구축								→	→	→	→	
			관절링 부 피로 신뢰성 평가 연구	관절링 부 FEM 모델 개발	→	→	→	→	→	→	→					
				관절링 부 응력계산, 수명평가							→	→	→	→	→	
		보고서 작성														→
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	고속철도시스템 Core-item Level 성능시험기준 작성		차체/대차 구성품 대상	→	→	→									
				실내설비기기 대상	→	→	→	→								
				집전 및 동력장치 대상				→	→							
				추진제어장치 및 운전제어장치 대상					→	→						
		고속철도시스템 성능시험기준 및 안전기준 기본안 의견수렴 및 보완		안전기준 기본안 정리 및 의견수렴 자료 준비	→	→	→	→	→	→						
				차량정밀진단기준 기본안 보완 및 정리	→	→	→	→	→	→						
				기술분야별(차량/궤도/전력/신호) 안전기준 기본안 관계기관 의견수렴						→	→	→				
				성능시험기준 관련기관 협의 및 자문 검토 보완							→	→	→			

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	고속철도시스템 성능시험기준 및 안전기준 (진단기준 포함) 기본안 적합성 평가 및 보완	국제수준의 만족성 (국제규격반영) 검									→	→		
			국내 철도시스템 특성 반영 및 적합성 (KTX, G7 요구사항 반영) 검토										→	→	→
			철도안전법 등 국내 규정 체계와의 적합성 검토												→
		SE 모델 기반의 성능/안전기준 요건관리체계 구축(위탁)	성능/안전기준 요건관리 및 추적성 관리 보완	→	→	→	→	→							
			고속철도시스템 Core-Item에 대한 성능시험 데이터베이스 구축						→	→	→				
			고속철도시스템 안전기준 및 요건관리체계 구축									→	→	→	→
			Sub-system level 성능시험기준 변경사항 관리 및 시험절차서 작성												→
		전문가 자문회의									→				
		단계 평가												→	→
		년차 보고서 작성													→
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	시제차량 설계 검증 및 보완지원 (상용화를 위한 대책 수립)	설계검증을 위한 시제차량 성능 확인	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			성능 검증 및 차량시스템과 주요서브시스템 문제점 분석 및 설계 개선 지원 (시운전 데이터 활용)					→	→	→	→	→	→	→	→
			시제차량 시스템 설계체계 보완						→	→	→	→	→	→	→
		차량시스템 및 부품분야 시스템엔지니어링기술 기술자료 정비	시운전 시험평가 기술자료 조사 및 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			운영 및 유지보수 체계 분석						→	→	→	→	→		
			신규 차량개발 관리체계 제시									→	→	→	→
			설계 체계화 기반 조성을 위한 관련 자료의 전산화 및 DB화						→	→	→	→	→	→	→

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	차량시스템 및 부품 품질관리, 기술자료 정비	시운전 시험평가 과정에서의 관리체계 검토 및 개선대책 제시	→	→	→	→	→							
			차량시스템 서브시스템 및 부품별 품질관리 현황 분석			→	→	→	→	→	→	→			
			국내외 인증 체계와의 연계현황 검토								→	→	→	→	→
		보고서 작성													→
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템	사업관리및 기술행정	사업관리(예산, 일정 등)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			기술행정(보고서, 과제간인터페이스 회의 등)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		차량시스템 안정화 시험 및 문제점 보완	시험계획수립, 일정관리, 문제점 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			장치의 문제점 보완(추진/제동/SCU 등)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		유지보수 및 정비	차량중점검 실시		→	→						→			
			KTX에 준하는 일상점검/월간점검 등			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		실용화 설계검토 및 보완	운영편의(연결기, 전두부 Nose, 비상문 등)			→	→	→	→	→	→	→	→	→	
			유지보수성 향상(실내설비, 상하기기)			→	→	→	→	→	→	→	→	→	
			형상변경(전두부형상,외부색상,실내설비 등)								→	→	→	→	→
			기타(동력객차대차,차외설비,전장품 변경 등)							→	→	→	→	→	→
		차량폭 확대방안 연구	차량한계 검토				→	→							
			좌석 회전방안 검토			→	→	→							
			중량검토					→	→						
		객차의 실내공간 효율성 연구	실내조감도 작성(외주용역, 선호도조사)			→	→	→	→						
			설계, 부품제작					→	→	→	→				
			실내공간 개조작업									→	→		
		관절구조/연결용 부수대차 개발	연결구조체 선정/사양결정			→	→	→	→	→	→	→	→	→	
			시작품제작 지그설계												→

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 열차제어 시스템 안정화 기술개발 (II-2)	한국철도기술연구원/LG산전/대우엔지니어링	· 열차제어시스템 신뢰성 예측 및 분석	H/W 및 S/W 신뢰성예측	→	→	→	→	→	→	→					
			H/W 및 S/W 신뢰성 시험					→	→	→	→	→	→		
			H/W 가속수명시험절차수립										→	→	→
		자동열차제어장치 차상설비 신뢰성예측 및 분석	시운전시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			내구성 시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			고장데이터분석									→	→	→	
			H/W 및 S/W 보완 제작			→	→	→	→						
			보완된 H/W 및 S/W의 신뢰도 예측					→	→	→	→	→			
		자동열차제어장치 차상설비 신뢰성예측 및 분석	가속수명시험 준비									→	→	→	→
			안정화 시험을 위한 유지보수(3)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		전자연동장치 신뢰성예측 및 분석	설계안전을 위한 기능시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			가속수명시험 준비										→	→	→
			보완설계실시	→	→										
			재현시험 및 표준화									→	→	→	→
			H/W 및 S/W의 보완제작			→	→	→	→						
			보완된 H/W 및 S/W의 신뢰성 예측				→	→	→	→	→	→			
			안정화 시험을 위한 유지보수(3)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	하중계측용 교량받침의 성능계측 및 분석(I)	MSS제거				→								
			일변화계측(7일)									→			
		국부진동 저감장치의 최적 도입방안 도출	각종 저감 방안 검토				→	→	→						
			최적 저감 방안 도출							→	→	→			

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	교량 동적해석 프로그램의 성능 개선과 설계검토 패키지 개발	3차원 프로그램 완성 (쉘요소)	→	→	→	→	→	→	→					
			도상고려방안 & 설계검토 패키지									→	→	→	
		레일-교량 상호작용 해석 프로그램의 성능개선과 설계 검토 패키지 개발	지진하중을 고려한 매개변수 해석/안전성 검토	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
			설계검토 패키지										→	→	
		교량 동적거동 계측실험과 G7차량 주행 안전성 검토	G7차량 운행 재개					→							
			G7 강합성교량 계측							→	→				
		개발차량 최고속도 시험 지원	개발차량 350km/h 주행시 선로구축물 성능평가	→	→										
			증속시험 측정 결과 분석 및 정리		→	→	→								
		G7 개발품의 신뢰성분석	개발품의 성능개선 제품제작	→	→										
			개발품의 소재시험 및 실내성능시험		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	G7 개발품의 현장부설	현장 부설을 위한 관련기관과의 협의			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			콘크리트슬래브궤도 1차 부설(비영업선)					→	→	→	→	→	→	→	→
			현장부설 제품제작 및 시험선 설계완료							→	→	→	→	→	→
			개발제품 2차 현장부설(영업선)										→	→	→
			열차 주행시 현장 성능 검증											→	→
			슬래브궤도 현장 적용성 검토 (소음진동 기초 자료조사)			→	→	→	→	→	→				

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속전철 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원/건설기술연구원	G7 개발품의 현장부설	슬래브궤도 현장적용성검토 (현장 레일진동 특성분석)									→	→		
		접속구간 보완설계 기술개발	접속구간의 해석기술보완			→	→	→							
			접속구간 선로진동 데이터 분석			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			보완설계 기법개발						→	→	→	→			
한국형 다중추진 시스템 개발 (II-4)	한국기계연구원	마이크로터빈 및 연료 공급 시스템 설치		→	→										
		입구 및 출구 닥트 설치		→	→										
		3차년도 kick Off Meeting				→									
		마이크로터빈	마이크로터빈 운전 시운전		→										
			마이크로터빈 운전특성 분석			→									
			마이크로터빈 시운전				→	→			→		→		
			마이크로터빈 운전 특성 도출							→					
		Simulator	Simulator 제작 협의		→										
			Simulator 사양 검토 및 기본 설계			→									
			Simulator 상세설계				→								
			Simulator 제작 업체선정 계약				→								
			Simulator 제작					→	→	→	→	→	→	→	
		TCU설계 변경 사항	TCU설계 변경 사항 검토			→	→								
			TCU설계 변경 사항 upgrade					→	→		→				
		보조시스템	보조시스템 설계			→									
			보조시스템 제작 (환기시스템)						→						
			보조시스템 제작 (소음시스템, 연결부위)							→					
			보조시스템 설치									→	→		

그림 3.1.1.4 3차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
한국형 다중추진 시스템 개발 (II-4)	한국기계연구원	전력변환 장치	전력변환 장치 기본설계			→	→								
			전력변환 장치 상세설계				→	→							
			전력변환 장치 제작 발주						→						
			전력변환 장치 제작							→	→	→	→	→	
			전력 변환기 시험												→
		흡배기 기관 검토 설계 upgrade					→	→							
		마이크로터빈 vs Simulator연계 특성화										→			
		Simulator 및 전력 변환 장치 설치 연계												→	
		Simulator와 마이크로터빈 연결												→	
		축소형 다중추진시스템	축소형 다중추진시스템 성능시험을 위한 Layout 작성							→					
			축소형 다중추진시스템 성능시험실 설계								→				
			축소형 다중추진실 제작									→	→		
			축소형 다중추진시스템 통합 시험												→
		통합 시험 결과 분석													→
		실규모 다중추진 추진기관 해석				→	→								
		실규모 다중추진 시스템 정리										→	→		
		3차년도 보고서 작성													→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도기술개발 통합 및 총괄 (I-1)	한국철도기술연구원	고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리	안정화 시험일정 총괄관리 및 조정	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			분기별 연구책임자 회의				→			→			→		
			연도별 사업추진 내용 조정, 보완	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			과제별 일정·목표관리 및 시스템 기술통합, 조정								→	→	→		
			안전화를 위한 총 주행거리 4만 km 달성	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야 간 인터페이스 조정, 관리	개발 시스템의 수요자 관점 기술 자문·검토 및 조정				→	→	→	→	→	→	→		
			서브시스템 인터페이스 조정, 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			개발품 유지보수·예비품 조달, 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		개발결과 활용방안 수립지원	개발결과 활용방안(실용화) 수립지원	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			안정화 시운전 시험 결과 종합 활용 방안 수립							→	→	→	→		
		차세대 고속열차 시스템 개발을 위한 조사 및 기획연구	차세대 고속열차시스템 개발에 대한 조사 및 분석	→	→	→									
			차세대 고속열차시스템 개발을 위한 기획 보고서(안) 작성			→	→	→							
		보고서 작성												→	→
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	고속철도시스템 신뢰성 평가기법 보완 및 분석	고장정보 관리체계 운영	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 성장관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 데이터 수집/분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 평가 기법 보완			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		고속철도시스템 종합 측정시스템 구축	종합측정시스템 구축	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			계측 신호 상호간의 분석 방법 보완				→	→	→	→	→	→	→		
			계측시스템의 성능 확인									→	→	→	→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	고속철도시스템 안정화 및 신뢰성 검증을 위한 측정 및 분석	안정화 시운전시험 및 결과분석	→	→	→	→	→	→	→					
			계측시스템 보완 및 유지보수						→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 시험 및 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		고속철도 시스템 인터페이스 기반기술 연구	자갈비산 방지 시스템 검증	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			관절링 피로평가	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			차간 머드플랩 공력소음 특성 해석	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
			기반기술 통합 데이터 베이스 구축							→	→	→	→	→	
		보고서 작성												→	→
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	고속철도 하위시스템별 성능시험기준 분석	시스템 변경사항 추적 및 성능시험기준 수정 - 철도성능시험기준에 관한 지침에 따른 수정	→	→	→									
		고속철도시스템 성능시험기준, 안전기준 (진단기준포함) 규격화	고속철도성능시험기준(지침) 규격화 지원 - 철도성능시험기준(지침) 고속철도분야 작성 - 관계기관 검토 및 의견수렴 - 철도성능시험기준(지침) 규격화 지원				→	→	→	→	→	→			
			고속철도안전기준 (지침) 규격화 지원 - 철도차량안전기준(지침) 고속철도분야 작성 - 관계기관 검토 및 의견수렴 - 철도차량안전기준(지침) 규격화 지원				→	→	→	→	→	→			
		개발기준 적합성 검토 및 해설서 작성	개발기준 적합성 검토 : 법규정요건/개발사양기술요건 준수여부, 국제기준과의 부합성 검토								→	→	→	→	→
			고속철도 안전기준 해설서 제시 (작성근거, Reference 제시)								→	→	→	→	→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	SE모델 기반의 성능/안전기준 요건관리체계 구축(위탁)	개발기준 변경사항 추적관리 및 개발요건 연계성 관리체계 구축 -고속철도 성능시험기준 변경사항 관리 -고속철도 안전기준요건 변경사항 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		보고서 작성												→	→
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	차량시스템 및 부품분야 시스템엔지니어링 기술체계	상용화 차량시스템 개발체계 수립	→	→	→	→	→							
			시제차량 설계 보완 및 성능 검증 지원			→	→	→	→	→	→	→			
			차량시스템 및 부품 품질관리체계 구축									→	→	→	→
		시제차량 설계 보완 및 성능 검증 지원	주요 서브시스템 성능확인 및 설계개선 성과종합	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			시운전 시험평가관리 대책 성과 분석									→	→	→	→
		차량시스템 및 부품 품질관리체계 구축	차량시스템 및 부품 품질관리 현황 조사/분석	→	→	→	→	→							
			차량시스템 및 부품 품질관리 모델 구축						→	→	→	→			
		보고서 작성													→
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템 / 현대중공업	차량시스템 안정화 시험	4만km 이상 주행시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			전장품 신뢰성 확보시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			고속성능시험						→	→	→	→	→	→	→
			성능개선시험							→	→	→	→	→	→
			신뢰성시험			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템 / 현대 중공업	시험시 문제점 보완	ECU 문제점 보완 및 적용시험												
			와전류제동장치시험												
			제동블렌딩 제어장치(BBCU) 최적화 시험												
			제동패드 내구성 확인시험												
		유지보수 체계구축 및 정비	차량 중점검 실시												
			시운전 시험 데이터 체계구축												
			유지보수 수행(일상/월상/1년 점검)												
		실용화 설계검토 및 변경설계	연결용구조체 및 부수대차 취부 변경설계												
			동력차 운전실 측창 저소음 구조설계변경												
			동력차 전두부 스포일러 형상변경												
			소음저감을 위한 Mud flap 설계변경												
		연결구조체 및 관절대차 제작	연결구조체 상세설계												
			부품 구매발주 및 입고												
			단품제작												
		연결용 부수대차 제작	연결구조체 상세설계												
			부품 구매발주 및 입고												
			단품제작												
		주변압기 시험 및 유지보수 지원수행	Silicon oil 교환 및 절연향상 작업 실시												
			절연상태 및 냉각장치의 신속한 시험체계 구축												
			각종 온도센서의 신속한 점검, 시행방안의 강구 및 효율적인 보수점검												
			각종 Sealing 개소점검 및 보수												
			운전특성 시험 및 분석												
			PC2 본체 절연성능 개선												

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템 / 현대중공업	TR COOLER용 송풍기 연구개발	구동 전동기 특성 해석					→	→	→	→	→			
			임펠러					→	→	→	→	→			
			Air 가이드					→	→	→	→	→			
		TCN 게이트웨이 신뢰성 확보	게이트웨이 시스템 제어용 CPU 보드 제작										→	→	→
			이중화 기능 구현을 위한 소프트웨어 제작										→	→	→
			이중화 랙 시스템 제작										→	→	→
		MVB 통신 실시간 감시 기능 확보	온라인 통신상태 모니터링 기능 S/W 제작			→	→	→	→						
			휴대용 Supervisory terminal 기능 H/W 제작			→	→	→	→						
		MVB 보드 하드웨어 추가 제작	MVB 보드 추가 제작			→	→	→							
			하부 장치용 MVB Base Board Up_grade 제작			→	→	→							
		WTB 소프트웨어 보완	차량간 통신 소프트웨어 보완								→	→	→		
		TCN 통신품질 측정 시스템 구축	TCN 전송시험 H/W 및 S/W 개발					→	→	→					
		열차진단제어장치 시험지원		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		주전력변환장치	PWM 컨버터 출력전압 신뢰성 향상 PWM 컨버터 출력전압 기능 안정화	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
			인버터 출력전류 신뢰성 향상 인버터 제동기능 안정화	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
			제어기 유지보수 및 문제점 보완 전력회로 유지보수 및 문제점 보완	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			TCN Network 연계시험 본선시운전을 통한 Data 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		배터리 충전기	- 실차에 맞는 Sequence 보완시험 - SCU 및 VCU 연계시험 및 안정화	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
			- 전력회로 Stack 보완, 제어기 Noise 강화									→	→	→	→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템 / 현대중공업	SCU(Supervisory Control Unit) 제어기 기능 수정 보완	동력차관련 제어 Logic 구현 및 시험				→	→	→	→	→	→			
			SCU MPM Board Ver 3.0 Upgrade	→	→	→									
			안정화용 SCU Analog Input Board Ver 3.0 Upgrade		→	→	→								
			안정화용 SCU Digital I/O Board Ver 3.0 Upgrade				→	→	→	→					
		VCU(Vehicle Control Unit) 제어기 기능 수정 보완	동력객차&객차관련 제어 Logic 구현 및 시험						→	→	→	→	→	→	
			VCU MPM Board Ver 3.0 Upgrade	→	→	→									
			안정화용 VCU Analog Input Board Ver 3.0 Upgrade		→	→	→								
			안정화용 VCU Digital I/O Board Ver 3.0 Upgrade				→	→	→	→					
		운전석 Graphic Display 장치 기능보완작업	열차 운전정보 모니터 상태 정보현시 검증 및 기능보완				→	→	→	→	→	→	→	→	
			열차 고장지원정보 모니터 상태 정보현시 검증 및 기능보완				→	→	→	→	→	→	→	→	
		보고서 작성												→	→
고속철도열차제어시스템 안정화 기술 개발 (II-2)	대우 Eng./ LS산전/한국철도기술연구원	신뢰성 확보	신뢰성시험 모델링 및 시험추진	→	→	→	→	→	→	→					
		유지보수도 기준(안) 작성	열차제어시스템 (정정)유지보수도 예측			→	→	→							
			유지보수 기준(안) 작성										→	→	→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도열차제어시스템 안정화 기술 개발 (II-2)	대우 Eng./ LS산전/한국철도기술연구원	시제품 신뢰성 확보	전자연동장치 현장시운전 고장데이터 분석	→	→	→	→								
			시제품 제작시 설계반영 및 보완	→	→	→	→	→	→	→					
		유지보수 기준(안)작성	유지보수도 예측 안내서에 의한 전자연동장치 유지보수 매뉴얼 작성 및 보완	→	→	→	→	→							
			유지보수 기준(안) 작성										→	→	→
		공인기관 신뢰성시험	전자연동장치 신뢰성시험 세부절차서 작성			→	→	→							
			공인기관 시험의뢰					→	→	→					
		시제품 신뢰성 확보	CPU 보드 교체	→	→	→	→	→	→	→	→				
			불연속 정보 수신 보드 기능 개선	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			Pre-Departure 기능 추가	→	→	→	→	→	→	→	→				
		유지보수 매뉴얼 작성	지상/차상 설비 매뉴얼 보완		→	→	→	→	→	→	→	→			
			유지보수 기준(안) 작성										→	→	→
		공인 기관 신뢰성 시험	공인기관 시험의뢰					→	→	→					
		보고서 작성												→	→
고속철도 선로구축물 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원 / 한국건설기술연구원	고속철도용 슬래브궤도/ 레일체결시스템/ 방진침목/ 접속구간 현장부설 및 현장성능평가	시설공단과 운영공사 현장부설 협의 /설명회개최 /업무협의 및 설계변경	→	→	→									
			현장부설 승인				→								
			현장부설 제품제작 10종 및 추가성능시험				→	→	→						
			현장기초 노반 토목공사				→	→	→						
			현장부설공사					→	→	→					
			1차 초기 준공검사							→	→				
			1차 성능시험 및 개통								→	→			
			추가성능시험(매월 측정=>공사,공단자료제출)									→	→	→	→

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 선로구축물 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원 / 한국건설기술연구원	개발 S/W 신뢰성 검증 및 성능보완완성	제품제작 및 성능보완 완성	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
		보고서 작성		→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		시험시공된 고속전철교량 하중계측용 교량받침의 성능계측 및 분석(II)	광석고가 현장의 장기계측 시스템 구축	→	→	→	→	→							
			장기계측 자료 분석을 통한 장기거동 신뢰성 분석				→	→	→	→	→	→	→		
			장기거동 보정										→	→	
		국부진동 저감장치의 시험 시공	국부진동 저감 방안 조사 및 마련	→	→	→	→								
			최적의 저감방안 도출을 위한 현장 실험						→	→	→	→			
			감쇠기 및 감진기구 설계				→	→	→	→					
			최적의 저감장치 현장 시험 시공									→	→	→	
		개발S/W (교량동적해석 프로그램, 레일-교량 상호작용 해석 프로그램)의 신뢰성 검증 및 성능 보완 완료	동적해석 프로그램의 성능 보완	→	→	→	→	→	→	→	→				
			레일-교량 상호작용 프로그램의 내진해석 보완	→	→	→	→	→	→	→	→				
			전후처리 프로그램					→	→	→	→	→	→		
		국부진동 해석을 위한 S/W 검증(I) 및 매개변수 연구	현장계측 시설을 이용한 장기모니터링	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	
			계측 자료와 해석 결과의 비교를 통한 검증							→	→	→	→	→	
			해석적인 매개변수 연구									→	→	→	

그림 3.1.1.5 4차년도 전체과제의 연구진행 일정표(9/9)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월) 11 12 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
고속철도 선로구축물 안정화 기술개발 (II-3)	한국건설기술연구원	교량 동적거동 현장계측과 G7차량 주행 안전성 검토	연제교 현장 계측	
		구조물-레일 상호작용을 고려한 지진발생시 레일 응력 검토	국외 관련 기준의 조사 및 분석	
			구조물-레일 상호작요을 고려한 지진해석 알고리즘 개발	
		보고서작성		
한국형 다중추진 시스템 기술개발 (II-4)	한국기계연구원	시스템총괄 주행시험 결과분석	시스템연계사항 검토	
			시제품 제작시 설계반영 및 보완	
			통합다중추진시스템 주행 성능 시험	
			주행시험 결과 분석 및 개선	
		동력시스템 주행시험특성분석	마이크로터빈시스템 단독 작동 성능시험	
			Simulator 단독 성능시험	
		보조시스템 주행시험	연료시스템 시험	
			소음측정 시험	
		제어시스템 주행시험,설계제안	시스템 제어 Logic 구축	
			GUI 구현	
			실규모 다중 추진 설계제안	
		보고서 작성		

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(1/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도기술개발 통합 및 총괄 (I-1)	한국철도기술연구원	고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리	안정화 시험일정 총괄관리 및 조정	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			분기별 연구책임자 회의				→			→			→		
			연도별 사업추진 내용 조정, 보완	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			과제별 일정·목표관리 및 시스템 기술통합, 조정								→	→	→		
			안전화를 위한 총 주행거리 4만 km 달성	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야 간 인터페이스 조정, 관리	개발 시스템의 수요자 관점 기술 자문·검토 및 조정				→	→	→	→	→	→	→		
			서브시스템 인터페이스 조정, 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			개발품 유지보수·예비품 조달, 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		개발결과 활용방안 수립지원	개발결과 활용방안(실용화) 수립지원	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			안정화 시운전 시험 결과 종합 활용 방안 수립							→	→	→	→		
		차세대 고속열차 시스템 개발을 위한 조사 및 기획연구	차세대 고속열차시스템 개발에 대한 조사 및 분석	→	→	→									
			차세대 고속열차시스템 개발을 위한 기획 보고서(안) 작성				→	→							
		보고서 작성												→	→
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	고속철도시스템 신뢰성 평가기법 보완 및 분석	고장정보 관리체계 운영	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 성장관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 데이터 수집/분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 평가 기법 보완			→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		고속철도시스템 종합 측정시스템 구축	종합측정시스템 구축	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			계측 신호 상호간의 분석 방법 보완					→	→	→	→	→	→		
			계측시스템의 성능 확인									→	→	→	→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(2/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발 (I-2)	한국철도기술연구원	고속철도시스템 안정화 및 신뢰성 검증을 위한 측정 및 분석	안정화 시운전시험 및 결과분석	→	→	→	→	→							
			계측시스템 보완 및 유지보수						→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성 시험 및 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		고속철도 시스템 인터페이스 기반기술 연구	자갈비산 방지 시스템 검증	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			관절링 피로평가	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			차간 머드플랩 공력소음 특성 해석	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
			기반기술 통합 데이터 베이스 구축							→	→	→	→	→	
		보고서 작성												→	→
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	고속철도 하위시스템별 성능시험기준 분석	시스템 변경사항 추적 및 성능시험기준 수정 - 철도성능시험기준에 관한 지침에 따른 수정	→	→	→									
		고속철도시스템 성능시험기준, 안전기준 (진단기준포함) 규격화	고속철도성능시험기준(지침) 규격화 지원 - 철도성능시험기준(지침) 고속철도분야 작성 - 관계기관 검토 및 의견수렴 - 철도성능시험기준(지침) 규격화 지원				→	→	→	→	→	→			
			고속철도안전기준 (지침) 규격화 지원 - 철도차량안전기준(지침) 고속철도분야 작성 - 관계기관 검토 및 의견수렴 - 철도차량안전기준(지침) 규격화 지원				→	→	→	→	→	→			
		개발기준 적합성 검토 및 해설서 작성	개발기준 적합성 검토 : 법규정요건/개발사양기술요건 준수여부, 국제기준과의 부합성 검토								→	→	→	→	→
			고속철도 안전기준 해설서 제시 (작성근거, Reference 제시)								→	→	→	→	→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(3/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발 (I-3)	한국철도기술연구원	SE모델 기반의 성능/안전기준 요건관리체계 구축(위탁)	개발기준 변경사항 추적관리 및 개발요건 연계성 관리체계 구축 -고속철도 성능시험기준 변경사항 관리 -고속철도 안전기준요건 변경사항 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		보고서 작성												→	→
고속철도 차량시스템 설계체계 기술개발 (I-4)	한국생산기술연구원	차량시스템 및 부품분야 시스템엔지니어링 기술체계	상용화 차량시스템 개발체계 수립	→	→	→	→	→							
			시제차량 설계 보완 및 성능 검증 지원			→	→	→	→	→	→	→			
			차량시스템 및 부품 품질관리체계 구축									→	→	→	→
		시제차량 설계 보완 및 성능 검증 지원	주요 서브시스템 성능확인 및 설계개선 성과종합	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			시운전 시험평가관리 대책 성과 분석									→	→	→	→
		차량시스템 및 부품 품질관리체계 구축	차량시스템 및 부품 품질관리 현황 조사/분석	→	→	→	→	→							
			차량시스템 및 부품 품질관리 모델 구축						→	→	→	→			
		보고서 작성													→
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템 / 현대중공업	차량시스템 안정화 시험	4만km 이상 주행시험												
			전장품 신뢰성 확보시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			성능개선시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			신뢰성시험	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(4/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템/ 현대중 공업 유진기 공/ 유진전 기/ 비츠로 테크/ 인터콘 시스템 스/ 정원산 전	시험시 문제점 보완	ECU 및 Anti-skid 성능 보완시험		→	→									
			와전류제동장치시험		→										→
			제동블렌딩 제어장치(BBCU) 최적화 시험		→	→									
			제동패드 및 캘리퍼 내구성 확인시험		→	→									
		유지보수 체계완성 및 부품조달	차량 중점검 실시					→	→					→	
			시운전 시험 데이터 체계완성	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			유지보수 수행(일상/월상/1년 점검)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		실용화 변경설계 및 제작	연결용구조체 및 부수대차 취부					→	→						
			차체개조 및 취부(객차, 단부객차)					→	→						
			차체 개조용 단품제작 및 구매	→	→	→	→								
		연결구조체 제작 및 시험	연결구조체 제작(2sets)	→	→										
			연결구조체 피로시험(1set)			→	→	→	→						
			연결구조체 현차 성능시험(1set)							→	→	→	→	→	→
		연결용 부수대차 제작 및 시험	연결용 부수대차 부품제작(2sets)	→	→					→	→	→	→	→	→
			연결용 부수대차 프레임 피로시험(1set)			→	→	→	→						
			연결용 부수대차 현차 성능시험(1set)							→	→	→	→	→	→
		차량개발 기술에 대한 교육/훈련 매뉴얼 작성	교육/훈련 매뉴얼 작성							→	→	→	→	→	→
			유지보수 매뉴얼 작성							→	→	→	→	→	→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(5/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발 (II-1)	로템/ 현대중공업 유진가공/ 유진전기/ 비츠로테크/ 인터콘시스템스/ 정원산전	TM5 변압기 코일교체	TM5 변압기 코일을 교체작업 실시	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
		절연체계 안정화 유지관리	Silicon oil 교환 및 절연향상 작업 실시	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			주변압기 외함 보수 및 관리체계 확립으로 사고예방 계획수립	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			절연상태 및 냉각장치의 신속한 시험실시	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		주변압기 냉각용 팬 기술개발	주변압기 냉각용 팬 국산화 개발	→	→	→	→	→	→						
		신속하고 합리적인 점검보수 체계 확립	각종센서, 절연상태, 보조기구의 신속한 점검, 시험 및 효율적인 보수점검	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			각종 Sealing 개소 점검 및 보수	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			운전 특성 시험 및 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		장기적인 사용에 대비한 유지보수에 관련된 부품 확보	장기적인 사용에 대비한 관련 유지보수 부품 확보	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		주전력변환장치	전력용 능동 반도체 소자 안정화 시험 컨버터 제어 알고리즘 고성능 튜닝시험	→	→	→	→	→	→						
			인버터 출력전류 신뢰성 향상 제동성능 안정화	→	→	→	→	→	→						
			제어기/전력회로 안정화 및 문제점 보완	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			TCN 안정화 및 본선 시운전을 통한 Data 분석	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		배터리 충전기	본선시운전을 통한 충전기 안정화	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			전력회로 Stack 안정화, 제어기 안정화								→	→	→	→	→
		보고서 작성													→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(6/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)										
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도기술개발 열차제어시스템 안정화기술개발 (Ⅱ-2)	한국철도기술연구원	열차제어시스템 유지보수체계수립을 위한 요구사항 제시	유지보수관련 규격에 따른 예방유지보수 요구사항 도출	→	→										
			고장률을 고려한 PM주기 설정			→	→								
		열차제어시스템 MTTR 정량적 평가체계구축 및 평가	장치별 CM 평가	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		신뢰성관련 문서보완 및 완료	최종품의 RAM문서 갱신	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		신뢰성 시험 자체실시	ATC IM				→	→	→						
			IXL IM, PM								→	→	→		
	LS산전(주)	자동열차제어장치 유지보수체계수립	유지보수관련 Module 자료 작성	→	→	→	→								
			고장률을 고려한 PM주기 자료작성			→	→								
		신뢰성 시험결과 및 MTTR평가 결과에 따른 보완 및 완료	시험 Module제작	→	→	→									
			자체 신뢰성 시험 실시				→	→	→	→	→				
			결과에 따른 Module 개선						→	→	→	→	→	→	→
		교육/훈련 매뉴얼 작성	기본 자료수집 및 정리(CTC, ATC, 국문본)	→	→	→	→								
			영문화 작업(CTC, ATC)					→	→	→	→				
	(주)대우엔지니어링	전자연동장치 유지보수체계수립	유지보수관련 Module 자료 작성 및 고장률을 고려한 PM주기 자료작성						→	→	→	→	→	→	→
		시험전문기관 신뢰성시험	시험 Module제작 및 신뢰성 시험실시	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
		신뢰성시험결과 및 MTTR평가에 따른 보완 및 완료	신뢰성 시험 결과에 따른 Module 개선	→	→	→	→	→	→	→	→	→			
		교육/훈련 매뉴얼 작성	기본자료수집 및 영문화 작업					→	→	→	→	→	→	→	→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(7/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
고속철도기술개발 열차제어시스템 안정화기술 개발(Ⅱ-2)	한국건설기술연구원	고속전철 선로구축물 개발품 실용화	고속전철교량 하중계측용 교량받침과 국부진동 저감장치의 실용화	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			국부진동 해석을 위한 S/W 검증(II)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			영문매뉴얼 작성								→	→	→		
		보고서 작성												→	→
고속철도 선로구축물 시스템 안정화 기술개발 (II-3)	한국철도기술연구원	· G7개발품(체결구,방진침목, 슬래브 궤도)의 취약구간 보강 및 현장장기 성능평가	개발제품의 현장 장기성능 평가 (초기 예비조사/해빙기/폭서기/장마기/동절기)	→				→			→			→	
			개발제품의 건설신기술 등록추진 - 예비조사 및 준비 - 1차 보고서 제출 및 현장실사 - 2차 타당성 검토 및 등록	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→		
			개발제품 현장예비품 제작조달, 유지보수 관리	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
			개발 시스템의 활용방안(실용화)수립 (실용화 기획팀 / 성과확산팀과 연계)	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→	→
		· 접속구간 보완방안 설계지침서개발	접속구간 현장 성능평가 수행 및 데이터 분석		→				→			→	→		→
			접속구간 해석 및 설계기법 절차단계 메뉴얼화				→	→	→	→	→	→	→	→	→
		· 선로구축물 (궤도, 노반 등) 시스템의 개발기술에 대한 교육/훈련 메뉴얼 작성(국 · 영문)	교육/훈련매뉴얼 순서 계획 및 자료수집	→	→										
			교육/훈련 국문 매뉴얼 작성(최종수정 및 감수)			→	→	→	→						
			교육/훈련 한영 번역작업 및 1차 교정							→	→	→			
			최종 매뉴얼 작성완료									→	→		
		보고서 작성 및 최종평가 준비												→	→

그림 3.1.1.6 5차년도 전체과제의 연구진행 일정표(8/8)

과제명 (Code)	연구 기관	연 구 내 용		추 진 일 정(월)											
				11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
한국형 다중추진 시스템 기술개발 (II-4)	한국 기계 연구원	시스템총괄 주행시험 결과분석	단순 가속 및 감속 시험(4단)												
			제어단계별 가속-감속-가속시험												
			제어단계별 감속-가속-감속시험												
			시험 결과 분석												
		동력시스템 주행시험특성분석	마이크로터빈시스템 가속 시험												
			마이크로터빈시스템 감속 시험												
			가속-감속-가속시험												
			감속-가속-감속시험												
			동력시스템 성능시험 결과 분석												
		Simulator 주행시험분석	가속 성능 제어시험												
			감속 성능 제어 시험												
			결과분석												
		제어시스템 주행성능 특석분석	자동제어시험												
			수동제어시험												
		10량 편성 실규모 설계 제안	동력 시스템 설계제안												
			보조시스템 설계 제안												
			Power Transmission system 설계제안												
			제어 사항 제안												
		보고서 작성													

나. 연도별 사업추진 내용 조정

고속철도기술개발사업은 G7 고속전철기술개발사업에서 개발된 차량을 포함한 각종 시스템 및 부품의 실용화 가능성을 높이기 위하여 시스템의 안정화를 최우선으로 추진되도록 기획하였다. 그러나, 사업의 추진과정에서 주변 환경의 변화, 실용화 가능성의 촉진 등을 위해 연도별 사업계획의 조정은 불가피하였으며, 각 연도별로 추진되었던 사업내용의 조정에 대하여 간략하게 요약정리하면 다음과 같다.

○ 1차년도

1차년도에는 호남선 전철화 사업의 신규 차량 소요시점이 조기에 도래하는 등의 주변환경의 변화와 당초 계획에서는 소요되는 예산이 적기에 투입되는 것을 전제로 하였으나, 현실적으로 이를 뒷받침하지 못하는 등의 상황에 맞추어 다음과 같은 기본방향을 두고 사업내용의 일부를 조정하였다.

- 개발 시스템의 실용화 가능성 증대
- 개발시스템의 신뢰성 및 안정성 향상
- 사업의 목표 달성을 위한 총괄조정 기능의 강화
- 시제열차의 활용성 향상 연구에 집중

조정내용은 추가 객차제작 부분 일정 조정과 다중 추진시스템 개발의 실험실 수준의 축소형으로 조정하는 것으로 요약될 수 있다. 먼저 추가 객차제작부분은 개발된 차량을 조기에 안정화시켜, 호남선 신규 차량으로 실용화시킬 수 있도록 안정화 및 신뢰성 시험에 전력할 수 있도록 2, 3차년도에 계획된 추가 객차 2량 제작 제외하고, 2, 3차년도에 계획된 추가 객차 2량 제작은 신뢰성·안정화 시험결과를 토대로 설계요구조건의 반영이 가능한 4차년도로 순연하여 추진하는 것으로 하였다.

과 제 명	변경전 RFP 내용	변경후 RFP 내용
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발(II-1)	2차년도 연구내용 : 차량시스템 실용화를 위한 객차 1량 제작	2차년도 연구내용중 객차 1량 제작은 4차년도 객차 2량 제작으로 변경
한국형 다중 추진시스템 기술개발(II-4)	발전/동력/보조시스템 제작	축소형 발전/동력/보조시스템 제작

○ 2차년도

2차년도에도 주변 환경의 변화와 2차년도까지 추진된 연구내용을 감안 3차년도 이후의 연구내용에 대하여 일부 조정 작업이 진행되었으며, 주요 내용을 요약하면 다음과 같다.

- 객차와 객차를 연결하는 연결링 구조는 프랑스의 TGV기술을 접목하였으므로 이에 대한 개선을 통해 특허분쟁의 가능성을 없애기 위해 연결링 개발내용 추가
- 향후 수요가 예측되는 열차편성은 10량 1편성과 같은 소량편성이므로, 수요에 능동적으로 대처할 수 있는 편성제작을 위해서는 동력차와 객차의 연결을 위한 연결용 부수대차(독립 부수대차)의 개발이 시급하기 때문에 연결용 부수대차 개발을 추가함
- 현재 운행되고 있는 KTX를 이용하는 승객들은 내부 공간이 협소함에 대해 많은 불만을 표출하고 있어 이에 대한 개선방안의 검토를 위해 차량폭 확대방안에 대한 연구내용을 추가하였으며, 차량한계, 좌석회전 방안, 중량검토, 공력특성, 주행안정성 등에 대한 기술적 검토를 수행토록 하였다.
- 장기간의 연구를 통해 개발되고 있는 사업의 사장을 막기 위해서는 본 사업의 연구 추진 현황을 직시하면서 향후 기술개발 동향 등을 감안한 후속사업의 발굴이 필요하며, 이를 구체화시켜 나가는 작업이 필요하다. 이를 위해 차세대 고속열차시스템 개발을 위한 조사 및 기획연구를 추가하였다.
- 이외에도 고속철도 복합운송시스템의 차량개조 및 부품제작, 종합측정시스템 구축 등 일부 연구내용은 주변환경의 변화에 따른 기술개발의 시급성 등을 감안하여 연구개발의 시기를 조정하였다.

과 제 명	변경전 RFP 내용	변경후 RFP 내용
고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발(I-2)	-고속철도 복합운송시스템 적용을 위한 개조 및 부품 제작	-삭제 -추가 : 차량폭 확대방안 연구(공력, 주행안정성 등 특성분석)
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발(II-1)		추가 -차량폭 확대방안연구(설계) -연결링 및 연결용 부수대차 개발/제작/시험 -객차의 실내공간 효율성연구

○ 3차년도

3차년도에는 한국형 고속열차의 실용화 촉진을 위한 시운전단을 구성 운영하는 등의 사업의 추진에 변화가 있었으며, 시운전단의 운영에 따라 당초 계획되었던 주행거리를 조기 달성할 것으로 예상됨으로 이에 대한 연구내용의 조정이 있었다. 당초 계획되었던 10만km 이상 주행시험에서 4, 5차년도 각 4만 km 이상 주행시험으로 변경하였다. 또한, 1차년도부터 추진되었던 연구내용 중 일부 조정이 필요하였던 사항들을 정리하였으며, 상세 내용은 아래의 표와 같다.

과 제 명	변경전 RFP 내용	변경후 RFP 내용
고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발(I-2)	-고속철도 복합운송시스템 적용을 위한 개조 및 부품제작, 운영타당성 분석	- 삭제 - 추가 : 종합측정시스템 구축에 (궤도 불규칙도 측정시스템 등 문구 삽입)
고속철도 성능기준 및 안전체계 기술개발(I-3)	5차년도까지 계획	5찬녀도 연구내용을 4차년도에 조기종료하는 것으로 정리
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발(II-1)	차량시스템 실용화를 위한 객차 2량	삭제
고속철도 선로구축물시스템 안정화 기술개발(II-3)	G7 개발품(체결구, 방진침목, 슬래브궤도)의 유지관리 기준 및 유지관리용 부대설비 개발	궤도 관련 개발품(체결구, 방진침목, 슬래브궤도)의 시험부설 및 현장성능평가/ 유지보수체계구축

○ 4차년도

4차년도에는 사업의 최종연도인 5차연도의 연구내용에 대하여 사업의 마무리를 위해 필요한 연구내용의 조정이 있었으며, 한국형 고속열차의 실용화가 가시화됨에 따라 "고속철도 교육/훈련을 위한 프로그램 개발 및 매뉴얼 작성"이 전 과제의 연구내용에 추가되었다.

과 제 명	변경전 RFP 내용	변경후 RFP 내용
고속철도기술개발 통합 및 총괄(I-1)		추가 -교육훈련메뉴얼 기획 및 총괄
고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발(I-2)		추가 - 시스템엔지니어링, 인터페이스, 시험평가분야 매뉴얼 작성
고속철도 차량시스템 안정화 기술개발(II-1)		추가 -차량개발 기술의 매뉴얼 작성
고속철도 열차제어시스템 안정화 기술개발(II-2)		추가 -열차제어시스템 기술의 매뉴얼 작성
고속철도 선로구축물시스템 안정화 기술개발(II-3)		추가 -선로구축물 시스템 기술의 매뉴얼 작성
한국형 다중 추진시스템 기술개발(II-4)		추가 -통합시스템의 주행특성 시험결과 분석 -축소형 다중추진장치의 주행 모사시험의 GUI 구현

○ 5차년도

5차년도는 사업의 최종연도로서 이후의 연구가 없으므로 연구내용에 대한 조정은 없었다.

2. 안정화 시험일정 조정, 관리 및 지원

가. 안정화 시험 총괄

한국형 고속전철 개발차량의 안정화 시험과 더불어 개발열차의 운행 최고속도 시험을 수행하기 위한 단계별 증속 시험을 함께 수행하였다. 증속시험 뿐만 아니라 안정성 시험을 수행하기 위해서는 차량 주행안정성(대차, 차체 횡방향 진동가속도), 궤도 구조물, 레일 및 집전장치(판토그라프) 등에 대한 시험결과를 분석하여 증속시험에 대한 안정성을 입증하여야 수행 가능하다. 따라서, 시험일정 및 계획에 대한 사전 협의와 승인 절차가 마련되어 진행되었다.

시운전시험 기간 동안 시험을 수행하는 시설물의 관리 주체가 KTX의 개통에 따라 한국고속철도건설공단(현재 한국철도시설공단)에서 철도청(현재 한국철도공사)으로 이관되고, 한국철도시설공단의 발족에 따라 시설물과 운영에 대한 관리가 구분되어 공단과 공사가 각각 담당하게 되었다. 따라서, 관리 주체의 변경에 따라 시설물의 사용과 운행에 대한 시간계획을 확보하기 위하여 양기관의 협조를 통하여 안정화 및 증속시험을 수행하였다.

1 ~ 3차년도 초반까지는 주로 한국형 고속열차에 대한 증속시험을 목적으로 시운전 시험이 진행되었고 그 이후에는 안정화 시험이 수행되었다.

시운전시험은 1주일에 2~4회에 걸쳐 경부선과 호남선에서 수행하였으며, 2003년 8월부터는 KTX와 동시에 운행이 가능하여 주 2회로 운행횟수가 증가되었으며, 2004년 4월 KTX 개통이후에는 영업선에서 KTX와 함께 운행하였다.

3차년도 후반부터 진행된 안정화시험 수행 과정에서 발생한 주요 장치에 대한 3~5차년도의 고장 발생 현황은 표 3.1.2.1과 같다.

표 3.1.2.1 고장 발생 현황

차수	구분	MB		AUX	SCU/ VCU	ATC/ ATS	제동	차량	기타	월별 고장	주행 횟수
		로템	현대								
3차 년도	2004.11	12	11							23	13
	2004.12	1	6							7	10
	2005.01		1							1	4
	2005.02	1	2					1		4	9
	2005.03	15	5	3		16	5	9	2	55	14
	2005.04	6	2		3	4	3	7		25	14
	2005.05	1		3	1	14		4		23	17

	2005.06	1	1			7		2		11	13
	2005.07	2	1			9		2	1	15	8
	2005.08	3		4	2	3	1	4	1	18	18
	2005.09									0	1
	2005.10	1	1	2		2		2		8	11
	계	43	30	12	6	55	9	31	4		132
4차 년도	2005.11						2			2	15
	2005.12					3				3	11
	2006.01	3	1		3	4	3			14	11
	2006.02	5	1	3		1	1			11	10
	2006.03									0	4
	2006.04		1							1	1
	2006.05	4	4				2	1		11	4
	2006.06	5	3						1	9	8
	2006.07	3	1							4	6
	2006.08									0	0
	2006.09	9	4							13	11
	2006.10	3	2				1			6	8
	계	32	17	3	3	8	9	1	1		89
5차 년도	2006.11	1	3	1		2				7	13
	2006.12	2		2			1		2	7	8
	2007.01	8	1		1					10	11
	2007.02	4	2	3			2	3		14	8
	2007.03	4	2	1	1	1		3	1	13	11
	2007.04									0	0
	2007.05	4	2	1						7	6
	2007.06	9	3	3		3	1			19	9
	2007.07	1	1				4		2	8	6
	2007.08		5	1			1	1	1	9	11
	2007.09			1						1	9
	2007.10		7							7	10
	계	33	26	13	2	6	9	7	6		102

□ 1차년도(2002. 12.~2003. 10.) 시운전시험 현황

1차년도에는 1주일에 1회의 시험을 수행하여 2002. 12. 24일부터 2003. 9. 17까지 총 35회, 주행거리 6,689 km(총 주행거리 8,059 km)의 시운전시험을 수행하였다. 1차년도는 KTX열차의 인수시험이 진행되고 있어 주로 주말에만 증속시험이 진행되었다. 시험 속도는 180km/h에서 300km/h이며, 전문위원회, 총괄위원회 등 G7 고속전철기술개발사업의 평가를 위한 시승행사도 함께 수행하였다. 35회 시운전시험에 대한 현황은 표 3.1.2.2와 같다.

표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(1/4)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
18	'02. 12. 24	문곡 - 천안	180	- ATC 비상제동시험 - Vigilance 시험 - ATC 비상제동 과정에서 찰상발생 (1번, 9번 대차 2개 차축)
19	'03. 1. 3	운주터널-문곡	130	- 차륜 삭정후 주행시험 - TSL(속도제한장치) 시험 - 기상상태 악화(폭설)로 인하여 조기 입고 조치함 (시험 수행 못함)
20	'03. 1. 9	문곡 - 천안	200	- ATC 비상제동시험 - 판토 양력시험 - 궤도 측정(윤중, 횡압 등)
21	'03. 1. 11	문곡 - 천안	200	- 역행시험 - 제동성능시험(제동거리) - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - ATC에 의한 사구간 자동통과 시험 - 대차부위 소음 측정
22	'03. 1. 16	문곡 - 천안	230	- 역행시험 - 제동성능시험 - ATC에 의한 사구간 자동통과 시험
23	'03. 1. 18	문곡 - 천안	215	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - ATC에 의한 사구간 자동통과 시험
24	'03. 1. 25	문곡 - 천안	220	- 역행시험 - 운전실 소음측정
25	'03. 1. 28	문곡 - 천안	230	- 전문위원회 시승행사 - 역행시험 및 사구간 자동통과시험
26	'03. 2. 8	문곡 - 천안	250	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
27	'03. 2. 11	문곡 - 천안	250	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
28	'03. 2. 14	문곡 - 천안	250	- 총괄운영위원회 시승행사 - 대차/차체 진동가속도 측정

표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(2/4)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
29	'03. 2. 22	문곡 - 천안	260	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
30	'03. 2. 27	문곡 - 천안	260	- 최종평가위원회 시승행사 - 대차/차체 진동가속도 측정
31	'03. 4. 11	문곡 - 천안	230	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
32	'03. 4. 18	문곡 - 천안	260	- 로템 사장단 시승
33	'03. 4. 18	문곡 - 천안	130	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
34	'03. 4. 24	문곡 - 천안	230	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
35	'03. 5. 10	문곡 - 천안	250	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
36	'03. 5. 17	문곡 - 천안	265	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
37	'03. 6. 14	문곡 - 천안	270	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 견인력 비교시험 (MB #2, #5)
38	'03. 6. 21	문곡 - 천안	270	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 견인력 비교시험 (MB #1,3 및 #4,6)
39	'03. 6. 26	시목 - 천안	280	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 견인력 비교시험 (MB #2,3 및 #4,5)

표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(3/4)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
40	'03. 7. 5	시목 - 천안	280	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 탈선계수 측정차륜 센서 파손
41	'03. 7. 12	시목 - 천안	240	- 역행시험 - 차체 진동가속도 및 롤 측정 (센서 추가 : TP1) - 대차/차체 진동가속도 측정
42	'03. 7. 19	문곡 - 천안	290	- 역행시험 - 차체 진동가속도 및 롤 측정 (TP1 수직댐퍼 교체) - 대차/차체 진동가속도 측정
43	'03. 7. 26	문곡 - 천안	280	- 역행시험 - 차체 진동가속도 및 롤 측정 (동력차 수직댐퍼 및 요댐퍼 교체) - 대차/차체 진동가속도 측정
44	'03. 8. 1	문곡 - 천안	300	- 차체 진동가속도 및 롤 측정 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 시승행사 계획하였으나, 밧데리 충전기 고장으로 취소함.
45	'03. 8. 14	시목 - 천안	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 차외소음 측정
46	'03. 8. 23	문곡 - 천안	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 밧데리 충전기 이상 발생
47	'03. 8. 27	문곡 - 천안	170	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
48	'03. 9. 6	문곡 - 천안	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정

표 3.1.2.2 1차년도 시운전 시험 요약(4/4)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
49	'03. 9. 8	용와 - 시목	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 첫 주행으로 점검열차 기능 수행
50	'03. 9. 15	문곡 - 천안	300	- 시승행사를 위한 사전 준비 시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
51	'03. 9. 17	문곡 - 천안	300	- 외부 공개행사 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
52	'03. 10. 30	용와~시목	300	- 대차/차체 진동가속도롤 측정 - 변압기/견인전동기 온도

□ 2차년도(2003. 11.~2004. 10.) 시운전시험 현황

2차년도의 시운전시험은 2003. 11. 1일부터 2004. 10. 30까지 총 63회의 시운전시험을 수행하였으며, 주행거리는 26,229 km(총 누적 주행거리 34,288 km)이다.

증속시험은 334 km/h까지 수행되었고, 계절에 따른 레일 온도상승으로 인해 그 이상의 증속은 불가능하여 증속시험은 3차 년도에 지속적으로 수행하였다. 63회 시운전시험에 대한 자세한 현황은 표 3.1.2.3과 같다. 1차년도에 비하여 운행횟수가 증가한 것은 KTX의 종합시운전에도 불구하고 2003년 7월부터는 주 2회 KTX와 동시시험이 진행되었다.

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(1/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
53	'03. 11. 1	문곡 - 천안	300	- 오전, 오후 2회 시험 수행 - 과학동아 학생기자 및 교사 시승 - 견인력시험(모터블록 5개) - 집전성능시험 - 대차/차체 진동가속도 측정
54	'03. 11. 8	신탄진 - 천안	300	- 모터블록 모터제어시험 1개 모터 제어에 대한 시험 수행 - 역행시험 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 신탄진 구간 첫 주행 판토변경신호 수신 확인(ATC)
55	'03. 11. 15	신탄진 - 천안	250	- ATS 기능시험 - 집전성능시험 - 대차/차체 진동가속도 측정
56	'03. 11. 19	오송 - 일로	140 (호남선)	- 호남선 속도 향상 시험 - 판토그라프 모니터링 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 탈선계수 측정, 승차감 측정
57	'03. 11. 21	신탄진 - 천안	270	- ATS 기능시험 - 집전성능시험 - 대차/차체 진동가속도 측정
58	'03. 12. 2	오송 - 일로	150 (호남선)	- 호남선 속도 향상 시험 - 집전성능시험 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 승차감 측정
59	'03. 12. 4	오송 - 일로	160 (호남선)	- 호남선 속도 향상 시험 - 집전성능시험 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 승차감 측정
60	'03. 12. 6	신청주 - 천안	300	- KBS 1TV 촬영을 위한 운행 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(2/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
61	'03. 12. 11	신탄진 - 천안	230	- 대차/차체 진동가속도 측정 - 타행시험
62	'03. 12. 18	오송 - 부산 (경부선)	300 160 (경부선)	- 경부선 속도 향상시험 - 속도를 증가하면서 이상여부 확인 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 집전성능시험 - 승차감시험
63	'03. 12. 30	오송 - 목포 (호남선)	200 160 (호남선)	- 호남선 속도 향상 시험 - 판토그라프 모니터링 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 탈선계수 측정
64	'04. 1. 13	오송 - 목포 (호남선)	155 (호남선)	- 호남선 속도 향상 시험 - 판토그라프 모니터링 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 탈선계수 측정
65	'04. 1. 29	신탄진 - 광명	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
66	'04. 2. 5	신탄진 - 광명	290	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
67	'04. 2. 14	광명 - 오송	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 지상에서 열차풍 측정 (T1, KP109)
68	'04. 2. 21	광명 - 오송	300	- 역행시험 - 대차/차체 진동가속도 측정
69	'04. 2. 26	광명 - 오송	290	- 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 승차감 측정
70	'04. 3. 6	천안 - 오송	220	- 전날 폭설로 인한 주행가능 확인
71	'04. 4. 29	광명 - 오송	300	- 창원 점검 후 주행 확인 시험 - KTX 영업운전 중간 다이아 이용 - 대차/차체 진동가속도 측정

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(3/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
72	'04. 5. 6	광명 - 오송	310	- 증속 시험 - 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
73	'04. 5. 13	광명 - 오송	310	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 승차감시험
74	'04. 5. 20	광명 - 오송	310	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 국과위 공공기술 평가위원 시승
75	'04. 5. 27	광명 - 오송	310	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - KP76 부근 선로속도제한 (170km/h)
76	'04. 6. 3	광명 - 오송	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
77	'04. 6. 11	광명 - 오송	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
78	'04. 6. 18	광명 - 오송	300	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 철의 실크로드 참석자 견학
79	'04. 6. 24	광명 - 오송	300	- 역행시험 - 대차/차체 진동가속도 측정 - 건교부, 철도청 보고회
80	'04. 6. 29	광명 - 오송	320	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
81	'04. 7. 2	광명 - 오송	320	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - T1선로 KP55지점 속도제한 (90km/h)

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(4/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
82	'04. 7. 8	광명 - 오송	320	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 모터블록 조정시험
83	'04. 7. 15	광명 - 오송	315	- 4번 모터블록 탈거상태 - 탈선계수 측정 - 궤도 측정 - 한국철도교통포럼 관계자 시승
84	'04. 7. 22	광명 - 오송	320	- 역행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 성과발표 및 실태조사
85	'04. 7. 27	광명 - 오송	300	- 진동가속도 측정 - 주행저항 시험 - 실내소음시험
86	'04. 7. 29	광명 - 서대전	300	- 기존선 연결구간 주행시험 - 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
87	'04. 8. 10	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정
88	'04. 8. 11	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 과기부장관 시승
89	'04. 8. 17	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 견인력시험 (MB #1, 2, 3)
90	'04. 8. 19	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 페루대사 일행 시승

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(5/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
91	'04. 8. 24	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험, 주행저항시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 대차/차체 진동가속도 측정 - 철도청 G7운영지원단 시승
92	'04. 8. 26	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체 진동가속도 측정(TT2) - 일본교통학회 일행 시승
93	'04. 8. 31	광명 - 서대전	300	- 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 모터블록 5번 주변 진동가속도 측정 - 중국 상해철도국 일행 시승
94	'04. 9. 2	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
95	'04. 9. 6	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 철도의 날 특집 SBS 촬영
96	'04. 9. 8	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 기존선연결구간 운행 - 차체/대차 진동가속도 측정
97	'04. 9. 9	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 가선변경구간 ATC에 의한 VCB 자동투입 여부 확인시험 - 차체/대차 진동가속도 측정 - 철도의 날 특집 SBS 촬영

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(6/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
98	'04. 9. 13	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 절연구간에서 제동체결하여 진출시 회생제동 투입여부 확인 시험
99	'04. 9. 15	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
100	'04. 9. 16	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 터널내에서 화장실 배출 이상 여부 확인
101	'04. 9. 20	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
102	'04. 9. 22	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 서대전-광명 주행시 가선 단전으로 일시 정지 후 출발 - YTN 기자 시승
103	'04. 9. 23	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
104	'04. 10. 4	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - VCB 차단하고 공기제동 투입시험 · 100% 투입, 297km/h->191km/h
105	'04. 10. 6	광명 - 서대전	300	- 차체/대차 진동가속도 측정 - 견인력시험 · 1,2,3 및 4,5,6으로 시험 - VCB 차단하고 공기제동 투입시험 · 100% 투입, 200km/h->100km/h · 100% 투입, 100km/h->0km/h

표 3.1.2.3 2차년도 시운전 시험 요약(7/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
106	'04. 10. 7	광명 - 서대전	300	- 차체/대차 진동가속도 측정 - 견인력시험 · 1,2,3으로 시험
107	'04. 10. 11	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
108	'04. 10. 13	광명 - 서대전	300	- 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 견인력시험 · 오송출발시 MB 5개로 100% 견인
109	'04. 10. 14	광명 - 동대구	300	- 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 소음시험 (차량연구부 주관) · KTX와 비교 목적으로 시험
110	'04. 10. 18	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
111	'04. 10. 20	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
112	'04. 10. 21	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
113	'04. 10. 25	광명 - 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정 - 답면제동 투입 속도 변경 확인
114	'04. 10. 27	광명 - 서대전	330	- 증속시험 수행 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정
115	'04. 10. 28	광명 - 서대전	330	- 증속시험 수행 - 집전성능시험(판토/전차선 모니터링) - 차체/대차 진동가속도 측정

□ 3차년도 시운전시험 현황

3차년도의 시운전시험은 2004. 11. 1일부터 2005. 10. 31까지 총 132회의 시운전시험을 수행하였으며, 주행거리 81,642 km(총 누적 주행거리 115,930 km)이다.

개발열차의 운행 최고속도인 350km/h 까지의 증속시험은 2004. 12. 16에 수행하였으며, 그때 기록된 속도는 352.4km/h이다. 개발열차의 최고속도 시험이 종료되고 2005년 말부터 시작된 실용화를 위한 조속한 시일내에 개발열차의 안정화가 요구되었다. 따라서, 안전화 및 신뢰성 시험은 2005. 2. 1부터 건설교통부내 TFT로 한국형고속열차시운전단이 발족되어 주 4회에 걸쳐 경부선 및 호남선에서 수행되었으며, 132회 시운전시험에 대한 현황은 표 3.1.2.4와 같다.

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(1/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
116	'04.11.01	광명~서대전	300	- VCB차단상태 제동시험 - 기존선 연결구간 운행 시험 - 집전성능 시험
117	'04.11.03	광명~서대전	300	- 연속주행 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험 - 진동가속도 측정
118	'04.11.04	광명~서대전	300	- 연속주행 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험 - 진동가속도 측정 - 승차감 시험
119	'04.11.08	광명 서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
120	'04.11.10	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
121	'04.11.11	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
122	'04.11.15	광명~서대전	300	- 연속주행 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험 - 진동가속도 측정
123	'04.11.17	광명~서대전	300	- 연속주행 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험 - 진동가속도 측정 - 승차감 시험
124	'04.11.18	광명~서대전	300	- 연속주행 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험 - 진동가속도 측정 - 승차감 시험
125	'04.11.23	광명~신탄진	340	- 340Km/h 증속시험 수행 - 진동가속도 측정 - 승차감 시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(2/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
126	'04.11.24	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정
127	'04.11.25	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정
128	'04.11.29	광명~서대전	300	- 견인력 시험 - 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 승차감 시험
129	'04.12.1	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험
130	'04.12,2	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험
131	'04.12,6	오송 ~ 부산	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 경부선 시설물 점검 시험
132	'04.12,8	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 승차감 시험
133	'04.12,9	오송 ~ 목포	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 호남선 시설물 점검 시험
134	'04.12,13	오송 ~ 고양기지	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험
135	'04.12,14	고양기지 ~ 오송	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 기존선 연결구간 운행 시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(3/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
136	'04.12,16	광명~신탄진	350	- 350km/h 증속시험 수행 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 궤도 측정 시험 - 교량 구조물 측정 시험
137	'04.12,20	광명~서대전	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 승차감 시험
138	'04.12,22	천안 ~ 동대구 ~ 창원	300	- 연속주행시험 - 진동가속도 측정 - 집전성능 시험 - 승차감 시험
139	'05.01.25	동대구-오송	300	- 차량 중점검 후 열차 이송 - 진동가속도 측정
140	'05.01.26	광명-서대전	300	- 연속 주행시험 - 집전상태 확인 - 중점검 후 안정화 주행
141	'05.01.27	광명-서대전	300	- 연속 주행시험 - 집전상태 확인
142	'05.01.31	광명-동대구	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 승차감 시험
143	'05.02.02	오송-천안	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - ATC 이상 발생 (천안에서 기지 입고)
144	'05.02.03	광명-대전	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 이물질 타격으로 인한 남측 전면 유리창 손상 (대전에서 기지 입고)

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(4/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
145	'05.02.14	광명-동대구	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 모터블록 안정화 시험 - 고속영역에서의 견인 확인 시험 · MB 4개로 상구배에서의 속도 유지 확인 시험
146	'05.02.16	광명-오송	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 제동 기능 확인 시험
147	'05.02.17	광명-동대구	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - MB 4개로 상구배에서의 속도 유지 확인 시험
148	'05.02.21	광명-목포	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정 - 링부 응력 계측시험
149	'05.02.23	광명-목포	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정 - 연결링부 응력 계측
150	'05.02.24	광명-목포	300	- 연속주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정 - 연결링부 응력 계측
151	'05.02.28	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동 절환 시험
152	'05.03.02	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동 절환 시험
153	'05.03.03	광명-동대구	300	- 집전상태 확인 시험 - 진동가속도 측정
154	'05.03.07	광명-동대구	300	- 집전상태 확인 시험 - 진동가속도 측정

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(5/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
155	'05.03.09	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동 절환 시험
156	'05.03.10	광명-동대구	300	- 모터블록 안정화 시험 (100% 견인 시험) - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동 절환 시험
157	'05.03.16	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동 절환 시험
158	'05.03.17	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC 사구간 제어 확인
159	'05.03.21	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
160	'05.03.23	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
161	'05.03.24	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - 모터블록 100% 견인 시험 - 저항제동시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
162	'05.03.28	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - 모터블록 100% 견인 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
163	'05.03.29	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - 모터블록 100% 견인 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
164	'05.03.30	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - 모터블록 100% 견인 시험 - 저항제동시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
165	'05.03.31	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - 모터블록 100% 견인 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(6/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
166	'05.04.04	광명-동대구	300	- 모터블록 100% 견인 시험 - 타행시험 - 연결구간 증속시험
167	'05.04.06	광명-동대구	300	- 모터블록 100% 견인 시험 - 타행시험 - 연결구간 증속시험
168	'05.04.07	광명-동대구	300	- 모터블록 100% 견인 시험 - 상용제동시험(300→200km/h) - 연결구간 증속시험
169	'05.04.11	광명-동대구	300	- 모터블록 100% 견인 시험 - 연결구간 증속시험
170	'05.04.12	광명-동대구	300	- 모터블록 100% 견인 시험 - 연결구간 증속시험
171	'05.04.13	광명-동대구	300	- 모터블록 100% 견인 시험 - 저항제동시험
172	'05.04.18	광명-동대구	300	- 집전성능 확인 - 진동가속도 측정 - 모터블록 안정화 시험 - Preset Speed 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
173	'05.04.19	광명-동대구	300	- 집전성능 확인 - 진동가속도 측정 - 저 항제동 시험 - A TC/ATS 자동 절환 시험
174	'05.04.20	광명-동대구	300	- 집전성능 확인 - 진동가속도 측정 - 저항제동 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
175	'05.04.21	광명-동대구	300	- 집전성능 확인 - 진동가속도 측정 - 저항제동 시험 - ATC/ATS 자동 절환 시험
176	'05.04.25	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - ATS 사구간 현시 확인 - 베어링온도상승시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(7/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
177	'05.04.26	광명-목포	300	- 저항제동시험 - ATS 사구간 현시 확인 - 베어링온도상승시험
178	'05.04.27	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - ATS 사구간 현시 확인 - 베어링온도상승시험
179	'05.04.28	광명-목포	300	- 모터블록 안정화 시험 - ATS 사구간 현시 확인 - 베어링온도상승시험
180	'05.05.02	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
181	'05.05.03	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
182	'05.05.04	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
183	'05.05.09	광명-동대구	300	- MB 안정화시험 - MB#5 저항제동시험 - 추진가속도시험 - 지정속도시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
184	'05.05.10	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - MB#5 저항제동시험 - 지정속도시험(PS, SL 모드 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
185	'05.05.11	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - MB#5 저항제동시험 - 모터블럭 고장 및 차단시험 (기동전점검, 동적시험) - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(8/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
186	'05.05.12	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - MB#5 저항제동시험 - 모터블럭 고장 및 차단시험 (기동전점검, 동적시험) - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험 가속성능시험(MB 5대)
187	'05.05.16	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험
188	'05.05.17	광명-목포	300	- 견인/제동 중 MB 차단시험 - 전기부하 분담시험(기존선) - 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험
189	'05.05.18	광명-목포	300	- 견인/제동 중 MB 차단시험 - 전기부하 분담시험(기존선) - 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험
190	'05.05.19	광명-목포	300	- 견인/제동 중 MB 차단시험 - 전기부하 분담시험(기존선) - 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(9/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
191	'05.05.23	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화 시험 - ATS 사구간 현시 확인시험 - BBCU 제어 확인 시험
192	'05.05.24	광명-목포	300	- 가속성능시험 (MB 4대) - 차륜공전보정시험 - SCU와 MB간 기능시험 - ATS 사구간 현시 확인시험 - BBCU 제어 확인 시험 - 비정상운행시 등판시험
193	'05.05.25	광명-목포	300	- 가속성능시험 (MB 4대) - 차륜공전보정시험 - SCU와 MB간 기능시험 - 고속선 전기부하 분담시험 - ATS 사구간 현시 확인시험 - BBCU 제어 확인 시험 - 비정상운행시 등판시험 - 차내 고조파 검증 및 영향 분석
194	'05.05.26	광명-목포	300	- 가속성능시험 (MB 4대) - 고속선 전기부하 분담시험 - ATS 사구간 현시 확인시험 - BBCU 제어 확인 시험 - 비정상운행시 등판시험 - 차내 고조파 검증 및 영향 분석
195	'05.05.30	광명-동대구	300	- 3MB 가속도시험 - BBCU Blending 시험 - 차내 전자파 측정
196	'05.05.31	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정 - 3MB 가속도시험 - 차내 전자파 측정

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(10/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
197	'05.06.01	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 집전성능 시험 - 진동가속도 측정
198	'05.06.02	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 5 MB 견인력 시험
199	'05.06.07	광명-동대구	300	- MB 견인력 시험 - ATC/ATS 절환구간 응동시험
200	'05.06.08	광명-동대구	300	- MB 견인력 시험 - ATC/ATS 절환구간 응동시험 - MB 차단 시험
201	'05.06.09	광명-동대구	300	- MB 견인력 시험 - ATC/ATS 절환구간 응동시험 - 회생제동 중 VCB 차단 시험
202	'05.06.13	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB#5 저항제동시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
203	'05.06.14	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 견인력시험(4MB) - 전기부하분담시험(고속선, 기존선) - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
204	'05.06.15	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 차상컴퓨터와 모터블럭 간 기능시험 - BBCU 블랜딩 동작 시험 - 전기부하분담시험 (기존선)
205	'05.06.16	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 차상컴퓨터와 모터블럭 간 기능시험 - BBCU 블랜딩 동작 시험
206	'05.06.20	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 차상컴퓨터와 모터블럭 간 기능시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(11/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
207	'05.06.21	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - Preset Speed 시험 - 소비전력량 시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
208	'05.06.21	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - Preset Speed 시험 - 소비전력량 시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험 - 인터컴/방송장치 시험
209	'05.06.23	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 모터블록 기능시험 (#3) - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
210	'05.07.18	동대구-오송	170	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정
211	'05.07.19	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정
212	'05.07.20	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
213	'05.07.21	광명-동대구	300	- 연속 주행시험 - 진동가속도 측정 - ATC/ATS 수신상태 시험
214	'05.07.25	광명-목포	300	- 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험
215	'05.07.26	광명-목포	300	- 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(12/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
216	'05.07.27	광명-목포	300	- 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험
217	'05.07.28	광명-목포	300	- 진동 가속도 측정시험 - 집전 화상감시 녹화 - 가속성능 시험 - ATC/ATS 자동절체 시험 - ATS 사구간 정보 감응시험
218	'05.08.01	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - BBCU 블랜딩 동작 시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험
219	'05.08.02	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 모터 송풍장치시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험 - 기계제동시험 - 비정상운전시 가속성능시험
220	'05.08.03	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 브레이크 쵸퍼게이트 고장시험(MB#3) - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험 - 기계제동시험
221	'05.08.04	광명-목포	300	- 연속 주행시험 - MB 안정화시험 - 전기제동시험 - 비정상운전시 가속성능시험 - ATC/ATS 자동절체 및 동작시험 - 기계제동시험
222	'05.08.04	광명-목포	300	- 진동 가속도 측정시험 - 살사장치 라인점검 시험 - ATC/ATS 불연속신호 수신 확인시험 - BCH. 객실조명 라인 - 네트워크 확인 시험

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(13/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
223	'05.08.09	광명-목포	300	- MB 안정화 신뢰성시험 - 집전장치 화상감시 녹화 - 살사장치 라인점검 시험 - ATC/ATS 불연속신호 수신 확인시험 - 구배기동시험(MB 2대/4대)
224	'05.08.10	광명-목포	300	- MB 안정화시험 - 상용제동시험(150 km/h) - 전기제동시험(100/250 km/h) - ATC/ATS 불연속신호 수신 확인시험 - 구배기동시험(로템 MB 2대)
225	'05.08.11	광명-목포	300	- MB 안정화시험 - 집전장치 화상감시 - 상용제동시험(150 km/h) - ATC/ATS 불연속신호 수신 확인시험 - 보조전원장치 안정화시험
226	'05.08.16	광명-동대구	300	- MB 안정화시험 - ATS/ATC 수신상태 시험
227	'05.08.17	광명-동대구	300	- MB 안정화시험 - ATS/ATC 수신상태 시험
228	'05.08.18	광명-동대구	300	- ATS/ATC 수신상태 시험 - 전기제동시험 - MB Stack 과온 검지시험 - ATC 이중계 전환시험
229	'05.08.22	광명-동대구	300	- MB 안정화시험 - ATS/ATC 수신상태 시험
230	'05.08.23	광명-동대구	300	- ATS/ATC 수신상태 시험 - ATC 이중계 절환시험 - 견인력시험
231	'05.08.24	광명-동대구	300	- ATS/ATC 수신상태 시험 - 100% 견인력시험 (MB1,3,4,5)
232	'05.08.25	광명-동대구	300	- ATS/ATC 수신상태 시험 - 100% 견인력시험 (MB1,3,4,5)
233	'05.08.29	광명-동대구	300	- ATS/ATC 수신상태 시험 - 100% 견인력시험 (MB1,3,4,5) - 제동 블랜딩 튜닝

표 3.1.2.4 3차년도 시운전 시험 요약(14/14)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
234	'05.08.30	광명-동대구	300	- MB 안정화시험 - ATS/ATC 수신상태 시험
235	'05.08.31	광명-동대구	300	- 전기제동시험 (PWM 100%) (회생->저항 절환)
236	'05.09.01	오송-고덕 IEC	250	
237	'05.10.09	오송-고양기지	200	- 종합 점검 후 첫 운행 확인 - 고양 점검을 위한 자력 이동
238	'05.10.11	고양기지-오송	300	- 점검 후 오송기지로 이동 - 제동시험(상용, 비상)
239	'05.10.12	오송-광명	300	- 안정화 시험
240	'05.10.13	오송-광명	300	- 안정화 시험
241	'05.10.17	광명-동대구	300	- 안정화 시험
242	'05.10.18	광명-동대구	300	- MB차단 시험 - 견인가속도 시험 - 전기제동시험
243	'05.10.19	광명-동대구	300	- 안정화 시험
244	'05.10.24	광명-동대구	300	- 견인가속도 시험
245	'05.10.25	광명-동대구	300	- 견인가속도 시험 - 전기제동 시험
246	'05.10.26	광명-동대구	300	- 견인가속도 시험 - 전기제동 시험
247	'05.10.31	광명-동대구	300	- PC1 보조블럭 파형조사 시험

□ 4차년도 시운전시험 현황

4차년도의 시운전시험은 2005. 11. 1일부터 2006. 10. 31까지 총 89회의 시운전시험을 수행하였으며, 주행거리 39,268 km(총 누적 주행거리 155,198 km)이다. 4차년도에는 안정화 시험 위주로 시운전 시험이 진행되었으며, 89회 시운전시험에 대한 현황은 표 3.1.2.5와 같다. 그러나 2006년 7월 19일에는 전차선 단전사고로 인하여 약 50일간 전체적인 차량의 종합점검을 실시하였다.

표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(1/6)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
248	'05. 11. 1	오송 - 목포	300	- PC1 보조블럭 파형조사 시험 - 동적시험(비정상가속시험) - 동적시험(제동거리시험 4종류)
249	'05. 11. 2	오송 - 목포	300	- PC1 보조블럭 파형조사 시험 - 동적시험(비정상가속시험) - 동적시험(제동거리시험 4종류) - 30km/h 비상제동시험 (T4)
250	'05. 11. 2	오송 - 목포	300	- PC1 보조블럭 파형조사 시험 - 동적시험(비정상 가속시험, 4MB) - 동적시험(100% 견인력시험, 3MB)
251	'05. 11. 7	천안 - 신탄진	300	- 비상제동시험 - ATC 과속 제동시험
252	'05. 11. 9	오송 - 목포	300	- ATC A채널불연속 신호인식시험
253	'05. 11. 10	오송 - 목포	300	- ATC B채널 불연속 신호 인식 시험 - 전기제동/비상제동시험
254	'05. 11. 14	천안 - 신탄진	300	- ATC/ATS 절환시험 - ATC 비상제동시험(270kph) - 상용(저항,회생), 비상(저항,회생) 제동시험(300kph)
255	'05. 11. 16	광명 - 동대구	300	- 전기제동 절환시험(100kph) - Preset test(300kph) - 절연구간 추진모드 진입시험
256	'05. 11. 16	광명 - 동대구	300	- 전기제동 절환시험(100kph) - Preset test(300kph)
257	'05. 11. 21	오송 - 목포	300	- 동적시험(비정상 가속시험, 2MB)
258	'05. 11. 22	오송 - 목포	300	- 동적시험(비정상 가속시험, 2MB) - 상용제동시험(300→250 km/h) - 저항제동시험(150, 100 km/h)
259	'05. 11. 23	오송 - 목포	300	- 상용제동시험(300→250 km/h) - 저항제동시험(100 km/h) - 소비전력측정시험
260	'05. 11. 24	오송 - 목포	300	- 상용제동시험(300→250 km/h) - 저항제동시험(150, 100 km/h) - 비상제동시험(Wet조건, 160/90 km/h)
261	'05. 11. 27	천안 - 신탄진	300	- 상용저항제동시험(300km/h) - 저항비상제동시험(90,170,270,300km/h) - 회생비상제동시험(300km/h) - 비상제동시험(Wet조건, 90km/h)

표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(2/6)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
262	'05. 11. 30	광명 - 동대구	300	- 전견인시험 (4MB, T4 출발시) - 제동절환시험 (회생->저항) - 탈선계수 측정
263	'05. 12. 6	오송 - 대전	300	- 시승행사
264	'05. 12. 12	광명 - 동대구	300	- 전기제동 절환시험(100kph) - 가속성능시험(4MB, 300kph)
265	'05. 12. 12	광명 - 오송	300	- 저항제동시험(4MB, 100kph)
266	'05. 12. 14	광명 - 동대구	300	- 가속성능시험(4MB, 300kph) - 가속성능시험(2MB, 현대)
267	'05. 12. 15	오송 - 대전	300	- ATC 제어 확인시험 (절연구간 및 가선변경구간) - 제동절환시험 (회생->저항)
268	'05. 12. 15	오송 - 의왕	170	- 의왕 자력 운송
269	'05. 12. 17	의왕 - 오송	170	- 오송 자력 운송
270	'05. 12. 19	오송 - 신탄진	170	- ATC 불연속신호 조정
271	'05. 12. 21	광명 - 오송	170	- 전기제동 절환시험(4MB, 100kph) - 가속성능시험
272	'05. 12. 21	오송 - 익산	305	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 성능개선시험(가속시험, 2MB) - 전기제동시험(로템MB,100km/h)
273	'05. 12. 27	오송 - 천안	300	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 성능개선시험(가속시험, 2MB) - 전기제동시험(로템MB,100km/h)
274	'05. 12. 27	오송 - T4	52	- 운행취소(차륜박리 찰상음 발생)
274-1	'06. 1. 2	오송 - 의왕	300	- 의왕 자력 운송
275	'06. 1. 3	의왕 - 오송	300	- 오송 자력 운송
276	'06. 1. 4	광명 - 동대구	300	- 2MB 가속 성능 시험 - 회생/저항제동 절환시험 - 전기제동 패턴시험
277	'06. 1. 5	광명 - 동대구	300	- 2MB 가속 성능 시험 - 회생/저항제동 절환시험 - 전기제동 패턴시험
278	'06. 1. 11	오송 - 의왕	300	- 의왕 자력 운송
279	'06. 1. 13	의왕 - 오송	230	- 오송 자력 운송
280	'06. 1. 16	오송 - 고양	300	- 고양기지 자력 운송

표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(3/6)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
281	'06. 1. 17	고양 - 오송	300	- 오송 자력 운송
282	'06. 1. 18	오송 - 송정리	300	- 4 M/B 100% 견인력 시험 - 회생/저항제동 절환시험
283	'06. 1. 19	오송 - 송정리	300	- 4 M/B 100% 견인력 시험 - 회생/저항제동 절환시험 - 전기제동력 패턴 확인시험
284	'06. 1. 23	광명 - 동대구	300	- 4 M/B 100% 견인력 시험 - 전기제동력 패턴 확인시험 (300km/h->200km/h)
285	'06. 2. 2	오송 - 송정리	300	- 가속성능시험 - 진동가속도 측정
286	'06. 2. 6	광명 - 동대구	300	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 성능개선시험(유진기공)
287	'06. 2. 8	광명 - 동대구	300	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 성능개선시험(유진기공) - ATC. 불연속정보신호 운전실 감지시험 → 상태 확인
288	'06. 2. 9	광명 - 동대구	300	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 성능개선시험(유진기공) - ATC. 불연속정보신호 운전실 감지시험 - 안정화시험(로템,우리기전):TT2, 440V.파형측정시험
289	'06. 2. 15	광명 - 동대구	300	- 100% 가속성능시험(4MB) - 회생제동력 파형 확인 시험 (250km/h→150km/h) - 절연구간 통과시 견인전류치 제한기능 확인 시험 - ATC. A/B Rack 기능절환 상태확인 시험 - 객실/운전실 소음측정 시험(철도연, 한양대)
290	'06. 2. 19	오송 - 의왕	300	- 의왕 자력 운송
291	'06. 2. 20	의왕 - 오송	230	- 오송 자력 운송
292	'06. 2. 22	오송 - 송정리	300	- 100% 가속성능시험(4MB) - 절연구간 통과 시 ATS 현시 기능 확인 - ATC. A/B Rack 기능절환 상태확인 시험(LS산전) - 운전실 소음측정 시험 및 소음저감 시험
293	'06. 2. 23	오송 - 송정리	300	- 100% 가속성능시험(4MB) - 등가방해전류 측정(오송-광명)
294	'06. 2. 27	오송 - 광명	300	- 가속성능시험 - 비상저항제동시험(300->200kph)

표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(4/6)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
295	'06. 3. 8	광명- 동대구	300	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 소비전력량측정시험 - 등가방해전류측정시험 - 소음측정시험(객실, 갱웨이링부분)
296	'06. 3. 9	광명- 동대구	300	- 성능개선시험(가속시험, 4MB) - 소비전력량측정시험 - 등가방해전류측정시험 - 소음측정시험(객실, 갱웨이링부분)
297	'06. 3. 13	오송 - 신탄진	170	- 비상제동시험(4MB 170→0km/h) - 비상제동시험(4MB 270→0km/h, 300→0km/h)
298	'06. 3. 15	광명- 동대구	300	- 본선 주행/집전성능 시험(4MB 300km/h) - 본선 제동성능 시험(4MB 조건)
299	'06. 4. 24	오송 - 신탄진	230	- 본선 주행시험
300	'06. 5. 12	오송 - 서대전	170	- 대차 분리 장착 후 시험, 차량 방향전환
301	'06. 5. 14	오송 - 신탄진	330	- 고속주행 성능 시험 - 차륜/레일 작용력 시험 - 대차/차체 진동 가속도 시험 - 실내(객실) 소음 시험 - 소비전력 시험
302	'06. 5. 21	오송 - 고양	333	- 고속 주행성능 시험 - 차륜/레일 작용력 시험 - 대차/차체 진동 가속도 시험 - 실내 (객실/운전실) 소음 시험 - 소비전력/유도장애 EMI/EMC 시험 - 순수 공기제동력 측정 시험
303	'06. 5. 24	고양 - 대전	300	- 고속 주행성능 시험 - 차륜/레일 작용력 시험 - 대차/차체 진동 가속도 시험 - 집전상태 모니터링 시험
304	'06. 6. 14	고양 - 오송	300	- 소비전력시험 - KTX 운행패턴 시험 - MB #1 성능개량시험
305	'06. 6. 15	오송 - 목포	300	- 소비전력시험 - KTX 운행패턴 시험 - MB #1 성능개량시험
306	'06. 6. 16	오송 - 의왕	300	- 의왕 자력 운송
307	'06. 6. 20	오송 - 목포	300	- 소비전력시험 - 차량안정화 시험

표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(5/6)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
308	'06. 6. 22	광명 - 동대구	300	- 소비전력시험 - 차량안정화 시험
309	'06. 6. 23	광명 - 동대구	300	- 소비전력시험 - 차량안정화 시험
310	'06. 6. 27	광명 - 동대구	300	- 각종 계측상태 확인 - 차량 운행상태 확인
311	'06. 6. 28	오송 - 익산	300	- EMI 기존선 시험(적용성시험반) - ATS 신호제동거리 확인시험(개선반) - 차량 운행상태 확인
312	'06. 7. 3	오송 - 신탄진	220	- 전기(저항)제동 시험 - 300km/h 속도대역 EMI/EMC 시험 - MB #1 튜닝시험
313	'06. 7. 5	광명 - 동대구	300	- 300km/h 속도 안정화시험 - MB #1+#2+#3 동시기동 시 MB #1 튜닝시험
314	'06. 7. 10	오송 - 신탄진	300	- MB 1, 2, 3 동시기동 및 MB 1, 2 조정시험 - AB-MTF 인터페이스 확인시험 - ECU 성능개선 확인시험
315	'06. 7. 12	오송 - 광명	250	- MB 1, 2, 3 동시기동 및 MB 1, 2 조정시험 - AB-MTF 인터페이스 확인시험 - ECU 성능개선 확인시험
316	'06. 7. 18	광명 - 동대구	300	- 기밀장치 동작시험 - 제동블랜딩 시험 - 머드플랩 소음 측정
317	'06. 7. 19	오송 - 광명	300	
318	'06. 9. 6	광명 - 대전	275	- 가속성능시험(2MB, 303kph) - 각부장치 동작상태 확인
319	'06. 9. 7	오송 - 광명	280	- 가속성능시험(2MB, 303kph) - 각부장치 동작상태 확인
320	'06. 9. 12	광명 - 동대구	300	- 모터블럭 성능 안정화 시험 - 각부장치 동작상태 확인
321	'06. 9. 13	광명 - 동대구	300	- 모터블럭 성능 안정화 시험 - 각부장치 동작상태 확인
322	'06. 9. 14	광명 - 동대구	300	- 모터블럭 성능 안정화 시험 - 각부장치 동작상태 확인

표 3.1.2.5 4차년도 시운전 시험 요약(6/6)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
323	'06. 9. 19	광명 - 동대구	300	- 기밀장치동작시험 - 저항제동시험(MB1)
324	'06. 9. 20	광명 - 동대구	300	- 모터블록 (MB#6) 단독시험 - 브라질 인사 시승
325	'06. 9. 21	광명 - 신탄진	300	- 머드플랩 개선시험(소음측정) - ECU 개선 확인시험 (5번 대차 설치 모니터링)
326	'06. 9. 26	광명 - 동대구	300	- 모터블럭/보조블럭 안정화 시험 - ECU 개선 확인시험 (5번 대차 설치 모니터링)
327	'06. 9. 27	광명 - 동대구	300	- 모터블럭+쿨링팬 인버터 / 보조블럭 안정화 시험 - ECU 개선 확인시험 (3/4/5/8/9번 ECU 개선품 모니터링)
328	'06. 9. 28	광명 - 동대구	300	- MCCU 동작시험 - 객실 소음측정(로템 주관)
329	'06. 10. 10	오송 - 송정리	260	- ATS 적용성시험
330	'06. 10. 11	오송 - 송정리	300	- ATS 적용성시험
331	'06. 10. 12	오송 - 송정리	300	- ATS 적용성시험
332	'06. 10. 17	광명 - 동대구	300	- Preset 시험 및 제어튜닝 시험 - 견인 점착 시험 - Preset 시험 제어 실패 - 100kph 시험 수행, 250kph 미 실시
333	'06. 10. 18	광명 - 동대구	300	- Preset 시험 및 제어튜닝 시험 - 견인 점착 시험 - SL Preset 시험 계측 - PS 100, 170, 270 실패 - 100kph, 200kph 시험 수행
334	'06. 10. 19	광명 - 동대구	300	- ECU Noise 측정 시험 - 외/내부 소음 측정 시험 - 300kph에서 시험 계측 - 주행 중 내부 소음측정(한양대) - 270kph에서 외부소음 측정수행
335	'06. 10. 23	광명 - 동대구	300	- 비상저항제동시험 - 주개폐기동작시험
336	'06. 10. 30	광명 - 동대구	300	- 가속성능 시험 - 제동 시험

□ 5차년도 시운전시험 현황

5차년도의 시운전시험은 2006. 11. 1일부터 2007. 10. 25 현재 총 102회의 시운전 시험을 수행하였으며, 주행거리 50,290 km(총 누적 주행거리 205,488 km)이다. 5차년도에도 안정화 시험 위주로 시운전 시험이 진행되었으며, 102회 시운전시험에 대한 현황은 표 3.1.2.6와 같고 자세한 내용은 시험일지에 나타내었다. 5차년도는 KTX-II의 성공적인 상용화를 위해 부품과 성능의 확인 시험을 지원하였다. 특히 모타블럭, 제동장치, 보조전원 등의 관련 시험을 지원하였다.

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(1/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
337	'06. 11. 1	오송 - 동대구	300	- preset 시험 - 활주방지고장 현시로 시험 미착수 - 제동 시험
338	'06. 11. 2	오송 - 동대구	270	- Preset 시험(100, 170, 270 km/h) - 제동 ECU 기능개선 확인시험 - 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험
339	'06. 11. 7	오송 - 광명	290	- 각 장치 안정화시험
340	'06. 11. 8	오송 - 대전	300	- 각 장치 안정화시험
341	'06. 11. 14	오송 - 동대구	300	- 전장품 성능 안정화 시험 - 제동 기능개선 확인시험 - 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험
342	'06. 11. 15	오송 - 동대구	300	- 전장품 성능 안정화 시험 - 제동 기능개선 확인시험 - 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험
343	'06. 11. 16	오송 - 동대구	300	- 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험
344	'06. 11. 21	오송 - 동대구	300	- 전장품 성능 안정화 시험 - 제동 기능개선 확인시험 - 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험
345	'06. 11. 22	오송 - 목포	270	- ATS 신호 제동거리 시험 - Preset test(130km/h)
346	'06. 11. 23	오송 - 동대구	300	- 판토그라프 시험 (PC2) - Preset 시험 - 절연구간통과 시험
347	'06. 11. 27	오송 - 신탄진	310	- 가속성능 시험(310kph) - 제동거리 시험(300kph) - 활주제어장치 시험 - 트리포드 샤프트 절손 시험
348	'06. 11. 29	오송 - 송정리	270	- Preset 예비시험 - 트리포드 샤프트 절손 시험

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(2/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
349	'06. 11. 30	오송 - 동대구	300	- 안정화 시험 - Preset 예비 시험 - 트리포드 샤프트 절손 시험
350	'06. 12. 5	오송 - 동대구	300	- PWM 110% 견인운행(MB1,2) - Preset 예비 시험 - MB2 슬립/슬라이드 발생여부 확인 - 기지내 견인력 100%에서 활주여부 확인
351	'06. 12. 11	고덕 - 신탄진	330	- 비상제동 (저항)시험(푸쉬버튼, 90km/h) - ATC 비상제동(180km/h, wet) - 가속성능시험(330km/h) - 상용제동(회생)시험(330km/h, PWM 100) - 차상제어장치시험(320km/h) - 제동전이시험(회생->저항, 320/310km/h) - 상용제동(저항)시험(300km/h) - 차륜공정보정시험(wet, 출발시) - 차외 소음시험 - 연장 급전시험
352	'06. 12. 13	오송 - 동대구	300	- 동력차(PC2) 진동 및 소음시험 - 판토그라프 특성시험(PC2)
353	'06. 12. 14	오송 - 동대구	300	- Preset 230 km/h예비시험 - 판토그라프 특성시험(PC1)
354	'06. 12. 19	오송 - 동대구	300	- 절연구간 통과시험 (MB1,2,5, PWM 50,55,60,70)
355	'06. 12. 20	오송 - 동대구	300	- 절연구간 통과시험 (MB1,2,6, PWM 70, 80) - 운전실 간이 소음 측정
356	'06. 12. 21	오송 - 동대구	300	- 절연구간 통과 시험 (MB#1,#2,#6, PWM 100%) - Preset 기능 튜닝시험 (80, 170, 270 km/h)

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(3/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
357	'06. 12. 27	오송 - 동대구	300	- 각 장치 안정화시험
358	'07. 1. 4	오송 - 동대구	300	- 시운전 예비 시험 - Preset 예비 시험
359	'07. 1. 9	오송 - 동대구	300	- 절연구간 통과시험
360	'07. 1. 10	오송 - 동대구	300	- 절연구간 통과시험(현대) - PC1 운전실 소음측정(로템)
361	'07. 1. 11	오송 - 동대구	300	- 절연구간 통과시험(현대) - PC1 운전실, TT2 소음측정(로템
362	'07. 1. 16	오송 - 동대구	300	- 트리포드 절손시험 - 안티스키드시험
363	'07. 1. 17	오송 - 목포	240	- 활주방지 기능시험 (공기제동) - 트리포드 작용력 시험 (MB #4)
364	'07. 1. 23	오송 -동대구	300	- 절연구간 통과시험 (MB1,2,5,6, PWM 90) - Slip 시험 (살수)
365	'07. 1. 24	오송 - 목포	260	- Slip 시험 (살수) - 비상회생제동시험
366	'07. 1. 25	오송 - 동대구	300	- Slip 시험 (살수) - PWM 95% 시험 - 운전실 소음/진동 측정
367	'07. 1. 30	오송 - 동대구	300	- 동력차(PC1) 진동 및 소음시험 - 슬립/슬라이드시험 - BBCU 예비시험
368	'07. 1. 31	오송 - 동대구	300	- BBCU 예비시험
369	'07. 2. 1	오송 - 동대구	300	- BBCU 예비시험
370	'07. 2. 5	오송 - 신탄진	330	- 가속성능시험(0→330kph) - 제동시험 · 90kph→0kph 비상제동(회생) · 330kph→0kph 상용제동(회생) · 250kph→0kph 비상제동(저항) 4MB PWM 100% dry (완료) 4MB 푸시버튼 dry (완료) 4MB PWM 100% dry (완료) 4MB 푸시버튼 wet (완료)

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(4/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
371	'07. 2. 6	오송 - 동대구	300	- 슬립/슬라이드시험 - PC1,2 운전실 소음측정
372	'07. 2. 7	오송 - 동대구	300	- 운전실 소음측정(로템주관) (TT2, TT3, PC1동력실, PC1운전실)
373	'07. 2. 8	오송 - 동대구	300	- 운전실 소음측정(로템주관) (PC1,2 운전실) - 슬립/슬라이드시험(현대주관) - GPS 선로위치 확인(철도연 주관)
374	'07. 2. 22	오송 - 목포	240	-가선 전압 측정
375	'07. 2. 27	오송 - 동대구	300	- 가선전압확인시험 (비상판토 사용) - GPS 위치 확인 - PWM 95, 100% 시험
376	'07. 2. 28.	오송 - 동대구	300	- 가선전압확인시험 (비상판토 사용)
377	'07 . 3. 6	오송 - 동대구	300	- Preset Speed 시험
378	'07. 3. 7	오송 - 동대구	300	- 국회 건교위 전문위원등 시승
379	'07. 3. 8	오송 - 동대구	300	- 설정속도시험
380	'07. 3. 13	오송 - 동대구	300	- 디스크&패드온도시험 - Preset 제어튜닝시험(300kph) - PC1 AUX#1,2군 동시기동시험
381	'07. 3. 14	오송 - 목포	160	- 살수시험(wet, dry 각2회) - Preset 제어튜닝시험(80kph) - PC1 AUX#1,2군 동시기동시험
382	'07. 3. 15	오송 - 동대구	300	- 디스크&패드온도시험 - PC1 AUX#1,2군 동시기동시험
383	'07. 3. 20	오송 - 동대구	300	- 운전실 소음시험(로템)
384	'07. 3. 21	오송 - 동대구	300	- 운전실 소음시험(로템)
385	'07. 3. 22	오송 - 동대구	110	- 운전/전기/차량 분야 총11항목
386	'07. 3. 26	오송 - 동대구 (대전-동대구 기존선운행)	135	- 운전/전기/차량 분야 총11항목
387	'07. 3. 29	오송 -동대구	300	- 공장 중점검을 위한 자력 회송

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(5/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
388	'07. 5. 14	고덕IEC-신탄진IEC	300	- 공장 중점검 후 차량상태 점검 증속운행(170->300km/h)
389	'07. 5. 22	고덕IEC-신탄진IEC	300	- 상용회생제동력 ⇒ 비상제동력(44kn) 패턴으로 통일/확인시험 ○ 상용회생제동/상용기계제동(170km/h→ 0km/h) ○ 상용회생제동(230km/h→0km/h) ○ 상용회생제동(270km/h→0km/h) ○ 상용기계제동(300km/h→0km/h) ○ 상용회생제동(300km/h→0km/h) : MB차단으로 실패 ※ 6개항목중 5개항목 시험완료
390	'07. 5. 23	오송 - 동대구	300	- 안정화시험
391	'07. 5. 29	오송 - 동대구	300	- 댐퍼 튜닝시험
392	'07. 5. 30	오송 - 동대구	300	- 댐퍼 튜닝시험
393	'07. 5. 31	오송 - 동대구	300	- 댐퍼 튜닝시험
394	'07. 6. 5	오송 - 동대구	300	- 열차방향 전환 - 전장품 동작확인시험 및 신뢰성 확인시험
395	'07. 6. 7	오송 - 동대구	300	- 운전실 소음 측정(후부 운전실) - 전장품 동작확인시험 및 신뢰성 확인시험
396	'07. 6. 12.	오송 - 동대구	300	- 시승행사
397	'07. 6. 13	오송 - 동대구	300	- 시승행사
398	'07. 6. 14	오송 - 동대구	300	- 시승행사
399	'07. 6. 18	오송 - 동대구	300	- 아리랑 TV에서 차량내,외부 촬영
400	'07. 6. 19	오송 - 함평	275	- ATP 지상자와 차상자간 조합시험 - 제동블랜딩(BBCU) 시험 - 무선통신시험
401	'07. 6. 20	오송 - 동대구	300	- 아리랑TV 남의령 외 2명 - 인력개발원 교육생 18명
402	'07. 6. 21	오송 - 목포	255	- ATP 조합시험

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(6/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
403	'07. 7. 12	오송 - 동대구	300	- 궤도검측시스템 튜닝시험 - 차량정보화면 수정 적용(PC1)
404	'07. 7. 13	오송 - 동대구	300	- 궤도검측시스템 튜닝시험 - 저항제동 확인시험 (MB #1) - 차량정보화면 수정 적용(PC1, 2)
405	'07. 7. 18	오송 - 동대구	300	- MB #1 GDU비교시험(현대제작분과 westcode사 제품)
406	'07. 7. 19	오송 - 동대구	300	- 궤도검측시스템 조정 시험
407	'07. 7. 25	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
408	'07. 7. 26	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
409	'07. 8. 7	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
410	'07. 8. 8	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
411	'07. 8. 9	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
412	'07. 8. 13	천안아산 - 신탄진ICE	300	- 비상(회생, 저항) 제동시험, 전력 품질시험(변전소)
413	'07. 8. 16	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
414	'07. 8. 21	오송 - 동대구	300	- 궤도검측시스템 튜닝시험 - 차량정보화면 모니터 교체(PC1)
415	'07. 8. 22	오송 - 동대구	300	- 궤도검측시스템 튜닝시험
416	'07. 8. 23	오송 - 동대구	300	- 궤도검측시스템 튜닝시험
417	'07. 8. 27	천안아산 - 신탄진	300	- 야간 제동시험
418	'07. 8. 29	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
419	'07. 8. 30	광명 - 동대구	300	- 시승행사
420	'07. 9. 4	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
421	'07. 9. 5	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
422	'07. 9. 6	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
423	'07. 9. 10	천안아산 - 신탄진	275	- 야간 제동시험
424	'07. 9. 12	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
425	'07. 9. 13	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
426	'07. 9. 17	광명 - 동대구	300	- 시승행사

표 3.1.2.6 5차년도 시운전 시험 요약(7/7)

시험 번호	일시	운행구간	최고속도 (km/h)	시험내용
427	'07. 9. 18	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
428	'07. 9. 19	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
429	'07. 10. 02	오송 - 동대구	300	- 주요 구성품 동작 상태 시험
430	'07. 10. 04	오송 - 동대구	300	- 객실실내 소음 측정 (로템주관, 머드플랩 길이관련)
431	'07. 10. 08	천안아산 - 신탄진	300	- 비상(회생, 저항) 제동시험, 제동 브랜딩 비교시험
432	'07. 10. 10	오송 - 동대구	300	- 보기헌팅센서튜닝시험
433	'07. 10. 15	천안아산 - 신탄진	300	- 비상회생제동 - 회생제동시험 - 비상제동 - 비상저항제동시험
434	'07. 10. 17	오송 - 동대구	300	- 객실소음 비교측정(머드플랩 장·단품 취부)
435	'07. 10. 18	오송 - 동대구	300	- 객실소음 비교측정(머드플랩 장·단품 취부)
436	'07. 10. 22	고덕IEC - 신탄진IEC	300	- 블렌딩 적용 푸쉬 버튼 비상저항 제동시험 90kph - 블렌딩 적용회생제동시험(PWM30%) 150kph - ATC 차상제어장치 비상제동 기능시험(320kph) 회생제동 거리 시험(310kph→0) ※가속성능시험(0→330kph 진행중 MB 2,3 차단으로 시험 중단함
437	'07. 10. 24	오송IEC - 목포	300	- 주요 개발품 추진/제동장치 안정화 시험 - 기존선 ATS 지상장치 감응시험
438	'07. 10. 25	목포 - 오송IEC	300	- 주요 개발품 추진/제동장치 안정화 시험 - 기존선 ATS 지상장치 감응시험

시험일자	2006. 11. 01	시험번호	337	작성자	박찬경
날 씨	맑음	기 온	10℃	주행거리	341km (155,539km)
바 람		출발시간		입고시간	
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	이 억 재	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	박찬경 책임 외 2 명	로템	
시스널정보	-	S-Tech	
현대중공업		LS산전	
유진기공		인터콘	-
한양대	-	시운전단	

시험항목	- preset 시험 - 제동 시험	- 활주방지고장 현시로 시험 미 착수

특기사항	■ 시험 현황 - preset 시험 : ·SPMD 속도 출력 불규칙 및 활주방지 고장 현시로 시험 미 착수 -> 고장보고서 제출 - 운행현황 : 활주방지 기능고장 현시로 대전역 정차 후 점검-> BCU#1 차단 후 운행 재개 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB#1 : Converter 입력 과전류로 보호 자동 재기동 1회 -> 분석 검토 후 메일로 통보 - MB#2 : Converter 입력 과전류로 보호 자동 재기동 3회->분석 검토 후 메일로 통보 - MB#6 : Converter 출력 과전압으로 수동 재기동 2회 - BCU : 전대차 속도센서 확인 필요(활주방지고장), 남쪽(PC2) SPMD 출력속도 불규칙 -> 기록 및 고장 조치 필요 - 52kv 인버터 : 2번 차단 확인 -> 조치 시 까지 모니터링 기록

시험일자	2006. 11. 02	시험번호	338	작 성 자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	13℃	주행거리	340 km (155,879 km)
바 람	약함	출발 시간	23:54	입고시간	03:20
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		270km/h
			주행선로		T1/T2 경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 23명, 기장 포함)			
철도연	목진용 책임 외 2 명	로템	송기동 과장 외 4명
시스널정보	-	S-Tech	이승석 부장 외 4명
현대중공업	-	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	-
	-	시운전단	손광수 외 4명

시험항목	- Preset 시험(100, 170, 270 km/h) - 제동 ECU 기능개선 확인시험	- 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험

특기사항	■ 시험 현황 - Preset 시험 : 100/ 170/ 270 km/h 단계 예비시험은 실시함. ⇨ 시험절차서 준비 후 시험담당자 입회하에 재시험 필요 - 제동 ECU 기능개선 확인시험 : 전일 활주방지장치 이상 현시현상 개선 확인시험 결과 현시 오류는 해결되었으나, 제동 공기배관 회로 오류 대책까지 검토한 후 차기 공정 회의 시까지 종합 검토보고서 제출 요망(유진) ■ 주요 구성품 동작 상태 - 보조 블럭 : 52kV Inverter 3, 4호기 정지 후 수동 재 기동 1회 발생. - SPMD 신호 : PC 2 운전실은 제동 시 열차속도가 3~6 km/h 정도가 상승(출렁임)후 떨어짐.(시험중 계측으로 원인 규명 못함). ⇨ 차기 시운전 시 SPMD 신호 오류원인 규명, 측정 필요) - MB 동작상태 : 양호함.

시험일자	2006. 11. 07	시험번호	339	작 성 자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	10℃	주행거리	209 km (156,088 km)
바 람	강함	출발 시간	10:32	입고시간	12:24
시험구간	오송→광명→오송		주행최고속도		290km/h
			주행선로		T1/T2 경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진우	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	구 훈 모	판토그라프	-
DAM31	강 병 모	DAM32	강 병 모		

탑 승 인 원 (총 29명, 기장 포함)			
철도연	한영재 선임 외 2 명	로템	한두진 차장 외 7명
시스널정보	-	S-Tech	이승석 부장 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	-
	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- 각 장치 안정화시험	

특기사항	■ 주요 구성품 동작 상태 o 상태정보화면(MB1,2) 및 지원정보화면(BCU1,2) 통신불량 발생(2회) o MB5 차단/재기동 - 게이트 파워 서플라이 고장 o 운전실 전면유리창 균열(PC2) ※ 오송출발 천안아산역 통과후 용와터널 진입시 후부운전실(PC2) 전면유리창 균열발생으로 운행구간 단축 오송 입고함

시험일자	2006. 11. 08	시험번호	340	작 성 자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	17℃	주행거리	270km (156,448km)
바 람	-	출발 시간	10:14	입고시간	13:04
시험구간	오송→광명→대전→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/T2 경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진우	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	구 훈 모	판토그라프	강병모
DAM31	강 병 모	DAM32	강 병 모		

탑 승 인 원 (총 23명, 기장 포함)			
철도연	한영재 책임 외 2 명	로템	한두진 차장 외 2명
시스널정보	-	S-Tech	이승석 부장 외 7명
현대중공업	김성문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 명	인터콘	-
	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- 각 장치 안정화시험	

특기사항	■ 주요 구성품 동작 상태 o 상태정보화면(MB1,2) 및 지원정보화면(BCU1,2) 통신불량 발생(1회) o MB5 차단/재기동(1회) - 게이트 파워 서플라이 고장 ※ 베트남 교통부차관 일행 시승(광명→대전)

시험일자	2006. 11. 14	시험번호	341	작 성 자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	9℃	주행거리	341 km (156,789 km)
바 람	약함	출발 시간	09 : 42	입고시간	12 : 30
시험구간	오송→동대구→오송		주행 최고속도		300 km/h
			주행선로		T1/T2 경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 26명, 기장 포함)			
철도연	목 진 용 외 1 명	로템	송기동 과장 외 5명
시스널정보	-	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	금 성 문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	정광영
	-	시운전단	조병찬 외 4명

시험항목	- 전장품 성능 안정화 시험 - 제동 기능개선 확인시험	- 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험

특기사항	■ 시험 현황 - 주요 전장품 안정화 시험 시행 ■ 주요 전장품 안정화 시험 및 동작 상태 - MB 동작상태 : · MB #1 : 운행 중 컨버터 X상(GDU) 고장으로 입고중 기동 못함. · MB #2 : 운행 중 컨버터 2군 Y상 IGCT 고장으로 격리됨. · MB #6 : 운행 중 보조블럭 격리 시점에 2회 격리 후 수동 재 기동함 - 보조 블럭 : 하행 시 PC1 1,2호기, 상행 시 PC2 3, 4호기 격리 후 수동 재 기동 1회 발생함 - SPMD 신호 : PC 2 운전실 열차속도는 제동시 현시 3~6 km/h 출렁임 현상 발생, PC 1 운전실은 열차속도 현시가 2~3초 Delay 현상 발생함 ⇨ SPMD 신호 오류의 원인을 조속히 규명, 조치 필요 (유진 기공) - OBCS : 운전정보 화면 Back Up 시 화면의 순간 백화현상 1회 발생함 ⇨ 원인 조사 후 보완 필요

시험일자	2006. 11. 15	시험번호	342	작 성 자	목 진 용
날 씨	맑음/비	기 온	9℃	주행거리	341km (157,130 km)
바 람	약함	출발 시간	09 : 38	입고시간	12 : 24
시험구간	오송→동대구→오송		주행 최고속도		300 km/h
			주행선로		T1/T2 경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 25명, 기장 포함)			
철도연	목 진 용 외 1 명	로템	송기동 과장 외 5명
시스널정보	-	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
	-	시운전단	조병찬 외 3명

시험항목	- 전장품 성능 안정화 시험 - 제동 기능개선 확인시험	- 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험

특기사항	■ 주요 전장품 안정화 시험 및 동작 상태 - MB 동작상태 · MB #1 : 전일 컨버터 GDU 기능고장 미해결로 기동 못함. · MB #2 : 인버터 저전압 Fault(P5LVD)로 운행 중 Reset, 재 기동함. · MB #3 : 동대구 출발전 제어기"ON" 상태에 격리, 수동 재기동함 · MB #5&6 : 기지⇨T4 출고 중에 동시 격리되어 수동 재 기동함. - 보조 블럭 : 하행 시 PC1 1,2호기, 상행 시 PC2 3, 4호기 격리 후 수동 재 기동 1회 발생함. - SPMD : PC 2 열차속도 5~6 km/h 출렁임, PC 1 2~3초 지연 계속 ⇨ SPMD 오류 조속히 조치 필요(유진 기공) - 운전실 진동 : PC2 (MB#6 상부)는 속도 210~230km/h대역에서, PC1 (MB#1 상부)는 속도 170~190km/h대역에서, TM1(MB#3 상부)은 속도 30~50km/h대역서 견인전동기 진동과 차체의 고주파 진동 공진현상이 점차 심해짐 ⇨ **차량 담당(로템)과 모터블럭 개발기관**은 모터장착 부 방진구조 등 **진동크기 확대에 대한 공동 원인조사 및 보완 대책 수립 필요**

시험일자	2006. 11. 16	시험번호	343	작 성 자	김 석 원
날 씨	맑음	기 온	4℃	주행거리	606km (157,736 km)
바 람	약함	출발 시간	09:32	입고시간	16:05
시험구간	오송→동대구→대전→ 동대구→오송		주행 최고속도		300 km/h
			주행선로		T1/T2

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 29명, 기장 포함)			
철도연	김석원 외 1 명	로템	한두진 외 4명
현대중공업	김성문	S-Tech	이승석 외 7명
유진기공	김규환	LS산전	박홍규
인터콘	권보성	시운전단	조병찬 외 4명
Voith	나경수 외 2명		

시험항목	- 모터블럭 안정화 시험	- 보조블럭 안정화 시험

특기사항	■ 주요 전장품 안정화 시험 및 동작 상태 - MB 동작상태 · MB #1 : 기지 출고시 컨버터 2군 과전류로로 격리 운행 · MB #5 : 통신 Fault로 차단 재기동 · MB #6 : 컨버터 출력 과전압으로 재기동 - 보조 블럭 : 출발시 대전북 연결선에서 PC1 1,2군 차단 연장급전 운전 마지막 동대구->오송 구간에서 정상 운행

시험일자	2006. 11. 21	시험번호	344	작 성 자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	9℃	주행거리	341km (158,077 km)
바 람	약함	출발 시간	09 : 50	입고시간	12 : 24
시험구간	오송→동대구→오송		주행 최고속도		300 km/h
			주행선로		T1/T2 경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 성 호	MWM	-	DAM2	김 영 국
제동	김 규 환	안전	김 영 국	휠-레일	김 영 국
주행	김 영 국	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 32명, 기장 포함)			
철도연	목 진 용 외 3 명	로템	송기동 과장 외 6명
Voith 한국	나경수 외 1명	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	정광영 외 1명
	-	시운전단	조광우 외 4명

시험항목	- 전장품 성능 안정화 시험 - 제동 기능개선 확인시험	- 모터블럭 안정화 시험 - 보조블럭 안정화 시험

특기사항	■ 주요 전장품 안정화 시험 및 동작 상태 - Motor Block 동작상태 · MB #1 : 기동상태 양호함. · MB #2 : 기동상태 양호함. · MB #5, 6 : Aux 블록 격리로 VCB개방 상태에서 저항제동 인가 시 격리되어 동작 중단, 수동 재 기동함 (각 1회). - 보조 블록 : · 하행 운행 중 52kV 인버터 #3, #4호기 동시 정지로 PC1 보조블럭 격리되어 재기동 불가로 연장급전 운행함. · 하/상행 중 PC2 3, 4호기 격리 후 자동 재 기동 4~5회 발생함. - SPMD : 프로그램 상 객차대차 차륜경 보정 후 PC 2 ATC 열차속도 마스콘의 제동 위치에서 5~6 km/h 출렁임 현상 해소됨. - OBCS/통신 : MB#1-MB#2 통신두절 현상 1회 발생함(약 1-2초간) - Tri-Pod 계측 : #9 대차의 트리포드 토크 계측신호 수신상태 양호함. - 운전실 진동/소음 : 견인전동기 동작시 차체(운전실) 진동현상 미해소됨. ⇨ **모터블럭 개발기관 + 차량개발기관(로템)** 은 모터-차체 방진구조 등 **보완대책 수립 필요**

시험일자	2006. 11. 22	시험번호	345	작성자	박찬경
날 씨	흐림	기 온	10℃	주행거리	570km (158,647km)
바 람		출발시간	09:26	입고시간	17:13
시험구간	오송→목포→오송		주행최고속도		270km/h
			주행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 성 호	MWM	-	DAM2	김 영 국
제동	김 규 환	안전	김 영 국	휠-레일	김 영 국
주행	김 영 국	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	박찬경 책임 외 3 명	로템	한두진 차장 외 6명
Voith	나경수	S-Tech	이승석 부장 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험항목	- ATS 신호 제동거리 시험 - Preset test(130km/h)	

특기사항	■ 시험 현황 - ATS 신호 제동거리 시험 : 제한속도 시작위치 조정 필요 · Y 신호 시 65Km/h 제한속도를 69km/h로 초과 시 비상제동 확인 · YY 신호 시 25Km/h 제한속도를 28km/h로 초과 시 비상제동 확인 - preset 시험 : 계속 수행 필요 · 초기 중립 후 preset 설정 시 122km/h에서 추진 시작 -> 제어 알고리즘 확인 필요 · 정상 작동 후 130km/h 목표 설정 시 128km/h에서 134km/h 사이 유지 -> 목표 설정 치와 Preset 제어 프로그램 입력치의 확인 필요 ■ 주요 구성품 동작상태 - 52kv 인버터 : 입력 과전류에 의해 2번 차단으로 보조블럭 차단 확인 -> 계측 후 분석 필요 - ATS : 절연구간 인식 불량 2회 발생 - SPMD : PC1 안정화 필요(늦은 현시 및 이상 현시) - 현대 M/B : 초기 T4 출발 시 Slip 현상에 대한 분석 필요

시험일자	2006. 11. 23	시험번호	346	작 성 자	김 석 원
날 씨	흐림	기 온	5℃	주행거리	607km (159,254 km)
바 람	약함	출발 시간	09:31	입고시간	16:24
시험구간	오송→동대구→대전→ 동대구→오송		주행 최고속도		300 km/h
			주행선로		T1/T2

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 성 호	MWM	-	DAM2	김 영 국
제동	김 규 환	안전	김 영 국	휠-레일	김 영 국
주행	황 희	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 26명, 기장 포함)			
철도연	김석원 외 3 명	로템	조현욱 외 4명
현대중공업	김성문	S-Tech	이승석 외 5명
유진기공	김규환	LS산전	박홍규
인터콘	권보성	시운전단	박상옥 외 3명
Voith	나경수		

시험항목	- 판토그라프 시험 (PC2) - Preset 시험	- 절연구간통과 시험

특기사항	■ 주요 전장품 안정화 시험 및 동작 상태 - MB 동작상태 : MB 1,2,5,6 - 보조 블럭 : 출발시 PC1 1군만 기동 ■ 주요시험 내용 - 판토그라프 시험 : PC2 · 상하행 모두 PC2 판토만 사용 - Preset 시험 · 170, 230, 270에 대하여 시행 · 170, 270의 경우 ±3km/h에서 제어됨 · 230의 경우 문제 있으며, 설정치 변경시 응답이 느림 - 절연구간 통과시험 · 견인으로 절연구간 진입 및 제동으로 통과 · 전류치 변화에 대한 육안 확인 - 마지막 대전역 진입시 ATS 지상 Y 신호를 YG로 인식 (1회)

시험일자	2006. 11. 27	시험번호	347	작성자	박찬경
날 씨	비	기 온	10℃	주행거리	217km (159,471km)
바 람		출발시간	23:45(26일)	입고시간	03:12
시험구간	오송→천안→신탄진→천안→신탄진→오송		주행최고속도		310km/h
			주행선로		T1/2

시험계측 참여 인원					
DAM1	손 광 수	MWM	-	DAM2	김 영 모
제동	김 규 환	안전	김 영 모	휠-레일	김 영 모
주행	김 영 모	집전	김 상 수	판토그라프	-
DAM31	김 상 수	DAM32	김 상 수		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	김기환 수석 외 4 명	로템	한두진 차장 외 4명
Voith	박 상 순	S-Tech	이승석 부장 외 3명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2 명	인터콘	권 보 성
	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험항목	- 가속성능 시험(310kph) - 제동거리 시험(300kph) - 활주제어장치 시험	- 트리포드 샤프트 절손 시험

특기사항	■ 시험 현황 - 가속성능 시험 : MB 슬립발생으로 실패 -> 차기 야간 시운전 시 재시도 - 제동거리 시험 : 우천으로 연기 -> 차기 야간 시운전 시험 시 재시도 - 활주제어장치 시험 : 시험 수행 -> 유진기공 결과 종합 보고(공정회의 시) - 트리포드샤프트 절손 시험 : 시험기 문제 발생으로 실패 -> 기존선 시운전 시험 시 재시도 ■ 주요 구성품 동작상태 - 52kv 인버터 1,2 : Aux 1,2에서 입력 과전류에 의해 2번 차단으로 보조블럭 차단 확인 -> 계측 후 분석 필요 - MB #2 : 빈번한 슬립발생 - ECU Dump Valve : #5번 대차 Dump Valve 다이아 프램 이상 발견 -> 차량 전체 점검 필요(설계 및 제작결함 유무 확인 후 공정회의 시 발표) - Aux Block : 출력과전류로 2회 재기동 -> 공정회의 시 개선 대책 발표

시험일자	2006. 11. 29	시험번호	348	작성자	박찬경
날 씨	흐림	기 온	5℃	주행거리	438km (159,909km)
바 람		출발시간	09:33	입고시간	17:06
시험구간	오송→송정리→오송		주행최고속도		270km/h
			주행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	최 성 훈	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 33명)			
철도연	박찬경 책임 외 4 명	로템	송기동 과장 외 7명
Voith	박 상 순	S-Tech	이승석 부장 외 8명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘/VT	정 광 영/김 주 범
샬롬	안태희 외 1명	시운전단	조광우 외 2명

시험항목	- Preset 예비시험	- 트리포드 샤프트 절손 시험

특기사항	■ 시험 현황 - 트리포드 절손 시험 : 저항제동 시 90kph 유지(10회 이상 실시) -> 실패, 내주 재시도 - Preset 예비 시험 : 초기기동 불안정 -> 보완 후 재시험 ■ 주요 구성품 동작상태 - 52kv 인버터 1,2 : PC2, Aux 1에서 입력 과전류에 의해 수회 차단 확인 -> 교체 후 공장 점검, 점검후 결과 공정회의시 발표 - PC2, SPMD : ATC 열차속도 이상 발생->SPMD CPU Board 불량-> 12/30한 보완 완료 및 계측 시험진행 요망 - MB #6 : Converter 출력과전류로 차단 1회 - PC2 통신 : VCB 개방 및 투입시 통신 이상 발생 -> 통신 노이즈 제거 요망

시험일자	2006. 11. 30	시험번호	349	작성자	박찬경
날 씨	비	기 온	5℃	주행거리	606km (160,515km)
바 람		출발시간	09:31	입고시간	15:45
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	최 성 훈	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 21명)			
철도연	박찬경 책임 외 3 명	로템	조현욱 대리 외 3명
Voith	박 상 순	S-Tech	이종배 차장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	손광수 외 1명

시험항목	- 안정화 시험 - Preset 예비 시험	- 트리포드 샤프트 절손 시험

특기사항
■ 시험 현황 - 트리포드 절손 시험 : 저항제동 시 90kph에서 MB#4 차단후 재투입 실시 -> 실패, 내주 재시도 - Preset 예비 시험 : 초기기동 불안정 -> 보완 후 재시험 ■ 주요 구성품 동작상태 - 52kv 인버터 1,2 : PC2, Aux 1에서 입력 과전류에 의해 수회 차단 -> 계측 후 분석 필요 - PC1-TM1간 Buffer : oil seal 파손에 의한 기능 불량 -> 내주 월요일까지 교체 - PC2, SPMD : ATC 열차속도 이상 발생->SPMD CPU Board 불량-> 12/30한 보완 완료 및 계측 시험진행 요망 - MB #2 : 재기동 1회 - TM5 변압기와 MB#4간의 신호 통신 : Oil Pump 및 Cooling Inverter 통신 관련 시간 조절 요망 -> 내주 시험 전까지 조치 완료 - MB #4 : GDU Fault로 차단 1회 - PC2 통신 : VCB 개방 및 투입시 통신 이상 발생 -> 통신 노이즈 제거 요망 - 기타 : 동력차-동력객차간 연결통로 안전장치 필요, 전방 유리창 청소

시험일자	2006. 12. 05	시험번호	350	작성자	문제홍
날 씨	흐림	기 온	6℃	주행거리	341km (160,856km)
바 람		출발시간	09:43	입고시간	13:50
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	황 희
주행	한 영 재	집전	한 영 재	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 20명)			
철도연	한영재 책임 외 1 명	로템	조현욱 대리 외 1명
Voith	-	S-Tech	이승석 부장 외 7명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	정 광 영
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- PWM 110% 견인운행(MB1,2) - Preset 예비 시험	- MB2 슬립/슬라이드 발생여부 확인 - 기지내 견인력 100%에서 활주 여부 확인

특기사항
■ 확인현황 - PWM 110% 견인운행(MB1,2) : 양호 - Preset 예비 시험 : 초기 불안정 후 정상 - MB2 슬립/슬라이드 발생여부 : 없음 - 기지내 견인력 100%에서 활주여부 확인 : 활주 없음 ■ 주요 구성품 동작상태 - BCU #8번 차단 운행 : 통신장애(5.5bar 현시) - PC2 SPMD 찬넬1,2,3번 불량 - MB2,1번 차단(2회) : 컨버터 입력과전류로 차단 - PC2 AUX2 컨버터 그룹2 차단 - 제동불완해 검지(2회) - PC2 AUX 차단/리셋트(컨버터 출력과전압) - MB4 전류치 500A이상 상승 안함 - MB5 차단 : 인버터 출력과전류 - PC2 AUX2 52KV INV 차단(수회) ※ 본 열차 경부고속선 서기 309km 지점 통과중 PC1 대차 #1번의 제동불완해로 인한 차륜과열 발생, 운행구간 단축(**고장보고서 제출**)

시험일자	2006. 12. 11	시험번호	351	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	6℃	주행거리	330km (161,186km)
바 람		출발시간	23:49(12/10)	입고시간	03:45
시험구간	오송→고덕→신탄진→오송		주행최고속도		330km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진 우	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	이 억 재	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 21명)			
철도연	김영국 책임 외 3 명	로템	조현욱 대리 외 3명
		S-Tech	이종배 차장 외 4명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환외 1명	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	박 상 옥 외 2명

시험항목	- 비상제동 (저항)시험(푸쉬버튼, 90km/h) - ATC 비상제동(180km/h, wet) - 가속성능시험(330km/h) - 상용제동(회생)시험(330km/h, PWM 100)	- 차상제어장치시험(320km/h) - 제동전이시험(회생->저항, 320/310km/h) - 상용제동(저항)시험(300km/h) - 차륜공정보정시험(wet, 출발시) - 차외 소음시험 - 연장 급전시험

특기사항	■ 시험현황 - 비상제동 (저항)시험(푸쉬버튼, 90km/h): 3회 실시 ・1, 2차 시도(MB #1, 2, 5, 6) -> #5, 6 자동재기동으로 실패 ・3차 시도(MB #1, 2, 3, 6) -> #6 OFF로 실패 - ATC 비상제동(180km/h, wet): 1회 실시 ・MB #1, 2, 3, 6 -> #6 OFF로 실패 - 가속성능시험(330km/h): MB #1, 2, 4, 5 -> 용정 사구간 통과시 약 0.5초간 VCB open: 실패 -> 330km/h까지 가속함. - 상용제동(회생)시험(330km/h, PWM 100) ・MB #1, 2, 5, 6 -> #5 과온으로 시험중단 -> 330km/h에서 180km/h까지 상용제동(회생) 수행 - 제동전이시험(회생->저항, 310km/h) ・MB #1, 2, 5, 6 -> #5, 6 OFF, 재기동 -> 310km/h, 회생에서 저항으로 변경 후 #5, 6 OFF -> 시험결과 확인후 시험 성공여부 판단 필요

특기사항	- 차륜공전보정시험(wet, 출발시), 입고후 기지에서 실시: 4회실시 · MB #1, 2, 3, 6 상태로 1회 시도 -> 슬립상태 양호 · MB #1, 2 상태로 3회 시도 -> 슬립상태 양호(1회), 89~110km/h까지 공전(2회) - 차외 소음시험 -> 328km/h에서 소음시험 - 연장 급전시험: 용정에서 평택까지 차량 운전에 이상 없었음. - 차상제어장치시험(320km/h), 제동전이시험(회생->저항, 320km/h), 상용제동(저항)시험(300km/h)은 로템 MB으로 인해 시험 불가 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #4 330km/h 제동시 차단: IGCT 소자 소손(4개) **(고장보고서 제출)** - MB #5 과온으로 차단 -> 확인후 문제 있을 시 고장보고서 제출 - MB2,1번 차단(2회) : 컨버터 입력과전류로 차단 - MB #4, 5, 6 저항제동시 OFF -> **원인과 대책 수립 후 공정회의(12월15일)에서 보고 요함.** - 차륜공정보정시험중 슬립발생시 "활주방지 고장신호" 현시 -> 올바로 동작한 것인지를 확인 후 다음 시험 전 보고(유진). - AUX2 off(수회) : 입력과전류 ■ 사전점검요청사항(공정회의) - 제동불완해 발생시 견인신호 작동확인: 확인하지 않았음. -> 다음 시험 전 보고(로템).

시험일자	2006. 12. 13	시험번호	352	작성자	김영국
날 씨	흐림	기 온	6℃	주행거리	343km (161,529km)
바 람		출발시간	09:32	입고시간	12:25
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 기 운	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	조 병 찬	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	김영국 책임 외 2 명	로템	한 두 진 차장 외 4명
	-	S-Tech	이승석 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	조병찬 외 2명

시험항목	- 동력차(PC2) 진동 및 소음시험 - 판토그라프 특성시험(PC2)	

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 2, 4, 5) ■ 사전점검요청사항(공정회의) - 제동불완해 발생시 견인신호 작동확인 -> 정상임. ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #4 차단/ 재기동: 통신 fault - PC1 AUX2 OFF 및 MB #4 OFF: IGCT 소자 소손 **(고장보고서 제출)** : **제동시** AUX2 OFF -> MB #4 OFF(351차 야간시운전과 동일한 상황에서 발생한 것으로 판단됨 -> **원인과 대책 수립 후 공정회의(12월15일)에서 보고 요함 (351차 야간 시운전의 원인과 대책 포함).** ■ 기타상황 - 현대/로템의 견인특성 비교시험 -> 방법 및 절차 등을 현대과 로템이 협의 후 시험안을 마련하여 공정회의(12월 15일)에서 설명. - 351차 시운전(야간)에서 발생했던 "활주방지 장치고장신호"의 발생에 대해 정리 후 공정회의(12월 15일)에서 설명.

시험일자	2006. 12. 14	시험번호	353	작성자	김영국
날 씨	흐림	기 온	6℃	주행거리	601km (162,130km)
바 람		출발시간	09:25	입고시간	15:50
시험구간	오송→동대구→대전→ 동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 기 운	MWM	-	DAM2	이 성 호
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	조 병 찬	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	김영국 책임 외 2 명	로템	조 현 욱 대리 외 3명
	-	S-Tech	이승석 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성외 1명
샬롬	-	시운전단	조병찬 외 3명

시험항목	- Preset 230 km/h예비시험 - 판토그라프 특성시험(PC1)	

특기사항	■ 확인현황 - MB #4 차단상태로 시운전 시작(MB # 1, 2, 6 또는 5) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #5 차단/ 재기동(2회) : 통신 fault 1회, 컨버터 출력 과전압 - MB #1, 2 자동 재기동(1회) : 컨버터 입력과전류 - PC2 AUX OFF/ 재기동(1회), 자동 재기동(1회) : 입력과전류 - PC1 통신불량 수차례 발생 ■ 기타상황 - 차량정보화면과 고장정보의 용어 통일 필요 -> **고정정보 데이터 표시방법의 수정 상항 및 적용시기에 대해 공정회의(12월15일)에서 보고 요함** - Preset이 적절하게 동작하지 않음 -> Preset 관련 로템 담당자는 관련부품 제작사(우진산전) 인원이 탑승하여 원인의 규명 필요

시험일자	2006. 12. 19	시험번호	354	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	-6℃(출고)	주행거리	613km (162,743km)
바 람		출발시간	09:30	입고시간	15:50
시험구간	오송→동대구→대전→ 동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 태 형	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	이 태 형	판토그라프	-
DAM31	이 태 형	DAM32	이 태 형		

탑 승 인 원 (총 19명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 1명	로템	조현욱 외 3명
	-	S-Tech	이승석 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	정광영
샬롬	-	시운전단	문제홍

시험항목	- 절연구간 통과시험 (MB1,2,5, PWM 50,55,60,70)	

특기사항
■ 출고상태 - MB : 모두 정상 - MB 1,2,5,6으로 출고 T4에서 MB6 차단하고 운행(시험 목적) ■ 시험 수행 결과 - 오송-동대구-대전-동대구 · MB #1, 2 : 사구간 진입예고 신호 우 200A로 부하 반감 · MB #5 : 부하 반감 없이 VCB 개방에서 부하 차단됨 - 동대구-오송 · MB #5 : S/W 수정 후 100A로 부하 반감됨 => MB #1,2 부하반감 시간이 MB #5 보다 일찍 이루어 짐 => 양 기관 협의 조정토록 함 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC2 AUX 차단 수동 재기동 1회 : 동대구-대전 구간 · 입력 과전류 - AUX 자동 재기동 · 하행시 발생 빈도가 높음 => 추후 상태 모니터링 및 정리 필요 - PC1 AUX2 52kV Inverter 차단 · 다음 시험시 AUX 1, 2 위치 교체하여 상태 확인토록 함.

시험일자	2006. 12. 20	시험번호	355	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	-2℃(출고)	주행거리	341km (163,084km)
바 람		출발시간	09:27	입고시간	13:14
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진 우	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	이 성 호	판토그라프	-
DAM31	이 성 호	DAM32	이 성 호		

탑 승 인 원 (총 22명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 4명	로템	조현욱 외 1명
	-	S-Tech	이승석 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	정광영
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험항목	- 절연구간 통과시험 (MB1,2,6, PWM 70, 80)	- 운전실 간이 소음 측정

특기사항
■ 출고상태 - MB : 모두 정상 ■ 시험 수행 결과 - 오송-동대구 · MB #6 : 부하 반감 없이 VCB 개방에서 부하 차단됨 => 재시험 필요 ■ 주요 구성품 동작상태 - BCU #7 : 활주방지고장 신호 현시 · T4 출발 진행중 활주방지고장 신호 현시 · 대전역 정차하여 Sensor 연결 부위 점검 후 현시 해소되어 출발 · 출발후 재현시로 인하여 세천역 정차하여 7번대차 차단하여 운행 => 원인 : 센서 이상으로 추정 되며, 금일 확인토록 함. => 고장보고서 제출 - BCU #1 : MB 정상상태에서 공기압 투입 (0.58bar)

시험일자	2006. 12. 21	시험번호	356	작성자	목진용
날 씨	맑음	기 온	-1℃(출고)	주행거리	606km (163,690km)
바 람		출발시간	09:27	입고시간	13:14
시험구간	오송→동대구→대전 동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진 우	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	이 성 호	판토그라프	-
DAM31	이 성 호	DAM32	이 성 호		

탑 승 인 원 (총 19명, 기장 2명 포함)			
철도연	목진용 외 4명	로템	조현욱 외 3명
	-	S-Tech	이승석 외 5명
현대중공업	-	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	-
샬롬	-	시운전단	

시험항목	- 절연구간 통과 시험 (MB#1,#2,#6, PWM 100%)	- Preset 기능 튜닝시험 (80, 170, 270 km/h)

특기사항	
	■ 출고 상태 - MB : 모두 정상 ■ 시험 수행 결과 - 시운전 시험 구간 : 오송-동대구-대전-동대구-오송 - 사구간 통과시험 · MB #6 : 사구간 예고지점서 부하반감, VCB 개방 시 차단 정상. · 특기사항 : MB #6은 사구간 통과>VCB 재투입 후 1-2초 후 출력 MB #1,2는 MB #6 출력시작 후 6-7초 후 출력 => 양 MB 개발기관이 협의하여 동작시점 동기화 필요성 검토 ■ 주요 구성품 동작상태 - BCU #7 : "활주 방지장치 고장" 신호 현시 · 활주 방지고장 신호가 현시되어 T4 도착하여 BCU #7 ECU 격리 후 시운전 운행을 계속 시행함. => #7 대차 전위 축 속도센서 이상으로 추정함. 기지입고 후 확인하고 조치 결과를 금요일 공정회의 시 보고할 것. => **고장보고서 제출**할 것 - MB #5 : 기지입고 중 통신 Fault로 MB #5 격리됨.

시험일자	2006. 12. 27	시험번호	357	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	6℃(입고)	주행거리	455km (164,145km)
바 람		출발시간	10:11	입고시간	14:08
시험구간	오송→천안아산→동대구 천안아산→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 19명, 기장 2명 포함)			
철도연	최성훈 외 1명	로템	송기동 외 3명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	정광영
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- 각 장치 안정화시험	

특기사항	■ 출고 상태 - MB : 모두 정상(MB#1,2,5번 가동, MB#3,4,6번 대기) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #5번 CON, U2상 게이트 고장으로 순간 차단/채 기동함 - PC2 AUX 입력과전류로 순간 차단/ 재 기동함(2회)

시험일자	2007. 01. 04	시험번호	358	작성자	박찬경
날 씨	맑음/흐림	기 온	5℃	주행거리	607km (164,752km)
바 람		출발시간	09:25	입고시간	15:48
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	최 성 훈	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	박찬경 책임 외 4 명	로템	조현욱 대리 외 6명
-	-	S-Tech	이승석 부장 외 7명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 건 우	인터콘	정 광 영
샬롬	-	시운전단	손 광 수

시험항목	- 시운전 예비 시험 - Preset 예비 시험	

특기사항	■ 시험 현황 - Preset 예비 시험 : 100% 견인시 재 시험 ■ 주요 구성품 동작상태 - 52kv 인버터 3 : 입력 과전류에 의해 수동 재기동 -> 계측 후 분석 필요 - AUX 2 : 입력 과전류에 의해 수동 재기동 -> 계측 후 분석 필요

시험일자	2007. 01. 09	시험번호	359	작성자	문제홍
날 씨	흐림	기 온	1℃	주행거리	607km (165,359km)
바 람		출발시간	09:53	입고시간	15:37
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진 우	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 진우
주행	김 진 우	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 20명)			
철도연	김상수 책임 외 1 명	로 템	조현욱 대리 외 3명
-	-	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- 절연구간 통과시험	

특기사항	■ 시험 현황 - 절연구간 통과시험 : 4회(현대 요청) ■ 주요 구성품 동작상태 - AUX 2 : 입력 과전류에 의한 수동 재기동(1회) - MB #5 : C/I 제어기간 통신불량으로 부하전류 지시계 500A 고정현시(CB 리셋트)/인버터 출력과전류로 일시 차단 수동 재기동으로 정상 복귀운행 - PC1,2 운전실 차량정보화면(MB1,2) 및 지원정보화면(BCU1,2) 통신불량 현시 후 절연구간 통과 후 소멸 정상 복귀 (PC1 MB3 오현시 고장기록 현시로 인한 MB2, MB3 MVB카드 상호 교환 취부 과정에서 커넥터 접촉불량 추정) - MB#6번 차단 : IGCT 제동쵸파 1개 소손(저항제동) - MB#1번 순간 자동 재기동 1회 발생 후 정상 복귀(노이즈 추정)

시험일자	2007. 01. 10	시험번호	360	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	4℃	주행거리	607km (165,966km)
바 람		출발시간	09:52	입고시간	15:37
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진 우	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 진우
주행	김 진 우	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	김상수 책임 외 1 명	로 템	조현욱 대리 외 3명
-	-	S-Tech	이승석 부장 외 7명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- 절연구간 통과시험(현대) - PC1 운전실 소음측정(로템)	

특기사항	■ 시험 현황 - 절연구간 통과시험 : 4회(현대요청) - PC1 운전실 소음측정 : 3회(로템요청) ■ 주요 구성품 동작상태 - AUX#2 : 입력 과전류(2회) 및 회생제동(1회)으로 차단/재기동 · 입력보호레벨 조정(1950A→2050A) 하여 동일구간 모니터링 예정 - PC1,2 운전실 차량정보화면(MB1,2) 및 지원정보화면(BCU1,2) 통신불량 · 신동연결선 통과 직전 "PC1 CCU 고장으로 인한 절체" 현시 후 소멸/정상 복귀(원인규명을 위한 모니터링 필요) - 증악터널내 운행중 전차선 이선에 의한 AUX2 순간 자동 재기동 · 1/11일 동일구간 재발생 여부 모니터링(PC1측 판타그래프 사용)

시험일자	2007. 01. 11	시험번호	361	작성자	문제홍
날 씨	맑음/흐림	기 온	3℃	주행거리	607km (166,573km)
바 람		출발시간	09:51	입고시간	15:36
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 진 우	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 진우
주행	김 진 우	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 18명)			
철도연	김상수 책임 외 1 명	로 템	조현욱 대리 외 2명
-	-	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험항목	- 절연구간 통과시험(현대) - PC1 운전실, TT2 소음측정(로템)	

특기사항	■ 시험 현황 - 절연구간 통과시험 : 4회(현대요청) - PC1 운전실, TT2 소음측정 : 4회(로템요청) ■ 주요 구성품 동작상태 - AUX#2 : 입력 과전류(1회) 및 입력과전압 차단(1회)/재기동 및 자동 재기동 3회발생 · 입력 보호레벨 추가 조정 모니터링 예정 - MB#5번 : 인버터 U상 게이트 폴트(2회) 및 컨버터 출력과전압(1회)으로 차단 - MB#6번 : 컨버터 출력과전압 발생으로 차단

시험일자	2007. 01. 16	시험번호	362	작성자	박 춘수
날 씨	맑음	기 온	5℃	주행거리	340km (166,913km)
바 람		출발시간	09:27	입고시간	13:10
시험구간	오송 ~~동대구~~ 오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	조 병 찬
주행	조 병 찬	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 30명)			
철도연	박춘수 외 2 명	로 템	조현욱 대리 외 6명
-	-	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 3	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	김정운 외 1명

시험항목		

특기사항
■ 시험 현황 ■ 주요 구성품 동작상태 - AUX#2 : 2회 차단 (입력 과전류, 출력과전류), 수동 재기동 · 입력 보호레벨 추가 조정 모니터링 중, 분석 후 조치예정 - MB#1번 : GDU Fault로 차단 1회, GDU 교체 후 정상 - MB#4번 : 비상제동시 컨버터 측 IGCT 입력과전류로 소손 -> 금일 중 교체 완료 예정 - MB#6번 : 가선 저전압 검지로 자동차단, 수동 재기동 1회 - BCU#2 : 속도시스널 오류로 활주방지고장 현시, 수동자단 후 운행 -> 금일 중 속도센서 수정후 조치예정 - BCU#6 : 별도 시험용 케이블 연결로 간헐적 활주방지고장 현시 -> 케이블 제거후 정상 - VCU 오류 : 운행 중 VCU 오류로 “화재검지” 현시, VCU 입력 저전압으로 오동작 -> 금주 공정회의에 전체적인 원인 및 조치계획 보고 ■ 명일 시험(트리포드 절손시험)을 위해 MB#4 의 IGCT 교체를 위해 조기 입고함(대전<->동대구 시험 취소) ■ 명일시험계획 : 기존선에서 트리포드 절손시험, 안티스키드시험

시험일자	2007. 01. 17	시험번호	363	작성자	박 춘수
날 씨	맑음(연무)	기 온	3℃	주행거리	569km (167,482km)
바 람		출발시간	09:31	입고시간	16:53
시험구간	오송→목포→오송		주행최고속도		240km/h
			주행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	조 병 찬
주행	조 병 찬	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	박춘수 외 2 명	로 템	조현욱 대리 외 3명
-	-	S-Tech	이승석 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2	인터콘	권 보 성
샬롬	-	시운전단	김정운 외 1명

시험항목	- 활주방지 기능시험 (공기제동) - 트리포드 작용력 시험 (MB #4)	

특기사항
■ 시험 현황 - 활주방지 기능시험 (공기제동) · 150km/h -> 0 km/h 까지 비상제동시험 (건조 및 젖은 상태 총 3회) · 시험은 정상적으로 완료함. · 시험결과는 금주 공정회의시 개략보고, 다음주 공정회의시 상세결과 보고(향후 추진계획 포함) - 트리포드 작용력 시험 (MB #4) · 100km/h -> 30 km/h 까지 상용제동 100% 2회, 비상제동 3회 실시 · 시험은 정상적으로 완료함 · 견인력 계측결과를 분석한 후 향후 계획 검토 필요 ■ 주요 구성품 동작상태 - AUX#1,2 : 저전압 입력으로 2회 차단, 자동 재기동 - MB#1, 2번 : 저전압 입력으로 차단 자동 재기동 => 금주 공정회의시 구체적인 원인파악을 위한 시험계획 협의 필요 - MB#4, 5, 6번 : 정상 동작 (트리포드 작용력 시험시 MB#4 동작, 그 외 MB#5,6으로 운행함) - SPMD : 오동작으로 리셋 후 운행 ■ 명일시험계획 : MB#1,2 슬립시험

시험일자	2007. 1. 23	시험번호	364	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	-3℃(출고)	주행거리	613km (168,095km)
바 람		출발시간	09:31	입고시간	15:48
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	류 기 윤	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	김 영 모	판토그라프	-
DAM31	김 영 모	DAM32	김 영 모		

탑 승 인 원 (총 23명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 2명	로템	조현욱 외 3명
	-	S-Tech	이승석 외 7명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	정광영
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 1명

시험항목	- 절연구간 통과시험 (MB1,2,5,6, PWM 90)	- Slip 시험 (살수)

특기사항
■ 출고상태 - MB : 1,2,5,6 기동 (3 Stand-by, 4 차단) - PC1(남쪽) 판토만 사용하여 운행 ■ 시험 수행 결과 - 오송-동대구 · Slip 시험(살수) : Slip 발생하지 않음 ⇒ 살수 호스 조정하여 1/24 재시험 예정 · 속도 튀는 현상 발생 : 150~170km/h 대역, 운전 모드와 무관 · 절연구간 통과 시험 : MB 1,2 정상, MB 5,6 부하반감 빠름 - 오송-대전 · 절연구간 통과 시험 : 동일 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC2 AUX 차단 재기동 : 입력 과부하, 상행에서만 발생 (총 7회) ⇒ 1/25 시험시 트레이스 데이터 취득 예정, 공정회의시 결과 보고 - AUX 차단 후 MB 5 차단 재기동 발생 · 마지막 입고시 MB 5 제동 쵸퍼 IGCT 고장 · MB 5 차단시 운전실 현시는 정상상태로 현시 (견인/제동시 ±700A, 중립시 0A)

시험일자	2007. 1. 24	시험번호	365	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	-3℃(출고)	주행거리	570km (168,665km)
바 람		출발시간	09:31	입고시간	16:50
시험구간	오송→목포→오송		주행최고속도		260km/h
			주행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	류 기 윤	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	김 영 모	판토그라프	-
DAM31	김 영 모	DAM32	김 영 모		

탑 승 인 원 (총 25명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 5명	로템	조현욱 외 2명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
샬롬	-	시운전단	류기훈 외 2명

시험항목	- Slip 시험 (살수)	- 비상회생제동시험

특기사항	■ 출고상태 - MB : 모두 정상상태로 출고 - PC2 (북쪽) 판토만 사용하여 운행 ■ 시험 수행 결과 - 오송-목포 · Slip 시험(살수) : Slip 발생 미미함 (MB1 1회, MB2 3회) ⇒ 비눗물 보충하여 1/25 재시험 예정 · 속도 튀는 현상 없음 : 전일 조정 완료함 · 비상회생제동시험 : 3회 수행 (150km/h→0) (KP98.2, 108.4, 154 위치) - 목포-오송 · 트리포드 토크 측정 : MB4 차단으로 수행하지 못함 ⇒ 추후 시험 필요

특기사항	■ 주요 구성품 동작상태 - SCU 통신 불량 · 하행시 PC1(MB1,2 BCU1,2) 통신 불량 지속됨 · SCU-VCU간 통신 불량으로 절체됨 ⇒ 고장 보고서 제출 요청 - 판토그라프 · 상행시 비상 판토(PC2) 사용 : 가선 불균형 계속 발생 → AUX 차단됨. ⇒ 정상 판토로 변경하여 운행 - PC2 AUX 차단 재기동 : 가선불균형으로 차단 재기동 발생 ⇒ 1/25 PC2 판토 사용하여 시험 후 판토그라프 영향 여부 등을 종합적으로 검토하여 보고서 제출토록 요청 - Motor Block · MB4 IGCT 고장 : 인버터 U, X상, 쵸퍼 (총 3개) 견인 PWM 20% 정도에서 발생 · MB5 IGCT 고장 : 컨버터 U, X상, 쵸퍼 (총 3개) 타행운전 과정에서 발생

시험일자	2007. 1. 25	시험번호	366	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	-7℃(출고)	주행거리	605km (169,270km)
바 람		출발시간	09:34	입고시간	15:49
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	이 성 호	판토그라프	이 성 호
DAM31	이 성 호	DAM32	이 성 호		

탑 승 인 원 (총 26명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 5명	로템	조현욱 외 3명
	-	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
샬롬	-	시운전단	유기훈 외 2명

시험항목	- Slip 시험 (살수) - PWM 95% 시험	- 운전실 소음/진동 측정

특기사항	
	■ 출고상태 - PC2 (북쪽) 판토만 사용하여 운행 ■ 시험 수행 결과 - Slip 시험(살수) · 오송-동대구 : 살수 호스관에서 물이 얼어서 시험 실시 못함 · 대전-동대구 : Slip 발생하지 않음 ⇒ 시험 방법 및 일정 재조정 필요 - PWM 95% 시험 · 동대구-대전 구간 : MB 및 AUX 차단 현상 발생 · 대전-동대구 구간 : 정상적으로 시험 수행 ⇒ PC 2 운전실 방향에서는 문제 있음 - 운전실 소음/진동 측정 · 오송-동대구 구간에서 후부 차량(PC 2) 운전실 측정 · 동대구-오송 구간에서 PC1 운전실 측정하지 못함 ⇒ 추후 시험 필요 (1/30 예정)

특기사항	■ 주요 구성품 동작상태 - Motor Block · MB1 : Noise로 인한 자동 재기동 및 차단 발생(오송-동대구) → 오송-동대구 구간에서 차단하고 MB3 기동 운행함 → SCU 측정을 위한 컨넥터 케이블 설치를 제거 후 문제 없음 · MB2 : 자동 재기동 5회 발생 (오송-동대구 1회, 동대구-대전 4회) → 가선 불안한 것으로 추정되며 이에 대한 추가 모니터링 수행 · MB5 : 차단으로 수동 재기동 3회 (동대구-대전) → 1/23 시험과 동일 현상임 · MB6 : 자동 재기동 3회 (동대구-대전) → 1/23 시험과 동일 현상임 ⇒ PC2 운전실로 운행시 5,6번 동시 기동시 PWM 90% 이상에서 차단 현상 발생 ⇒ MB5,6 차단으로 AUX 차단되고, MB6은 자동 재기동 되나, MB5는 자동 재기동 하지 못함. ⇒ 동대구-오송 구간 운행시 PWM 80% 운행하여 이상 없음 확인 ⇒ 시험결과 정리하여 1/26 회의시 보고서 제출 요청 - AUX · 상행시 차단 발생 : MB 참조 - 판토그라프 · PC2 판토 사용 운행하였으나, 특이 사항은 없는 것으로 판단 ⇒ 1/26 판토그라프 점검하고, 결과서 제출 요청

시험일자	2007. 01. 30	시험번호	367	작성자	김영국
날 씨	눈, 비	기 온	-4 ℃	주행거리	607km (169,877km)
바 람		출발시간	09:35	입고시간	16:15
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	박 상 섭	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 29명)			
철도연	김 영 국 책임 외 5 명	로템	조 현 욱대리 외 6명
	-	S-Tech	이 승 석 부장 외 7명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명		
인터콘	권 보 성	시운전단	문 제 홍 외 3명

시험항목	- 동력차(PC1) 진동 및 소음시험 - 슬립/슬라이드시험 - BBCU 예비시험	

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 2, 5, 6) - MB #4 : 정상 가동 불가(긴급한 경우만 사용할 수 있음) ■ 사전점검요청사항(공정회의) - #3, 8 제동실린더 캘리퍼 고정 : 완료확인(기장) - 판토그래프 정적압상력 확인 : 정상 - 슬립/슬라이드 시험을 위한 준비 상태 : 정상 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB1, 2, 3 및 PC1 AUX 차단 동시차단(4회 발생) ->변압기 오일펌프1, 2 차단에 의한 현상으로 추정되나, 고장정보에 변압기 오일펌프1만 차단된 것으로 확인 (이것만으로 AUX 차단 조건이 않됨)되었기 때문에 로템(차량, AUX, OBCS)와 현대중공업(M/B, 변압기 오일펌프 신호)에서 종합적으로 원인 규명**(고장보고서 제출)** - 52kV 인버터 고장에도 불구하고 AUX 차단되지 않았으며, 고장정보에 디스플레이되지 않았음. -> S/W 수정에 따른 원인으로 추정되며, **금일 S/W 수정 후 현상확인 명일(1월 31일) 기장회의에서 설명하고 운전하면서 상태확인후 보고서 제출**

특기사항	- PC2 AUX2 차단 재기동/ 수동 재기동 - MB #5 OFF: IGCT 소자 이상(제동초파 1개) **(고장보고서 제출)** - MB #1,3 차단 수동/ 자동 재기동(동대구->오송)되었으나, MB #1,2 기동시는 차단되지 않음 -> MB #1,3 기동시 차단되는 원인 규명 필요 -> **원인파악 후 공정회의(2월2일)에서 보고서 제출 및 설명 요함.** - BBCU 예비시험(M/B3, 6) 결과 **공정회의(2월2일)에서** 보고 - MB #1, 3 차단시 MB #3 차단시 정보에 디스플레이되지 않았음 -> 고장정보 확인 후 **명일(1월 31일) 기장회의에서 설명(OBCS)** ■ 기타상황 - AUX 연장급전 과정중에 VCB가 투입되면 양쪽 동력차의 AUX가 동시에 기동되어 전기적인 문제를 야기시킴 -> 차량에서 시이퀀스상의 회로 보완 필요(보완되기전까지 AUX차단시 VCB 차단상태에서 reset 및 연정급전 실시). * M/B도 VCB 차단상태에서 reset 및 재기동

시험일자	2007. 01. 31	시험번호	368	작성자	김영국
날 씨	눈, 비	기 온	-7 ℃	주행거리	340km (170,217km)
바 람		출발시간	09:42	입고시간	12:43
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2 명	로템	조 현 욱 대리 외 4명
	-	S-Tech	이 승 석 부장 외 7명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2명	인터콘	권 보 성
		시운전단	김 정 훈 외 1명

시험항목	- BBCU 예비시험	

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 2, 5, 6) - MB #4 : 정상 가동 불가(긴급한 경우만 사용할 수 있음) ■ 사전점검요청사항(전일 요구상항) - AUX S/W 수정 및 점검 결과 설명 - MB1, 2, 3 및 PC1 AUX 차단 동시차단 원인 설명 : 근본 원인 파악되지 않았음. 계속적으로 현상 모니터링 ■ 주요 구성품 동작상태 - 1/30 발생했던 MB1, 2, 3 및 PC1 AUX 차단 동시차단 현상 발생하지 않음. - 52kV 인버터 고장에도 불구하고 AUX 차단되지 않았음. -> S/W 수정에 따른 원인 해소된 것으로 판단됨. - PC2 AUX2 차단 재기동/ 수동 재기동 : 출력 과전류 - MB #6 OFF: IGCT 소자 이상(제동초파 1개) **(고장보고서 제출)**

특기사항	- MB #1 슬립 제어상태 유지 및 Ventilation fan 이상으로 완전차단. **(원인 및 고장보고서 제출)** - MB #2, 3 입버터 입력과전류에 의한 차단 및 재기동 - 정상 판토상태에서 "증약터널 북단" VP fail(집전불량)발생 -> 명일(2월1일) 확인 및 화상녹화, 원인규명 필요 ■ 기타상황 - MB 상태 악화(MB #1, 6: 완전차단, MB #4: 정상가동 불가, MB #2, 3: 차단 및 재기동)에 따라 열차 오송기지로 조기 입고 - 2월 4일 야간시운전을 위해 로템 및 현대중공업에서는 MB의 상태를 파악하여 **공정회의(2월2일)에서** 보고.

시험일자	2007. 02. 01	시험번호	369	작성자	김영국
날 씨	흐림	기 온	-11 ℃	주행거리	608km (170,824km)
바 람		출발시간	09:32	입고시간	16:17
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	김 영 국 책임 외 3 명	로템	조 현 욱 대리 외 4명
	-	S-Tech	이 승 석 부장 외 7명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 2명

시험항목	- BBCU 예비시험	

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 2, 5, 6) - MB #4 : 정상 가동 불가(긴급한 경우만 사용할 수 있음) ■ 사전점검요청사항(전일 요구상항) - MB1, 2, 3 및 PC1 AUX 차단 동시차단 원인 설명 : 근본 원인 파악되지 않았음. 계속적으로 현상 모니터링 ■ 주요 구성품 동작상태 - 1/30 발생했던 MB1, 2, 3 및 PC1 AUX 차단 동시차단 현상 발생하지 않음. - AUX 차단 재기동/ 수동 재기동 : 출력 과전류 - 기지 입고시 가선변경상태에서 오송 AUX 차단조건(냉각팬 불 작동, 52kV 인버터 #3,4 차단)에도 불구하고 AUX 작동상태로 입고 **(고장보고서 제출)** - MB #6 OFF: IGCT 소자 이상(제동초파 1개) **(고장보고서 제출)** - MB #1, 5 GDU(게이트 드라이브 유닛) fault에 의한 차단 및 재기동 - 정상 판토상태에서 "증약터널 북단(하행)" 2회 통과중 1회 VP fail(집전불량)발생 -> 계속적인 감시 및 원인규명 필요 - TM5 MTR/AUX cooling inverter 고장 -> 2/2일 점검 및 조치 예정

시험일자	2007. 02. 05	시험번호	370	작성자	문제홍
날 씨	맑음/흐림	기 온	0 ℃	주행거리	186km (171,010km)
바 람		출발시간	00:00	입고시간	02:20
시험구간	오송→천안아산→신탄진 →천안아산→오송		주행최고속도		330km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 21명)			
철도연	한영재 외 2 명	로템	조 현 욱 외 3명
	-	S-Tech	이 승 석 외 4명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2명	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 4명

시험항목		
	- 가속성능시험(0→330kph)	4MB PWM 100% dry (완료)
	- 제동시험	
	· 90kph→0kph 비상제동(회생)	4MB 푸시버튼 dry (완료)
	· 330kph→0kph 상용제동(회생)	4MB PWM 100% dry (완료)
	· 250kph→0kph 비상제동(저항)	4MB 푸시버튼 wet (완료)

특기사항
■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 2, 4, 5) - 운행중 MB #4 IGCT 소손(2개)으로 MB # 1, 2, 3, 5번으로 전환 ■ 사전점검 요청사항 - MB1, 2, 3번 가동시 PC1 AUX 차단 조치 ■ 주요 구성품 동작상태 - 활주방지고장 현시 : T4 출발전 4호차 #6번 대차 활주방지고장 현시로 #6번 대차 CB 차단운행중 천안아산역 부근에서 원상복귀 - 지원정보화면 Down(흰색) : T4→천안아산역간 운행중 갑자기 PC2 지원정보 화면이 Down되어 CB 리셋트 후 재부팅함. - PC2 AUX 차단 : PC2 AUX 입력과잔류로 차단(VCB 차단)되면서 저항제동 될 때 MB#4번 소자 소손(IGCT 2개) - MB#5번 : 신탄진 IEC에서 천안아산역간 운행중 330kph 가속성능 시험후 320kph에서 제동전이시험(회생→저항)중 출력과전압(DCOV)으로 MB#5번이 차단되고 MB#1,2 상부 격자저항 불꽃과 함께 연기 발생되어 저항제동 해제 시험중단[(정차상태에서 나머지 시험 진행여부 대책회의/320kph ATC시험, 300kph 저항제동시험, 300kph→0kph 비상제동(저항제동) 생략결정] ※ MB#1,2 격자저항기 상태 점검결과에 따라 저항제동 사용불가시 "공기제동패턴 변경" 등 화요일 주간 시험계획 및 대책협의 예정(OBM 주관)

시험일자	2007. 02. 06	시험번호	371	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	13℃	주행거리	607.8km (171,616.1km)
바 람		출발시간	09:43	입고시간	15:45
시험구간	오송→동대구→대전→ 동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	한영재 외 1 명	로템	조 현 욱 외 4명
	-	S-Tech	이 승 석 외 8명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 3명

시험항목	- 슬립/슬라이드시험 - PC1,2 운전실 소음측정	

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 3, 5, 6) · PWM 100%(3회), PWM 100%→85%(1회) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB3 차단 : 노이즈성 통신불량(4회) - MB5 차단 : 컨버터 입력과전압/수동재기동(5회) 컨버터 입력과전류/수동재기동(1회) - MB6 차단 : 컨버터 출력과전류/자동재기동(8회) - PC2 AUX2 : 입력과전류/자동재기동(6회) 출력과전류/수동재기동(2회) ※ 모터블럭(MB5,6) 차단과 동시 PC2 AUX2가 차단되는 현상이 수회 발생(조기 안정화 요구됨) - PC1 AUX1 : 자동재기동(1회)

시험일자	2007. 02. 07	시험번호	372	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	12℃	주행거리	608km (172,227km)
바 람		출발시간	09:42	입고시간	15:37
시험구간	오송→동대구→대전→ 동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	한영재 외 1 명	로템	조 현 욱 외 6명
	-	S-Tech	이 승 석 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 2명

시험항목	- 운전실 소음측정(로템주관) (TT2, TT3, PC1동력실, PC1운전실)	

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 3, 5, 6) · PWM 95%(3회), PWM 85%(1회) ■ 주요 구성품 동작상태 - 통신불량 : 판토, MB1, BCU1,2, Master/Slave 절체(MVB, WTB 문제 추정) : 2/8일 원인추적(Analyzer 분석) - 전차선 이선 : 증약터널 부근(PC1,2 AUX, MB1,2,3,4, 동시 차단) - PC1 AUX1 차단 : 인버터 3, 4번 동시 차단 영향 - PC1 AUX2 52KVA INV3 차단(2회) - MB5 차단 : 인버터 V상 게이트 고장/컨버터 입력과전류 - MB6 차단 : 컨버터 출력과전압

시험일자	2007. 02. 08	시험번호	373	작성자	문제홍
날 씨	맑음/흐림	기 온	12℃	주행거리	606 km (172,833km)
바 람		출발시간	09:42	입고시간	16:05
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 30명)			
철도연	한영재 외 1 명	로템	조 현 욱 외 9명
	-	S-Tech	이 승 석 외 4명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	권 보 성 외 1명
기 타	오 용 석 외 2명	시운전단	문 제 홍 외 3명

시험항목	- 운전실 소음측정(로템주관) (PC1,2 운전실) - 슬립/슬라이드시험(현대주관)	- GPS 선로위치 확인(철도연 주관)

특기사항	■ 확인현황 - 차량 정상 상태에서 시운전 시작(MB # 1, 3, 5, 6), PWM 95% ■ 주요 구성품 동작상태 - 통신불량 : 판토, MB1, BCU1,2, Master/Slave 절체(MVB, WTB 문제 추정) : Analyzer 분석결과 통신은 정상임(데이터 분석결과 Heart bit check 문제임. S/W Downlood 추후 모니터링 예정) - MB1 차단 : 컨버터 입력과전류/컨버터 휴즈 용손/IGBT 소손(3개) **(고장보고서 제출)** - MB3 차단 : K2-FT 3회 자동 재기동(콘텍타 투입불량) - MB5 차단 : 인버터 게이트 고장

시험일자	2007. 02. 22	시험번호	374	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	-2 ℃	주행거리	570km (173,404km)
바 람		출발시간	09:32	입고시간	16:17
시험구간	오송→목포→오송		주행최고속도		240km/h
			주행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2 명	로템	조 현 욱 대리 외 5명
다현 CNI	정 현 진	S-Tech	이 승 석 부장 외 8명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	정 광 영
코아오토메션	전 용 호	시운전단	조 병 찬 차장 외 3명

시험항목	- 가선 전압 측정	

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB # 2, 3, 5, 6) - MB #4 : 정상 가동 불가(긴급한 경우만 사용할 수 있음) - 비상 판토 ■ 전주 공정회의 확인요청사항 - 후부 운전실 비상버튼 기능정상화 및 현시 확인 - MB 2 격자저항 소손관련 교체작업 완료 - OBCS 고장현시장치 신품교체작업 완료 - ECU 전수시험 후 장착작업 완료 ■ 주요 구성품 동작상태 - 출발직전 MB 차단 : Drive unit gate fault -> Drive unit 교체(송정리), 송정리-오송 정상 운행 - ECU 고장정보 오류발생 : ECU 통신프로그램 교체에 따른 데이터 송신에러 발생 -> 활주방지고장 신호 현시에 따른 살사시험 불가 (공정회의 2/23일 보고: 현상, 발생원인, 대책, 작업과정 등) - 고장현시장치의 터치스크린 작동불가, 고장정보 비정상 기록 등 이상 현상 발생(공정회의 2/23일 보고: 현상, 발생원인, 대책 등) - 비상 판토상태에서 1회 VP fail발생 -> 측정된 가선 전압을 토대로 원인 분석 후 다음 주에 가선 전압측정이 완료된 후 가선이선에 대해 종합적으로 보고 (로뎀 차량)

시험일자	2007. 2. 27	시험번호	375	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	0℃(출고)	주행거리	611km (174,015km)
바 람		출발시간	09:26	입고시간	15:43
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	류 기 윤	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	은 종 필	판토그라프	은 종 필
DAM31	은 종 필	DAM32	은 종 필		

탑 승 인 원 (총 30명, 기장 3명 포함)			
철도연	김석원 외 2명	로템	조현욱 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 7명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 3명	인터콘	정광영
샬롬	-	시운전단	류기윤 외 1명

시험항목	- 가선전압확인시험 (비상판토 사용)	- GPS 위치 확인 - PWM 95, 100% 시험

특기사항
■ 출고상태 - MB : 1,2,3,5,6 (4번 차단) - 비상판토 사용하여 운행 ■ 시험 수행 결과 - GPS 위치 확인 : 완료 - 가선전압 확인시험 : 비상 판토로 운행 ⇒ 완료 - PWM 95% : 오송→동대구→대전 - PWM 100% : 대전→동대구→오송 ⇒ Aux 차단 발생되나, MB는 문제 없음 ⇒ 향후 100% 운행 가능

특기사항	■ 주요 구성품 동작상태 - 제동불완해 발생 · 오송→동대구 구간, BCU#8에서 발생 · 강제제동완해 버튼 취급하였으나 작동하지 않음 ⇒ 버튼 작동 조건에 대한 설명 요청 (2/28 시험전) · CB로 ECU 차단하였으나 완해되지 않음 · 영동터널에서 정차하여 8번대차 제동 차단하여 운행 ⇒ 상용제동 경우 CB 차단하면 완해가 되도록 설정되어 있으나 차단되지 않은 것으로 미루어 비상제동이 인가된 것으로 추정 → 비상제동 라인 확인 점검토록 함. ⇒ CB 차단되면 제동이 체결되는 것이 원칙이나 제동불완해 현상 대처를 위하여 S/W 수정한 상태임 → 초기 설계 사양으로 변경토록 요청함 ⇒ 고장 보고서 제출 요청 - MB1, 2 · 대전→동대구 구간 · 대전 출발시 견인시 MB2 제동 인가 ⇒ 재기동하여 해소됨 · MB1, 2 견인/제동 신호 미검지 → 대전남 연결선 및 대구 북 연결선에서 발생 → 재기동 후 복귀됨 ⇒ 고장 보고서 제출 요청 - PC2 AUX · 차단 재기동 및 연장급전 → 입력 과전류 → AUX 보완하여 제한치 조정 중으로 2/28 시험시 조정 후 시험 예정 - OBCS · PC1 통신 불량 : 오송→동대구 구간 · CCU, VCU 등 대다수 통신불량 : 동대구→대전 구간 → 대전에서 TT4 Rack 교체하여 해소됨. → 계속적인 확인 필요

시험일자	2007. 2. 28	시험번호	376	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	1℃(출고)	주행거리	607km (174,622km)
바 람		출발시간	10:10	입고시간	15:45
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	류 기 윤	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	은 종 필	판토그라프	은 종 필
DAM31	은 종 필	DAM32	은 종 필		

탑 승 인 원 (총 29명, 기장 3명 포함)			
철도연	김석원 외 3명	로템	조현욱 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문 외 1명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	정광영
샬롬	-	시운전단	류기윤 외 1명

시험항목	- 가선전압확인시험 (비상판토 사용)	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1,2,3,5,6 (4번 차단) - 비상판토 사용하여 운행 - 강제제동완해 과녈ㄴ S/W 수정으로 출고 지연 → 비상제동 상태에서 강제제동완해 되지 않도록 S/W 수정 → S/W 수정하여 상태 확인 후 출발 ■ 시험 수행 결과 - 가선전압 확인시험 : 비상 판토로 운행 ⇒ 완료 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC2 AUX · 차단 재기동 및 연장급전 → 입력 과전류 → AUX 보완 필요함

특기사항	- MB 5 · 동대구→대전 구간 · 인버터 V상 Gate 전원 이상으로 차단 → MB1,2,6으로 운행 → 대전 출발전 조치하여 정상 복귀함 - MB 1,2,3 · 대전→동대구 구간 · 출발시 MB2 견인력 미인출 되어 차단하여 3번으로 변경 · MB1 U1상 GDU 고장 발생으로 차단 → MB 2 기동하여 운행 → 동대구 도착하여 MB1 GDU 수정 - OBCS · PC1 통신 불량 : 지속적으로 발생

시험일자	2007. 3. 6	시험번호	377	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	-6℃(출고)	주행거리	607km (175,229km)
바 람		출발시간	9:52	입고시간	15:45
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	손 광 수	판토그라프	손 광 수
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 32명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 외 2명	로템	김연풍 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문 외 1명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	전성준
샬롬	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험항목	- Preset Speed 시험	

특기사항	
	■ 출고상태 - MB : 1,2,4,5,6 (3번 통신불량으로 차단) ■ 시험 수행 결과 - Preset Speed 시험 : 구간별 속도시험 실시 ⇒ 일부 항목 완료 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC2 AUX · 차단 재기동 및 연장급전 → 전원 차단후 수동 재기동 - MB 6 · 동대구→대전 구간 · 인버터 V상 IGCT 2개 소손 → MB1,2,5번으로 운행/기지 입고 → 금일중 교체 예정 - OBCS · MB1, 2와 통신 불량

시험일자	2007. 3. 7	시험번호	378	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	-6℃(출고)	주행거리	607km (175,836km)
바 람		출발시간	9:36	입고시간	16:26
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	손 광 수	판토그라프	손 광 수
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 36명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 외 2명	로템	김연풍 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문 외 1명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	전성준
시승	철도공사 부사장 등 9명	시운전단	문제홍 외 2명

시승행사	- 국회 건교위 전문위원등 시승	

특기사항
■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 통신불량, 4번 스노버 저항고장으로 차단) ■ 주요 구성품 동작상태 - PC2 AUX · 장치 안정화를 위한 "시험보드" 탑재로 고장발생하였으나, "정보드"로 교체후 정상 작동 - MB 6 · 동대구→대전 구간 · 인버터 X, U상 IGCT 2개 소손 → MB1,2,5번으로 운행함. → 금일중 교체 예정 - OBCS · MB1, 2와 통신 불량 · MB3의 제어기 가동기 "기계적 고장"(트리포드 절손)을 현시. → 금일중 원인 파악예정(MB3에 MB4의 제어기 취부로 인한 호환성 문제인지 확인) ■ 특이사항 - MB 4 : 저항 설치로 정상화 예정 - MB 3 : 통신 보드내 연결부위(TCU통신 코넥터) 불량으로 오동작하였음을 확인함, 금일중 조치예정

시험일자	2007. 3. 8	시험번호	379	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	-2℃(출고)	주행거리	606km (176,442km)
바 람		출발시간	9:36	입고시간	15:45
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	손 광 수	판토그라프	손 광 수
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 32명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 외 2명	로템	김연풍 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문 외 1명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	전성준
시승	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험	- 설정속도시험	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 3, 4, 5, 6 정상 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB, AUX 등 주요장치 정상 동작함 - OBCS · 일부 고장현황 현시 미비(PC1, 고장기록) ■ 특이사항

시험일자	2007. 3. 13	시험번호	380	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	10℃(입고)	주행거리	607.8km (177,049.8km)
바 람		출발시간	10:36	입고시간	16:05
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 섭	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 2명 포함)			
철도연	최성훈 외 1명	로템	김연충 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문 외 명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 2명	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	문제홍 외 2명

시험	- 디스크&패드온도시험	유진기공 주관
	- Preset 제어튜닝시험(300kph)	개선반 주관
	- PC1 AUX#1,2군 동시기동시험	(주)로템 주관

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 3, 5, 6 정상(4번 제어기만 투입) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB4번 트리포드 불균형 검지/기계적고장 오현시(통신불량) : MB4번 제어기 차단으로 정상 - MB1,2번 컨버터 입력과전류로 동시 자동 재기동(5회) - PC1,2 운전실 차량정보모니터 화면 가선전압이 안 떨어짐(24KV)과 PWM값(%), 제동값(%) 현시 안됨 : AIO보드 재 취부로 정상 - MB5번 차단 : IGCT 소손(인버터 Y상 1개) - MB3번 견인시 부하전류가 거꾸로 먹음(수동차단) - MB6번 컨버터출력과전압으로 자동 재기동(1회) - PC2 AUX ACOC로 차단(연장급전) - MB1번 챠징폴트 발생으로 차단/PC1 AUX #1,2군 자동재기동(저전압) - MB2,3번 컨버터입력과전류로 자동 재기동(1회) ■ 특이사항

시험일자	2007. 3. 14	시험번호	381	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	12℃(입고)	주행거리	570.2km (177,620km)
바 람		출발시간	09:52	입고시간	16:21
시험구간	오송→목포		주행최고속도		160km/h
			행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 섭	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 28명, 기장 2명 포함)			
철도연	최성훈 외 1명	로템	한두진 외 6명
	-	S-Tech	이승석 외 6명
현대중공업	김성문 외 명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 2명	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험	- 살수시험(wet, dry 각2회)	유진기공 주관
	- Preset 제어튜닝시험(80kph)	개선반 주관
	- PC1 AUX#1,2군 동시기동시험	(주)로템 주관

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 3, 4, 5, 6 정상 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB2번 견인시 부하전류가 거꾸로 먹음(수동차단) - PC1 AUX2 자동 재기동 - MB1,2 외부격리 신호에 의한 차단 및 컨버터 입력 과전류로 인한 자동 재기동(3회)/차단(수동기동) - PC1 주변압기 오일펌프 고장현시 - MB5,6번 자동 재기동 ■ 특이사항

시험일자	2007. 3. 15	시험번호	382	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	14℃(입고)	주행거리	607km (178,226km)
바 람		출발시간	09:51	입고시간	15:38
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	박 상 옥	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 섭	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 26명, 기장 2명 포함)			
철도연	최성훈 외 1명	로템	조현욱 외 5명
	-	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문 외 명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험	- 디스크&패드온도시험	유진기공 주관
	- PC1 AUX#1,2군 동시기동시험	(주)로템 주관

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 3, 5, 6 정상 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC1 52KVA 인버터 4번 차단운행 - MB1,2 자동 재기동(가선이선)/외부격리에 의한 수동재기동(2회) - MB5,6번 입력과전류로 자동 재기동 - PC1 AUX2 인버터 1,2,3,4번 수회 차단 - PC2 AUX 입력과전류로 수동 재기동(2회)/자동 재기동(2회) - PC1 주변압기 오일펌프 고장 수회 발생 - 300㎞/h~0㎞/h까지 푸시버튼 비상제동 체결시 약 170㎞/h 속도대역에서 BCU2번 공기제동 투입(답면제동) - PC2 운전실 운전지원화면 고장정보 기록현시 누락 ■ 특이사항

시험일자	2007. 03. 20	시험번호	383	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	10 ℃	주행거리	608km (178,833km)
바 람		출발시간	09:33	입고시간	16:10
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	박 상 섭
주행	이 태 형	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2 명	로템	송 기 동 과장 외 5명
		S-Tech	이 승 석 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	정 광 영
		시운전단	조 병 찬 차장 외 2명

시험항목	- 운전실 소음시험(로템)	

특기사항	
	■ 확인현황 - 운전 시작(MB # 1, 2, 5, 6) ■ 공정회의 확인요청사항 - 푸시버튼 비상제동시 BCU2 정상자동 확인 (170km/h에서 작동안함) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB1 고장 : 컨버터 IGBT 2개 파손 - MB2 고장 : 인버터 IGCT 1개 파손 - MB6 고장 : 초파 IGCT 1, 컨버터 IGCT 2개 파손 (고장 보고서제출, 공정회의 3/28일 보고: 현상, 발생원인, 대책, 작업과정 등, 로템/현대중공업) - 고장현시장치의 제동압력 BC9, BC10가 서로 바뀌어 현시됨 -> 로템 OBCS 조치 예정 - VP fail 2회 발생(증약터널) - 제동장치 제동력 선도 : MB 1, 2, 6 차단상태에서 답면제동 100 km/h 이하에서 작동 -> MB ON OFF 상태에 따른 제동거리 검토 후 공정회의 3/28 보고) - PC2 SCU랙 고장(마스터/슬래브 OFF) : 통신이상으로 추정 -> 현상, 발생원인, 대책 공정회의 3/28일 보고

시험일자	2007. 03. 21	시험번호	384	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	12 ℃	주행거리	608km (179,440km)
바 람		출발시간	09:32	입고시간	15:43
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	박 상 섭
주행	이 태 형	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 29명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2 명	로템	송 기 동 과장 외 8명
서앤모스트	차 주 환 외 1명	S-Tech	이 승 석 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	정 광 영
이노시뮬레이션	유 승 철	시운전단	조 병 찬 차장 외 3명

시험항목	- 운전실 소음시험(로템)	

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB # 2, 3, 5, 6) ■ 전일 확인요청사항 - MB #1, 2, 6 정상 확인 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB2 : 정지상태에서 견인시 제동(-500A) 작동 -> 원인파악을 위해 계속적인 모니터링 및 기지내 재현시험 실시 - 지상자 없는 위치에서 ATS 감속신호(KP 317.7 동대구 부근) ■ 특이사항 베트남 교통부 철도국 방문단 시승(베트남 철도 부국장외 14명)

시험일자	2007. 03. 22	시험번호	385	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	2 ℃	주행거리	393km (179,833km)
바 람		출발시간	21:01	입고시간	03:24
시험구간	오송→동대구→오송 (대전-동대구 기존선운행)		주행최고속도		110km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	박 상 섭
주행	이 태 형	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 33명)			
철도연	김 영 국 책임 외 3 명	로템	송 기 동 과장 외 5명
살롬	김 진 욱	S-Tech	이 승 석 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	조 용 기 외 1명
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성
철도공사	조 민 영 차장 외 7명	시운전단	조 병 찬 차장 외 1명

시험항목	- 운전/전기/차량 분야 총11항목	

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB # 2, 3, 5, 6) ■ 주요 구성품 동작상태 - 비절연구간에서 ATS 절연구간 신호 인식 -> 원인파악을 위해 3/26일 시운전 시험시 동일 구간에서 계속적인 모니터링 실시 - VCB S/W 작동시 현시상태 지연 - 가선전압 이상 현상발생(하행, 왜관1터널) ■ 특이사항 대전-동대구(기존선) 전철화 구간에 대한 시운전시험 실시

시험일자	2007. 03. 26	시험번호	386	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	2 ℃	주행거리	393km (180,226km)
바 람		출발시간	21:33	입고시간	03:26
시험구간	오송→동대구→오송 (대전-동대구 기존선운행)		주행최고속도		135km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	류 기 윤	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	박 상 섭
주행	이 태 형	집전	목 진 용	판토그라프	목 진 용
DAM31	박 상 섭	DAM32	박 상 섭		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 포함)			
철도연	김석원 외 3 명	로템	송기동 외 4명
살롬	김진욱	S-Tech	이승석 외 3명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
철도공사	조민영 차장 외 4명	시운전단	류기윤 외 1명

시험항목	운전/전기/차량 분야 총11항목

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB # 2, 3, 5, 6) ■ 주요 구성품 동작상태 - OBCS : 하행시 PC1 통신 불량 발생 -> 밧데리 취소 후 정상 복귀 - MB #5, 6 : 수동 재기동 - MB #2 : 사구간 통과 후 차단되어 재기동 ■ 특이사항 대전-동대구(기존선) 전철화 구간에 대한 시운전시험 실시

시험일자	2007. 03. 29	시험번호	387	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	10 ℃	주행거리	171km (180,397km)
바 람		출발시간	21:33	입고시간	03:26
시험구간	오송→동대구		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 태 형	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	박 상 섭
주행	이 태 형	집전	박 상 섭	판토그라프	-
DAM31	박 상 섭	DAM32	박 상 섭		

탑 승 인 원 (총 47명, 기장 포함)			
철도연	김석원 외 2 명	로템	송기동 외 10명
살롬		S-Tech	이승석 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	정광영
시승	철도학회 21명	시운전단	류기윤 외 1명

시험항목	공장 중점검을 위한 자력 회송

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB # 2, 3, 5, 6) ■ 주요 구성품 동작상태 - 특이사항 없음 ■ 특이사항 - 공장 중점검을 위한 자력 회송 - 교통학회 시승 (대전-동대구 구간)

시험일자	2007. 05. 14	시험번호	388	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	10 ℃	주행거리	324km (181,157km)
바 람		출발시간	00:05	입고시간	03:45
시험구간	고덕IEC→신탄진IEC		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	전 영 욱	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 23명, 기장 포함)			
철도연	박춘수 외 2 명	로템	송기동 외 5명
살롬		S-Tech	이종배 외 4명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	전영욱	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	문제홍 외 1명

시험항목	공장 중점검 후 차량상태 점검 증속운행(170->300km/h)

특기사항	■ 운행전 차량상태 - 제동 8번대차 공기제동차단 (속도센서 교체지연) -> 금주중 조치예정 - 밧데리 충전기(TM1) : 작동상태 불량으로 탈거상태 -> 금주중 조치예정 - 운전 시작(MB # 1, 2, 5, 6) ■ 주요 구성품 동작상태 - 운행중 MB # 1번 차단으로 #3번으로 교체 운행 -> 전력소자 이상으로 추정, 금일 중 원인 파악/조치 예정 - 7번대차의 속도센서 케이블 고정용 브라켓트와 차체의 댐퍼 고정용 브라켓트 작은 간섭 발생 : 속도센서 케이블 고정용 브라켓트 일부를 절단한 후 지속적 관찰예정 ■ 특이사항 - 공장 중점검 후 차량상태 점검을 위해 170Km/h부터 300km/h까지 구간별 증속운행 시행 : 특이사항 없음 - 공장점검후 회송으로 당일 주행거리와 누적거리 차이 발생함

시험일자	2007. 05. 22	시험번호	389	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	15 ℃	주행거리	225.4km (181,382.4km)
바 람		출발시간	00:11	입고시간	03:20
시험구간	고덕IEC→신탄진IEC		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1,2경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박상섭	MWM	-	DAM2	한영재
제동	조인형	안전	한영재	휠-레일	한영재
주행	한영재	집전	박상옥	판토그라프	-
DAM31	박상옥	DAM32	박상옥		

탑 승 인 원 (총 24명, 기장 포함)			
철도연	한영재 외 1 명	로템	송기동 외 6명
살롬		S-Tech	이종배 외 3명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	■ 상용회생제동력 ⇒ 비상제동력(44kn) 패턴으로 통일/확인시험 ○상용회생제동/상용기계제동(170km/h→0km/h) ○상용회생제동(230km/h→0km/h) ○상용회생제동(270km/h→0km/h) ○상용기계제동(300km/h→0km/h) ○상용회생제동(300km/h→0km/h) : MB차단으로 실패 ※ 6개항목중 5개항목 시험완료

특기사항	■ 운행전 차량상태 ○8번대차 활주방지기능 고장/통신불량으로 차단 ○MB #1,2,5,6번 기동/견인력 105% 적용 ■ 주요 구성품 동작상태 ○운행중 MB#1번 차단으로 MB#3번으로 교체 운행 ⇒ 컨버터 Y상 소자소손(입력과전류)**[고장보고서 제출]** ○PC2 AUX2 차단 ⇒ 컨버터 입력과전류로 차단**[고장보고서 제출]** ○7번대차의 제동관호스 니플 빠짐 ⇒ **보완대책 설명** ○7번대차 상부 주공기관 캇트콕크 고정너트와 후렌지 상부와의 간섭발생 : **보완대책 설명** ■ 특이사항 - 300km/h 상용 회생제동시험시 MB6번/PC2 AUX 차단으로 시험중지(실패)

시험일자	2007. 05. 23	시험번호	390	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	25 ℃	주행거리	608 km (181,990 km)
바 람		출발시간	09:52	입고시간	15:38
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1,2경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박상섭	MWM	-	DAM2	한영재
제동	한영재	안전	한영재	휠-레일	한영재
주행	한영재	집전	손광수	판토그라프	-
DAM31	손광수	DAM32	손광수		

탑 승 인 원 (총 34명, 기장 포함)			
철도연	한영재 외 1 명	로템	송기동 외 8명
살롬		S-Tech	이종배 외 5명
현대중공업	김성문 외 2명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	
한국전자통신	신민수 외 5명	시운전단	문제홍 외 3명

시험항목	- 안정화시험

특기사항	■ 운행전 차량상태 ○MB #1,2,5,6번 기동 ○견인력 : MB1,2,3번 105%, MB5,6번 110% 적용 ■ 주요 구성품 동작상태 ○MB2번 P5-LVD로 차단/수동재기동(3회) ○PC1 AUX 컨버터 2군 차단(입력과전류)/자동재기동(2회) ○1호차 BCU1,2 경고장 검지 수회현시 ○2호차 BCU1,2 간헐적 통신불량 발생 ○PC1 AUX 컨버터 2군 차단(입력과전류)/자동재기동(2회) ○MB1번 차단 : 컨버터 2군 X2 GD 소손**[고장보고서 제출]** ■ 특이사항

시험일자	2007. 05. 29	시험번호	391	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	25 ℃	주행거리	643km (182,633km)
		출발시간	09:29	입고시간	15:45
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 37명)			
철도연	김 영 국 책임 외 4명(베트남연수생2명)	로템	송 기 동 과장 외 6명
KYB	준이치 외 2명	S-Tech	이 종 배 차장 외 5명
현대중공업	김 성 문 외 3명	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성
전자통신연구원	신 민 수 외 5명	시운전단	조 병 찬 차장 외 2명

시험항목	- 댐퍼 튜닝시험	

특기사항
■ 사전확인 - MB #1,2,5,6번 기동 - 견인력 : MB1,2,3번 105%, MB5,6번 105% 적용 - 상용제동시 비상제동과 같도록 전기제동장치 ■ 주요 구성품 동작상태 - M/B #2 자동 및 수동 재기동(4회) -> 보드풀림현상 확인 조처, 내일 현상에 대한 모니터링 실시 - M/B #5 자동 및 수동 재기동 2회후 IGCT 3개 고장(콘버터2 V1/Y1, 초파 1) -> 고장보고서 제출 - 7번 대차 휠과 배관 간섭(저속구간) <- 카메라 감시 -> 파이프 배관경로 변경((내일 시운전전까지 임시 조치), 계속적인 관찰 후 근본적인 설계변경 후 배관 설치(6월중) - OBCS 열차정보화면상에 고장정보신호 보튼의 위치 이동요청 <- Log-off 보튼과 너무 가까워 화면이 Log off될 수 있음. - OBCS M/B 차단 후 관련 정보 모니터에 M/B관련 정보 현시문제 ->내일 출발전 회의시 해결방안 설명 - BCU #1/2, 9/10의 경고장 정보의 빈번한 현시문제 -> 본선운행 중 BCU 입력측정후 내일 시험 후 설명 - PC1 AUX1 콘버터 2군 자동재기동 2회<-입력과전류 ■ 특이사항 : 없음.

시험일자	2007. 05. 30	시험번호	392	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	25 ℃	주행거리	608km (183,269km)
		출발시간	09:25	입고시간	16:31
시험구간	시험구간		오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 33명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	송 기 동 과장 외 5명
KYB	준이치 외 2명	S-Tech	이 종 배 차장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리외 1명	인터콘	권 보 성
전자통신연구원	신 민 수 외 4명	시운전단	조 병 찬 차장 외 3명

시험항목	- 댐퍼 튜닝시험	

특기사항	■ 사전확인 - MB #1,2,5,6번 기동 - 견인력 : MB1,2,3번 105%, MB5,6번 105% 적용 - OBCS 열차정보화면상에 고장정보신호 보튼의 위치 이동요청 -> Log-off 보튼 이동하는 것으로 프로그램 수정예정. - OBCS M/B 차단 후 관련 정보 모니터에 M/B관련 하위정보 현시문제 ->프로그램 수정가능. 로템(차량) 주관으로 M/B(현대, 로템, 제동, OBCS 팀이 협의하여 조치방향, 일정 등을 금주 공정회의 보고 ■ 주요 구성품 동작상태 - M/B #6 IGCT 3개 고장(콘버터 2개 U1/X1, 초파 1) -> 고장보고서 제출 - 7번 대차 휠과 배관의 기존 간섭 없음 <- 카메라 감시

특기사항	- OBCS M/B 차단 후 관련 정보 모니터에 M/B관련 정보 현시문제 ->전일과 동일 - BCU #1/2, 9/10의 경고장 정보의 빈번한 현시문제(금일 BCU 입력신호 확인) -> 로템(차량) 주관으로 M/B(현대, 로템, 제동팀이 협의하여 원인, 대책, 조치일정 등을 금주 공정회의 보고 - PC1 AUX1 콘버터 2군 자동재기동 3회<-입력과전류 - BC#9/10 BCU 현시화면에 바뀌어 현시->확인후 조치요청 - Skirt 이격 현상 발생 ■ 특이사항 : OBCS 프로그램 수정 일정을 금주 공정회의 보고.

시험일자	2007. 05. 31	시험번호	393	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	27 ℃	주행거리	373km (183,642km)
		출발시간	09:25	입고시간	13:27
시험구간	시험구간		오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	조 병 찬	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	유 종 화	판토그라프	-
DAM31	유 종 화	DAM32	유 종 화		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	송 기 동 과장 외 6명
		S-Tech	이 종 배 차장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리외 1명	인터콘	권 보 성
전자통신연구원		시운전단	조 병 찬 차장 외 2명

시험항목	- 댐퍼 튜닝시험	

특기사항	■ 사전확인 - MB #1,2,5,6번 기동 - 견인력 : MB1,2,3번 105%, MB5,6번 105% 적용 - BC#9/10 BCU 현시화면에 바뀌어 현시 확인 조치요청 -> 다른 BC압력에 대해서도 확인 후 프로그램 수정예정 ■ 주요 구성품 동작상태 - M/B #5 IGCT 2개 고장(콘버터 1개 Y1, 초파 1), M/B #6 IGCT 3개 고장(콘버터 2개 V2/Y2, 초파 1) -> 고장보고서 제출 - 제동패드 편마모/조기마모 발생 -> 금주 공정회의에 각 대차에 대해 제동패드 마모 현황 보고 - ATC 속도현시 상한 설정치(0, 120, 240) 표기 오류(35, 119, 239) -> 금주 공정회의에 원인/ 대책/ 조치계획 보고 - PC1 AUX1 콘버터 2군 자동재기동 3회<-입력과전류 ■ 특이사항 : M/B #5, 6 고장에 따라 옥천역에서 오송기지로 회차

시험일자	2007. 06. 05	시험번호	394	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	22 ℃	주행거리	347km (183,989km)
바 람		출발시간	09:24	입고시간	12:48
시험구간	오송→동대구→대전 →서대전→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	오 재 선	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 포함)			
철도연	김석원 외 2 명	로템	송기동 외 8명
살롬	-	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	오재선	인터콘	정광영
철도공사	-	시운전단	유종화 외 1명

시험항목	- 열차방향 전환 - 전장품 동작확인시험 및 신뢰성 확인시험

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB #1, 2, 5, 6) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #6 차단 ->수동재기동 : 가선저전압 (오송→동대구) - MB #5 소자 고장 : U2, X2, 쵸퍼 · 동대구→대전 구간 (상구배) - ATC/ATS 고장 · ATC/ATS간 통신고장 · 가선변경구간(대구북) 진입후 비상제동 체결 : 출발 시도후 약 2~3km/h에서 비상체결(2회) ATC 채널 2로 변경후 정상 운행 25‰ 구배에서 4MB로 출발시 밀림현상 발생 ⇒ ATC/ATS간 통신고장인 것으로 추정되며, 금일중 확인 조치 예정 ■ 특이사항 - 후반 1왕복 취소하고 조기입고함.

시험일자	2007. 06. 07	시험번호	395	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	22 ℃	주행거리	341km (184,330km)
바 람		출발시간	09:25	입고시간	12:22
시험구간	오송→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	유 종 화	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 26명, 기장 포함)			
철도연	김석원 외 2 명	로템	송기동 외 7명
살롬	안태회	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	오재선	인터콘	권보성
철도공사	-	시운전단	유종화

시험항목	- 운전실 소음 측정(후부 운전실) - 전장품 동작확인시험 및 신뢰성 확인시험

특기사항	■ 확인현황 - 운전 시작(MB #1, 2, 5, 6) ■ 주요 구성품 동작상태 - ATC/ATS 고장 · ATC/ATS간 통신고장 · 가선변경구간(대구북) 진입후 ATS Arming 되지 못함. → ATC 채널 2로 변경후 정상 운행 → 고속선->기존선 변경시 발생 ⇒ 6/4 발생과 동일 현상으로 ATC/ATS간 통신고장인 것으로 추정되며, 금일중 확인 조치 예정 ⇒ 고장보고서 제출 ■ 특이사항 - 후반 1왕복 취소하고 조기 입고함.

시험일자	2007. 6. 12	시험번호	396	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	25℃(출고)	주행거리	607km (184,937km)
바 람		출발시간	9:58	입고시간	15:34
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	-	판토그라프	조 병 찬
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 등 4명	로템	송기동 등 6명
	-	S-Tech	이종배 등 7명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승	시설공단 처장 등 2명	시운전단	김정훈 등 2명

시승행사	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) ■ 주요 구성품 장애 - PC1 AUX · Inverter 3,4번 차단, -> 수동 재기동 2회 · 장애보고서 제출 - MB 6 · 가선 저전압인지로 차단 -> 수동 재기동 2회 · 장애보고서 제출 ■ 특이사항 - #3 대차 휠디스크 다수 크랙발생 : 유진기공의 정밀 점검후 의견 필요 ■ 고장상태 - 고장 없음

시험일자	2007. 6. 13	시험번호	397	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	20℃(출고)	주행거리	607km (185,544km)
바 람		출발시간	9:28	입고시간	15:41
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	-	판토그라프	조 병 찬
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 등 3명	로템	송기동 등 6명
	-	S-Tech	이종배 등 7명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	문제홍 등 3명

시승행사	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) ■ 주요 구성품 장애 - BCU #2 Anti-slide 기능 고장 · 장애보고서 제출 - MB 1,2 · 가선 전압단락 인지로 차단 -> 자동 재기동 1회 ■ 특이사항 - #3 대차 휠디스크 다수 크랙발생 : 교체필요, 구체적인 작업일정 수립, 금주중 조치예정 ■ 고장상태 - 고장 없음

시험일자	2007. 6. 14	시험번호	398	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	20℃(출고)	주행거리	606km (186,150km)
바 람		출발시간	9:18	입고시간	15:38
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	-	판토그라프	조 병 찬
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 29명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 등 3명	로템	송기동 등 5명
	-	S-Tech	이종배 등 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	김정훈 등 3명

시승행사	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) ■ 주요 구성품 장애 - AUX 1,2 번 고속선 절연구간 통과시 차단 -> 냉난방장치 제어기 교체 시험시 발생 -> 상호 연관성 시험 금일 중 실시예정 -> 명일 공정회의시 향후 조치계획 보고 ■ 특이사항 - #3 대차 휠디스크 다수 크랙발생 : 교체필요, 구체적인 작업일정 수립, 공정회의시 결정 ■ 고장상태 - 고장 없음

시험일자	2007. 6. 19	시험번호	399	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	30℃(입고)	주행거리	607 km (186,757 km)
바 람		출발시간	9:37	입고시간	15:30
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	-	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 2명 포함)			
철도연	한 영 재 외 1명	로템	송기동 외 5명
	-	S-Tech	이종배 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승 (아리랑TV)	남의령 외 2명	시운전단	문제홍 외 3명

촬영	- 아리랑 TV에서 차량내,외부 촬영	오송→동대구간

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) - 대차 : 3번 차단 ■ 주요 구성품 장애 - MB5 : 485통신이상으로 차단/수동 재기동 운행 *** 장애보고서 제출** - MB6 : 대전, 신동 가선변경구간에서 저항제동 취급시 컨버터 출력과전압으로 차단/수동 재기동 운행 *** 장애보고서 제출** - PC1 지원정보화면 차단 : 동대구역 출발전 통신불량으로 화면 리셋 후 정상 운행 ■ 특이사항 - 경부 고속 상, 하선 219~220Km 지점에서 300km/h 운행시 TM1 객실 상하진동(충격) 심함(기지에서 공기스프링, 대차점검 예정) ■ 고장상태 - 고장 없음

시험일자	2007. 6. 19	시험번호	400	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	32℃(입고)	주행거리	504 km (187,261 km)
바 람		출발시간	9:33	입고시간	17:01
시험구간	오송↔함평		주행최고속도		275km/h
			행선로		호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	-	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 34명, 기장 2명 포함)			
철도연	한 영 재 외 4명	로템	김연준 외 7명
	-	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
한국유지관리	전동수 외 1명	시운전단	문제홍 외 4명

시험	- ATP 지상자와 차상자간 조합시험 - 제동블랜딩(BBCU) 시험	- 무선통신시험

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) - 대차 : 3번 공압차단 ■ 주요 구성품 장애 - MB5,6 : 백양사역 인근 절연구간에서 저항제동 취급시 컨버터 출력과전압으로 차단/수동 제기동 운행 *** 장애보고서 제출** - MB1 : 송정리역 출발시 모터블럭 송풍인버터 운전정지로 모터블럭 정지/송풍기인버터 전원투입 정상운행 *** 장애보고서 제출** ■ 특이사항 : 없음 ■ 고장상태 : 없음

시험일자	2007. 6. 20	시험번호	401	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	30℃(입고)	주행거리	607 km (187,868 km)
바 람		출발시간	9:34	입고시간	15:25
시험구간	오송↔동대구-대전-동대구 -오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	-	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 43명, 기장 2명 포함)			
철도연	한 영 재 외 1명	로템	송기동 외 5명
	-	S-Tech	이종배 외 4명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승	아리랑TV 남의령 외 2명 인력개발원 교육생 18명	시운전단	문제홍 외 2명

시험		

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) - 대차 : 3번 공압차단 ■ 주요 구성품 장애 - MB6 : TCU와 인버터제어기(C/I)의 통신(RS485) 고장으로 차단/수동재기동 *** 장애보고서 제출** - MB1 : 2군 컨버터입력과전류(ocft)와 동시 GCU2-ft로 차단 (X2상 다이오드 소손 추정)/MB3번으로 대체 기동 운행함 *** 장애보고서 제출** ■ 특이사항 : 없음 - PC1 AUX1 컨버터 그룹1,2군과 VCB 동시 차단현상 발생 PC1 AUX는 30초 안에 1군/2군이 동시 2번 고장발생시 AUX차단(수동 재기동)으로 VCB OPEN 되어야 하는데 금일 증상은 AUX 1군/2군 동시 1번 자동 재기동과 동시 VCB 차단이므로 AUX와 VCB차단은 별개의 고장임 (VCB 차단원인은 별도 검토가 필요함) - 상선/하선 김천 220Km 근처에서 (속도300kph) 상하 및 좌우 진동 심함 ⇒차량점검(대차, 차체, 에어스프링, 접촉부위) 철저 및 원인검토 필요 ■ 고장상태 : 없음

시험일자	2007. 6. 21	시험번호	402	작성자	문제홍
날 씨	비	기 온	26℃(입고)	주행거리	571 km (188,439 km)
바 람		출발시간	9:14	입고시간	15:51
시험구간	오송↔목포		주행최고속도		255km/h
			행선로		T1,2/호남

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	-	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 2명 포함)			
철도연	한 영 재 외 1명	로템	김연준 외 6명
	-	S-Tech	이종배 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
CSEE	TARRIE 외 1명	시운전단	문제홍 외 2명

시험	- ATP 조합시험	

특기사항
■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) - 대차 : 3번 공압 차단 ■ 주요 구성품 장애 - ATS 고장 : 채운SP 지점 통과중 운전정보 화면내 ATS "R" 현시 비상제동 체결 정차 ⇒ ATS 채널1에서 2로 절환 후 목포까지 정상운행**[고장보고서 제출]** ※ 채널 2로 전환 후 상용제동시에는 확인 및 복귀기능이 안되고 비상제동시에만 확인 및 복귀기능이 정상으로 됨 *** 상용제동시에도 확인 및 복귀기능이 가능토록 조치방안 제출** - MB,5,6 : 절연구간에서 저항제동시 인버터 출력과전류로 차단/수동재기동 *** 장애보고서 제출** - MB1 : 컨버터 입력과전류(Iin1-ocft : 컨버터1군), 컨버터 케이트 고장(GCX1-FT) ⇒ 컨버터 1군 X1상 IGBT 소손 *** 장애보고서 제출** ■ 특이사항 : 없음 ■ 고장상태 : 없음

시험일자	2007. 7. 12	시험번호	403	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	26℃(출고)	주행거리	355 km (188,794 km)
바 람		출발시간	09:54	입고시간	12:45
시험구간	오송-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬	궤도검측	IM

탑 승 인 원 (총 31명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 3명	로템	박재철 외 6명
시운전단	문제홍 외 1명	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	임재식 외 1명
유진기공	김규환	인터콘	권보성
Image Map	Brooks 외 2명	선도기술	임충환

시험	- 궤도검측시스템 튜닝시험	- 차량정보화면 수정 적용(PC1)

특기사항
■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) - 대차 : 1번 공압 차단 (ECU #1 통신불량) - Battery Charger 미작동으로 점검 지연, ECU #1 불량 점검으로 출고 지연됨. ■ 주요 구성품 장애 - MB 5 : 견인중 1회 자동 재기동 · 컨버터 입력 과전류 - ECU #2 : 운전실에서 압력이 튀는 현상 발생 · 실제 압력 변동이 있는지 노이즈인지 확인 필요 ■ 특이사항 - 금일 입고 후 MB #1 격자저항 교체작업 ■ 고장상태 : - ECU #1 고장에 대한 점검 필요

시험일자	2007. 7. 13	시험번호	404	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	27℃(출고)	주행거리	342 km (189,136 km)
바 람		출발시간	09:19	입고시간	12:25
시험구간	오송-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬	궤도검측	IM

탑 승 인 원 (총 31명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 3명	로템	송기동 외 6명
시운전단	문제홍 외 1명	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
Image Map	Brooks 외 2명	선도기술	임충환

시험	- 궤도검측시스템 튜닝시험 - 저항제동 확인시험 (MB #1)	- 차량정보화면 수정 적용(PC1, 2)

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) ■ 주요 구성품 장애 - ECU #1 : 통신불량으로 대전역 정차 후 공압 차단 · 전일 보드 교체후 출발시 정상이었으나 고장 발생 **⇒ 고장보고서 제출** - ECU #2 : 활주방지 고장 현시 · 상하행 모두 간헐적으로 발생 **⇒ 고장보고서 제출** - MB #6 : 저항제동 중 1회 자동 재기동 · 컨버터 출력 과전압 ■ 특이사항 - ECU #1 차단을 위하여 대전역 정차 - ECU #2 활주방지 고장으로 160km/h 제한 운전

시험일자	2007. 7. 18	시험번호	405	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	25℃(출고)	주행거리	608km (189,744km)
바 람		출발시간	10:18	입고시간	15:58
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	은 종 필
DAM31	김 정 훈	DAM32	은 종 필		

탑 승 인 원 (총 37명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 등 4명	로템	송기동 등 6명
	-	S-Tech	이종배 등 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	

시승행사	-	

특기사항	
	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) ■ 주요 구성품 장애 - MB 1번 : 입력 과전류로 GDU 고장으로 차단 -> 장애보고서 제출, 금일중 조치예정 - 제동 : BCU2, 6 통신불량 (동작은 정상) - 밧데리 충전기 : TT3 충전기 성능저하로 지천역 정차후 타 충전기와 병렬연결 -> 고장보고서 제출, 금일 원인파악 및 조치예정 ■ 특이사항 - MB #1 GDU 비교시험(현대제작분과 westcode사 제품) ■ 고장상태 - 밧데리 충전기

시험일자	2007. 7. 19	시험번호	406	작성자	박춘수
날 씨	흐림/비	기 온	25℃(출고)	주행거리	607km (190,351km)
바 람		출발시간	09:26	입고시간	15:35
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	은 종 필
DAM31	김 정 훈	DAM32	은 종 필		

탑 승 인 원 (총 25명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 등 4명	로템	송기동 등 6명
	-	S-Tech	이종배 등 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
시승	-	시운전단	

시승행사	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) ■ 주요 구성품 장애 - MB 6번 : 저항제동시 중고장(출력과전압)으로 차단/수동재기동 - 제동 : BCU 9 통신불량으로 오정보(대차차단, 활주방지고장, 트리포드 Unbalance) 현시 (동작은 정상) - 밧데리 충전기 : TT3 충전기 총 5개 정상 조치하여 정상운행, TM1, TM5 충전기는 차단상태 -> TM1, TM5 정상화 일정은 공정회의시 보고예정 ■ 특이사항 - 동력차(PC1) 누수 심함 - 궤도검측시스템 조정시험 ■ 고장상태 -

시험일자	2007. 07. 25	시험번호	407	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	30 ℃	주행거리	341km (190,694km)
		출발시간	10:51	입고시간	13:50
시험구간	시험구간		오송→동대구→오송		주행최고속도
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	송 기 동 과장 외 5명
		S-Tech	이 종 배 차장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성
(주)CMK	김 태 영과장 외 1명	시운전단	조 병 찬 차장 외 2명

시험항목	-	

특기사항	■ 출발전 상태 - BCU #9 통신이상, 차단 -> **고장보고서 제출** - Battery charger(TT3) 정상, 비정상, 정상 반복 작동 -> 절연구간 재현 시험(풀부하 상태로 Battery charger 5분간 ON-> VCB 1 분간 OFF) 5회 반복시험 -> 이상 현상 발생하지 않음에 따라 시운전시험 실시 (1시간 지연 기지 출고) -> **고장보고서 제출** ■ 주요 구성품 동작상태 - 운행 중 이상 없었음. ■ 특이사항 : 1시간 지연 출고에 따라 동대구 운행계획 1회로 단축

시험일자	2007. 07. 26	시험번호	408	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	33 ℃	주행거리	608km (191,300km)
		출발시간	09:25	입고시간	15:38
시험구간	시험구간		오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	김 영 국 책임 외 3명	로템	송 기 동 과장 외 5명
		S-Tech	이 종 배 차장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성
		시운전단	조 병 찬 차장 외 1명

시험항목	-	

특기사항	■ 사전확인 - Battery cell 전압 체크 결과 정상(로템) ■ 출발전 상태 - BCU #9 통신이상, 차단 -> **고장보고서 제출** ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #5 스택 과온에 의한 차단 <- 냉각팬 인버터 fault 발생(원인 카드 오작동으로 추정) -> MB #5 자연냉각 후 재기동 정상작동 -> **장애보고서 제출** - ATS 절연구간(신동연결선 남단) 신호현시 오작동 (비절연구간에서 ATS 절연구간 신호 현시) - Battery charger 정상작동 ■ 기타사항 - OBCS 지원기능 확보(기장 열차점검시 요청사항) -> 차량에서 OBCS와 협의 후 다음 공정회의에서 설명토록 함

시험일자	2007. 08. 07	시험번호	409	작성자	문제홍
날 씨	비	기 온	28 ℃	주행거리	607km (191,907km)
		출발시간	10:46	입고시간	16:47
시험구간	오송→동대구→대전→동대구 →오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은종필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	한 영 재 외 1명	로템	송 기 동 외 5명
		S-Tech	이 종 배 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2명	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 2명

시험항목	-	

특기사항	■ 출발전 상태 - BCU2(4번대차) 통신불량(제동압현시불량), 공압만 차단하고 출고 : **고장보고서 제출** - PC1 2번 Battery charger 불량/TM5 Battery charger 미취부 (제어보드 불량 추정) ■ 주요 구성품 동작상태 - PC1 AUX1군 차단(1회), PC2 AUX1군 차단(4회) : 입력과전류로 차단(센서보드 불량추정) - MB#5 차단(2회) : 모터블럭 송풍팬 인버터 작동불량 ■ 기타사항 - PC1,2 무전기(TRS) 점검필요(수신상태)

시험일자	2007. 08. 08	시험번호	410	작성자	문제홍
날 씨	비	기 온	28 ℃	주행거리	341km (192,248km)
		출발시간	09:34	입고시간	12:54
시험구간	오송→동대구→대전→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은종필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	팬토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	한 영 재 외 2명	로템	송 기 동 외 5명
		S-Tech	이 종 배 외 2명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2명	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 2명

시험항목	-	

특기사항	■ 출발전 상태 - PC2 52KV 인버터 1번 차단하고 출고 - PC1 2번/TM5 Battery charger 정상 상태로 출고 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC1 AUX1군 차단(2회) : 입력과전류로 차단(센서보드 불량추정) ■ 기타사항 - PC2 팬터그라프 장애발생 (집전장치 계측기 균압선의 늘어짐으로 인한 절연 이격거리 부족으로 차체 지붕과의 쇼트가 발생한 것으로 추정)

시험일자	2007. 08. 09	시험번호	411	작성자	문제홍
날 씨	흐림, 비	기 온	26 ℃	주행거리	608km (192,856km)
		출발시간	09:30	입고시간	15:29
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	박 상 옥	팬토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	한 영 재 외 1명	로템	송 기 동 외 5명
		S-Tech	이 종 배 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환	인터콘	권 보 성
		시운전단	문 제 홍 외 2명

시험항목	-	

특기사항	■ 출발전 상태 - PC2 52KV 인버터 1번 고장으로 차단 출고 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC2 AUX2군 인버터 1, 3번 차단 : 점검 후 조치예정 ■ 기타사항

시험일자	2007. 08. 13	시험번호	412	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	30 ℃	주행거리	111km (192,967km)
		출발시간	23:52	입고시간	01:15
시험구간	오송→천안아산→신탄진I EC→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	송 기 동 과장 외 6명
시운전단	손 광 수 과장 외 1명	S-Tech	이 종 배 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리 외 2명	인터콘	권 보 성

시험항목	- 비상(회생, 저항) 제동시험, 전력 품질시험(변전소)	

특기사항	■ 출발전 상태 - PC2 52KV 인버터 1번 고장으로 차단 출고 - Battery charger 11개 정상 작동 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #1,2 동시차단(Powreing 상태), MB #1 재기동, MB #2 고장(IGCT 1개 파손(Converter Y1)) -> **고장보고서 제출** - MB #1,3 동시차단(회생제동 상태), MB #3 재기동, MB #1 고장(IGBT 1개 파손(Converter V2)) -> **고장보고서 제출** ■ 기타사항 - MB #1,2 고장에 따라 시험하기로 한 모든 제동시험은 시험조건(4MB 정상)이 충족되지 못하여 수행하지 못하였음. - 전력품질시험(변전소)은 상행(오송->천안아산, 최고속도 285kph), 하행(천안안산->신탄진IEC, 300kph)에서 1회 시험을 수행하였음. ■ 특이사항 : MB 고장에 따라 1회 왕복운행 후 기지로 입고

시험일자	2007. 08. 16	시험번호	413	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	35 ℃	주행거리	608km (193,339 km)
		출발시간	09:25	입고시간	13:30
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 영 모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	송 기 동 과장 외 4명
시운전단	손 광 수 과장 외 2명	S-Tech	이 종 배 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문 외 1명	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성

시험항목	-	

특기사항	■ 사전확인 - 주차제동 상태(구배에서 열차가 미끄러지지 않고 출발하는지 여부, 지난주 공정회의 결정사항) : 미확인상태임. -> 차주 월요일 확인 예정 ■ 출발전 상태 - TT3 BC(Battery charger) 1개 이상 -> TM5 BC로 교체 -> **장애보고서 제출** - 기동시험시 MB #3 차단 수동재기동 <- GND fault (본선 운행 중 MB #1 inverter card 교체) ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #2,3 동시차단(견인->중립상태), MB #3 재기동, MB #1 고장(IBCT 1개 파손(Converter V1)) -> **고장보고서 제출** - ATS 절연구간(신동연결선 남단, 증약터널 입구) 신호현시 오작동(PC1, 비절연구간에서 ATS 절연구간 신호 현시) -> **원인 및 대책에 대한 보고 요청** - PC1 AUX 자동재기동 (2회) ■ 특이사항 : M/B #2 고장에 따라 옥천역에서 오송기지로 회차

시험일자	2007. 8. 21	시험번호	414	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	29℃(출고)	주행거리	609 km (193,943 km)
바 람		출발시간	09:23	입고시간	15:38
시험구간	오송-동대구-대전- 동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬	궤도검측	IM

탑 승 인 원 (총 27명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 2명	로템	송기동 외 4명
시운전단	문제홍 외 1명	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문 외 1명	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
Image Map	Heath	선도기술	임충환
다현 CNI	윤일권		

시험	- 궤도검측시스템 튜닝시험	- 차량정보화면 모니터 교체(PC1)

특기사항	■ 출고상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - MB #1 : 저항제동 종료후 IGBT 손상 · 오송-동대구 운행 중 대전남 고속선에서 발생 · 이후 MB 2,3,5,6으로 운행 **⇒ 장애보고서 제출** **⇒ 금주는 MB 2, 3으로 운행하고, MB 1은 대기상태로 하고 26일 야간시험시까지 정상상태로 함.** - ECU #6 : 통신불량 발생 · 대전-동대구 운행 중 발생 · 동대구 근접하여 자동 복귀됨 -> MVB 통신보드 이상으로 추정되며, Spare로 교체 ■ 기타사항 - PC 1 운전실 TRS 일부구간에서 Out of Range 발생 · 대구북 기존선 구간 (기존선 진입 후-동대구 진입전 까지) - 동대구역 유치시 차량기동상태 유지함 · Battery Charger 과열 방지를 위하여

시험일자	2007. 8. 22	시험번호	415	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	28℃(출고)	주행거리	607 km (194,555 km)
바 람		출발시간	09:23	입고시간	15:38
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬	궤도검측	IM

탑 승 인 원 (총 29명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 2명	로템	조현욱 외 5명
시운전단	김정훈	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
Image Map	Heath	선도기술	임충환
CMK	김태영 외 1명	KTM	박병우 외 1명

시험	- 궤도검측시스템 튜닝시험	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - MB #3 · Ground Fault 발생하여 재기동 ⇒ MB #1 보드와 교체 (동대구) ⇒ 이후 문제 없음 - VCB 차단 발생 (PC2 운전실) -> 고장정보 없이 견인중 차단 발생 -> VCB 차단 조건에 대한 검토 및 확인

시험일자	2007. 8. 23	시험번호	416	작성자	김석원
날 씨	맑음	기 온	28℃(출고)	주행거리	607 km (195,162 km)
바 람		출발시간	09:22	입고시간	15:37
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	임 용 찬
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬	궤도검측	IM

탑 승 인 원 (총 26명, 기장 2명 포함)			
철도연	김석원 외 2명	로템	조현욱 외 4명
시운전단	김정훈	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
Image Map	Heath	선도기술	임충환
CMK	김태영 외 1명		

시험	- 궤도검측시스템 튜닝시험	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - VCB 차단 발생 (PC2 운전실) -> 고장정보 없이 견인중 차단 발생 2회 -> VCB 차단 조건에 대한 검토 및 확인

시험일자	2007. 8. 27	시험번호	417	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	28℃(출고)	주행거리	274 km (195,436 km)
바 람		출발시간	PM 11:52	입고시간	AM 03:35
시험구간	오송-천안아산-신탄진--오송 (3회)		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	-	판토그라프	손 광 수
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 28명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수원 외 2명	로템	조현욱 외 4명
시운전단	문제홍, 김정훈	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성

시험	- 야간 제동시험	

특기사항
■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - VCB 차단 발생 (PC2 운전실) -> 고장정보 없이 견인중 차단 발생 3회 -> VCB 차단 조건에 대한 검토 및 확인 필요 - MB #2 운행/정차중 차단 발생 -> 마지막 운행시 MB#2 차단으로 저항제동시험 취소 ■ 제동시험 내용 : 총 8개 계획, 7개 실시 - 비상회생제동 (90KPH, 푸쉬버튼) : 실시완료 - 블랜딩제어기능 확인시험 (150KPH, PWM50%) : 실시완료 - 상용회생제동 (300KPH, PWM100%) : 실시완료 - 블랜딩시험 (150KPH, PWM50%, 적용 및 미적용) : 실시완료 - 비상회생제동 (300KPH, 푸쉬버튼) : 실시완료 - 블랜딩시험 (150KPH ⇒ 100KPH에서 MB1개 차단) : 실시완료 - 비상저항제동 (300KPH, 푸쉬버튼) : 시험취소(MB#2 차단)

시험일자	2007. 8. 29	시험번호	418	작성자	박춘수
날 씨	비	기 온	28℃(출고)	주행거리	607 km (196,043 km)
바 람		출발시간	09:36	입고시간	15:40
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김영모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	-	판토그라프	조 병 찬
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬	궤도검측	-

탑 승 인 원 (총 25명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 외 2명	로템	
시운전단	문제홍, 김정훈	S-Tech	이종배 외 명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
샬롬		선도기술	임충환

시험		

특기사항	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - VCB 차단 발생 (PC2 운전실) -> 고장정보 없이 견인중 차단 발생 6회 -> VCB 차단 조건에 대한 검토 및 확인 필요 - MB #2 소자 1개 소손 : **장애보고서 제출** -> 금일중 교체예정

시험일자	2007. 8. 30	시험번호	419	작성자	박춘수
날 씨	비(흐림)	기 온	25℃(출고)	주행거리	546 km (196,589 km)
바 람		출발시간	08:39	입고시간	13:33
시험구간	오송-광명-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	김영모	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	최 성 훈
주행	최 성 훈	집전	-	판토그라프	조 병 찬
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬	궤도검측	은종필

탑 승 인 원 (총 38명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 외 2명	로템	
시운전단	문제홍, 김정훈	S-Tech	이종배 외 명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
샬롬		선도기술	임충환
시승	철도공사 경영품질대상심사위원 일행		

시험	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - VCB 차단 발생 -> 고장정보 없이 견인중 차단 발생 6회 -> VCB 차단 조건에 대한 검토 및 확인 필요 -> PC1의 판토 및 VCB 사용시 차단 현상 발생 - 보조블럭 52KV 인버터 4개중 1개 차단(공기압축기용) : **장애보고서 제출** - 운전자 경계장치 작동에 의한 비상정지 4회 발생(PC1 운전실) : 고속선 운행중 정지로 운행지연 발생 -> 고장보**고서 제출**

시험일자	2007. 9. 4	시험번호	420	작성자	문제홍
날 씨	비(흐림)	기 온	24℃(입고)	주행거리	607 km (197,196 km)
바 람		출발시간	09:30	입고시간	15:32
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	박상섭	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥	궤도검측	김 상 수

탑 승 인 원 (총 24명, 기장 2명 포함)			
철도연	김상수 외 2명	로템	김연준 외 4명
시운전단	문제홍, 박상옥	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성 외 1명
샬롬	-		
시승			

시험	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - VCB 차단 발생 · 고장정보 없이 차단 3회 발생(비상판 전환운행) · VCB 자체점검이 요구됨 - ATS 절연구간 오현시(신동-지천간)

시험일자	2007. 9. 5	시험번호	421	작성자	문제홍
날 씨	비	기 온	22℃(입고)	주행거리	608 km (197,804 km)
바 람		출발시간	09:42	입고시간	15:29
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	박상섭	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	박 상 옥
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥	궤도검측	김 상 수

탑 승 인 원 (총 23명, 기장 2명 포함)			
철도연	김상수 외 2명	로템	김연준 외 4명
시운전단	문제홍, 박상옥	S-Tech	이종배 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	조진영	인터콘	권보성
샬롬	-	CMK	김태영
시승			

시험	-	

특기사항
■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 - PC1 VCB 계전기 신품 3개 교체 ■ 주요 구성품 장애 - PC1 VCB 차단 발생 · 고장정보 없이 차단 3회 발생(비상판 전환운행) ※AUX가 먼저 차단되고 바로 VCB가 차단된 것으로 기록됨 · 동대구 정차중 PC1 AUX 계전기(R-VCB12) 직결, 비상판으로 전환운행(차단현상 없음) · PC1 AUX 계전기(R-VCB12) 직결, 비상판 운행 및 추가 계측기 활용 모니터링 예정 - ATS 절연구간 오현시 3회발생(옥천역 진입전, 신동-지천역간) ■ 기타사항 - 오송기지내 출고점검중 PC2측 운전실에서 제동취급시 #10번 대차부분에서 이상 작동음(쿵쿵) 발생 ⇒ 6번 모터블럭을 차단하고 확인한 결과 이상 작동음이 사라짐. (모터블럭과 제동계통간 상호관계 검토필요)

시험일자	2007. 9. 6	시험번호	422	작성자	문제홍
날 씨	비	기 온	22℃(입고)	주행거리	608 km (198,412 km)
바 람		출발시간	09:23	입고시간	15:24
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	박상섭	MWM	-	DAM2	김상수
제동	조진영	안전	김상수	휠-레일	김상수
주행	김상수	집전	-	판토그라프	박상옥
DAM31	박상옥	DAM32	박상옥	궤도검측	김상수

탑 승 인 원 (총 23명, 기장 2명 포함)			
철도연	김상수 외 1명	로템	김연준 외 4명
시운전단	문제홍, 박상옥	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	조진영	인터콘	권보성
샬롬	안태회		
시승			

시험	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 - PC1 AUX R-VCB-12 계전기 직결/비상판 운행 - 레코더 설치(VCB 자체 계전기 및 차량 VCB 제어용 계전기 각 3개소) ■ 주요 구성품 장애 - MB3번 수동 재기동(상불평형 발생) - ATS 절연구간 오현시 3회 발생(증악터널 외방, 신동-지천역간) (IO 카드 제작 시험중 : 교체예정) - 금일 PC1 VCB 상태 양호함 · 금주 중 발생한 PC1측 VCB 차단의 주된 원인은 AUX 계전기 (R-VCB-12) 이상동작 검지로 계측됨. ※ R-VCB-12를 동작시켜 주는 R-AUX-OK-01 계전기를 PC1↔PC2 서로 바꿔서 계측한 결과도 동일함 (AUX와 관련된 각종 계전기류 정밀점검 및 교체가 요구됨) ■ 기타사항

시험일자	2007. 9. 10	시험번호	423	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	22℃(출고)	주행거리	67 km (198,479 km)
바 람		출발시간	PM 11:50	입고시간	AM 02:47
시험구간	오송-천안아산-오송		주행최고속도		275km/h
			행선로		T1,2/경부

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	전 영 욱	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	-	판토그라프	손 광 수
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 24명, 기장 2명 포함)			
철도연	박춘수 외 2명	로템	김연준 등
시운전단	문제홍	S-Tech	이종배 등
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	전영욱 등	인터콘	권보성

시험	- 야간 제동시험	

특기사항	
	■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6 (1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미취부 상태 ■ 주요 구성품 장애 - 보조전원 (PC2 52KV 인버터) 차단, 복귀 불능 -> MB 5,6 차단 -> 주변압기 냉각팬 차단 (과온) -> VCB 차단 **-> <u>시운전 시험 취소, 기지 복귀</u>** **-> <u>장애 보고서 제출</u>** ■ 제동시험 내용 : 총 9개 계획, 2개 실시 - 비상회생제동 (90KPH, 푸쉬버튼) : 실시완료 - 블랜딩제어기능 확인시험 (150KPH, PWM50%) : 실시완료 - 이후 시험은 차량고장으로 취소

시험일자	2007. 09. 12	시험번호	424	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	28 ℃	주행거리	607km (199,086 km)
		출발시간	09:21	입고시간	15:33
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 준 석	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	임 용 찬
주행	최 성 훈	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	김 영 국 책임 외 3명	로템	김 연 준 차장 외 6명
시운전단	조 병 찬 차장 외 1명	S-Tech	이 종 배 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성

시험항목	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB: 2, 3, 5, 6(1번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - PC2 52V 인버터 정상화 ■ 주요 구성품 동작상태 - PC1 VCB 개방(미개방 구간) -> 비상 판토로 운행 -> 의심되는 릴레이 작동상태 측정(10 points) -> 결과 금주 공정회의 보고 - ATS 절연구간 신호 및 ATS 입환신호 오작동 - PC1 AUX 자동재기동 (수차례) ■ 특이사항 : M/B #3 인버터카드 PUD(상불평)에 의한 진동을 해결하기 위해 현대중공업으로 반출 -> 차주 월요일 시운전시험 전까지 정상화

시험일자	2007. 09. 13	시험번호	425	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	28 ℃	주행거리	607km (199,693 km)
		출발시간	09:26	입고시간	15:37
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 준 석	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	임 용 찬
주행	최 성 훈	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	김 연 준 차장 외 6명
시운전단	조 병 찬 차장 외 1명	S-Tech	이 종 배 부장 외 6명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성

시험항목	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB: 2, 3, 5, 6(예비상태 없음) <- MB #1 인버터카드 미장착 상태임 - TM1, 5 BC(Battery charger 미장착 상태 <- TT3 BC(1개) PWM board 고장에 따라 TM1 BC를 TT3로 이동 - PC1 VCB 개방(미개방 구간) 원인을 찾기 위한 계측기 설치(릴레이 작동상태 측정 4 points) ■ 주요 구성품 동작상태 - 기지 출고시 탕소리와 함께 MB 5, 6 일시적 동작불능 (고장정보 없음, 화면상 동작상태 정상, 마스콘 동작시 견인 전류 변화 없음) -> 수종재기동 -> 계속적인 모니터링 및 MB 1개 프로그램 수정 확인(차주 화요일) - ATS 절연구간 오작동 - PC1 AUX 자동재기동 (수차례) ■ 특이사항 : VCB 개방원인을 찾기 위해 상하향시 모두 PC1 판토 가동했으나, 발생하지 않음 -> 현재 상황 금주 공정회의 보고

시험일자	2007. 09. 17	시험번호	426	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	26 ℃	주행거리	546.2km (200,232.2 km)
		출발시간	08:36	입고시간	13:19
시험구간	오송→광명→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	임 용 찬
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	-
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 40명)			
철도연	이 태 형 외 2명	로템	박 재 철 외 6명
시운전단	문제홍 외 1명	S-Tech	이 종 배 외 5명
현대중공업	김 성 문 외 1명	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2명	인터콘	권 보 성
시 승	브라질 연방정부 및 리오·상파울로 주정부 인사 일행(15명)		

시험항목	-	

특기사항
■ 출고상태 - MB : 2, 3, 5, 6(1번 예비) ☞ MB #3 인버터카드 수리품 취부 - TM5 Battery charger 미 취부상태 ■ 주요 구성품 동작상태 ○**오송(T4) → 광명간**(MB2,3,5,6번 기동) - MB6번 485통신불량으로 차단/수동 재기동하여 정상운행 ○ **동대구 → 오송간**(MB1,3번 기동/제어기 카드 교체) - PC1 AUX 52KVA 인버터4번 차단 ※ 차징저항 크랙발생 ⇒ #1번 저항으로 교체(명일 운행시 PC1 52KVA #1번 차단운행/당일 종료 후 조치예정) ☞ 주변압기 과온방지를 위해 MB3번 차단조치 운행 - MB1번 기동 운행중 자동 재기동시 "쿵" 하는 소리가 감지되어 MB 보호차원으로 MB2번으로 교체함 ☞ MB1번 보호레벨치를 조정(3300A→3600A)하여 PWM 100%로 견인시 다시 동일현상 감지로 PWM 90%로 낮춰 운행함(기지 입고 후 보호레벨치를 3800A로 재조정) - 신청주 절연구간에서 MB1번을 MB3번으로 교체하여 인버터 카드 PUD 정상유무를 확인함 ■ 특이사항 - 현대 모터블럭 상태 현시는 로템 모터블럭 표시와 동일하도록 검토 ☞ 정상/제어기 정상/차단 ⇒ 각각 다른 색으로 현시되도록 함

시험일자	2007. 09. 18	시험번호	427	작성자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	24 ℃	주행거리	607.8km (200,848 km)
		출발시간	10:26	입고시간	16:18
시험구간	오송→동대구→대전 →동대구→오송		주행 최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	임 용 찬
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	-
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	이 태 형 외 2명	로템	김 연 준 외 5명
시운전단	문 제 홍 외 1명	S-Tech	이 종 배 외 5명
현대중공업	김 성 문 외 1명	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 2명	인터콘	-

시험항목	-	

특기사항
■ 출고 상태 - MB : 1, 3, 5, 6 (2번 예비) ☞ MB #3 인버터카드 수리품 성능확인 목적 가동 - TM5 Battery charger 미 취부상태로 운행함 ☞ Battery charger 장치는 전반적인 정상화 계획 제시 필요 (10월 중순 이전까지) ■ 주요 구성품 동작상태 ○ **오송(T4) → 동대구 간**(MB 1,2,,5,6번 기동) - 정상 운행함 ○ **동대구 → 오송 간** - 정상 운행함 ■ 특이 사항 - 출발전 점검시 PC1 판토그래프 습판체 공기누설 발생 ☞ 열차 출발전 옥상기기(판토그래프) 점검 및 공기누설부 습판체 1 SET를 교체 후 출발함 (기지입고 후 정상 확인함) - ATS장치: 지천역 1km 북단 절연구간 신호 미감지 2회 ☞ 10월 1주까지 성능보완 Board 제작 후 교체, 정상화 예정

시험일자	2007. 09. 19	시험번호	428	작성자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	23 ℃	주행거리	341 km (201,180 km)
		출발시간	09:20	입고시간	12:53
시험구간	오송→동대구→대전 →오송		주행 최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	임 용 찬
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	-
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	이 태 형 외 2명	로템	김 연 준 외 5명
시운전단	문 제 홍 외 1명	S-Tech	이 종 배 외 5명
현대중공업	김 성 문 외 1명	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 외 1명	인터콘	권 보 성

시험항목	-	

특기사항
■ 출고 상태 - MB : 1, 2, 5, 6 (3번 예비) - TM5 Battery charger 미 취부상태로 운행함 ☞ Battery charger 장치는 전반적인 정상화 계획 제시 필요 (10월 중순 이전까지) ■ 주요 구성품 동작상태 ○**오송(T4) → 동대구 간**(MB 1,2,,5,6번 기동) - 정상 운행함 ○ **동대구 → 오송 간** - 정상 운행함 ■ 특이 사항 - MB #6 작동중 중지 후 수동 재기동 1회 - ATS장치: 지천역 1km 북단 절연구간 신호 미감지 2회 ☞ 10월 1주까지 성능보완 Board 제작 후 교체, 정상화 예정

시험일자	2007. 10. 02	시험번호	429	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	22℃	주행거리	607km (201,796km)
		출발시간	09:26	입고시간	15:34
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 준 석	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	이 준 석
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 21명, 기장포함)			
철도연	박 춘 수 책임 외 2명	로템	김 연 준 차장 외 6명
시운전단	손 광 수 과장 외 1명	S-Tech	이 종 배 부장 외 6명
현대중공업	-	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성

시험항목	-	

특기사항	■ 출고상태 - MB: 1, 2, 3, 5, 6 (#2 대기 상태) - TM 5 BC (Battery charger) 미장착 상태 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #1 자동 재기동 1회 - ATS 절연구간 1회 오작동 ■ 특이사항 : 매우 안정적인 주행이었음

시험일자	2007. 10. 04	시험번호	430	작성자	박춘수
날 씨	맑음	기 온	20℃	주행거리	607km (202,403km)
		출발시간	09:36	입고시간	15:35
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	이 준 석	MWM	-	DAM2	최 성 훈
제동	김 규 환	안전	최 성 훈	휠-레일	이 준 석
주행	최 성 훈	집전	손 광 수	판토그라프	-
DAM31	손 광 수	DAM32	손 광 수		

탑 승 인 원 (총 25명, 기장 포함)			
철도연	박 춘 수 책임 외 2명	로템	김 연 준 차장 외 6명
시운전단	손 광 수 과장 외 1명	S-Tech	이 종 배 부장 외 6명
현대중공업	-	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성

시험항목	객실실내 소음 측정 (로템주관, 머드플랩 길이관련)

특기사항	■ 출고상태 - MB: 1, 2, 3, 5, 6 (#2 대기 상태) - TM 5 BC (Battery charger) 미장착 상태 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #3 차단(V1상 IGCT 소손) ->장애보고서 제출 - ATS 절연구간 2회 오작동 ■ 특이사항 : 운전자 현시 모니터 PWM 수치 확인필요

시험일자	2007. 10. 08	시험번호	431	작성자	김영국
날 씨	흐림	기 온	18 ℃	주행거리	281km (202,684km)
		출발시간	23:51	입고시간	03:40
시험구간	오송→천안아산→신탄진I EC→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	전 영 욱	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 22명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	조 현 욱 외 4명
시운전단	박 상 옥 차장 외 2명	S-Tech	이 종 배 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	전 영 욱 차장 외 1명	인터콘	권 보 성

시험항목	비상(회생, 저항) 제동시험, 제동 브랜딩 비교시험	

특기사항	■ 출발전 상태 - TM5 Battery charger 미장착 상태 - PC1 Battery charger 1개(2번) 고장 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB #1 자동 재기동(7회, Powreing 상태, 주행속도 165km/h, 235km/h, 입력전류 보호동작) **-> 공정회의에서 원인 및 해결책 설명** - PC2 TRS 무선기 수신 불량 - 블랜딩시 제동압 제어 이상(정차시 2번 9번 2.1bar 걸림) **-> 공정회의에서 블랜딩 실험 결과, 문제점 및 해결책 설명** ■ 특이사항 : 10/10-11 주간시험시 수동 TRS를 사용하여 시험예정

시험일자	2007. 10. 10	시험번호	432	작성자	김영국
날 씨	맑음	기 온	23 ℃	주행거리	608km (203,292km)
		출발시간	09:21	입고시간	15:33
시험구간	오송→동대구→대전→동대구→오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	박 상 섭	MWM	-	DAM2	김 상 수
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	김 상 수
주행	김 상 수	집전	박 상 옥	판토그라프	-
DAM31	박 상 옥	DAM32	박 상 옥		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	김 영 국 책임 외 2명	로템	조 현 욱 대리외 4명
시운전단	박 상 옥 차장 외 1명	S-Tech	이 종 배 부장 외 5명
현대중공업	김 성 문	LS산전	박 홍 규
유진기공	김 규 환 대리	인터콘	권 보 성 외 2명
이미지맵&선도	임충환 외1명		

시험항목	보기헌팅센서튜닝시험	

특기사항
■ 출고상태 - Hunting sensor 교체(대차#3, #7, 인터콘) - MB: 1, 2, 5, 6(3번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 ■ 주요 구성품 동작상태 - 6호차 BCU2(7번대차) Anti-slde 기능고장(수십차례) <-원인: 6번 대차 2번 휠 속도센서 작동불량으로 추측됨. • 고장정보 기록이 제동시만 Anti-slde 기능고장이 기록됨 -> **CSS확인하여 금주 공정회의 보고** - AUX 기동전 Heater contacter가 작동하여 AUX 차단되는 현상 발생 -> 캐리어 조치요청 - PC1 AUX 자동재기동 (수차례) - TRS 무전기(PC2) 작동상태 불량 -> 모트롤라 조치예정(10/11) ■ 특이사항 : 야간 제동시험으로 인한 디스크 표면 결함 발생 -> **현황조사 및 대책을 금주 공정회의 보고**

시험일자	2007. 10. 15	시험번호	433	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	10 ℃	주행거리	285 km (203,577 km)
		출발시간	23:58	입고시간	03:55
시험구간	천안아산-신탄진IEC		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	김 상 수	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 24명)			
철도연	한영재 외 1명	로템	김연준 외 4명
시운전단	문제홍 외 2명	S-Tech	이종배 외 7명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 3명	인터콘	권보성
코레일	문덕만	선도기술	임충환 외 1명
(주)CMK	김태영 외 1명		

시험항목		
	1.비상회생제동(푸쉬버튼) 90kph 2회생제동시험(PWM30%) 150kph (블랜딩적용) 3.회생제동시험(PWM70%) 300→ 150kph(블랜딩적용) 4 비상제동(푸쉬버튼)300→150kph(WET)	5.회생제동시험(PWM70%)300→ 150kph(블랜딩미적용) 6.비상저항제동시험(푸쉬버튼) 300kph(WET) 7.회생제동시험(PWM50%) 150kph 제동진행중 ECU#5번 차단

특기사항	
	■ 출고상태 - MB: 1, 2, 5, 6(3번 정상 대기상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - 견인력 : 105%, 회생제동 : 50kn*0.84*1.0, 저항제동 : 50kN*0.8*0.6 - BBCU장치 OFF 상태 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB1 자동재기동 1회(인버터 게이트 고장) - MB5 차단(485통신불량) - MB1 차단(인버터 입력과전류) 영향으로 MB2 자동재기동 2회 → MB3 기동/T4에서 MB1 기동하여 입고 - 통신불량 : ECU3,4,5,9,10번(SCU CB 트립 복귀 안 됨→축전지 OFF 후 재기동 정상) ⇒ PC1 게이트 보드 교체 예정 - TRS 무전기(PC2) 수신상태 양호 ■ 특이사항 : 전 차륜 후렌지 마모발생/비상제동체결 후 디스크 열 냉각시 이상소음 발생 : 정밀점검 필요

시험일자	2007. 10. 17	시험번호	434	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	19 ℃	주행거리	341.2km (203,291km)
		출발시간	10:16	입고시간	13:12
시험구간	오송-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	한영재 외 1명	로템	김연준 외 3명
시운전단	문제홍 외 2명	S-Tech	이종배 외 6명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
코레일	노양환, 차두열		
(주)CMK	김태영 외 2명		

시험항목	객실소음 비교측정(머드플랩 장·단품 취부)	

특기사항	■ 출고상태 - MB: 1, 3, 5, 6(TM2 냉각송풍기 이음으로 대기상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - 모터블럭 견인력 : 110%, 회생제동 : 50kn*0.84*1.05 저항제동 : 50kN*0.8*0.6으로 셋팅 - BBCU장치 OFF 상태 - 대차 헌팅센서 시험품을 기존품으로 교체취부 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB3번 차단(X1상 소자소손 : 컨버터 출력과전류 레벨값 조정오류(3600A→3800A)[장애보고서 제출] - MB1 차단(입력과전류 Fault)[장애보고서 제출] ■ 특이사항 : 모터불럭(1,3) 차단에 의한 견인력 부족으로 이하운행 취소하고 기지입고

시험일자	2007. 10. 18	시험번호	435	작성자	문제홍
날 씨	맑음	기 온	20.3 ℃	주행거리	607km (204,525km)
		출발시간	09:32	입고시간	15:24
시험구간	오송-동대구-대전-동대구-오송		주행최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	은 종 필	MWM	-	DAM2	한 영 재
제동	김 규 환	안전	한 영 재	휠-레일	한 영 재
주행	한 영 재	집전	조 병 찬	판토그라프	-
DAM31	조 병 찬	DAM32	조 병 찬		

탑 승 인 원 (총 23명)			
철도연	한영재 외 1명	로템	김연준 외 5명
시운전단	문제홍 외 2명	S-Tech	이종배 외 4명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환	인터콘	권보성
미디어인	최승수 외 2명		

시험항목	객실소음 비교측정(머드플랩 장·단품 취부)	

특기사항	■ 출고상태 - MB: 1, 3, 5, 6(TM2 냉각송풍기 이음으로 대기상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - 모터블럭 견인력 : 110%, 회생제동 : 50kn*0.84*1.05 저항제동 : 50kN*0.8*0.6으로 셋팅 - BBCU장치 OFF 상태 ■ 주요 구성품 동작상태 - MB3번 차단(컨버터 Y2상, V2상 IGCT 소손 : 컨버터 입력과전류) [장애보고서 제출] - MB1 차단(U2상, V2상 IGBT 소손 : 컨버터 입력과전류) [장애보고서 제출] ■ 특이사항 : ATS 절연구간 오현시(상,하선 신동~동대구간)

시험일자	2007. 10. 22	시험번호	436	작성자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	2 ℃	주행거리	187 km (204,764 km)
		출발시간	00:07	입고시간	03:05
시험구간	고덕IEC-신탄진IEC		주행최고속도		320km/h
			주행선로		T1/2,경부선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	-
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 25명)			
철도연	이태형 외 3명	로템	김연준 외 3명
시운전단	김정훈, 손광수, 문제홍	S-Tech	이종배 외 5명
현대중공업	김성문	LS산전	박홍규
유진기공	김규환 외 4명	인터콘	권보성
코레일			

시험 항목	1. 블렌딩 적용 푸쉬버튼 비상 저항제동시험 90kph 2. 블렌딩 적용 회생제동시험(PWM30%) 150kph 3. ATC 차상제어장치 비상제동 기능시험(320kph) 4. 회생제동 거리 시험(310kph→0) ※가속성능시험(0→330kph 진행중 MB 2,3 차단으로 시험 중단함

특기 사항	■ 출고 상태 - MB: 2, 3, 5, 6 (1번 MB는 충전저항 고장으로 동작불가 상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - 견인력 : 110%, 회생제동 : 50kn*0.84*1.0, 저항제동 : 50kN*0.8*0.6 - BBCU장치 OFF 상태 ■ 주요 구성품 동작 상태 - 출고 중 AUX 1,2군 670VDC Converter 기동 실패 (3회) (HVAC Contactor 원인 규명, 모든 히터 Off 후 정상기동) - MB2 고장 (Y2상 소자 소손) - MB3 고장 (X2상 소자 소손) ⇒ 고장보고서 제출 ⇒ 동력 부족으로 잔여시험 취소 후 입고 조치함 - TRS 무전기(PC1/PC2) 수신 상태는 양호하게 정상화 됨

시험일자	2007. 10. 24	시험 번호	437	작성자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	8 ℃	주행거리	285 km (205,000 km)
		출발시간	10:01	입고시간	13:09
시험구간	오송IEC-목포		주행 최고속도		300km/h
			주행선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	-
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 67명)			
철도연	이태형 외 19명	로템	김연준 외 8명
시운전단	김정훈 외 4명	S-Tech	이종배 외 7명
현대중공업	김성문	LS산전	조용기 외 5명
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
철도학회	송달호 외 13		

시험 항목	1. 주요 개발품 추진/제동장치 안정화 시험 2. 기존선 ATS 지상장치 감응시험

특기 사항	■ 출고 상태 - MB: 1, 2, 5, 6 (3번 MB 대기 상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - 견인력 : 105% - BBCU장치 OFF 상태 ■ 주요 구성품 동작 상태 - #8대차 통신 불안정 상태는 목포역 도착 후 정상화 확인 - 기타 주요장치 상태는 양호하고 안정적임

시험일자	2007. 10. 25	시험번호	438	작성자	목 진 용
날 씨	맑음	기 온	12 ℃	주행거리	488 km (205,488 km)
		출발시간	14:23	입고시간	17:57
시험구간	목포 - 오송IEC		주행 최고속도		300km/h
			주행 선로		T1/2,호남선

시험계측 참여 인원					
DAM1	김 정 훈	MWM	-	DAM2	이 태 형
제동	김 규 환	안전	이 태 형	휠-레일	이 태 형
주행	이 태 형	집전	임 용 찬	판토그라프	-
DAM31	임 용 찬	DAM32	임 용 찬		

탑 승 인 원 (총 65명)			
철도연	이태형 외 19명	로템	김연준 외 8명
시운전단	김정훈 외 4명	S-Tech	이종배 외 7명
현대중공업	김성문	LS산전	조용기 외 5명
유진기공	김규환 외 1명	인터콘	권보성
철도학회	송달호 외 11		

시험 항목	1. 주요 개발품 추진/제동장치 안정화 시험 2. 기존선 ATS 지상장치 감응시험

특기 사항	■ 출고 상태 - MB: 1, 2, 5, 6 (3번 MB 대기 상태) - TM5 Battery charger 미장착 상태 - 견인력 : 105% - BBCU장치 OFF 상태 ■ 주요 구성품 동작 상태 - #8 대차 제동장치 정상화 확인 - 기타 주요장치 상태는 양호하고 안정적임

나. 안정화 시험시 발생문제의 해결책 수립 및 역할 분담조정

개발열차의 신뢰성 및 안정화 시험은 문제점이 발견되면 신속히 대응하여야 한다. 안정화 시험은 동적시험과 정적시험으로 구분하고 있다. 정적시험은 오송기지 내에서 이루어짐으로 전원만 공급되면 각 기관의 역할에 따라서 쉽게 수행할 수 있다. 그러나 동적시험은 시운전 횟수 증가에 따라 비례하여 증가하고 있으며, 동적시험 중에 문제가 발견되면 즉시 해결책을 수립하고 각 기관간의 역할을 조정하여 최단 시간에 수정보완을 하여야만 다음번 동적시험을 수행할 수 있다. 그러므로 신속한 원인분석 및 역할 조정은 안정화 및 신뢰성 시험에서 가장 시간을 요구하는 작업이다. 그러나 문제점이 발견되면 단시일 내에 해결이 가능한 부분이 있으나, 설계의 잘못으로 수정이 불가능 한 부분이거나 혹은 찰상과 같이 대차를 분리하거나 불가피하게 차량을 이동하여 문제를 조치하는 것은 쉬운 일이 아니다.

따라서 매번 시운전을 수행하고 나서 전체 시운전 참여기관과 문제해결을 위한 공정회의를 수행하였다. 이 자리에서 원인이 확실한 것은 역할 분담 및 조치를 취하고, 원인조사가 필요한 것은 계측한 자료를 분석한 이후에 조치를 취하였다. 또한 문제해결을 위하여 철도공사(구 철도청)나 혹은 공단의 시설 도움이 필요한 경우에는 즉시 협의하여 조치를 취하였다.

또한, 한국형 고속열차의 신뢰성 및 안정화시험이 KTX가 운행하는 영업선로에서 영업시간대에 수행되는 만큼 시험 중 발생하는 문제를 조속하게 해결해야 할 뿐만 아니라 확실한 재발방지 대책을 수립해야 한다. 이를 효율적으로 수행하기 위해서는 정적시험 중 발생하는 문제는 차량 안정화 과제에서 주관하고 각 장치별 담당자가 참여한 가운데 해결책을 수립하는 절차를 택하였으며 동적시험에서 발생하는 문제 중 중대한 건에 대해서는 시운전단을 중심으로 TFT를 조직하여 문제를 해결하고 대책을 수립하였다.

시운전 시험을 진행하면서 발생했던 중요한 문제는 8가지로 압축되며, 이를 표 3.1.2.7과 같이 정리하였다. 한편, 현재 안정화 시험 중 발생하는 문제는 아니지만 향후 한국형 고속열차가 상업화할 즈음 더 높은 승차감을 요구하는 승객들의 요구사항 추세를 대비하여 승차감 향상을 위한 방안을 제시하였다. 그 하나로 객차에 횡방향 세미 액티브 댐퍼를 설치하는 최적 설계(안)을 제시하고 시험하였다.

표 3.1.2.7 안정화 시험시 발생 주요 사항 현황

항목	주요 사항	수행년도
1	동력차의 롤링	1차
2	Battery Charger 고장	1차
3	차륜찰상	1차
4	모타블럭의 고장	1차
5	HVAC 및 여압시스템 유지보수	2차
6	TRS 유지보수	2차, 5차
7	트리포드 손상	4차
8	전차선 손상	4차
9	액티브 탬퍼	4차, 5차

(1) 동력차의 롤링 대책 (1차년도)

① 현상

지난 2003년 7월 5일 280km/h를 주행시에 KP 125~127 지점에서 동력차의 좌우 롤링에 의한 흔들림이 발생하는 것을 측정하였다. 2003년 7월 5일 측정한 결과 최대경사각은 표 3.1.2.8과 같으며, 그림 3.1.2.1~ 3.1.2.4는 이때 측정된 가속도 값을 나타낸다. 측정자료의 분석결과 FFT 주파수 분석에서 흔들림이 없을 경우에는 차체의 흔들림은 0.6~0.8Hz이며, 흔들림이 있는 경우에는 1.3~1.4Hz로 증가하였다.

표 3.1.2.8 차체의 롤 경사각(2003년 7월 5일)

최고속도	TP1	TT3	TP2	비고
280km/h	±3.0°	±2.4°	±5.2°	하행
270km/h	±6.7°	±2.5°	±5.8°	상행

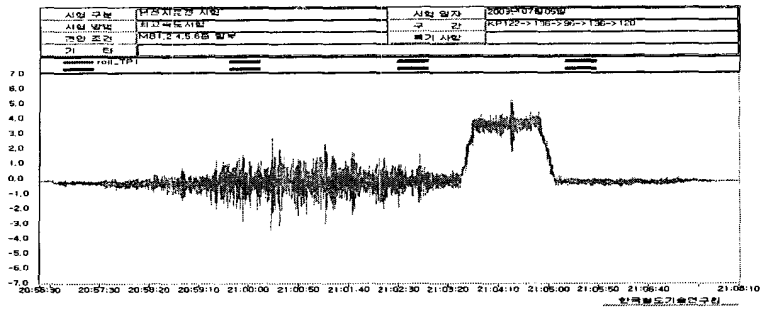


그림 3.1.2.1 전부 동력차 롤 각

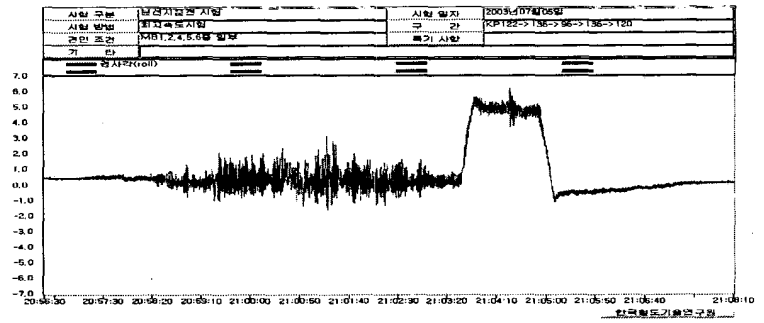


그림 3.1.2.2 중간객차 롤 각

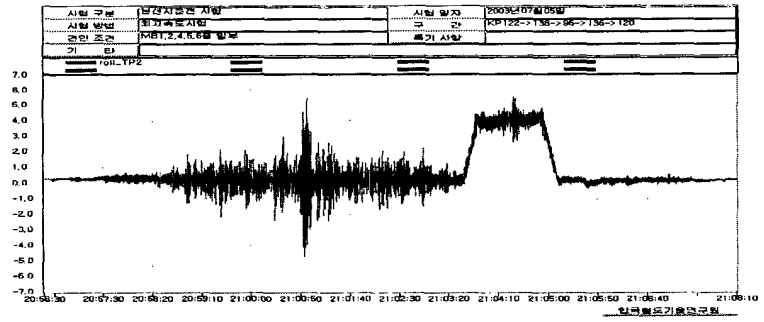


그림 3.1.2.3 후부 동력차 롤 각

② 원인 및 조치 사항

- 7월 7일부터 안정화 시험의 주관기관인 로템으로 하여 전체 2차 수직댐퍼 및 요오 댐퍼의 성능 시험을 실시하도록 하였다. 그리하여 로템은 "정경유압"에서 성능시험을 실시함

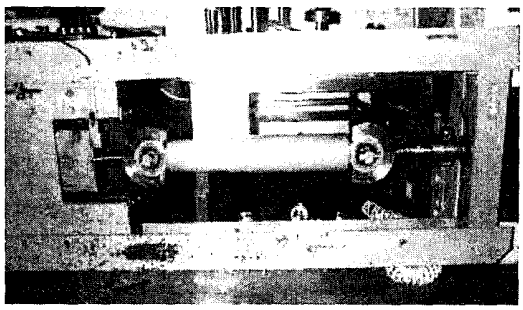


그림 3.1.2.4 Anti-yaw 댐퍼 시험

- 7월 10일 2차 수직댐퍼의 댐핑계수를 조정함
- 7월 11일 PC1 동력차에 대차 및 차체의 흔들림을 정밀 측정장치 완료
- 7월 15일 4개의 KTX용 수직댐퍼를 TP1 동력차에 교환 완료
- 7월 18일 PC2 동력차 대차 및 차체의 흔들림을 측정할 수 있도록 철도연구원이 계측기 보완 완료
- 7월 19일 시운전 및 측정
- 7월 26일 PC1 및 PC2 동력차 수직댐퍼 및 요오댐퍼 교체 완료하고 로템에서 구매하도록 조치함
- 7월 26일 시운전 및 측정을 통해 280km/h 및 290km/h에서 대차와 차체의 횡방향 진동가속도 최대값은 표 3.1.2.9, 3.1.2.10와 같이 2.4m/s2 및 1.5m/s2로 기준치 이내(4.0m/s2 및 2,5m/s2)로 안전하였으나, 차체 흔들림은 동일한 위치인 KP126에서 미세하게 발생하나, 감쇠가 곧바로 이루어졌으며, 이는 갈원교와 비룡교간 토공구간에 설치된 신축이음(Expansion Joint)을 통과 시 차량에 좌우방향 진동 발생하는 것으로 궤도의 유지관리가 철저히 이루어져야 하지만 피할 수 없는 부분으로 판단되었다. 결론적으로 철도차량에서 댐퍼는 승차감에 직접적인 영향을 미치는 요소로서 장기간의 성능확보가 요구되어야 한다. G7 사업으로 국내에서 개발된 댐퍼는 일정기간 이후에는 성능확보에 문제가 있는 것으로 판단되어, 해외자제로 교체 하였다.

표 3.1.2.9 대차 횡방향 진동가속도(280km/h)

구 분		횡	기준
동력차 대차	전부 대차 전부 좌상 부위(PMB 1)	1.16	Action Value : 6.0 (Limit Value) Warning Value : 4.0 (Thresholds of analysis) (분기기 통과 시의 순간 가속도 제외)
	전부 대차 후부 우상 부위(PMB 1)	0.48	
	후부 대차 전부 좌상 부위(PMB 10)	0.41	
	후부 대차 후부 우상 부위(PMB 10)	0.46	
동력객차 대차	전부 대차 전부 좌상 부위(TMB 3)	0.62	
	전부 대차 후부 우상 부위(TMB 3)	1.36	
관절대차	전부 대차 전부 좌상 부위(ATB 5)	0.36	
	전부 대차 후부 우상 부위(ATB 5)	0.39	
	후부 대차 전부 좌상 부위(ATB 7)	0.37	
	후부 대차 후부 우상 부위(ATB 7)	0.31	

* 500Hz Sampling, 3~5 Hz Bandpass filter 적용

표 3.1.2.10 차체 횡방향 진동가속도(280km/h)

구분	횡방향 진동가속도 (m/s^2)			비 고
	주행안전성 측면	기준	승차감 측면(RMS값)	
동력객차 (TM1)	0.06	2.5	0.10	- 주행안정성 3~5Hz Bandpass filter - 승차감측면 3Hz Lowpass filter
중간객차 (TT3)	0.04		0.09	
동력차 (TP2)	0.23		0.12	

(2) Battery Charger 고장 및 대책 (1차년도)

① 현상

2003년 8월 1일 19:30분 개발차량이 최초로 300km/h를 주행할 계획이었으나, 밧데리 Charger의 고장으로 인하여 시승행사는 취소되었다.

② 원인 및 조치사항

Battery Charger의 고장원인은 이틀간 개발차량은 전원 투입이 되지 않아, 출발전 Charger의 냉각 및 Battery의 충전을 위한 충분한 시간적인 여유가 없었으며, 객차 50kW Battery Charger의 냉각을 위한 에어컨 풍속 저하로 충전기의 Power Module이 과온으로 되어 IGBT가 소손되었다. Stack은 온도가 80℃이상에서 충전 전류를 감소시키며, 60℃이하에서는 충전 전류를 증가시키는 것을 반복하게 되어있으나, 차량의 Battery Charger가 그림 3.1.2.5처럼 Common되어 있어서 다른 경로를 통해 전류가 계속 흐르게 되어 Stack온도가 떨어지지 않고, 지속적으로 상승하게 된 것으로 판단되었다.

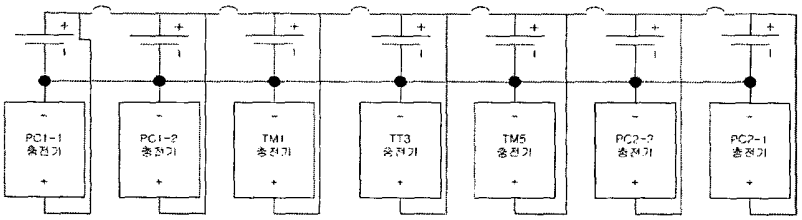


그림 3.1.2.5 전체 Battery Pack이 Common되어 있는 상태

현대중공업은 차량의 Battery Charger가 Common된 것을 PC1+TM1 / TT3 / PC2+TM5로 전체를 3개의 UNIT로 분리하고, 객차 50kW의 5개 Stack과 외함 사이의 공기 누설 부위를 Shield시키고, 추가로 냉각팬을 설치하여 냉각 성능을 높이기로 하였으나, 냉각팬의 설치가 공간상의 이유로 힘들게 되어 내부 소프트웨어 조정으로 조치하였다. 그러나 향후에는 설계의 오류에 의한 냉각기능이 부족한 것으로 향후 정밀한 재 검토되어야 할 부분이다.

(3) 차륜찰상 및 대책 (1차년도)

① 현상(I)

2003년 2월 22일 20시 54분 1번 동력차(북측) 1번 대차 1번 차축 좌우 차륜 각 1개소에 그림 3.1.2.6과 그림 3.1.2.7과 같이 찰상이 발생하였다. 시운전 구간 문곡에서 천안 방향 KP98 지점(휴대터널 북측 진출 지점으로 곡선부에서 직선부로 변화되는 완화곡선 끝 지점)에서 83.57 ㎞/h 속도로 30% 제동인가 상태에서 발생되었으며, 우천으로 레일이 젖어있는 상태였다.



그림 3.1.2.6 우측 차륜 찰상



그림 3.1.2.7 좌측 차륜 찰상

② 원인 및 조치사항

터널 내에서 100% 제동인가 후 터널진출 시 30% 제동력을 체결하였으나 터널 진출 후 우천에 의한 레일의 점착력 저하로 답면제동에 의해 차륜의 Slide 현상이 발생된 것으로 판단되었다. 동력대차 제동제어용 ECU의 활주방지 제어모듈 프로그램 계산오류와 활주상태 검지 직후의 제동 공기압 배출 시간지연으로 추정되었다. 따라서 유진기공으로 하여금 활주방지 제어모듈의 프로그램을 수정보완하여 교체토록 하였으며, 동력대차의 답면 제동장치 설정 제동력을 제동거리 기준 이내에서 최소 분담토록 조정하였다.

③ 현상(II)

2003. 8. 27 주행시 천안으로부터 문곡방향으로 가속하는 중에 74km/h의 속도에서 비상제동체결되었다. 이로인하여 4번 대차 1,2번 윤축, 7번대차 1,2 윤축 총 4개 윤축에 그림 3.1.2.8, 3.1.2.9와 같이 찰상이 발생되었다.



그림 3.1.2.8 4번대차 1번 차륜



그림 3.1.2.9 7번대차 2번 차륜

④ 원인 및 조치사항

이날은 운전경계장치 제어대 Switch의 접점불량으로 VDS(운전경계시스템) 비상제동이 체결되었다. 보통은 스위치가 튀어나와야 하나 스위치의 불량으로 인하여 계속하여 누른 상태로 지속됨(스위치를 계속 누르면 55초 이후 5초 간 Alarm이 울린 후에 비상제동이 체결됨)으로서 비상제동이 체결되었다. 따라서 운전경계장치 제어대 Switch의 접점을 로템으로 하여금 점검하게 하고, 찰상이 발생된 차륜은 2개의 대차를 분리하면 약 16시간이 소요됨으로 차량을 이송하여 부곡에서 차륜을 삭정하도록 하였다. 또한 유진기공으로 하여금 제동장치의 작동여부 분석 및 저속에서의 활주검지장치를 정밀하게 점검하도록 하였다. 결론적으로 차륜찰상에 대한 발생원인은 활주검지장치의 고장과 Anti-slip-slide장치의 프로그램이 안정화를 이루지 못한 것으로 판단되었다. 향후 이는 저속에서 충분한 시운전을 통하여 성능을 확보한 이후에 고속선에서 시험운행이 필요하다.

(4) 모타블럭의 고장 및 대책 (1차년도)

① 현상

운행 중 잦은 MB의 고장으로 인하여 시험에 많은 어려움을 동반하였으며, 특히 제동력의 저하로 인하여 증속시험에도 지장을 초래하였다. MB의 고장은 GDU Fault로 격리, 통신 Fault로 격리 그리고 고장내용 없이 자동으로 격리되는 현상이 가장 빈번하였다.

② 원인 및 조치사항

로템과 현대중공업의 MB 성능에 대한 원인 조사를 위하여 그동안 많은 시험을 수행하였으나, 아직까지 전장품 중에서 가장 안정화가 되지 못한 품목중에 하나이다. MB 1대와 MB 2대를 기동하면서 실시한 가속도 및 소요시간시험, 저속영역에서의 차체가속도시험, 조합시험시에 수행한 350km/h 최고속도시험을 비교 분석하여 안정화에 도움이 되도록 독려하였다. 주행거리, 소요시간, 가속도 등을 측정한 결과 두 개의 제작사에서 만든 MB의 성능이 표 3.1.2.11와 같이 상이하여 견인성능을 맞추도록 조치하였다.

표 3.1.2.11 MB2 와 MB5의 견인 특성 비교

구 분	80km/h까지의 주행거리(m)	80km/h까지의 소요시간(sec)	가속도(m/s^2)
MB2호기	2,508	227.96	0.0975
MB5호기	1,907	183.37	0.1212

높은 신뢰성을 갖도록 유도하기 위하여 운행 중에 격리되는 횟수를 매주 공정회의에 공지를 하고 있으며, 안정화는 매우 빠른 속도로 진행되고 있다. 대부분의 고장인 GDU Fault로 격리, 통신 Fault로 인한 격리는 조치 가능한 일이나, 고장내용 없이 자동으로 격리되는 현상은 운행경험에 의한 것으로 앞으로 많은 주행시험이 진행되면 경험에 의한 노하우로 인하여 안정성을 확보할 것이다.

표 3.1.2.12 운행 중 격리 횟수

구 분	MB1	MB2	MB3	MB4	MB5	MB6
2003년	16	16	18	24	23	23

(5) HVAC 및 여압시스템 유지보수 (2차년도)

① 개요

HVAC 및 여압시스템 유지보수는 보통 하절기와 동절기로 구분하여 수행하게 되는데 사전 조사를 통해 표 3.1.2.13과 같이 기계점검, 전기점검, 시운전분야로 구분하여 총 50 Man · Days의 인력이 소요됨을 확인하였다. 하절기에는 냉방 관련 기계분야 점검에 상대적으로 많은 인력이 소요되고 동절기에는 난방 관련 전기분야 점검 및 시운전에 상대적으로 많은 인력이 소요된다.

② 내용

유지보수는 한국형 고속열차의 HVAC 및 여압시스템 연구개발을 담당했던 캐리어(주)에서 수행하였으며 한국형 고속열차가 유치되어 있는 오송기지에서 로템 유지보수 인력의 협조를 통해 수행하였다. 하절기 점검은 그림 3.1.2.10 ~ 그림 3.1.2.13은 점검 및 유지보수 장면이다. 하절기와 동절기 정기점검 및 유지보수 결과는 양호하였으며 HVAC 및 여압시스템이 정상적인 상태에서 시운전시험이 수행될 수 있도록 유지보수가 이루어졌다.

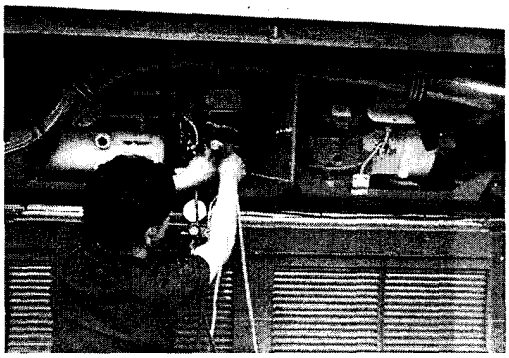


그림 3.1.2.10 냉매 압력 측정

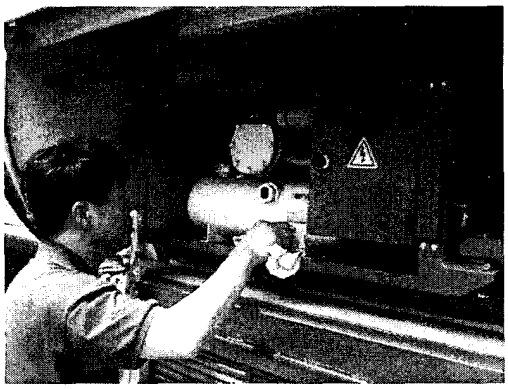


그림 3.1.2.11 냉매 레벨 검사

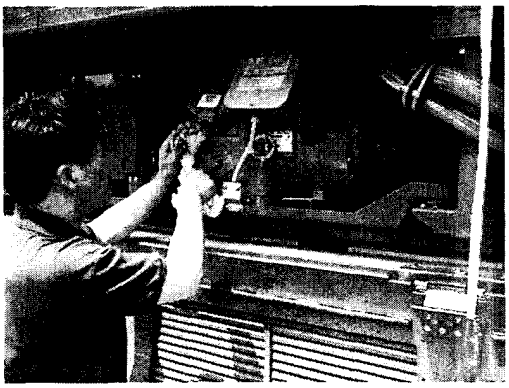


그림 3.1.2.12 압축기 오일 레벨 검사

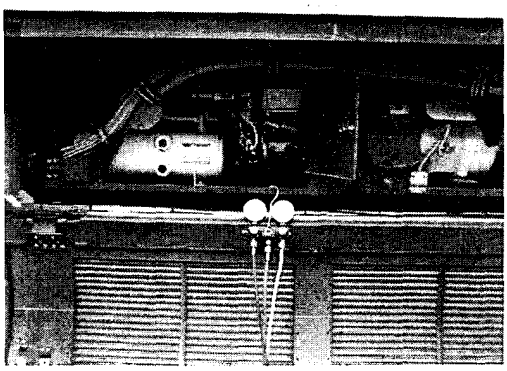


그림 3.1.2.13 압축기 전기 검사

표 3.1.2.13 점검 및 유지보수 소요 인력

분야	점검 및 유지보수 내용	Man · Days	
		하절기	동절기
기계점검	· 압축기 고정볼트 체결 상태 · 휀 및 모타 체결 상태 및 회전방향 · 히터 체결 상태 · 장치내의 고무류 상태 · 압축기 오일 레벨 · 냉매 누설 여부	12	8
전기점검	· 압축기 전원 단자대 체결 상태 · 휀 모타 전원 단자대 체결 상태 · 히터 전원 단자대 체결 상태 · 히터 소요전력, 솔레노이드, 밸브 코일 절연 상태	6	9
시운전	· 여름철 냉방 시운전 · 겨울철 난방 시운전 · 각 차량의 객실 온도 확인 · 고저압 압력 · 보조히터 작동 · 써머스타트 점검	6	9

(6) TRS 유지보수 (2, 5차년도)

① 개요

한국형 고속열차에 탑재한 TRS는 KTX 열차무선설비망과 연동하여 시운전시험 중 운전사령, LCP, 기지사령과의 통신에 사용한다. 그림 3.1.2.14는 TRS 구성도로서 고속선구간에서 사용하는 UHF Voice Subrack Assembly, 기존선구간에서 사용하는 VHF Voice Subrack Assembly, 무선데이터 송수신에 사용되는 Data Subrack Assembly와 각 안테나, 운전실의 Control Head, Swich Box Set, Hand Set 등이 있다.

TRS 유지보수는 장비를 납품했던 (주)씨그날정보통신 엔지니어 2명을 투입하여 정기점검 3회, 비상점검 2회, 로템 창원공장내 수리점검 1회로 구성하여 수행하였다.

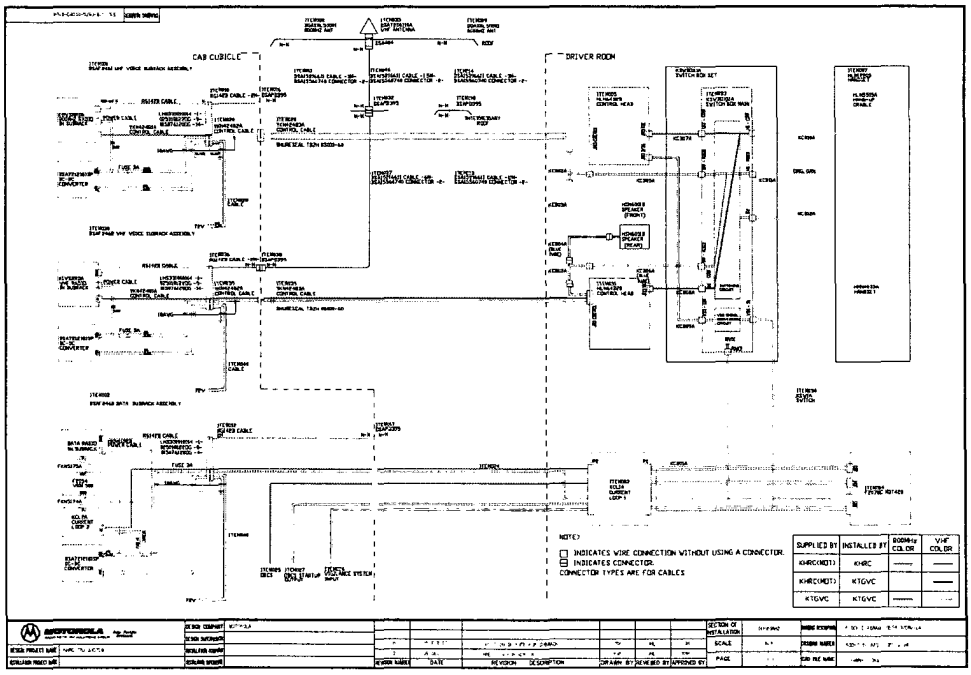


그림 3.1.2.14 TRS 구성도

② 내용

총 6회의 수리점검 중 주요 내용을 정리하면 아래와 같다.

○ 로템 창원공장내 수리점검(2004년 4월 19일 ~ 20일)

로템 창원공장내 수리점검에서는 Tx Power Output Test, Tx Frequency Error Test, TX Deviation Test, 단말기 수신 Test, Radio to Control Head, Switching Box, Sub Rack 점검, 최종 DMO Test를 수행하였다.

TRS 점검중 계측기(Site Master)를 사용하여 VHF 안테나(그림 2.1.2.16의 Item035 DSATDD6110A)의 VSWR 측정시 1.5이상으로 현시되어 VHF 안테나를 교체하였다. 아울러 안테나 교체후 차량 표면 도장으로 인해 정상적인 접지가 확보되지 못한 것을 교정하기 위해 Mount를 GND에 접속시키는 작업을 수행하였다. 작업수행후 VHF 휴대용 단말기를 사용하여 VFH 무전기를 테스트하였는데 양호한 결과를 얻을 수 있었다. UHF 무전기의 경우 지역이 KTX 고속선로에서 벗어난 창원지역인 관계로 정상 상태로는 KTX 열차무선설비망에 접속할 수 없기 때문에 TP1, TP2의 UHF 무전기를 DMO 상태로 설정하고 테스트를 실시하여 양호한 결과를 얻었다.

기타 사항으로 Subrack Assembly의 Cab Cubicle 체결상태를 재확인하고 망실된 볼프를 신규품으로 교체하였다. 이는 열차 주행중 발생하는 진동이 Subrack Assembly를 통해 FRB 콘넥터까지 전달되어 혼촉이 발생할 수 있기 때문이다.

○ 오송차량기지 정기점검 1회차(2004년 5월 17일)

71회 시운전시험 중 TP2의 UHF 무전기(ID 7002094)에서 음영구간(Out of Range)이 평택부근에서 발생하고 이러한 현상이 72회 시운전시험시에도 발생하여 광명역에 위치한 열차무선 Control Center의 협조를 구해 한국형 고속열차의 무전기를 모니터링하는 한편 오송차량기지에서 정기점검을 수행하였다.

Control Center 모니터링 결과, 일부 터널구간에 설치된 BDA(BiDirectional Amplifier) 고장으로 인한 것이었음이 판명되었다. 하지만 오송차량기지에서의 정기점검에서 통신케이블에 대한 VSWR이나 손실 측정을 했을 때 각각 1.25, 2.3dB로 양호한 결과를 보였으나 Watt Meter를 사용하여 Forward Power를 측정했을 때 50% Back Power가 발생함을 확인할 수 있었다. 이 현상의 원인은 UHF 안테나 및 UHF 안테나와 Subrack Assembly 사이의 케이블(그림 2.1.14의 Item014 DSA15216611과 Item013 DSA15216611)에 의한 것으로 판명되어 UHF 안테나를 Data 안테나로 교체하고 해당 케이블은 교체하였다.

작업후 RF 출력은 35W로 양호하였으며 TRS 휴대용 무전기(XTS3000)를 사용하

여 테스트한 결과도 양호하였다.

○ 오송차량기지 정기점검 2회차(2004년 7월 27일)

오송차량기지에서 정기점검 2회차 수행중 TP2의 UHF 무전기 송수신 불량이 발견되어 광명역에 위치한 열차무선 Control Center에 등록되어 있는 한국형 고속열차의 ID 삭제후 재등록을 하였으며 컴퓨터 내에 쌓여 있는 에러 메시지 삭제하였다. 원인으로 FRB 콘넥터가 의심이 되어 케이블(RF12D)을 직결시켰다. 또한 차량의 GND 레벨과 무전기 GND레벨을 동일하게 설정하기 위하여 샤시 GND를 연결하였다.

○ 오송차량기지 정기점검 3회차(2004년 8월 16일)

시운전시험 구간이 기존선 구간인 서대전역까지 확대되어 VHF 무전기에 대해 정기점검을 수행하였다. 테스트 중 송신시 무전기 Reset 현상이 발생하여 원인을 분석하였다. 이는 송신 출력시 무전기에서 많은 전력을 소모하여 무전기 보호회로가 동작으로 Reset이 발생한 것이었다. 계속적으로 FRB 콘넥터에 의한 영향이라고 업체에서 지적하여 로템과 콘넥터 구조변경을 협의하였으나 몇 가지 어려운 점이 발생되어 차후 재검토하기로 하였다. VHF 무전기를 정상으로 하기 위하여 FRB 콘넥터를 통하지 않고 직결 작업을 수행하였고 통화 테스트 결과는 양호하였다.

(7) 트리포드 손상 (4차년도)

(가) TFT 활동 개요

트리포드 손상에 대한 원인을 규명하고 향후 방지대책에 대한 기술적 분석을 담당함.

□ TFT 참여 인원 : 총 7명으로 구성

시운전단 3명, 추진장치 2명, 차량 시스템 2명

□ TFT 활동 경위 : 총 7회 분석 토의 및 결과 도출

- 1차 회의 개최 : 2006년 7월 6일
- 2차 회의 개최 : 2006년 7월 11일
- 3차 회의 개최 : 2006년 7월 13일
- 4차 회의 개최 : 2006년 7월 21일
- 5차 회의 개최 : 2006년 7월 27일
- 6차 회의 개최 : 2006년 8월 4일

(나) TFT 분석 내용 요약(세부내용 1-2과제 참조)

□ 장애 상황

5월 24일, 6월 28일, 7월 3일 주행시험 중 트리포드 절손 장애 발생

□ 장애 원인 분석 결과 요약

- 전체적으로 유도전동기의 특성을 고려한 구동장치 설계에 문제점이 있을 수 있으며 특히 유도전동기의 정격 토크 대비 순간 최대토크를 고려하여 설계될 필요성이 있음.
- 세 가지 경우 모두 1개 차축이 아닌 2개 차축에서 동시에 트리포드 Shaft의 절손이 일어났고, 윤축부위의 1차 감속기에 대한 성능검사결과 이상이 없기 때문에, 기계적인 결함으로 인해 문제가 발생했다고 볼 수 없음.
- 또한 절단된 파단면이 워낙 매끄럽기 때문에 피로가 누적되어 절손이 발생됐다고 판단하기는 어려우며 순간 과도토크에 의한 절손으로 판단됨.
- 트리포드 절손은 속도가 약 90km/h일 때 발생한 것이 아니고, '0'으로 떨어질

때 발생한 것으로 보아 견인전동기에 의한 순간적인 토크차를 발생시켰을 가능성이 있으며 이는 IGCT소자 소손 시 역상전류가 견인전동기로 유입될 가능성을 갖고 있고 이때 순간적인 역방향 토크가 발생할 가능성이 있는 것으로 판단됨.

- 모든 경우 IGCT의 소손과 관련되어 있으며 IGCT 소손방지를 위한 대책이 필요할 것으로 판단됨.

□ 향후계획

- 유도전동기와 이를 제어하는 전압형 인버터 제어방식의 설계상 소자소손 시에 발생될 수 있는 역상전류를 차단하기 위해서 인버터 출력단과 전동기 입력단 사이에 리엑터를 추가하여 순간 전류값을 낮출 수는 있으나 공간검토와 효과측면에서 시험적용한 후 채택할 필요성이 있음.
- 기계적으로 Tripod Shaft의 절손강도를 높이는 방안은 감속기와 유니버셜 조인트의 베어링 강도를 높여야 하기 때문에 관련 기계부품의 강도를 재설계할 필요성이 있으며 장기적인 조치가 필요할 것으로 판단됨.
- 저항 제동시 IGCT 소손방지를 위하여 최대전류 순시값을 제동한계를 확보하면서 최소한으로 제한할 필요성이 있으며 이에 대한 정확한 값 튜닝을 위하여 시운전 시험을 통한 최적값 도출이 요구됨.
- 트리포드 Shaft 토크의 정확한 측정을 위한 계측시스템을 구성토록 하며 MB의 전류값 모니터링을 위한 종합계측 시스템의 보완이 요구됨.

(8) 전차선 손상 (4차년도)

(가) TFT 활동 경위

전차선 관련 장애원인 및 대책 수립을 위해 시운전단에서 8명이 TFT팀에 참여하였고, 대학교수 2명이 자문위원으로 활동하였다. TFT 활동경위는 다음과 같다.

① 1차 회의 개최 : 2006년 8월 3일

② 2차 회의 개최 : 2006년 8월 10일

③ 3차 회의 개최 : 2006년 8월 16일

④ 중간 보고회 : 2006년 8월 22일

⑤ 4차 회의 개최 : 2006년 8월 24일

⑥ 최종 보고회 : 2006년 8월 29일

(나) 장애사항

① 2006년 7월 19일, 10시 14분 한국형 고속열차가 오송에서 광명 방향으로 시운전한 후 광명역 구내 8번 선로에서 정차 중 2번 동력차(PC2) 지붕 팬터그래프와 전차선 접촉부위에서 아크 발생과 함께 전차선 단선 및 광명역 구내 단전 발생

② 전차선 단선시에도 VCB는 차단되지 않았고, 판토그래프는 계속 올라가 있었음

③ 당시 차량상태는 Forward, 비상제동으로 MB 컨버터만 기동한 상태였음

④ 장애발생 후 Emergency 중립 → Forward 중립 → VCB 차단 → 판토그래프 하강 → Key off → Battery 취소 순서로 운전대를 조작하여 차량 보호 동작을 취함

⑤ 차량을 점검한 결과, PC2 주변압기의 안전밸브가 동작하여 절연유가 누유됨

⑥ MB 6호기의 컨버터 입력단의 단자대 및 케이블이 소손되고 인버터 IGCT 4개, 쵸퍼 IGCT 1개 등 총 5개가 소손됨

⑦ PC2 동력차 지붕에 가선이 단선되면서 주변압기 송풍기 커버에 아크가 튀고 판토그래프 습판이 아크로 인해 손상을 입음

(다) 본체 육안 검사

① 각 취부 상태

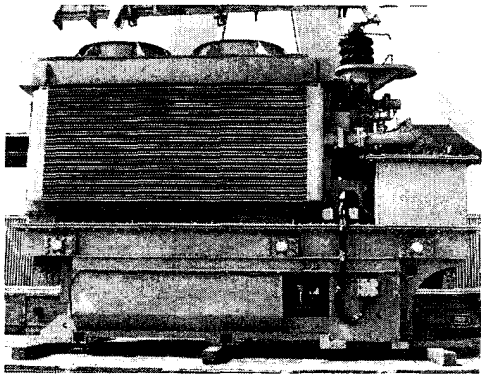


그림 3.1.2.15 동력차 주변압기 취거 사진(측면)

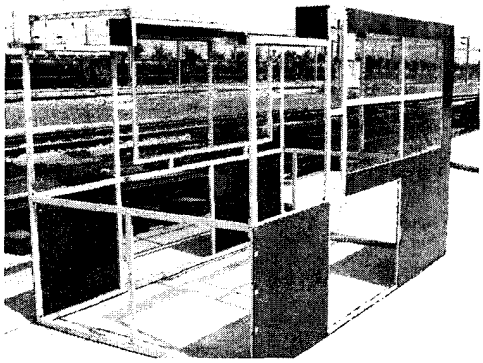


그림 3.1.2.16 동력차 주변압기 보호 앵글 사진

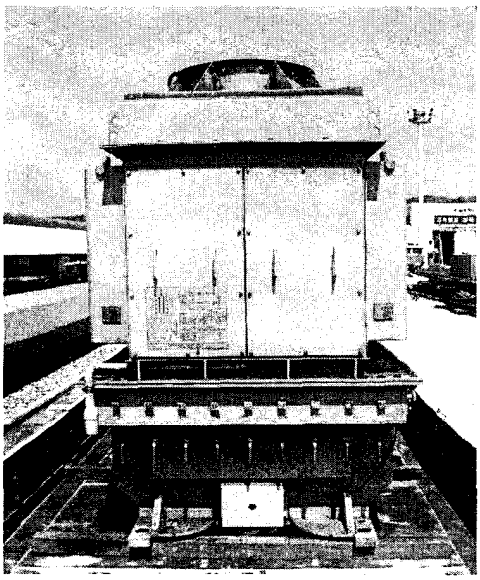


그림 3.1.2.17 주변압기 모터블럭 1차측 인입애자

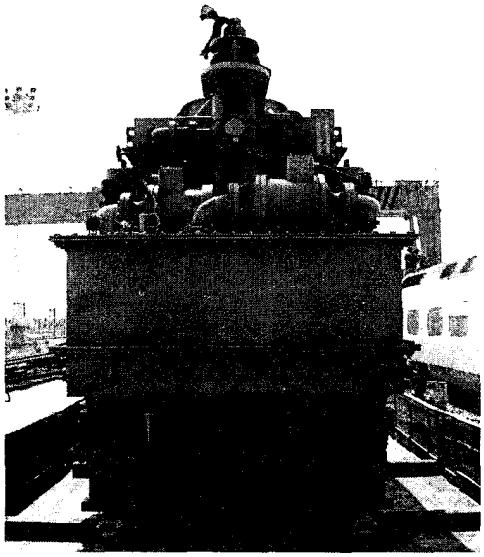


그림 3.1.2.18 주변압기 보조블럭 1차측 인입애자

(라) 재발방지 대책 및 향후 계획

① 과전류 검지 릴레이(HVOC) 교체와 함께 주변압기에 설치된 전류센서의 최대값을 정확하게 구하여 설정함

② 주변압기 오일펌프용 인버터는 KTX와 마찬가지로 상시 구동이 가능하도록 CVCF인버터에서 전원을 공급해주고, CVCF 고장시에 VVVF인버터에서 백업할 수 있는 구조로 설계를 변경함

③ 단, 구조설계 변경에 많은 시간이 소요되므로 변경되기 전까지는 정차시에도 오일펌프 모터를 60Hz로 돌려줘서 주변압기 냉각에 이상이 없도록 차량배선 및 프로그램을 수정함

④ OBCS는 각 장치의 ON/OFF와 고장상태를 정확히 파악하여 실제 고장 발생시에만 고장을 기록하도록 프로그램을 수정함

⑤ 현대중공업에서는 PC1과 TM5 주변압기 열화를 검토하여 다음과 같은 결과를 제출함

㉮ 절연유 가스 분석 결과 : 이상 없음

㉯ 절연저항 측정 : 이상 없음

㉰ 결론

1) 절연유 가스 분석 결과 및 권선절연저항 측정결과, PC1 및 TM5 주변압기의 현재 상태는 양호한 것으로 판단되며, 따라서 사용상의 문제는 없음

2) 그러나, 향후 운전시에는 규정된 냉각 조건으로 변압기가 운전될 수 있도록 조치가 필요하며, 규정운전조건은 다음과 같음

가) 오일 펌프(oil motor pump) : 상시 동작(고정부하)

나) 송풍기(motor fan) : 온도 및 속도에 따른 제어

(9) 세미 액티브 댐퍼 적용 (4, 5차년도)

(가) 세미 액티브 댐퍼 적용 연구 개요

① 연구의 필요성 및 목적

고속화, 고급화된 고속열차에서 승객들은 더 높은 차량 안정성과 승차감을 요구하고 있다. 이러한 추세에 종래에 사용되던 수동적 진동제어 방식의 현가장치에서 고정밀도, 고성능화가 요구되고 있는 실정이다. 승차감과 속도의 향상은 궤도 틀림 혹은 터널 통과등에 의한 진동에 큰 영향을 받게 되어 이러한 진동의 제어 기술이 요구되어 진다. 그러나 국내에서는 실차에 능동형 현가장치를 적용한 사례가 없다. 따라서 고속열차에 시험적으로 세미 액티브 댐퍼를 설치하여 능동형 제어시 차량 특성과 자료를 수집하여 자체 개발이 시급한 실정이다. 본 과제 연구 일환으로써 한국형고속열차에 승차감 향상을 위해 세미 액티브 댐퍼를 설치하는 방안을 검토하고자 한다.

② 외국의 진동제어 적용 현황

일본에서는 횡방향 진동 제어요구에 대해 액추에이터를 사용한 현가장치가 개발되어, 1984년 시험주행을 거쳐 일본 고속열차 신간선에 부착되어 현재 영업차량에 이용되고 있다. 현재 일본에서 세미액티브 진동제어 현가장치를 탑재한 신간선 차량의 현황은

- JR 토카이 700계 신간선 : 선두차량, 특실, 판토그래프 장착차량 등 7량
- JR 서일본 500계 신간선 : 선두차량, 특실, 판토그래프 장착차량 등 7량,
- JR 서일본 700E계 신간선 (레일스타) : 선두차량, 판토그래프 장착차량등 4량
- JR동일본 E2계 신간선 : 선두차량, 특실제외 전차량
- JR동일본 E3계 신간선 : 선두차량을 제외한 전 차량
- JR구주 구주신간선 : 전 차량

등에 이르고 있다. 이는 상업 운행중인 거의 대부분의 신간선이 세미 액티브 혹은 액티브 진동 제어기술을 사용하여 승차감을 향상 시켜 승객의 만족도를 높여 경쟁력을 높이고 있다고 할 수 있다. 또한 일본에서의 고속시험열차인 FASTECH 360에서는 전자식 액추에이터를 이용한 액티브 진동제어 시험을 수행하고 있다.

(나) 횡댐퍼의 제어 기대 효과

현재 한국형고속열차 객차대차에는 횡댐퍼가 설치되어 있지 않다. 4차년도에는 그림 3.1.2.19과 같이 TT2에 설치되어 있는 객차대차(4번, 5번 대차)에 각각 1개씩의 수동형 횡댐퍼를 가상으로 설치하여 승차감을 향상 시킬 수 있는 최적의 감쇠계수를 계산하였다.



그림 3.1.2.19 계산을 위한 가상의 횡댐퍼 설치 위치

댐퍼의 최적 감쇠 계수를 구하기 위한 시뮬레이션을 수행하기 위하여 .그림 3.1.2.20과 같이 TT2 양단에 수동형 댐퍼를 설치하도록 가정하였다. 동역학적 차량거동 해석을 위하여 AEA Technology사의 철도차량해석 프로그램인 VAMPIRE 를 사용하였다. 열차가 300km/h로 주행시 감쇠계수를 변화시켰때 객차의 횡진동 가속도 RMS가 최소값을 갖는 최적 감쇠계수를 찾아냈다. 이 감쇠계수로 경부고속선로를 주행시 승차감은 평균 16.6% 개선됨을 알 수 있었다.

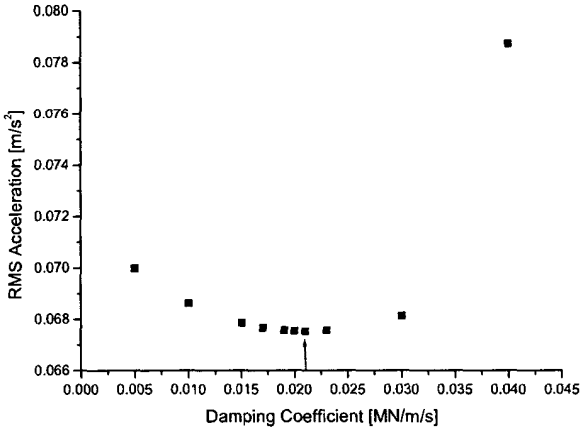


그림 3.1.2.20 댐퍼의 감쇠계수에 따른 차체 RMS가속도 변화

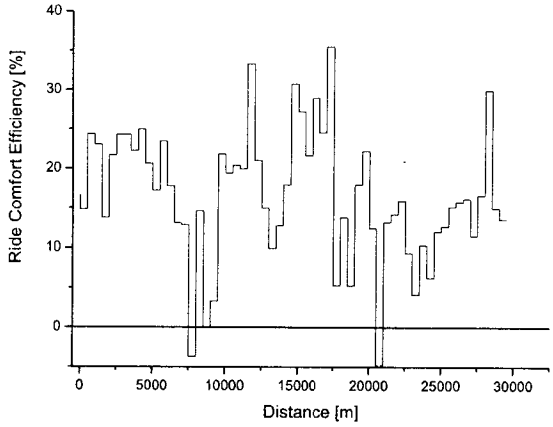


그림 3.1.2.21 승차감 향상도

이 결과로부터 감쇠계수가 변화하는 세미 액티브 댐퍼를 적용시 고정된 감쇠계수를 갖는 수동형 횡댐퍼의 적용시 보다 승차감이 향상될 수 있음이 기대된다.

(다) 한국형고속열차용 세미액티브 댐퍼의 설계

① 설치 방안 검토

진동제어 효과를 최대한 활용하기 위하여 열차의 특실(TT2) 양단에 위치한 2대의 객차대차에 설치 가능여부를 현차 및 도면 조사를 통하여 검토를 수행하였다.

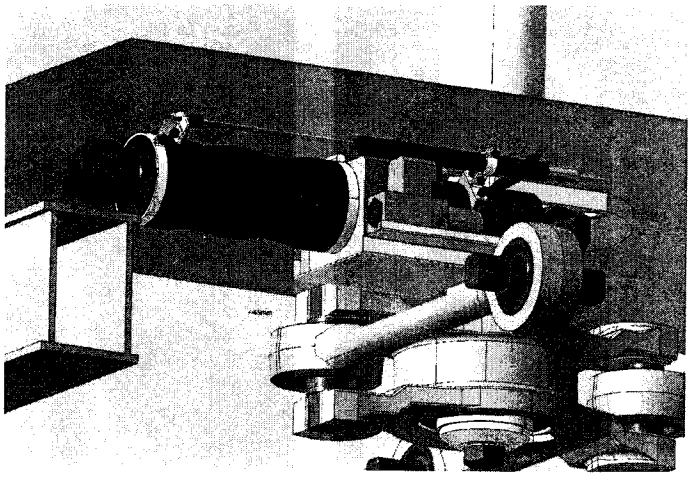


그림 3.1.2.22 객차대차 설치 검토

설치 방안을 다음과 같이 4개의 선정하여 검토하였다.

○ 센터 피봇과 와전류 제동장치 지지용 댐퍼 브라켓에 설치 안

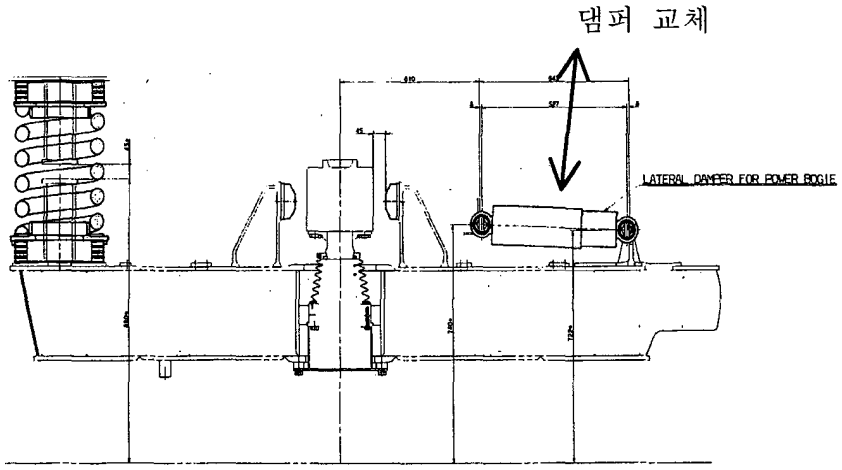
○ 센터 피봇 지지 플레이트과 대차 상부에 설치 안

○ 종방향 브라켓의 센터 피봇 플레이트 설치 안

○ 센터 피봇 지지 블록에 설치 안

객차 대차와 차체에 설치하는 4가지 방안에 대하여 스트로크 여유, 댐퍼의 차량 간섭, 차체 강도 약화 등을 비교 분석하였으나 시운전 시험시 안전성 및 신뢰성을 보장하기가 어렵다. 결국 객차대차와 차체 사이에 세미액티브 댐퍼를 설치하기 위해서는 대차의 설계 단계에서부터 설치 공간 및 댐퍼 고정용 브라켓을 제작함이 안정성을 확보할 수 있다.

대안으로 동력차 대차에 설치하는 방안을 검토, 채택하였다. 이는 현재 동력차 대차에는 각 대차당 1대의 횡댐퍼가 설치되어 있으므로, 이 횡댐퍼를 세미액티브 댐퍼와 교체하여 시험을 실시하는 방안이다.



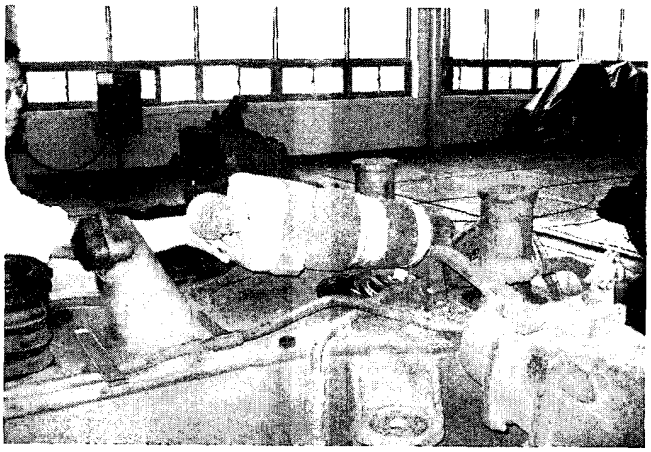


그림 3.1.2.23 동력차 대차 댐퍼 교체 안

이 안으로 댐퍼를 설치시 다음과 같은 장점을 얻을 수 있다.

• 기존 댐퍼 사양으로 설계 및 설치가 용이하다.

• 댐퍼 지지용 브라켓 강도의 문제가 없다.

이상과 같이 댐퍼 설치 위치 검토 결과, 동력차 대차에 설치하는 것이 바람직함에 따라 그림 3.1.2.24와 같이 동력차 PC1 양 대차에 세미 액티브 댐퍼를 설치하고, 차체에 가속도 계 2기를 부착하며, 제어기는 동력객차 TM1에 설치해서 시스템을 구성하도록 한다.

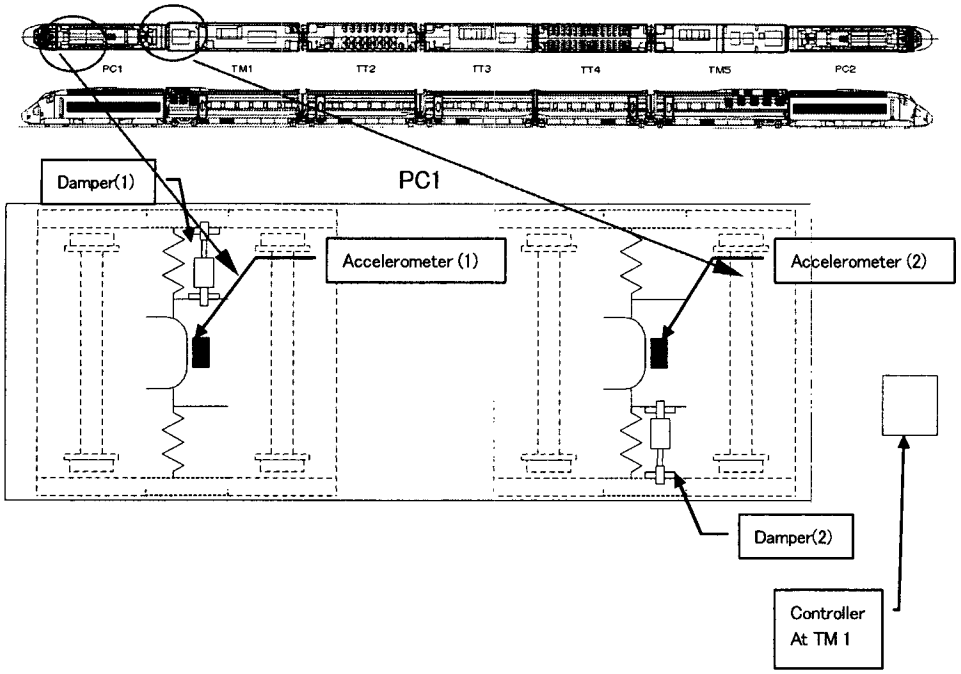


그림 3.1.2.24 세미 액티브 서스펜션 구성

② 제어 방식

한국형고속열차에 세미 액티브 댐퍼를 설치하여 스카이 후크 제어법을 사용하는 방안을 그림3.1.2.25과 같이 나타낸다. 교행, 궤도틀림 등으로 인해 횡적 외력, F가 차량이 작용하게 되면, 차체는 좌우로 진동이 발생하게 된다. 세미액티브 시스템에서 제안하는 제어기는 차체와 가상의 공간사이에 댐퍼를 설치, 차체의 절대속도, $\dot{Y}_b$에 비례하는 감쇠력과 등가의 감쇠력F'을 대차와 차체사이에 있는 댐퍼에서 발생토록 Sky-hook 알고리즘을 이용한다. 이 제어법은 일본 신간선에서 현재 사용되어지고 있고, 세미 액티브 댐퍼를 사용함으로써 수동형 댐퍼를 사용한 경우보다 차체 횡가속도가 0.9m/s^2 감소한 효과를 얻었다. 이때 사용된 댐퍼는 피스톤의 상대운동에 비례하는 감쇠력을 발생하지 않고, 절대속도와 비례하는 Sky hook 알고리즘의 감쇠력에 가까운 힘이 작용되도록 감쇠계수를 변화시킬 수 있는 가변 감쇠댐퍼이다. 동력차 차체에 가속도 센서를 부착하고, 절대 가속도가 각각 제어장치에 입력되어 적분하여 절대 속도를 구하고 이에 비례하는 감쇠력을 발생한다면, 수동형 댐퍼 이상의 승차감 향상 효과를 기대할 수 있다.

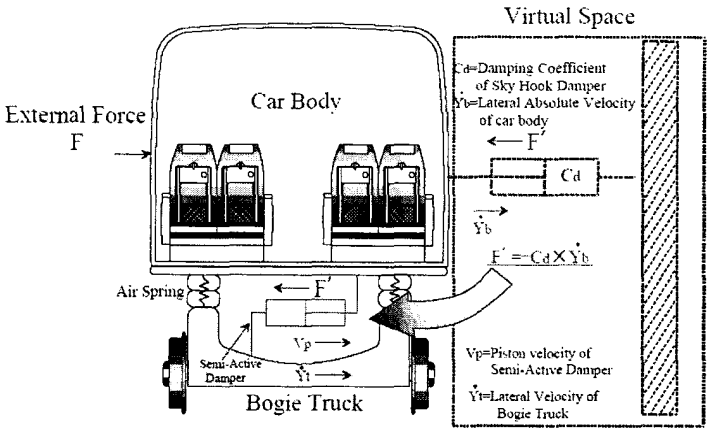


그림 3.1.2.25 세미액티브 댐퍼의 제어법과 시스템 구성

③ 세미액티브 댐퍼 설계 및 제작

본 과제에서 제안하는 Sky-hook 제어법을 채택하고 있다. 이 시스템을 실현하기 위해서 감쇠 계수를 변화 시킬 수 있는 가변 감쇠 댐퍼를 필요로 한다. 이 기술은 아직 국내에서 개발되지 않아, 세미액티브 서스펜션을 상용 열차에 투입한 실적이 있는 일본의 KYB사에 제작을 의뢰하였다. 상세 사양은 4차년도 보고서에 기재되어 있으며, 기존에 취부되어 있는 수동형 횡댐퍼의 사양을 포함하고 있도록 설계하였다. 설계된 댐퍼의 특성 곡선이 그림 3.1.2.26 에 나타나 있다. Passive 의 특성 곡선이 기존의 수동형 횡댐퍼 특성이며, 제어를 하지 않을 경우 혹은 제어기의 이상이 있을 때는 passive 감쇠 특성을 갖도록 설계하였다.

설계에 의해 제작된 2기의 댐퍼 감쇠 특성 곡선이 그림 3.1.2.27에 나타나 있다. 2대의 댐퍼 모두 양호한 세미액티브 특성 및 수동형 감쇠 특성을 갖고 있음을 알 수 있다. 또한 댐퍼의 시간 응답 특성이 그림 3.1.2.28에 나타나 있다. 점선이 차체의 절대 속도, 실선이 피스톤의 속도에 의한 감쇠력이다. (a)는 제어를 하지 않았을 때의 응답이며, 이때는 차체의 속도와 관계없이 피스톤의 속도에 비례하는 감쇠력이 발생하다. (b)는 제어를 실시했을때의 응답이며, 차체의 속도와 같은 방향의 감쇠력만이 발생하며, 다른 방향의 경우에는 최소의 감쇠력이 발생함을 알 수 있다. 이 현상이 세미액티브 댐퍼의 특징이다.

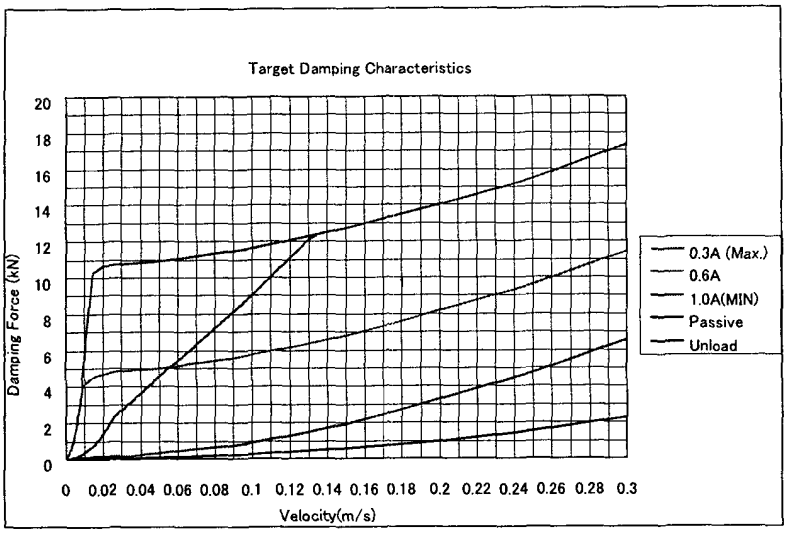
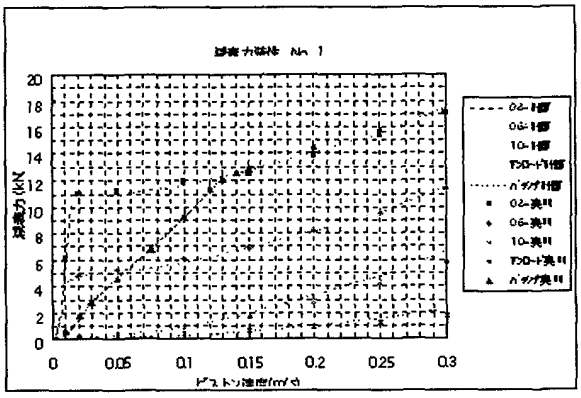


그림 3.1.2.26 한국형고속열차용 세미액티브 댐퍼 특성 곡선



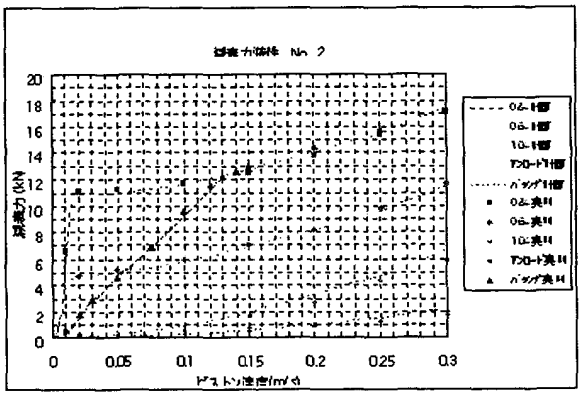
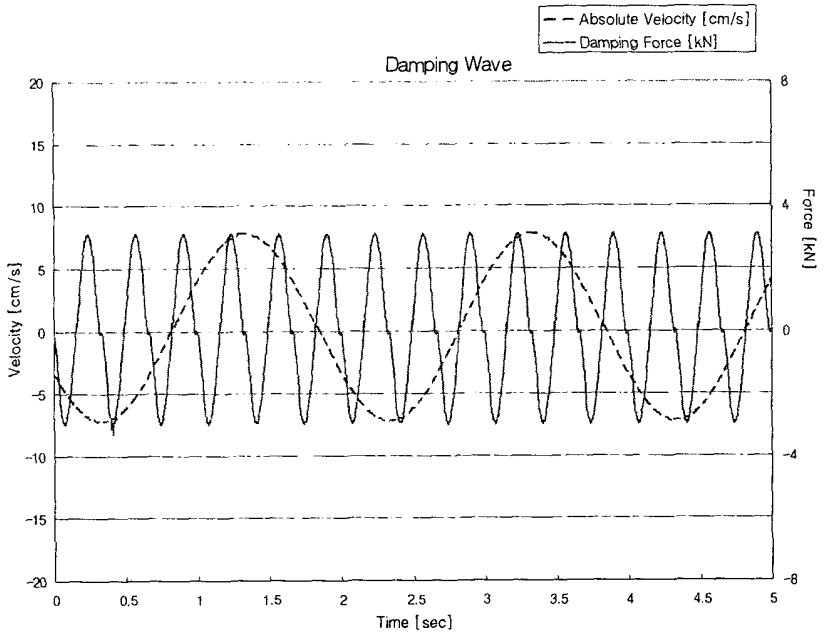
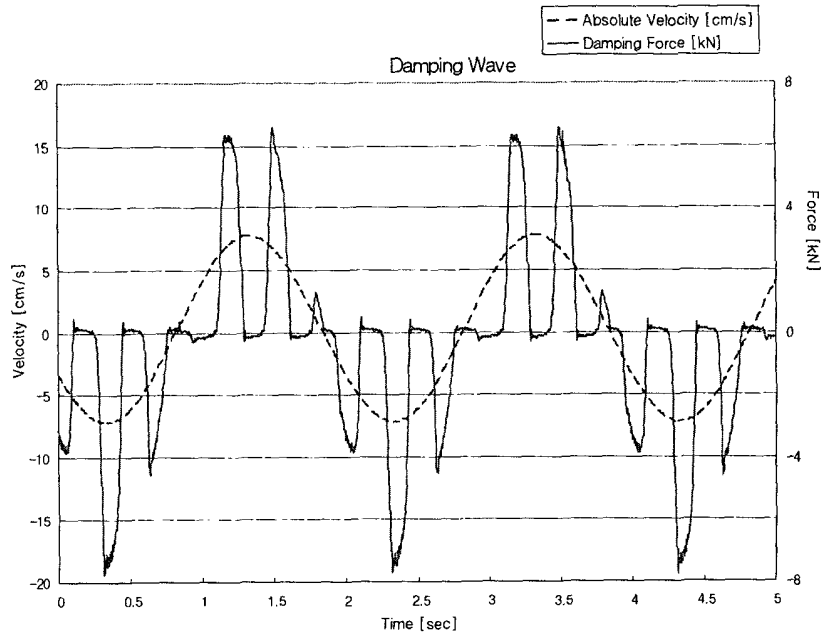


그림 3.1.2.27 제작된 댐퍼의 특성 곡선



(a) 비제어시



(b) 제어시

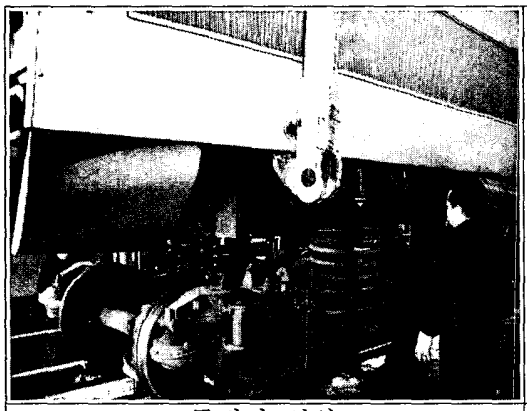
그림 3.1.2.28 댐퍼의 시간 특성 곡선

④ 댐퍼의 취부

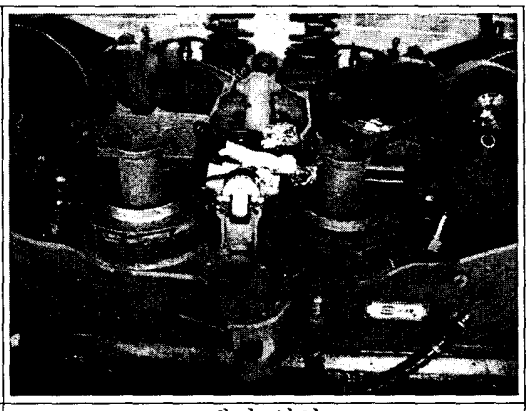
동력차 대차의 횡댐퍼는 대차의 안쪽에 위치하므로 댐퍼를 교체하기 위해서는 동력차 차체를 인양기로 들어 올려서 작업을 수행하여야 한다. 본 작업은 2007년도 상반기 공장점검시 창원공장에서 인양기를 이용하여 수행하였다. 작업 순서는 다음과 같다.

- O 케이블 경로를 위한 차량의 공간 확보
- O 동력객차(TM1) 객실에 제어기 설치
- O 동력차(PC1) 대차 분리 및 차체 인양
- O 기존의 횡댐퍼 2기 탈거
- O 세미액티브 댐퍼 취부
- O 케이블 설치 및 연결
- O 대차와 차체의 조립
- O 세미액티브 시스템의 동작 확인

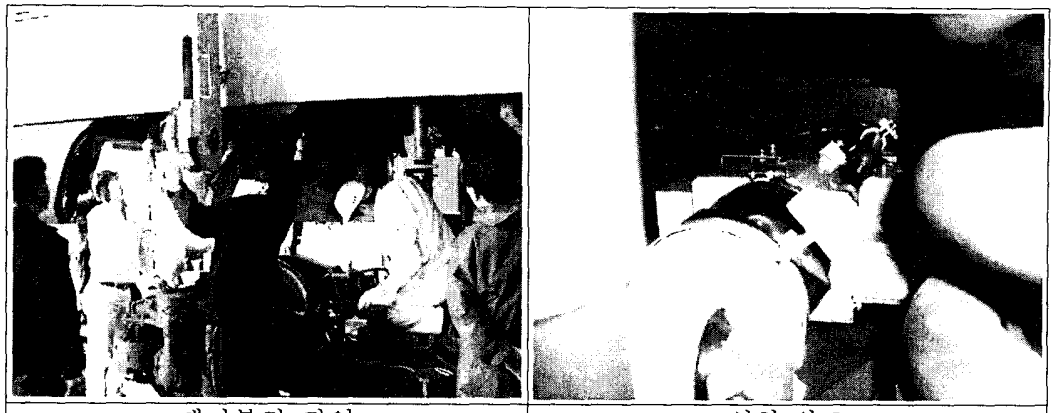
시스템의 안전을 위하여 별도의 UPS 를 설치하여, 제어기의 전원 공급이 안될 경우 시스템을 정상적으로 종료하여 이상 동작을 방지하도록 하였다. 또한 각 댐퍼에는 스트로크와 감쇠력을 측정하기 위하여 변위센서 및 압력센서를 부착하였다.



동력차 인양



댐퍼 설치



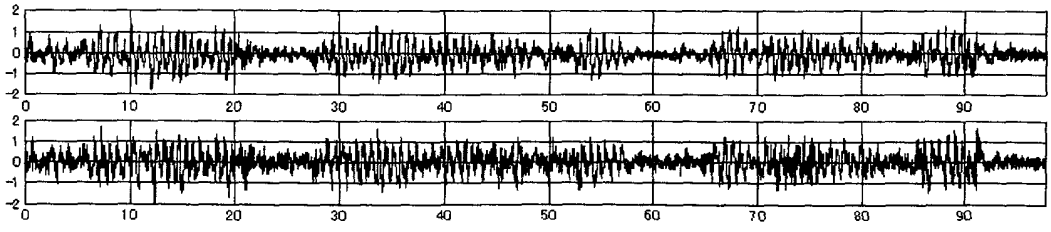
케이블링 작업 | 설치 완료

그림 3.1.2.29 댐퍼 설치 작업

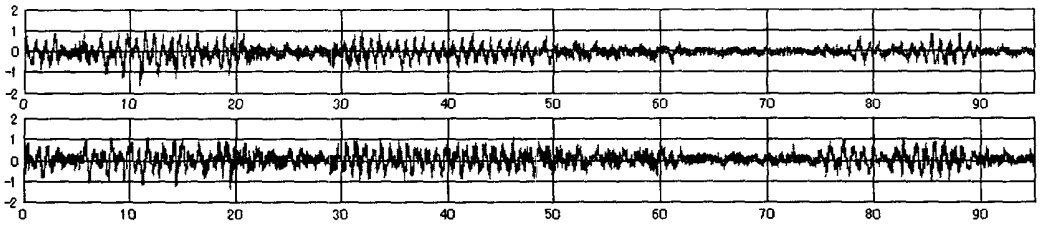
(라) 세미 액티브 제어

세미액티브 시스템이 설치 완료된 이후 경부 고속 선로에서 제어 시험을 실시하였다. 시험은 시스템이 설치된 동력차가 주행시 선두가 되도록 하행 제어 시험을 수행하였다. 구간은 KP193~200이며, 속도는 300km/h가에서 시험을 실시하였다.

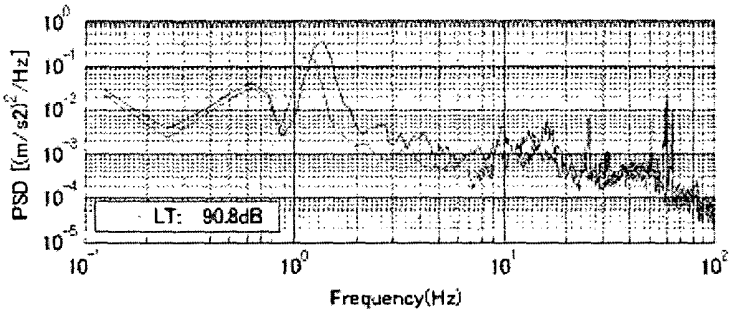
최초 하행시 시스템에서 passive 제어를 실시하고, 2번째 하행시 세미 액티브 제어를 실시하였다. 시험 결과가 그림 3.1.2.30 에 나타나 있다. y축이 차체에 설치된 2기의 가속도의 응답으로 각각 설치된 댐퍼 위치에서의 차체 가속도 응답이다. (a)가 기존 댐퍼의 제어시 (수동형 제어)이며 (b)가 세미액티브 제어의 결과이다. 시간응답에서 알 수 있듯이 세미액티브 제어를 수행함으로써 차체 횡가속도가 감소되는 효과를 얻을 수 있다. 차체의 횡가속도 크기(Peak-Peak)는 세미액티브 제어를 수행할 경우 약 23% 감소효과($2.6m/s^2 \rightarrow 1.95m/s^2$)가 있었으며, 주파수 영역의 분석에서도 약0.17 dB 감소효과(0.31dB → 0.14dB)가 있다.



(a) 비제어시



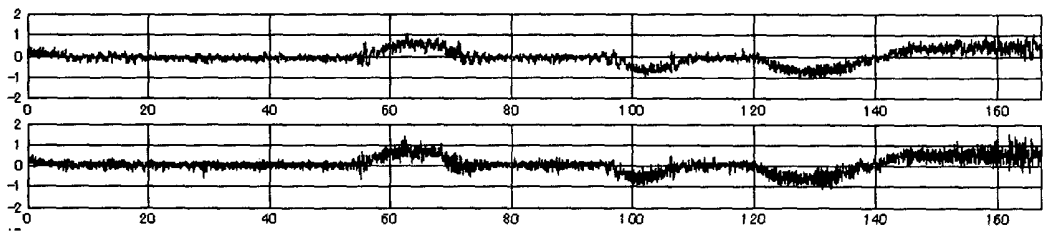
(b) 세미액티브 제어



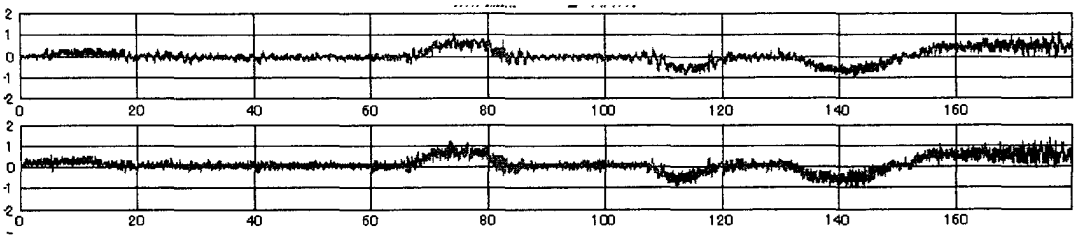
(c) 주파수 분석결과

그림 3.1.2.30 선두차 세미액티브 제어시험

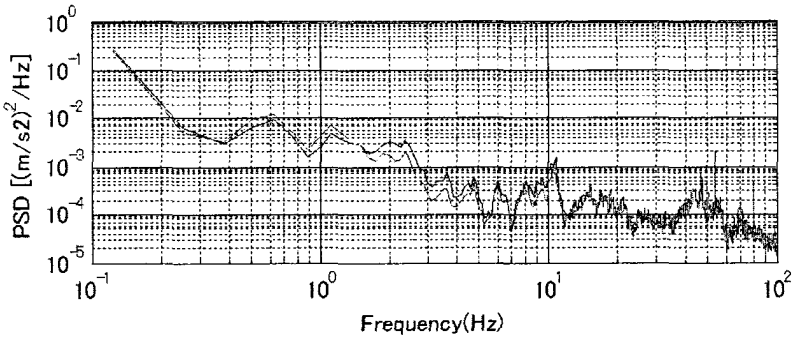
한국형고속열차가 상행 주행시 세미액티브댐퍼가 설치된 동력차(PC1)은 진행방향의 후미에 위치하게 된다. 동일한 300km/h로 KP240~218 T2 선로에서 시험을 실시하였다. 시험결과가 그림 3.1.2.31 에 나타나 있다. (a)가 수동형제어, (b)가 세미액티브 제어의 실시 후 차체 횡가속도의 시간 응답이다. 차체의 횡가속도는(Peak-Peak)는 약 14%의 감소효과($0.7m/s^2 \rightarrow 0.6m/s^2$)가 있으나, 주파수 영역에서는 일부 0.01dB의 개선효과가 있는 것으로 분석되었다. 따라서, 전체적으로 후미에 위치한 동력차는 횡가속도의 영향이 크지 않음을 알 수 있으며, 세미액티브의 효과가 크지 않는 결과를 얻었다.



(a) 비제어시



(b) 세미액티브 제어



(c) 주파수 분석결과

그림 3.1.2.31 후미차 세미액티브 제어시험

본 연구에서는 국내 최초로 세미액티브 댐퍼를 동력차에 적용하였다. 동력차가 주행방향 선두에 위치할 경우, 세미액티브의 효과가 나타나나, 후미에 위치할 경우에는 큰 효과가 나타나지 않는 결과를 얻을 수 있었다.

다. 시운전시험결과에 대한 참여기업의 활용

(1) 참여기업 지원내용

(가) 개요

시운전시험을 통해 획득된 데이터는 오송기지에서 철도연으로 가져온 후, 후처리 프로그램을 동작시킨 후에 정밀 분석에 들어가고 있다. 보다 신속하게 성능을 평가하고 고장원인을 찾기 위해 시험데이터는 분석과 동시에 관련된 참여기업들에게 제공되었다. 과제수행 기간 동안 방대한 데이터 분석 자료가 해당업체에 보내졌는데, 설계 변경 또는 문제발생에 따른 주요 지원내용을 살펴보면 표 3.1.2.13과 같다.

표 3.1.2.13 주요 지원내용

관련 내용	주요 지원내용
동력차 롤링	롤링 현상 파악 및 대책 지원
8번 대차 교체	동력대차를 새로 제작한 부수대차로 교체한 뒤에 기존의 부수대차와 특성을 정밀하게 비교분석
판토그래프	이선 및 편위 위치 등을 검토하여 데이터 지원
모터블럭 1호기의 IGBT 소자 채용	MB 1호기의 IGCT를 IGBT소자로 교체한 후에 조기에 MB 안정화가 될 수 있도록 지원
모터블럭 고장	고장의 대부분이 통신고장, 컨버터 입력과전류, 컨버터 출력과전류, 인버터 출력과전류 등 분석
보조블럭 차단	보조컨버터의 경우에는 모터블럭과의 인터페이스, 입력과전류, 입력과전압 등 원인분석
제동장치 불완전 동작	일부 제동장치가 제어기 이상 또는 덤프밸프의 미동작 등 제동장치 동작분석
디스크 패드 크기 변경	디스크 패드의 크기 변경이 제동성능에 미치는 영향을 분석 제공
트리포드 손상	제동장치, 감속기어와 같은 기계장치보다는 모터블럭에 의해 트리포드 절손 원인분석(카메라를 설치하여 집중적으로 모니터링함)
전차선 손상	여러 요인이 복합적으로 작용하여 전차선이 손상되었으나 가장 큰 원인은 차량 보호회로기능의 미비인 것을 찾아냄

덧붙여 설명하면, 1차년도와 2차년도의 경우에는 시운전시험시에 고장이 발생하면 업체의 특별한 요청이 없더라도 고장의 원인규명을 위한 자료를 제공하였다. 이 때는 1주일에 1회 정도만 시운전을 실시하였기 때문에, 크고 작은 고장원인을 찾기 위한 자료를 업체가 요청하지 않아도 대부분 철도연에서 고장발생 전후의 파형들을 분석하여 제공하였다.

예를 들어, Motor Block IGCT가 소손되면 해당 Motor Block의 주요 신호들, 즉 가선전압, 토크지령치, DC링크전압, 컨버터 1군 전류, 컨버터 2군 전류, 인버터 U상 전류, 인버터 V상 전류, 인버터 W상 전류와 함께 Auxiliary Converter 출력전압, VCB상태, 추진 및 제동신호, PWM값 등을 고장발생 유형에 따라 다르게 채널을 설정하며 분석한 파일을 업체에 송부하였다.

변압기와 전동기에 대한 전기적, 기계적 특성을 확인하기 위해 운행중 온도가 가장 높이 올라가는 전동기의 고정자 코일과 외함에 미리 온도센서를 설치하여 전동기의 온도시험을 수행하였고, 변압기의 오일과 외함온도 계측을 통해 계절별, 속도별, 운행시간에 따른 전장품의 성능을 확인해 주었다. 그리고 신선 및 기존선 구간에서의 온도 특성변화에 대한 자료도 분석하였다.

그림 3.1.2.32과 그림 3.1.2.33는 시운전 시험을 수행하면서 신선 구간에서의 변압기와 전동기의 온도특성을 살펴본 것이다. 변압기 오일의 기준 온도는 135℃, 변압기 외함의 기준 온도는 190℃이고, 전동기의 온도는 180℃이므로, 변압기와 전동기 모두 기준값 이내에 존재하는 것을 알 수 있다.

또한, 차량성능과 관련되어 슬립/슬라이드 시험시의 차축속도와 동력대차 및 부수대차의 비교, 설계값과 실제 견인력의 비교, Master Controller 급변시의 Motor Block차단 등에 대한 고장진단을 수행하였다. 그림 3.1.2.34은 기관사가 마스콘을 급격하게 조작할 때, 노이즈에 의한 영향으로 IGCT 소손이 발생한 현상을 보여준다.

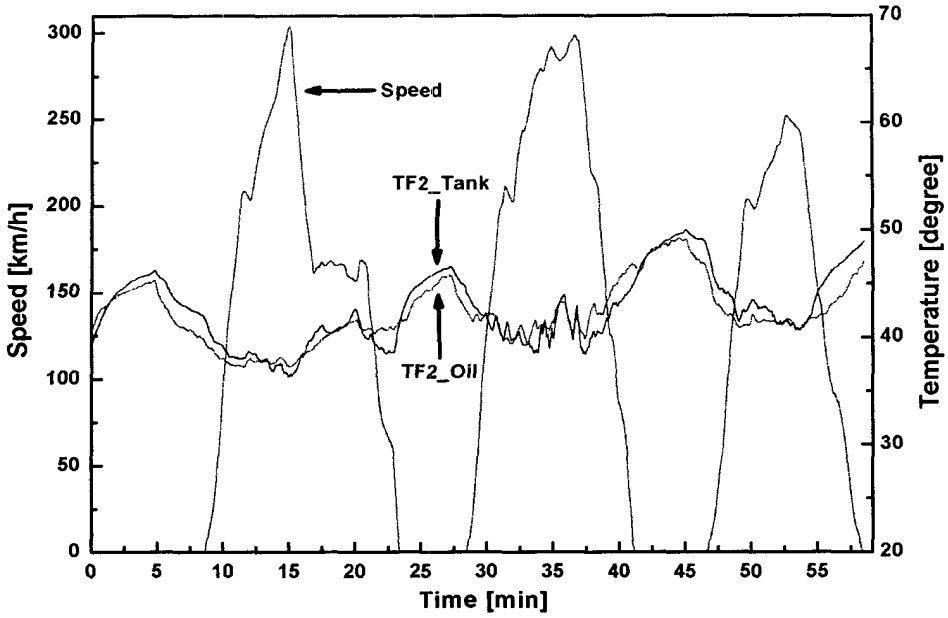


그림 3.1.2.32 신선에서의 변압기 온도 특성

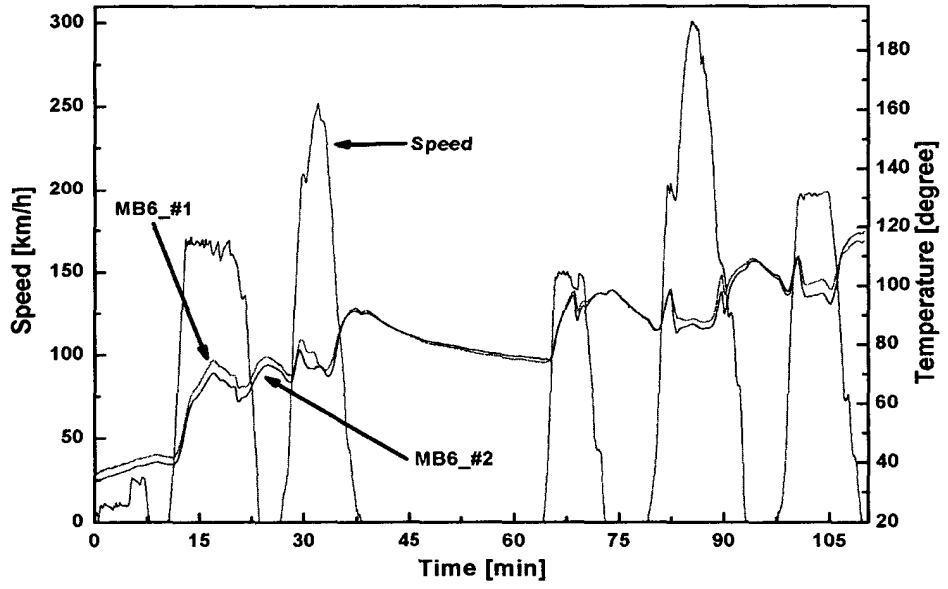


그림 3.1.2.33 신선에서의 전동기 온도 특성

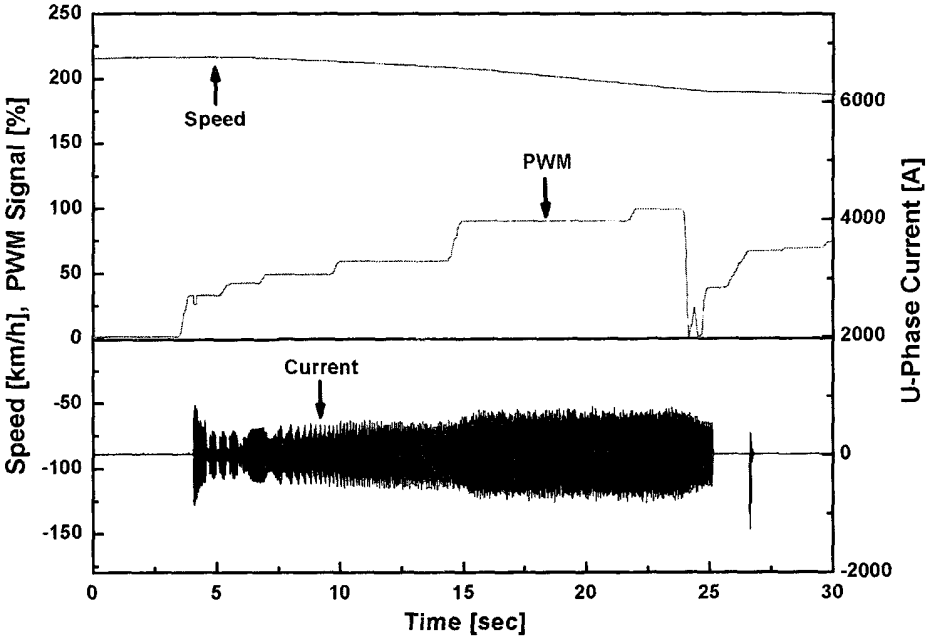


그림 3.1.2.34 IGCT 소손시의 주요 신호

3차년도부터는 1, 2차년도와는 달리 주 4회 시운전을 실시하고, 하루에 운행하는 시간과 거리도 크게 늘어나 모든 고장발생시의 시험파형을 분석하는 것이 현실적으로 어렵기 때문에, 업체에서 요청하는 자료와 주요 고장발생시의 데이터를 중심으로 분석하여 보내주었다.

업체에서는 주로 Motor Block이 차단될 때의 파형과 Auxiliary Converter 차단시의 파형들을 중심으로 요청하였다. 예년과 마찬가지로 속도, 추진 및 제동신호, PWM값, 토크지령치, 토크실측치 등을 중심으로 추진장치와 보조전원장치에 대한 시험결과를 분석하였다. 또한 PWM값이 클 때, 고속영역에서 추진장치가 차단되는 현상을 발견하여 추진장치의 안전성과 신뢰성 확보에 도움을 줄 수 있었다.

증속시험과 차량성능 평가를 위한 시험데이터는 업체의 요청이 없더라도 각 전장품과 차량 성능확인을 위해 분석하였다. 증속시험의 경우에는, 속도가 증가함에 따라 각 전장품이 정상적으로 동작하는가를 확인하기 위해 전차선전압, VCB상태, 추진장치 및 보조전원장치의 각종 신호를 검토하였다.

아울러, 아래에 언급되는 내용들은 업체에 제공했던 방대한 데이터들 중의 일부로, 고속영역에서 답면제동 사용 조정과 통신고장, 전원공급장치 과전압 등에 의한

모터블럭 차단에 대하여 살펴본 내용이다.

(2) 고속 영역에서 답면제동 사용 조정

(가) 개요

모터블록의 운용이 6MB에서 4MB로 됨에 따라 차단된 2MB의 동력 대차에는 상시 답면제동이 투입되고 있으며, 고속 영역에서 답면이 지속적으로 투입됨에 따라 차륜 마모 및 Brake Shoe의 급격한 마모 발생에 따라 사용 여부에 대한 재검토를 수행하고 개선 방안을 제시함.

(나) 답면제동 설정 및 문제점

① 답면제동장치 동작

㉮ 상용제동시 모터블록과 동일 대차 내에서 Cross Blending 함.

㉯ 상용제동 지령시 투입 Sequence

1) 제동 지령 인가시 ECU에서는 BC압을 출력하여 제동력 발휘

2) 모터블록으로부터 전기제동 달성 신호 입력시 감압하며, 미입력시에는 투입 압력 유지

3) 비상제동 지령시에는 설정된 제동 압력 투입

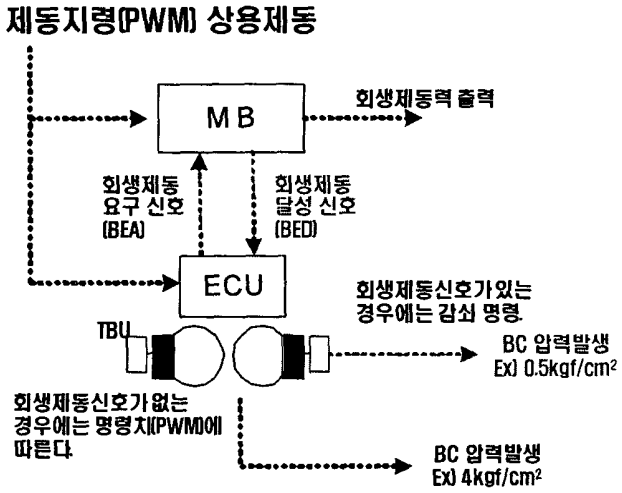


그림 3.1.2.35 동력대차의 Cross Blending 개념도

② 초기 설계 단계 설정

㉮ 초기 설계단계에서 답면제동은 상용제동시에만 20km/h 이하의 속도 대역에서 투입되도록 계획되었음.

③ 답면제동 투입 변경

㉮ 시운전시험 과정에서 모터블록의 차단 및 미 작동으로 인하여 차량 전체 제동력의 확보를 목적으로 답면제동 투입 속도대역을 그림 3.1.2.5와 같이 2차에 걸쳐 변경함.

㉯ 이후 추가적인 변경을 통하여 고속영역에서의 제동력을 더욱 많이 발휘하도록 답면제동장치의 제동력을 높여서 운행함.

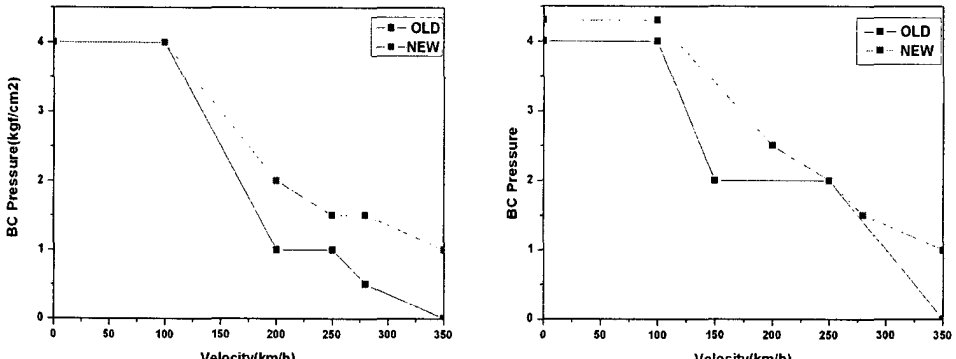


그림 3.1.2.36 답면제동력 수정 (1차, 2차)

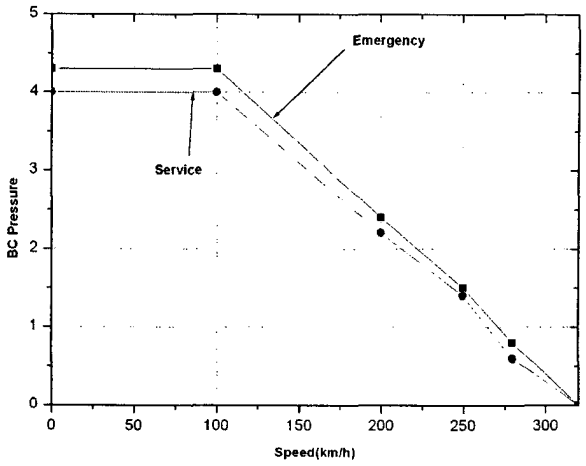


그림 3.1.2.37 현재 설정된 답면제동실린더 압력

④ 발생 문제점

㉮ 안전성과 신뢰성 시험 과정에서 모터블록 2대를 차단하고 4대만을 가동한 상

태로 안전성과 신뢰성 확보를 위한 시험을 수행함에 따라 모터블록이 차단된 대차의 답면제동이 고속 영역에서부터 정지시까지 지속적으로 투입됨.

㉯ 이에 따라 답면의 마모가 심하게 발생하며, 이상 마모 및 열크랙이 발생

㉰ Brake Shoe의 마모가 심하게 발생하여 잦은 교체 발생

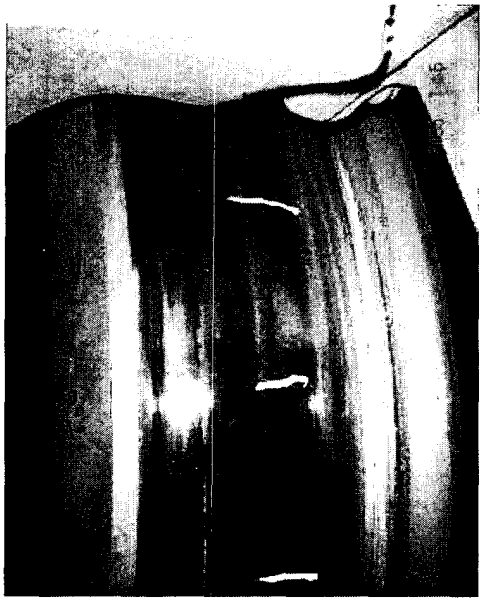


그림 3.1.2.38 차륜 답면 마모 및
열크랙 발생 모습

표 3.1.2.14 Brake Shoe 교체 주기 비교

구 분	9번 대차	10번 대차	비고
'05. 10. 17	신품 교체	신품 교체	
'05. 11. 15	-	교체 (6,293 km)	야간시험 2회
'05. 01. 25	교체 (18,332 km)	교체 (11,409 km)	야간시험 1회

(다) 한국형고속열차 제동력 및 제동력 곡선

답면제동력이 열차 전체의 제동력에서 차지하고 있는 비율을 검토하기 위하여 각 제동장치의 제동력에 대한 검토를 수행하였으며 이에 대한 결과는 다음과 같다.

① 디스크 제동력 (대차당)

표 3.1.2.15 속도별 디스크 제동력 검토 결과

속도(km/h)	상용제동		비상제동	
	제동력(kN)	BC 압력	제동력(kN)	BC 압력
0	30.823	4	33.444	4.3
8	30.823	4	33.444	4.3
20	29.075	3.8	30.823	4
100	29.075	3.8	30.823	4
180	26.454	3.5	28.201	3.7
320	9.815	1.6	17.715	2.5

② 휠디스크 제동력 (대차당)

표 3.1.2.16 속도별 휠디스크 제동력 검토 결과

속도(km/h)	상용제동		비상제동	
	제동력(kN)	BC 압력	제동력(kN)	BC 압력
0	9.532	4	10.343	4.3
100	9.532	4	10.343	4.3
200	2.776	1.5	3.587	1.8
250	2.776	1.5	3.587	1.8
280	2.776	1.5	2.776	1.5
320	1.425	1	1.425	1

③ 답면 제동력 (대차당)

표 3.1.2.17 속도별 답면 제동력 검토 결과

속도(km/h)	상용제동		비상제동	
	제동력(kN)	BC 압력	제동력(kN)	BC 압력
0	23.169	4	25.095	4.3
100	23.169	4	25.095	4.3
200	11.000	2.2	12.980	2.4
250	6.000	1.4	7.117	1.5
280	1.000	0.6	2.622	0.8
350	0	0	0	0

④ 회생 제동력 (대차당)

㉮ 상용제동 : 견인력의 80%

표 3.1.2.18 상용제동시 속도별 회생 제동력 검토 결과

속도 (km/h)	대차당 제동력 (kN)	비고
0 ~ 8	0	
8 ~ 20	40/12*(V-8)	
20 ~ 97	40	
97 ~ 125	40-4.16/28*(V-97)	
125 ~ 200	35.84-0.066133*(V-125)	
200 ~ 350	6163.2/V	

㉯ 비상제동

표 3.1.2.19 비상제동시 속도별 회생 제동력 검토 결과

속도 (km/h)	대차당 제동력 (kN)	비고
0 ~ 8	0	
8 ~ 20	42/12*(V-8)	
20 ~ 165	42	
165 ~ 350	6930/V	

⑤ 저항 제동력 (대차당)

㉮ 상용제동 : 회생(상용)제동력의 60%

㉯ 비상제동 : 회생(비상)제동력의 50%

⑥ 제동장치별 대차당 제동력 곡선

㉮ 상용 회생 (현재)

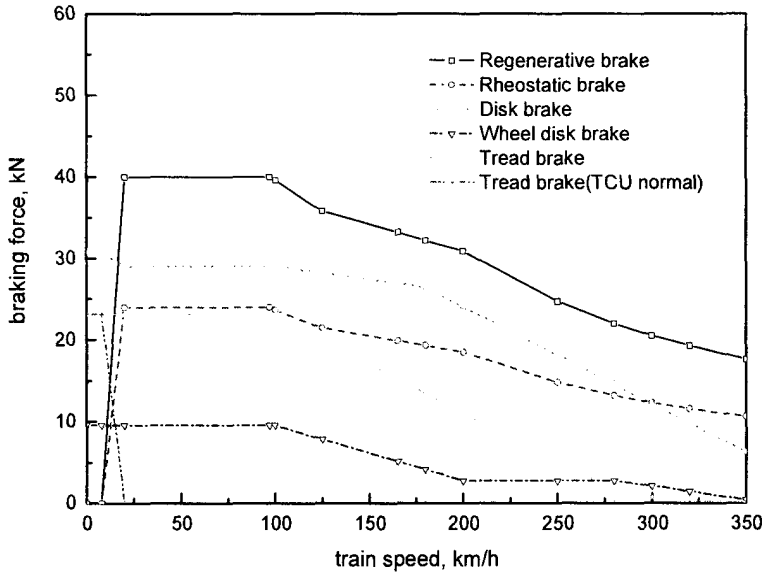


그림 3.1.2.39 상용 회생시 제동장치별 대차당 제동력 곡선

㉯ 비상 회생 (현재)

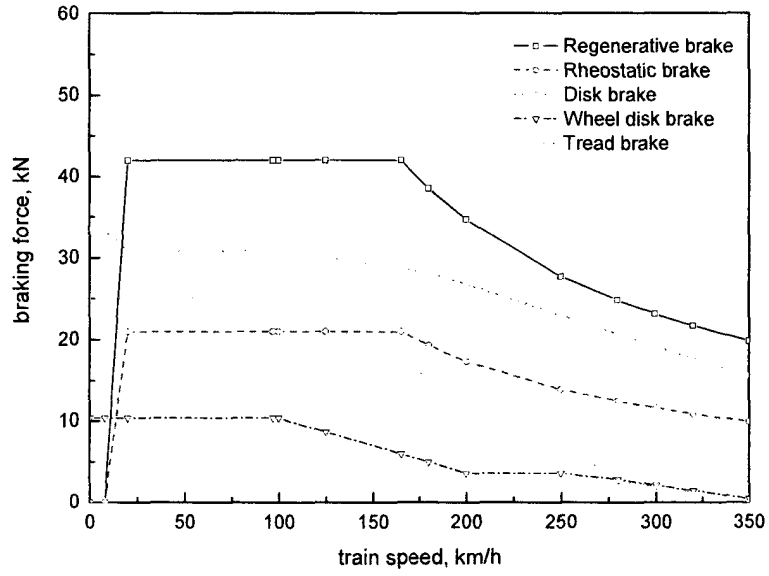


그림 3.1.2.40 비상 회생시 제동장치별 대차당 제동력 곡선

⑦ 차량 전체 제동력

㉮ 상용 회생 (현재)

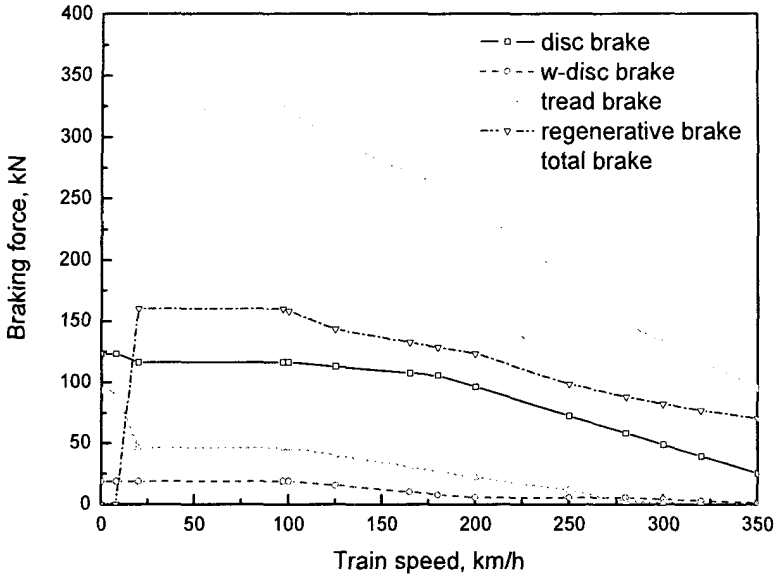


그림 3.1.2.41 상용 회생시 차량 전체 제동력 곡선

㉯ 비상 회생 (현재)

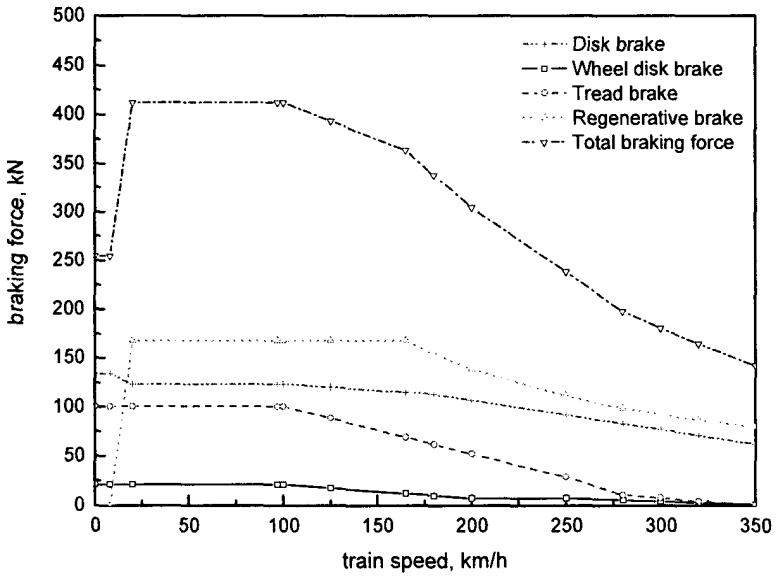


그림 3.1.2.42 비상 회생시 차량 전체 제동력 곡선

(라) 답면제동 개선 방안 검토

답면제동 투입에 대한 개선 방안 검토를 위하여 현재 운행되고 있는 KTX이 답면제동 투입 조건과 비교하였으며, 답면재동이 차지하는 비율을 검토하여 개선 방향을 정하고 이에 따른 영향을 검토하였다.

① KTX 열차의 답면제동 투입조건 및 제동력 검토

KTX의 답면제동 투입조건은 아래와 같으며, 비상 저항제동이외의 경우에는 저속영역에서만 투입되도록 설정하고 있음.

표 3.1.2.20 KTX 열차 답면제동 투입조건

조건			답면제동 투입 범위
편성 운행	상용제동	회생제동	12km/h 이하 속도
		저항제동	34km/h 이하 속도
	비상제동	회생제동	20km/h 이하 속도
		저항제동	모든 속도
동력차 단독 운행 경우			모든 속도

② KTX 열차의 제동장치별 제동력 곡선

㉮ 제동장치별 제동력 곡선 (대차당)

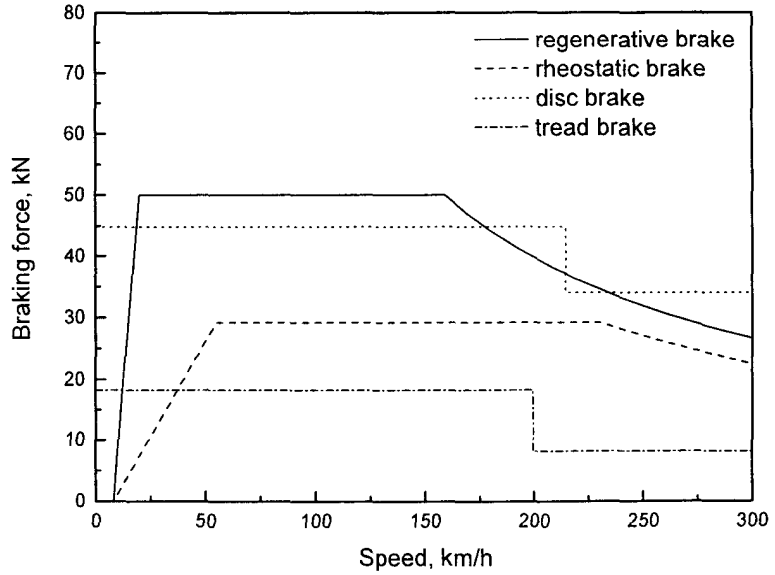


그림 3.1.2.43 KTX 열차 제동장치별 제동력 곡선

㉯ 상용 회생제동 경우의 차량 전체 제동력 곡선

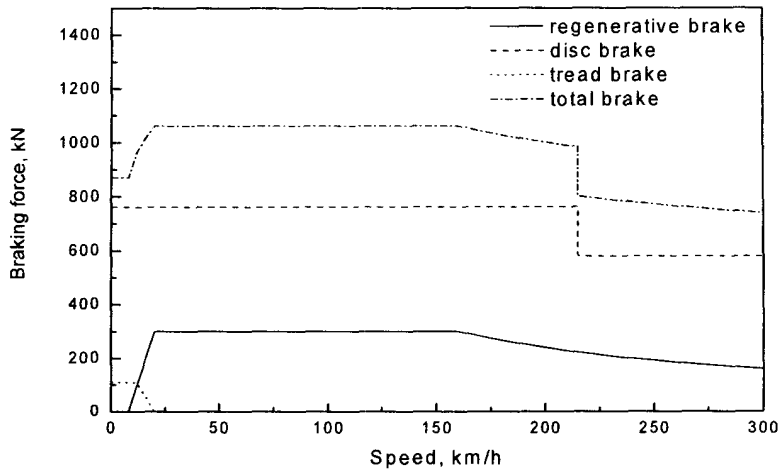


그림 3.1.2.44 상용 회생제동시 차량 전체 제동력 곡선

③ 답면제동 검토

㉮ 고속 영역에서부터 투입됨에 따라 차륜 답면의 열화가 발생됨.

㉯ 가능한 낮은 속도에서 투입되는 것이 바람직함.

㉰ 차량 전체 제동력에서 2개의 대차에 해당하는 답면제동력이 차지하는 비중이 약 12% ~ 14% 정도임.

1) 초기 설계와 같이 20km/h 이하 영역에서 투입되는 것은 다소 무리가 있음

2) 100km/h 이하의 속도 영역에서 답면제동이 투입되는 것으로 검토함.

3) 100km/h 이하의 속도에서 답면제동이 투입되는 경우에 대한 제동력 곡선은 그림 3.1.2.14와 같다.

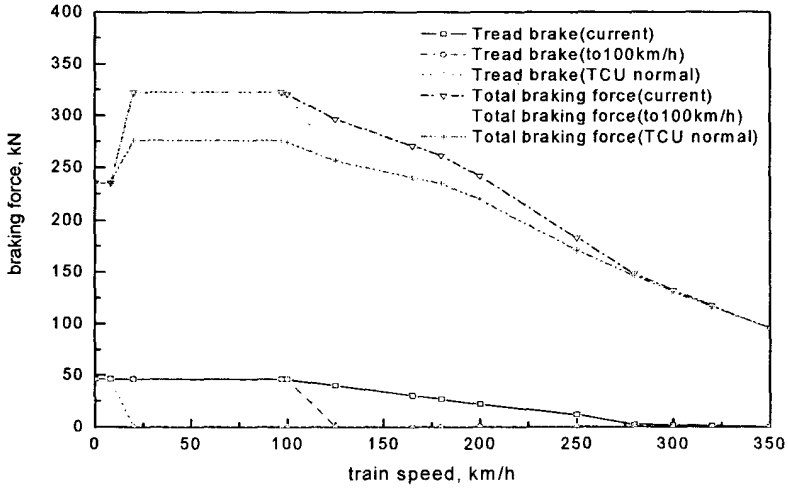


그림 3.1.2.45 답면제동 투입 속도대역 변경에 따른 제동력 곡선

④ 제동거리 검토

㉮ 야간 시운전 시험 결과 및 시뮬레이션(유진) 결과 검토

㉯ 시운전시험 계측 결과 4MB 상용 회생제동의 경우 제동거리는 5,290m 이며, 시뮬레이션 결과는 5,513m 임.

표 3.1.2.21 제동거리 검토 결과

제동 초기속도	제동거리 (m)		제동조건
	실측	시뮬레이션	
298.6	5290	5513	상용회생, 4MB (MB1,2,4,5)
302.3	5830	5786	비상저항, 3MB (MB1,3,4)

표 3.1.2.22 답면제동 투입 시점에 대한 제동거리 시뮬레이션 결과

제동초기 속도	현재		초기설계상태 (20km/h 이하 투입)		100km/h 이하 투입		제동거리 증가량
	누적 제동거리	구간별 제동거리	누적 제동거리	구간별 제동거리	누적 제동거리	구간별 제동거리	
300	0	0	0	0	0	0	0
270	1347	1347	1394	1394	1394	1394	47
230	2767	1420	2865	1471	2865	1471	51
170	4146	1379	4392	1527	4392	1527	148
90	5172	1026	5585	1193	5582	1190	164
0	5548	376	6031	446	5988	406	30
제동거리		5548		6031		5988	440

표 3.1.2.23 시뮬레이션 신뢰성 검토 결과(4MB기준)

제동속도	시뮬레이션	계 측	오차율	비고(시험조건)
298km/h	5,513m	5,290m	4.1%	4MB,상용회생제동 (2차야간제동시험 ,11월13일)
178km/h	1,550m	1,500m	3.3%	4MB,비상저항제동 (4차야간제동시험, 03월13일)
156km/h	1,431m	1,428m	0.1%	순수공기제동, 비상(11월01일)

① 제동력 추가 확보 방안

㉮ 4MB 조건으로 운행하는 경우 제동력의 추가 확보를 위한 최선의 방안은 모터블록의 제동력을 높이는 방안이 최선이나 현실적으로 어려움이 있음.

㉯ 디스크 제동력의 설정은 비상제동과 상용제동의 차이가 180km/h 이하의 속도에서는 대차당 약 3kN이며, 그 이상의 고속영역에서는 디스크 과온 등의 영향을 고려하여 더 크게 설정되어 있음.

㉰ 고속영역에서 저속영역과 동일한 패턴을 유지하여 추가 제동력을 확보

1) 디스크 및 패드에 대한 악영향은 있으나, 차륜에 영향을 미치는 것보다는 안전운행 측면에서 유리할 것으로 판단됨.

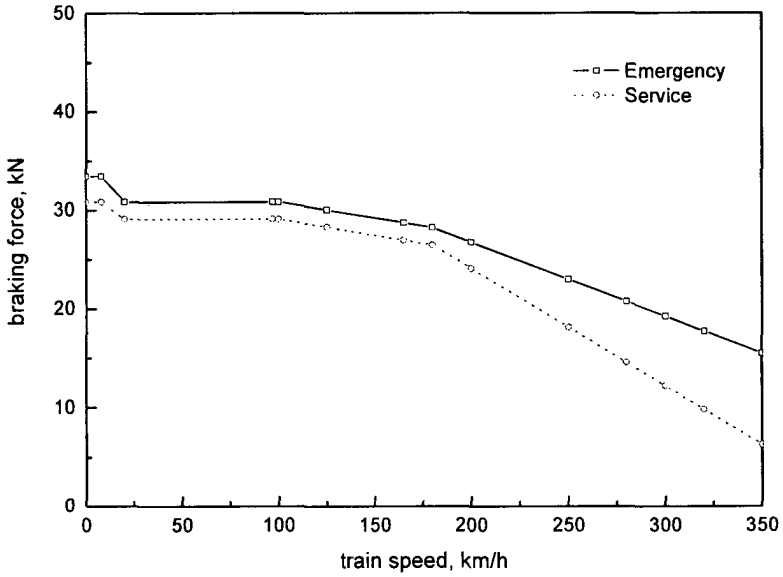


그림 3.1.2.46 상용제동 및 비상제동에 대한 대차당 디스크제동력

(마) 개선 방안

① 답면제동 투입속도 대역을 100km/h 이하로 하여 차륜에 미치는 영향을 감소토록 함 (차량 운행 안전에 유리, 차륜 과열 및 이상 마모)

② 시뮬레이션 결과 제동거리가 440m 정도 길어지나 신호에 따른 제동거리는 확보 가능한 것으로 판단됨.

③ 고속영역에서 디스크 제동력 증가

㉮ 답면제동 투입 속도 대역을 낮춤에 따른 제동력을 가능한 보상

㉯ 전체 제동력의 크기는 부족하나 고속영역에서 투입됨에 따라 제동거리 확보

측면에서는 유리

㉰ 디스크 및 패드 측면에서는 불리하나 차량 전체의 운행 안전 측면에서는 유리한 것으로 판단됨.

㉱ 디스크 제동력 곡선을 그림 3.1.2.47과 같이 고속영역에서 비상제동과 같은 패턴을 유지하도록 하여 답면제동 투입 속도 대역 변경에 따른 손실 제동력을 보상하도록 함.

④ 비상제동의 경우에는 현재와 동일하게 고속에서부터 답면제동 투입

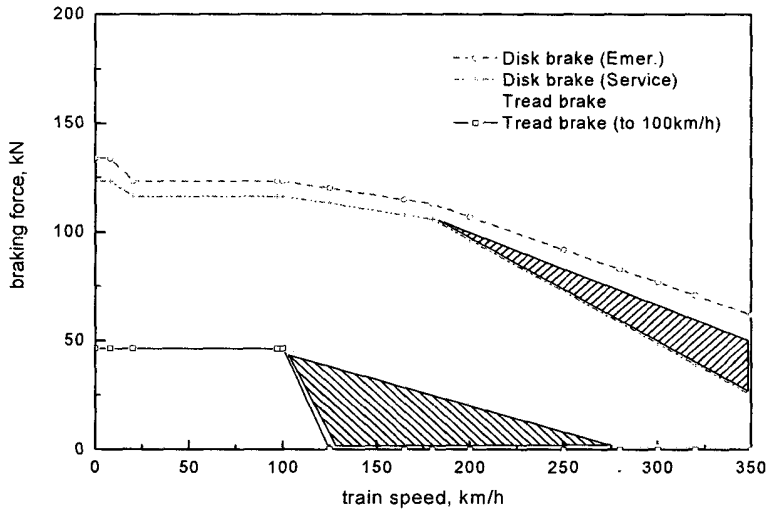


그림 3.1.2.47 손실 제동력 보상을 위한 디스크 제동력 수정 곡선

(3) 통신고장, 전원공급장치 과전압 등에 의한 모터블럭 차단

(가) 개요

슬립발생, 통신고장 등에 의한 모터블럭 차단시의 속도, 추진가속신호, 제동신호, 토크실측치 및 상전류 파형 등을 참여기업에 제공하여 Anti 슬립제어의 보완 및 과전압 또는 과전류 검지값을 조정하는 등의 조치를 취하도록 하였다.

그림 3.1.2.48은 오송에서 광명으로 운행할 때, 슬립현상이 발생하여 모터블럭이 차단된 경우이다. 차축속도(WS72)와 비교하여 대차1속도(MB1)가 순간적으로 30km/h이상 증가하는 슬립이 발생하였다. 이 때에 IGCT 소손은 없었으며, 추진상태로 PWM값은 50%이었다.

그림 3.1.2.18은 목포에서 오송방향으로 운행하였을 때, Gate Power Supply 저전압 Fault에 의해 모터블럭이 차단된 경우이다. U, V, W 상전류가 차단되기 전까지

120°의 위상차와 전류값 크기가 일정하게 유지되고 있다. 그림 3.1.2.19는 통신고장에 의해 차단된 경우로 차단 시점에도 전류값의 크기가 순간적으로 높게 올라가거나 내려가지 않는 것을 확인할 수 있다.

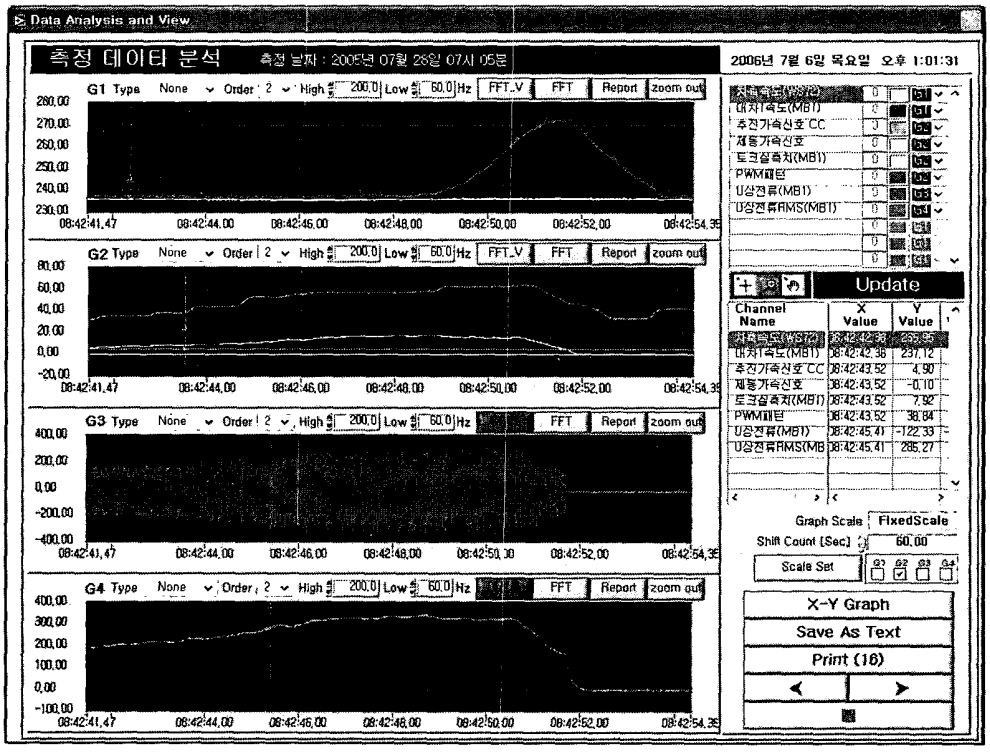


그림 3.1.2.48 슬립발생에 의한 모터블럭 차단

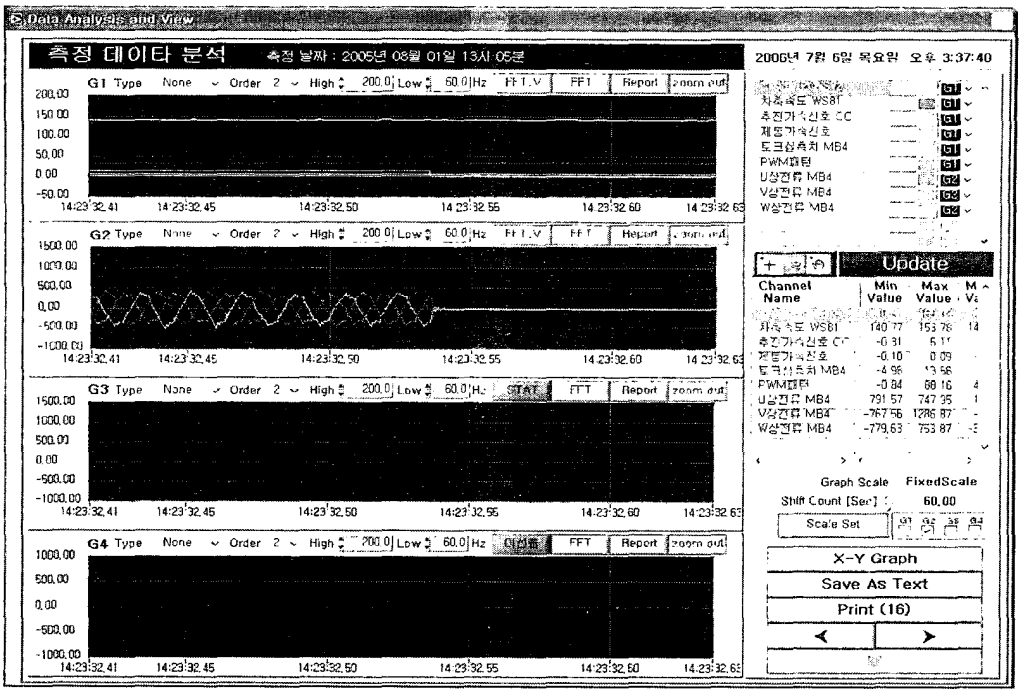


그림 3.1.2.49 Gate Power Supply 저전압에 의한 모터블럭 차단

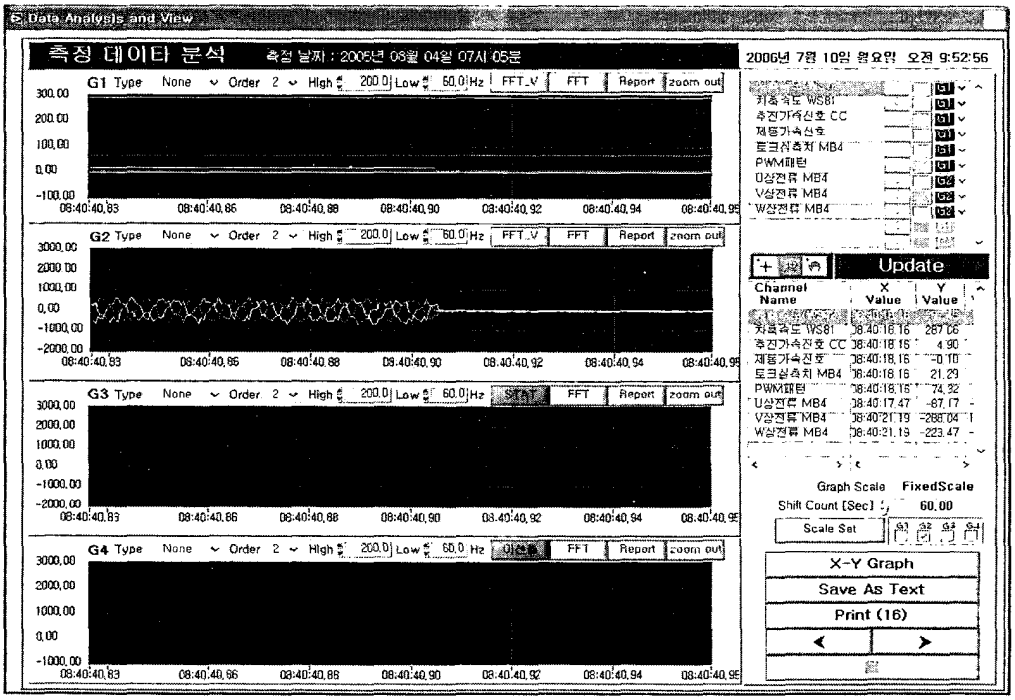


그림 3.1.2.50 통신 고장에 의한 모터블럭 차단

라. 한국형고속열차 시운전단 운영

(1) 개요

(가) 시운전단 설립 배경

2004년 12월 한국형고속열차의 350km/h 증속시험이 완료되고, 과학기술장관회의에서 "한국형고속열차"가 실용화 추진사업으로 선정됨에 따라, 차량의 안정화와 신뢰성 확보 필요성이 대두되게 되었으며, 안정화와 신뢰성 확보를 위해 주 4회 시운전 시험 체제 확립 및 시운전 구간 확대(기존선 구간) 등 체계적인 시운전 시행을 위하여 건설교통부 철도산업과가 주관이 되어 기존에 이 사업에 참여하고 있던 철도연구원과 참여 기업외에, KTX 시운전 및 운영 경험이 있는 한국철도시설공단과 한국철도공사의 전문가를 파견 받아 2005년 2월 1일 총 50명(건교부1, 철도공사5, 철도시설공단9, 철도연구원10, 참여기업25)으로 구성된 한국형고속열차 시운전단이 발족되어 본선 시운전 시험에 박차를 가하게 되었다.

(나) 시운전단 추진경위

시운전단 설립 추진 경위는 아래와 같다.

- 2005. 1. 14 건설교통부, 한국철도기술연구원, 한국철도공사, 한국철도시설공단 등 관련기관 회의를 통한 한국형 고속열차 시운전단 설립에 대한 의견수렴

- 2005. 1. 27 관련기관 파견인력 선발 및 통보

- 2005. 1. 31 최종 시운전단 구성원 확정

- 2005. 2. 1 고속철도 광명역사내 한국형 고속열차 시운전단 발족

- 2005. 2. 14 시운전단을 파견된 건설교통부, 한국철도공사, 한국철도시설공단 시운전단 직원의 고속철도기술개발사업 통합 및 총괄과제 참여

(다) 시운전단의 구성

최초 시운전단은 그림 3.1.2.51에서 보는 바와 같이 건설교통부에서 시운전 단장을, 철도기술연구원의 본 연구과제의 책임자가 연구총괄 책임자를 담당하며, 4개의 반으로 구성되어 활동하게 되었다.

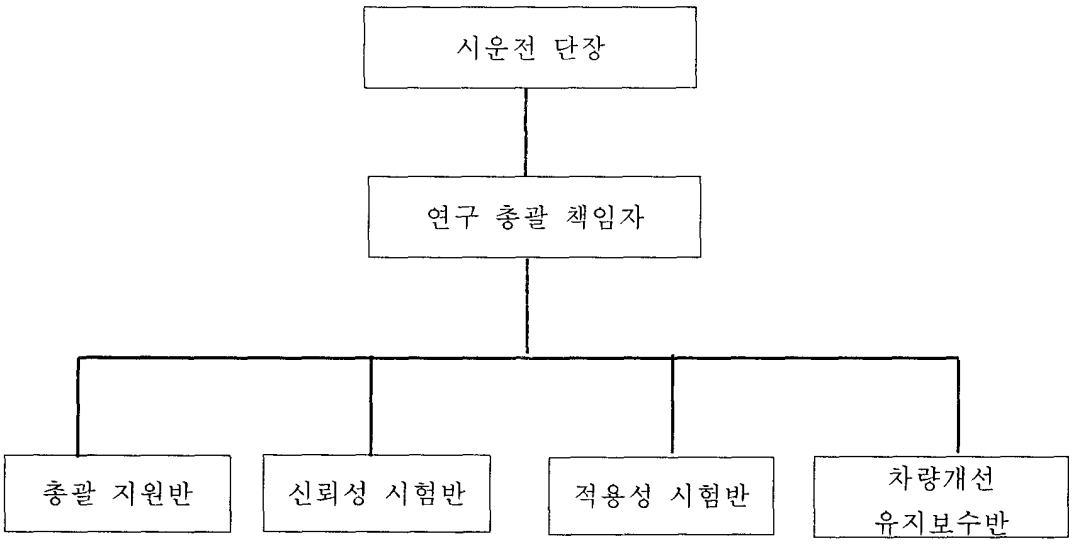


그림 3.1.2.51 시운전단 조직표

(라) 시운전단 조직변경

① 1차 조직 변경

시운전단 발족 이후 4만km이상 주행하면서, 고속성능시험, 성능개선시험, 차량/시설물 적합성시험, 신뢰성시험 등을 수행하며 2006년 2월 1일부터 시운전단 인력을 최초 50명에서 37명으로 일부 축소하여 운영하게 되었다.

② 2차 조직 변경

2006년 4월 10일 한국형고속열차의 시운전 업무의 운영주관을 시운전단 발족당시의 건설교통부에서 한국철도기술연구원으로 변경하고, 철도공사 인력을 일부 보강하여 총 38명으로 시운전단 조직을 개편 운영하게 되었다.

③ 3차 조직 변경

2006년 11월 22일 한국철도시설공단에서 시운전단에 파견한 인원 중 3명이 원소속으로 복귀하고, 개선반 인원이 증원되어 총 인원 37명으로 시운전단이 운영되었

다.

④ 4차 조직 변경

2007년 2월 시운전단 사무실을 고속철도 광명역에서 철도기술연구원 고속철도 기술개발사업단으로 이전하고 4월 24일 한국철도시설공단에서 파견된 인원 중 3명을 원소속으로 복귀되어 총 인원 34명으로 시운전단이 운영되었다.

(마) 시운전단의 반별 업무 및 역활

표 3.1.2.24 시운전단 반별 업무 및 역활

반 별	담 당 업 무
총 괄 지원반	· 종합시운전계획 수립 및 조정 · 시운전 일정 협의 · 조정 · 관리 · 안전관리 계획 수립 · 시행 · 대외기관과 협조 · 홍보계획 수립 및 시행
신뢰성 시험반	· 소관시험 시행계획 수립 · 고속성능 시험 절차 · 기준서 작성, 시험시행 · 분석 · 평가 · 신뢰성 시험 절차 · 기준서 작성, 시험시행 · 분석 · 평가 · 차량/시설물 적합성시험중 소관시험 절차 · 기준서 작성, 시험시행 · 분석 · 평가 · 성능개선 시험중 신규개발품시험, 국산개발품 시험, 성능개선 품목시험, 최적설계도출시험 입회 · 분석 · 평가 · 시험계측 시스템 관리 · 소관시험 인터페이스 관련 사항 · 설계 검증, 시운전결과 반영, 이례사항 처리
적용성 시험반	· 소관시험 시행계획 수립 · 성능개선 시험중 차량/검수설비 적합성 시험 절차 · 기준서 작성, 시험시행 · 분석 · 평가 · 차량/시설물 적합성 시험중 소관시험 절차 · 기준서 작성, 시험시행 · 분석 · 평가 · 차량유지보수 매뉴얼 검증 · 소관시험 인터페이스 관련 사항 · 설계 검증, 시운전결과 반영, 이례사항 처리 · 오송기지 유지보수 협조(관계기관 협조 포함)
차량개선 유지보수반	· 차량성능개선 작업계획 수립 · 시행 · 성능개선 시험중 신규개발품시험, 국산개발품 시험, 성능개선 품목시험, 최적설계도출시험 절차 · 기준서 작성, 시험시행 및 결과보고 · 차량의 안정화, 유지보수 시행 및 확인 · 차량의 일상적인 안전관리 · 차량유지보수 매뉴얼 개량 · 차량유지보수 개선사항 발굴 보완

(2) 안전관리

(가) 안전관리 계획 수립

한국형 고속열차의 시운전 시험에 따른 각종 사고 및 재난을 방지하기 위해, 시운전단에서 월별 분야별 안전교육, 분기별 일반안전교육, 외부 전문가 초빙 안전교육을 실시하고 있으며, 안전대책을 수립하였다. 시운전단의 발족으로 한국형 고속열차 시운전 시험 안전관리 체계가 시운전단장이 안전총괄 책임자를 병행하도록 개정되었고, 사고수습 상황을 지휘하도록 하였다. 이에 따라 사고급보 계통도를 작성 시운전시험요원들에게 숙지토록 하였다.

시운전 도중 사고 발생시, 발견자는 즉시 기장과 역에 통보하고, 차량유치 중 발생되는 사고는, 발생자가 차량유치 안전담당자에게 통보, 조치토록 하였다. 사고급보 계통도는 그림 3.1.2.52 및 그림 3.1.2.53과 같다.

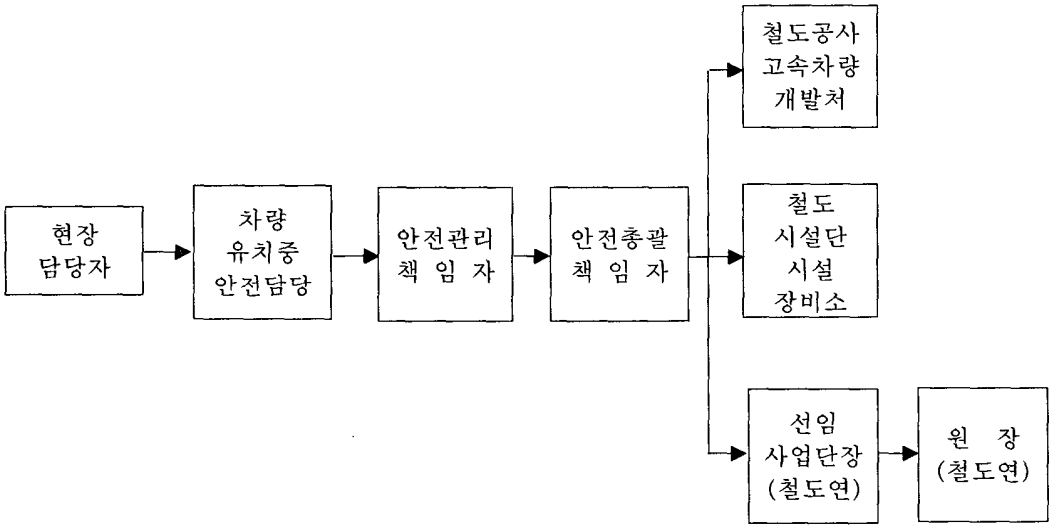


그림 3.1.2.52 시운전중 운전사고 보고 계통도

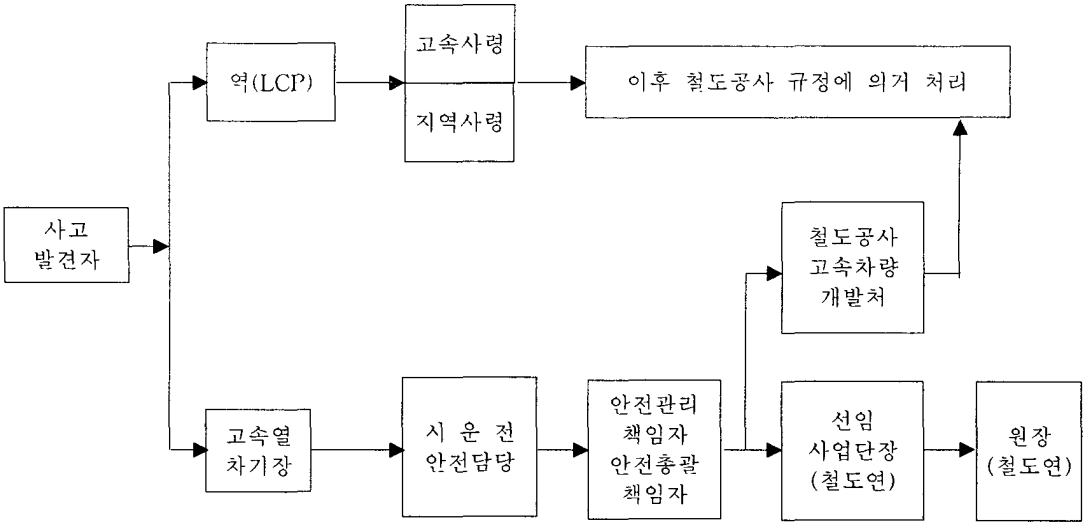


그림 3.1.2.53 차량유치중 운전사고 보고 계통도

또한, 시운전단, 철도시설공단 및 철도공사의 조직변경시마다 변경사항을 시운전 시험 요원들에게 숙지토록하여 이례사항 발생시 신속하게 대처할 수 있도록 주지시키도록 하였다.

(나) 안전교육 시행

① 3차년도 시운전단 외부인사 초청 안전교육

□ 교육일시 및 장소 : 2005년 4월 1일, 광명역사 홍보관 및 오송 시설장비 사무소 회의실

□ 교육강사 : 한국철도공사 사고조사처장 전영석
한국철도시설공단차장 전귀선

□ 교육인원 : 시운전단 및 관련 연구원 49명

□ 교육내용

- 열차 운행시스템 소개
  · 철도신호방식
  · 열차운행 통제방식
- 사고사례 및 예방대책
  · 운행선로의 특수성
  · 사고사례 및 예방대책 설명

- 철도안전 관리

· 안전관리 4대 원칙

· 통계로 본 사고발생비율

· 인간의 불완전한 특성과 착오

· 안전 불감증의 원인

· 안전관리자의 기본자세

· 철도안전관리의 정의, 특성 및 원칙

· 긴급, 이상시의 안전조치 원칙

· 철도현장의 안전수칙

② 4차년도 시운전단 외부인사 초청 안전교육

☐ 교육일시 및 장소 : 2006년 5월 17일, 광명역사 홍보관 및 오송 시설장비 사무소 회의실

☐ 교육강사 : 교통안전공단 철도안전센터 오인택

☐ 교육인원 : 시운전단 및 관련 연구원 34명

☐ 교육내용 : - 철도안전심사제도

- 한국형고속열차 시운전 관련 안전관리

③ 5차년도 시운전단 외부인사 초청 안전교육

☐ 교육일시 및 장소 : 2006년 11월 2일 시운전단 오송 회의실

☐ 교육강사 : 철도공사 수송안전실 이해재

☐ 교육인원 : 시운전단 및 관련 연구원 41명

☐ 교육내용 : - 고속차량 안전조치 절차

- 열차운행선에서 발생된 주요 사고 사례

☐ 교육일시 및 장소 : 2007년 3월 28일, 오송 전기사무소 교육실

☐ 교육강사 : 철도공사 수도권북부 안전팀 염병수

ROTEM 창원공장 총무팀 박환길

☐ 교육인원 : 시운전단 및 관련 연구원 36명

☐ 교육내용 : - 열차운행선 및 작업장에서 발생되는 주요 사고 사례 및 대책

- 공장 점검시 유의 사항 및 안전사고 발생시 처리 절차

(3) 중점검 및 유지보수 시행시 업무 협조

한국형고속열차가 40,000km 주행 후 정기점검을 실시하도록 개발차량 유지보수 매뉴얼을 보완하여 정기 공장점검을 실시하도록 하였으며, 필요시 주요 장치 점검을 실시하였다.

(가) 3차년도

① 상반기 중점검 (공장정기점검) 시행

2004. 12. 22 ~ 2005. 1. 21 주행거리 약 44,500km 후 창원 로템 공장에서 정기점검을 실시하였다. 정기 점검 진행 상황을 협조하여 주요 장치의 점검 및 성능개선 시험을 위한 작업이 이루워졌다.

② 하반기 중점검 (공장정기점검) 시행

2005. 6.27 ~ 2005. 7. 14 누적 주행거리 약 93,000km 후 창원 로템공장에서 주요장치에 대한 기능점검, 정비 및 소모품 교체등의 중점검이 이루워졌다. 중점검을 위한 계획, 공장까지의 열차 회송을 추진하여 점검일정에 따라 중점검이 이루어졌다.

(나) 4차년도

① 상반기 중점검 (공장정기점검) 시행

전회 중점검후 약 45,000km 주행(누적주행거리 138,000km)한 이후 2006. 3. 16 ~ 4. 24 (약 6주) 기간에 정김점검이 수행되었다. 이 중점검은 차량이 주박하고 있는 오송기지와 주요 부품을 분리후 각 제작공장에서 시행하였다.

본 중점검시에는 정기적인 중점검 항목 이외에 성능개선시험을 시행하기 위하여 운전실 바닥 흡음재 설치 및 측창문 러버 교체, 와전류 제동장치 및 관련 배선 점검 등을 병행 실시하였다.

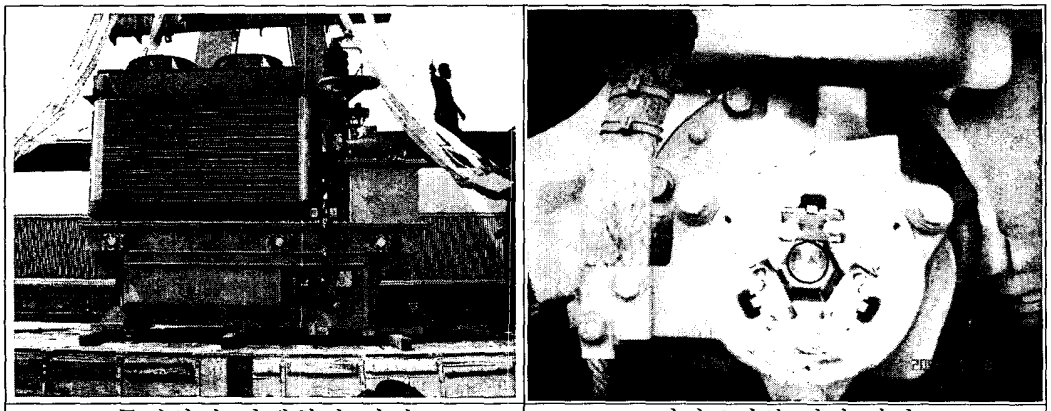
② 철도공사 유지보수 전문가 점검 시행

중점검 기간인 2006년 4월 21일 오송기지에서 철도공사 유지보수 전문인력 (3명)이 차량주행안정성과 관련된 항목에 대한 현차 점검을 시행하였고 점검결과를 반영하여 총107개 항목을 개선 조치하였으며, 이중 37개 항목은 향후 상용차 설계에도

반영할 예정이다.

③ 차량종합점검

2006년 7월 19일 발생한 차량장애에 대한 정확한 원인규명 및 재발방지와 유사 장애 우려개소를 사전발굴하기 위하여 시운전단과 참여기업의 담당자 41명으로 차량종합점검반을 구성하여 2006. 8. 3 ~ 9. 2 기간 중에 차량종합점검을 시행하였다. 점검반은 총 202개 세부항목에 대한 점검을 시행하였으며, 주요 점검 및 조치사항은 차량장애로 인하여 손상된 주요 장치(주변압기, 모터블럭 등)의 점검·원상복구와 차량장애의 원인이 되었던 주요 장치에 대한 개선·보완작업(주변압기 냉각성능 향상, 모터블럭 성능 보완, 차량보호회로 시스템 보완 등)을 시행하고, 차량주요 장치의 전반적인 성능을 분해정비 및 시험을 통하여 확인하였다.



주변압기 차체취거 장면	접지브러쉬 점검 장면

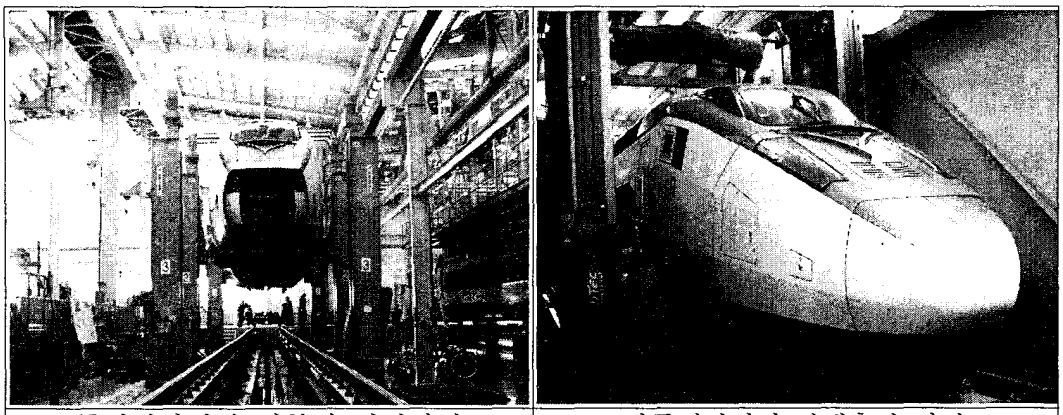
그림 3.1.2.54 차량종합점검 사진

④ 윤축교환

시운전 열차 1번 대차 전위축에 장착하여 차륜/궤도간 작용력을 측정하는 측정용 윤축은 그동안 각종시험에서 탈선계수의 측정을 종료하였음으로 일반 동력차용 윤축으로 교환하는 윤축교환작업을 2006. 5. 24 ~ 6. 12 기간 중에 시행하였다.

⑤ 차량/검수설비 적합성 시험 협조

한국형고속열차와 철도공사 기지내 검수설비와의 적합성을 검증하여 그 결과를 향후 상용차에 반영하기 위하여, 2006. 5. 22 ~ 6. 12 기간중에 시운전열차를 철도공사 고양고속차량관리단으로 이동시켜 차량/검수설비 적합성 시험(총 8개항목)을 시행 완료하였다.



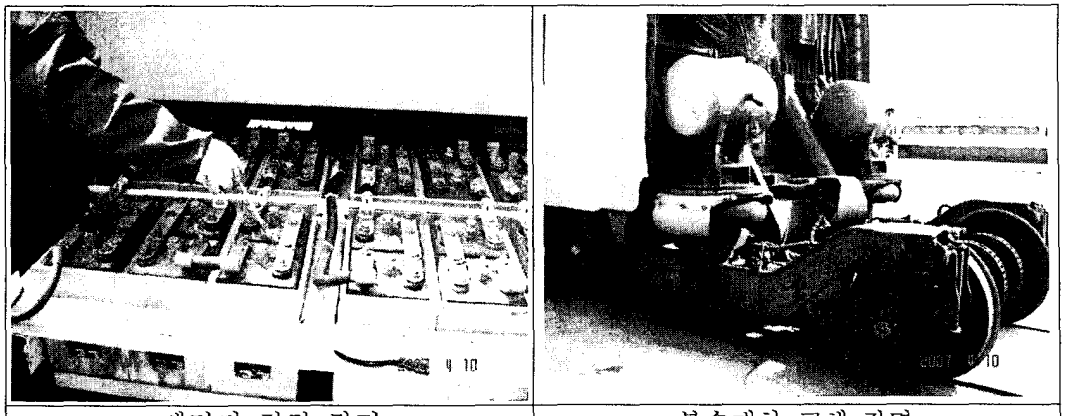
동시인양설비 적합성 시험장면	자동세척설비 한계측정 장면

그림 3.1.2.55 차량/검수설비 적합성 시험 사진 (고양고속차량관리단)

(다) 5차년도

누적 주행거리 180,000km 도달하여 2007. 3. 30 ~ 5. 10 간 로템 창원 공장에서 점검이 시행되었다. 주요 장치 점검 외에 부수대차 및 연결링 개선품을 장착하여 성능개선 시험을 위한 준비를 시행하였고, 신뢰성 향상을 위하여 각종 기계장치의 유격 부위, 윤활동작 부위 등을 일제 점검하여 소모품을 교체하였다.

공장 점검 이후 신규 교체된 대차의 성능 및 주행 안정성 확인을 위하여 5월 14일 야간 시운전을 통하여 100, 170, 230, 270, 300km/h 로 증속 시험을 실시하여 안정성을 확인하였다.



배터리 점검 장면	부수대차 교체 장면

그림 3.1.2.56 주요 장치 점검

(4) 시운전 시험 협조 및 관리

한국형고속열차는 총 시험누적거리는 205,488km 및 438회 시운전시험을 수행하였다. 시운전단이 발족된 이후 수행된 시운전 시험의 주요 내용은 다음과 같다.

(가) 2005년도 시운전 시험 개요

① 시험구분

- 안정화시험 : 주요 장치별 성능 검증을 위한 정적 (정차중 시험 실시), 및 동적(운행중 시험 실시) 확인 시험

- 신뢰성시험 : 열차 및 주요 시스템의 신뢰성을 검증하는 시험으로써 신뢰성 성장기울기가 0.25이상일 경우 적합

- 적용성시험 : 한국형고속열차를 7량에서 10량 편성으로 환산하여 열차의 성능 확인 및 차량/시설물 인터페이스 등 실제 노선에 적용성을 높이기 위한 시험

② 상세 시험항목수 : 총 84개 항목 (시운전단 발족이전 28개 시행 항목)

시 험 종 류		시험항목
적용성 시 험		12
안정화 시험	정적 시험	35
	동적 시험	30
	소 계	65
신뢰성 시험		7
총 계		84

(나) 2006년도 시운전 시험 개요

① 시험구분

2006년도에 시행된 시운전 시험과 내용은 다음과 같다.

- 고속성능시험 : 300km/h 이상에서 안정적인 운행을 위한 고속성능확인시험으로, 300km/h 이상에서 속도단계별(310, 320, 330km/h)로 차량의 추진제어·제동시스템의 특성과 성능을 확인

- 성능개선시험 : 고속에서의 주행안정성 도모, 소음저감, 승차감 향상 및 진동

개선 등 국산개발품 및 성능개량품에 대한 성능입증 및 향상을 지속하기 위한 시험과 시운전차량과 운영기지의 검수설비와의 적합성을 검증하기 위한 시험

- 차량/시설물 적합성 시험 : 고속주행에서 차량시스템의 성능과 시설물(전차선/신호/궤도)과의 적합성을 시험 ⇒ 시설물 관점에서 구간별, 속도별 적합성 검토/확인
- 신뢰성 시험 : 열차의 주요시스템의 성능개선 등 열차 변화에 따른 신뢰성을 확인하는 시험

② 상세 시험항목수 : 총 106개 항목

시 험 종 류		시험항목
고 속 성 능 시 험		60
성능개선시험	신규개발품 시험	2
	국산개발품 시험	2
	성능개선품목 시험	11
	최적설계 도출 시험	4
	차량/검수설비 적합성 시험	8
	소 계	27
차량/시설물 적합성 시험		12
신 뢰 성 시 험		7
총 계		106

(다) 2007년도 시운전 시험 개요

① 시험구분 및 주요 내용

2007년도는 2006년도에 계획된 시험 중 제동시험 등 6개 항목은 계속시험으로 분류하여 총 52개 항목의 시험계획을 수립하여 추진하였다. 그러나 10량편성으로 환산하여 실시할 계획인 제동성능 적용시험은 시험조건을 충족할 수 있는 방법이 없어 제외하였다.

- 고속성능시험 : 300km/h 이상에서 열차의 안정적인 운행을 위한 고속성능확인시험으로 차량의 추진·제동시스템 및 차량분야의 특성과 성능을 확인
- 성능개선시험 : 한국형고속열차의 성능개량품을 적용하여 고속에서 주행안정성, 소음, 승차감/진동 특성 등 차량의 성능 개선/향상 정도를 확인하는 시험

- 적용성시험 : 기존선 운행시 시설물과의 적용성을 확인하는 시험으로 속도별 비상 제동, BBCU 특성 시험, 와전류 제동 등의 성능을 확인하는 시험
- 신뢰성 시험 : 열차내 6개 주요 장치의 신뢰성 확인 및 변전소의 전력 품질, 개선된 계측시스템의 성능을 확인하는 시험
- 계속 시험 : 2006년부터 연속해서 진행하는 시험 항목으로 기존선에서의 제동 성능 등 6개 항목의 시험

② 상세 시험항목수 : 총 52개 항목

○ 고속성능시험

시험분류	소분야	세 부 항 목
고속성능 시험	추진제어장치	속도별 가속성능시험
		가속도 측정
		견인력 특성곡선
	제동장치	속도별 비상제동거리 측정
		감속도 측정
		속도별 제동거리 측정
		제동 전이시험/Jerk 측정
	차량분야	차상제어장치 시험(ATC)
계	3	8

○ 적용성 시험

시험분류	세 부 항 목
적용성 시험	속도별 비상제동 시험 (차축디스크 실린터/캘리퍼 교체품)
	와전류 제동장치 기능보완 시험
	BBCU 개선품 성능확인 시험 (Hard Wire 인터페이스신호 적용품)
	BBCU 안정화 시험 (네트워크 인터페이스신호 적용품)
	디젤기관차의 피구원 제동시험
계	5

○ 성능개선 시험

시험 분류	소분류	세부항목	비 고
성능개선 시험	대차	연결구조체 성능입증 시험	
		연결용 부수대차 성능입증 시험	
		연결용 부수대차 프레임 시험	
	소음 시험	운전실 소음 시험	
		차간 damper 특성시험	
	모터블럭	성능 안정화 시험 지원	
		사구간 진입 시 전류제한 모드 시험	
	보조블럭	성능 안정화 시험 지원	
		실용화 개선 확인 시험	
	추진제어 장치시험	사구간 진입 시 전류제한 모드 시험	
	주변압기	PC1, PC2, TM5 변압기 특성시험	
	신호	운전자 모니터이중계 상태 표시	
		불연속 정보 수신 시험	
	WTB 통신시험	Supervisory 통신시험	
		Message 통신시험	
	MVB 통신시험	Message 통신시험	
		New MVB Moard 제작시험	
	열차설비 편의성 시험	객실 모니터	
		객실 의자	
		장애자 설비	
		위생 설비	
		공기 조화 장치	
		객실 출입문	
		승강문 위부 취급	
		열차내 여객 안전 시설 점검	
		조명 및 조도	
	동적 및 정적시험	소음, 진동 개선방안 시험	
		Mud flap 소음 저감 시험	
계	11	28	

○ 신뢰성시험

시험분류	세 부 항 목	비 고
신뢰성 시험	6개 장치 신뢰성 최종평가 시험	
	고속선 변전소 공급 전력품질시험	
	트리포드 토오크 부하시험	
	동력차 세미 액티브 제어 시험	
	대차 궤도검측 시험	
계	5	

○ 계속 시험

시험분류	세 부 항 목	비 고
계속 시험	전기 제동 시험(저항 제동)	
	차륜 활주 보정 시험	
	제동 시험	
	가속성능 및 전기제동 시험	
	기존선 제동 성능 시험	
	제동성능 적용시험(10량 환산)	
계	6	

마. 시운전 시험을 위한 관계기관 간 협약 체결 및 변경

한국형 고속열차의 시운전 시험을 위한 주요 조건중 하나는 선로 사용허가, 정비기지의 시설 사용, 열차 운행 협조 및 운전요원 지원 등 시운전시험에 관계된 관계기관의 행정 협조와 지원이 필수요건이다. 따라서 본 과제에서는 이들 관계기관의 협조와 지원을 상시 지원체제로 구축하여 공식화하는 관계기관 간 협약을 체결하고 필요시 이를 연차별로 개정하여 적용, 시행함으로서 개발열차의 시운전시험을 위한 각종 지원 사항을 관계기관으로부터 효율적으로 협조 받도록 추진하였다.

2차년도인 2003년 10월 당시 철도 운영기관인 철도청과 철도연이 최초로 협약을 체결한 이후 3차년도인 2004년 10월 철도시설공단을 포함하는 3기관 협약으로 1차 개정 하였으며, 이 협약은 4차년도에 고속선과 기존선 철도시설을 관리, 운용해 온 철도청이 2005년부터 공사 체제로 전환됨에 따라 이를 반영하는 2차 협약 변경을 추진하고 이 협약을 5차년도까지 계속 적용하여 시행하였다.

철도공사, 철도시설공단 및 철도연 3기관 간 한국형 고속열차 시운전 시험에 대한 협약은 아래와 같은 과정을 통해 개정, 시행하였다.

□ 협약 체결 및 개정 과정

-'03. 11. : 철도청-철도연 간 '고속전철기술개발사업 개발차량 시운전 시험에 대한 협약' 최초 협약 체결 (철도청-철도연)

-'04. 10. : 기존의 협약을 철도시설공단을 포함하는 3기관 간 협약으로 1차 협약 개정, 시행 (철도청-시설공단-철도연)

-'05. 8~10 : 철도공사의 협약변경 요청에 따른 협약변경 검토 및 협의 (철도공사-철도시설공단-철도연)

-'05. 11. 1~'07. 10 : 협약의 최종 2차 개정 및 시행 (철도연, 철도공사, 철도시설공단)

□ 최종 2차 개정협약의 주요 내용

○ 개발열차의 선로사용료 (제11조, 시설공단)

- 개발열차의 선로사용료는 기존 협약과 같이 면제한다.

○ 본선 시운전시험에 소요되는 전력사용료 (제11조, 철도공사)

- 철도연은 열차의 월별 사용전력량을 공사에 통보하고 협의된 기준에 따라 공사가 전력요금을 산출, 청구하면 철도연은 이를 지급한다.

○ 차량 운송비용 (제12조, 철도공사)

- 철도공사의 기관차로 개발차량을 운송할 경우, 공사가 차량의 운송비를 산정하여 청구하면 철도연은 이를 공사에 납부한다.

○ 개발열차 운전요원의 지원 (제6조, 철도공사)

- 공사는 개발열차의 운전요원을 지원하고 철도연은 운전요원의 관련 수당을 지급하되, 세부사항은 별도로 협의하여 시행한다.

○ 협약 당사기관 명칭 (철도공사)

- 기존 협약에 사용된 기관 명칭 '철도청'은 '철도공사'로 변경하고 철도공사, 철도연 양 기관장의 성명을 현실화하여 반영, 변경한다.

이러한 절차와 내용으로 변경하여 4차년도 중에 시행한 관계기관 간 협약의 조문대비 표를 표 3.1.2.25에, 1차 및 2차 변경한 협약서 원문을 그림 3.1.2.57과 그림 3.1.2.59에 수록하였다.

표 3.1.2.25 2차 변경 협약의 조문 대비표

기존 협약 내용	최종 개정협약 내용
제1조~10조 제13~17조 부 칙 ----------철도청---------- ----------철도청장----------	----------철도공사---------- ---------철도공사사장----------
제11조(선로사용료 및 전력요금) 철도청 및 시설공단은 개발차량의 시운전시험을 위한 고속선 및 기존선 운행, 운송과 관련한 선로사용료 및 소요전력을 무상 제공하며, 철도연은 철도청 및 시설공단이 필요로 하는 시운전시험 관련 각종 검측자료를 철도청 및 시설공단에 제출한다.	**제11조(선로사용료 및 전력요금)** 시설공단은 개발차량의 시운전시험을 위한 고속선 및 기존선 운행, 운송과 관련한 선로사용료를 면제하고, 철도공사는 철도연과 별도 협의된 시운전 **소요전력량 산출기준**을 적용하여 관련 규정, 절차에 따라 전력요금을 산정하고 철도연에 청구하면 철도연은 이를 납부하며, 철도연은 철도공사 및 시설공단과 협의된 범위에서 시운전시험 관련 각종 검측자료를 철도공사 및 시설공단에 제공한다. (2005. 11. 1 개정)
제12조(차량의 운송) 철도청 및 시설공단은 개발차량의 고속선, 기존선 운송 및 기지 내 입환 등과 관련한 기관차 사용 시 무상지원하며 기타 기지 내 입환에 관한 사항을 협조하되, 입환관련 요원의 초과근무가 발생하는 경우, 시설공단의 규정에서 정하는 바에 따라 철도연에 소요비용을 청구하면 철도연은 이를 지급한다.	**제12조(차량의 운송)** 시설공단은 개발차량의 기존선 운송 및 기지 내 입환 등과 관련한 기관차 사용 시 무상지원하며 기타 기지내 입환에 관한 사항을 협조하되, 입환 관련 요원의 초과근무가 발생하는 경우, 시설공단의 규정에 정하는 바에 따라 철도연에 소요비용을 청구하면 철도연은 이를 지급한다. 단, 기지 내 입환을 제외한 기타 선로에서 운송을 위해 철도공사의 기관차를 사용할 경우, 철도공사가 관련 규정, 절차에 따라 차량의 운송비를 산정하여 청구하면 철도연은 이를 납부한다.(2005. 11. 1 개정)
부 칙 **제1조(다른 협약의 소멸과 승계)** ① 이 협약의 효력발생 일로부터 철도청장과 한국철도기술연구원장이 협약한 "고속전철기술개발사업 개발차량 시운전시험에 대한 협약서(2003. 10. 30)"의 효력은 소멸되며, 이 협약과 동일한 사항 및 내용은 이 협약에 승계된 것으로 본다. 2004. 11. 대전시 서구 둔산동 920 정부대전청사 철도청 청장 신 광 순 대전시 중구 대흥동 452-3 대림빌딩 한국철도시설공단 이사장 정 종 환 경기도 의왕시 월암동 360-1 한국철도기술연구원 원장 송 달 호	**부 칙** **제1조(다른 협약의 소멸과 승계)** ①이 협약의 개정일로부터 철도청장과 한국철도시설공단이사장, 한국철도기술연구원장이 협약한 "고속전철기술개발사업 개발차량 시운전시험에 대한 협약서(2004. 11. 01)"의 동일한 사항 및 내용의 효력은 이 협약에 승계되며 제 11조 내지 12조의 개정 사항은 개정일로부터 변경하여 적용한다.(2005. 11. 1 개정) 2005. 11.1 대전시 서구 둔산동 920 정부대전청사 철도공사 사장 이 철 대전시 중구 대흥동 452-3 대림빌딩 한국철도시설공단 이사장 정 종 환 경기도 의왕시 월암동 360-1 한국철도기술연구원 원장 채 납 희

② 이 협약이 체결되었음을 증명하기 위하여 철도청장, 한국철도시설공단 이사장, 한국철도기술연구원장이 서명날인한 본 협약서 3부를 작성하여 각 1부를 보관한다.

제15조(협약의 효력기간) ① 이 협약은 철도청장, 한국철도시설공단이사장, 한국철도기술연구원장이 서명날인한 날로부터 효력이 발생하며 개발차량의 시운전 시험이 완료한 날에 종료한다.

제16조(기타) 철도청이 철도공사로 전환 시에도 이 협약은 유효하다.

부 칙

제1조(다른 협약의 소멸과 승계) ① 이 협약의 효력발생 일로부터 철도청장과 한국철도기술연구원장이 협약한 "고속전철기술개발사업 개발차량 시운전시험에 대한 협약서(2003. 10. 30)"의 효력은 소멸되며, 이 협약과 동일한 사항 및 내용은 이 협약에 승계된 것으로 본다.

2004. 11. 1.

대전시 서구 둔산동 920 정부대전청사	대전시 중구 대흥동 452-3	경기도 의왕시 월암동 360-1
철도청 청장	한국철도시설공단 이사장	한국철도기술연구원장
신 광 순	정 종 환	송 달 호

5

그림 3.1.2.57 3차년도 1차 변경협약서 원문 (날인지)

고속전철기술개발사업 개발차량 시운전시험에 대한 협약서

한국철도공사(이하 '철도공사'라 한다), 한국철도시설공단(이하 '시설공단'이라 한다) 및 한국철도기술연구원(이하 '철도연'이라 한다)은 국가연구개발사업으로 추진중인 고속철도기술개발사업과 관련하여 고속선 및 기존선 구간에서 시행될 고속전철기술개발사업 개발차량(이하 '개발차량'이라 한다)의 시운전시험에 대하여 다음과 같이 협약을 체결한다.(2005. 11. 1 개정)

제1조(목적) 이 협약은 개발차량을 고속선 및 기존선 구간에서 시험하게 됨에 따라 시설물 사용에 필요한 사항을 철도공사 및 시설공단과 약정함을 목적으로 한다.

제2조(협약의 범위) 본 협약은 시험일정, 시험선로를 포함한 시설물 사용, 시운전시험의 수행방식 및 철도공사, 시설공단 및 철도연의 업무구분, 운전요원 및 관리인원의 지원, 차량 유치 및 정비를 위한 시설물의 사용, 안전관리 방안, 보험가입, 사고발생 시의 책임 한계 및 사고복구 등 개발차량의 시운전 시험과 관련된 사항에 대하여 적용한다.

제3조(시험일정) ① 개발차량의 시운전시험은 2007년 10월까지 고속선 및 기존선 구간에서 주행시험 등을 실시하며, 필요시 야간에도 시험을 실시할 수 있다.

② 철도연은 개발차량의 상세 시험일정을 철도공사에 승인받은 후, 이를 시설공단에 제출하고, 철도공사는 KTX, 기존열차 및 공사열차 등 다른 열차의 운행에 지장이 없는 범위 내에서 이를 협의, 반영한다.

③ 철도공사, 시설공단 및 철도연은 개발차량 시운전일정의 변경이 필요한 경우, 7일 전에 상호 통보하여 조정한다.

- 1 -

그림 3.1.2.58 4차년도 2차 변경협약서 원문 (표지)

대한 안전성 검토 결과를 시설공단에 제출하고, 그 의견을 받아 철도공사와 협의하여야 하며, 철도공사는 선로의 계속사용 여부를 결정한다. 이를 위하여 철도연은 시설공단 및 철도공사의 검측차, 검측 전문가 등의 지원을 요청할 수 있으며, 시설공단 및 철도공사는 이에 협조한다.

제14조(기타 협의사항) ① 이 협약의 내용 변경이 필요하거나 협약에서 정하지 아니한 세부사항은 철도연과 철도공사 및 시설공단이 상호 협의하여 시행한다.

② 이 협약이 체결되었음을 증명하기 위하여 철도공사사장, 한국철도시설공단이사장, 한국철도기술연구원장이 서명 날인한 본 협약서 3부를 작성하여 각 1부를 보관한다.

제15조(협약의 효력기간) ① 이 협약은 철도공사사장, 한국철도시설공단이사장, 한국철도기술연구원장이 서명날인한 날로부터 효력이 발생하며 개발차량의 시운전 시험이 완료한 날에 종료한다.

제16조(기타) 철도청이 철도공사로 전환 시에도 이 협약은 유효하다.

부 칙

제1조(다른 협약의 소멸과 승계) ①이 협약의 개정일로부터 철도청장과 한국철도시설공단이사장, 한국철도기술연구원장이 협약한 '고속전철기술개발사업 개발차량 시운전시험에 대한 협약서(2004. 11. 1)'의 동일한 사항 및 내용의 효력은 이 협약에 승계되며 제11조 내지 제12조의 개정 사항은 개정일로부터 변경하여 적용한다.(2005. 11. 1 개정)

2005. 11. 1.

대전시 서구 둔산동 920 정부대전청사	대전시 중구 대흥동 452-3	경기도 의왕시 월암동 360-1
한국철도공사 사장	한국철도시설공단 이사장	한국철도기술연구원장
이 철	정 종 환	채 남 희

그림 3.1.2.59 4차년도 2차 변경협약서 원문 (서명지)

기술개발사업을 총괄하는 본 연구에서는 1차년도부터 5차년도까지 시운전시험의 원활한 추진을 위하여 본선 시운전시험 관계 기관과의 협약을 보완, 시행하며 협약 내용에서 정한 주요 의무사항 중 하나인 보험가입 및 갱신 활동을 추진하였다.

보험은 개발열차의 본선 시운전 시험 중 발생할 수 있는 열차의 고장으로 인하여 한국철도시설공단의 철도 시설물이나 한국철도공사의 영업업무에 손해를 입히거나 시험요원의 상해가 발생할 가능성에 대비기 위한 목적으로 영업배상 책임보험과 상해보험을 가입, 유지하였다. 1차년도부터 가입하여 매년 당해연도 기간만큼 연장 하면서 최종년도까지 시행한 영업배상책임보험의 주요한 사항은 아래 정리한 바와 같으며 보험계약 증서 원문을 그림 3.1.2.60와 그림 3.1.2.61에 수록하였다.

□ 영업배상 책임보험의 주요 계약 내용

○ 피보험자 :

한국철도기술연구원, 한국철도시설공단, 철도공사, ROTEM, 도급업자 및 하도급업자 및 고속철도기술개발사업 관련기관

○ 주　　소 :

경기도 의왕시 월암동 # 360 - 1

○ 담보위험 :

피보험자가 ROTEM 및 관련기관이 제작한 고속전철의 시험운행 및 관련업무로부터 야기된 제3자(한국철도시설공단 및 철도공사 포함)에게 끼친 법률적 배상책임

■ 시운전구간 : 서울 ~ 부산

서울 ~ 목포

○ 보험기간 :

2007. 1. 22 ~ 2007. 10. 31 (최대 3개월까지 연장 가능)

○ 보상한도액 :

₩10,000,000,000.- 1사고당 / 총보상한도액

○ 공제금액 :

₩250,000,000- 1사고 당

○ 5차년도 주요 보험조건

1) 영업배상책임보험 보통약관 (손해사고기준증권 1986 ISO Form)
2) 담보지역 및 관할법원 : 대한민국
3) 공제금액 적용 조항
4) 대위권 포기 조항
5) 교차배상책임 담보 조항
6) 철도기술연구원의 시험차량 자체 및 차량, 트레일러에 대한 재물손해 부담보. 교차배상책임 담보 조항에도 불구하고 적용됨
7) 아래 사항으로 인한 손실 부담보
   - 피보험자를 대신해서 혹은 피보험자에 의해서 제공된 테스트 행위. 평가, 컨설팅, 조언에 기인한 보고서
   - 상기의 테스트, 평가, 컨설팅, 조언에 기인한 보고서
8) 테러 위험 부담보
9) 정밀검사의 연장으로 인하여 Test가 지연될 경우에는 최대 3개월까지 보험기간의 연장이 가능
10) 구내치료비 : ₩10,000,000.- 1인당

○ 2006년도(4차년도)까지 주요 보험조건

1) 영업배상책임보험 보통약관 (손해사고기준증권 1986 ISO Form)
2) 인격침해 및 광고침해 부담보 조항
3) 징벌적배상책임 부담보 조항
4) 가스사고의무보험 부담보 조항
5) 핵위험 배상책임 부담보 조항
6) 건축사, 조사자 전문인 배상책임 부담보 조항
7) 특정지역/특정업무 한정 조항
8) 화재배상책임 부담보 조항

9) 조사, 감정, 평가위험 부담보 조항

10) 담보지역 및 관할법원 : 대한민국

11) 공제금액 적용 조항

12) 대위권 포기 조항

13) 교차배상책임 담보 조항

14) 서기2000년 문제 부담보 조항

15) 계약상 가중책임 부담보

16) 보험료 / 보험금 환율적용 조항

17) 철도기술연구원의 시험차량 자체 및 차량, 트레일러에 대한 재물손해 부담보. 교차배상책임 담보 조항에도 불구하고 적용됨

18) 아래 사항으로 인한 손실 부담보

- 피보험자를 대신해서 혹은 피보험자에 의해서 제공된 테스트 행위. 평가, 컨설팅, 조언에 기인한 보고서
- 상기의 테스트, 평가, 컨설팅, 조언에 기인한 보고서

19) 테러 위험 부담보

20) 정밀검사의 연장으로 인하여 Test가 지연될 경우에는 최대 3개월까지 보험기간의 연장이 가능

21) 구내치료비 : ₩10,000,000/1인당

○ 보험료 : ₩130,000,000.-



1. 증권번호 : <u>P200703411317</u>
2. 피보험자 : 한국해양연구원, 한국철도시설공단, 현대건설, KUTEM, 도급업자 및 하도급업자 및 그 속해로 기술고문사실 관련기관
3. 주 소 : 경기도 오양시 놀이동 #300 - 1
4. 담보위험 : 피보험자가 KUTEM 및 관련기관이 제공한 고속전철의 시험운행 및 관련 업무로부터 야기된 제 3 자(한국철도시설공단 및 현대건설 포함)에게 지급할 법률상 배상책임
■시운전구간 : 오남리 - 서오(경유) - 목포, 천부리 - 서울(경유) - 부산
5. 보험기간 : 2007. 1. 22 24:00 - 2007. 10. 31 21:00
6. 보상한도액 : ₩10,000,000,000.- (사고당 / 총보상한도액)
7. 공제금액 : ₩50,000,000.- (사고당)
8. 보통조건
1) 영업배상책임보험보통약관 (전문사고기준증권 1981.10 Form)
2) 인격침해 및 광고침해 부담보 조항
3) 전염병배상책임 부담보 조항
4) 가스사고우보에 부담보 조항
5) 해수면 대상책임 부담보 조항
6) 건축사, 조사자 관련된 배상책임 부담보 조항
7) 특정지역/특정임무 한정 조항
8) 환자배상책임 부담보 조항
9) 조사, 시정, 원가절감 부담보 조항
10) 담보구역 및 관할법원 : 대한민국
11) 준거법의 적용 조항
12) 대위권 포기 조항
13) 고하배상책임 담보 조항
14) 서기 2000년 문제 부담보 조항
15) 계약상 가중책임 부담보
16) 변호사보험금 분담조항 조항
17) 해당기술(구현 시험차량 과정 및 차량 트레일러에 의한 재물손해 부담보, 고하배상책임 담보 조항으로 동구하고 적용함
18) 아래 사항으로 인한 손실 부담보
- 고보험가를 피보험자에 의해 피보험자에 의해 제공된 테스트 형식, 원가, 컨셉등, 조언의 고유 및 특수
- 상기된 테스트, 원가, 컨셉등, 조언에 근원한 보고서
19) 테러위험 부담보
20) 보험회사의 인정으로 의하여 Test 기간 연장 가능하며 1년 3 개월까지 보험기간의 연장이 가능합니다.
21) 구내위험담보 : ₩10,000,000.- (1 운영)
9. 총보험료 : ₩122,000,000.-

Hyundai Marine

그림 3.1.2.60 영업배상책임보험 계약증서 원문그림

현대단체상해보험 증권

사본

계약번호	F-2008-0806317	계약일자	2008년 11월 24일	전계약번호	F-2005-0642349
보험기간	2008년 11월 25일 16:00부터	2009년 11월 25일	16:00까지(계약자의 주소지 또는 사업장 기준으로 함)		

계약자	법인번호 135221-*******		주민(사업자등)번호 135-82-*****	
	성 명 / 상 호 한국전기술연구원		주소구분	본사
	주소(우편물수령지) 437-050 경기 의왕시 왕암동 360-1			
대표피보험자	주민등록번호 570331-1******			
	성 명 김기환	종업원수	80	주소구분 직장
	주소(우편물수령지) 437-050 경기 의왕시 왕암동 360-1			
	직 업 직업별 위험등급표 참조 및 기타		업종(직업명) 연구원	
	계약자와의관계	기타	계약통지	안함
보험금 수익자	전원/상호법정상속인	주민/사업자번호	피보험자와의 관계	
	주소(우편물수령지)			
계약담당	김영신	02 -3701-8684	제안접포 500호기업부	02 -3701-8684

약관	특 보	기타사항	가입금액(1인당)	가입금액(합계)
현대단체상해보험 보통약관				
상해위험 무단보 특별약관				
업무중 상해담보 특별약관	사망 · 후유장해		300,000,000	24,000,000,000
업무중 상해의료비담보 특별약관	의료비		10,000,000	800,000,000
단체계약 특별약관				
보험료정산추가 특별약관				
- 이 하 여 백 -				
	합 계		310,000,000	24,800,000,000

※ 이 보험계약에서 보상하는 의료비는 동비용중 업무에는 다수의 보험계약이 체결되어 있으경우 약관에 따라 비례상여 보상합니다
다만, 이미 가입된 보험계약에서 부상한 금액은 공제이 후일된 의료비를 초과하였을 때에는 보상금이 지급되지 아니할수 있습니다

보험료	화폐	KW	보험료	1,994,000.00	원화보험료	1,994,000	보호호구분		납입방법	일시납
	회차	은행비용	납입예정일	회계	손일해점보험료	회사	분납수금	납입예정일	회계	납입예정보험료
분납사항										
공동인수	인수사		인수율	인수사		인수금		인수사		인수율

현대해상화재보험㈜
대표이사 이철영 · 서해

발행일 : 2007-10-27
입행사 : 500호기업부
보험금지급지 : 현대해상 본사 및 지점

제2절 기술개발 성과의 활용방안 모색

1. 기술개발 성과에 대한 수요처 기술자문 수행

가. KTX 영업운전을 위한 기존선 속도향상 검증지원(2차년도)

KTX 영업운행 개통 이전에 신규로 설치한 전차선 및 보완 공사가 시행된 선로물 등의 기존선 인프라에 대한 검증과 KTX 영업운행에 필요한 운행관련 기본적인 자료를 확보하기 위하여 호남선(서대전 - 일로)과 경부선(동대구 - 부산)에서 한국형 고속열차 시제차량으로 호남선 5차례, 경부선 2차례의 시험 운행을 수행하였다. 상세 수행 내역은 아래와 같다.

○ 수행 목적

- 고속열차의 기존선 구간 운행 계획에 의거하여 영업 운행 이전에 기존선 구간 운행에 따른 문제점의 사전 점검 및 대책 마련
- 고속열차의 기존선 구간 증속 운행 시 속도향상에 따른 승차감을 확보하고 영업 운행에 필요한 안전성과 신뢰성을 확보하기 위하여 시운전을 통한 차량, 시설, 전기 분야의 시험 및 분석을 수행
- KTX의 경우 검증되지 않은 노선에서 시운전 수행 후 차량의 문제점 발생 시 즉각적인 조치가 곤란할 것으로 예상되는 바, KTX와 호환성이 있고, 계측시스템이 구비되어, 완벽한 자체 기술을 확보하여 문제점 발생 시 즉각적인 조치가 가능한 한국형 고속열차를 활용하여 시운전을 수행
- 기존선 노선속도 향상에 따른 단축 운행 시간을 영업 운행에 반영하기 위함

○ 수행기간

2003. 11. 27 ~ 2004. 1. 10

○ 수행 내용 및 범위

수행 내용은 한국형 고속열차를 활용하여 기존선 구간에서 속도향상 시험을 실시하며, 측정된 자료를 분석하여 사전 문제점을 점검 및 도출하고, 단축운행시간을 분

석하는 것이며, 이에 따른 주요 연구내용은 다음과 같다.

- 호남선 및 경부선의 기존선 구간에서 개발차량으로 속도향상 시험 실시
- 기존선 속도향상에 따른 단축운행시간 분석
- 기존선 운행에 따른 차량 및 시설분야 측정 및 분석

○ 주요 수행결과

주요 수행결과 내용은 다음과 같다.

- 호남선 및 경부선의 기존선 구간에서 개발차량으로 속도향상 시험 실시
  · 호남선과 경부선의 기존선 구간에서 160km/h까지 속도향상 시험 실시
- 기존선 속도향상에 따른 단축운행시간 분석
  · 기존선 속도향상에 따른 단축운행시간 분석
  · 승차감을 유지하면서 노선별, 곡선별 운행시간 도출
- 기존선 운행에 따른 차량 및 시설분야 측정 및 분석
  · 기존선 운행에 따른 차량분야(주행안정성, 진동가속도, 승차감 등) 측정 및 분석
  · 시설분야(곡선에서 궤도 측정, 집전분야의 측정, 교량구간 등) 측정 및 분석
  · 기타 신호시험 및 열차의 터널통과 및 교행시 실내 압력변동 측정 및 분석

○ 주요 성과

- 기존선 구간에서 KTX 운행 목표 속도에 대한 주행 안전성 입증
- 신규 설치 및 개량된 인프라에 대한 이상 개소 파악 및 보완 자료 제시
- 성공적인 KTX 영업 개통 지원

나. 철도청 KTX 운행 관련 기술지원(1차년도-3차년도)

(1) 기술검토 및 자문활동

□ 1차년도(2002. 12.~2003. 10.) 기술검토 및 기술자문 활동

1차 년도에는 고속선 주행에 적합한 KTX 열차가 기존선에 직결 운행할 때 유발될 수 있는 곡선 주행 시 소음, 진동 문제 등에 대비하여 KTX 차량과 일반 철도차량의 곡선 추종성 비교, Flange 접촉에 따른 소음 발생 가능성에 대한 기술적 대책, 저감방안을 검토하고 정밀 측정·분석을 통한 엄격한 궤도정비(Cant, Gauge, 궤도틀림 등)의 필요성을 제안하였다. 또한 곡선 통과 성능을 향상시킬 수 있는 차상도유기와 지상도유기의 도입 필요성 검토를 제안하고 1편성 당 2 대차의 4개 휠에 장착된 KTX의 차상 도유기 숫자를 늘릴 필요성 등을 제안하였다.

차륜-레일 형상과 관련하여 기존선로에 주로 사용되는 KS 50이나 혹은 KS 60 레일의 특성을 UIC 60 레일과 비교, 검토하였으며 레일 형상에 관한 기존의 연구사례를 검토한 결과를 기초로 자문 의견을 제시하였다. 참고한 선행연구 사례는 아래와 같았다.

- 대구-부산간 기존선 이용 고속철도차량의 주행속도 향상에 관한 연구, 1996.
- 고속철도와 기존철도의 직결운행에 대한 타당성 조사, 1998.
- 기존선 이용에 따른 제반 기술 연구, 1999.
- 호남선 전철화 타당성 조사 및 기본 계획, 2001.
- KTX 차륜과 KNR 차륜 형상에 대한 차륜 마모시험, 2002.
- 기존선 분기기 구조개선(레일 두부 형상), 2002.
- 레일과 차륜의 마모에 대한 기하학적인 검토, 2002. 한국철도학회지

KTX 개통 전 단계에서 열차의 기존선 직결운행 시 기존선의 가선 전차선 시설과 열차 판토그라프 사이의 인터페이스 특성과 관련하여 2003. 5월 기존선(시흥~수원) 구간에서 시험 운행한 KTX 열차의 판토그라프(집전장치)에 그림 3.2.1.1, 3.2.1.2에 보인 바와 같이 발생한 보조집전판 외측 영역까지 가선 접촉 문제와 관련, 전차선과 판토그라프 간 동적 거동 특성과 향후 개선점에 대한 기술 검토와 자문을 수행하였으며 구체적으로 열차주행 중 가선이 판토그라프의 보조집전판 외측(Horn)

을 벗어나는 가선이탈의 경우 예상되는 전차선의 손상, 열차의 운행안전 위험 요인을 검토, 자문하였다.

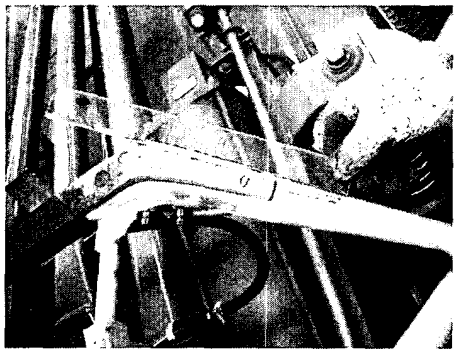


그림 3.2.1.1 집전판 외측 이상 접촉

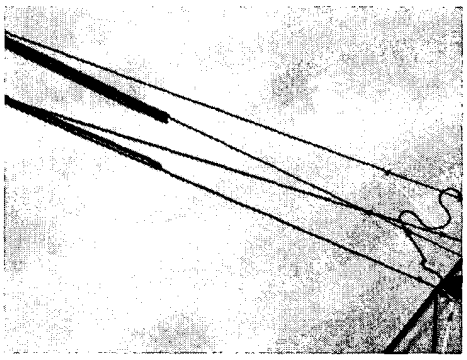


그림 3.2.1.2 전차선 건넘선 구조

검토 결과, 차량 동요나 가선의 과도 편위(Staggering)로 인한 가선 이탈 가능성은 희박하므로 집전판 외측 이상접촉은 건넘선 또는 측가선 통과 시 접촉한 흔적으로 판단되나, KTX의 기존선 연결운행을 위하여 기존선의 전차선, 궤도상태의 정밀 검측 시행과 엄격한 유지보수, 점검 활동을 건의하였다.

□ 2차년도(2003. 11.~2004. 10.) 기술검토 및 기술자문 활동

2차년도에 수행한 철도청 KTX 운행과 관련한 기술지원 활동은 KTX 개통 전, 그리고 2004년 4월 KTX 개통 이후에 2회의 철도청 개통 전·후 준비/운영상태 합동점검 활동에 참여하고 본 사업에서 확보한 기술을 적극 활용하여 KTX의 성공적인 개통, 운행에 기여하는 기술지원을 수행하였다.

2004년 3월 8일부터 12일까지 철도청, 프랑스 자문단 및 철도연 인력 9명 등이 참여한 점검반은 총 5개 분야로 구성하고 고속철도 개통준비 상태를 점검하기 위하여 고속철도 차량기지 및 고속철도 운행현장의 궤도, 전차선, 운영설비 등의 상태를 합동 점검하였다.

합동점검 결과는 즉시 철도청에 건의되어 개통 전 적절한 조치를 취할 수 있었으며 그 내용은 당시 이미 개선활동을 추진 중이던 미흡점인 궤도 유지보수 활동, 모

터블럭, 차륜마모, 범퍼 오일누유 등의 개선 필요성 등 11개 항목에 대하여 점검 의견을 건의하였다.

또한 개통 이후 일부 개통 초기단계의 장애를 겪고 있는 KTX의 원활한 운영을 위하여 1차에 이어 2004년 4월 21~28일까지 철도청과 합동으로 운영 초기단계 종합 진단을 실시하였으며 진단은 총 5개 분야(총괄, 시설, 전차선, 신호, 차량)로 구분하여 철도청의 종합조정실 및 각 본부, SNCF-I, 철도연 등 총 35명으로 구성, 실시하였다. 주요 진단결과의 주요 내용은 일부 분기기 구간 레일이상 또는 틀림, 일부 토공 및 성토 구간 노반 침하로 인한 상하 진동 등 8건 이었으며, 즉시 철도청에 건의되어 운영 현장에 반영되었다.

□ 3차년도(2004. 11.~2004. 10.) 기술검토 및 기술자문 활동

3차 년도에는 KTX 운행기술이 정착되어 특별히 기술지원이 필요한 문제가 없었으므로 본 사업과 관련한 공식 기술지원 또는 자문활동은 없었으나, 개발열차를 이용한 연결선 증속 가능성 조사 등 수요처가 KTX 운영 상 필요한 시운전 시험을 협력 수행하였다.

(2) 고속선로에서의 진동시험결과 철도 공사 제공(4차년도)

철도공사 선로관리팀의 요청에 따라 한국형 고속열차의 시운전 시험결과를 활용하여 고속선의 궤도 유지보수에 활용할 수 있도록 다음과 같은 지원을 수행하였다.

□ 계측 개요

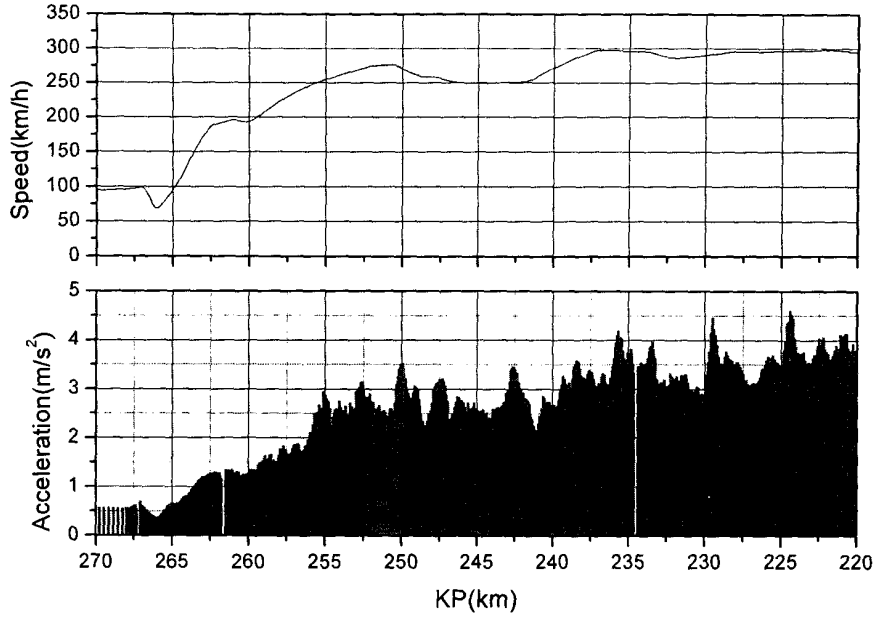
한국형고속열차의 대차에는 40여개의 차축가속도(상하/횡 방향) 센서가 부착되어 있으며, 이중 6번 대차에 부착되어 있는 가속도 신호(차축가속도 WS61좌)를 대상으로 분석하였다. Binary 형태의 통합파일로 생성되는 각각의 계측 신호는 시험이 종료된 이후, Post processing 프로그램에 의하여 채널별로 분류되도록 되어 있으며, 이러한 과정은 NI(National Instrument)사의 Lab View 7.0을 기반으로 분석이 가능하도록 자체 개발하여 활용하고 있다.

□ 기술지원 내용 요약

기본적으로 시운전 시험을 수행한 전 고속구간에서 차축가속도의 좌우·상하 방향 가속도를 통계처리하여 위치 정보(KP)에 대한 속도 및 가속도 값을 도시하였다. 또한 도시된 각 가속도값을 상대적으로 크게 나타나는 지점과 그때의 가속도 값 및 속도를 분류하여 표로 제공하였다.

이러한 분석은 별도의 분석 프로그램을 작성하여 사용하였으며 위치정보의 정확한 구현을 제공해야 그 신뢰성을 보장받을 수 있다.

총 제공건수는 '06. 7. 18, '06. 6. 23, '06. 5. 24, '06. 3. 09, '06. 2. 15, '05. 12. 14, '05. 12. 12, '05. 12. 06, '05. 11. 30, '05. 11. 24, '05. 11. 17, '05. 11. 16에 실시한 총 12번 시운전 시험한 내용을 분석(그림 3.2.1.3, 그림 3.2.1.4 참조)하여 제공하였다.



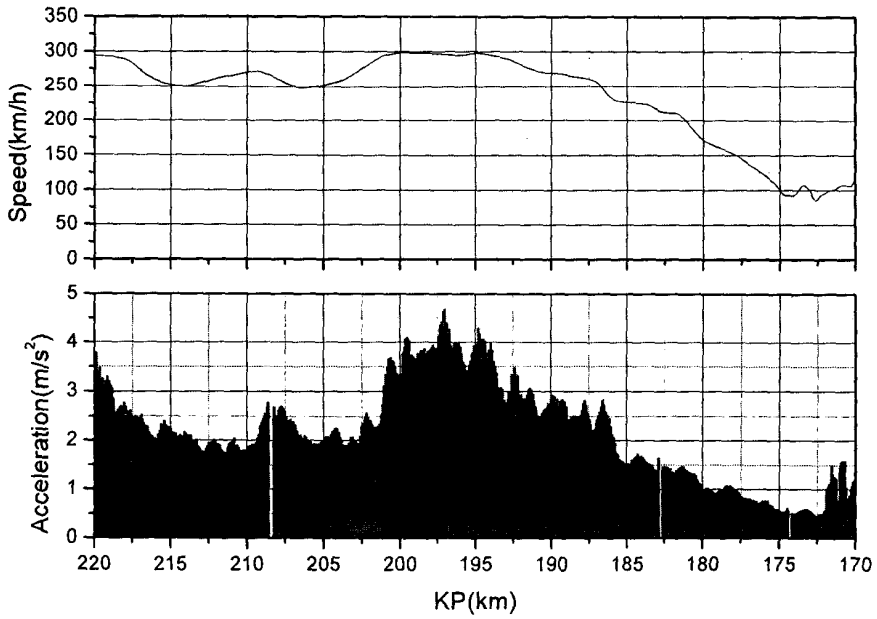


그림 3.2.1.3 경부선(상행) 차축가속도(횡) 데이터 분석결과 "예"

('05.11.30_KP270~KP170)

10월 17일 광명-동대구 구간 차축가속도 분석 결과(상대적인 크기 : 상하가속도 15m/s2, 횡가속도 3.5 m/s2 이상)

광명->동대구, 상하가속도기준			동대구->광명, 상하가속도기준			광명->동대구, 횡가속도기준			동대구->광명, 횡가속도기준		
KP	가속도크기	속도(kph)	KP	가속도크기	속도(kph)	KP	가속도크기	속도(kph)	KP	가속도크기	속도(kph)
52.41782	15.04766	301.6197	248.5371	16.18517	274.0214	62.74022	3.51465	300.4867	242.8338	3.51087	261.4783
52.46791	15.39422	301.5302	248.4354	16.43963	273.9788	62.84123	3.54058	300.1067	242.7508	3.76494	261.441
52.56806	16.19298	301.2458	248.334	16.34553	273.9467	62.94564	3.64387	299.7209	242.6415	3.82579	261.3733
77.71389	15.06657	286.1182	242.7508	15.17191	261.441	63.04763	3.68592	299.3121	242.5399	3.84113	261.3061
77.8161	17.08322	286.4198	242.6415	15.68758	261.3733	63.15026	3.6753	298.8513	242.4411	3.69535	261.2456
77.91941	16.05692	287.3144	242.5399	16.07109	261.3061	63.25289	3.53213	298.3409	242.3316	3.66048	261.1896
78.01668	17.78656	287.6695	242.2386	15.00532	261.1492	72.69884	3.61942	299.4848	238.6668	3.58923	288.9886
78.1203	18.02786	288.0925	236.0284	15.27107	297.5714	72.79487	3.81343	299.6137	238.5712	3.7161	289.7643
78.22234	19.28967	288.5573	235.9331	17.14208	297.3821	72.90072	3.87389	299.8285	238.4987	3.76202	290.2979
78.31753	17.37963	289.0708	235.8313	16.57611	297.1525	73.00319	3.90545	300.0452	238.3675	3.71183	291.2058
78.42896	15.88699	289.0762	235.7419	16.39476	296.9352	73.10598	3.79121	300.2374	238.2702	3.62463	291.9363
80.15135	15.05638	297.7571	235.625	16.45445	296.7038	73.20861	3.7504	300.3692	237.7569	3.55852	295.7931
80.24765	15.63286	297.9513	235.5212	16.47135	296.5332	73.31075	3.72101	300.4044	237.5674	3.58884	296.9631
80.35892	17.44148	298.0509	235.4247	15.86967	296.353	73.41354	3.77194	300.3472	237.4678	3.51442	297.3955
80.46078	17.69918	298.0403	235.3232	15.50538	296.1811	73.51617	3.70394	300.2407	236.9387	3.50323	297.819
80.54071	17.82448	297.9662	235.2142	15.02989	295.9893	73.61865	3.76417	300.1212	236.8516	3.57269	297.8313
80.66758	18.19168	297.8107	235.1155	15.20914	295.8166	73.70567	3.80709	299.9869	236.7485	3.50559	297.8463
80.76372	18.01338	297.6872	235.0294	16.16568	295.7077	73.83951	3.87133	299.8186	236.0284	3.57116	297.5714
80.84713	16.16147	297.5844	234.9165	15.8125	295.5966	73.92668	3.87747	299.69	235.9331	3.86125	297.3821
81.6749	15.60666	297.27	234.8441	15.66218	295.5085	74.02948	3.83873	299.5414	235.8313	4.07555	297.1525
81.77646	16.05885	297.4771	234.7933	16.09718	295.4494	74.13212	3.87857	299.3891	235.7419	4.01208	296.9352
81.88964	16.38278	297.8156	234.7425	15.50476	295.4133	74.25019	3.79406	299.277	235.625	4.07474	296.7038
81.96811	16.66934	298.0192	229.6476	16.70513	293.1663	74.32176	3.77591	299.2594	235.5212	4.1227	296.5332
82.99487	15.56281	301.4233	229.5457	18.33995	293.4437	74.44	3.54808	299.3647	235.4247	4.05217	296.356
83.09626	16.95444	301.4231	229.4435	17.3572	293.7163	74.54263	3.63802	299.3942	235.3232	3.82256	296.1811
83.19144	18.28251	301.3522	229.3417	16.84393	293.9854	75.10549	4.02024	297.0547	235.2142	3.826	295.9898
83.30319	18.82177	301.1974	229.2393	15.33642	294.2434	215.4693	3.58533	298.1961	235.1155	3.65258	295.8166
83.40109	18.17039	300.9732	224.4419	15.05867	288.7314	215.5713	3.86674	299.5492	235.0294	3.56137	295.7077
83.50265	16.84284	300.7127	224.34	15.47343	288.9255	215.6727	4.12936	300.8728	234.8441	3.5765	295.5085
83.60406	17.15369	300.4302	224.2379	15.5239	289.0917	215.7744	4.11202	302.1605	234.7933	3.61086	295.4494
83.70975	16.67125	300.155	220.6652	16.18444	296.7094	215.8699	3.93531	303.3641	234.7425	3.74432	295.4133
83.8032	16.57778	299.9414	220.563	17.56701	296.7389	215.9817	3.84291	304.4072	234.6917	3.89809	295.4039
83.90874	16.12863	299.6957	220.4612	17.36521	296.7826	216.0791	3.55706	305.1831	234.6408	3.64726	295.2195
84.0103	16.72613	299.4335	220.359	16.87834	296.8201	217.1976	3.89943	302.3441	229.5457	3.67594	293.4437
84.10373	16.52859	299.1533	220.2571	16.83925	296.8561	217.2993	4.05472	302.3645	229.4435	3.5486	293.7163
84.2263	16.35818	298.8701	220.1595	16.10307	296.8701	217.4012	4.08494	302.4692	229.3417	3.51741	293.9854
84.31529	15.96004	298.6963	219.8486	15.08176	296.9326	217.5028	4.22857	302.5717	221.2775	3.58509	296.541
84.41685	15.10028	298.5959	219.1341	15.5807	297.067	217.6044	4.27184	302.5634	221.1756	3.76719	296.5551
85.2295	15.1004	299.8421	219.032	15.119	297.0424	217.7061	4.00901	302.4271	221.0737	3.87765	296.5699
85.33392	15.50944	300.0376	197.9695	15.30265	292.5551	217.8075	3.6668	302.1847	220.9714	3.90143	296.5848
85.42943	18.38022	300.1948	197.8798	15.2331	292.4698	217.9095	3.58413	301.8742	220.8692	4.02175	296.6175
85.53432	21.78254	300.3384	197.7751	15.49437	292.3513	220.5541	3.50209	302.2761	220.7673	4.07227	296.666

그림 3.2.1.4 10월 17일 데이터 분석 종합 결과 "예"

(3) Tripod 절단시 KTX 제한속도 향상시험 기술지원(4차년도)

□ 시험 목적

- KTX 열차의 영업 운행 중 Tripod Shaft가 절손되는 사례가 발생하고 있으며, 운행 중 절손 신호가 발생하는 경우 고속열차는 주행속도를 80 km/h 이하로 운행하도록 규정되어 있음.
- 이로 인하여 고장 발생 열차뿐만 아니라 후속 고속열차의 운행 지연을 초래하고 있음.
- Tripod Shaft 절손에 따른 운행제한 속도를 향상시킬 수 있으면 열차 운영 효율성을 향상시킬 수 있음.
- Tripod Shaft의 절손 상태에서 고속열차의 주행 속도에 따른 Tripod Shaft에서 발생하는 가속도와 온도를 측정, 분석하여 고속열차의 제한속도 향상 가능성을 검토함.

□ 시험 개요

- 시험일자 : 2006. 8. 6 23:00 ~ 8. 7 05:00
- 시험 대상 차량 : KTX 36호
- 시험운행 시나리오

차수	운행구간	최고운행속도	비고
1차	서울 → 대전	80 km/h	
2차	대전 → 광명	160 km/h	
3차	광명 → 천안	160 km/h	
4차	천안 → 영등포	160 km/h	

- 사전 준비 사항

· 절손된 Tripod Shaft에서 Bush가 정상 상태임을 확인

· 시험 대상 차량에 절손된 Tripod Shaft를 장착

이때, 모터 쪽에 연결되는 Housing Ass'y는 열차 운행시 회전하지 않도록 견고하게 고정

□ 시험항목 및 계측장비 설치

- 시험항목

· Bush 부위 온도

· 진동가속도(상하, 좌우)

· 비디오 모니터링을 통한 동적거동

- 계측장비 설치

· 센서 설치

아래 그림과 같이 트리포드의 Bush 부위에 Thermocouple과 가속도계를 설치

주행중 거동 확인을 위하여 비디오 모니터링을 위한 카메라 설치

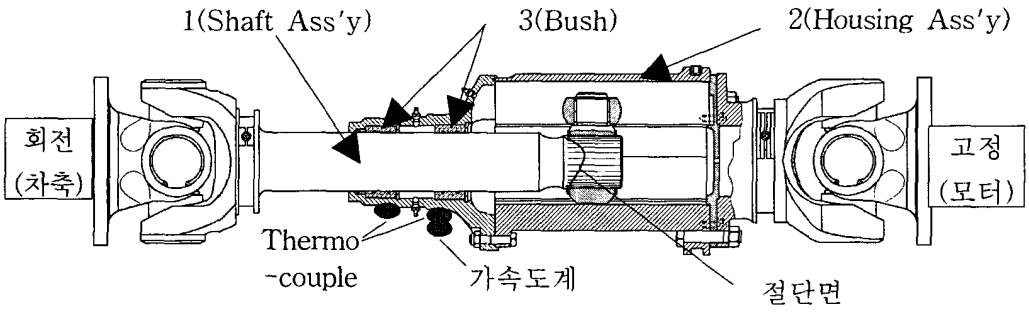


그림 3.2.1.5 트리포드 부위 센서설치 위치

· 계측장비 설치 : 계측장비는 1번 동력객차에 설치

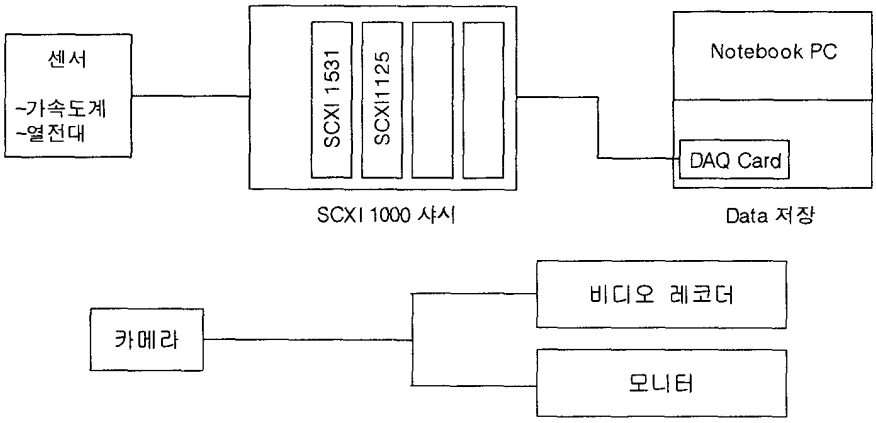
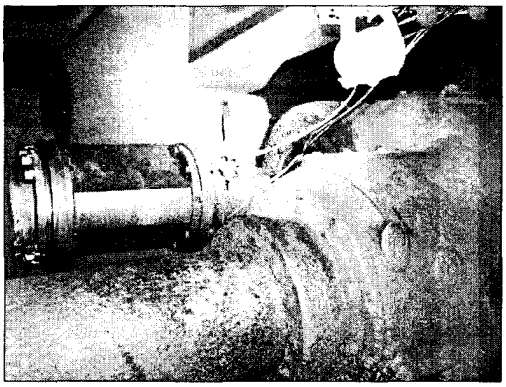
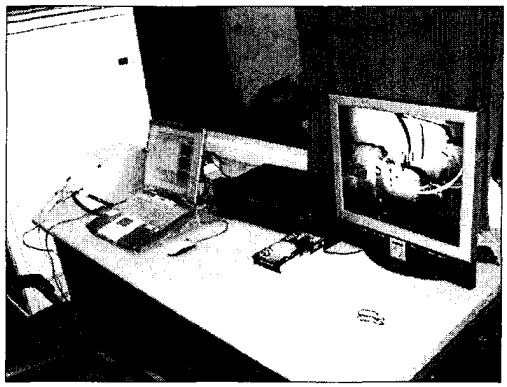


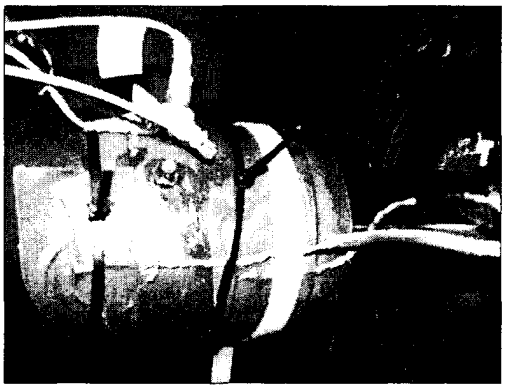
그림 3.2.1.6 계측시스템 구성도



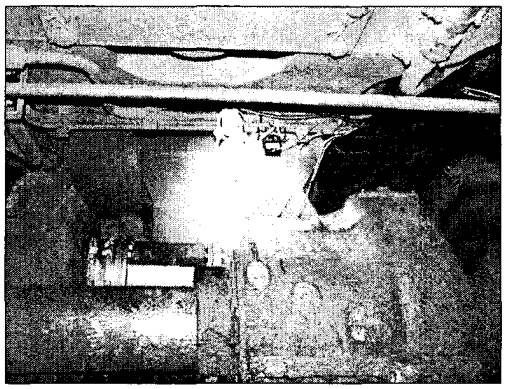
[트리포드 부]



[계측장비 및 모니터링 장비]



[온도센서/가속도센서 설치]



[비디오 모니터링 장비설치]

그림 3.2.1.7 센서 및 시험계측장비 설치 모습

□ 시험 중지 조건

별도의 규정이나 기준이 없어 다음과 같은 조건이 발생하면 안전을 위하여 시험을 중지하도록 함

- 측정온도 : 100℃ 초과하는 경우

※ 그리스의 Drop Point가 120℃이나 Bush와 온도를 측정하는 부위와의 두께 차 및 열전도를 감안하여 100℃로 설정

- 진동가속도 : 80 km/h 주행시 값의 3배 이상이 발생하는 경우
- 비디오 모니터링 중 과도한 동적거동 발생

□ 시험측정 결과

- 1차 시험

· 최대온도는 약 74℃이며, 출발 초기에서 점차 상승하다가 안정화 됨.

· 기존선 구간에서의 진동가속도는 고속선에 비하여 상대적으로 큼.

- 2차 시험

· 최대온도는 약 95~96℃이며, 출발 초기에서 상승하다 하강하는 등의 현상을 보임.

· 진동가속도는 80km/h의 주행때보다 큰 값을 보이나, 3배를 초과하지 않음.

- 3차 시험

· 최대온도는 약 80℃이며, 완만히 상승하는 현상을 보임.

· 진동가속도는 80km/h의 주행때 보다 큰 값을 보이나, 3배를 초과하지 않음.

-4차 시험

· 최대온도는 약 65℃이며, 완만히 상승하는 현상을 보임.

· 속도가 감소함에 따라 광명역 부근에서 온도가 급격히 상승하는 것을 확인할 수 있으나, 이는 속도하강으로 트리포드가 주행풍에 의해 냉각되지 않아 발생한 현상으로 추정됨

□ 결과

- 고속철도기술개발사업을 통하여 구축한 계측시스템의 일부를 이용하여 한국철도공사의 현안 사항에 대한 기술지원을 수행함.

- 속도 향상 여부를 결정하기 위한 측정 데이터의 분석 결과 등을 제공함.

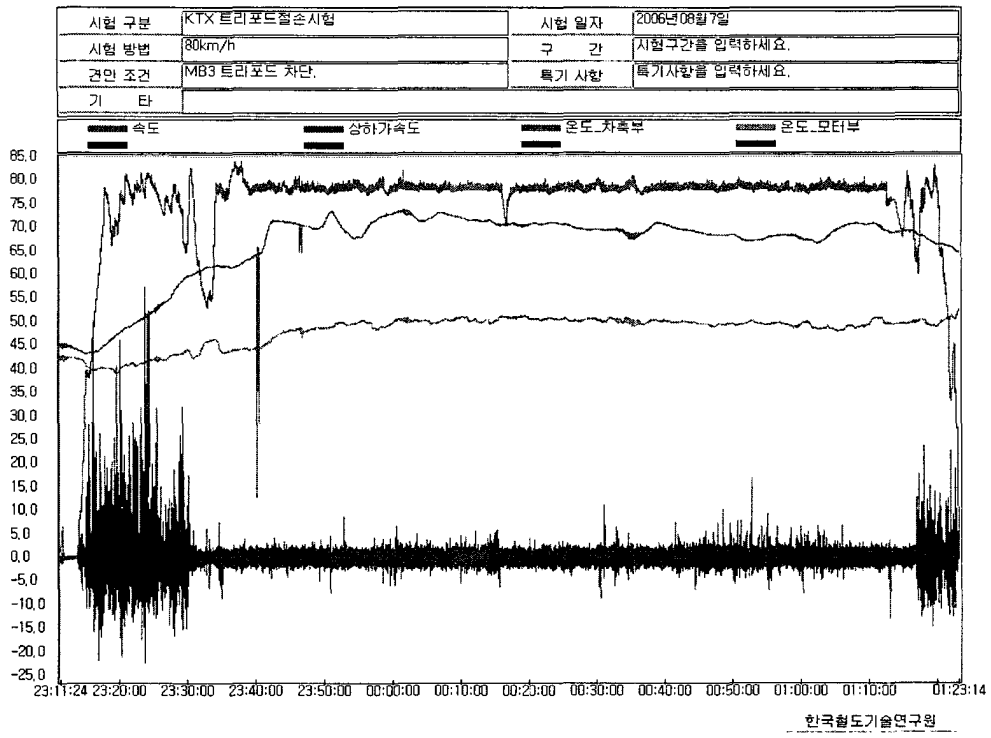


그림 3.2.1.8 1차 시험 측정 결과 (80km/h)

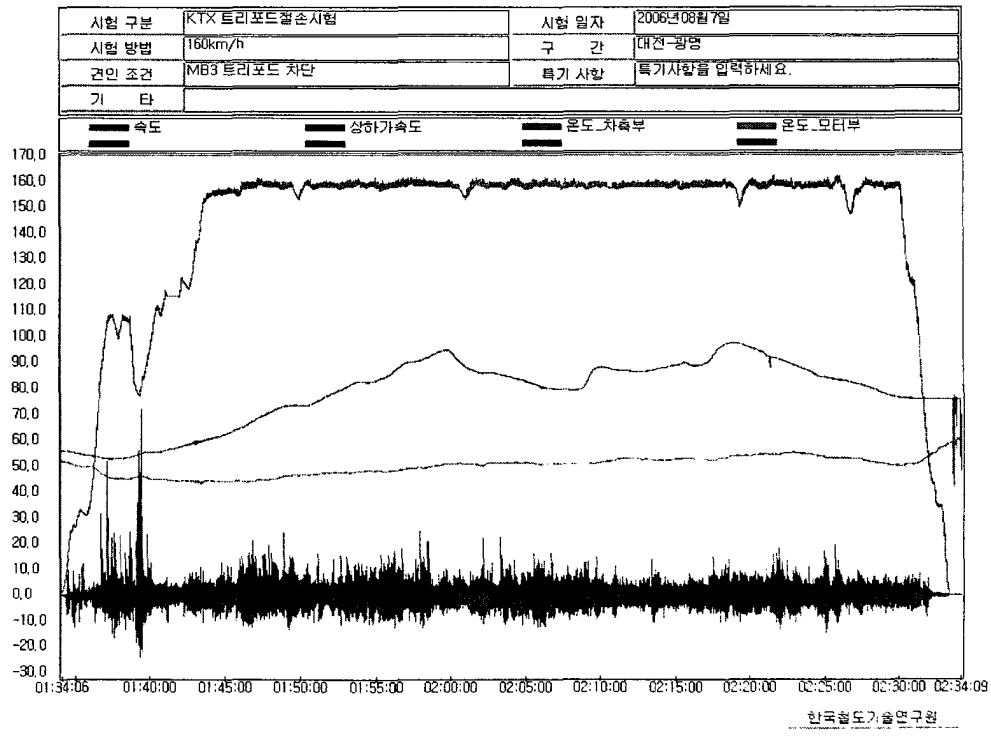


그림 3.2.1.9 2차 시험 측정 결과 (160km/h)

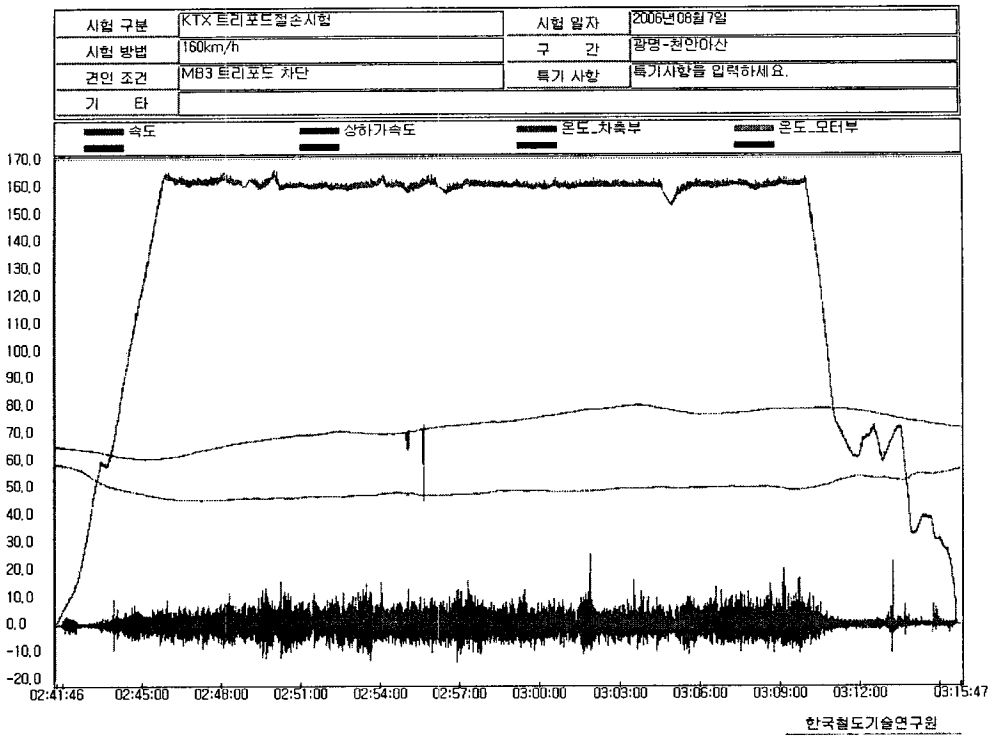


그림 3.2.1.10 3차 시험 측정 결과 (160km/h)

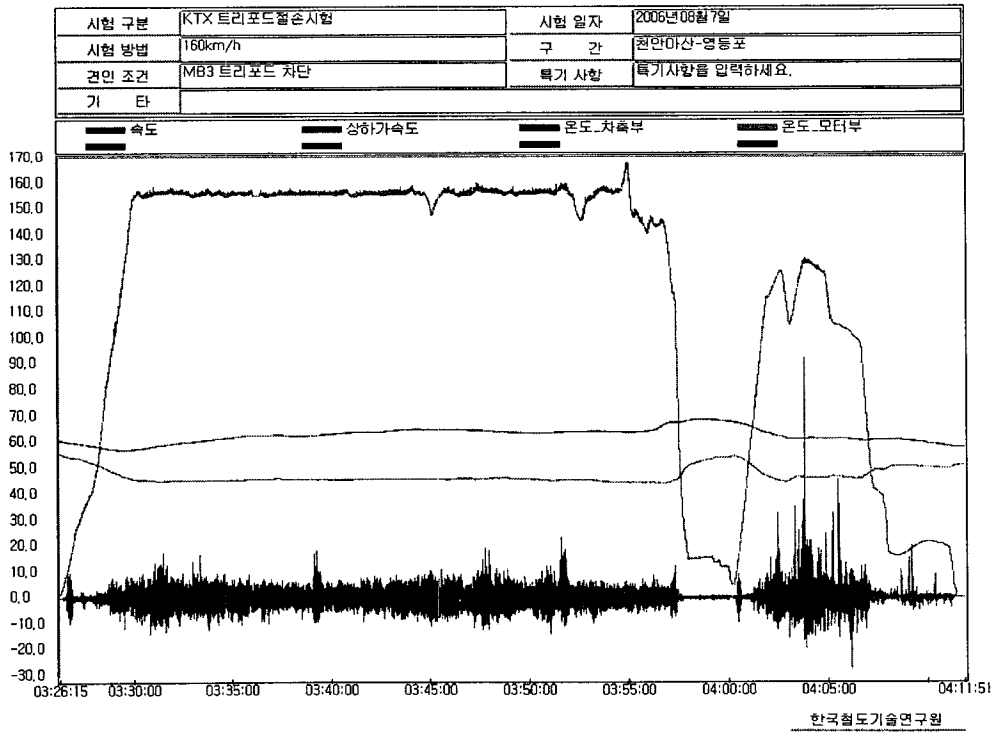


그림 3.2.1.11 4차 시험 측정 결과 (160km/h)

다. 연결선 증속시험(3차년도)

현재 운행 중인 KTX는 고속 운행에 적합하도록 새로이 건설된 고속선과 기존에 설치되어 있던 구간을 일부 개량한 기존선 구간을 동시에 운행하고 있다. 따라서 이들 구간은 선로, 전차선 등 시설물의 특성이 서로 다르기 때문에 두 구간을 연결하기 위한 연결선 구간이 존재하고 있다.

연결선 구간의 운행속도는 기존선 구간에서의 열차 운행속도보다 낮은 상태로 설정되어 있어, 이에 대한 속도향상을 통한 운행시간 단축의 필요성이 대두되어 각종 계측장비가 설치된 한국형 고속열차를 이용한 연결선 구간에서의 속도 향상 시험을 수행하여 KTX 운행속도 개선을 위한 참고자료를 확보하였다.

연결선 구간 증속시험 수행 내용은 다음과 같으며 상세 측정 결과는 [부록 4]와 같다.

(1) 수행 목적

- 고속선과 기존선의 연결구간은 선로, 전차선 등 시설물의 특성이 변경되어 속도를 제한하고 있음
- 연결 구간에서의 최고속도 제한이 기존선 구간에서의 열차 운행속도 보다 낮은 상태로 설정되어 있어, 이에 대한 속도향상을 통한 운행시간 단축의 필요성이 대두됨.
- 따라서, 한국형 고속열차를 이용하여 연결선 구간에서 속도 향상 시험을 수행하여 KTX 운행속도 개선을 위한 참고자료를 확보하기 위함.

(2) 시험 구간

- 경부선 연결선 구간 중 3개 구간
  - 대전 북연결선
  - 대전 남연결선
  - 대구 북연결선

(3) 측정항목

- 탈선계수

- 전차선과 판토그라프 사이의 편위 확인
- 진동가속도 (차축, 대차, 차체)
- 열차 운행시간 측정

(4) 시험 일자

- 2005. 4. 4 ~ 2005. 4. 12

(5) 시험속도

- 현행 속도를 기준으로 5km/h씩 증속하여 최고 15km/h까지 증속
- 각 속도 단계에서 주행에 대한 안전성을 확인

(6) 수행 내용

- 차량에 설치된 계측시스템을 이용하여 영업열차를 투입하기 전에 영업 운행에 필요한 각종 데이터를 취득하여 영업 운행 계획에 필요한 데이터를 취득함.
- 연결선 구간 증속에 따른 차량에서의 영향을 분석
  · 탈선계수
  · 전차선과 집전장치간의 편위
  · 진동가속도를 이용한 주행 안전성 분석
  · 운행시간

라. 경부기존선 KTX운행을 위한 사전 인터페이스 시험(5차년도)

(1) 시험 목적

대전-동대구 구간 기존선 전철화 공사가 종료(2007. 3. 1)되어 한국형 고속열차를 활용하여 시설물과 고속열차의 적합성을 검증하기 위함

(2) 시험 추진일정

○ 시운전 시험 일시

- 일시 : 2007. 3. 22 야간 (22:00~04:20)

2007. 3. 26 야간 (22:00~04:20)

○ 구간 및 운행조건

- 구간 : 오송기지를 출발하여 대전역~동대구역 1왕복 운행

시험일시	시험 구간	운행 시각	최고 속도 (km/h)
3. 22 (목)	오송기지~대전~동대구 ~대전~오송기지	- 대전 3.22일 22:00 출발 - 동대구 3.23일 00:40 출발	90 (하행) 110 (상행)
3. 26 (월)	오송기지~대전~동대구 ~대전~오송기지	- 대전 3.26일 22:00 출발 - 동대구 3.27일 00:40 출발	135(상/하행)

○ 시험 항목

- 한국형 고속열차 계측시스템을 활용하여 진동 특성, 판토그래프 비디오 모니터링 등 운전·차량·전기 분야로 구분된 총 10개 항목의 시험을 시행함

(3) 주요 시험결과

□ 운전 분야

○ 고속열차 구간운전시분 측정 결과는 새마을 열차의 운전시분과 큰 차이가 없으나, 곡선부 및 연속 상구배구간인 대전→김천(하행) 구간에서는 3분26초까지 운전시각 단축이 가능(135km/h 시험조건)하였음.

- 향후 KTX 열차(KTX와 G7은 가·감속 성능, 편성길이 등 상이)의 시험운행으로 구간 운전시간 측정 필요
- 절연구간 관련 표지류의 위치는 양호하나, 대신 구분소(SP) 고속열차용 역행표지 위치 및 거리는 현장 확인과 검토 필요
- 증속에 따른 부하전류 증가량은 최대값 기준 20A, 평균값 기준 4~10A로 분석되었으며, 전 구간에서 적정.

□ 차량 분야

○ 휠/레일 모니터링을 통한 동적 거동은 최소 곡선반경(400R) 구간에서 반복되는 차륜 플랜지 접촉 관측

○ 진동특성 측정 결과 열차속도 135km/h까지 UIC 518에 규정된 안전성 및 주행거동 기준을 모두 만족

- 승차감 측정·분석 결과는 속도 135km/h까지 "매우 안락" 기준 이내의 양호한 수준 평가

○ 고속열차의 유도장애 분야 중 등가방해전류 특성은 평균 2.15A로 기준인 3.8A(한국전력공사 기준) 이내로 정상 수준

○ UIC 794-O, BS EN 50119 등 국제규격 상 동적 최소접촉력은 50N 이상으로 상/하행선 모두 양호함.

- 최대접촉력은 최대 200N 정도로 양호(기준 300N)이나, 일부구간 순간접촉력이 100N 이상 급격히 변동됨. 또한, 상·하행구간 동일하게 집전판의 편위 접촉은 정상범위 이내임

□ 신호 분야

○ ATS 지상신호 및 차상 수신기 응동 측정 결과 지상자 신호에 대한 열차 ATS 수신기의 응동 및 현시기능은 전체 구간에서 양호하나, 절연구간 신호의 경우 일부 개소에서 미현시 또는 誤현시하는 상태가 발생하므로 지상자 설비와 열차 ATS 수신기 등 양측 기기에 대하여는 정밀한 현장 확인 필요.

마. 위성 인터넷 시험(5차년도)

(1) 시험 목적

- 전자통신연구원에서 수행중인 정보통신 선도기술개발사업 "고속 이동체 인터넷 위성·무선연동기술개발"과제의 요청에 의해 위성인터넷을 한국형 고속열차에 장착하여 전자통신연구원에서 시험할 수 있도록 지원 하였다.
- 인터넷 위성·무선연동기술의 고속열차에 대한 기술적 적용 가능성 검증 및 철도 기반 시설로 인한 서비스 영향에 대한 분석 검토가 이루어졌다.

(2) 시험 추진일정

- 2007. 4. 23 ~ 4. 26
  안테나 및 단말시스템을 한국형 고속열차에 설치(창원 로템공장)
- 2007. 5. 7 ~ 5. 8
  저속운행시 시스템 성능확인(창원 로템공장)
- 2007. 5. 23 ~ 5. 30
  고속운행시 시스템 성능확인(오송-동대구)
- 2007. 10. 16 ~ 10. 25
  고속운행시 KT와이브로 시스템 연동시험(오송-동대구)

(3) 주요 시험내용

- 개활지에서의 power arches에 의한 신호열화 상태 확인
- 터널통과 구간에서의 신호 수신 상태확인
- 역사 구간에서의 신호 수신 상태확인

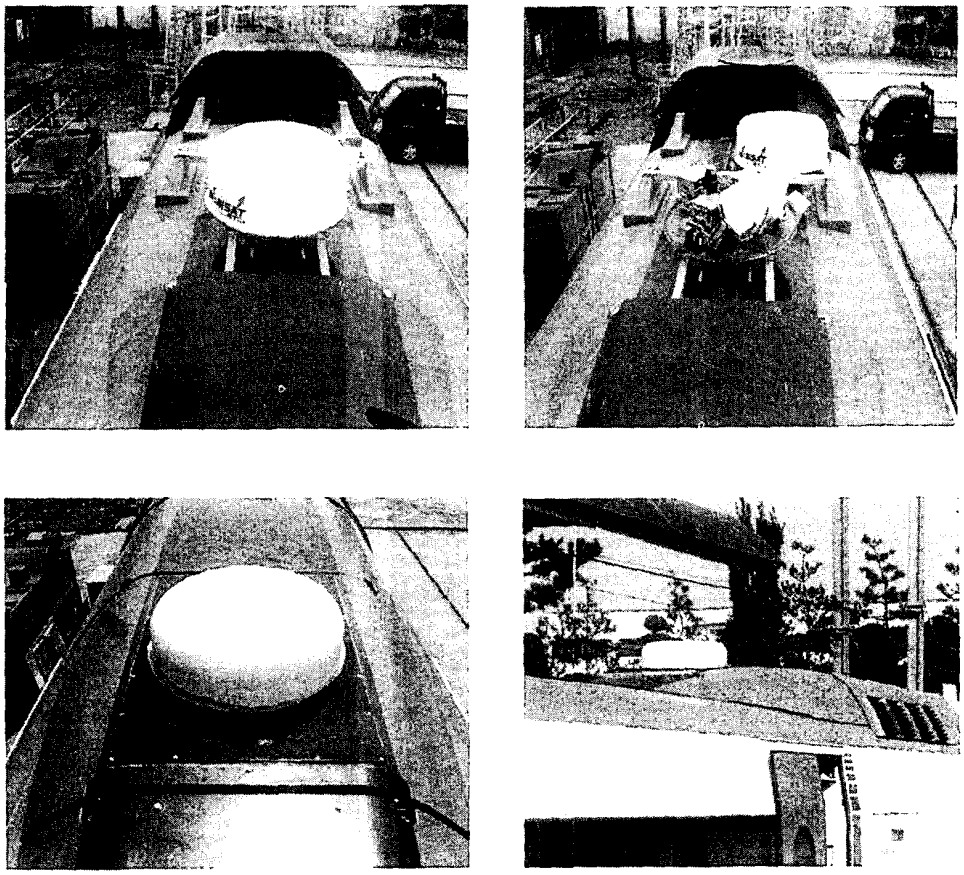


그림 3.2.1.12 이동형 안테나 설치모습

2. 개발열차 향후 활용방안 검토

가. 해외진출 기술지원(3-4차)

고속철도는 타 운송수단에 비해 상대적으로 수송효율성이 높고, 안전하고, 고속화에 의해 항공기와의 경쟁이 가능하며, 이러한 요인과 더불어 높은 사회 경제적 효과가 있다. 고속철도시스템의 사회 경제적 효과에는 다음과 같은 것이 있다.

- 고속철도는 획기적인 속도향상을 통하여 수송효율증대와 이에 따른 시간비용과 운행비용절감의 편익이 발생하고 있음. 국내의 경우 수요를 14만 명으로 할 경우 약 1조원의 시간가치 편익과 자동차수송의 절감에 따른 유류비용이 절감되고, 기존선의 활용을 통한 화물수송이 획기적으로 증대되는데 현재 약 40만 TEU의 컨테이너 수송이 약 300만TEU로 예상되어 약 7배 이상 증대될 것으로 기대됨
- 일본의 경우 신간선 개통 이래 연간 약 3억명, 현재까지 약 62억명을 수송하였는데, 그동안의 운행 중 사망자가 한명도 없었으며, 최근 5년간의 교통사망자 연 평균치에 따르면 신간선 0명, 고속도로 299명, 일반도로 9,396.4명이 사망하여 신간선이 매우 안전한 교통수단임이 입증됨
- 중장거리에서의 항공기와 고속철도의 치열한 경쟁관계는 자원의 효율적인 배분과 함께 고속철도의 속도향상 및 탄력적인 운임 등 운영의 합리성으로 고속철도의 경쟁력 향상에 기여하고 있음
- 고속철도는 이용자 측면에서는 시간절약, 정시성의 증대효과는 물론 사업자 측면에서 이윤증대, 그 외에 지역개발에 따른 경제효과(생산증대, 소득증대, 세수증대, 고용증대)와 토지이용효과(인구변화, 자산가치변화), 철도이용에 따른 사회적 효과(환경, 에너지, 환경) 등의 사회경제적 효과를 창출함

특히, 고속철도는 신기술에 의한 높은 부가가치를 생산할 수 있어 지속적으로 확대되는 고속철도건설 및 수요 확대로 이어지고 있으므로 장기적으로 고속철도위주의 해외진출이 이루어져야 할 것으로 보인다.

현재 한국형고속열차는 가격경쟁력 등을 고려할 경우 선진차량업체와 경쟁력이 있는 것으로 판단된다. 하지만 운행 실적이 없어 신뢰성 및 안정성에 대한 우려 때문에 해외 진출에 어려움을 가지고 있었으며 실제로 미국의 Florida 고속철도 사업

에서는 한국형고속열차가 기술적으로는 뒤지지 않았음에도 불구하고 운영 실적이 전무했던 관계로 우선협상대상에서 제외된 경험이 있다. 하지만 한국형고속열차 차량 시스템이 오는 2009년부터 호남선과 전라선에 투입이 예정되었기 때문에 이를 계기로 신뢰성이 확보된다면 일본이나 독일, 프랑스와 거의 동등한 위치 또는 좀 더 유리한 위치에서 경쟁할 수 있을 것으로 판단된다.

본 사업에서는 그 동안 플로리다 고속철도를 비롯하여 브라질, 터어키, 사우디아라비아 등 해외의 고속철도 도입 계획에 대하여 각국의 고속철도 건설 계획을 검토하고 차량분야 해외진출 가능성을 지속적으로 추진해 왔다. 여기에서는 사업 추진 중에 검토 했던 브라질, 터어키 및 사우디아라비아의 고속철도 사업 추진 계획 및 한국형고속열차의 진출 방안에 대하여 정리하였다.

(1) 브라질 리오-상파울로 고속철도사업 검토

(가) 사업 개요

○ 공 사 명 : 리오 - 상파울로 간 고속전철 민자사업

○ 발 주 처 : 브라질 연방정부

○ 공급범위 : 토목 및 차량 등 Full Turn-key

○ 공급방법 : BOT 방식 (건설 7년, 운영 35년)

○ 총사업규모: 90억불 (추정)

○ 입찰공고 : 2006년 예상

○ 기술조건 (伊 ITALPLAN 보고서 기준)

- 노선 총연장 : 412km
- 상용최고속도 : 280km/h (86분 소요, Non-stop)
- 수송능력 : 855명/편성 (운행시격 15분)
- 궤간 : 1,435mm (표준궤) ※ 브라질 기존철도는 1,600mm (광궤)

(나) 사업 추진경위

○ 2개의 컨설팅 업체가 브라질 연방정부를 대신하여 타당성 조사 실시

- 獨 SIEMENS('04) ※ 獨 TRANSCORR의 연구조사('97~'99)를 업데이트
  · 총사업비 63억$, IRR 3% (IRR 15%를 위해 총 사업비 80% 정부지원 필요)
- 伊 ITALPLAN('02~'04)

· 총사업비 90억$, IRR 15.4%

· 총 42년 간의 양여기간 (건설 7년, 운영 35년)

· 토지수용 및 환경평가를 정부가 주도

· 경쟁력 있는 가격으로 원자력 발전소(Angra II)의 전력 공급, 900 MHz GSM-R 무선 주파수 할당 등 전제조건

○ 브 교통부 실무 작업반 구성 및 사업추진 검토 ('05년 4월)

· 리오-상파울루 간 고속철의 중요성, 적정성, 실행가능성, 정부지원지침을 감안하였을 때 고속철 건설을 위한 제도적 절차 시행 필요 제안

· 伊 ITALPLAN(안)의 파이낸싱 모델링 기법 도입

· 獨 TRANSCORR(안)의 환경개발방안 도입

(다) 검토 의견

○ 정치적 측면

- 일본, 독일, 이태리 등의 업체에 의해 수차례 타당성 검토 수행
- 전임 정부시절 독일 업체가 정부 승인 하에 사업 추진하였으나, 현 정부에서는 이태리 업체로 전환

○ 경제적 측면

- 상파울로는 1,800만명의 인구를 가진 브라질 최대의 도시이며, 리오 데 자네이로는 브라질의 옛 수도로서 인구가 1,000만임
- 광역 도시권을 포함할 경우 두 도시의 인구는 브라질 전체 인구의 1/4에 해당하며, 브라질 경제의 1/3을 차지하고 있음
- 브라질은 세계 2위의 중형항공기 생산국이며, 광활한 국토면적으로 국내선 항공산업이 발달해 있으나 극심한 가격경쟁으로 국적항공사 5개사 중 2개사가 부도상태임

○ 사 업 성

- 연방정부는 정부의 재정지원 없이 순수 민간투자만으로 추진코자 함
- 현재 해당구간 항공운임은 140$, 고속버스(6시간 소요) 운임은 12$~30$이며, 고속철 운행 시 운임은 53$ 예상 (세금 불포함)
- 현재 연방교통부 작업반이 계속 검토 중이며 몇 가지 변수가 상존

· 400MW로 추정되는 전력수요가 주변여건과 부적절하다는 시각 존재

· 환경영향평가에 추가 시일이 필요할 것으로 전망

- 伊 업체의 경우 총 사업비를 90억$로 추정하고 있으나 경유노선에 따라 총 사업비 중 80%를 차지하고 있는 토목건설비 조정이 가능할 것으로 예상되며, 시종점역 역세권 개발 및 노선 중간역 부근의 신도시 개발권을 투자 조건으로 내세울 경우 사업성이 있을 것으로 판단됨

(라) 향후 추진방향

○ 한국철도기술연구원 주관 예비 타당성 검토

· 기존 외국업체의 타당성 조사 보고서를 토대로 공사비, 교통수요, 재무분석 실시

· 한국형고속열차의 국내 상용화를 앞두고 있는 현 시점이 적극적인 해외진출을 검토해야할 시기라고 판단됨

○ 제안서 작성 준비 (사업 타당성 입증 시)

- 컨소시엄 구성(건설업체, 차량제작사, 금융권 등) 및 제안서 작성팀 구성
- 재원조달 방안 마련
- 시종착역 역세권 개발, 중간정차역 인근 신도시 개발권, 지하자원 공동개발 등 국익을 극대화 할 수 있는 협상전략 수립

(2) 터어키 고속철도 건설계획 및 현황

(가) 터키 일반 현황

○ 터키의 인구는 약 7,000만명이며, 국토면적은 남북한의 약 3.5배임

○ 이스탄불~앙카라 구간에 대부분의 인구가 밀집되어 있음

- 이스탄불(1,200만명), 이즈밀(350만명), 에스키세헤르(350만명), 앙카라(400만명)

○ TCDD(터키철도청)에서 관리하는 철도 연장은 약 10,000km이며, 철도청 인력은 약 38,000명임

○ 최초의 철도는 1880년도에 부설되었으며, 공화국 이후 1921년부터 철도청에서 관리 시작

- 철도는 도로교통에 비하여 전반적으로 낙후함

(나) 터키 고속철도 건설계획

○ 터키의 고속철도 건설은 이스탄불~앙카라 및 앙카라~콘야 2개 구간에서 계획 중이며, 이스탄불~앙카라 구간은 2004년부터 일부구간 건설 착수됨

○ 이스탄불~앙카라 구간(약 576km)

- 2004년 사업 착수
- 동력분산식을 원하여 독일에 편향되어 있음

○ 앙카라~콘야 구간(약 400km)

- 동력 집중식 약 50량
- 2007년 상반기 입찰 예상

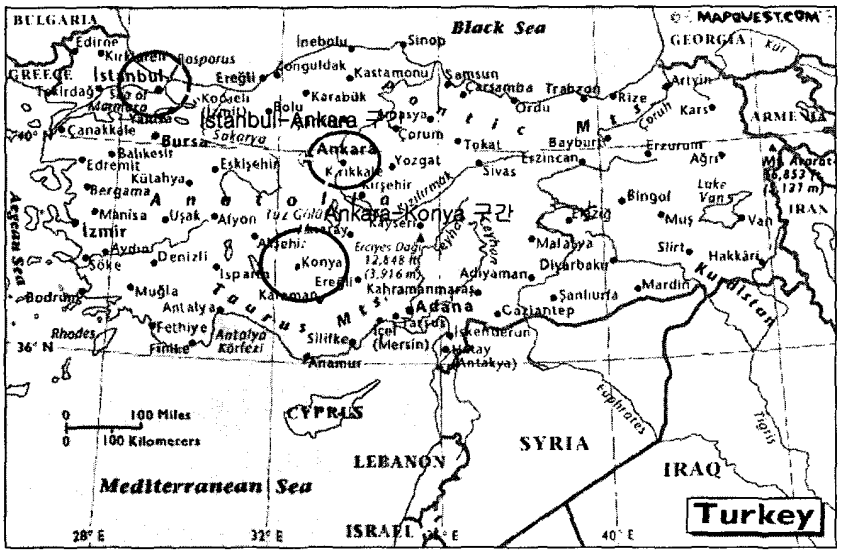


그림 3.2.2.1 터어키 고속철도 건설계획

(다) 한국형고속열차 시험 운행을 위한 현지 조사

○ 터어키 정부 에서는 이스탄불~앙카라 구간 복선전철사업의 추진을 원활히 하고자 한국형 고속열차의 시운전 가능성 타진

○ 한국형 고속열차를 활용하여 이스탄불~앙카라 구간 일부에서 시속 200km로 시범주행을 위한 가능성을 파악하기 위하여 사전 현지시설조사

○ 선로현황

- 이스탄불~앙카라 구간은 구간별로 복선과 단선이 혼재되어 있음
- 단선과 복선이 혼재되어 정상속도로는 주행이 불가함
- 객차에서 느끼는 승차감은 국내 기존선 무궁화호 수준과 유사함
- 200km/h 정도까지의 속도 증속은 신선에서만 가능하며, 선로상태를 고려하여 단계별로 증속하면서 결정 필요함
- 선로의 유지보수 상태는 나쁘지만, 최근 계속 유지보수중임

- 시험선로 구간의 선로 불규칙도 측정 Data 입수 후, 검토 예정임
- 분기기에 탈선방지를 위한 가이드가 부분적으로 설치되어 있음 (Rail 상면 70mm)

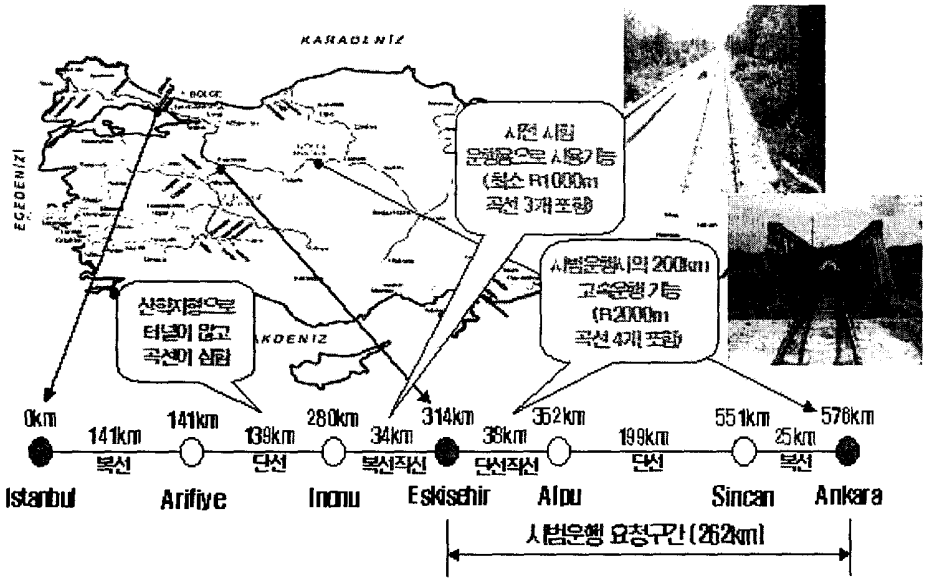


그림 3.2.2.2 터어키 철도노선 현황 검토

(3) 사우디아라비아 고속전철 프로젝트 검토

○ 사우디 철도프로젝트 개요

사우디아라비아 철도기구(SRO: Saudi Railways Organization)에서는 제다~주베일(Jeddah~Riyadh~Jubail) 구간에 철도 건설 및 운영을 목적으로 "RFPQ: Request of Pre-Qualification"를 2005. 4.18에 국제입찰 공고

○ RFPQ 개요

- 프로젝트 명 : Saudi Landbridge Project
- 건설 구간 : 총 연장 1,515km Jubail~Dammam~Riyadh~Jeddah
- Dammam~Riyadh 구간 기존선 개량
- Jubail~Dammam, Riyadh~Jeddah 구간 신선건설
- 차량방식 : 화물용 단선 디젤

※ 향후 복선전철화 고려, 단선궤도에 노반은 복선으로 건설

- 건설 기간: 5년 (예상: 2006.6 ~ 2011.5)

- 프로젝트 예산: 약 5조원

○ 노선 개략도

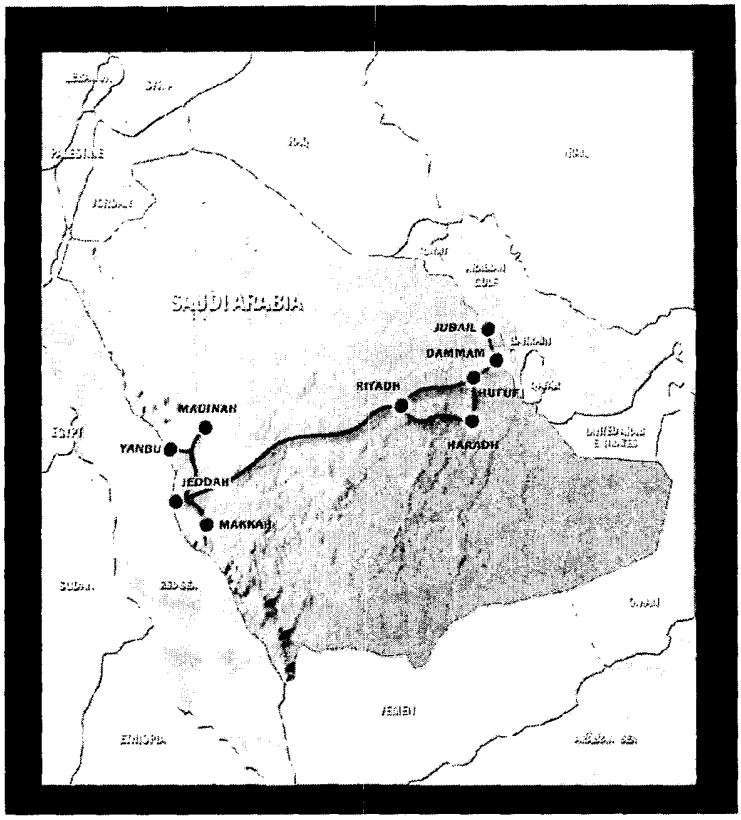


그림 3.2.2.3 사우디아라비아 고속철도 노선 계획도.

적색선 : 기존선 개량 청색선 : 신선건설

○ 진행 현황

- 2005년 8월 9개 컨소시움 국제공개 입찰에 참여
- 2006년 2월 3개 컨소시움 최종 PQ 심사통과

○ 사우디 측에서는 프로젝트 명을 "King Adbulah Bin Adbul Aziz Railway Bridge로 변경하여 1,2단계로 구분, 고속전철시스템 도입을 검토 중

- 1단계 : 단선디젤 화물운송 시스템
- 2단계 : 복선 고속전철 시스템

○ 검토사항

- 아직까지 고속전철시스템의 도입이 결정되지 않은 상태이므로 현재 상황에서는 프로젝트의 진행상황을 주시하고, 향후에 참여 방안을 다시 검토하는 것이 바람직할 것으로 보임.

나. 실용화 열차(전라선/호남선)기술지원

(1) KTX 기지 적합성 시험(3차년도)

(가) 시험목적

고양에 위치한 KTX 검수설비를 사용하여 한국형 고속열차의 기지 검수 운용이 가능한 지 여부를 확인하는 것이다.

(나) 시험기간

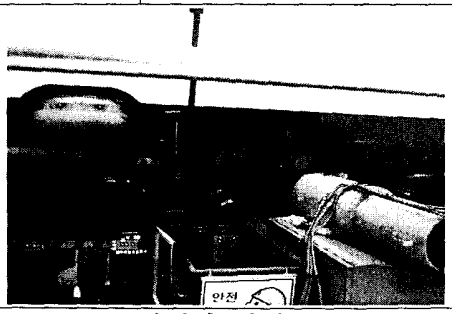
한국형 고속열차에 탑재한 탈선계수 측정용 차륜을 정상차륜으로 교체 작업을 수행하기 위해 고양기지에 유치한 2006년 5월 22일부터 6월 12일까지 시행하였다.

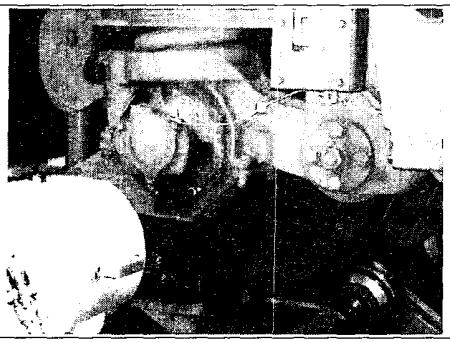
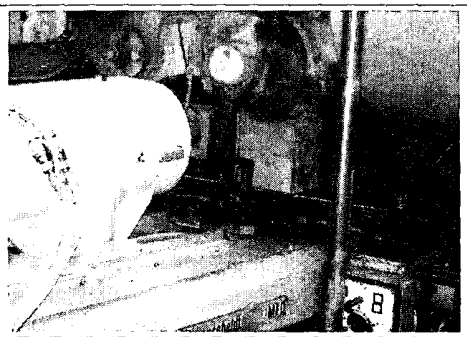
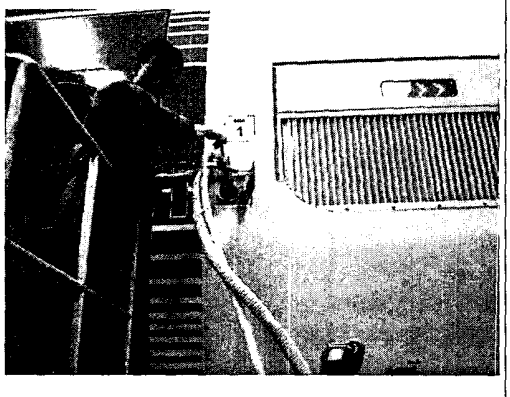
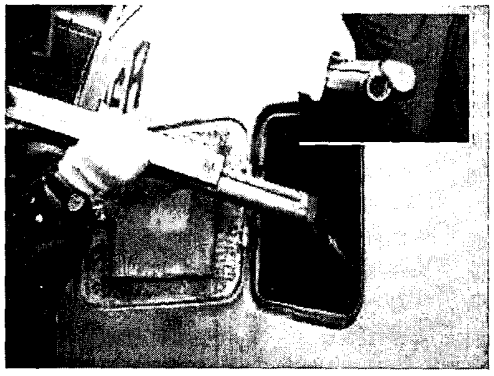
(다) 시험대상설비

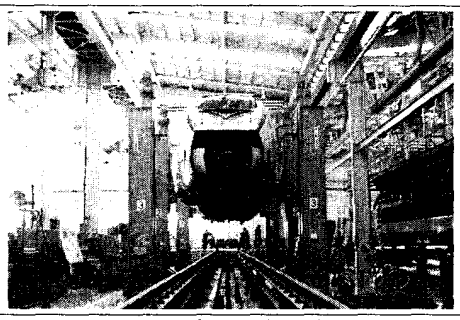
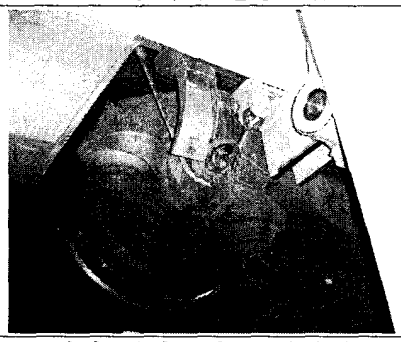
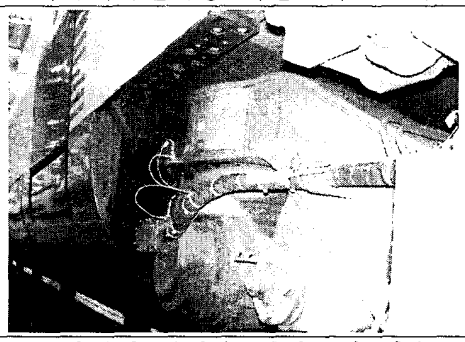
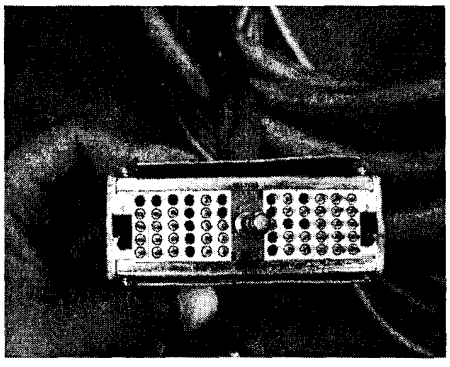
차륜삭정설비, 급사설비, 분뇨수거설비, 자동세척설비, 동시인양설비, 신호제어장치 시험설비, 드롭핑테이블장치 설비, 차륜자동검사설비로 총 8개 검수설비를 시험대상으로 하였다.

(라) 시험결과 요약

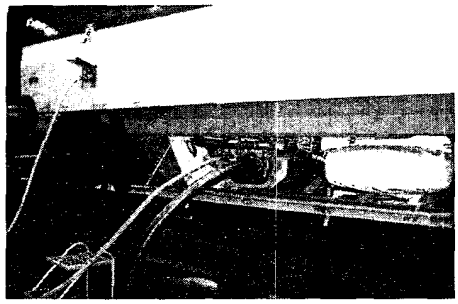
표 3.2.2.1 적합성시험 결과

시 험 설 비	차륜삭정장치
시 험 결 과	-동력대차 : 삭정가능 -객차대차 : 대차를 밀어올리는 삭정장치의 서포터와 G7차량의 와전류제동장치간 간섭되어 삭정불가
	
동력대차 삭정모습	객차대차 와전류제동장치

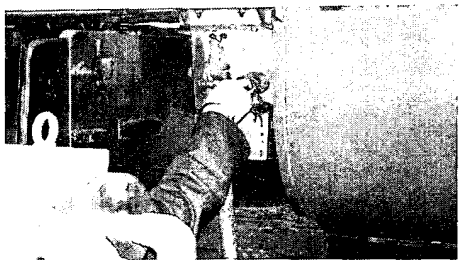
<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>동력대차 축상지지 서포터 설치 모습</td><td>객차대차를 밀어올리는 삭정장치의
서포터 삽입불가</td></tr>
<tr><td>시 험 설 비</td><td colspan="2">급사설비</td></tr>
<tr><td>시 험 결 과</td><td colspan="2">-G7 PC차량의 급사포켓이 작아 급사노즐이 삽입되지 않음
-급사설비가 20량 기준으로 설비되어 차량을 이동하며
급사하거나 급사설비 추가설비 필요</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>동력객차 급사노즐 삽입으로 급사장치
사용가능</td><td>동력차 급사포켓의 지름이 작아
급사장치의 노즐 삽입불가</td></tr>
<tr><td>시 험 설 비</td><td colspan="2">동시인양설비</td></tr>
<tr><td>시 험 결 과</td><td colspan="2">-동력차 : 활용가능
-객 차 : 대차 결박용 체인고리가 없어 인양불가
-설비의 동력차용 인양잭(35ton)이 20량 기준으로 설비되어 편성 길이에 맞게 중간의 객차용 잭(20ton) 4대를 동력차용으로 교체필요</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>동력차 인양모습</td><td>객차대차결박용 체인고리(KTX)</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>동력차 대차결박용 체인체결모습</td><td>객차대차 결박용 체인고리 없음</td></tr>
<tr><td>시 험 설 비</td><td colspan="2">신호제어장치 시험설비</td></tr>
<tr><td>시 험 결 과</td><td colspan="2">CSEE사에서 제작된 KTX용 시험기와 국내제작사(LS산전)에서 제작된 G7차량용 부품간 접속콘넥터 및 소프트웨어 상이로 설비 활용시험 할 수 없음</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">한국형고속열차와 KTX시험기 간의 접속콘텍터 상이로 시험기 연결불가</td><td>CSEE사가 제작한 KTX설비와 국내LS산전이 제작한 한국형고속열차의 소프트웨어 상이로 사용불가</td></tr>
<tr><td>시 험 설 비</td><td colspan="2">분뇨수거설비</td></tr>
</table>

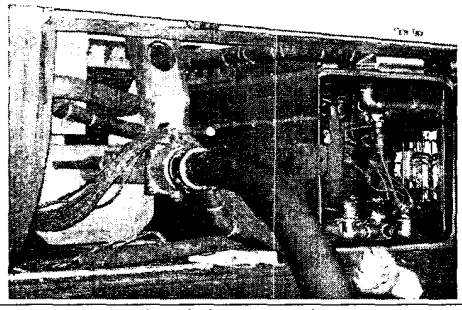
시 험 결 과	-분뇨수거는 연결 가능 -급수설비 및 세척수설비는 차량접수구가 상이하여 연결 못함



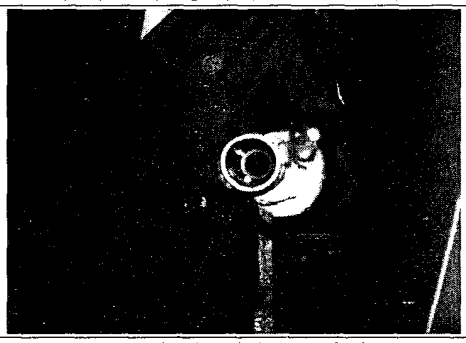
KTX 분뇨수거 모습



G7 급수장치 및 세척수장치는 설비간의 접속구가 상이하여 연결못함

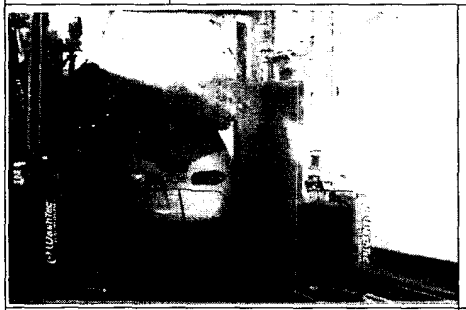


분뇨수거 접속구만 연결 가능

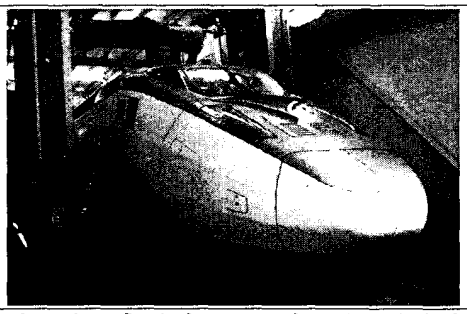


분뇨수거 접속구 형상

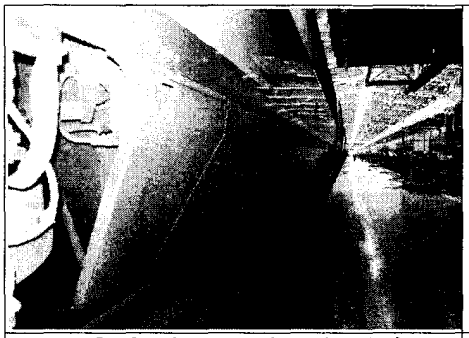
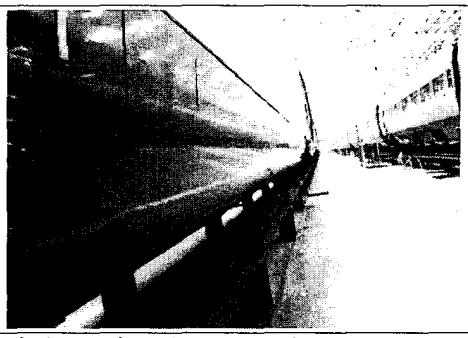
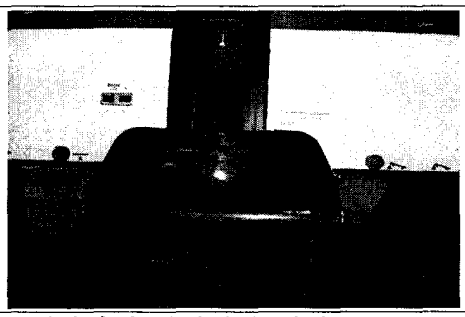
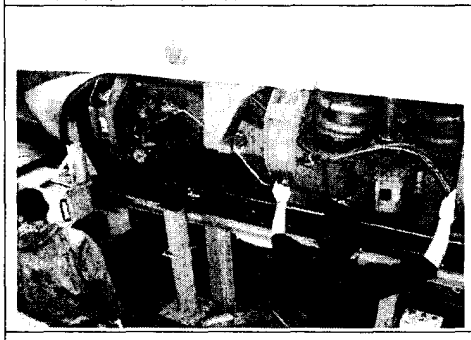
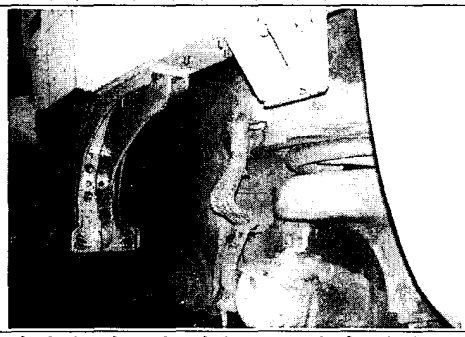
시 험 설 비	자동세척설비(자동작동장치, 수동작동불가)
시 험 결 과	-세척설비용 절연구간거리가 180m로 차량길이(총 145m)를 초과하여 자력진입 않됨으로 자동세척설비 작동 못함 -전두부 및 측면 스커트부 형상상이로 롤러가동 곤란예상 -20량편성용으로 설비되어 G7차량에 적용어려움



KTX 세척롤러부 진입모습



G7 전두부, 측면하부 스커트부 형상상이로 하부세척롤러 가동곤란예상

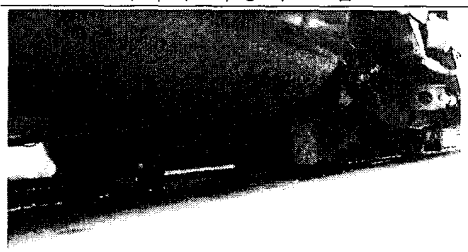
<table>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>KTX 측면 하부 스커트부 형상</td><td>측면하부 스커트부 굴곡모습</td></tr>
<tr><td>시 험 설 비</td><td colspan="2">드롭핑테이블</td></tr>
<tr><td>시 험 결 과</td><td colspan="2">-동력대차 : 드롭핑테이블 사용가능
-객차대차 : 객차차체에 씨트설치가 없음으로 드롭핑테이블 장치의 작키 설치 불가로 사용못함</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>동력대차 분리모습</td><td>KTX 객차차체 작키설치 위치</td></tr>
<tr><td></td><td></td></tr>
<tr><td>동력대차 분리모습</td><td>객차차체에 씨트가 없음으로 작키 설치 불가</td></tr>
<tr><td>시 험 설 비</td><td colspan="2">차륜자동검사설비</td></tr>
<tr><td>시 험 결 과</td><td colspan="2">- G7 트렌스폰드인식기(편성자동인식)가 설치되지 않아 편성인식 않됨(000000로 인식됨)
- 편성인식기 차량에 설치시 차륜자동검사설비 사용가능
- 레이져 차광막 고무부분과 와전류제동장치간 접촉</td></tr>
</table>



레이저빔 발사 및 차광막 설치



레이저 차광막 모습



레이저차광막 고무부분과 와전류제동장치간 접촉흔적발생

(2) 실용화 열차 적용부품 검증시험 기술지원(4-5차년도)

(가) 목적

KTX-Ⅱ 차량 구매를 위한 기술협상시 (주)로템에서 제출한 한국형고속열차의 "신뢰성확보방안 실행계획"에 따라 추진한 신뢰성검증 시험이다.

(나) 추진 경위

○ '05. 12 신뢰성검증계획 제출(로템→철도공사)

○ '06. 4. 12 한국형고속열차시운전단내 철도공사 차량분야 인력보강(3명→5명, '07. 1월까지 철도연 파견근무 ⇒ G7차량개발사업 종료시기인 '07. 10월까지 파견기간 연장)

- 당초 시행하던 시운전지원업무외 KTX-Ⅱ 관련하여 신뢰성검증계획 시행과 관련업무 추가

○ '07. 10. 20 신뢰성검증계획 보완제출(로템→철도공사)

- 5개장치, 73세부개선항목 → 4개장치, 100 세부개선항목

· ATC/ATS(LS산전 제작)장치가 당초 검증대상장치에 포함되어 있었으나, (주)로템에서 기술적인 신뢰성한계 및 ATP장치 추가설비 등의 사유로 KTX-Ⅱ에는 원제작사(CSEE)제품으로 선정함에따라 G7차량을 통한 신뢰성 검증계획에서 제외

· 철도공사인력이 보강파견된 이후 확인된 차량운용과 관련된 부적합사항 개선 방안 추가하여 계획보완(제동패드 과대마모 등)

○ '07. 3. 29 ~ 5. 10 중점검 시행(운용지침에 의해 40,000km주행후 각부 분해, 상태점검 정비)

- 중점검 완료이후 차량상태 지속 모니터링예정

(다) 결과 요약

○ 모터블럭

표 3.2.2.2 모터블럭 기술지원내용

대상부품	기술지원내용
전력반도체(IGCT) 소손	전력 노이즈에 의한 소손 개선을 위해 리액터재설계
	전차선 절연구간 진입시(고속선) 자동으로 견인력 제한기능 보완
	왜곡된 전압파형 입력시 장치내 과전류로 인한 소손개선을 위해 관련제어PCB의 필터 등의 부품 및 회로보완
	최적의 제어가 용이한 최신의 IGBT소자와 성능 비교시험
냉각용 인버터 고장	절연구간 진입 등 냉각용팬 전원 정지후 재기동시 냉각팬의 관성회전을 감안하여 재기동 프로그램 수정
공전/활주제어	-공전/활주검지 기준확립 -비교대상 차륜경 차이로 인한 오검지 보정방안 수립

○ 보조블럭

표 3.2.2.3 보조블럭 기술지원내용

대상부품	기술지원내용
전력반도체(IGBT)소손 및 과전류 보호동작 자주발생	용량 증대된 소자(1,800A→2,400A)로 교체
	노이즈 등으로 오동작 경우가 있는 Driver부품교체 및 가선전압 검지회로 보완제작
	주요부품의 동작상태 모니터링기능 보드 신규제작 설치
동시기동	1군/2군 보조블럭컨버터 동시기동 검증(KTX-Ⅱ 대비)

○ 제동장치

표 3.2.2.4 제동장치 기술지원내용

대상부품	기술지원내용
제동불완해	각 차량의 제동전기제어유니트(ECU)의 노이즈방지대책 수립
	제동전자밸브 구동회로 안정화, 개선
차륜찰상	-활주검지 및 재점착제어 기준치 산정, 적용 -검지센서 성능개선
제동정보 현시불량	-제동전기제어유니트의 통신회로 보완 -고장검지 기록기능 보완
제동패드 이상마모	전기/공기 제동블랜딩제어유니트(BBCU) 개선, 현차적용

○ 차상컴퓨터장치

표 3.2.2.5 차상컴퓨터장치 기술지원내용

대상부품	기술지원내용
주요장치 동작현시 불안정	각 장치간 인터페이스 회로보완, 안정화
디스플레이 성능보완	-철도차량용품 전문제작사(Deuta Werke)모니터 설치 -환경시험(온도, 진동, 전자파시험 등) 시행
고장현시, 운전자지원	KTX와 유사한 패턴의 고장현시 및 지원 프로그램으로 보완
무선전송기능	주요장치 고장시 TRS 무선통신시스템으로 관련부서에 데이터 송신기능 확인
출고점검 및 유지보수	기관사단독시험, 유지보수 종결시험 기능설정

제3절 차세대 고속철도 기획

1. 차세대 고속철도 기술개발사업 추진경위

차세대 고속철도기술개발사업은 2005년도 예산조정배분을 위한 국가과학기술위원회에서 고속철도 차량을 동력 분산식으로 하는 연구 사업을 진행될 것을 추천하였으며, 이에 따라 차세대 고속철도기술개발사업에 대한 기획이 본과제의 4차년도 연구내용이 추가됨으로서 2005년 11월 1일부터 본격적으로 시작되었다. 본 과제에서 최초로 작성된 차세대 고속철도기술개발사업 기획안은 한국철도기술연구원, 한국철도공사, 한국시설관리공단, 한국건설교통평가원, 관련 참여기업 및 연구원 등과 여러 차례의 의견수렴 과정을 거쳐 수정된 고속철도기술개발사업 기획안이 한국건설교통평가원에 제출되었다. 이 기획안은 고속철도기술개발사업 운영위원회와 건교부 미래기술위원회의 심의를 통해 '06년 9월 5일 차세대 고속철도 기술개발을 고속철도기술개발사업의 2006년도 신규과제로 지원하기로 결정되었다. 고속철도기술개발사업 기획안이 확정되기까지 진행되었던 경위를 살펴보면 다음과 같다.

- '05. 11. 1 :「고속철도기술개발사업」통합 및 총괄과제에서 기획연구 착수
- '06. 1. 26 : 관계기관 의견수렴
- '06. 2. 03 : 연구원 내부 의견수렴
- '06. 2. 09 : 관련 기업 의견수렴
- '06. 2. 21 : 공사/공단 의견수렴
- '06. 2. 28 : 참여 연구기관 의견수렴
- '06. 3. 09 : 국가과학기술위원회 전문위 발표
- '06. 3. 15 : 건설교통부 중간보고회
- '06. 3. 29 : 외부전문가 기획자문회의 및 의견수렴
- '06. 5. 3 : 차세대 고속철도 기획보고서 운영위원회 심의
- '06. 6. 12 : 차세대 고속철도 기술개발사업 시행계획(안) 운영위원회 심의
- '06. 8. 21 : '06년도 고속철도기술개발개발사업 시행계획 변경(안) 사전검토 (미래기술위원회 분과회의)
- '06. 9. 5 : '06년도 고속철도기술개발개발사업 시행계획 변경(안) 심의 확정 (미래기술위원회)

2. 기획(안) 내용 요약

가. 서론

(1) 필요성

□ 고속철도 시스템 기술의 지속적 연구개발로 다양화 발전 필요

- 2005년 12월 한국철도공사가 호남선·전라선 운행을 위해 투입할 신규 고속차량 구매사업에 한국형 고속열차 기술이 우선협상 대상으로 선정됨으로서 고속철도 기술개발사업의 성과가 국내에 실용화되어 한국형 고속열차 개발로 대표되는 기술개발사업은 그 목표를 충분히 달성함
- 기술개발사업을 통해 확보한 고속철도 기술은 해외시장에서 우리 철도기술의 경쟁력 향상을 위한 지속적 연구개발과 다양성을 확대한 완성이 필요

□ 해외 기술발전 동향과 국·내외 환경에 능동적 대응이 필요

- 해외 고속철도 선진국들은 경쟁적으로 신기술을 적용한 초고속열차 개발을 진행 중이며 철도기술의 경쟁력을 국가의 대표적 기술 경쟁력으로서 과시함.
  - 일본은 360km/h 급 초고속열차인 "FASTECH 360" 열차를 개발, 시험 중
  - 독일(Siemens)은 350km/h급 "Velaro" 고속열차를 개발, 스페인에 수출 중
  - 프랑스(Alstom)는 360km/h급 차세대 고속열차 "AGV"를 개발, 시험 중
- 국내에는 2017년 호남고속철도의 건설로 2016년경 신규 고속차량 300량이 필요할 것으로 예측되며, 2020년 이후에는 현재 KTX 열차의 대체물량으로 최소한 920량 이상 고속차량 소요가 예측되어 국내 고속철도 노선의 선형, 수송수요 등 노선특성과 조화된 다양한 고속철도 기술의 확보, 보급이 필요함.
- 해외 고속철도의 동향은 80-90년대 프랑스가 동력집중식 TGV 기술이 스페인, 한국 등 해외 고속철도 시장에 가장 경쟁력 있는 시스템으로 평가되었으나, 90년대 후반~2000년대부터 스페인 2세대 고속열차, 중국 고속열차, 러시아 고속차량은 독일의 ICE-3 동력분산식 고속차량, 대만 고속철도는 일본 신간선 차량으로 채택되어 열차 동력시스템의 형식은 동력집중식에서 동력분산식으로, 서비스 성능도 승객의 쾌적성을 우선하는 방향으로 특징이 변화하고 있음.

- 따라서 현재 고속철도 건설계획을 추진 중이거나 준비 중인 중국, 미국, 브라질, 베트남 등 해외시장에 우리나라 철도기술과 철도산업이 진출하여 경쟁 우위를 확보하려면 이미 확보한 한국형 고속열차 기술과 상호보완적인 동력집중식 기술과 350km/h 이상 초고속 성능을 갖춘 다양한 기술의 개발이 요구됨.

□ 대량 수송능력 / 이용승객 중심으로 차량성능의 질적 개선 요구

- KTX 열차의 이용승객 분석 결과 2005년도에는 1일 이용객이 73,302명이나, 향후 2020년경에는 현재의 2배 이상인 155,282명 이상 증가될 것으로 추정.
- 수송수요 해결을 위해서는 열차의 속도향상과 열차운행 횟수의 증가가 필요하나 기존방식 차량의 추가 투입으로는 선로용량의 한계를 가져, 대용량 수송 능력을 갖춘 차량과 차량 속도의 점진적 향상, 고밀도 열차운행이 필요함.
- 고속철도 초기 운영단계에 도출된 승객 불만사항을 개선한 신개념 서비스를 제공하는 차량기술의 개발, 보급이 운영자 영업성 개선측면에서 요구됨.

□ 국가 연구개발 사업 등 국가 제도적 심의기구의 평가의견 반영

- 2005년도 예산조정/배분을 위한 국가연구개발사업 조사분석평가 전문위원회 심의의견에서 동력분산식 차량시스템 기술 등 차세대 연구의 추진을 추천함.

(2) 연구개발 추진방향

□ 고성능 차량 개발을 통한 고속철도 시스템의 효율 향상

- 최근 국내의 고속철도 건설에 투입된 사업비는 km당 400억~600억원이 소요되었고 경부고속철도 건설사업의 1단계 공사는 총 12조 7,377억원의 건설 예산이 투입되어 일반철도 대비 약 2배의 사업비가 투입됨.
- 향후 철도 신규투자는 신규노선 건설은 최소화하고 고성능 차량기술 개발을 통하여 시스템의 효율성을 극대화하는 전략이 검토되어야 함.
- 해외 사례의 경우에도 차량의 고속화 위주로 철도 성능향상에 주력함.
  - 일본은 '64년 신간선 0계 개통 이후 약 11종의 고성능 차량을 개발, 운행 중임.
  - 프랑스는 '82년 TGV-PSE 개발 후 6종의 차량을 개발, 운행 중임.
  - 독일도 '92년 ICE 개통 이후 현재 3세대 차량 ICE-3까지 개발, 운행 중임.

□ 상업성을 고려한 수송수요 적극 대처

- 편성의 유연성이 가능한 분산식 추진시스템 기술을 갖춘 고성능 차량의 개발로 고밀도 인구 지역과 저밀도 지역의 연계운행 효율성을 갖춘 철도 시스템의 개발 필요
- 차량(축중)의 경량화 및 차량 주행 동하중을 최소화한 경량 차량시스템 개발로 하부 궤도 등 선로 시설물의 유비보수 비용 저감에 대처할 필요성이 증대

□ 산·학·연 참여와 결집을 통한 기술개발의 다양성과 전문성 제고

- 국책 연구기관의 시스템 연구 역량을 중심으로 대학의 기초연구와 기업의 응용기술력을 집결함으로서 핵심장치 기술개발의 시너지 효과를 극대화하는 기술개발 추진체계 및 시스템을 구축, 추진하는 전략이 필요
- 궤도토목, 차량, 신호, 전력분야 등 철도기술의 다양성과 복잡성을 해결하여 미래 국가성장동력 산업으로서 철도산업의 경쟁력을 재고 할 철도 분야의 전문 연구/기술인력 양성과 보급이 필요함.
- 기초-응용 기술의 역할분담 체계 구축을 통한 위기상황 대처와 개발기술에 대한 관련 산업계 파급효과 극대화

□ 미래 지향적 첨단기술의 개발, 적용으로 철도 서비스 제고

- IT 기술을 효율적으로 이용한 각종 첨단 기술의 접목과 인간 공학적 공간 디자인 구현으로 철도 이용승객의 편의성 향상과 서비스 질 개선을 도모하고 철도 운영기관의 영업수익 창출에 기여하는 고속철도시스템 기술을 개발, 보급
- 대량 대중교통 수단으로서 철도의 안전성 향상을 위해 강화된 지능형 차량 안전 모니터링 시스템의 구축, 적용을 추진

(3) 사업목표

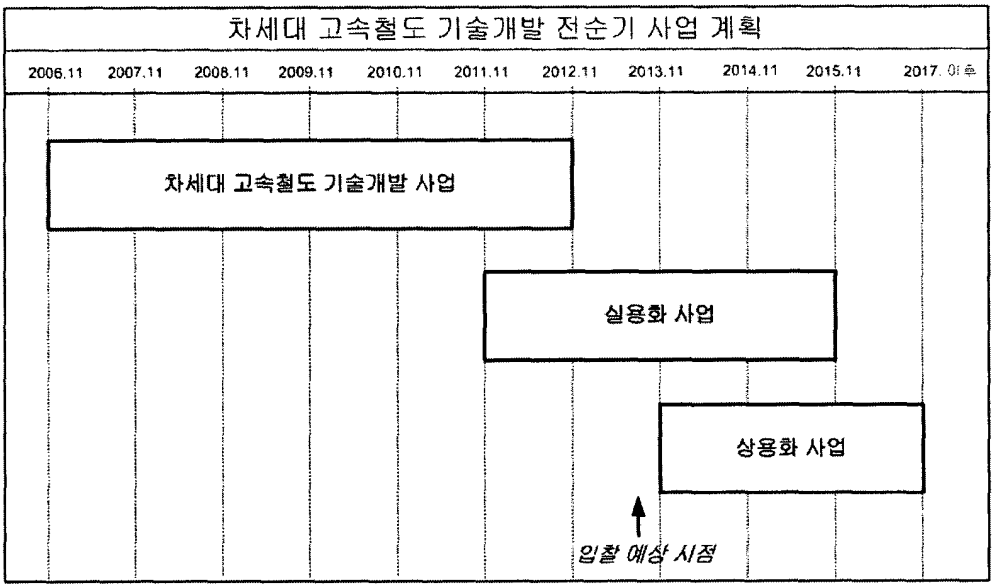
□ 고성능 차량 개발을 통한 고속철도 시스템의 효율 향상

- 국내 기 구축된 인프라를 최대한 이용하고 기술적 개발 가능기간을 고려하여, 현재 진행하고 있는 고속철도 기술개발사업 종료시점 및 차세대 고속철도 시

스템 기술개발 실용화 예상시기를 호남선 고속철도 건설(2017년 완공) 계획 일정에 맞추어 기술개발 최종목표와 소요기간을 정함

- 사업목표 : 국내 고속철도 기술의 경쟁력 제고를 통한 국내·외 고속철도 시장의 능동적 대응과 지속가능한 미래 성장동력산업의 기반기술 확보를 위한 최고운영속도 350km/h, 최고 시험속도 400km/h급 차세대 고속열차 개발 및 관련 핵심기술 개발
- 사업기간 : 2006년 11월 ~ 2012년 10월(6년)

□ 사업의 전순기 개발 계획 및 상업화 예상 시점



(4) SWOT 분석

환경 변화 요인 분석

· 경제성 확보를 위한 다양한 편성 · 고품질 서비스 요구 · 철도의 효율적 운송체계 인식 · 운송시스템의 고속화 요구 · 고속선과 기존선의 통합 운행	· TGV, ICE, 신간선의 3파전 양상 지속 · 신규 성능개선 차량의 지속적인 개발 · 다양한 맞춤형 고속철도 시스템 개발
수요 / 정책	공급 / 시장
· 고속철도 활성화 대책 발효 · 고속전철의 성장 가능성 인식 · 지역 균형발전에 적합한 수송체계 요구 · 공공 물류분야의 철도수송 장점 부각 · 세계 물류시장의 허브화 정책 부합 · 세계 철도규격 정책의 블럭화	· 국내 고속전철 노선 증대(호남선 신선 및 경부고속철도 추가/대체 차량 소요) · 아시아 및 미주 대륙 고속전철 수요 증가 · 대륙 횡단철도 개통의 가시화 노력

연구기술 분야 환경 분석

· 국내 독자기술 개발 토대 마련 · 연구개발 협력체계 구축과 연구개발의 강한 의지와 필요성이 인정됨 · 물류 수송의 극대화 필요성이 고조됨	· 고속철도 실용화 경험이 부족함 · 국내 경제성 확보 미흡에 따른 기업의 독자 연구개발 투자가 어려움
강점(S) / 기회(O)	약점(W) / 위협(T)
· 지속적 연구개발 추진의 필요성 인정 · 성능개선 및 다양화 요구 부합 추진 · 국내 실용화 기회의 부여 · 해외시장 진출의 기회시장이 풍부함	· 국외 차량제작 업체 다국적 화 · 신뢰성 확보와 안정성 검증의 강화 · 상대적인 해외시장 개척의 어려움 존재 · 시스템 표준화를 통한 지역 통합화

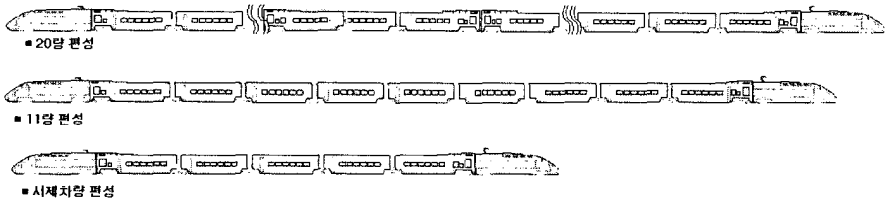
전략제품 SWOT 분석	
· 세계최고의 상용운행속도 가능 · 개선사항에 대한 신속한 대응 · 국내 고속철도 기반기술 확보로 신속한 유지보수가 가능	· 실용화 경험 부족 · 해외 선진기술의 견제 · 국내 시험여건 취약 · 성능 다변화 상품의 부재
강점(S)	약점(W)
기회(O)	위협(T)
· KTX 운영경험 축적으로 다양한 성능 요구/개선 사항이 도출됨 · 순수 국내기술 개발 활용 실적이 생성됨(전라선 고속차량 구매사업) · 지속적인 신규 수요창출 예상	· 국내외 시장에서 기존 전문업체와 기술적 무한 경쟁체제 예상 · 국내 산업의 기술적 인지도 취약 · 세계 표준화에 대한 의견반영 미흡

나. 국내외 기술현황 분석

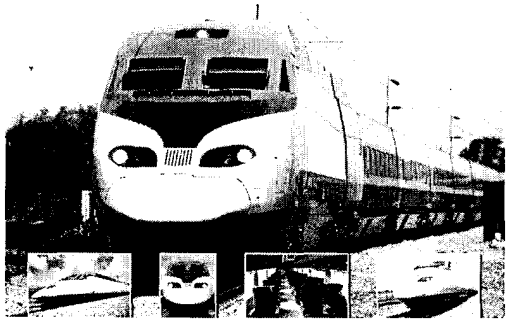
(1) 국내 기술현황

□ 한국형 고속열차 개발 및 KTX 운영

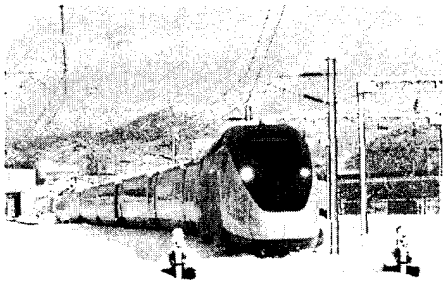
- 한국형 고속열차는 선도기술개발사업의 고속전철 기술개발사업으로 1996.12월 개발 착수하여 2001년 시제차량을 개발하였으며 2004년 12월에 352.4km/h를 달성하였고 2005년 120,000km 주행 시험을 완료하였음. 향후 2007년 10월까지 200,000km 주행시험을 완료할 예정에 있음.



- KTX는 프랑스 Alstom사로부터 기술 도입하여 2004년 4월부터 상업운행 중에 있음.



<KTX>



<한국형 고속열차 시제차량>

주요 항목	경부고속열차(KTX)	한국형 고속열차(HSR-350x)
최고 운행속도	300 km/h	350 km/h
열차 편성	20량 1편성	20량, 11량 가변 편성
추진장치	GTO Thyristor 추진 동기전동기 방식	IGCT 인버터 추진 AC 유도전동기 방식
객차 차체재질	Mild Steel	경량 알루미늄 압출재
선두부운전실	프랑스 TGV 설계	한국형 고유 선두 형상
제동시스템	마찰+전기 · 회생제동	마찰+전기 · 회생+와전류 제동
여압장치	없 음	독자개발 적용

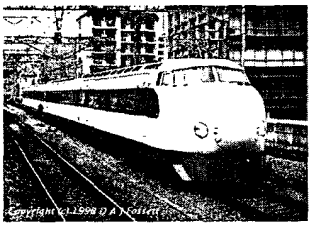
(2) 해외 기술현황과 기술발전 추세

□ 일 본

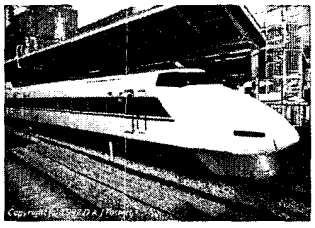
- 초기 신간선 0계부터 100계까지 성능향상은 승객 수송능력 확대를 위한 2층객차 도입, 속도향상에 따른 공력저항 감소를 위한 전두부 형상 개선, 차량 경량

화를 위한 알루미늄 차체의 적용이 특징이며, 300계부터 기존선에서 속도향상을 위한 제어기능 향상, 경량 고출력 유도전동기 적용, 대차 및 차체 중량 최소화 등에 주력한 결과 최대 축중을 11.3톤까지 낮춘 기술을 보유함.

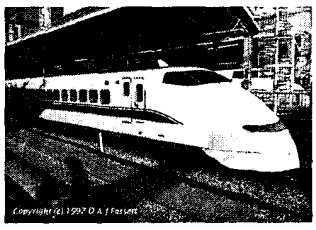
- 또한 400계는 기존시설물을 최대한 이용하여 속도향상을 추진하였으며, 200계 열차를 이용하여 성능을 향상시킨 E1계 열차는 전차량을 2층객차로 개발하여 승객 수송능력을 최대화 시켰으며, 유지보수의 개선, 경량화 등에 역점을 기울였음. 500계 열차는 회생제동을 적용하여 제동력을 향상시켰으며, 제어 및 추진력의 향상을 도모하였음.
- FASTECH 360 시제열차는 최고속도 360km/h급으로 개발 중에 있음.



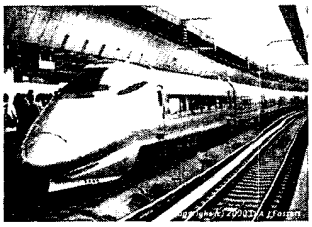
<신간선 0계 열차>



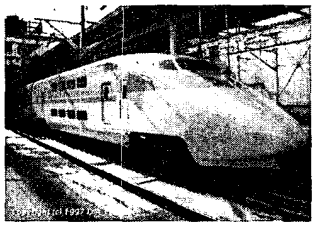
<신간선 100계 열차>



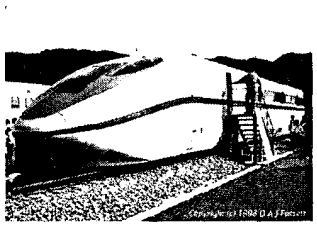
<신간선 300계 열차>



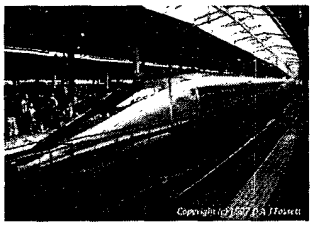
<신간선 400계 열차>



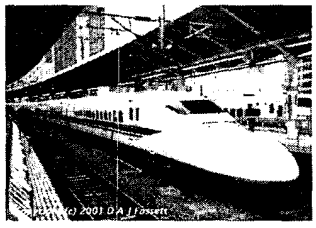
<신간선 E1계 열차>



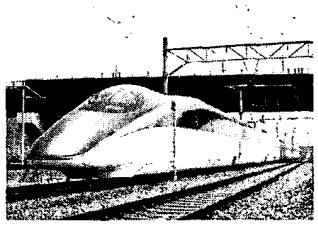
<WIN 350 시제차>



<신간선 500계 열차>



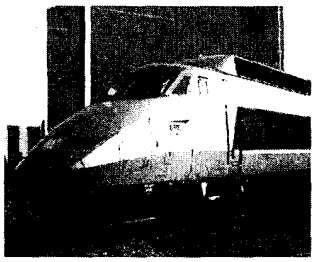
<신간선 700계 열차>



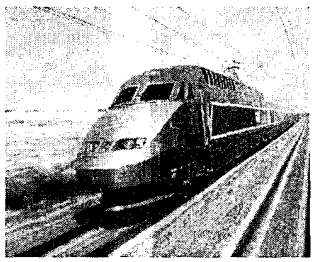
<FASTECH 360 시제차>

□ 프랑스

- 동남선용 1세대 TGV-PSE 개발을 시작으로 꾸준한 성능향상을 도모해 2세대 TGV-A에는 동기 견인전동기, 변속기, 동력률의 향상, 반도체를 이용하는 전자화 제어, 고성능 철제 제동 디스크 적용, 공기저항을 감소시킨 2단 판토그라프 등을 개발, 적용하고 승차감 향상을 위해 객실 내부의 인체공학적 설계, 승객용 통신시설의 개선 등을 도모하였음.
- 열차 유지보수의 편의성을 강화시켜 기존선 주행 시 문제점 개선에 노력함
- 3세대 고속열차 Euro-Star와 TGV-R은 유도전동기 적용, 제어체계 개선, 다국적 철도망 노선에 대한 적용성 및 운행 적합성 등 해외진출에 유리한 기능개선에 주력함. 또한 Euro-Star와 TGV-R의 추진제어 방식을 개선하여 10량 편성으로 운행 가능한 TGV-POS를 개발하여 유지보수의 효율성을 증대시키고 있음.
- 현재 개발완료 단계인 4세대 열차 TGV-NG는 알미늄 차체 적용, 기존선 운행 시 속도 향상을 위한 Tilting 시스템 적용모듈 개발, 수요의 신속대응을 위한 모듈별 운행체계 개선, 2층 객차의 적용 등 360km/h급 상업운전을 위한 기술을 개발함. AGV의 개발 개념은 속도 향상을 위해 기존 TGV 시스템의 장점과 일본 신간선의 장점을 결합한 동력분산식, 능동 현가장치, 와전류 제동 등을 채택하였음.



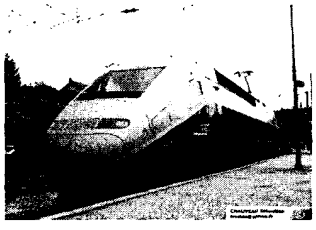
<TGV PSE>



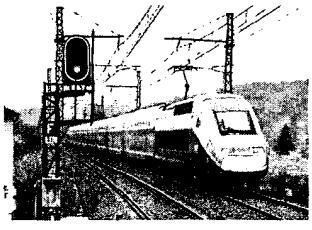
<TGV-Atlantique>



<Eurostar>



<TGV-POS 시제 차량>



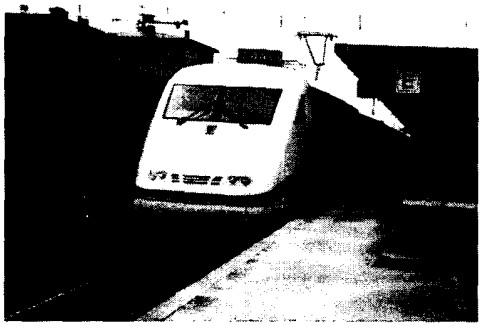
<TGV Duplex>



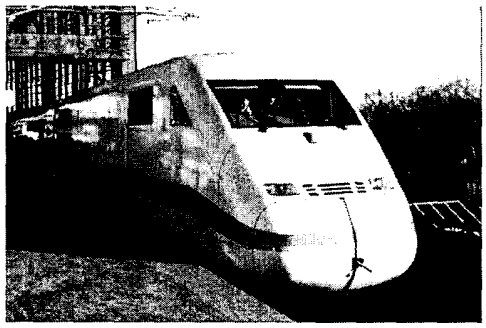
<AGV 시재차량>

□ 독 일

- 초기 ICE-1부터 ICE-2로의 성능개선은 미미하나 ICE-3개발로 이어진 기술 개발은 다양한 성능개선 특징을 보유함.
- 동력 방식을 집중식에서 분산식으로 변경하여 선로의 구배 등 노건조건 및 유지보수성 향상과 축중 감소에 성공하였고, 알루미늄 차체, 대차 및 윤축의 경량화를 통해 스프링 하 질량을 감소시킨 특성을 가짐.
- 기존선 운행을 위한 ICT 차량의 개발과 부품 모듈화 설계기술을 병행 개발하여 부품 호환성을 확보함으로서 전체 철도차량 및 부품 표준화를 이루었으며 승객의 안락감을 고려하여 객실 내부의 인체공학적 설계 적용 및 승차감 향상을 도모함. 향후 320km/h급 상용 최고속도 열차 개발을 목표로 속도향상에 대한 성능개선이 기존 250km/h급 열차에 비해 다양한 분야에서 기술발전 성과를 거두었음.
- ICE-3는 해외 진출을 위하여 수출 대상국의 현지화에 부합하는 전략을 추진하여 실내 인테리어와 승객의 편의성을 대폭 개선하여 스페인(Velaro)과 중국 등에서 입찰에 성공하였음.



<ICE-1>



<ICE-2>



<ICE-3>



<Velaro E 외형 개념도>

(3) 해외 고속철도 기술발전 추세 분석

□ 속도향상에 따른 궤도 부담하중의 최소화를 위해 차량 시스템의 축중 감소 기술 개발에 주력함.

- 차체 경량화를 토대로 대차, 전장품, 휠셑 등의 경량화를 병행 추진하여 알루미늄 차체, 복합재료의 적용 확대, 소형 대용량 부품개발, 구성부품의 단일화 등 경량 차량 개발을 위한 복합적이고 다양한 방법론을 추진하고 있음.

□ 기존선 운행을 위해 현재 적용되는 Tilting 시스템 외에 성능향상이 가능한 선로 최적 적응시스템을 도입 중임.

기존에 구축된 선로의 최대한 이용 방안은 철도 운용상의 수익성 측면에서 뿐만 아니라 승객 서비스의 향상을 위하여 확대되고 있는 추세이며 고속선 운행을 통한 운행시간 단축의 장점을 최대한 살리기 위해 기존선에도 열차의 선로 최적 적응 시스템을 도입함으로서 속도 향상을 도모하는 추세임.

□ 차량 유지보수 비용의 최소화와 운용 효율성 증대를 위하여 표준화된 모듈시스템 적용함

ICE-3와 ICT열차 간 호환성, TGV-NG 열차와 AGV의 운용 효율성 향상을 위한 모듈시스템의 도입 등 열차의 성능향상을 위해 신규 차량개발 단계부터 기존의 운용차량과 유지보수 묘듈화 개념의 호환성이 최대한 강조되는 경향으로 발전함

□ 차량의 고속화, 지능화, 승객 편의성 및 안전성 향상 및 운영비용의 최소화 기술이 기술 개발의 주된 관심 사항임.

차량시스템의 성능, 승객서비스 개선, 운용비용 및 효율성 향상 기술이 최근 해외 고속차량의 기술개발 목표이며, 여러가지 신기술을 상업열차에 직접 적용하기 전에 시제차량을 개발단계에 시험 적용해 보고 조건별 시험으로 검증, 보완하는 전략을 추진함으로서 시행착오를 최소화하려는 점이 기술개발의 공통적인 특징임 (일본의 STAR-21, WIN350, FASTECH 360, 프랑스의 AGV, 독일의 Velaro 등)

(4) 해외 고속철도의 건설 및 특허권 현황

□ 최근 해외 철도는 도시 간 신규 고속철도망 건설사업이 급격히 확충되어, 해

외 시장 진출 기회가 확대됨.

- 최근 전 세계적으로 고속철도의 효율성과 타 교통수단 대비 장점이 부각되어 미국, 중국 등에서 신규 건설계획이 급격히 확충되는 추세로서 계획·운영중인 고속선로 11,740km중 현재 상업운용 선로는 5,214km로서 전체의 44%, 건설중인 선로 23%, 계획 노선 33%로 신규 고속철도 건설계획은 지속 확대중임.
- 이러한 해외 동향은 한국형 고속열차 및 관련 기술의 해외진출 확대로 연결될 수 있으므로, 해외 기술동향과 시스템 요구기술의 분석으로 해외 시장의 수요에 대응 가능한 다양한 고속철도 시스템 기술의 개발, 확보가 필연적으로 요구됨.

□ 해외 철도분야의 특허동향은 '80년대~2001년까지 특허 출원이 확대, 집중되어 특허권의 독점/배타적 경쟁이 심화됨.

국제적인 특허동향은 고속철도시스템이 최초 개발된 80년대부터 전 세계적으로 철도차량 분야에 특허 출원이 급격히 증가하였고 특허 출원 순위는 일본(2,564건, 43%), 미국(1,883, 33%), 유럽(1,022건, 18%) 순으로 전체 국제특허 출원의 90% 이상을 보유하여, 철도 기술의 배타적 보호와 기술의 독점화 경쟁이 한층 치열해지는 경향을 보이며, 향후 외국기술의 도입을 통한 해외 시장 진출보다는 기존 특허를 피해갈 수 있는 기술 분석과 독자적 기술개발, 확보만이 해외시장에서 수출 경쟁력 우위를 확보할 수 있는 방안으로 분석됨.

□ 국제특허는 다양한 부품분야별 전문 기업이 독점하고 있어, 각 부품별 강약점 분석과 벤치마킹 전략을 필요로 함.

기술별로 전체 대상건수 6,427건 중 제동장치에 대한 기술이 전체의 32%를 차지할 정도로 가장 많은 건수를 나타내고 있고 다음으로 차체 관련 특허가 전체의 13%, 주전력변환장치 관련 특허가 전체의 11%, 대차와 윤축 관련 특허가 각각 9%, 시험평가 장치 관련 특허가 전체의 8% 정도를 차지했고, 주전동기, 보조전원장치, 주변압기, 고속철도 시스템 관련 특허는 적은 수를 보였음. 또한, 대부분 차량조립/제작 기업들이 특허 우선권을 독점 보유하고 있어, 향후 차세대 고속철도 기술개발은 각 부품별 특허권 보유기업들의 강약점 분석과 벤치마킹을 통해 독자기술 개발 또는 공동개발 등 다양한 전략 수립과 대응이 필요함

다. 소요기술 분석

(1) 차세대 고속철도 시스템 개발 요구조건 특성

□ 차량 분야

- 영업 운행속도 : 350 km/h
- 시험 최고속도 : 400 km/h
- 편성 : 수송수요에 따른 자유로운 편성 가능
- 동력 방식 : 동력 분산식
- 축중 : 15ton 이하
- 좌석수 : 1000석 이상/400m 기준
- 전두부 : 공력 최소화를 위한 독자개발 형상
- 차체 : 경량 복합재료, 알루미늄
- 대용량 전폐형 영구자석 동기전동기
- 고성능 제동시스템
- 대차 : 고속 능동형 현가 대차
- 소음·진동 최소화로 승차감 향상
- 저소음 판토그래프
- 인간공학적 실내 설비
- IT 기술 적용으로 승객 편의성 및 운영효율성 향상
- 분산형 차량 모듈 (2M + 1T)
- 차세대 차상컴퓨터 제어장치 적용
- 고효율 변압기 컨버터/인버터 및 제어장치
- 최적 소형 보조전원 장치
- 고용량 소형 밧데리 기술 적용
- 하이브리드 열차제어시스템 기술 적용

□ 선로구축물 분야

- 열차속도, 선로선형 경합조건, 지형을 고려한 초고속선로 노선설계기술개발
- 초고속 궤도의 궤도재료 열화저감 연구

- 고속선 열차동요를 저감하기 위한 장파장 궤도틀림 관리 기법
- 최신 기초설계 기법을 적용한 무도상궤도 침하 억제 기술 개발
- 무도상궤도 급속보강 기술 개발
- 고속철도 플로팅 슬래브 궤도시스템
- 특수교량 통합설계시스템 개발

□ 위험요소 분석 및 대응 방안

- 차세대 고속열차의 주행속도 목표는 350km/h 이며 최고 시험속도는 400km/h 이상을 목표로 하고 있다. 최고 속도 400km/h 이상에서의 성능을 확인하기 위해서 단품 및 단차의 성능평가와 차량의 주행시험이 수행되어야 한다. 대차의 주행시험은 대차 주행시험 장치를 이용해야 하는데 현재 국내 연구기관에서 도입하고 있는 대차 주행시험 장치는 아직까지 검증을 마치지 않은 단계이므로 대차 개발시점에 활용이 어려울 수가 있으며 추진장치의 조합 성능시험의 경우도 현재의 시험시설을 개선해 시험할 수 있는 방안이 필요하다. 또한 시운전 시험을 위한 노선 선정과 시험방안을 위해서 현재 시공 또는 시공 예정인 경부고속선의 대구 이남 또는 호남선 고속선 구간을 최대한 활용할 수 있는 시험선 확보 방안의 도출이 요구된다.
- 자동차나 항공기 같은 타 교통수단의 발전으로 철도차량의 쾌적성에 대한 승객의 요구는 더욱 커지고 있다. 이런 추세를 반영하여 유럽에서는 고속철도 차량의 실내소음 요구조건을 더욱 강화하여 현재 300km/h에서의 66dB(A)인 객실소음 수준을 64dB(A)로 낮출 것을 검토하고 있다. 또한 350km/h에서의 객실소음 수준은 66dB(A)로 요구하고 있다. 분산형 차량시스템의 경우에는 집중식에 비하여 객실소음이 2~3dB(A) 높은 수준으로 알려져 있고 차세대 고속열차는 관절형 대차가 아닌 독립대차 방식을 적용할 경우 소음 저감에 불리한 조건을 가져 소음 저감을 위한 많은 연구가 요구된다.
- 플로팅 슬래브 궤도시스템은 현재 개발이 진행되고 일부 기존선 구간에서의 성능 검증이 예정되어 있다. 플로팅 슬래브 궤도시스템의 성능을 확인하기 위해서는 고속신선에 적용하여 실제 주행시험을 거쳐야 한다. 하지만 현재 경부고속선 구간에서 이 시스템을 구현하기는 불가능하고, 향후 신설 예정인 호남고속선 또한 본 사업 기간 동안에 궤도의 건설이 완료되기 어려운 실정이다.

따라서 현재로서는 시뮬레이션을 통해서만 이 궤도의 고속주행 성능을 검증할 수밖에 없다.

□ 해외 기술협력 가능 기관

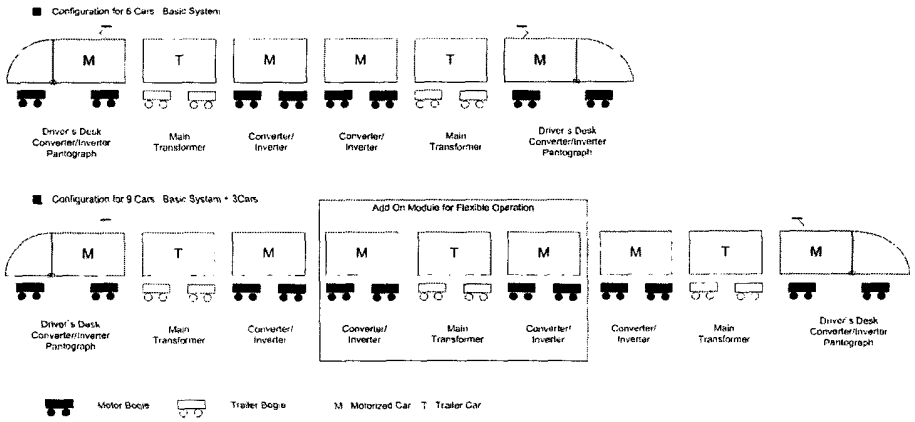
- 일본: RTRI(철도총합기술연구소), JARTS, 동경대 등 (분산차량 개발 분야)
- 독일: DB, 뮌헨 대학 연구소, 칼스루헤 대학 등 (분산 차량 개발분야)
- 영국: 더비 철도기술센터, Imperial College, CIT 등 (유지보수 분야)
- 네덜란드: ORE, 델프트공대 (주행 장치 설계 분야)
- 캐나다: CIGGT (ATP 분야)
- 미 국: FRA, AAR, TTCI (안전체계 분야)

라. 프로그램 및 추진체계 설정

(1) 사업개요

□ 사업 목표

국내 고속철도 기술의 경쟁력 제고를 통한 국내·외 고속철도 시장 의 능동적 대응과 지속가능한 미래 성장동력산업의 기반기술 확보를 위한 영업속도 350km/h, 시험 최고속도 400km/h급 차세대 고속철도시스템 개발 및 관련 핵심기술 개발



□ 사업기간 및 예산

- 사업기간 : 2006.11~2012.10(6년)
- 사업예산 : 964억원(정부 지원금 : 692억원, 기업 : 272.3억원)

(2) 연구내용 설정 및 추진계획

□ 차세대 고속철도 시스템엔지니어링 기술개발 (I-1)

- 사업의 원활한 진행을 위한 과제간의 기술적 인터페이스 체계 구축
- 차세대 고속철도 시스템 엔지니어링에 필요한 각종 요소 기술 개발
- 성능평가 및 검증 관련 기술개발

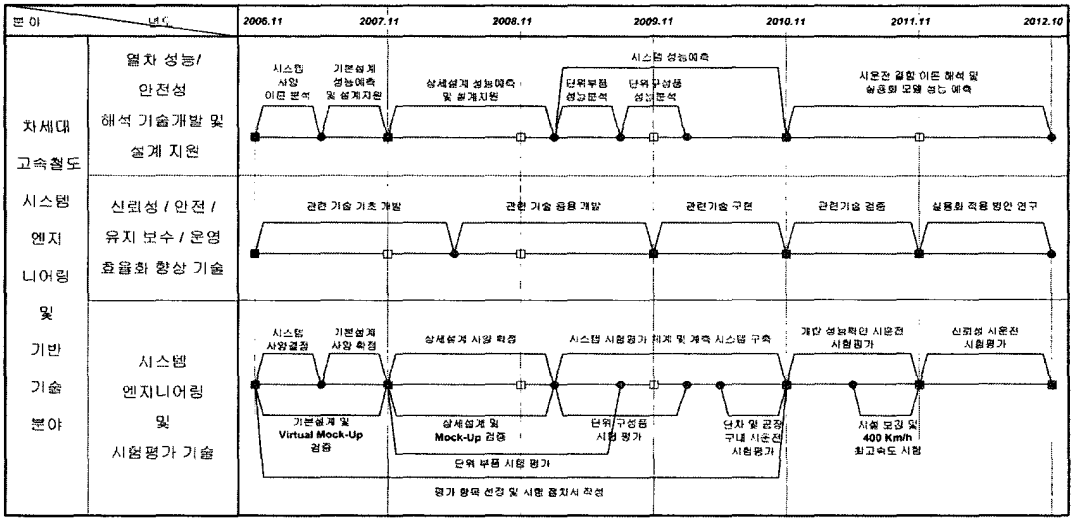
세부 분야	주요 기술개발 내용
차세대 고속철도 기술 인터페이스	-과제간 인터페이스 및 협조체계 구축 -과제별 주요 연구내용 조정
시스템 엔지니어링 기술	-차세대 고속철도기술 시스템 사양결정 -시스템 개념설계 및 기본설계기술 개발 -위험요소 예측 및 관리기법 기술개발 -열차성능 평가검증 기술개발 -전차선/신호/궤도 인터페이스 적합성 검토 -통합 최적설계 기법 개발
열차성능 및 안전성 평가 기술 개발	-시스템 평가체계 구축 및 종합 계측시스템 구축 -주행안전성 평가 기술개발 -신뢰성기반 설계검증 기술개발 -차량 건전성 자동모니터링 시스템 개발

□ 차세대 고속철도 기반 기술 개발 (I-2)

- 설계 지원에 필요한 기초기술 개발
- 한국형 고속열차 기술개발에서 획득된 기술의 최대한 활용
- 운영 효율화를 위한 기술개발

세부 분야	주요 기술개발 내용
차량 설계지원 기반기술 개발	-실내·외 소음 저감기술 개발 및 차체 설계 지원 -진동 저감 기술개발 및 현가장치 설계 지원 -공력 저감 기술개발 및 전두부 고유형상 설계 지원
운용 효율화 기반기술개발	-인간공학적 차량 공간 디자인 및 설계 기술개발 -유비쿼터스 기반하의 철도 차량 내 모니터링 시스템 개발 -고속철도 교량형식의 다양화를 통한 교량 건설비용 저감방안 연구

□ 시스템 엔지니어링 및 기반기술 분야 추진 일정

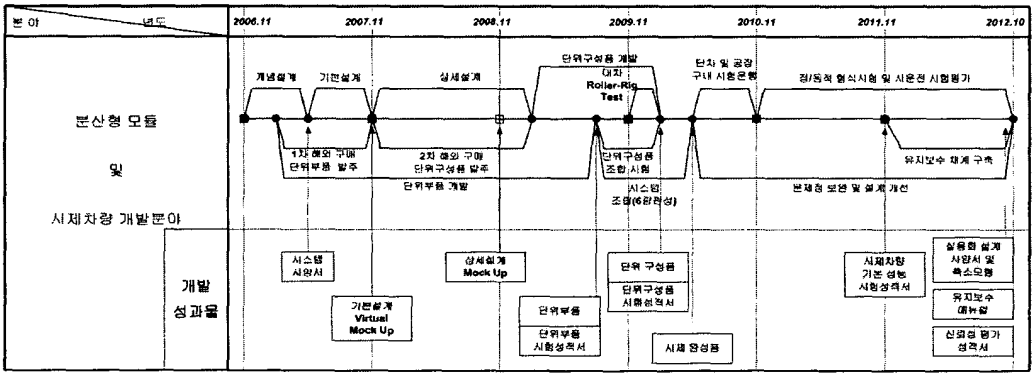


□ 분산형 차량 모듈 및 시제차량기술 개발 (II-1)

- 승객 승차감 및 편의성 제공을 위한 핵심장치 개발
- 차량 시스템 엔지니어링을 통한 설계 검토
- 분산형 차량 개발의 핵심 부품 개발

세부 분야	주요 기술개발 내용
차세대 고속철도 차량 시스템 엔지니어링	-차세대 고속철도시스템 사양결정 및 기본설계 지원 -차량 운용환경조건 인터페이스 기술개발 -설계서 검토 및 시험평가 지원 -차량 유지보수 시스템 개발
분산형 차량 모듈 개발 및 시제차량 개발	-대용량 전폐형 영구자석 동기전동기 개발 -고효율 변압기/컨버터/인버터 및 제어장치 개발 -최적 소형 보조전원 장치 개발 -최적 소형 공기조화 장치 개발 -고용량 소형 밧데리 적용기술개발 -고속용 능동형 현가 대차 기술개발 -지능형 제동장치 기술개발 -차세대 차상 컴퓨터 기술개발 -저소음 판토그라프 개발 -승객 Easy communication 시스템 개발 -차량분산형 proto-type 차량(4M+2T) 개발
차세대 열차제어 시스템 개발	-통합형 하이브리드 차상 열차제어시스템 개발

□ 분산형 차량 모듈 및 시제차량기술 개발 추진 일정

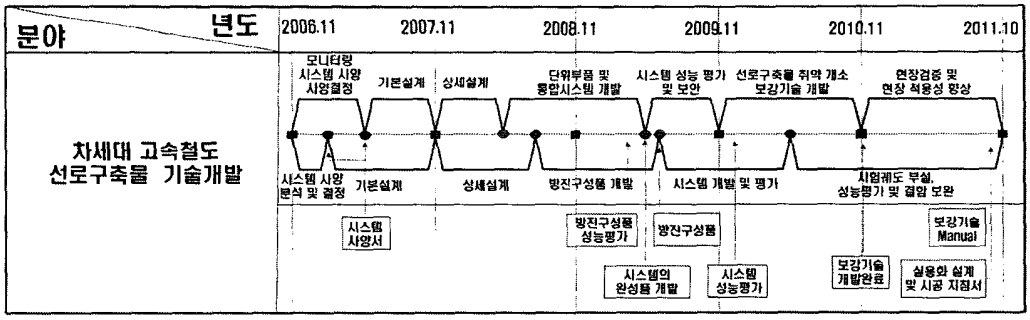


□ 차세대 선로구축물 유지보수 기법 개발 (II-2)

- 고속선의 유지보수 향상을 위한 기법 개발
- 국내 독자 차세대 선로구축물 요소 기술 개발

세부 분야	주요 기술개발 내용
고속철도 특수문제해결을 위한 선로구축물 기술개발	-열차속도, 선로선형 경합조건, 지형을 고려한 초고속선로 노선설계기술개발 -초고속 궤도의 궤도재료 열화저감 연구 -장파장 궤도틀림 관리기법에 대한 연구 -최신 기초설계 기법을 적용한 무도상궤도 침하 억제 기술 개발 -무도상궤도 급속보강 기술 개발
차세대 저진동 궤도 및 특수교량 통합설계 시스템 개발	-고속철도 저진동 궤도시스템 개발 -차세대 특수교량 통합설계시스템 개발

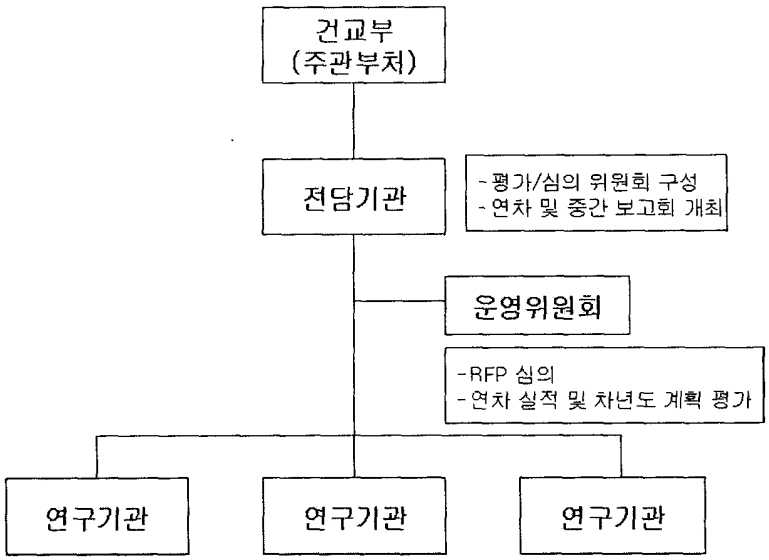
□ 차세대 선로구축물 유지보수 기법 개발 추진 일정



(3) 추진체계 구성

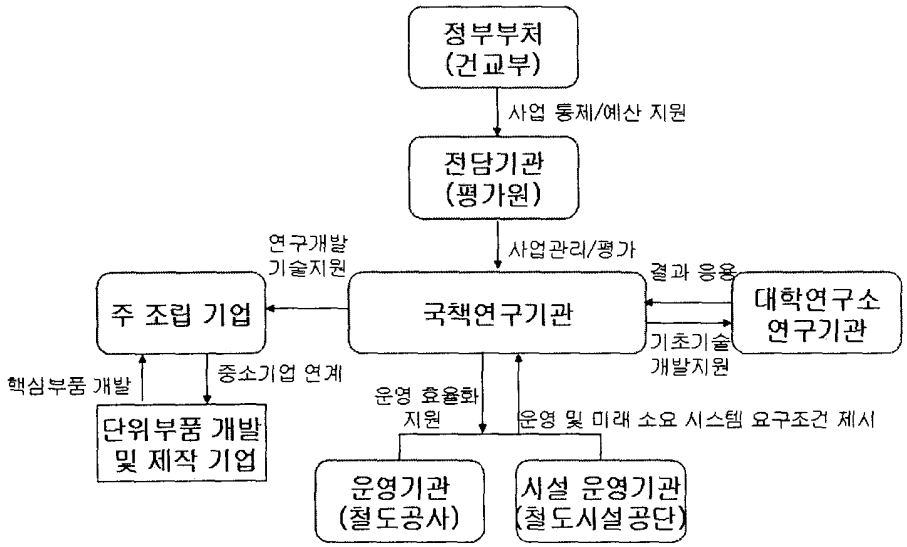
□ 기본 추진체계 구성

- 국가 연구개발 공동 운영 체계 준수
- 대형 연구개발의 효율적 추진을 위한 체계구성



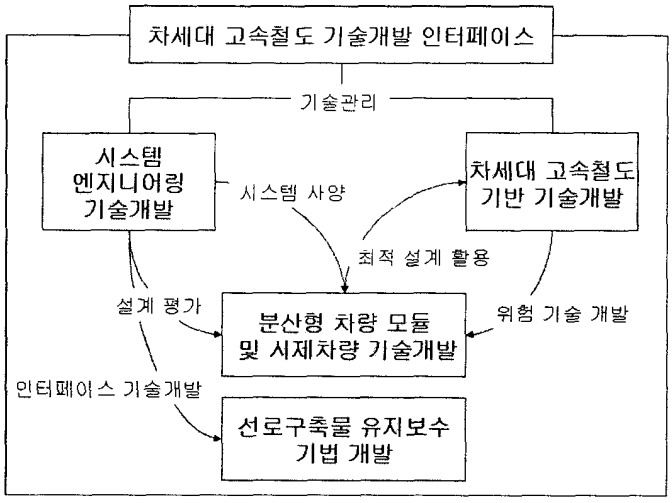
□ 관련기관과의 연계성

- 산·학·연 및 관과의 유기적 연계성 구축
- 기관의 특성이 반영된 업무 할당



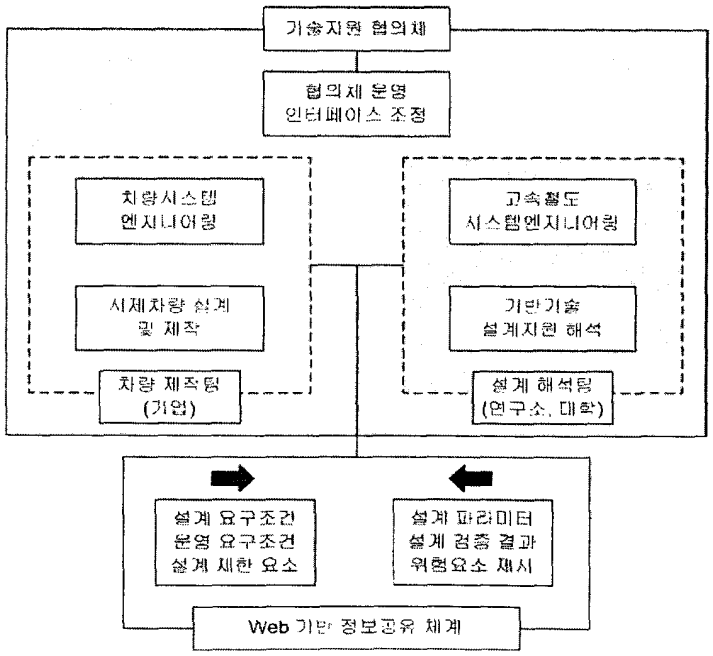
□ 과제별 연계 체계

- 시스템 연구개발 성격에 적합한 과제간 인터페이스 관리 철저
- 효율적 과제 수행에 필요한 과제간의 연계성 정립



□ 기술 협의체의 구성·운영

차량 설계 개발을 위한 시스템 엔지니어링 및 기반기술의 협조 체계구성을 위하여 기술협의체 및 Web 기반 정보공유 On-Line을 구성하여 효율적이고 신속한 의사 결정 시스템을 활용함.



마. 사업투입 인력 및 예산

(1) 투입 인력 추정(M/Y)

과제코드	과제명	1차 ('07)	2차 ('08)	3차 ('09)	4차 ('10)	5차 ('11)	6차 ('12)	합 계
I-1	시스템엔지니어링 기술개발	17.9	20.3	20.6	27.9	24.7	23.3	134.7
I-2	차세대 고속철도 기반기술개발	14.0	17.0	10.7	6.3	6.0	0.0	54.0
II-1	분산형 차량 모듈 및 시제차량기술 개발	83.3	82.2	100.0	63.8	28.7	32.5	390.5
II-2	선로구축물 유지보수 기법 개발	17.8	13.4	14.4	8.9	8.8	0.0	63.3
합 계		133.0	132.9	145.7	106.9	68.2	55.8	642.5

(2) 사업예산(억원)

과제코드	과제명	1차 ('07)	2차 ('08)	3차 ('09)	4차 ('10)	5차 ('11)	6차 ('12)	합 계
I-1	시스템엔지니어링 기술개발	27.0	30.5	31.0	42.0	37.0	35.0	202.5
I-2	차세대 고속철도 기반기술개발	21.0	25.5	16.0	9.5	9.0	-	81.0
II-1	분산형 차량 모듈 및 시제차량기술 개발	125.0	123.3	150.0	95.8	43.0	48.7	585.8
II-2	선로구축물 유지보수 기법 개발	26.7	20.0	21.7	13.3	13.3	-	95.0
합 계		199.7	199.3	218.7	160.6	102.3	83.7	964.3

* 정부출연금+기업분담금의 합계 금액임.

바. 기대효과

(1) 국내 차량 수요에 대한 경제적 효과

- 국내 고속차량 수요예측

구 분	2007	2010	2020	2024
경부선(20량 조성열차)	0	2	10	5
호남선(10량 조성열차)	5	13		
전라선(10량 조성열차)	5	1	1	1
경전선(20량 조성열차)	0	3	0	0
구 분	2016	2018	2025	2035
호남선(10량 조성열차)	33	2	5	2

- 경제적 효과(2014년 이후)
  - 경부선 신규(20량 15편성) : 1조 2,000억원 예상
  - 경부선 수요대체(20량 46편성) : 3조 6,800억원 예상
  - 호남고속철도 신규(10량 42편성) : 1조 6,800억원 예상

- 2015년 해외 수주 물량의 10% 점유 시 10량 조성 70편성 기준 약 2조 8,000억원의 경제적 효과 창출 가능 판단

(2) 선로구축물 기술개발에 따른 경제적 효과

- 궤도틀림의 원인별 맞춤형 유지보수가 가능하게 되어 유지보수 작업량의 약 20%(600 억원), 궤도 특수보강기법의 적용으로 40억/년 정도 절감 효과예상됨. 또한 10조의 예산이 투입예정인 호남 고속철도 총 연장 230km 구간에서 최신 기초설계기법을 활용하면 약 500억원 정도의 건설비용의 절감 효과가 예상됨
- 앞으로 20년간 건설교통부 "광역교통망 계획"에 따른 각종 철도시설 공사 수요를 감안 할 때 2,200억(공사비용 4억/100m으로 가정) 이상의 공사비가 해외로

지출되는 것을 방지 가능하며, 한국형 고속철도의 해외 진출 시 플로팅 슬래브 궤도의 수요를 기대할 때 약 1,000억 이상의 수주가 예상됨.

- 해외기술 의존도가 매우 높은 장대 특수교량에 대한 선진기술 확보로 해외기술도입 비용 대체 효과(특수교량 1개소 설계 및 기술도입비용은 약 10~100억원 이상임)와 특수교량 설계기법 확보 및 설계기술 선진화에 의한 단면 효율화를 통하여 교량에 대한 기존 예상 투자비 절감률 10%를 가정할 때 연간 약 200억원의 비용의 절감 가능.

제4절 고속철도 기술개발관련 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄

1. 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄

가. 필요성

(1) 브라질, 터키, 아랍에미레이트, 아제르바이잔, 사우디아라비아 등의 국가에서 한국형 고속철도에 대한 관심표명(대통령 국빈 방문시, 과기부장관 방문시) 등 해외진출에 대비한 사전 준비가 필요함.

(2) 한국형 고속철도 시스템 기술의 해외진출을 위하여 고속철도기술개발사업의 성과를 종합한 체계적인 교육·훈련 프로그램개발이 필요함.

(3) 고속철도기술개발사업의 성과에 대한 종합 정리가 필요함.

나. 주요 추진경위

(1) '06. 9 : 운영위원회 교육훈련 매뉴얼 작성 의결

(2) '06. 11 : 고속철도기술개발사업 5차년도 사업 착수

(3) '06. 11.21/12.19/'07.1.25 : 과제책임자회의에서 목차 및 내용 협의

(4) '07. 3 : 운영위원회 의견 수렴

(5) '07. 7 : 자문위원 검토의견 수렴

다. 매뉴얼 작성 원칙

(1) 각 분야별 정리

① 대분류에서는 시스템엔지니어링에 대한 자료 작성

차량시스템, 전기신호시스템, 궤도토목시스템, 시스템엔지니어링

② 핵심부품은 별도로 작성

③ 통합 및 총괄은 고속철도 계획수립 분야 추진

(2) 작성원칙

① 고속철도기술개발사업의 자료 정리(1996~2007)

② KTX의 이전 기술을 참조

③ 철도공사의 교육 자료 참조

라. 매뉴얼 작성 분야

(1) 분야별 구성 내용

매뉴얼 작성 분야는 크게 계획분야와 기술 분야로 구분되며, 계획분야는 계획수립분야와 프로그램 기획 분야, 기술 분야는 시스템엔지니어링, 차량시스템 등을 포함하여 네 분야로 구성된다. 매뉴얼 작성과 관련된 분야별 구성내용은 그림 3.4.1.1과 같다.

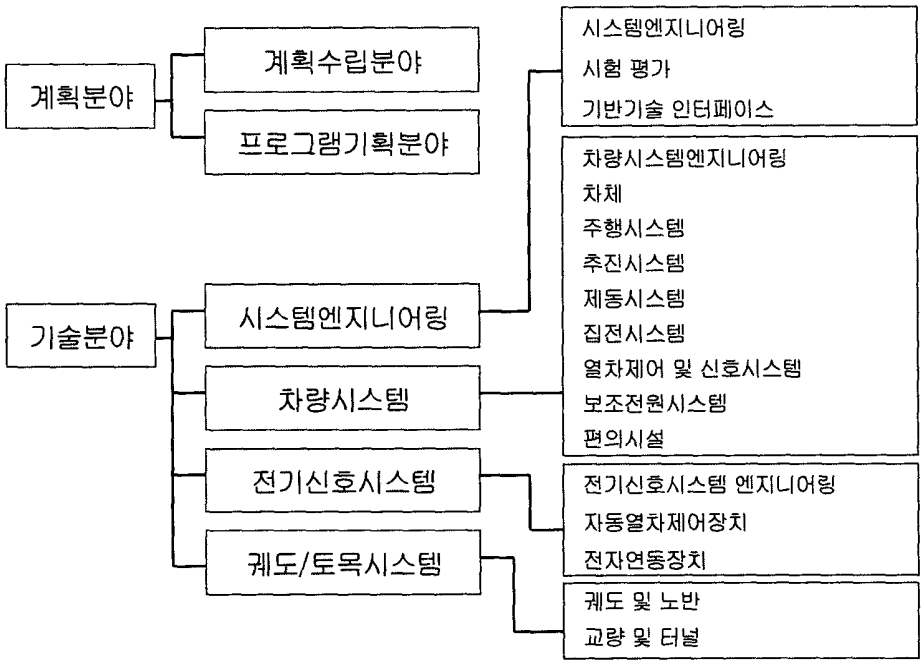


그림 3.4.1.1 분야별 구성 내용

(2) 분야별 작성 권수

① 매뉴얼은 계획수립분야 2권, 시스템엔지니어링 3권, 차량시스템분야 10권, 전기신호시스템 3권, 그리고 궤도토목시스템 2권 등 총 20권으로 구성된다.

② 분야별 상세 내용

표 3.4.1.1 분야별 상세 내용

분야	대분류	소분류	국문	영문
계획수립 분야	계획수립		○	○
	프로그램 기획		○	○
기술 분야	시스템 엔지니어링	시스템 엔지니어링	○	○
		시험평가	○	○
		기반기술 인터페이스	○	○
	차량시스템	차량시스템 엔지니어링	○	
		차체	○	
		주행시스템	○	
		추진시스템	○	
		제동시스템	○	
		집전시스템	○	
		열차제어 및 신호시스템	○	
		보조전원시스템	○	
		편의시설	○	
		차량시스템 요약	○	○
	전기신호 시스템	전기신호시스템 엔지니어링	○	○
		자동열차 제어장치	○	○
		전자연동장치	○	○
	궤도/토목 시스템	궤도 및 노반	○	○
		교량 및 터널	○	○

2. 계획수립분야

가. 고속철도 계획수립 분야 매뉴얼 기획 및 작성 목적

(1) 배경 및 목적

고속철도 계획수립 분야의 매뉴얼은 한국형 고속철도의 국외진출을 확대하기 위해 고속철도 건설을 추진하는 국가를 대상으로 교육훈련의 자료로 활용하기 위해 기획, 작성되었다. 고속철도 건설을 처음 추진하는 국가에서 계획수립 분야의 교육훈련은 고속철도의 건설 결정을 촉진하고, 이 과정에서 한국형 고속철도 시스템의 도입방안을 고려하게 한다는 측면에서 대단히 중요하다. 실제로 고속철도 선진국에서는 자국 시스템의 국외시장 확대를 위해 교육훈련을 적극 활용하고 있다.

교육훈련의 목적이 한국 시스템의 국외 진출을 확대하는 데에 있다고 하더라도, 세부적인 목표와 대상국에 따라서 내용은 조정되어야 할 것이다. 즉, 고속철도 건설을 추진하는 국가별로 고속철도 건설 환경(사회·경제적 상황, 교통체계 내 철도의 역할 등)은 상이할 것이므로 한국 시스템의 실용화 확대를 위해서는 진출 대상국의 상황에 대한 분석을 바탕으로 교육훈련 내용이 구성되어야 할 것이기 때문이다. 그러나, 이러한 진출 대상국에 적합한 교육훈련 매뉴얼 개발은 현재의 계획수립분야 매뉴얼의 목표로 설정되기에는 어려움이 있다. 그 이유는 첫째, 국가별로 상이한 상황을 상정하여 매뉴얼을 작성하는 데에는 많은 시간과 노력이 소요될 것이다. 둘째, 이렇게 작성된 매뉴얼의 효용성에 문제가 제기될 수 있다. 고속철도 건설을 추진하고 있는 국가에서 우리나라에 교육훈련에 대한 수요가 늘어나고 있는 것은 사실이지만, 현재 단계에서 요구하는 정보는 자국의 상황에 적합한 교육훈련이라기 보다는 고속철도 사업과정을 이해할 수 있는 일반적인 내용이라고 할 수 있다. 이러한 상황에서 고속철도 계획수립 분야 매뉴얼의 성격은 고속철도 건설사업을 추진하기 위해 정책결정을 지원할 수 있는 내용을 포괄하는 것으로 설정하였다.

이러한 접근방향은 국제철도연합(UIC)의 고속철도 교육훈련 담당자와의 협의('07.9)에서도 적절성을 확인할 수 있었다. 2004년 이후 4차례 시행된 UIC의 고속철도 교육훈련의 궁극적인 목표는 고속철도 시스템의 도입으로 인한 변화를 소개함으로서 정책결정자들이 고속철도 건설사업을 추진할 수 있도록 지원하는 데에 있

다고 한다. 장기간에 걸쳐 발전된 철도산업의 경우 변화와 혁신이 도입되는 데에는 많은 시간과 저항이 따르게 된다. 특히, 외국에서 고속철도 기술을 도입하는 경우 변화의 정도를 예상할 수 없다는 데에서 사업자체에 대한 내부반대가 있을 수 있기 때문이다. 이점에 대해서는 특히 우리나라의 경험은 외국기술을 도입해서 고속철도건설을 추진하는 국가에 대해 선진국과 차별화되는 경쟁력의 원천이 된다고 할 수 있다.

(2) 내용구성 및 활용방향

고속철도 계획수립 분야 매뉴얼은 고속철도의 일반적인 특성, 한국고속철도의 건설경험, 기술개발 경험에 대한 소개로 구성된다. 우리나라에서 경부고속철도 건설단계에서 연인원 1,000명 이상의 기술자가 현지 교육을 받았으며, 교육관련 보고서는 본 매뉴얼을 작성하는 데에 있어서 참조되었다. 그러나, 내용적인 측면에서 상이한 특성을 갖는 이유는 전술한 교육훈련이 기술이전을 전제로 시행되었다면, 본 과제에서 작성되는 매뉴얼은 사업발굴을 위한 초기단계의 교육이라는 점에서 근본적인 차이가 있기 때문이다. 부언하면, 한국 고속철도 시스템 기술의 국외 상용화가 확정된 이후의 매뉴얼은 향후 별도의 과제라는 점이다. 기술이전 계약이 확정된 이후에는 한국철도와 SNCF-I간의 자문과제 등 보다 구체적인 방법으로 교육훈련을 시행하기 위한 노력이 추진되어 본 매뉴얼 보다 한층 발전된 매뉴얼을 작성할 수 있을 것이다. 그 전 단계, 즉 초기의 시장발굴 단계에서 적극 활용될 초기 매뉴얼을 만드는 작업이 본 매뉴얼을 내용적 범위이자 활용범위라고 할 수 있다.

나. 계획수립 분야 교육훈련 매뉴얼의 기본 고려항목

본 계획수립 분야 매뉴얼은 고속철도 사업을 추진을 위한 정책결정을 지원하기 위한 목적에서 추진된다는 점에서 교육훈련의 내용적인 측면에서 국외 시스템과 우리나라 시스템의 비교, 국제 고속철도 시장에 대한 정보를 제공하는 것이 중요하다. 고속철도 건설사업은 우리나라의 경우처럼, 각 국가별로 초 대형사업이 될 것이다. 이러한 대형사업의 사업비 규모를 상대적으로 이해할 수 있는 정보를 제공한

다는 측면에서 시장규모 자료는 중요성을 갖는다(표 3.4.2.1).

표 3.4.2.1 고속철도 시장규모

내용	구분	수량	비용(유로)	비용(원)
인프라 구축	건설 중 노선	6,579km	79.2십억 유로	102조원
	계획 노선	15,930km	191.2십억 유로	247조원
인프라 유지보수	현재 유지보수비용	8,384km	587십억 유로/년	0.76조원/년
	향후 유지보수비용	30,782km	2,164 십억 유로/년	28조원/년
차량 구입	기존차량	1,500량	-	-
	기존차량+신차구입	6,000량	150십억 유로€	194조원
차량 유지보수	현재 유지보수비용	1,500량	1.5십억 유로/년	1.9조원/년
	향후 유지보수비용	5,000량	5십억 유로/년	6.5조원/년

자료 : Vipin Sharma, High speed rail World overview, 2007.7 UIC고속철도 교육 훈련 자료

국가별 고속철도 비교표는 고속철도 네트워크의 규모, 운영현황을 파악할 수 있는 자료로서 중요성을 갖는다. 향후 한국 고속철도의 노선규모, 운영실적, 건설비 자료등을 국외 자료와 비교하여 우리나라의 경쟁력을 설명하는 노력이 요구된다.

표 3.4.2.2 고속철도 비교표

구분	프랑스	독일	스페인	이탈리아	영국	벨기에
전용노선(km)	1,840	900	950	250	100	150
운영노선(km)	7,000	1,800	950	-	100	470
십억인·km/년	41.4	15.2	2	15.1	0.8	0.9
차량수(편성)	400	160	120	120	31	-
평균건설비/km(억원)	130	364	351	-	351	-

자료 : Jean-Pierre Loubinoux, High speed rail World overview, 2007.7 UIC고속철도 교육훈련 자료

운영속도 및 기술개발 차량의 속도에 비교 역시 한국철도의 경쟁력을 보여줄 수 있는 근거자료로 활용될 수 있을 것이다. 이를 통해 한국고속철도의 기술적 경쟁력을 제시해 주어야 할 것이다(그림 3.4.2.1 ~ 그림 3.4.2.2).

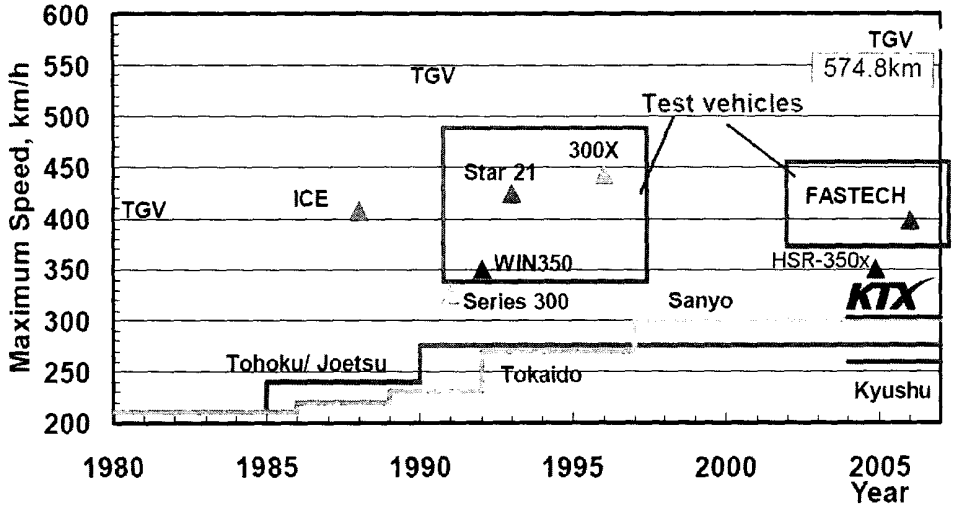


그림 3.4.2.1 고속철도의 시험 및 운영속도

고속철도 시스템의 운영 및 계획 현황은 고속철도 사업을 추진하는 국가 정책결정자에게 자국 사업의 기술사양을 정의하는 데에 참조자료로 활용될 수 있을 것이다.

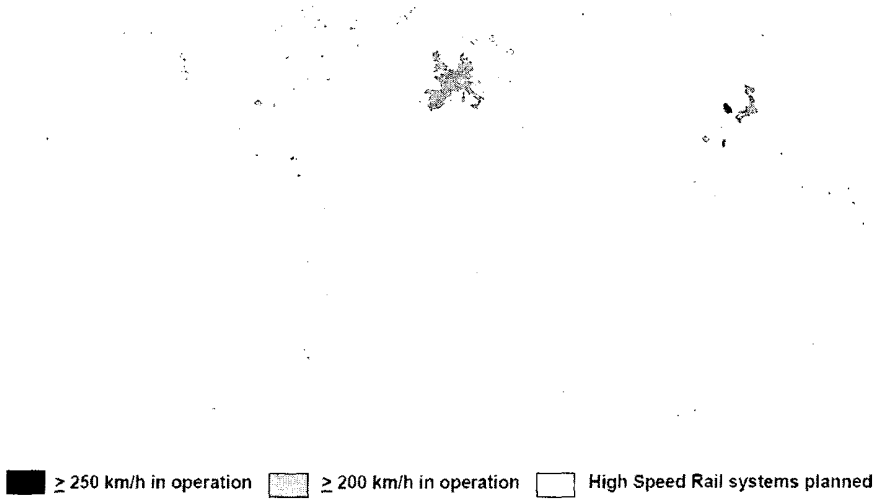


그림 3.4.2.2 고속철도 시스템의 운영 및 계획현황

다. 고속철도 계획수립분야 매뉴얼 주요내용

(1) 한국의 고속철도

고속철도는 일반적으로 최대 영업속도 200km/h 이상, 신선일 경우 250km/h~300km/h, 개량선에서는 200km/h~220km/h로 운행할 수 있는 차량시스템 및 관련 기술로 정의된다.

① 경부고속철도

경부고속철도 1단계사업은 2004년 4월 호남선 복선화 전철사업과 동시에 개통되었다. 이에 따라 우리나라는 세계에서 다섯 번째로 고속철도 보유국이 되면서 새로운 교통혁명시대를 열게 되었다. 고속신선 구간의 운행속도는 역정차 시간을 포함하더라도 시속 270km로 새마을호의 시속 110km에 비해 2.5배 이상 속도가 증대되었다. 경부고속철도 2단계 사업이 개통되면 서울~부산 구간의 운행시간이 1단계 사업 종료 시의 2시간 40분에서 1시간 56분으로 단축되어 고속철도의 경쟁력 증대에 따른 이용자 증대효과가 기대된다.

표 3.4.2.3 경부선 단계별 시설현황

구 분	사업기간	시설현황	운행시간
1단계	92.6~04.4 (04.4.1개통)	- 총연장 409.8km (신선222.1km, 기존선187.7km) - 서울~대구구간 고속철도 신선 건설 - 대구~부산 및 대전 대구 도심통과구간 기존선 전철화 - 대전, 동대구, 부산역 기존역사 개량 활용 - 광명, 천안아산 역사 신설	서울~부산 (2역정차기준) : 160분
2단계	02.6~2010	- 대구~부산간 고속철도 신선 건설(124.2km) - 대전, 대구도심통과구간 신선 건설(61.8km) - 고양 부산차량기지 유치선(27편성) 및 중정비 시설 건설 - 오송, 김천·구미, 울산에 중간정차역 추가 설치	서울~부산 (2역정차기준) : 116분 예상

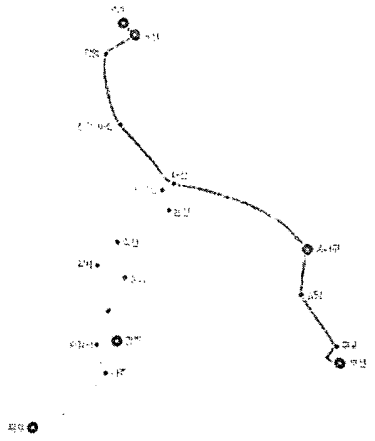


그림 3.4.2.3 경부선 노선(1단계)



그림 3.4.2.4 호남선 노선

② 호남고속철도

호남고속철도는 경부선 1단계와 동시에 개통되었으며, 일일 왕복기준 주중 36회, 주말 38회(2006.11.01)를 운행하고 있다. 현재는 서대전부터 목포역까지 기존 선로를 복선화 및 전철화하여 고속열차를 운행함에 따라 총 운행시간은 용산~목포기준(421.1km)으로 2시간 58분으로 새마을호 4시간 42분 대비 1시간 44분이 단축되었다.

표 3.4.2.4 호남/전라선 기본계획

구 분	사업기간	시설현황	운행시간
기본계획 (2006.08)	2006~2017	- 오송~목포간 고속철도 신선 건설(230.9km) (오송~광주구간 2009년 착공 2015년 완공, 광주~목포구간 2017년 완공) - 오송, 남공주 역사 신설 - 익산, 정읍, 광주(송정리), 목포역(임성리) 기존역사 개량 - 광주차량기지 신설	용산~목포 (352.7km) : 106분 예상

주) 1. 역명칭은 준공시점에서 확정할 계획

2. 광주~목표구간은 오송~익산 구간 완공전에 착공예정

③ KTX와 한국형 고속철도

2004년 4월 개통된 경부고속열차(KTX)는 프랑스 고속열차인 2세대 TGV-A 차량을 기본으로 한국의 운행여건에 맞게 변경 제작한 차량이다. 열차의 편성은 동력차 2량, 동력객차 2량 및 객차 16량으로 총 20량 1편성으로 구성되어 있으며, 총 46편성이 영업운행 중에 있다. 동력객차는 모터블록과 객실을 동시에 설비한 차량으로 전후 동력차 뒤에 1량씩 배치되며, 객차 양끝 쪽 차체의 동력차 측에는 2개의 차축을 갖는 대차와 다른 쪽에는 다음 객차와 동유하는 관절대차로 구성되어 있다. 일반객차는 추진구동장치가 없이 차체 양쪽에는 인접한 객차와 공유하는 관절대차로 구성되어 있다.

한편, 한국형 고속철도는 KTX 시스템을 기반으로 성능을 개량하고 국내 기술에 의해 제작된 열차이다. KTX와 대별할 수 있는 주요 특징은 표 3.4.2.5 와 같다.

한국형 고속철도 시스템은 최고속도 350Km/h로 운행이 가능하도록 20량 1편성에 동력차 2량, 동력객차 4량과 객차 15량으로 구성하였으며, 11량 중련 편성이 가능하도록 설계되었다. 제작된 시제열차는 "동력차+동력객차+객차3량+동력객차+동력차"의 7량으로 제작되어 20량 및 11량 편성의 특성을 시험하도록 설계·제작되었다 (그림 3.4.2.5)

표 3.4.2.5 한국형 고속전철 주요 특성비교

주요 항목	경부고속철도	한국형 고속전철
최고 속도	300 km/h	350 km/h
열차 편성	20량 1편성	20량, 11량 가변 편성
추진장치	동기전동기방식	유도전동기 추진시스템 독자 개발
객차 차체	Mild Steel	알루미늄 압출재
전두부	프랑스 설계	한국형 고유 형상
제동시스템	마찰 + 전기제동	와전류제동 추가 개발
여압장치	없 음	독자개발 적용

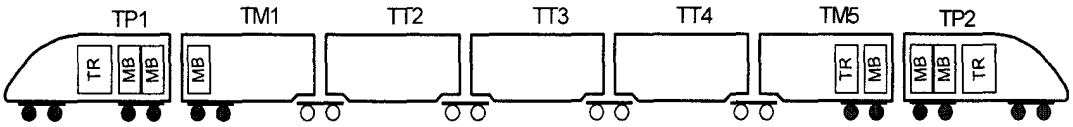


그림 3.4.2.5 한국형 고속전철 시제차량 편성도

한국형 고속전철은 동력차 및 동력객차에 동력이 집중되는 동력집중식이다. 시제열차는 전체 10개 중 6개 대차가 동력을 갖고 구동력을 발휘하는 동력대차이며 나머지 4개 대차는 동력이 없는 부수대차이다. 그러나, 열차의 전부와 후부에 동력을 배치한 push-pull 방식의 동력집중식이며, KTX와 동일한 동력방식이다. 대차의 방식은 전통적인 TGV 방식인 독립대차와 관절대차가 혼성되어, 동력대차는 독립대차, 부수대차는 관절대차로 구성되어 있다.

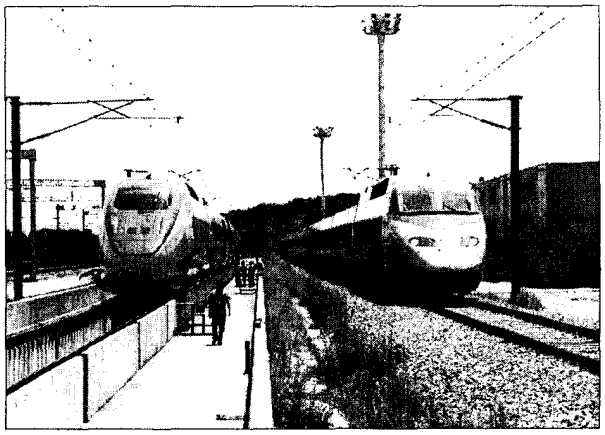


그림 3.4.2.6 한국형 고속전철과 KTX 외관

(2) 고속철도 정책 및 현황

① 고속철도 건설배경

60년대 이래 지속적인 경제발전과 생활수준의 향상으로 인한 국민 개개인의 이동성 증가는 막대한 교통수요의 증가를 유발하였고, 이러한 교통수요증가에 대한 교통부문 시설투자는 주로 도로 위주로 이루어졌다. 이에 따라 자동차 중심의 교통체계가 형성되었으나 자동차의 급격한 증대로 교통체증이 전국적으로 상시화되면서 물류비용증대, 사고증대, 사회적 비용 증대, 환경문제 등이 야기되어 철도의 역할에 대한 재검토가 이뤄지게 되었다.

한편, 철도부문은 투자 제외로 인한 미 발전에도 불구하고 특급이상의 열차에 대한 수요가 계속 증대되고, 동시에 항공 수요도 급격하게 늘어나서 고속철도와 같은 고급교통수단이 건설되는 경우 발전 잠재력을 있는 것으로 확인되었다. 이러한 상황에서 고속철도가 갖는 에너지 효율성, 환경적 측면에 대한 장점, 장거리 수송체계에서 고속철도의 역할증대에 따른 교통 혼잡비용 완화효과 등을 고려하여 고속철도의 건설이 결정되었다.

② 고속철도 건설효과

고속철도의 건설의 가장 직접적인 효과로는 철도이용자 증대를 꼽을 수 있다. KTX 누적 이용객은 개통 3년 만에 1억명을 돌파했다. 1일 평균 이용객은 2004년에는 7만2천명, 2005년 8만8천명, 2007년 10만1천명으로 증대되고 있다 (표 3.4.2.6) 고속철도를 이용하는 이유로는 '속도성'과 '안전성', '당일 및 정시도착'이 지적된다.

표 3.4.2.6 이용인원 증가추이

(단위 : 천명/1일)

	2004	2005	2006	2007.02
경부선	60.7	73.6	82.7	88.3
호남선	11.6	15.1	17.3	18.4
합계	72.3	88.7	100.0	106.7

고속철도 개통 후 경부축을 중심으로 KTX 수송분담율이 크게 증가하면서 고속도로 소통 완화에 기여하고 있으며 장거리는 KTX, 단거리는 승용차 위주로 국내 교통체계가 재편되는 양상을 나타내고 있어 경부축에서 육상교통(승용차, 고속버스, 일반철도, KTX)중 KTX의 수송 분담율도 개통초기 17.8% 수준에서 2005년에 25%를 넘어서고 있다.

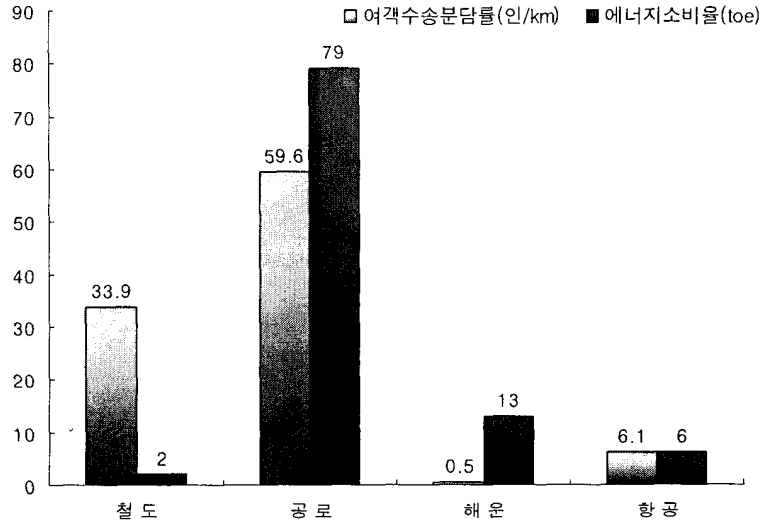


그림 3.4.2.7 수송 분담율과 에너지 소비율

주) 1. 수송분담율 : 2005 건교부 통계연보

2. 에너지소비율 : 2003 에너지관리공단 에너지 소비실적

고속철도 개통이후 일본, 프랑스에서 경험했던 것처럼 서울과 고속철도 정차 도시(부산, 대구, 광주, 목포)간 항공 이용자가 급격히 감소하였다. 1단계 사업을 통해 시간단축 효과가 가장 크게 나타나는 서울-대구 구간의 항공이용객은 개통 이전인 2003년 연간 약 120만명에서 개통 1년 후인 2005년에는 약 17만명, 2006년에는 8만명 정도로 급격하게 감소되었다.

고속철도는 서울-대구, 서울-부산 구간에서 경쟁우위를 보여주고 있으며, 거리대별로 상이하게 경쟁력을 보여준다. 통행거리 100km대인 서울-천안 구간은 승용차가 비교우위에 있는 구간으로 승용차의 분담률이 70% 가량 차지하고 있다. 100~200km 거리 대에 위치한 서울-대전 구간은 승용차, 고속철도, 기타 대중교통수단

이 경합하는 구간으로 실제 분담률도 승용차가 45%, 고속철도 20%, 고속버스 21%, 일반철도 14% 가량으로 나타나고 있다. 통행거리가 300km 이상 되는 서울-대구 구간과 서울-부산 구간은 고속철도의 비교우위가 두드러진다. 고속철도는 승용차 및 고속버스에 비해 경쟁력을 확보하고 있고, 항공교통에 대해서는 통행시간의 경쟁력 우열을 가릴 수 없는 가운데 통행비용 측면에서 비교우위를 보인다.

고속철도는 다양한 첨단기술의 복합체로서 철도분야의 기술개발을 촉진하는 효과를 갖는다. 고속철도 개통 전 최고시속 150km 정도의 열차를 운행했던 한국은 KTX의 개통으로 상업운영 최고속도를 2배 증대시켰으며, KTX 건설과 병행된 기술개발사업을 통해 세계 4번째로 고속철도기술개발 보유국이 되었다. 한국형 고속철도는 2006년 철도공사의 호남·전라선 차량입찰에 채택되어 2010년 이후 상용화될 전망이다.

고속철도의 개통은 철도교통이용자 증대 등 직접적인 효과, 산업에 미치는 파급효과 이외에도 국토, 도시발전 효과, 통근·통학권의 변화, 이동권역의 변화와 같은 사회·문화적 파급효과를 가져온다.

(3) 고속철도 사업 추진 절차

공공투자사업을 추진할 때 가장 선행되어야 하는 것이 사업대상에 대한 기초자료를 충분히 분석하는 것이다. 특히 도로·철도 등 교통부문 사업의 경우 가장 중요한 것은 해당 지역의 교통현황을 파악하는 것이다. 사회경제지표 현황분석을 통하여 인구, 고용, 산업 등 교통수요에 영향을 미칠 수 있는 사회경제지표를 전국, 교통존(zone)별로 분석하여 과거의 추세를 파악하고, 교통시설, 운영현황, 통행특성, 환경분석 등을 분석하여 문제점을 제시한다.

교통수요란 교통체계나 시설을 이용하는 규모로서 통행량으로 표현된다. 교통수요의 추정은 장래 발생될 수요를 현재의 시점에서 예측하는 작업으로 교통계획 수립의 기초자료로 활용되며, 통행발생, 통행분포, 수단선택, 통행배정의 4단계 분석방법은 가장 일반적으로 사용되는 교통수요 추정법이다.

교통수요 예측의 전반적인 과정은 통행수요 예측의 공간적인 기본단위인 교통존을 구분하고, 현재 및 장래의 교통망을 구축한 후 사회경제지표의 현황분석 결과와 장래경제의 계획지표 및 정책목표를 토대로 사회경제적 특성을 분석하여 장래지표를 예측한다. 각종 사회경제지표는 장래 통행수요를 결정하는 변수로 사용된다.

고속철도 건설은 국가경제의 기간 교통망을 구축하는 국가적 사업으로 기술, 기술이전, 재원조달 및 가격에 대해 종합평가하여 우수한 고속철도 차량형식을 선정하는 것이 중요하다. 고속철도 노선 및 정차장의 대안은 기술적, 경제적 측면 이외에도 정책적 판단 또한 분석대상에 포함시켜야 한다. 사업의 성격, 규모 등을 기반으로 분석 대안 및 시나리오를 설정하여 분석을 수행한다.

사업의 추진가능성 및 최적 대안 선정을 위해 경제성 및 재무성 분석을 시행한다. 편익항목으로 통행시간 감소, 차량운행비 절감, 교통사고 감소, 환경비용 감소 등을 선정하고, 비용항목으로 공사비, 유지관리비, 차량구입비, 운행비 등 선정한 후 일관성 있는 분석이 되도록 추정방법을 정하여 사업마다 동일한 방법으로 분석한다.

경제적 타당성 분석에서 사용되는 관련지표들은 현실에 맞게 정하여 일관성 있게 적용하여야 한다. 비용-편익비(B/C Ratio), 순현재가치(NPV), 내부수익률(IRR) 등을 종합적으로 고려하여 사업의 최종적인 경제적 타당성을 결정한다.

경제적 타당성 분석의 결과 경제적으로 타당성이 있는 것으로 판정된 경우, 재무적 타당성 분석이 이루어진다. 재무적 타당성 분석은 해당사업의 민간자본유치가능성에 대한 사전적인 평가의 지침으로 민간사업자가 본 사업을 시행할 경우의 사업시행자의 수익성을 평가하여 본 사업의 민간자본유치가능성을 검토하는 것이다. 사업의 투자방식, 분석기간, 가격산정 기준시점 등의 기본전제들과 분석 항목을 설정하고 재무적 순현재가치(FNPV), 재무적 내부수익률(FIRR), 수입/비용 비율 등의 분석 방법을 통해 민간자본 유치 가능성 판단 기준을 바탕으로 민간자본 유치 가능성 여부를 제시한다.

정부는 재정을 합리적으로 운용하기 위해서 가장 먼저 관리, 동원 가능한 재정자원의 범위를 파악하고, 이들 전체에 대하여 통합예산을 편성, 집행하는 체제를 구축해야 한다. 현실적으로 사업추진에 유무를 결정할 수 있는 가장 중요한 부분이 될 수 있으며, 따라서 상위의 절차보다 선행되어 논의가 이루어질 경우도 있다. 한국에서는 사회간접자본 민간투자에 대한 재정지원의 일괄된 원칙과 구체적인 재정지원 절차를 제시하고, 사업의 경제성과 재무성 분석을 실시하여 재정지원 여부를 결정하고 있다. 민간투자사업을 BTO, BTL로 추진할 때의 추진방안에 대해 제시하고, 한국의 BTO 형태 중 정부고시사업과 민간제안사업의 추진절차에 대해 설명한다.

고속철도 개통으로 인한 효과를 공간적으로 확산시키고, 철도의 경쟁력을 제고시키는 동시에 전국적인 차원에서 각 교통수단간의 균형 있는 발전을 도모하기 위해서 연계교통체계 구축이 필요하다. 고속철도역과 인근 도시의 연계, 대중교통 연계 및 교통약자를 고려한 고속철도 연계교통체계 구축의 기본방향을 정립하고 단계적 추진 전략을 수립한다. 또한 고품격 서비스 제공, 고정고객 확보 및 잠재고객 유인 전략 등의 서비스 향상 방안을 구축한다.

고속철도 건설에 따른 지역경제 파급효과를 분석한다. 또한 고속철도 부대사업 등을 통한 종합 생활 서비스 전략을 수립하고, 그 개발전략의 기본 방안을 수립하여 고속철도를 중심으로 한 역세권 개발전략을 수립한다.

(4) 한국 경부고속철도 사업추진 사례

① 고속철도 사업 아이디어의 태동 및 정책화과정

고속철도에 대한 아이디어는 1964년 신간선 시험운행에 참여했던 우리나라 철도기술자를 통해 처음으로 전파된 이후 1973년 12월 프랑스 국철(SNCF)과 일본 해외철도기술협력회(JARTS) 조사단이 서울~부산 간 수송현황을 타개 방안에 대한 장기대책으로 서울~부산 간 신규 철도 건설을 제안하면서 다시 논의되었다. 이후 한국과학기술원(KIST)은 1978년부터 약 3년간 '대량화물 수송체계 개선 및 교통투자 최적화방안 연구'라는 과제를 통해 서울~부산 간 경부 복선전철을 신설하여 수송능력을 증강시키는 방안과 여객 전용 고속철도를 건설하는 방안을 제시하였다. 이러한 연구 결과를 바탕으로 경부 고속전철의 필요성에 대한 논의는 1980년대에 들어서 보다 구체적으로 진행되었다. 1981년에 입안된 '제5차 경제사회발전5개년계획(1982년~1986년)'에서는 서울-대전 간 160km 구간에 대한 고속철도 건설계획이 명시하였다. 하지만 이 계획은 고속철도에 대한 사회·경제적 조사나 기술조사를 바탕으로 한 것이 아니었다. 이에 따라 1983년 수립된 '제5차 경제사회발전5개년수정계획'에서는 전문적인 타당성 조사를 통해 고속전철 건설여부를 결정하는 것으로 정책을 수정하여 경부고속철도 건설에 대한 타당성 조사가 실시되었다. 이후 1988년에 개최된 서울 올림픽에 대비한 사회간접자본시설에 대한 수요가 급증하면서, 1986년 이전에 착공하기로 한 고속전철 건설계획은 자연스럽게 무기한 연기되었고, 학자 및 관계의 논의에서 사라졌다.

고속철도 건설이 다시 쟁점으로 부각된 것은 1987년 대통령 선거에서 경부고속

철도와 동서고속철도 건설을 공약으로 제시한 후보가 대통령에 당선된 이후였다. 고속철도의 건설은 '제6차 경제사회발전5개년계획(1987~1991)'에 명시되어 1989년 고속철도에 대한 기술조사가 시작되었고, 정부 내에 '경부고속전철 및 신공항 건설 추진위원회'가 발족되었다. 교통부 산하 국책연구기관인 교통개발연구원이 중심이 되고, 국내 철도기술 관련 용역회사가 대거 참여한 이 기술조사는 노선계획, 토목구조, 궤도, 정차장, 차량구조, 차량역학, 열차운행, 송·변전 및 전차선, 신호 및 통신, 환경영향 등 고속철도의 건설 및 운영과 관련된 모든 기술적 조건을 검토하여 고속철도의 기본설계 및 실시설계를 마쳤다. 이러한 기술조사를 바탕으로 경부고속철도는 1992년 6월 착공되었다.

② 사업계획의 변경

경부고속철도 건설사업계획은 1990년 6월 기본계획이 확정된 이후에 크게 두 차례에 걸쳐 수정되었다. 사업계획이 수정된 주요사유는 첫째, 시험구간 건설 후 확인한 결과 애초의 노선계획을 따를 경우 사업비가 지나치게 증가하고, 둘째 기본계획에 대한 지역 민원이 끊임없이 제기되었다는 점, 셋째, 공사의 지연으로 인한 기준가격이 상승했다는 점 등을 들 수 있다.

③ 재원의 조달

1998년 7월에 최종 확정된 사업비는 1단계 사업을 기준으로 약 12조 7천억원이었다. 이러한 사업비를 조달하기 위해 정부와 고속철도건설공단은 1993년 제1차 수정계획을 확정하면서 재원조달 원칙을 수립하였다. 이에 따르면, 정부가 재정지원을 통해 전체 사업비의 45%를 조달하고, 나머지 55%는 고속철도건설공단에서 자체 조달한다는 것이었다. 이 중에서 재정지원은 정부에서 고속철도건설공단에 출연하는 방식과 재정융자사업을 통해 지원하는 것으로 구분되고, 자체조달은 채권발행, 해외차입, 민자유치로 구성된다.

④ 사업관리시스템 도입

경부고속철도사업은 대규모 투자비용이 소요되는 장기간의 복잡한 사업으로 과학적이고 체계적인 관리기법이 요구되었다. 사업 시행 장소가 전국적으로 분포되어

있다는 점과 프랑스와의 기술협력을 통해 사업이 추진된다는 점은 합리적인 사업 관리 시스템의 도입 필요성을 뒷받침하였다. 이에따라 정부에서는 사업관리를 담당할 기관으로 벡텔사와 계약을 맺고 계약 체결기법, 파이낸싱 문제, 사업 관리기법 등을 전수받게 되었다.

⑤ 기술이전 및 국산화 추진 결과

○ 차량제작

경부고속철도 차량 총 46편성 중 초기 12차량은 프랑스에서 제작하여 국내에서 조립하고, 나머지 34편성은 국내에서 제작, 조립하였다.

○ 기술이전

차량과 관련된 기술이전은 차량의 제작에 필요한 모든 품목 및 부대 품목, 그리고 전차선 및 열차 제어와 관련된 것들로서 당초 계약내용을 초과하여 기술자료(약 35만 매), 2,000명의 기술인력에 대한 기술훈련 및 지원(약 2,210명)이 시행되었다.

○ 차량 및 부품 국산화 추진현황

차량 관련 부품의 국산화는 차량 제작 및 조립분야, 전차선분야, 열차제어분야로 구분된다.

표 3.4.2.7 차량 및 부품 국산화 실적

단계별 국산화		국산화 범위
차량 (~2003.10)	1단계 (시제차2편성)	- 시제2편성(KTX1,2호) 한국내에서 조립, 시험 및 시운전
	2단계 (양산차10편성)	- 양산차 10편성(KTX3~12호)의 한국내 조립, 시험 및 시운전, 관절링 국내제작(KTX5~12호)
	3단계 (양산차34편성)	- 양산차 34편성(KTX13~46호)의 한국내 제작, 조립, 시험 및 시운전
전차선 (1996.12~2001.12)	1단계 (시험선구)	- 주조부품, 소형 강제부품 등의 국산화
	2단계 (시험선구외)	- 모든 부품의 국산화 (경제성 없는 품목은 제외)
열차제어장치 (1995.3~2003.10)	1단계 (시험선구)	- 외자재 도입, 일부 품목은 국내 조립
	2단계 (광명~대구)	- 기본 부품 국내 제작, 주요장치 조립, 시험

(5) 향후과제

① 호남고속철도사업

호남고속철도사업은 1990년 경부고속철도 건설사업이 가시화됨과 동시에 타당성 조사가 시작되어 1997년 기본계획수립조사가 이뤄졌으며, 2005년 6월 오송역을 경부고속철도와의 분기역으로 하는 결정이 이뤄지고, 2006년 8월 28일에 기본계획이 최종 확정되었다. 기본계획에서는 충북 오송에서 익산, 광주를 경유하여 목포에 이르는 약 230 km의 신선을 사업비 10조 5천억원의 사업비로 건설하는 것을 목표로 하고 있다. 경부고속철도와 마찬가지로 호남고속철도사업도 순차적으로 추진하여 우선 2015년까지 오송~광주 구간을 개통하고, 이후 2017년까지 광주~목포 구간을 개통하는 것으로 목표를 정하고 있다.

호남고속철도는 2006년에 착공하여 2017년까지 12년 동안 추진하는 사업으로 한편 호남선 구간은 호남고속철도사업이 시행되기 이전에 우선 호남선의 전철화를 통해 경부고속철도 완공의 혜택을 호남 지역 주민이 나눠 가질 수 있는 방안이 마련되었다. 1999년 7월에 대한교통학회 주최의 '고속철도 도입효과 극대화방안' 세미

나를 통해 호남선의 전철화를 통한 고속철도의 직결운행방안이 제시되었고, 이에 따라 1999년 10월에 2000년도 예비타당성조사 대상사업에 이 사업이 포함되도록 하였으며, 이후 2001년에 공사가 착공되어, 경부고속철도 개통 시기와 맞물려 호남선 전철화 사업이 완공된 것이다.

이에 따라 2004년 4월 1일부터 호남선에도 용산역에서 출발하여 경부고속철도 노선을 따라 운행되다 대전역에서 호남선 전철로 분기되는 노선이 운행됨으로써 과거 새마을호로 4시간 34분이 소요되던 서울~목포 구간이 고속열차를 통해 2시간 58분으로 단축되는 효과를 갖게 되었다.

② 고속철도 네트워크의 확충

경부고속전철 1단계 사업과 호남선 전철화 사업이 개통됨으로서 우리나라에서는 고속철도의 대중화 시대, 전국 반나절 생활권이 실현되었다. 고속철도는 단순히 편리한 교통수단의 도입으로만 해석될 수 없는 중요한 의의가 있다.

첫째는 고속도로 중심의 국내 교통체계에 도로·철도 복합운송형 교통체계 형성의 계기를 제공했다는 점이다. 한국의 간선교통체계는 일방적으로 도로 중심으로 형성되어 왔다. 그 결과 최근에는 수송의 효율성에 심각한 문제가 드러나고 있고, 해방 이후 거의 투자가 이뤄지지 않은 지역간 철도의 필요성이 진지하게 제기되었다. 고속철도는 이러한 지역간 교통체계의 새로운 대안으로서 효율성을 입증했으며, 향후 더욱 발전될 것으로 기대된다.

둘째, 본격적인 고속철도시대를 열어가기 위해서는 추가적인 교통망의 건설에 대해서도 종합적인 구상이 필요하다. 경부고속철도 2단계 사업이 2010년에 마무리되고, 호남고속철도사업이 2017년에 마무리된다고 해서 고속철도사업이 종료되는 것은 아니다. 적절할 수요가 뒷받침된다는 전제 하에 구상단계에 있는 동서고속전철, 그리고 더 나아가 한반도를 종단하여 대륙철도와 연결되는 통일 대비형 철도에 대해서도 종합적인 구상이 제시되어야 할 시점이다. 특히 중장거리 수송에서 장점을 갖는 철도의 특성을 고려할 때, 단순히 한반도 남반부만을 고려한 철도네트워크를 구상하는 것은 철도가 가지고 있는 장점을 약화킬 수도 있다는 점도 고려해야 한다.

셋째, 이미 거의 100% 국산화되어 있고 세계에서 다섯 번째로 고속철도 보유국이 된 기술적 장점을 살릴 방안에 대해서도 진지한 검토가 있어야 한다. 이미 부분

적으로 진행되고 있지만, 국내의 고속철도 건설기술 및 차량기술을 해외에 수출하기 위한 중장기적이고 능동적인 전략의 수립이 필요하다.

라. 고속철도 계획수립 분야 매뉴얼의 발전방향

(1) 향후 보완방향

우리나라는 국외 시스템을 도입하여 고속철도를 건설하고, 이에 병행해서 기술개발을 추진하여 기술국산화에 성공한 세계적으로 유일한 국가이다. 이러한 결과는 사업을 준비하는 단계에서 고속철도 건설을 통한 기술국산화를 목표로 설정했기 때문에 가능한 결과였다. 고속철도 기술개발사업을 총결산하는 본 과제에서 다음단계의 발전을 위한 매뉴얼을 기획하였다는 점은 현재로서는 가능성만 논의하고 있는 한국 고속철도 시스템의 국외 진출을 위한 계기가 될 수 있다는 점에서 중요성을 갖는다.

국외의 사례를 볼 때, 고속철도 해외진출에 대한 준비는 장기간에 걸쳐서 이뤄진다. 한 예로 일본의 경우 북경-상해 고속철도 사업에 진출하기 위한 노력은 이미 30년 전에 시작되었고, 교육훈련 역시 초기단계부터 시작되었음을 확인할 수 있다 표 3.4.2.8 물론, 향후 우리나라에서 추진할 사업이 일본의 경우처럼 장기간에 걸쳐서 이뤄지지는 않는다고 하더라도 적어도 고속철도 기술의 해외진출이라는 목표하에 교육훈련이 어떻게 구성요소로서 활용될 수 있는 지를 확인할 수 있다.

표 3.4.2.8 중국 고속철도 사업에 진출하기 위한 일본의 노력

연도	추 진 내 용
1974	중국철도현황 조사 (중국철도 현황 조사단)
1979	일중철도 기술협력계획 체결 (JICA-전문가 파견 및 연수원 초청)
1980	日정부, 中철도분야 차관 제공 (총액 약6,380엔)
1982	中철도부 · 日국토교통성 제1회 실무자 회의
1994	제1회 중국고속철도세미나 (일본정부 주도)
1995	북경~상해 고속철도계획 협력추진위원회 발족(사무국 : JARTS)
1997	일중철도 우호추진협의회 설립 (中철도부와 협력협정)
2003	북경~상해고속철도계획협력추진 간담회 발족(민관의 신간선 적극홍보)

자료 : 高木淸晴、中國における技術協力の足跡と今後の展望、RRR 2007.3. P.4~7

이러한 측면에서 본 과제를 통해 작성되는 교육훈련 매뉴얼의 보완시기와 방향은 한국철도의 해외진출 사업이 구체화됨에 따라 발전될 것이다. 즉, 교육훈련은 한국철도의 해외진출을 종합적인 전략 중 하나의 수단으로서 활용될 수 있을 것이다. 진출대상국의 상황에 보다 부합되는 교육훈련 매뉴얼의 개발과 관련하여, 일본의 사례처럼 교육훈련 이후 공동연구의 단계도 고려할 수 있을 것이다. 이는 계속적인 기술개발을 통한 국내 기술력의 축적과 사업수주를 위한 적극적인 노력 과정에서 실현될 수 있을 것으로 판단된다.

표 3.4.2.9 북경-상해 고속철도계획에 관한 공동연구조사

항목	년도	내용	발주자
철도부와의 중·일공동연구 조사	98-99	①수요예측 ②구조물설계 ③궤도구조기술 ④전력/전차선시스템계획 ⑤안전대책 ⑥차량/차량기지	S&O 재단
	00	①수송계획 ②정차장계획 ③신호시스템계획 ④차량계획 ⑤하저터널계획	국토 교통성
	01	①경제재무분석 ②야간단선운전 ③통신시스템계획 ④환경대책 ⑤차량계획	고속철도일본연합
	02-03	①정보통신시스템계획 ②종합시험선계획 ③환경영향평가 및 환경보전대책계획	
	04	①종합보수 ②운영관리 ③다이아작성	
	05	①운행관리 ②신호시스템	
중국국제공정자문공사(CIECC)와 공동연구조사	98-99	고속철도와 경제평가	S&O 재단
중국투자발전촉진회와의 공동연구조사	99	중국 북경-상해 고속철도 계획의 자금조달에 관한 연구	S&O 재단
국내기초조사	98	북경・상해 간 신칸센 건설기술기초조사	경제 산업성
	99	중국 북경・상해 고속철도 건설계획 F/S 조사	일본무역진흥기구
	00	중국 고속철도사업화 계획 F/S 조사	

자료 : 高木清晴、中國における技術協力の足跡と今後の展望、RRR 2007.3. P.4~7

참고문헌

[1] 건설교통부(2003), 경부고속철도 연계교통체계 구축 기본계획 수립 연구.

[2] 건설교통부(2006), 건설교통통계연보.

[3] 건설교통부(2006), 호남고속철도 기본계획 조사연구 보안용역.

[4] 경제기획원(1982), 투자심사편람.

[5] 대한교통학회(2006), 철도투자평가편람.

[6] 이창운, 이재훈, 장수은(2004), 고속철도시대의 교통체계 연구.

[7] 임강원(1997), 도시교통계획-이론과 모형.

[8] 철도청(2003), 철도 통계연보.

[9] 최성훈(2005), 세계의 고속철도(발표자료).

[10] 한국개발연구원(2004), 2004년도 예비타당성조사 연구보고서 예비타당성조사 수행을 위한 일반지침 수정·보완연구(제4판).

[11] 한국개발연구원(2004), 도로철도 부문사업의 예비타당성조사 표준지침 수정·보완연구(제4판).

[12] 한국고속철도건설공단(2000), 경부고속철도 건설사.

[13] 한국철도시설공단(2004), 21세기 국가철도망구축계획 제1권 ,제2권.

[14] INRET & INTRAPLAN(1993), Traffic & Profitability for Western European High Speed Train Network.

[15] Juan de Dios Ortuzar, Luis G. Willumsen(2001), Modelling Transport.

[16] Wolfgang S. Homburger, Jerome W. Hall, William R. Reilly, Edward C. Sullivan(2001), Fundamentals of traffic engineering.

[17] 2007년도 철도산업발전시행계획(안) (2007.3), 건설교통부/물류혁신본부

[18] 고속철도의 발전과 영향력 (2007.3), 한국철도기술연구원 이용상, 문대섭

[19] 장항선철도 통해 "KTX 천안아산역" 환승 (2007.3), 건설교통부/철도건설팀

[20] 지역간 통행의 효율성 제고를 위한 고속철도 이용증대방안 연구(2005.11), 한국교통연구원 이장호, 장수은

[21] KTX 가이드, 철도청

[22] KTX 개통 3년간의 성과 (2007.3), 한국철도공사

[23] KTX 3주년 보도자료 (2007.3), 건설교통부/철도운영팀

[24] 고속철도 이야기 (http://ktxpress.net/)

[25] 한국고속철도 (http://ktx.korail.go.kr/)

[26] 한국철도시설공단 (http://www.krnetwork.or.kr/)

[27] Highspeed rail (http://my.dreamwiz.com/alpes/)

[28] 경부고속철도 개통의 효과 분석 (2005. 11), 대구경북연구원, 서울시립대학교 도시과학연구원

3. 프로그램 기획 분야

가. 고속철도 교육/훈련 프로그램 목표 및 기대효과

(1) 고속철도 교육/훈련 프로그램 개발의 목표

고속철도 교육/훈련 프로그램은 고속철도를 도입하고자 하는 개발도상국을 대상으로 고속철도사업 추진에 필요한 정책수립 및 시스템 분야에 대한 지식이전을 통해 해당국가의 전문 인력을 양성하고 궁극적으로 한국형 고속철도의 해외진출의 기반을 마련함에 있다. 이를 위한 세부 목표는 다음과 같다.

① 철도기술연구개발 Methodology 및 R&D 전략 이전

② 현장견학을 통한 우리나라의 관련 산업체에 대한 이해 증진

③ 기술전수를 통한 해외 전문가 양성 및 국내 철도기술 홍보

④ 상호간 인력네트워크 및 관련정보 교류 등 국제 협력 토대 구축

이에 따라 본 과제에서는 고속철도 교육/훈련 프로그램을 추진하기 위해 필요한 프로그램 세부일정과 강의내용, 프로그램 진행 체계를 제시하였다.

(2) 고속철도 교육/훈련 프로그램의 기대효과

(가) 기술교류의 체계화

다년간의 고속철도기술개발사업을 체계적으로 정리하고, 이를 바탕으로 고속철도 분야의 전문적인 교육/훈련 프로그램 수행을 통해 대상국가(수요처)에서 필요로 하는 고속철도 관련 정책·기술적 지식 이전 및 협력관계를 더욱 체계화할 수 있을 것으로 기대된다.

(나) 한국형 고속철도의 국외 홍보 및 해외시장 진출

최근 개발도상국에서 고속철도에 대한 관심이 고조됨에 따라 고속철도 시장은 더욱 확대될 것으로 예상된다. 따라서 이들 지역의 정책 결정권자들을 대상으로 한국형 고속철도 사업에 대한 계획 수립, 기술 분야에 대한 이론 및 경험을 전수함으로써 한국의 고속철도에 대한 기술 수준을 국외로 홍보하는 효과가 있으며, 이는 향후 한국형 고속철도의 해외진출의 기반으로 활용할 수 있다.

나. 국내·외 교육/훈련 프로그램 사례

(1) 한국국제협력단(KOICA) '철도운영 현대화 프로그램'

(가) 수행 목적

개도국을 대상으로 한국의 철도운영 및 기술정보에 관한 강의와 견학을 통해 연수참가국의 철도 운영능력 향상과 상호 정보교환 및 선린우호를 증진함에 있다.

(나) 프로그램 개요

① 담당 부서 : 한국철도공사에 위탁하여 수행

② 연수 기간 : 17일간 (2006년도 기준)

③ 참 가 자 : 8-10개국에서 15-20명 수준

④ 강 의 진 : 철도공사 내부인력 활용 및 외부전문가 초빙

⑤ 강의교재 : 각 분야별로 선발된 강사가 개별적으로 준비

⑥ 소요 예산 : 약 7800만원

※ 연수자 1인당 520만원 소요(항공료 및 체제비 포함, 2005년 기준)

(다) 프로그램 구성 및 내용

가. 이론강의

- 철도일반 및 경영분야 : 한국철도 일반 현황, 철도 마케팅, 철도고객만족
- 기술분야 : 열차운영, 전기, 신호통신, 차량, 시설관리, 철도안전
- 기타 : 철도 구조개혁, 철도환경, 고속철도

나. 발표 및 토론

- 각국 철도현황, 신규 건설프로젝트 현황
- 국제철도 운영사례

다. 견학 및 산업시찰

라. 문화/친교 행사

(2) UIC(국제철도연합) 고속철도 연수프로그램(Training in High-Speed Systems)

(가) 수행 목적

고속철도를 구상 또는 추진중인 국가를 대상으로 고속철도 계획, 건설, 금융, 운영 및 관리, 기술개발 등 전반적인 정보 제공함에 있다.

(나) 프로그램 개요

① 담당 부서 : UIC 고속철도국(UIC, High-Speed Division)

② 연수 대상 : 정책결정자, 관리자, 정책전문가, 경제전문가 등 간부급 관련인사

③ 연수 기간 : 6일간 (2004년부터 매년 1회 시행)

④ 연수 장소 : 프랑스 파리 UIC본부 내, 현장답사 1회 포함

⑤ 사용 언어 : 영어, 불어, 독일어

⑥ 주요 강의 내용

- 고속철도 시스템에 대한 포괄적 개요 소개
- 고속철도 관련 정책 수립에 필요한 정보 제공
- 최근의 고속철도 기술개발에 대한 경험과 정보 교환 촉진

(다) 프로그램 구성 및 내용

① 프로그램 콘텐츠 방향

UIC 프로그램의 내용은 고속철도에 대한 이론적 지식보다는 고속철도 건설 및 운영 경험을 공유하고자 함에 있으며, 이를 통해 고속철도사업을 구상 또는 계획중인 국가의 정책결정자에게 사업추진의 근저를 제공하고자 함.

② 프로그램 내용

6일간 강의 내용은 분야별로 다음과 같이 배분하였으며, 세부적 시스템기술 이론보다는 정책적, 경제적 관점에 더 비중을 두고 있음

· 1일차(월) : 고속철도 개론 및 정책 수립
· 2일차(화) : 고속철도 시스템 등 기술 분야
· 3일차(수) : 고속철도 운영
· 4일차(목) : 고속철도의 상업적 관점
· 5일차(금) : 재원조달 등 경제적 관점
· 6일차(토) : 현장 학습

③ 프로그램 운영의 특이사항

- 현 교육 프로그램의 대상은 상위 레벨의 운영자, 관련전문가 및 공무원을 대상으로 하고 있으나, 참석희망자에 대해 등록제한을 두지 않음
- 강사진은 전문분야, 출신지역, 사용언어 등을 고려하여 선별하고, 무보수를 원칙으로 함
- 강의자료는 기술, 정책, 운영 등 지정된 분야 내에서 강사에 일임함

- 연수참가자 수는 제한하지 않으며, 매년 25~60명 수준유지

- 특정국가의 요구에 따라 비정례적으로 단기간(약 2일)의 교육훈련 프로그램 시행 (터키, 러시아 등의 사례)

(라) 2007년도 프로그램 시행 현황

① 연수 기간 : 2007.06.25(월)~6.30(토)

② 참 가 비 : 2,300유로(약 300만원), 체재비 및 운임 별도

③ 참 석 자 : 14개국 46명(포르투갈 12, 스위스 7, 프랑스 6, 오스트리아 4, 스페인 3, 독일·루마니아·일본·크로아티아·인도·벨기에 각 2, 스웨덴·한국 각 1명)

④ 강 사 진 : 13개국 52명(프랑스, 독일, 스페인, 영국, 일본 등)

(3) 동일본 JR(JR EAST) 철도연수 프로그램

(가) 프로그램 구분

JR EAST는 국제교류의 일환으로 교육대상과 연수내용에 따라 다양한 프로그램 시행하며, 2005년도에 다음과 같은 교육이 시행되었음

① JR EAST 인터내셔널 코스

- 연수 대상 : 해외 철도분야 중견간부 대상 프로그램
- 연수 인원 : 약 20명
- 연수 기간 : 3주(매년 6월 시행)
- 연수 분야 : 3개의 기술분야(차량, 시설, 전기)

② 아시아국가 대상 철도연수

- 연수 대상 : 아시아 개도국가 대상 프로그램
- 연수 인원 : 9명(인도네시아 2, 말레이시아 2, 태국 2, 베트남 2, 몽골 1)
- 연수 기간 : 3개월(2005.08~11)

③ 중국대상 철도연수

- 연수 대상 : 중국의 철도기술자 대상(중국철도부와의 협의로 진행)
- 연수 인원 : 20명(10명씩 2차례 시행)
- 연수 기간 : 10일간(2005. 10/11)
- 연수 분야 : 종합관리, 수송관리 분야

(나) 교육훈련 프로그램(JR EAST 인터내셔널 코스) 내용

① 철도 일반 및 정책/경영분야

- 일본의 철도시스템과 JR EAST의 현황 및 운영 전략
- 철도안전체계
- JR EAST의 인력관리 방안
- 일본국철(JR)의 구조개혁과 민영화 등

② 차량 분야

- 차량시스템 : 대차, 구동, 추진, 제동, 보안 시스템
- 철도차량 개선 및 유지·보수, 관리체계
- 신에너지 차량(NE Train) 개론
- 열차정보관리시스템(TIMS) 소개
- 신칸센 차량 현황 및 기술개발 등

③ 전기/신호 분야

- 전력공급 시스템 소개
- 철도신호기술 소개
- ATS, ATC, ATOS 개론
- JR의 정보 네트워크(JR-IPNet)
- 열차 검지 시스템 등

④ 시설 분야

- 시설·설비 개요
- 재래선 및 신칸센 선로 유지·보수
- 재난·구호 등 긴급상황 발생 시 대처요령
- JR EAST의 토목부서 사업 소개
- JR EAST의 최신 토목기술 소개 등

표 3.4.3.1 JR EAST 인터내셔널 코스 교육/훈련 프로그램 일정

일차	주요내용			비고
	차량분야	전기·신호분야	시설분야	
1일	오리엔테이션 & 리셉션			공통
2일	철도구조개혁, 일본의 교통현황, JR EAST 개요			
3일	JR EAST 사업현황, 철도안전			
4일	철도차량개요, 설비현황, 전기관련장치개요			
5일	JR EAST 차량 유지·보수 개요	신호시스템	신칸센 선로의 구조	분야별
6일	철도차량기술 개요, 차량 유지·보수관련 장비 견학	신호교육설비, 신간선운영센터 견학	JR EAST 시설 및 유지·보수 현황	
7일	센다이 종합차량센터 견학	토쿄역 신호설비, 신호유지보수센터 견학	JR EAST 선로보수시스템 및 레일측정장비 등	
8일	차량 유지·보수 강의	일본신호주식회사 견학(쿠키사무소 및 Ageo공장)	선로전환기 및 크로싱시설 견학	
9일	이동	신호시스템 강의	JR EAST 선로 유지·보수 설비 현황	
10일	아키타 종합차량센터 견학	Electric power system	JR EAST 선로 유지·보수 체계	
11일	철도 안전설비 및 신칸센 기술개발 강의	통신시스템 강의	센다이 토목기술센터 및 보선기술센터 견학	
12일	신간선 종합차량센터 견학	JR EAST 시험차 East-i 시승 (센다이-하치노에)		
13일	-	JR EAST 기술개발센터 견학	유지·보수 안전관리 및 참가국 현황 소개	
14일	연수 정리			공통
15일	수료식			

(3) JICA 철도 경영 교육 프로그램(Railway Management Program)

(가) 수행 목적

이 프로그램은 JICA(일본국제협력기구)에서 개도국을 대상으로 시행하는 사회간접자본개발 관련 교육/훈련 프로그램의 하나로써 철도운영기관을 대상으로 철도여객분야의 경영개선과 역량강화를 위한 프로그램이다.

(나) 프로그램 개요

① 담당 부서 : JICA Tokyo, 국토교통성, JARTS 공동수행

② 연수 대상 : 여객철도 운영회사 임직원

③ 연수 기간 : 3주

④ 참가자 수 : 약 10인 내외

⑤ 사용 언어 : 영어

(다) 프로그램 구성 및 내용

이 프로그램에 참가자는 자국의 철도현황, 교육내용의 활용방안 및 향후 계획 등을 서술한 시작보고서를 작성하여 프로그램 개시 전에 제출하고, 연수 후 3개월 이내에 최종 보고서를 JICA에 제출하도록 요구하고 있다. 프로그램의 내용은 다음과 같다.

① 철도 운영과 사회적 요건

- 일본의 철도 경영전략
- 일본 철도 역사(歷史)
- 일본철도 경영의 경제학적 접근
- 해외의 철도경영 문제점

② 철도 사업과 비철도 사업

- 일본 철도 사업의 특성
- 철도회사의 인력개발 정책
- 수요 분석을 통한 철도개량사업
- 철도경영의 일반적 특성
- 지방도시의 철도사업
- 철도운영기관의 연구개발 현황과 개발계획
- 경영다각화 : 부동산 사업 및 사업 분할

③ 철도 구조개혁과 민영화

- 일본국철의 사례
- 폴란드의 철도 구조개혁 사례
- 민영화이후의 철도 경영 : JR EAST 사례

④ 문제점 제기 및 개선방안 도출

- 시작보고서 및 중간보고서 작성 및 발표

※ JICA 도시대중교통 교육 프로그램(Colloquium on Urban Public Transport)

(가) 수행 목적

개도국을 대상으로 대도시 대중교통시스템의 정책 수립에 대한 교육을 실시하여 대상국의 자립적 경제성장과 국민복지 향상에 기여할 수 있는 고급 인적자원을 양성하고 양국간의 이해와 우호를 증진하기 위한 프로그램이다. 이 프로그램은 사회인프라(교통시스템)에 대한 교육/훈련이라는 점과 사례연구를 통해 참가자들의 적극 참여를 유도한 점에서 그 분석가치를 찾을 수 있다.

(나) 프로그램 개요

① 담당 부서 : 국토교통성 종합정책국 국제업무실

② 연수 대상 : 대도시 대중교통 정책 관련 공무원

③ 연수 기간 : 8주

④ 참가자 수 : 약 10인 내외

⑤ 사용 언어 : 영어

(다) 프로그램 구성 및 내용

① 연수 오리엔테이션

② 참가자들의 자국 도시(교통)현황 보고서 발표 및 토론

③ 일본의 도시교통정책 개론 : 도시교통 정책, 철도정책 도로교통 정책 개요 등

④ 일본의 교통시스템 종류 소개

- 동경 수도권의 도시철도 기본계획, 철도 현황 및 특성 개요
- 교통 운영/통제 시스템

⑤ Case Study : 나고야와 히로시마

- 두 지역의 교통 정책과 특성 관찰 (참가자 발표 및 토론)

⑥ 동경의 교통시스템 : 택시, 버스, 지하철, 신교통 시스템 소개

⑦ 최종 보고서 작성 및 발표, 토론

다. 고속철도 교육/훈련 프로그램 기획

(1) 교육/훈련 프로그램 기획 방향

(가) 교육 대상 설정

본 교육의 대상은 철도관련 건설, 운영, 계획, 재정, 시스템기술 분야에 종사하는 중견간부급 이상으로써, 정부기관 공무원, 철도/건설관련 민간기업의 임직원, 또는 기타 고속철도건설사업의 정책결정에 영향력을 가진 자로 한다.

(나) 참가자를 위한 교육내용 다변화

본 과제에서는 다양한 해외사례 검토를 통해 연수 참가자가 필요로 하는 내용의 교육/훈련이 가능하도록 하기 위해 복수의 프로그램을 개발하였다. 이를 위해 참가국의 고속철도사업 추진단계에 따라 사업구상단계, 사업계획수립단계, 건설초기단계 프로그램 3개의 프로그램으로 구성하였으며 필요에 따라 교육기간을 조정하거나 교육과정(단계)을 추가할 수 있다.

① 사업구상단계

자국의 교통문제 및 외적인 문제를 해결하고자 고속철도 도입을 고려중인 국가의 정책결정 입안자를 대상으로 고속철도 도입 배경 및 효과, 계획수립 절차 등을 중심으로 강의

② 사업계획수립단계

고속철도사업 계획수립중인 국가를 대상으로 정책분야, 시스템 엔지니어링, 고속철도 차량, 전기·신호, 궤도·토목분야 등 고속철도 사업계획을 수립하고 추진하는데 필요한 분야를 포괄적으로 강의

③ 건설초기단계

고속철도사업을 결정하고 건설에 착수한 국가를 대상으로 고속철도의 요소시스템과 기타 기술부문에 대한 내용을 중점으로 강의

(2) 교육/훈련 프로그램 일정 및 기간

(가) 일정 수립의 기본 방향

① 프로그램 일정은 특별한 경우를 제외하고는 기본적으로 최대 3주 이상을 넘지 않도록 한다.

② 프로그램 시행 초기에는 참가자 수요에 따라 탄력적으로 운영하되, 이후 일정

조정을 통해 체계적인 프로그램 일정관리와 진행이 이루어지도록 한다.

③ 교육일정 및 내용은 최소 6개월 이전에 다양한 경로를 통해 공지하며, 신청서 접수 시 참가자의 요구사항을 파악하여 적극 반영하도록 한다.

(나) 단계별 프로그램 일정(안)

교육/훈련 프로그램의 연수기간은 연수과정에 따라 표 3.4.3.2와 같으며, 운영시스템과 교과목 특성 등 여건에 따라 탄력적으로 적용한다. 아래표에서 총기간은 총 교육시행일자이며, 체류기간은 공휴일을 포함한 기간이다.

표 3.4.3.2 고속철도 교육/훈련 프로그램 연수기간

구분	이론 강의	발표 및 토론	견학 및 산업시찰	총 기간 (체류기간)
사업구상단계	5일	1일	2일	8일 (11박 12일)
사업계획수립 단계	13일	1일	3일	17일 (24박 25일)
건설초기단계	9일	1일	3일	13일 (18박 19일)

(3) 교육/훈련 프로그램 구성

본 프로그램은 크게 이론 강의, 발표 및 토론, 견학 및 산업시찰로 구성하였다.

(가) 이론 강의

연수원(미정)내 강의실에서 실시하며, 본 과제에서 작성된 고속철도 교육/훈련 매뉴얼을 바탕으로 고속철도사업 계획수립 및 기술적 이론 교육을 실시한다. 교재는 강사가 매뉴얼에서 적합한 내용을 선별, 제작하여 수행한다.

(나) 발표 및 토론

참가자 자국의 교통정책 및 철도산업 현황, 추진 계획 등에 대해 연수 프로그램 개시전에 작성하여 제출하도록 하고, 연수중에 이에 대한 상호 발표와 토론의 시간을 갖도록 한다. 각국의 현황 및 계획에 대한 토의를 통해 상호간 정보교환을 유도하고, 각국의 정책 문제점을 파악하며 본 교육/훈련 프로그램을 통해 개선점을 찾도록 한다. 또한 강의 내용에 대한 발표를 접목시켜서 교육효과를 극대화 하고 차기 교육/훈련 프로그램 기획에 반영한다.

(다) 견학 및 산업시찰

이론적인 내용의 이해를 돕기 위하여 고속철도운영기관, 차량기지, 철도산업계, 연구기관 등 고속철도관련 이론이 실제로 적용되어 운영되고 있는 현장을 방문하도록 한다.

라. 고속철도 교육/훈련 프로그램 내용

본 단락에서는 이론강의 내용, 현장학습 내용, 발표 및 토론 등 교육/훈련 프로그램의 세부적인 내용에 대해 서술하였다. 이를 바탕으로 단계별(3단계) 프로그램 일정이 표 3.4.3.3 ~ 3.4.3.5에서 제시되었다.

표 3.4.3.3 고속철도 교육/훈련 프로그램 일정(안): 사업구상단계

구분	일차	요일	내용	비고
	0	토/일	도착 및 숙소배정	
Workshop	1	월	연수 Orientation	
			참가자 자국 고속철도 사업 현황 발표 및 토론	
계획수립 분야	2	화	고속철도 개요	
			세계 고속철도 현황 및 기대효과	
	3	수	고속철도의 계획수립절차	
			경부고속철도 추진 사례	
현장견학	4	목	현장 견학 및 산업시찰 I (고속철도 시승, 유관기관 방문)	
	5	금	현장 견학 및 산업시찰 II (고속철도 시설 및 차량기지, 산업계 방문)	
		토/일		
SE분야	6	월	한국형 고속철도 시스템 엔지니어링 적용 및 신뢰성	
차량분야			고속철도 차량시스템 및 주행시스템	
전기신호분야	7	화	전기신호시스템 엔지니어링	
토목분야			고속철도 궤도 구조 특성 및 설계기술	
수료행사	8	수	친교 행사 수료증 수여 및 Reception	

표 3.4.3.4. 고속철도 교육/훈련 프로그램 일정(안): 계획수립단계

구분	일차	요일	내용	비고
	0	월	도착 및 숙소배정	
Workshop	1	화	연수 Orientation 참가자 자국 고속철도 프로젝트 현황 발표 및 토론	
계획수립 분야	2	수	한국의 철도 정책 고속철도 정책수립 일반/고속철도 사업절차 I	
	3	목	고속철도 사업절차 II 경부고속철도 추진 사례	
현장견학	4	금	현장 견학 및 산업시찰 I (고속철도 시승, 유관기관 방문)	
		토/일		
SE 분야	5	월	시스템 엔지니어링, 한국형 고속철도 사례	
	6	화	시험평가. 기반기술인터페이스 분야	
토목분야	7	수	궤도 및 노반	
	8	목	교량 및 터널	
현장견학	9	금	현장 견학 및 산업시찰 II (고속철도 시설 및 차량기지 방문)	
		토/일		
차량분야	10	월	차량시스템 엔지니어링, 차체	
	11	화	주행시스템, 추진시스템, 제동시스템, 집전시스템	
	12	수	열차제어, 신호시스템, 보조전원시스템 등	
전기신호 분야	13	목	전기신호시스템 엔지니어링	
	14	금	자동열차제어장치, 전자연동장치	
		토/일		
현장견학	15	월	현장 견학 및 산업시찰 III / Workshop (철도관제실, 산업계 등 방문)	
종합토론	16	화	연수생 프로젝트 발표, 사례 연구	
수료행사	17	수	친교 행사 참가자 수료증 수여 및 Reception	

표 3.4.3.5 고속철도 교육/훈련 프로그램 일정(안): 건설초기단계

구분	일차	요일	내용	비고
	0	토/일	도착 및 숙소배정	
Workshop	1	월	연수 Orientation 참가자 자국 고속철도 프로젝트 현황 발표 및 토론	
계획수립 분야	2	화	한국의 철도 정책 소개 경부고속철도 추진 사례	
현장견학	3	수	현장 견학 및 산업시찰 I (고속철도 시승, 유관기관 방문)	
SE 분야	4	목	한국형 고속철도의 시스템 엔지니어링 적용 및 신뢰성 평가	
	5	금	시험평가 및 종합계측시스템 기반기술 분야	
		토/일		
차량분야	6	월	고속철도 차량시스템 주행시스템	
	7	화	추진시스템, 제동시스템 및 집전시스템	
	8	수	열차제어, 통신 제어진단 및 신호시스템 보조전원장치/차체 등	
현장견학	9	목	현장 견학 및 산업시찰 II (고속철도 시설 및 차량기지 방문)	
	10	금	현장 견학 및 산업시찰 III / Workshop (철도관제실, 산업계 등 방문)	
		토/일		
전기신호 분야	11	월	전기신호시스템 엔지니어링 전자연동장치 및 자동열차제어시스템	
토목분야	12	화	고속철도 궤도 구조해석 및 설계기술 궤도노반 기술 및 선로구축물 환경기술 궤도구조시스템 및 선로구축물 개발 및 성능평가 철도교량 및 철도 터널	
수료행사	13	수	친교행사 참가자 수료증 수여 및 Reception	

(1) 이론 강의 내용

(가) 계획수립분야

고속철도 도입 배경 및 현황과 고속철도 도입으로 인한 효과를 중심 내용으로 한다. 또한 고속철도 사업 추진 절차를 설명하며 한국의 고속철도 도입 사례인 경부고속철도사업을 대상으로 정책수립과정 및 효과분석, 재원조달 방안, 시스템 도입과정, 기술이전 절차 등을 설명한다.

① 고속철도 현황 및 기대효과

고속철도 건설 배경, 국내·외 고속철도 현황, 고속철도 건설 효과, 한국의 고속철도 발전 방향에 대한 내용을 중심으로 강의

② 고속철도 사업 추진 절차

기초조사·분석, 교통현황 분석 및 통행수요 예측, 시스템 선정, 경제적·재무적 타당성 분석, 재원조달 방안 수립, 운영 및 서비스 방안 수립, 고속철도와 지역 발전에 대한 내용을 중심으로 강의

③ 한국 경부고속철도사업 추진 사례

경부고속철도사업의 정책 수립 과정, 사업타당성 분석, 재원조달, 시스템 도입과정, 기술이전 절차, 사업계획의 확정 및 변경, 개통 및 향후 계획에 대한 내용을 중심으로 강의

(나) 시스템엔지니어링 분야

고속철도 시스템 신뢰성 및 운영효율화에 관한 내용으로 시스템 엔지니어링 분야와 시험평가 및 종합계측시스템 분야로 구분된다.

① 시스템엔지니어링

한국형고속열차의 시스템엔지니어링 적용, 한국형고속열차의 신뢰성 평가에 대한 내용을 중심으로 강의

② 시험평가 및 종합계측시스템

국내외 시험계측시스템 구성, 시운전시험 계측시스템, 시운전시험 계획, 본선시운전시험을 위한 인터페이스 관리, 분야별 시험절차서, 분야별 계측시스템의 구성 및 시험결과에 대한 내용을 중심으로 강의

③ 기반기술

고속철도 기반기술, 차량안정화를 위한 분야별 시험, 차량신뢰성 확보를 위한 기반기술에 대한 내용을 중심으로 강의

(다) 차량시스템분야

기본적으로 차량시스템에 대한 소개를 하며, 철도차량을 구성하는 세부시스템으로 주행, 추진, 제동, 집전, 제어진단, 보조시스템과 차체에 대한 설계, 해석, 제작, 시험으로 구분하여 세부적인 설명을 한다.

① 차량시스템 엔지니어링

차량일반 특성, 성능 및 운영조건에 대한 내용을 중심으로 강의

② 차량시스템 관련 세부시스템

주행, 추진, 제동, 집전, 제어진단, 및 보조시스템, 차제에 대한 국내·외 발전현황과 설계, 해석, 제작, 시험관련 내용을 중심으로 강의

③ 차량시스템 관련 기타설비

편의설비, 열차무선장치에 대한 국내외 발전현황과 설계, 해석, 제작, 시험관련 내용을 중심으로 강의

(라) 전기·신호 분야

자동열차제어시스템, 전기신호엔지니어링, 전자연동장치로 구분되며 신호이론에 대한 개괄적인 설명과 각 부문별 시스템의 구성 및 구현 통합방안과 시뮬레이터 소개, 시험방법에 대한 내용을 설명한다.

① 자동열차제어시스템

시스템 개요 및 발전현황, 신호이론, 지상시스템 구성, 차상시스템 구성, 궤도 회로, 시뮬레이터, 시험에 대한 내용을 중심으로 강의

② 전기신호엔지니어링

시스템엔지니어링 개요 및 국내·외 현황, 전기신호시스템, 신호시스템 엔지니어링 목표, 신호시스템 엔지니어링 요구사항분석, 신호시스템의 세부시스템 기능구현, 신호시스템 통합 및 검증, EMI/EMC, 급전시스템 해석기술에 대한 내용을 중심으로 강의

③ 전자연동장치

시스템 개요 및 발전현황, 시스템 소개, 연동 논리부 시스템 구성, 현장 제어부 시스템 구성, 표시제어부/유지보수부 시스템 구성, 시뮬레이터, 시험에 대한 내용을 중심으로 강의

(마) 궤도·토목 분야

고속철도 궤도 및 토목에 대한 내용으로 궤도 부분에서는 궤도구조 해석 및 설계

기술에 대한 소개, 궤도노반기술 소개, 이들을 기반으로 하는 궤도구조 시스템의 개발 및 성능평가 방법에 대한 내용을 설명하고, 토목 부문에서는 터널 및 교량에 대한 내용과 소음저감기술 등에 대해 소개한다.

① 고속철도 궤도구조 해석 및 설계기술

궤도구조 정적/동적 해석기술, 궤도축력을 고려한 궤도-교량 상호작용 해석기술, 자갈도상/콘크리트/방진궤도 설계기술, 고속분기기 기술, 접속구간 설계기술에 대한 내용을 중심으로 강의

② 고속철도 궤도노반기술

고속철도 강화노반 설계기술, 고속철도 노반보강기법, 열차주행에 의한 지반진동, 방진노반구조/방진구 채움재의 성능평가에 대한 내용을 중심으로 강의

③ 선로구축물 환경기술

고속철도 소음저감기술, 고속철도 터널 미기압파 관련기술에 대한 내용을 중심으로 강의

④ 궤도구조 시스템의 개발 및 성능평가

전체 개발제품의 개요, 고속철도 체결구 개발, 고속철도 현장타설 슬래브궤도 개발, 고속철도 프리캐스트 슬래브궤도 개발, 고속철도 방진침목 개발, 접속구간 개발에 대한 내용을 중심으로 강의

⑤ 선로구축물 성능평가기술

선로선형 측정 및 평가, 용접부 평가, 현장궤도성능평가, 실제 측정사례에 대한 내용을 중심으로 강의

(2) 발표 및 토론

(가) 참가국의 (철도)교통정책 및 철도산업 현황

① 교통정책이라 함은 철도를 포함하여 도로교통, 항공교통, 해운교통 등 일반적인 교통에 대한 국가 정책 방향 및 현황에 대한 내용을 말한다.

② 철도산업 현황에서는 고속철도 도입 및 운영에 대한 교육생 자국의 현황에 대한 내용을 발표하고 참가자 상호간 토론한다.

(나) 참가국의 고속철도 사업의 추진 계획 및 현황

고속철도 사업과 관련하여 현재 진행 또는 계획 중인 내용에 대하여 발표하고 참가자 상호간 토론한다.

(다) 연수결과 발표 및 토론

본 교육/훈련 프로그램의 내용과 시사점, 그리고 개선점 등에 대해 참가자 상호간에 토론을 한다.

(3) 견학 및 산업시찰

(가) 열차 탑승 및 차량기지 방문

고속철도차량 탑승 또는 개발/시운전중인 고속철도 차량을 견학하고, 고속철도차량기지(고양, 부산, 또는 오산)를 방문한다.

(나) 유관기관 방문

고속철도 운영을 담당하고 있는 한국철도공사, 또는 고속철도시설 건설을 담당하는 한국철도시설공단을 방문하여 업무 현황을 듣고 관련 시설물을 견학한다.

(다) 철도차량 제작사 등 산업계 현장 방문

국내 철도차량 제작사 및 관련 산업계를 방문하여 담당자로부터 개발 경험 및 현재 업체의 계획 등의 설명을 듣고 고속철도 관련 시설물을 견학한다.

(4) 문화·친교 행사

견학 및 산업시찰과 동시에 주변 한국 관광·유적지를 방문을 통하여 한국을 소개한다. 또한 교육/훈련 프로그램 종료 시 교육과정 이수완료를 증빙하는 의미의 수료증을 수여하고 리셉션을 개최한다.

라. 교육/훈련 프로그램 운영 방안

(1) 프로그램 등록 및 포기

(가) 등록

교육/훈련 프로그램 수행기관에서는 사전에 참가신청서를 작성하여 대상국가에 제시되어야 하며, 참가신청서 접수 후 내부 심사위원회를 구성하여 교육/훈련 대상의 적합성 여부를 따져 참가수락 결정을 내리고 통보한다.

(나) 제출 자료

참가신청서에는 참가자의 신상을 증명할 수 있는 문건이 포함되어야 하며, 프로그램 개시 전에 프로그램 시작보고서를 받도록 한다.

(다) 연수 포기

참가자는 계획된 모든 프로그램에 참가함을 기본으로 하며, 강의 참석에 불성실하거나 연수중 개인사정으로 인하여 더 이상 프로그램 참가가 어렵다고 판단될 경우, 연수 포기 신청서를 작성하여 제출하도록 하고, 적법한 절차에 따라 해당 국가로 귀국을 종용한다.

(2) 강사진(Instructors)

(가) 자격요건

고속철도관련 이론을 강의하는 자로 해당분야에서 한국고속철도사업에 직접참여 경력이 있는 자 또는 해당분야의 이론 및 기술에 전문지식이 있는 산·학·관·연의 전문가를 강사로 선임한다.

(나) 언어

프로그램 강의는 영어로 진행되며 강사는 영어로 강의가 가능한 자로 한다.

(다) 강사진 관리

교육/훈련 프로그램의 원활한 진행과 차후 강사진 구성을 위하여 전문 강사진의 인력풀을 DB화하여 관리한다.

(라) 강의 수당

강사진의 급여는 프로그램 예산 작성 시 별도로 산정하여 지급하되, 전문가 등급별로 차등지급이 가능하다.

(3) 운영진(Staff)

(가) 프로그램 지원부서

교육/훈련 프로그램 수행기관에서는 프로그램의 원활한 진행을 위하여 이를 지원해주는 부서를 구성하여 교육관련 시설물 관리 및 점검, 교육 학사행정에 관한 업무, 현장견학 및 산업시찰시 교육생을 인솔하도록 한다.

(나) 역할

지원부서의 임무는 다음과 같으며, 프로그램 수행기관의 운영상황에 맞추어 탄력적인 운영을 할 수 있다.

① 프로그램 기획 : 연수사업 장단기 계획수립, 실적분석, 홍보, 마케팅, 연수지원 등의 업무 담당

② 시설 관리 : 시설유지관리, 용역직원관리 등의 업무 담당

③ 고객 지원 : 연수상담·접수 업무와 연수원 홈페이지 관리·운영

④ 교육진행 지원 : 분야별 이론 및 기술 내용 강의 진행 보조, 현장견학 인솔

⑤ 연수생 기숙 지원 : 프로그램 기간 중 참석자의 숙식 등 연수 생활 관리

(4) 강의 시설

참가자들은 기관의 초청에 의해 연수를 받는 외국인들로서, 프로그램 수행기간 중에 참가자들이 불편함이 없도록 시설지원이 되어야 한다.

(가) 교육 시설

교육시설로는 참가자 팀별 토의를 수행할 수 있는 회의실, 교수단의 강의를 수행하는 강의실과 강사진이 강의를 위해 대기할 수 있는 강사대기실, 기술실습을 수행할 수 있는 분야별 실습실 등을 갖추어야 하며, 참가자의 수에 따라 탄력적으로 운영한다.

(나) 숙소 및 기타 편의시설

기본적으로 숙소는 참가자들이 생활하고 강의실로 왕래하기에 불편함이 없도록 해야 한다. 숙박비용의 부담주체는 추후 협의에 의해 결정한다.

(다) 후생복리시설

10~20일의 기간 동안 참가자들이 사용에 불편함이 없도록 식당, 세탁시설, 인터넷 시설, 보건실, 휴게실 등이 제공되어야 한다.

(5) 연수 생활

본 프로그램의 목적 달성과 원활한 진행을 위하여 연수기간동안 참가자들이 협조해야할 내용이 사전에 규정되어야 하며, 프로그램 개시 전 숙지되어야 한다. 규정에 포함되어야 할 내용은 프로그램 등록 절차, 숙식 계획, 비용 부담, 프로그램 기간 중 참석자 준수사항, 의료서비스 등을 포함해야 한다.

(6) 소요 예산

교육/훈련 프로그램에 필요한 비용은 참가자 및 강사진의 수, 강의시설, 현장 견학내용에 따라 상이하다. 표 3.4.3.6은 교육훈련 프로그램 소요예산 산출의 사례로서, KOICA에서 주관하고 한국철도공사에서 위탁수행하는 '철도운영 현대화 프로그램'의 2004년도 지출현황을 정리하였다.

표 3.4.3.6 교육훈련 프로그램 소요경비 사례(Korail)

항목	제수당	항공료	과정진행경비	공통경비	합계
비용 (천원/인)	1,483	798	1,617	876	4,774

※ 연수생 1인당 약 477만원 소요

다음은 프로그램 진행에 필요한 개략적인 비용의 항목을 제시한 것이며, 실제 소요예산 산정은 참석대상, 참석자 규모, 강사진 규모, 강의시설 사용 계획, 숙식계획, 현장학습 내용 등에 따라 결정되어져야 할 것이다.

○ 제수당 : 강사료, 진행요원(전담요원) 수당

○ 교재비 : 교재 제작비, 유인물비, 기타 기자재 구입 및 유지비용 등

○ 시설 사용비 : 교육시설 및 각종 편의시설 사용비(임대시) 또는 시설유지관리비(전담시설 확보시) 등

○ 진행경비 : 숙박비 및 식대, 교통비

○ 기타 제반경비 및 예비비

마. 맺음말

위에서 한국형 고속철도의 기술교류와 국외실용화 기반마련을 위한 고속철도 교육/훈련 프로그램의 추진방안에 대해 기술하였다. 자체 프로그램의 개발을 위해 UIC, JR EAST, JICA 및 한국철도공사에서 수행하는 철도분야 해외 교육/훈련 프로그램의 사례분석이 이루어졌고, 프로그램 참가자의 필요에 따른 단계별(고속철도 사업 검토단계, 고속철도계획수립단계, 고속철도 건설초기단계) 프로그램이 개발되었다. 본 프로그램을 기획함에 있어 이미 고속철도 선진국에서 수행하고 있는 기존 프로그램과 대비해 차별성 있는 프로그램의 기획과 운영이 될 수 있도록 고려하였다. 차후 성공적인 프로그램의 목표달성을 위해서는 프로그램의 진행과정에서 지속적인 의견수렴과 개선을 통해 더욱 체계적이고 효과적인 프로그램으로 발전시켜나가야 할 것이다.

제5절 고속철도기술개발사업의 홍보 및 평가

1. 고속철도 개발결과 홍보

가. 방송매체를 통한 홍보

G7 사업으로 개발된 한국형 고속열차에 대한 신뢰성과 안전성을 확보하기 위한 고속철도 기술개발사업은 마지막 해인 5차년도 사업이 진행되었다. 1 ~ 3차년도 초반까지는 주로 한국형 고속열차에 대한 증속시험을 목적으로 한 시운전 시험이 진행되었으며, 그 이후에는 안정화 시험이 주로 수행되었다. 시운전시험은 1주일에 2~4회에 걸쳐 경부선과 호남선에서 수행되었고, 2004년 4월 KTX 개통이후에 영업선에서 KTX와 함께 운행하였다.

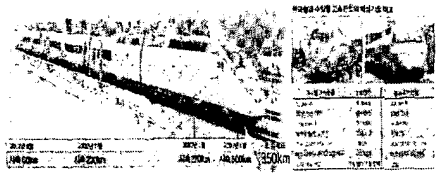
2004년 12월 16일 한국형 고속열차의 352 km/h 시험 주행이 성공리에 마무리되었으며, 2005년 11월 16일에 고속열차의 실용화를 위한 목표 주행거리인 12만 km를, 금년 9월에는 본 연구사업의 최대 목표의 하나인 20만 km를 큰 사고가 없이 달성하였다. 이러한 노력들의 결과로 2005년 12월에는 한국철도공사에서 실시된 신규 고속철도 차량 도입 입찰 심사에서 한국형 고속열차가 "우선협상 대상자" 로 선정되었으며, 2006년 6월 8일 한국형 고속열차가 최종적으로 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 한국철도공사와 로템(주)에서 고속철도 도입을 위한 계약이 체결되었다. 이러한 성공적인 결과들이 방송매체를 통해 일반인들에게 공개되어 일반 국민의 철도에 대한 이미지를 한 단계 향상시키는 계기를 마련하였다.

□ 1차년도(2002. 12.~2003. 10.)

1차년도에는 방송매체를 통해 27건이 일반인에 공개되었다. 주된 내용은 독자적인 기술로 국내에서의 고속철도의 개발, 300 km/h 주행성공, 개발기술 실용화 등이 다루어졌다. 특히, 경부 고속철도 시운전 시험구간인 천안-시목(약 50 km) 구간에서 철도와 관련된 학계, 정부, 산업계 관련자와 언론 기자의 많은 관심 속에 2003년 9월 17일에 300 km/h로 주행하는 한국형 고속열차에 대한 시승행사를 있었으며, 이를 KBS, MBC, SBS 등의 방송매체(TV, 라디오)와 조선일보, 중앙일보, 동아일보, 한겨레신문, 경향일보 등의 신문에서 보도함으로써 일반인들에게 공개되었다(표 3.5.1.1, 그림 3.5.1.1)

표 3.5.1.1. 1차년도 언론매체 보도 상세 내역

매 체	보도내용 및 타이틀	보도일	비고
동아일보	국산 고속전철 쾌속... 쾌적... 쾌감...	'03. 5. 21.	A14
매일경제문	자동열차제어시스템 개발	'03. 5. 23.	16면
KBS	일반에 첫 공개	'03. 5. 30.	뉴스9(창원)
한국경제	한국형 철도 발전 모델 내놓을 것	'03. 7. 22.	A35
조선일보	13번째 열차부터 우리가 만든다	'03. 8. 19.	A5
KBS	한국형 고속철도 시속 300km 주파 성공	'03. 9. 17.	뉴스5/뉴스9
KBS	한국형 고속철도 시속 300km 주파 성공	'03. 9. 17.	뉴스5/뉴스9
MBC	-국산 고속철 운행 성공	'03. 9. 18.	뉴스투데이
SBS	-국산 고속철 '시속 300km 돌파' 전체 부품 92% 국산화 성공, 2007년 투입 예정	'03. 9. 18.	아침종합뉴스
YTN	한국형 고속철 운행 성공	'03. 9. 17.	뉴스(계속)
MBN	고속철도 시속 300km 주행 성공	'03. 9. 17.	뉴스(계속)
중앙일보	사진(1면): 최고 시속 350km 국산 고속철 국내 기술로 만든 한국형 고속철 **'날듯이' 시속 300km**	'03. 9. 18.	1면, 8면
조선일보	國産 고속철 시속300km 주행시험 성공	'03. 9. 18.	A8면
동아일보	國産 고속철 시속300km 성공	'03. 9. 18.	A25면
대한매일	시속300km 국산고속철 나왔다 세계5번째 기술보유국 대열에	'03. 9. 18.	11면
한겨레신문	한국형 고속전철 개발 시속300km---2007년 투입/ 세계 5번째 자체기술 보유	'03. 9. 18.	2면
매일경제	고속열차 시험운행 시속 300km 돌파 성공 사진설명: 눈 깜짝할 새에…	'03. 9. 18.	1면
한국경제	사진기사: 국산 고속전철 시운전	'03. 9. 18.	A38면
서울경제	국내기술 한국형 고속전철 시속 300km 시험운행 성공	'03. 9. 18.	39면
연합뉴스	국내기술 고속전철 시속 300km 돌파	'03. 9. 18.	
경향신문	한국형 고속전철 4년내 상용화	'03. 9. 18.	
국민일보	국내 기술 개발 고속철 시속 300km 시운전 성공	'03. 9. 18.	
세계일보	국산 고속철 시속300km 시험주행 성공	'03. 9. 18.	
헤럴드경제	한국형 고속철 시험주행 성공	'03. 9. 18.	
The Daily Focus	300km 시험주행 성공	'03. 9. 18.	
신화사중국(중국)	한국자체개발 고속열차 시험운전 시속 300km 돌파	'03. 9. 17.	서울발
전기뉴스	한국형 고속철 시험주행 성공	'03. 9. 22.	1면



국산 고속전철 쾌속… 쾌적… 쾌감…

내달 시속 300㎞ 도전- 최고속도 시속 350㎞

최첨단 모터·브레이크 도입 승차감도 만점

내년에 첫 공개

동아일보('03. 05.21. A14면)



KBS창원방송 9시뉴스('03. 5. 30.)

자동열차제어시스템 개발

LG전선은 최근 국책 과제인 '선도기술개발사업(G7사업)'의 하나로 두자미 90억원과 6년 간 연구개발 끝에 독내어서 차음으로 자동열차제어시스템(ATC/ATP)의 개발을 완료했다고 22일 밝혔다.

설계프로 소프트웨어, 하드웨어 등 모든 시스템을 국산화한 자동열차제어시스템은 실시간으로 열차 속도를 집중감시하고 최고시속 300㎞/h에서도 열차를 안전하게 제어할 수 있다. 또 이 시스템은 지난해 7월부터 올해 2월 말까지 한국철도기술연구원 주관 아래 경부고속철도 부산에서 260㎞/h 속도 확성 시험을 통과해 성능을 인정받았으며 향후 해외인증을 획득할 계획이다.

매일경제신문('03. 05. 23. 16면)

그림 3.5.1.1. 1차년도 보도내용(1/3)



KBS1 9시뉴스('03. 9. 17.)



MBC 뉴스투데이('03. 9. 18.)



SBS 모닝와이드('03. 9. 18.)

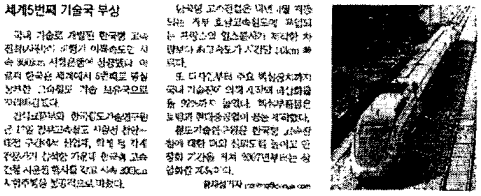


YTN 뉴스의 현장('03. 9. 17.)



MBN 뉴스투나잇('03. 9. 17.)

그림 3.5.1.1. 1차년도 보도내용(2/3)



國産고속철 시속300㎞ 성공

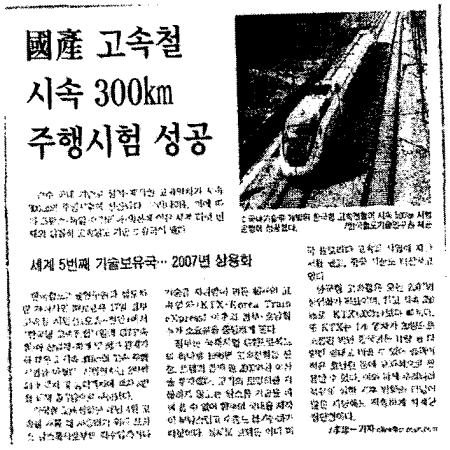
세계5번째 기술국 부상

한국형 고속전철은 내년 4월 개통되는 경부 호남고속철도에 투입되는 프랑스의 텔스톨사가 독자한 차량보다 최고속도가 시간당 10㎞ 빠릅니다.

또 디자인부터 주요 부품공차까지 국내 기술진이 의견 제시에 대신화를 높 90%까지 올렸다. 특히 부품들은 노력과 협력공업이 생산 제작했다.

철도기술연구원은 한국형 고속전철에 대한 마지 최종도를 높이고 안정화 기간을 약 30개월에 걸쳐 900건부터는 상업화한 것입니다.

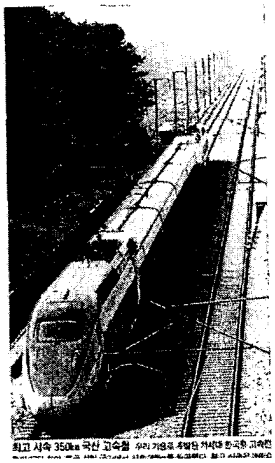
동아일보('03. 9. 18. A25면)



國産 고속철 시속 300㎞ 주행시험 성공

세계 5번째 기술보유국… 2007년 상용화

조선일보('03. 9. 18. A8면)



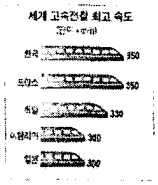
최고 시속 350㎞ 국산 고속철

중앙일보(A1면)

국내 기술로 만든 한국형 고속철

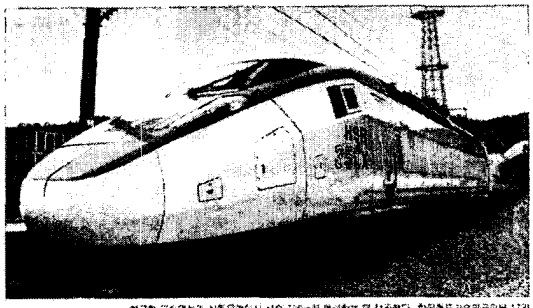
'날듯이' 시속 300㎞

2007년 호남고속철 투입



중앙일보('03. 9. 18. A8면)

고속열차 시험운행 시속 300㎞돌파 성공



눈 깜짝할 새에…

매일경제('03. 9. 18. 1면)

그림 3.5.1.1. 1차년도 보도내용(3/3)

□ 2차년도(2003. 11.~2004. 10.)

서울-부산, 서울-목포간의 고속철도가 개통됨에 따라 우리나라도 고속철도의 시대가 개막되었으며, 이에 따라 한국형 고속열차의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위해 KTX 영업운전과 동일한 조건에서 정규적으로 1주일에 2~3회의 시운전 시험이 진행되었다. 2004년 10월 28일 국내에서는 개발된 고속열차가 처음으로 334 km/h의 주행시험에 성공하였다. 이러한 성공적인 결과들이 표 3.5.1.2와 그림 3.5.1.2에서 보는 바와 같이 언론매체를 통해 일반 국민들에게까지 알려졌다. 특히, 한국형 고속열차에 대한 관심이 높아져서 뉴스프로가 아닌 정규 프로그램으로 방송되었다. 그 예로 2003년 12월 19일 KBS1 TV에서 정규방송으로 시사교양 프로그램인 "신화창조의 비밀"에서 "300km를 돌파하라! 한국형고속철도 프로젝트"라는 제목으로 방송되어 고속철도 및 철도 기술현황, 참여연구원의 인내와 노력 등에 대해 소개하였다.

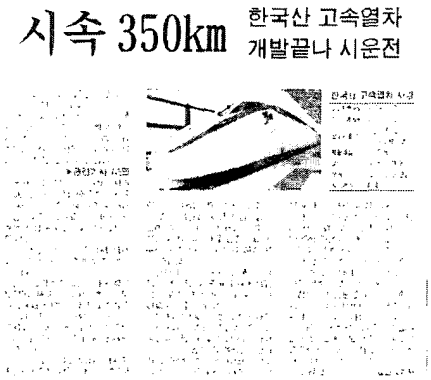
표 3.5.1.2 2차년도 언론매체 보도 상세 내역

매 체	보도내용 및 타이틀	보도일	비고
동아일보	시속 300km - 가을풍경 순식간에 휙휙	'03. 11. 5	A15
과학동아	우리기술로 속도 장벽에 도전한다	'03.12월호	p.78~85
KBS 1TV	"신화창조의 비밀" 350km를 돌파하라! 한국형 고속철도 프로젝트	'03. 12.19	방송
EBS	"첨단기술의 총아" 고속철도! 그 비밀을 찾아서	'03. 2.13, '03. 2. 20	방송
KBS 1라디오	"시사플러스" 알기쉬운 과학세상	'04. 2. 14	전화인뷰
중소기업진흥단 Tech-Times	고속전철 국내기술은 어디까지 "디자인에서 주요핵심 설비까지 고속전철 국산화율 92%"	'04. 2월호	p.29~33
Business Korea	Korea High Speed Railway-350 Experimental (HSR-350x)	'04. 2월호	p.57
인터아키	우리 기술로 만든 차세대 한국형 고속전철 HSR 350X	'04.3월호	p.186~187
한겨레신문	'내일 개통' 고속열차에 담긴 과학기술	'04. 3. 31	22면
동아일보	하늘-땅-바다 교통수단 '속도와 전쟁'	'04. 4. 6	인터넷문
대한지적공사 사보「땅과 사람들」	G-7, 2007년 순수 국내기술로 달릴 터	'04.4월호	p.33
한국산업기술재단「기술과 미래」	고속철도에 담겨있는 재미있는 기술 이야기	'04.5/6월호	p.50~53
대한전기학회「전기의 세계」	한국형 고속전철 개발 현황 및 성능평가	'04.6월호	p.26~31
매일경제	시속 350km 한국산 고속열차 개발끝나 시운전	'04. 6. 28	A1, A5
한국경제	한국형 고속철 내년 본격생산	'04. 7. 3	A30
YTN	한국형 고속철도 이상무	'04. 9. 27	방송
K-TV	청지기 열전(2회) - '한국형고속열차의 신화'	'04. 10.19	방송

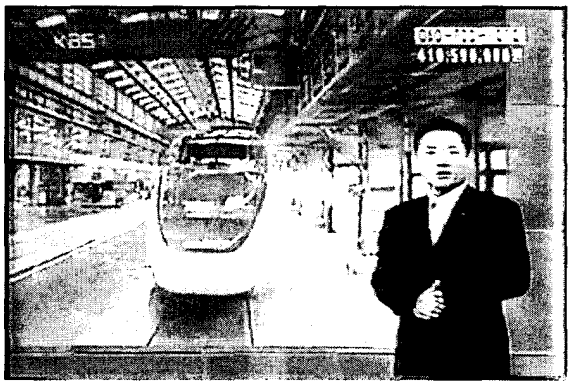

"시속300㎞… 가을풍경 순식간에 휙휙"

'과학동아' 독자 참여
국산고속철 시승행사

동아일보('03. 11. 5. A15면)


시속 350km 한국산 고속열차 개발끝나 시운전

매일경제('04. 6. 28. A1면)



KBS1 "신화창조의 비밀" 방영(제7회, 2003.12.19), "300km를 돌파하라! 한국형 고속철도 프로젝트"



과학동아 2003. 12월호('03. 11. 5. A15면)

그림 3.5.1.2 2차년도 언론매체 보도내용 일부

□ 3차년도(2004. 11.~2005. 10.)

3차년에는 한국형 고속열차의 실용화 가능을 파악하기 위해 많은 노력이 진행되고 있으며, 그 일환으로 누적 주행거리 12만 km를 달성하기 위해 KTX 영업운전과 동일한 조건에서 정규적으로 1주일에 3~4회에 걸쳐 광명-동대구, 광명-목포 구간에서 시운전 시험이 계속적으로 진행되고 있다. 이와는 별개로 한국형 고속열차에 대한 증속시험이 진행되어 2004년 11월 23일에 주행속도 340 km/h를 달성하였고, 2004년 12월 16일 국내에서 처음으로 고속열차가 352.4 km/h의 주행시험에 성공하였다. 이러한 성공적인 결과들이 표 3.5.1.3과 그림 3.5.1.3에서 보는 바와 같이 언론매체를 통해 보도되어 일반인들에게 공개되었다.

표 3.5.1.3 3차년도 언론매체 보도 상세 내역(1/2)

매 체	보도내용 및 타이틀	보도일	비고
한겨레21 제533호	철도의 미래, G7이 달린다	'04. 11. 11	p.18~22
YTN	한국형 고속전철 시승행사	'04. 11. 24	인터넷신문
YTN 뉴스	한국의 자존심이 달린다!	'04. 11. 24	TV
문화일보	한국형고속열차 '쾌주' 시속350km 돌파 눈앞	'04. 11. 25	신문
월간화보종합 「대한뉴스」	"세계 최고속 350km를 달린다"	'04. 12월호	p.46~49
TBS교통방송 95.1MHz	영어방송 'Hi Seoul' 인터뷰	'04. 12. 2	라디오
KCC 정보통신사보	고속철도와 정보기술	'04.Spring호	p.16~19
KBS1 TV 외 1건	한국형 고속철도 오늘밤 시속 350km 도전	'04. 12. 15	방송
연합뉴스 외 13건	한국형 고속철 시속 350km 시험주행 성공	'04. 12. 16	인터넷신문
YTN 뉴스	한국형 고속열차 시속 350km 돌파	'04. 12. 16	방송
KBS1 TV 뉴스광장	시속 350킬로미터 돌파	'04. 12. 16	방송
KBS1 TV 아침뉴스타임	꿈의 속도 350km 돌파 성공	'04. 12. 16	방송
KBS1 TV 9시뉴스 외	시속 350Km 돌파성공	'04. 12. 16	방송
SBS TV	한국형 고속전철 시속 350㎞ 성공	'04. 12. 16	방송
동아일보	시속 350km 한국형 고속철 시험주행	'04. 12. 16	A27
MBC 라디오 95.9MHz	변창립의 세상 속으로	'04. 12. 16	라디오
TBS교통방송 95.1MHz	뉴스속보(6시 뉴스)한국형 고속전철 시속 350km돌파	'04. 12. 16	라디오
한국경제	한국경제한국형 고속철 시속 350km 돌파	'04. 12. 17	1면
매일경제	국산 고속철 시속 350㎞ 돌파	'04. 12. 17	2면
동아일보	한국형 고속철... '기술 코리아' 시속350km 돌파	'04. 12. 17	1면
조선일보	시속 350km 한국형 고속철 첫 돌파 월화수목금금금…쉼없는 8년 연구 결실	'04. 12. 17	10면, 27면
국정홍보처 국정브리핑	<현장>고속철도연구원 고속철도기술개발연구단	'04. 12. 18	인터넷신문
YTN특집방송	철도공사 전환 특집다큐멘터리 (고속철도관련 인터뷰)	'04. 12. 20	방송
철도뉴스	G7, 꿈의 속도를 넘다!	'04. 12. 20	2면
조선일보	올해 빛볼 신기술 테제배 압도하는 한국형 고속철	'05. 1. 1	B7
한국교통신문	G7 한국형 고속열차, 시속 350km 돌파	'05. 1. 3	1면

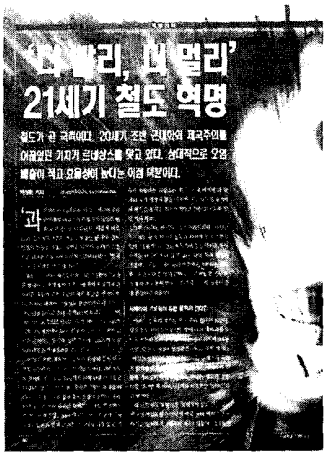
표 3.5.1.3 3차년도 언론매체 보도 상세 내역(2/2)

매 체	보도내용 및 타이틀	보도일	비고
시사저널 제796호	'더 빨리, 더 멀리' 21세기 철도 혁명 한국철도는 힘이 세다	'05. 1. 25	p.62~67 p.68~69
중앙일보 외 3건	정부 10대 연구과제 후보 선정	'05. 1. 27	인터넷신문
연합뉴스 외 4건	한국형 고속열차 시운전단 발족	'05. 2. 8	인터넷신문
철도신문	한국형 G7 고속전철, 세계시장 향해 350km로 달린다	'05. 4. 1	인터넷신문
한국경제	한국형 첨단교통수단 쏟아진다	'05. 4. 4	인터넷신문
전자신문	참여정부 2년 기술개발성과	'05. 4. 21	인터넷신문
과학기술부 뉴스	한국형 고속열차로 KTX 속도 높인다	'05. 4. 23	인터넷신문
과학기술부 뉴스	철도硏, 초등생 40여명 초청 '미래철도 체험행사' 한국형 고속열차, 무인운전경량전철 AGT, KTX까지	'05. 5. 10	인터넷신문
전지신문 외 3건	한국형 고속철도 등 국가R&D 사업 윤곽	'05. 5. 12	인터넷신문
KBS 뉴스 외 12건	한국형 고속열차 등 4개 실용화 사업 확정	'05. 5. 26	인터넷신문
SBS 외 18건	한국형 고속열차 등 6개 실용화 사업 확정	'05. 5. 26	인터넷신문
중앙일보	한국형 고속열차 등 5년 내 실용화	'05. 5. 27	2면
동아일보 외 7건	"한국형 고속열차, 2007년께 전라선에 선행"	'05. 5. 31	인터넷신문
국정브리핑	한국형고속열차 시운전 200회 무사고 달성	'05. 6. 21	인터넷신문
연합뉴스 외 15건	2007년 '한국형 고속열차' 나온다	'05. 7. 28	인터넷신문
한국일보 외 4건	한국형 고속열차 2008년부터 운행	'05. 7. 29	인터넷신문
동아일보	한국형 고속열차 2008년 상용화 -국산화율 92%…최고시속 300km	'05. 7. 29	A10면
국정브리핑	「한국형 고속열차」 기술의 실용화 사업에 본격 나서기로	'05. 7. 29	인터넷신문
전자신문	공공기술연구회 이사진 및 연구원장 한국형 고속열차 및 경량전철 시승행사	'05. 8. 18	인터넷신문
연합뉴스 외 1건	추병직 건설교통부 장관 한국형 고속열차 및 경량전철 시승	'05. 8. 29	인터넷신문
중앙일보	고속철 시대 개막 -시속 300km 질주 서울~부산 2시간40분…"한반도가 작아졌다" -한국형 고속철 G7 "이젠 해외로 달린다"	'05. 9. 8	S5기술진보 11면
서울신문	열차가 진화한다	'05. 9. 16	인터넷신문



한겨레21 제533호

(2004. 11. 11)



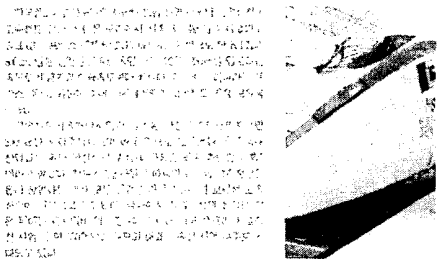
시사저널 제796호

(2005. 1. 25)

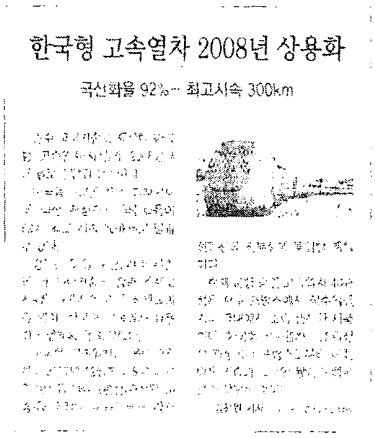


동아일보 (2004. 12. 17. 1면)

테제베 압도하는 한국형 고속철



조선일보 (05. 1. 1. B7)



동아일보 (2005. 7. 29. A10면)



SBS뉴스 (2004. 12. 16)

"한국형 고속전철 시속 350㎞ 성공"

그림 3.5.1.3 3차년도 언론매체 보도내용 일부

□ 4차년도(2005. 11.~2006. 10.)

4차년에는 한국형 고속열차의 실용화 가능을 파악하기 위해 KTX 영업운전과 동일한 조건에서 정규적으로 1주일에 3~4회에 걸쳐 광명-동대구, 광명-목포 구간에서 시운전 시험이 계속적으로 진행되어 누적 주행거리 12만 km를 달성하였다. 2006년 6월 8일 한국형 고속열차가 최종적으로 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 한국철도공사와 로템(주)에서 고속철도 도입을 위한 계약이 체결되었다. 이러한 성공적인 결과들이 방송매체를 통해 일반인들에게 공개되어 일반 국민의 철도에 대한 이미지를 한 단계 향상시키는 계기를 마련하였다(표 3.5.1.4, 그림 3.5.1.4).

표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(1/5)

순서	일자	매체	내용	비고
1	'05. 11. 9	뉴스와이어	선진 고속철 보유국과 어깨를 나란히 -한국형 고속철도 5차 세계고속철도대회 참가	인터넷
2	'05. 11. 9	연합뉴스	선진 고속철 보유국과 어깨를 나란히 -한국형 고속철도 5차 세계고속철도대회 참가	인터넷
3	'05. 11. 10	전자신문	[IT키워드]HSR350X	인터넷
4	'05. 11. 10	매일경제	철도연 채남희 원장 제5차 세계고속철대회 참가 한국형 고속열차 소개	인터넷
5	'05. 11. 10	전자신문	한국형 고속철도 등 R&D투자 관련	인터넷
6	'05. 11. 10	철도신문	채남희 원장 5차 세계고속철대회 참가 -한국형 고속열차 등 소개	인터넷
7	'05. 11. 11	전자신문	한국혁 고속철, 해외 진출 '준비 완료'	인터넷
8	'05. 11. 11	전자신문	철도연 채남희 원장 제5차 세계고속철대회 참가 한국형 고속열차 소개	인터넷
9	'05. 11. 12	교통신문	"국내 고속철 기술 선진국과 어깨를 나란히" -세계고속철대회 한국형 고속열차 전시	인터넷
10	'05. 11. 12	철도신문	"동북아 철도르네상스 주역 되겠다" -한국형 고속열차 세계고속철대회 모형 전시	인터넷
11	'05. 11. 18	전자신문	한·중 한국형 고속열차 등 10대 과학기술 분야 협력과제 발굴·추진키로	인터넷
12	'05. 11. 17	디지털타임스	한국형 고속철도 등 10대 분야 한중간 연구협력강화	인터넷
13	'05. 11. 17	과학기술부뉴스	세계 이목 끈 '한국형 고속열차'	인터넷
14	'05. 11. 17	중앙일보	미리 가본 '미래 성장동력 전시회' -한국형 고속열차 전시	인터넷
15	'05. 11. 22	경향신문	미래동력展, '미래 첨단과학기술 多있네' -한국형 고속열차 전시	인터넷
16	'05. 11. 23	연합뉴스	한국형 고속전철 기술개발 활발	인터넷
17	'05. 11. 23	전자신문	한국형 고속전철 기술개발 활발	인터넷
18	'05. 11. 23	파이낸셜뉴스	한국형 고속전철 기술개발 활기	인터넷
19	'05. 11. 23	뉴스와이어	한국형 고속전철 기술개발 활발	인터넷
20	'05. 11. 23	아이뉴스24	한국형 고속전철 기술개발 활발	인터넷
21	'05. 11. 24	충청투데이	한국형 고속鐵 기술개발 활발 -특허출원 해마다 증가세	인터넷
22	'05. 11. 24	디지털타임스	산과한국형 고속전철 기술 개발 활발	인터넷

표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(2/5)

순서	일자	매체	내용	비고
23	'05. 11. 24	헤럴드경제	한국형 고속전철 기술개발 활발	인터넷
24	'05. 11. 28	교통신문	한국형 고속열차 시험주행거리 12만km 달성	-
25	'05. 11. 29	연합뉴스	5개 대형 R&D사업 정부 지원으로 실용화	인터넷
26	'05. 11. 29	헤럴드생생뉴스	한국형 고속열차 등 5개 대형 R&D사업 예산지원	인터넷
27	'05. 11. 29	파이낸셜 뉴스	5개 대형 R&D사업 정부 지원으로 실용화	인터넷
28	'05. 11. 30	매경ECONOMY	유레일스피드2005	인터넷
29	'05. 12. 3	중앙일보 (1면, 4면)	-한국형 G - 7, 알스톰 제쳤다 -한국형 고속열차 수출 길 열었다 -'광명 ~ 동대구 90분' 한국형 고속열차 타 보니	신문
30	'05. 12. 3	YTN	한국형 고속철, 2단계 고속철 사업 우선협상대상자 선정	방송
31	'05. 12. 3	프레시안	'한국형 고속열차', 철도공사 입찰심사 합격	인터넷
32	'05. 12. 3	연합뉴스	한국형 고속열차, 우선협상대상 선정	인터넷
33	'05. 12. 3	매일경제	한국형 고속열차, 우선협상대상 선정	인터넷
34	'05. 12. 3	edaily	한국형고속열차 2009년 호남선 투입..세계 4번째	인터넷
35	'05. 12. 3	문화일보	한국형 G-7, 알스톰 제쳐	인터넷
36	'05. 12. 3	일간스포츠	한국형 고속열차, 우선협상대상 선정	인터넷
37	'05. 12. 3	뉴스와이어	한국, 세계 4번째 고속열차 자체제작 운행국가	인터넷
38	'05. 12. 3	파이낸셜뉴스	한국형 고속열차, 우선협상대상 선정	인터넷
39	'05. 12. 3	MBC 저녁뉴스	한국형 고속열차 우선 협상 대상	방송
40	'05. 12. 3	MBC 뉴스데스크	한국형 선정	방송
41	'05. 12. 3	MBC뉴스	-철도공사 3100억원대 신규 고속철 입찰 -한국형 고속열차, 우선협상대상 선정	인터넷
42	'05. 12. 3	스탁데일리	2009년 한국형 고속열차 운행된다	인터넷
43	'05. 12. 3	SBS뉴스	한국형 고속열차 G-7, 우선 협상 대상 선정 -심사 거쳐 연말 최종 확정	인터넷
44	'05. 12. 3	SBS 8뉴스	'한국형' 고속열차 시대 개막	방송
45	'05. 12. 4	머니투데이	한국형 고속열차 우선협상대상자 선정	인터넷
46	'05. 12. 4	스탁데일리	한국, 세계 4번째 고속열차 자체제작 운행	인터넷
47	'05. 12. 4	한국경제	한국형 고속철도 'G-7'상용화 된다	인터넷
48	'05. 12. 4	한국일보	차기 고속鐵 '한국형 G-7'유력	인터넷
49	'05. 12. 5	건설일보	한국형 고속열차의 우수성	인터넷

표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(3/5)

순서	일자	매체	내용	비고
50	'05. 12. 5	건설일보	한국형 고속열차 국제경쟁서 최종 선정 -알스톰사 제치고 낙찰..2009년부터 운행	인터넷
51	'05. 12. 5	내일신문	한국, 세계 4번째 고속열차 제작	인터넷
52	'05. 12. 5	서울신문	한국형 G-7, 알스톰 눌렀다	인터넷
53	'05. 12. 5	충청투데이	한국형 고속鐵 2009년 운행 -호남선투입 …세계4번째 제작	인터넷
54	'05. 12. 5	동아일보	국산 고속철 차량, 2009년 호남선에 우선 투입	인터넷
55	'05. 12. 5	영남일보	한국형 고속열차 2009년 운행	인터넷
56	'05. 12. 5	브레이크뉴스	한국, 세계 4번째 고속열차 자체제작 운행국가	인터넷
57	'05. 12. 5	부산일보	한국형 고속열차 우선협상 대상자 선정	인터넷
58	'05. 12. 5	매일경제(A13면)	알스톰 제친 한국형 고속열차	신문
59	'05. 12. 6	철도신문	한국형고속전철, TGV 눌렀다 -한국형 고속철 우선협상자 선정	인터넷
60	'05. 12. 6	TBS 강승필의 교통시대	한국형 고속열차, 신규 고속철 차량 우선협상대상 선정	라디오 (음성파일)
61	'05. 12. 6	KBS 1Radio 정보센터 박에스더 입니다	한국형 고속열차, 차기 고속철 모델 될 가능성 높아져	라디오 (음성파일)
62	'05. 12. 7	교통신문	2009년 호남선 고속철도에 한국형 고속열차 달린다	인터넷
63	'05. 12. 7	문화일보(3면)	한국형 'G-7고속철' 입찰제안서 단독 입수 -인터넷·위성방송…편의성 뛰어나	신문
64	'05. 12. 9	세계일보	[기고]한국고속철도 기술 선진국과 어깨 나란히	인터넷
65	'05. 12. 9	철도신문	한국형 고속열차 12만km 돌파	인터넷
66	'05. 12. 12	한국경제	한국형 고속열차 과학기술기금 투자대상	인터넷
67	'05. 12. 13	매일경제	한국형 고속열차 등 국가연구개발 사업으로 선정	인터넷
68	'05. 12. 15	서울신문	철도 국제협력 '가속'…기술 수출 모색 -국제행사를 통한 한국형 고속철등의 교부보 확대	인터넷
69	'05. 12. 16	철도신문	고속량·고속 차량 개발 나서야 -고속철기술개발 3차년도 발표회	인터넷

표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(4/5)

순서	일자	매체	내용	비고
70	'05. 12. 20	헤럴드생생뉴스	미운 오리 로템 백조 변신 -한국형 고속열차 우선협상 대상자 선정	인터넷
71	'05. 12. 23	철도신문	변화와 개혁으로 숨가빴던 2005년 한국철도 -한국형고속전철, TGV 눌렀다	인터넷
72	'05. 12. 29	TBS 강승필의 교통시대	연말특집 서울2005 -철길위의 혁명 한국형 고속철도	라디오 (음성파일)
73	'06. 01. 02	랜덤하우스 중앙	아! 대한민국 -한국 고속철의 미래; 한국형 고속철 G7 "이젠 해외로 달린다"	책자
74	'06.01.02	스탁데일리	건교부, 2005년 10대 뉴스 발표 -한국형 고속열차 개발	인터넷
75	'06.02.01	세계일보	한국형 고속전철 세계로 달린다	인터넷
76	'06.02.20	머니투데이	한국형 고속열차 'KTX-II'	인터넷
77	'06.02.23	서울시홈페이지	TV서울, 저녁이 좋은 내용	방송
78	'06.03.	과학기술부 -과학기술혁신 뉴스	한국철도연구원 고속철도기술개발사업단 탐방	책자
79	'06.03.02	YTN	'2015년 열차 시속 180~200Km" -차세대 한국형 고속열차	인터넷
80	'06.03.02	한겨레	X자형 간선철도망 구축, 동맥잇는다 -차세대 한국형 고속열차	인터넷
81	'06.03.03	내일신문	2015까지 복선화율 64.1% -국가 철도망 구축계획 수립	인터넷
82	'06.03.27	머니투데이	철도를 수출전략사업으로	인터넷
83	'06.03.31	문화일보	"서울이 겁나게 가까워졌지라"	인터넷
84	'06.04.04	조선일보	"베이징-상하이를 5시간에"	인터넷
85	'06.04.07	서울신문	속도의 끝없는 진화	인터넷
86	'06.04.10	디스커버리 아시아채널	인간이 만들어낸 기적 - 제6부. KTX	방송
87	'06.04.11	내일신문	철기연, 한국형 고속열차 시운전단 주관	인터넷
88	'06.04.24	머니투데이	건교부, 아태 62개국 교통장관회의 유치	인터넷
89	'06.04.24	문화일보 외	한국형 고속철도의 이름은	인터넷
90	'06.04.-	KTX April	한국형 고속열차 HSR350x, 날개를 달다	책자
91	'06.05.17	부산일보	KTX 역방향좌석 교체 2012년 이후에나	인터넷
92	'06.05.23	연합뉴스	한국형 고속열차, UAE.아제르바이잔 진출 전망	인터넷
93	'06.05.23	머니투데이	1000m빌딩, 고속철 등 5대 수출명품 육성	인터넷
94	'06.05.25	뉴스저널	시속 350km의 한국형고속열차, 2008년 이후 실용화	책자
95	'06.06.05	매일경제	獨 아헨工大, 산업에 과학기술 접목 엔지니어 다수배출	인터넷

표 3.5.1.4 언론매체 보도 상세내역(5/5)

순서	일자	매체	내용	비고
96	'06.06.07	머니투데이	'KTX-II' 2940억 가격협상 마무리	인터넷
97	'06.06.09	한국경제	[기고] '바이 코리아' 철도	인터넷
98	'06.06.12	WOW한국경제TV	한국형 신도시 수출	방송
99	'06.06.15	KTV	한국형 신도시, 고속철 해외서 호평	인터넷,방송
100	'06.06.22	뉴스와이어	철도연, UITP 사무총장일행 개발열차 시승	인터넷
101	'06.06.26	전자신문	KTX-II(한국형 고속철도), 국가R&D 실용화사업 제외	인터넷
102	'06.07.13	헤럴드경제	한국형 고속열차도 이름 갖는다	인터넷
103	'06.07.13	매일경제	정부, 한국령 고속열차 브랜드 추진	인터넷
104	'06.07.16	파이낸셜 뉴스	건설교통 혁신 로드맵의 전략	인터넷
105	'06.07.24	국정브리핑	철도 소음 침묵에서 잡는다	인터넷
106	'06.07.24	연합뉴스	우리 교과서에 日 신간센 대신 KTX사진을..	인터넷
107	'06.07.24	전자신문	[공공기술연구회산하 출연연혁신전략] 이렇게 한다	인터넷
108	'06.07.25	디지털타임스	6조5000억 투입 '건설교통 R&D 혁신 로드맵' 잡아라	인터넷
109	'06.07.27	연합뉴스 외	최고시속 400㎞ 차세대 고속철도 시스템 만든다	방송, 인터넷
110	'06.08.04	한겨레	[기술속사상] 디젤기관차와 KTX, 시속 그 이상의 차이	인터넷
111	'06.08.08	서울신문	[세계는 지금 철도전쟁중]	인터넷
112	'06.08.09	건설교통부	'삶의 질'이끌 R&D 예산, 10년간 33배 증가	인터넷
113	'06.08.27	국정브리핑	중소기업에 연장기술 한해 5만건 지원	인터넷
114	'06.09.16	문화일보	한국형 고속철의 브라질 진출 꿈	인터넷
115	'06.09.19	건설교통부	107회 철도의날, '세계 최고 철도' 위한 다짐	인터넷
116	'06.09.19	프라임경제	열차 운행횟수, 백년 새 655배 늘어	인터넷
117	'06.09.20	뷰스앤뉴스	TGV-신칸센, "내가 더 빨라" 경쟁	인터넷
118	'06.09.22	뉴스와이어	한국형 고속열차 시스템, 브라질 진출 가능성 검토	인터넷
119	'06.09.25	국정브리핑	미래 과학강국 코리아, 10년 먼저 만나보자	인터넷
120	'06.09.28	조선일보	기울어진..사람없는..도로 달리는 전철	인터넷
121	'06.10.11	오마이뉴스	프랑스, TGV버리고 AGV로..한국은?	인터넷
122	'06.10.18	전자신문	[제3회 엔지니어링의 날]IT날개 달고 세계로..세계로	인터넷
123	'06.10.24	매일경제	미래한국 밝힐 신기술 한자리에 모였다	신문,인터넷
124	'06.10.25	전자신문 외	[2006 대한민국기술대전]주요 수상장-금상:한국철도기술연구원	신문,인터넷
125	'06.10.25	노컷뉴스	미래에는 어떤기술이 있을까?	인터넷
126	'06.10.25	한국경제	한국건설교통기술평가원..건설교통기술 선진화 이끄는 '강한 자부심'	인터넷



철도공 3000억원대 고속철 차량 입찰

한국형 G-7, 알스톰 제쳤다

세계 네 번째 자체 기술 생산·운행
이르면 2009년부터 호남선 투입

< 중앙일보 ('05.12.23) >



인터넷·위성방송… 편의성 뛰어나

암투미놀 차체로 가속 빠르고 소음적어
좌석회전 가능, 일반석 간격 50㎝ 넓혀

< 문화일보 ('05.12.7) >



한국형 고속전철 세계로 달린다

< 세계일보 ('06.2.1) >



2KTX

한국형 고속열차
HSR350x, 날개를 달다

< KTX April 4월호 ('06.4) >



한국형 선정

< mbc 뉴스데스크 ('05.12.3) >



알스톰 제쳤다

< SBS8 뉴스 ('05.12. 3) >

그림 3.5.1.4 언론 보도

□ 5차년도(2006. 11.~2006. 10.)

5차년도에는 한국형 고속열차의 안정화 및 신뢰성을 확보하기 위한 시운전 시험이 KTX 영업운전과 동일한 조건에서 정규적으로 1주일에 2~3회에 걸쳐 광명-동대구, 광명-목포 구간에서 계속적으로 진행되어 누적 주행거리 20만 km를 달성하였다. 한국형 고속열차의 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 KTX-Ⅱ 차량으로 명명됨에 따라 이 차량에 대한 모형이 방송매체를 통해 공개되어 일반인들에게 철도가 한 발자국 앞으로 다가서는 계기가 되었다(표 3.5.1.5, 그림 3.5.1.5). 또한 한국형고속열차 사업은 고학기술부가 선정한 국가연구개발사업 100선에 선정되는 쾌거를 이루었다.

표 3.5.1.5 언론매체 보도 상세내역(1/3)

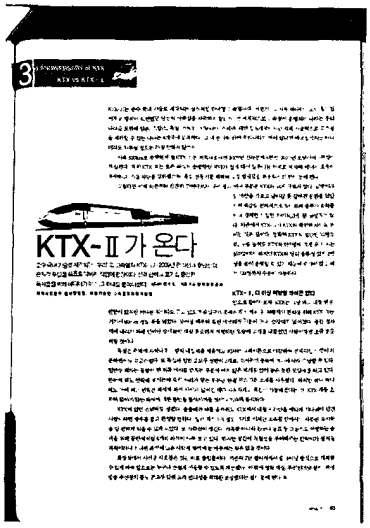
순서	일자	매체	내용	비고
1	'06.11.02	한국정책방송	UNESCAP 교통장관회의	인터넷
2	'06.11.07	헤럴드 생생뉴스	한국형 고속열차, 해외시장 진출한다	인터넷
3	'06.11.07	세계일보	KTX, 한국 넘어 베트남도 달리나	인터넷
4	'06.11.07	연합뉴스	한국형 고속열차 해외시장 첫 도전 성공할까(종합)	인터넷
5	'06.11.07	연합뉴스	<부산 ESCAP> 교통·물류박람회 개막	인터넷
6	'06.11.07	매일경제	한국형 고속열차 수출 가능성 타진	인터넷
7	'06.11.07	한국일보	한국형 고속열차 "삼바타고 해외로"	인터넷
8	'06.11.08	mbn	한국형 고속열차 수출 가능성 타진	인터넷
9	'06.11.08	연합뉴스TV	부산 ESCAP 교통·물류박람회 개막	인터넷
10	'06.11.08	mbnTV	국내 최대 규모 '교통 물류박람회' 열려	인터넷
11	'06.11.	KISTEP	시속 350km를 달리는 한국형 고속열차	책자
12	'06.11.09	디지털타임스	건설교통 10대 유망 R&D 'VC-10'	인터넷
13	'06.11.28	매일경제	로템 철도차량 잘나가네	인터넷
14	'06.11.30	국정브리핑	국가연구개발 우수성과 100선	인터넷, 책자
15	'07.01.05	문화일보	<나의 농촌희망歌>정해년엔 우정·추억 쌓는 교류 늘릴게요	인터넷
16	'07.01.15	전자신문	LS산전-로템 '티격태격'	인터넷
17	'07.01.22	전자신문	사장위기 놓인 국산 고속철도 제어시스템	인터넷
18	'07.01.29	강원일보	한국형경전철 설악동 교통 주요수단 될것	인터넷
19	'07.02.08	연합뉴스	브라질 방문 장병완 기획예산처 장관	인터넷
20	'07.03.08	뉴시스	한국형 고속열차 베트남 진출 모색	인터넷
21	'07.03.08	연합뉴스	한국형 고속열차, 베트남 진출 가능성 검토	인터넷
22	'07.03.12	매일경제	베트남 철도 복원사업에 한국형 고속열차 수출 추진	인터넷
23	'07.03.15	연합뉴스	AI등 人獸공동전염병 협동연구 본격착수	인터넷
24	'07.03.15	파이낸셜 뉴스	정부, 시속 400Km 달리는 차세대 고속열차 개발	인터넷
25	'07.03.15	문화일보	"테제베·신칸센"을 추월하라	인터넷
26	'07.03.15	조선닷컴	시속 400Km 차세대 고속열차 개발키로	인터넷
27	'07.03.15	연합뉴스	[기획예산처]정부R&D투자, 뿌린 만큼 거두고 있는가?	인터넷
28	'07.03.15	서울경제	사람-짐승 전염병 백신개발 추진 정부,차세대 고속철 기술개발에 964억 투입 과기관계장관회의서 심의 확정	인터넷

표 3.5.1.5 언론매체 보도 상세내역(2/3)

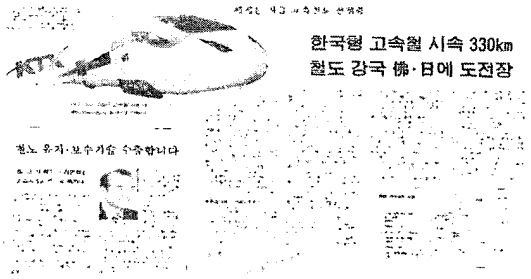
순서	일자	매체	내용	비고
29	'07.03.16	디지털타임스	AI등 인수공통 전염병 범정부 합동연구 본격화	인터넷
30	'07.03.16	전자신문	국가 R&D사업 "공통 보안지침 적용"	인터넷
31	'07.03.19	프라임경제	한·베트남 철도 국제세미나 20일 개최	인터넷
32	'07.04.03	한겨레	현대중, KTX2에 독자기술 부품	인터넷
33	'07.04.03	아시아경제	현대重, KTX-Ⅱ 핵심부품 독자기술로 개발 공급	인터넷
34	'07.04.03	이데일리	현대重, 한국형 고속철 핵심부품 공급한다.	인터넷
35	'07.04.03	EBN	현대중, 한국형 고속철 KTX-Ⅱ 핵심부품 공급	인터넷
36	'07.04.03	머니투데이	현대중, 한국형 고속철 KTX-Ⅱ 핵심부품 공급	인터넷
37	'07.04.03	매일경제	현대중공업, KTX-Ⅱ 핵심부품 공급	인터넷
38	'07.04.03	파이낸셜뉴스	(인+지) 현대중, 한국형 고속철 주요 전장품 공급	인터넷
39	'07.04.08	서울경제	"교통혁명으로 국가경쟁력 제고 앞장"	인터넷
40	'07.04.09	한겨레	전라선 복선화 2011년까지 완공	인터넷
41	'07.04.10	중앙일보	2011년 여수 KTX개통	인터넷
42	'07.04.11	과학기술혁신 뉴스	차세대 고속철도기술개발사업 추진계획 - 최고시속 400km 고속열차(HEMU-400X) -	책자
43	'07.04.16	KTX Magazine	KTX-Ⅱ가 온다	책자
44	'07.05.03	경향신문	더 빨라진 'KTX-Ⅱ' 부산서 첫 공개	인터넷
45	'07.05.06	연합뉴스	건설.교통 분야 최첨단 기술 다 모였다	인터넷
46	'07.05.07	디지털타임스	'건설교통 R&D 성과 포럼' 오늘 열려	인터넷
47	'07.05.07	헤럴드경제	'미래사회' 열 건설교통 주요내용	인터넷
48	'07.05.08	아시아경제	'제 1회 건설교통 R&D 성과포럼' 개최	인터넷
49	'07.05.10	연합뉴스	'한국형 고속열차 KTX-Ⅱ' 부산서 첫 공개	인터넷
50	'07.05.10	한국경제	부산 : "철도강국 한국의 저력 보여줄 것"	인터넷
51	'07.05.14	머니투데이	'KTX-Ⅱ' 실물모형 부산서 첫 공개	인터넷
52	'07.05.14	노컷뉴스	호남고속철 'KTX-Ⅱ' 실물모형 부산서 첫 공개	인터넷
53	'07.05.14	서울경제	KTX-Ⅱ 실물모형 첫 공개	인터넷
54	'07.05.14	뉴시스	코레일, 'KTX-Ⅱ' 실물모형 부산서 첫 공개 예정	인터넷
55	'07.05.14	한국일보	국제철도산업전 16일부터 해운대 벡스코서	인터넷
56	'07.05.15	매일경제	中대륙 철도건설에 세계각국 눈독	지면
57	'07.05.15	뉴시스	'KTX-Ⅱ' 실물모형 16일 부산서 첫 공개	인터넷
58	'07.05.16	부산일보	부산 국제철도·물류산업전 개막	인터넷

표 3.5.1.5 언론매체 보도 상세내역(3/3)

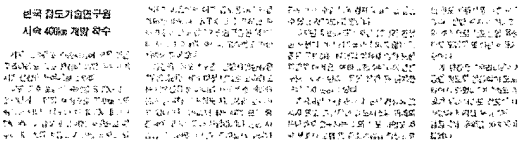
순서	일자	매체	내용	비고
59	'07.05.16	쿠키뉴스	2007 부산 국제 철도 물류전 개막	인터넷
60	'07.05.16	연합뉴스	부산 국제철도 물류산업전 개막	인터넷
61	'07.05.16	뉴시스	한국형 고속철도 'KTX-Ⅱ' 최초 공개	인터넷
62	'07.05.16	조선일보	한국형 고속철도 'KTX-Ⅱ' 최초 공개	인터넷
63	'07.05.16	연합뉴스	2007 부산 국제철도·물류전 개막	인터넷
64	'07.05.16	중앙일보	'한국형고속열차 KTX-Ⅱ' 공개	인터넷
65	'07.05.16	동아일보	부산 '국제철도 및 물류산업전' … KTX-Ⅱ 첫 공개	인터넷
66	'07.05.16	한국일보	와, 최고시속 350km! KTX-Ⅱ 첫 공개 날렵한 산천어 형상화 로템, 국내기술로 개발, 전좌석 회전 가능	인터넷
67	'07.05.16	헤럴드경제	국제철도 물류산업전 개막 부산벡스코서 15개國참가	인터넷
68	'07.05.17	연합뉴스	2007 부산 국제철도·물류전 개막	인터넷
69	'07.05.17	동아일보	한국형 고속열차 KTX-Ⅱ 공개, 국산 부품 92%… 시속 350km	인터넷
70	'07.05.29	매일경제	차세대 대중교통 '바이모달 트램'	인터넷
71	'07.05.29	매일경제	열차의 진화	인터넷
72	'07.05.29	프레시안	첨단산업으로 가는 한국철도… KTX-Ⅱ·자기부상·틸팅열차	인터넷
73	'07.05.30	조선일보	"인천~속초 고속철도 개설 추진"	인터넷
74	'07.05.31	서울신문	고속열차 시험운행 구간 건의	인터넷
75	'07.05.31	강원일보	인천~속초 1시간 주파 초고속 철도 정부에 제안	인터넷
76	'07.05.31	국정브리핑	곡선에 강한 틸팅열차, 소요시간 20% 단축	인터넷
77	'07.06.06	강원일보	[언중언]고속철도	인터넷



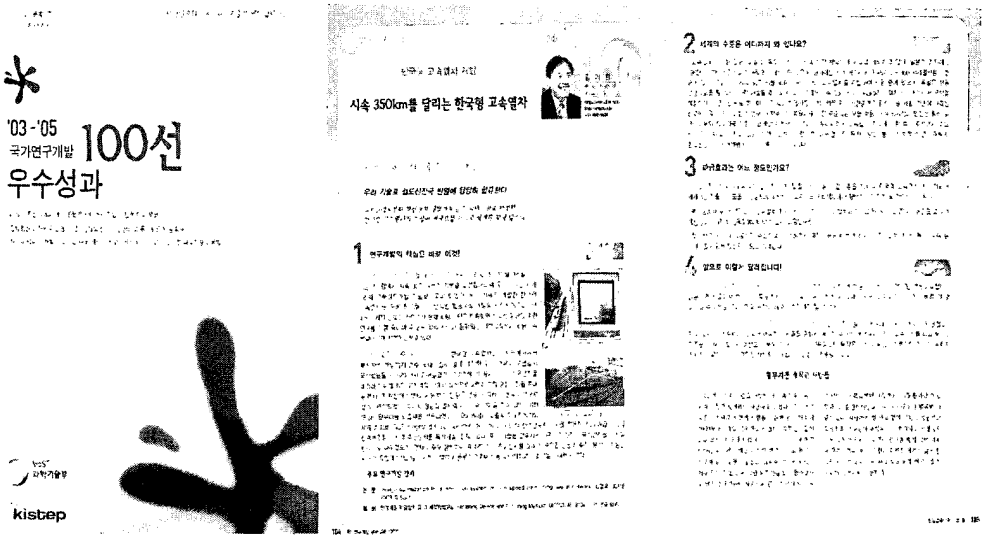
<2007년4월 KTX 매거진 63page>



<2007년 5월 15일 매일경제>



<2007년 5월 15일 매일경제>



<과학기술부 우수성과 100선 (184~185p)>

그림 3.5.1.5 언론 보도

나. 전시회 참가

(1) 부산 국제철도 물류전 참가(1차년도)

부산국제철도 및 물류전(Korea Railways & Logistics Fair)은 철도청과 부산광역시가 주최하고 부산전시컨벤션센터(BEXCO), 독일 전시전문기업 메쎄 프랑크푸르트(Messe Frankfurt), 한국철도차량공업협회가 공동 주관하였으며, 산업자원부와 건설교통부, KOTRA 등이 후원한 국내에서 처음으로 개최된 철도관련 전시회로 철도차량 전동차량 디자인 및 제조관련 기술 신호 통신 역무자동화 설비 등 철도분야와 철도물류 항만 물류정보시스템 수배송 장비 등 물류분야에 로템, 유진기공 등 국내기업 150개사와 프랑스 알스톰(Alstom), 캐나다 봄바르디에(Bombardier)를 비롯한 러시아, 독일, 중국, 스위스 등에서 50여개사가 참가하였다. 철도기술연구원, 생산기술연구원, 로템, 유진기공, 다이모시스, LG산전, 대원강업 등에서 G7 고속전철기술사업로 개발된 부품들을 전시하였으며, 로템 창원공장에서 한국형 고속열차 시제차량을 일반인들이 시승할 수 있는 기회를 제공하였다.

□ 부산국제 철도물류전 개요

○ 국제 철도물류전은 격년으로 개최되는 철도 분야 국제 전시회

※ 2001년도는 홍콩에서 개최

○ 개최시기 : 2003년 5월 28일~6.1(5일간)

○ 주　　최 : 부산광역시/철도청

○ 후　　원 : 건교부/산자부 등

○ 개최장소 : 부산광역시 BEXCO (Busan Exhibition & Convention Center) 전시장

○ 전시품목 :

- 철도분야(철도차량, 선로구조물, 신호통신 등)
- 물류분야

○ 부대행사 :

- 각종 철도·물류관련 세미나 및 기업전시회
- 특별이벤트 개최

□ G7 고속전철 시제차량 시승관련 추진일정

- 2003. 5. 20 : 시제차량 창원으로 이동
- 2003. 5. 20~26 : 차량 정비·청소 및 시운전
- 2003. 5. 27~30 : 전시 및 시운전
- 2003. 6. 3 : 시제차량 창원에서 부곡으로 이동
- 2003. 6. 4 : 시제차량 부곡에서 차륜 삭정
- 2003. 6. 5 : 시제차량 부곡에서 오송으로 이송

※ 오송→창원→부곡의 차량이송은 철도청에서 지원

□ G7 차량의 참가 내용

○ 행사 주요귀빈의 로템 창원공장에서 G7 차량의 시승

- 시승인원은 총 347명 (미국, 영국, 홍콩, 인도 등 시행청 관계자, 철도청, 서울지하철공사, 도시철도공사 등 시행청 관계자, 철도학회 참가자, 현대자동차그룹 임원진 등)

○ 시승중에는 종합계측시스템 운영 및 운행지원(공단: 장영택, 최상수 기관사)

○ 준비기간 중에는 창원공장에서 G7 차량의 정비를 포함하여, 내·외부 청소가 실시됨

- MB 4호기 컨버터 2군 Stack 교체
- Aux. Block 2의 컨버터 1군 IGBT 2개 및 Bus Plate 교체
- 동력대차 기아 Unit 및 Traction Motor 구동장치 점검(윤활유 흐름 Flug 교체예정)
- 냉각용 Fan 및 Battery Charger 사이 이음매 실링 작업
- 열차 중량 체크
- 내장재 교체 및 Window Mask Rubber 교체
- 기타 내·외부 청소 및 배선 정리

※ 5월 26일 구내 시운전 중 차륜 찰상 발생

○ 언론보도 - '03. 5. 30 KBS 창원방송 및 5. 31 KBS 뉴스에 방영됨



그림 3.5.1.6 부산 국제철도 물류전 참가관련 사진(1차년도)

(2) 2005년도 미래 성장동력 연구성과 전시회(4차년도)

○ 전시회 개최 목적

- 참여정부의 미래성장동력분야 주요 연구성과의 대국민 홍보를 통해 미래 국가비전에 대한 공감대 형성
- 산·학·연 연구주체간 정보교류 활성화로 국가연구개발사업 성과 제고 및 확산

○ 전시회 주최 : 한국과학기술기획평가원, 한국과학재단, 한국산업기술평가원, 정보통신연구진흥원

○ 전시회 개최 일정 및 장소

- 일시 : 2005년 11월 24일(목) ~ 11월 26일(토)
- 장소 : COEX 3층 컨벤션홀

○ 전시회 참가 효과

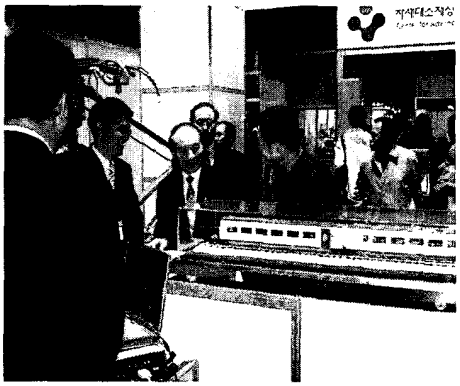
- 고속철도기술개발사업 및 한국형고속열차 기술의 우수성 소개·홍보
- 철도기술 R&D 성과에 대한 대국민 홍보 및 한국형 고속열차를 통해 철도 속의 과학기술을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 소개

○ 전시회 전시 품목

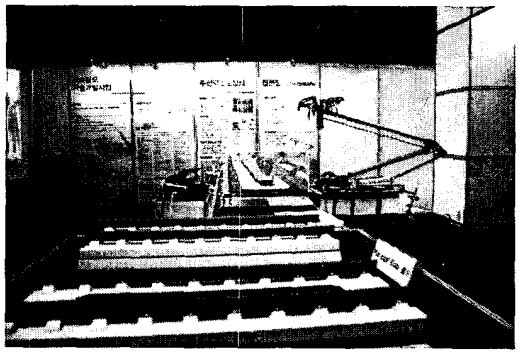
- 한국형 고속열차 모형(220㎝×44㎝×25㎝, 약 70kg)
- 자동열차제어장치, 주전력변환장치 IGCT 스택, 견인전동기, 판토그래프, 전자연동장치, 슬라브 궤도 모형
- 고속철도기술개발사업 및 전시품 소개 판넬
- 한국형 고속열차 관련 동영상
- 한국형 고속열차 브로우셔



<전시 부스 전경>



<전시 부스 과기부총리 방문>



<전시품목 사진>



<고속철도기술개발사업 및 전시 품목 소개 판넬>

그림 3.5.1.7 2005년도 미래 성장동력 연구성과 전시회

(3) 한국정밀공학회 춘계학술대회 전시회(4차년도)

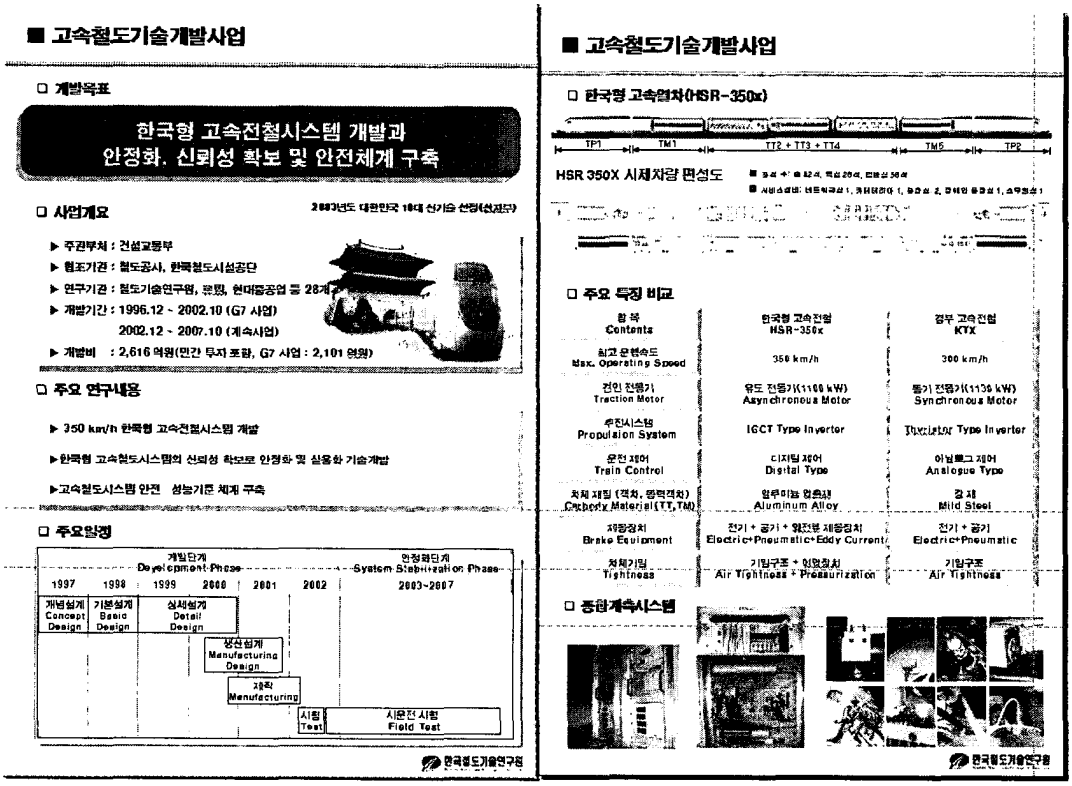
○ 전시회 참가 목적 : 기계 관련 전문학회에 한국형 고속열차 개발 사업 및 현황 소개로 전문가 관심 집중 유도

○ 전시회 일정 및 장소

- 일정 : 2006년 5월 18일(목) ~ 5월 19일(금)
- 장소 : 경주교육문화회관

○ 전시품목

- 고속철도기술개발 사업 및 주요 연구성과 소개 판넬
- 한국정밀공학회지 고속철도기술개발사업 홍보



<고속철도기술개발 사업 소개 판넬>

그림 3.5.1.8 한국정밀공학회 춘계학술대회 전시회

(4) 대한민국 과학축전(4차년도)

○ 전시회 참가 목적 : 국내 최대의 체험형 과학축제에 참가하여 한국형 고속열차 개발사업 및 현황 소개로 일반인 및 전문가 홍보

○ 전시회 일정 및 장소

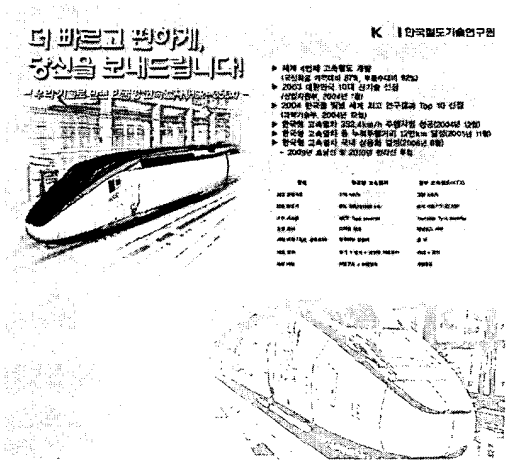
- 일정 : 2006년 8월 11일(금) ~ 8월 15일(화)
- 장소 : KINTEX

○ 전시품목

- 한국형 고속열차 모형
- 고속철도기술개발 사업 및 주요 연구성과 소개 배너



<한국철도기술연구원 부스 전경>



<한국형 고속열차 소개 배너>

그림 3.5.1.9 대한민국 과학축전

(5) 2006년도 미래 성장동력 연구성과 전시회(4차년도)

· 전시회 개최 목적

- 과학기술로 국가성장을 견인하고자 하는 참여정부의 정책의지와 성과를 홍보하고 과학기술에 대한 국민 지지기반 확충 계기 마련

· 전시회 주최(주관) : 과학기술부 과학기술혁신본부(한국과학기술기획평가원)

· 참가대상 : 차세대 성장동력사업 10개 사업단, 21세기 프론티어연구개발사업 22개 사업단, 대형국가연구개발실용화사업 5개 사업단 등 미래 성장동력사업 관련 사업단, 과학기술계 3개 연구회 소속 정부 출연(연), 원자력연구소, 국방과학연구소 등

· 전시회 개최 일정 및 장소

- 일시 : 2006년 9월 28일(목) ~ 9월 30일(토)
- 장소 : 삼성동 COEX 전시장 대서양홀홀

· 전시회 참가 효과

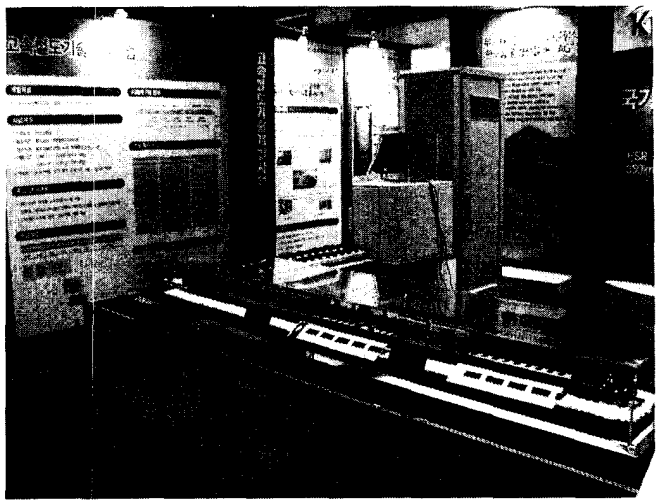
- 고속철도기술개발사업 및 한국형고속열차 기술의 우수성 소개·홍보
- 철도기술 R&D 성과에 대한 대국민 홍보 및 한국형 고속열차를 통해 철도 속의 과학기술을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 소개

· 전시회 전시 품목

- 한국형 고속열차 모형(220㎝×44㎝×25㎝, 약 70kg)
- 자동열차제어장치, 전자연동장치, 슬라브 궤도 모형
- 고속철도기술개발사업 및 전시품 소개 판넬
- 한국형 고속열차 관련 동영상
- 한국형 고속열차 브로우셔



<전시장 전경>



<전시품과 설명 판넬 사진>



<고속철도기술개발사업과 전시품 설명 판넬>

그림 3.5.1.10 2006년도 미래 성장동력 연구성과 전시회

(6) 2006년도 대한민국기술대전 금상 수상 및 전시회(4차년도)

○ 시상 및 전시회 개최 목적

- 국내 기업·연구소에서 개발한 우수 신기술·제품의 전시 및 기관·유공자 포상
- 우수 기술관련 부대행사, 매스컴 홍보 등을 통해 기술인의 사기 진작, 산업기술에 대한 대국민인식 제고

○ 전시회 주최 : 산업자원부, 한국산업기술재단

○ 전시회 개최 일정 및 장소

- 일시 : 2006년 10월 25일(수) ~ 10월 28일(토)
- 장소 : COEX 1층 태평양홀

○ 전시회 참가 효과

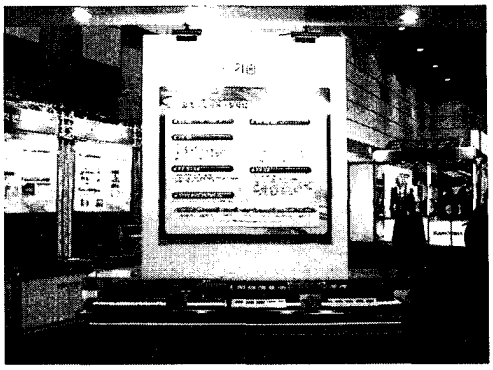
- 대한민국기술대상 금상을 수상한 한국형 고속열차의 최신 기술 소개 및 홍보
- 최신 고속철도 기술에 대한 국민들의 관심 고조 및 과학기술 문화 확산

○ 전시회 전시 품목

- 한국형 고속열차 및 슬라브 궤도 모형
- ATC장치, 견인전동기, 주전력변환장치 IGCT Stack 및 Power Supply, 제동장치 관련 부품
- 고속철도기술개발사업 소개 판넬
- 견인전동기, ATC장치, 주전력변환장치, 제동장치 관련 판넬
- 한국형 고속열차 관련 동영상 및 브로우셔



<대한민국기술대상 시상식 전경>



<한국형 고속열차 모형 및 판넬>



<전시 품목 장치 및 판넬>

그림 3.5.1.11 2006년도 대한민국기술대전 시상식 및 전시회

(7) 2007년도 미래 성장동력 연구성과 전시회 (5차년도)

· 전시회 개최 목적

- 참여정부 5년간의 대형 R&D 연구성과를 총망라한 국가 R&D 총괄전시
- Total Roadmap과 출연(연) Top Brand Project의 전략적 홍보 및 연계전시
- 산학연 연구성과 확산 및 기술교류의 장 마련 등을 통한 국민이 함께 참여하는 과학기술 행사 마련

· 전시회 주최(주관) : 과학기술부 과학기술혁신본부(한국과학기술기획평가원)

· 참가대상 : 총 73개 사업단 및 과학기술계 출연(연)

미래성장동력사업관련 사업단(차세대성장동력사업, 21세기 뉴프론티어 연구개발사업, 대형국가연구개발사업, 실용화 사업 등 38개 사업단), 3개 연구회소관·과기부직할 등 과학기술계 출연(연) 등

· 전시회 개최 일정 및 장소

- 일시 : 2007년 10월 25일(목) ~ 10월 28일(일)
- 장소 : 삼성동 COEX 전시장 인도양홀

· 전시회 참가 효과

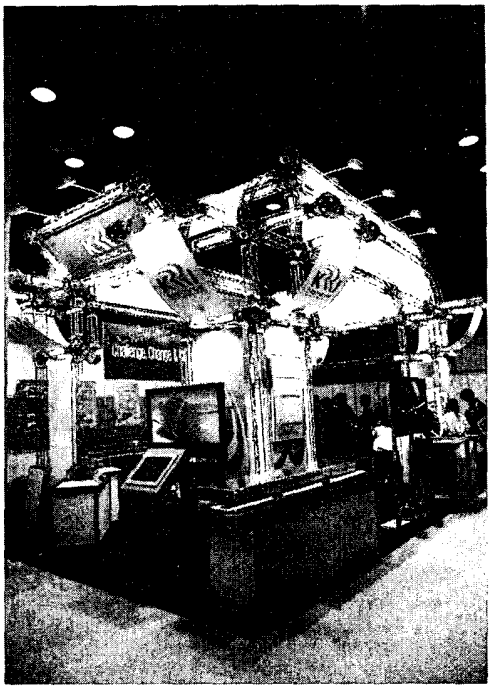
- 고속철도기술개발사업 및 한국형고속열차 기술의 우수성 소개·홍보
- 철도기술 R&D 성과에 대한 대국민 홍보 및 한국형 고속열차를 통해 철도 속의 과학기술을 보다 쉽게 이해할 수 있도록 소개
- 추후 진행되는 차세대고속철도사업에 대한 대국민 홍보

· 전시회 전시 품목

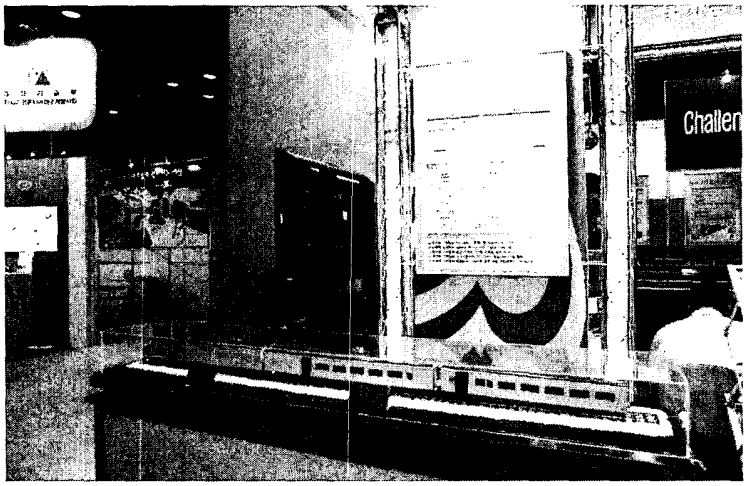
- 한국형 고속열차 모형(220㎝×44㎝×25㎝, 약 70kg)
- 고속철도기술개발사업 소개 판넬 3종
- 한국형 고속열차 관련 동영상
- 한국형 고속열차 브로우셔



< 설명 판넬 사진>



<전시장 전경>



<고속철도기술개발사업과 전시품 설명 판넬>

그림 3.5.1.12 2007년도 미래 성장동력 연구성과 전시회

2. 개발열차의 시승행사

방송매체를 통한 한국형 고속열차의 홍보 외에 개발열차의 시승행사는 한국형 고속열차에 대한 국내외 철도 관련자, 언론종사자 및 일반인들의 관심을 증가시켰다. 고속철도기술개발사업이 진행된 2007년 10월까지 총 104차례에 걸쳐 약 1,600명 한국형 고속열차를 탑승하는 기회가 주어졌다

□ 1차년도(2002. 12.~2003. 10.)

1차년도에는 표 3.5.2.1에서 보는 바와 같이 총 6차례의 시승행사를 통해 약 180명이 한국형 고속열차에 탑승하였으며, 중요 시승행사로는 고속전철기술개발사업(G7) 평가를 위한 전문위원회 및 총괄위원회 위원 현장실사, 철도와 관련된 학계, 정부, 산업계 인사와 언론 기자에 대한 300 km/h로 주행 시승행사, 부산 국제철도물류전 참가 국내외 철도 시행청 관계자, 철도학회 참가자, 현대자동차그룹 임원진 등에 대한 시승행사 등이 있었다.

표 3.5.2.1 1차년도 시승행사 상세 내역

	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
1	'03. 1. 28	230	- 전문위원회 시승	전문위 및 관계자 약 30명
2	'03. 2. 14	250	- 총괄운영위원회 시승	총괄위원 및 관계자 약 30명
3	'03. 2. 27	260	- 최종평가위원회 시승	강신구(건교부) 외 24명
4	'03. 4. 18	260	- 로템 사장단 시승	정학진사장(로템) 외 50명
5	'03. 4. 18	130	- 철도청 시운전단 시승	김응배단장(철도청) 외 9명
6	'03. 9. 17	300	- 350km/h 주행 성공에 대한 외부 공개행사	이효동(MBC) 외 29명

□ 2차년도(2003. 11.~2004. 10.)

2차년도에는 표 3.5.2.2 과 그림 3.5.2.1에서 보는 바와 같이 29차례에 걸쳐 시승행사가 진행되어 510 인원이 한국형 고속열차 시제차량에 탑승하는 기회가 주어졌다. 건교부, 과기부, 철도청, 공단 등의 철도기술개발관련 관계자와 정부 출연연구원, 산업체 관계자 등 국내의 관계자 및 북한, 일본, 중국, 미국, 페루 등 국외의 관계자 등이 탑승하여 한국형 고속열차에 대한 많은 관심을 나타내었다. 특히, 과기부 장관, 페루 대사 등 국내외 주요인사가 탑승하는 성과를 거두었다.

표 3.5.2.2 2차년도 시승행사 상세 내역(1/2)

	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
1	'03. 11. 1	300	- 과학동아 학생기자 및 교사 시승	신동호 (동아사이언스) 외 50명
2	'03. 11. 15	250	- LRMNA 관계자 시승 - 명지대 교수 및 학생 시승	현승호(교수) 외 4명
3	'03. 12. 4	250	- 철도청 관계자 및 KBS 기자 시승	이제헌PD(KBS) 외 5명
4	'03. 12. 6	300	- KBS 기자 시승	이제헌PD(KBS) 외 8명
5	'03. 12. 30	200	- 월간조선 기자 시승	이오봉(월간조선) 외 2명
6	'04. 1. 13	250	- 미국시행청 관계자 시승 - 철도청 직원 시승	김제홍상무(로템) 외 14명 김원응주임(철도청) 외 4명
7	'04. 2. 14	300	- SBS 기자 시승	윤지한기자(SBS) 외 3명
8	'04. 5. 6	310	- G7 건교부 고속철도기획단장 및 고속철도과 시승	이재붕 단장(건교부) 외 5명
9	'04. 5. 20	310	- 유코레일직원 시승 - 건교부 및 철도국 시승	CloudeRobin (유코레일) 외 3명 이맹춘주임(건교부) 외 9명
10	'04. 5. 27	310	- 과기출연연 원장 시승	최영락(과기연) 외 6명

표 3.5.2.2 2차년도 시승행사 상세 내역(2/2)

	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
11	'04. 6. 3	310	- GRC 관계자 시승	최학순(철도청) 외 13명
12	'04. 6. 11	300	- 철도학회 및 공공기술이사회 시승	민병훈 (서울지하철공사) 외 21명
13	'04. 6. 18	300	- ASEM 심포지움 참석자 탑승	심치호과장(철도청) 외 77명
14	'04. 6. 24	300	- 건교부, 철도청 및 한중일 철도 기술교류 대표단 등 시승	김상균(건교부) 외 31명
15	'04. 7. 2	320	- 건교부 국장, 철도청 기술개발본부장 및 참여기관 대표자 등 시승	강신구(건교부) 외 25명
16	'04. 7. 2	320	- 한국건설교통평가원 관계자 시승	경규범(평가원) 외 5명
17	'04. 7. 8	320	- 한국철도교통포럼 관계자 시승	건기안(서영기술단) 외 26명
18	'04. 7. 22	320	- 연구개발성과 발표회 참석자 및 북경대학생 시승	방효갑(평가원) 외 32명
19	'04. 7. 29	300	- 과제참여연구자 가족 시승	김경환 외 52명
20	'04. 8. 11	300	- 과기부장관 및 과기부직원 등 시승	오명(과기부장관) 외 52명
21	'04. 8. 17	300	- 철도청 관계자 시승 - 인하대 학생 시승	김창호(철도청) 외 22명
22	'04. 8. 19	300	- 폐루대사 시승	대사 외 6명
23	'04. 8. 24	300	- 철도청 G7 운영지원단 시승	박국한(철도청) 외 9명
24	04. 8. 26	300	- 일본교통학회 시승	켄이지 소지(JSTE) 외 21명
25	'04. 8. 31	300	- 상해 철로국 시승	김경태(철도연) 외 20명
26	'04. 9. 6	300	- SBS 기자 촬영	배은선(철도청) 외 4명
27	'04. 9. 22	300	- YTN 기자 촬영	이양현 (YTN) 외 3명
28	'04. 10, 7	300	- K-TV 기자 촬영	권희숙(K-TV) 외 3명
29	'04, 10, 21	300	- 한겨레21 기자 촬영	김보협(한겨레21) 외 2명



<과기출연연 원장 시승행사>



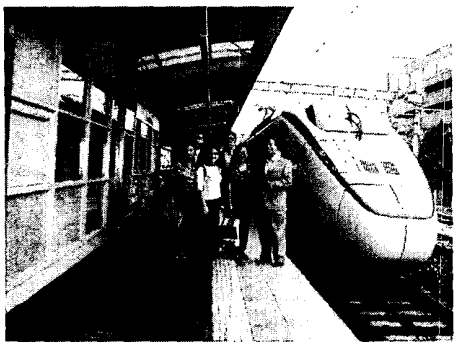
<한중일 철도기술대표단 시승행사>



<건교부 국장 시승행사>



<과기부장관 시승행사>



<페루대사 시승행사>



<일본교통학회 시승행사>

그림 3.5.2.1. 2차년도 시승행사 관련 사진

□ 3차년도(2004. 11.~2005. 10.)

3차년도에는 표 3.5.2.3과 그림 3.5.2.2에서 보는 바와 같이 2004년 11월부터 2005년 10월까지 39차례에 걸쳐 외부인 시승행사가 진행되어 약 500명의 인원이 한국형 고속열차에 시승하였다.

표 3.5.2.3 3차년도 시승행사 상세 내역(1/3)

	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
1	'04. 11. 4	300	- 철도공사 관계자 시승	오수종
2	'04. 11. 8	310	- 철도공사 관계자 시승	이호심
3	'04. 11 10	300	- 철도공사 관계자 시승	박옥정 시설팀장
4	'04. 11. 11	300	- 대한뉴스 기자 시승	김동욱PD외 1명
5	'04. 11. 18	300	- 철도공사 관계자 시승	박종군
6	'04. 11. 23	300	- 철도공사 관계자 시승	박옥정 시설팀장외 8명
7	'04. 11. 24	300	- 고속철도 국제포럼 행사 시승 - 열린우리당 국회의원 시승 - 한국전기철도기술(주) 시승 - 철도 공사 및 철도 관계자 시승	문학진 열린 우리당 국회위원 외 23명
8	'04. 12. 2	300	- 중국 철도 과학원 연구원 시승	Wang Lan 외 9명
9	'04. 12. 8	310	- 중앙일보 기자 시승 - 영국 아일랜드 철도청 관계자 시승 - 일본 미쯔이 상사 직원 시승	오효림 기자, Mf.J, McCartnev (아일랜드 철도청), Mr Watanebe (미쯔이 상사) 외 8명
10	'04. 12. 16	350	- 건설교통부, 한국건설교통평가원, 철도공사, 한국철도시설공단 관계자 350km/h 증속시험 관련 시승	이종국 과장 외12명
11	'04. 12, 22	300	- 철도공사 관계자 시승	전용봉실장 외 18명
12	'05. 1. 27	300	- 세기문화사 직원 시승	강창보 외 2명
13	'05. 2. 3	300	- 우화산업 직원 시승 - Itochu 직원 시승	송봉준(우화산업), 서명택(Itochu) 외 4명
14	'05. 2. 17	300	- 세종기술 (주)	이석화 부사장, 노재춘 부사장 외 2명

표 3.5.2.3 3차년도 시승행사 상세 내역(2/3)

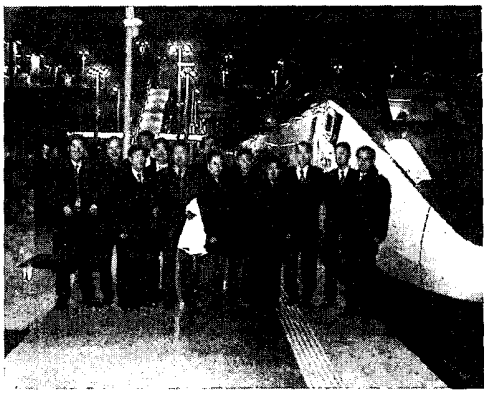
	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
15	'05. 3. 2	300	- 건설교통부 및 로템 관계자 시승	이종국 과장(건교부), 이상길 고문 (로템) 외 3명
16	'05. 3. 7	300	- 철도공사 관계자 시승	유운준(수송안전단) 외 42명
17	'05. 3. 9	300	- 철도공사 관계자 시승	최정덕(서울고속열차승무사무소) 외 34명
18	'05. 3. 10	300	- 로이드 레지스터 신뢰성 전문가 및 로템 이사 시승	Dr. Gaede, 김영상 이사 외 3명
19	'05. 3. 17	300	- 철도공사 관계자 시승	문제홍 차장 외 2명
20	'05. 3. 23	300	- 철도공사 및 로템 시승	이의명 고문 (로템), 임병옥(차량사업본부) 외 2명
21	'05. 3. 24	300	- 영국 아일랜드철도 부사장 시승	A. R. Feran 부사장 외 2명
22	'05. 3. 24	300	- 철도청 G7 운영지원단 시승	박국한(철도청) 외 9명
23	'05. 4. 4	300	- 건설교통부 관계자 시승	장만석 과장 외 1명
24	'05. 4. 11	300	- TTCI 관계자 시승	Dr. Reinshimidt 부사장 외 7명
25	'05. 4. 18	300	- SMRT 관계자 시승	Harry Tan 외 27명
26	'05. 4. 20	300	- 철도전문 대학원생 시승	유보현 외 3명
27	'05. 5, 4	300	- 어린이날 기념행사 의왕시 초등학교 과학반 학생 시승	김민경 외 44명
28	'05. 5. 9	300	- 교통개발연구원 시승	이재훈 연구원 외 1명
29	'05. 5. 10	300	- 철도공사 차량사업본부 시승행사	임재익 차량사업처 부장 외 29명
30	'05. 5. 11	300	- 철도공사 차량사업본부 시승행사	정진태 고속차량처 부장 외 40명
31	'05. 6. 1	300	- 건교부 및 출입기자단 시승행사	윤왕로 도시철도 과장 외 55명

표 3.5.2.3 3차년도 시승행사 상세 내역(3/3)

	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
32	'05. 6. 9	300	- 철도공사 관제실 실무자 시승	권오철 외 22명
33	'05. 7. 20	300	- 중국철도 관계자 시승행사	김태오 건교부 사무관 외 25명
34	'05. 8. 2	300	- 연세대학교 학생 시승행사	김승철 외 2명
35	'05. 8. 9	300	- 건교부 시승행사	이성권 수송정책 실장 외 4명
36	'05. 8. 17	300	- KISTI 및 국책연구기관 시승	양병태 KISTI 분원장 외 7명
37	'05. 8. 23	300	- KT컨버전스 연구원 시승	이만종 수석연구원 외 2명
38	'05. 8. 30	300	- 의원 협력포럼 고속열차 시승행사	유인태 국회위원 외 11명
39	'05. 8. 31	300	- 건설교통부 장관 시승행사	추병직 건교부 장관 외 48명



< 고속철도 국제포럼 시승행사 >



< 360km/h 증속시험 시승행사 >



< 어린이날 기념 시승행사 >



<한국철도공사 차량사업본부 시승행사>



< 국회위원 협력 포럼 시승행사 >



< 건설교통부 장관 시승행사>

그림 3.5.2.2 3차년도 시승행사 관련 사진

□ 4차년도(2005. 11.~2006. 10.)

4차년도에는 총 19 차례에 걸쳐 약 290 명이 한국형 고속열차를 탑승하는 기회가 주어졌으며, 시승행사의 상세한 내역은 표 3.5.2.4에 기술되어 있는 바와 같다. 건교부, 철도공사, 공단 등의 철도기술개발관련 관계자와 산업체 관계자, 언론인, 학교 등의 관계자 및 일본, 중국, 미국, 터키, 브라질 등 국외의 관계자 등이 탑승하여 한국형 고속열차에 대한 많은 관심을 나타내었다. 특히, 2005년 11월에는 12만 km 무사고 시운전 운행을 달성한 후 열차 내에서 시승 기념행사가 있었고, 동년 12월에는 고속철도기술개발사업 3차년도 성과발표회 참석자들에 대해 광명역에서 천안아산역까지 시승행사를 진행하였다. 또한 2006년 5월에는 터키 교통부 장관의 탑승 및 동년 6월에는 UITP 참석자 등 국외 주요인사가 탑승하였다.

표 3.5.2.4 시승행사 상세 내역

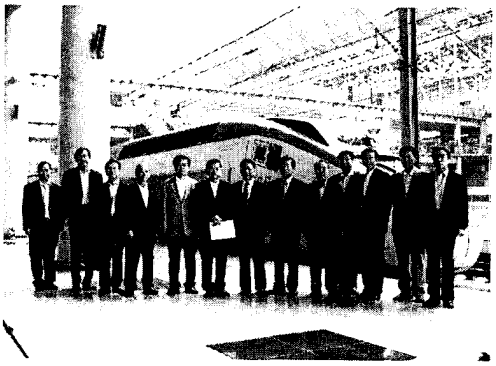
	일시	최고속도 (km/h)	행사내용	참석인원
1	'05. 11. 16	300	- 120,000km 주행달성 기념	서현규(철도공사) 외 64명
2	'05. 11. 30	300	- 건교부/중앙일보 관계자 시승	이맹춘(건교부) 외 1명
3	'05. 12. 06	300	- 철도공사 사장 시승	이철(철도공사) 외 6명
4	'05. 12. 12	300	- 관련업체 시승	윤종만(정원산전)
5	'05. 12. 13	300	- 연구성과 발표회 시승행사	김종일(건설교통부) 외 60명
6	'06. 01. 18	300	- 현대중공업 등 관련업체 시승	김두식(현대중공업) 외 17명
7	'06. 01. 19	300	- 철도공사 외 관련업체 시승	손경조(철도공사) 외 8명
8	'06. 01. 23	300	- 철도공사 외 관련업체 시승	지희진(철도공사) 외 14명
9	'06. 02. 02	300	- 한국방송공사 기자 시승	서영준(KBS기자) 외 2명
10	'06. 02. 08	300	- 큐라인 관계자 시승	이영균(큐라인) 외 1명
11	'06. 02. 09	300	- 철도연, VDL, HSK, APTS 관계자 시승	Yan Mour(VDL) 외 5명
12	'06. 02. 15	300	- 한양대학교 교수 및 연구원 시승	박준홍(한양대) 외 2명
13	'06. 02. 22	300	- 에스테크 외 관련업체 시승	장쌍석(에스테크) 외 2명
14	'06. 03. 08	300	- KTX매거진, 큐라인 관계자 시승	최현주(KTX매거진) 외 2명
15	'06. 03. 15	300	- 건설교통부 관계자 시승	임근열(건교부) 외 6명
16	'06. 05. 24	300	- 터키 교통부 관계자 시승	터키 교통부장관 외 19명
17	'06. 06. 22	300	- UITP 참석자 시승	Habs RAT(UITP) 외 39명
18	'06. 07. 05	300	- 건설교통부, 대우건설기술연구소, 철도공사 관계자 시승	류영창(건설교통부) 외 14명
19	'06. 09. 20	300	-브라질교통부 관계자 시승 -한양대학교, 철도연 관계자 시승	브라질교통부 대외협력국장 외 9명



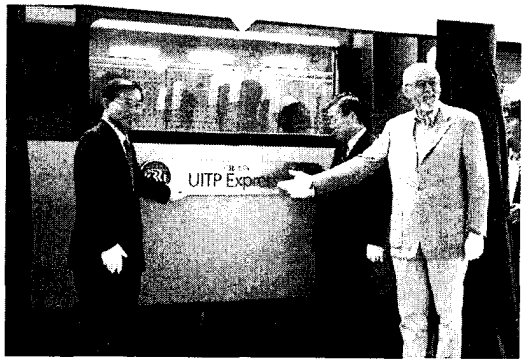
<철도공사 사장 시승식>



<성과발표회 시승>



<건설교통부 시승식>



<UITP 시승 및 명명식>



<12만 km 달성 기념 시승행사>



<터키 교통부 장관 일행 시승행사>

그림 3.5.2.3 주요 시승행사 사진

□ 5차년도(2006. 10.~2007. 11.)

5차년도에는 총 11 차례에 걸쳐 약 130 명이 한국형 고속열차를 탑승하는 기회가 주어졌으며, 시승행사의 상세한 내역은 표 3.5.2.5와 같다. 국회전문위원, 철도공사, 공단 등의 철도기술개발관련 관계자와 산업체 관계자, 교통학회, 언론인, 학교 등의 관계자 및 베트남, 브라질 등 국외의 관계자 등이 탑승하여 한국형고속열차에 대한 많은 관심을 나타내었다. 특히, 2007년 3월에는 국회 건교위 전문위원들의 시승, 베트남 교통부 관계자의 탑승 및 9월에는 브라질 연방정부 교통부 장관 등 국내외 주요인사가 탑승하였다.

표 3.5.2.5 시승행사 상세 내역

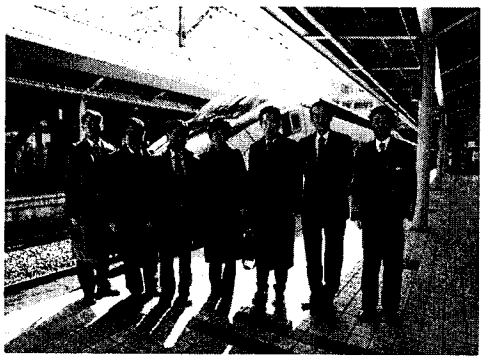
	일 시	시승행사 내용	시승 인사
1	'06. 11. 08	- 속초시청 관계자 시승	속초시장 외 3명
2	'06. 11. 08	- 베트남 교통부 관계자 시승	교통부 차관 외 27명 시승
3	'07. 03. 07	- 국회 건교위 전문의원 외 시승	이율복 전문위원 외 8명
4	'07. 03. 21	- 베트남 교통부 관계자 외 시승	Nguyen Van Doanh 부국장 등 15명
5	'07. 03. 29	- 교통학회 관계자 외 시승	교통학회 고문 김경환 교수 등 21명
6	'07. 06. 12	- 철도시설공단 시승	양귀대 처장 외 1명
7	'07. 06. 18	- 아리랑 TV 관계자 시승	남의령 PD 외 2명
8	'07. 06. 20	- 아리랑 TV 관계자 시승	남의령 PD 외 2명
9	'07. 06. 20	- 인력개발원 교육생 시승	정용호 교수 외 17명
10	'07. 08. 30	- 코레일 품질경영 평가단 시승	윤덕균 교수 외 9명
11	'07. 09. 17	- 브라질 연방정부 인사 시승	Dilma Vana Rousseff 국무조정장관 외 14명
12	'07. 10. 24	- 철도학회 관계자 시승	철도학회 사무국장 외 20명



<브라질 건교부 장관 시승식>



<베트남 철도국 부국장 시승>



<국회 전문위원 시승식>



<교통학회 관계자 시승행사>

그림 3.5.2.4 주요 시승행사 사진

제6절 차량 레일간 상호작용 현상 인터페이스 연구(위탁)

1. 서론

가. 연구 배경

철도는 궤도 재료의 마모·훼손·부식 등의 영향을 받으며, 도상의 침하, 레일의 휨·변형으로 인한 궤도 틀림이 발생하여 기초를 약화시킨다. 또한 수해로 인한 노반 유실, 침수 등으로 열차의 운행이 중단될 수도 있다. 열차가 안전하고 승차감이 좋게 주행하기 위해서는 차량 및 선로는 충분한 강도를 가져야 하므로, 항상 양호한 상태로 유지 보수되지 않으면 안 된다. 그러나 철도는 과격한 차량 하중과 다양한 기상작용 및 상대 운동에 의해 늘 마모, 파손을 받고 있는 것이 보통이다. 이러한 차량 및 궤도의 손상에 대해서 신뢰성을 유지할 수 있는 방법을 유지하여 안전한 운행을 보장할 수 있도록 하는 기준을 제시하고 유지 관리하는 것이 필요하다.

최근 열차의 고속화 및 열차 운행 횟수의 증가로 인하여 보수 주기가 빨라지고 있는 반면, 보수를 위한 작업 시간의 확보 곤란 및 노동력 부족 등의 어려움을 겪고 있다. 그러나 항상 안정된 궤도를 유지하기 위해서는 필요 적절한 시기에 궤도 보수 작업을 보다 효율적이고 경제적으로 시행하여야 한다. 따라서 유지 보수에서 주요한 점은 단순히 이상이 생기면 보수하는 차원이 아니라 항상 안전을 보장하기 위하여 검사·감시·조정 및 보수하는 것이다. 이것을 보통 예방적 유지보수(preventive maintenance)라 한다. 이처럼 계속적인 정기 검사와 이상이 생기기 전에 미리 정기 교체(보수)를 한다면 비교적 작은 비용으로 큰 효과를, 즉 대형 사고를 미리 방지할 수 있는 지름길인 것이다. 이러한 유지 보수 작업에서 차량 운행 안정성에 가장 큰 영향을 미치는 부분이 차륜과 레일의 마모, 손상 부분이다. 따라서 우리는 보다 안전하고 유지 보수에의 비용 절감 및 차량 진단의 기술 확보측면에서 마모 및 손상에 대한 실질적이고 보다 정확한 해석의 필요성을 갖게 된다.

고속전철은 차륜과 레일의 접촉력에 의해 추진되고 차륜의 답면 경사와 플랜지에 의하여 안내, 유도되면서 궤도상에 고정된 레일을 따라 주행하는 수송시스템이

다. 철도 차량이 운행하는 선로에 대해서 완벽한 지반공사를 했을 경우에도 커브, 궤도의 불규칙도(Irregularity)나, 고속 운행 시 차륜의 헌팅(Hunting) 현상과 같은 외란으로 인하여 대차와 차체는 운행 중에 상하, 전후 및 좌우의 여섯 방향으로 진동하게 된다. 과도한 마모는 철도 차량의 동적 특성에 영향을 끼치고 승차감에 악영향을 끼친다. 또한 탈선의 가능성을 증가시키고 차륜 재료의 무결성을 감소시킨다. 구름접촉 피로는 잠재적으로 더 위험하다. 손상 그 자체는 균열이 개시되어 성장하게 되어 발견되지 않는다면 차륜의 한 조각이 떨어져나가는 파단을 일으키게 된다. 이러한 파괴의 결과는 non-round wheel을 형성을 포함한다. 이러한 non-roundness는 2차적인 파괴를 일으킬 분만 아니라 마모와 소음을 증가시킨다. [1]

그러므로 바퀴와 레일의 접촉과 마모, 파손 문제는 차량의 유지 보수, 정비, 안정성, 승차감 등에 영향을 미치는 주요 인자로서 고속전철 차량의 동적 특성에 대한 명확한 이해를 바탕으로 바퀴 및 레일의 보수 및 교체시기를 예측할 필요가 있으며, 더 나아가 바퀴 및 레일의 신뢰성 및 내구성에 대한 기준이 마련되어야 한다. 특히 마모 시뮬레이션은 철도차량의 속도 증가와 축중의 증가로 인해 심각한 마모 및 파손이 발생할 가능성을 평가하는데 도움을 줄 것이다.

나. 연구 내용

본 연구에서는 동력차, 동력 객차, 객차의 3량으로 구성된 한국형 고속철도 차량의 동적거동을 해석하고, 차륜 마모와 피로를 예측하였다. 다물체 동역학 해석을 통해 차륜과 레일 사이의 작용력과 접촉점 등을 도출하고 접촉 문제 해석을 통해 마모를 예측하였다. 접촉 문제는 Kalker의 simplified theory에 근거를 두고, Hertz contact theory와 유한요소 해석의 결과를 비교분석 하였다. 또한, 각 경우에 대해 Archard wear equation을 사용하여 차륜의 마모현상을 예측하였으며, Ekberg의 피로해석 절차를 이용하여 피로해석을 수행하였다.

철도차량의 운동 해석을 위해서는 차륜과 레일간의 상호작용 현상 및 차량 모델의 특성이 고려되어야 한다. 차륜과 레일간의 상호작용 현상의 구현을 위해 차륜 및 궤도(track)의 기하학적 조건(곡률 반경 및 캔트)과 불규칙성(irregularity)등을

고려하였으며, 차량 모델은 차량 각부의 질량 및 유연성, 현가장치 및 철도차량 각 연결부의 특성을 고려하여 모델링하였다.

접촉문제 해석을 위해 일반적으로 사용되는 Hertz 방법은 접촉부에서의 해석적인 해의 도출 및 경향 파악이 상대적으로 간편하고, 연산시간에 장점을 보인다. 또한 상대적으로 차륜에 많은 마모가 발생하는 것을 기준으로 이를 잘 표현할 수 있다. 그러나, 차륜과 레일의 접촉과 같이 작은 접촉 면적에 큰 수직 압력이 작용하는 경우 재료는 소성 거동을 할 수 있으며, 접촉 위치에 따라 복잡한 기하학적 형상을 갖는 차륜과 레일의 접촉 문제를 나타내는 데에는 Hertz 이론에 한계가 있을 수 밖에 없다. 따라서, 접촉점의 위치에 따른 기하학적 형상과 재료의 탄소성 변형을 고려한 유한요소 해석을 수행하고 그에 따른 접촉면과 접촉 압력의 변화를 Hertz 방법의 결과와 비교하였다.

마모예측을 위해 이산화된 차륜과 레일 접촉면의 각 cell에서 유한요소 해석 및 Kalker의 simplified theory를 이용하여 얻은 traction 및 압력등의 정보를 이용하여 stick/slip 영역을 판별하며, slip 영역으로 판별된 각 cell에서 마모량은 미끄럼 마모의 두 가지 주요 발생 메카니즘인 응착과 연삭 마모량을 정량적으로 잘 설명한 Archard wear equation을 이용하여 구하였다. 마모예측 과정에서 사용된 Hertz 방법과 유한요소 해석 결과의 차이에 따라 발생되는 마모량의 비교를 통하여 해석 신뢰성을 확립하고, 차량의 안정성 확보 및 유지보수 비용의 절감을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

구름접촉 피로해석은 앞서 구한 다물체 동역학의 접촉력과 접촉 기하학으로부터 얻은 출력 값을 이용하였으며, 철도차량 차륜의 구름접촉 피로해석을 위한 공학적 모델을 개발하였다. 표면 개시 피로(surface induced fatigue), 표면하 피로(subsurface fatigue), 깊은 피로(deep material defects) 등의 잘 알려진 형태의 차륜의 피로현상을 이 모델을 이용하여 설명하였다. 철도차량 차륜에서의 피로 응답(fatigue response)는 세 가지 피로 지수(fatigue indices)와 적절한 문턱값의 항으로 정의된다. 결과 값으로 피로 성능의 항으로 피로가 발생할 지의 여부와 어떤 형태인지를 나타내준다.

그 외에도 본 연구에서는 마모 측정 장치를 자체 제작하였으며, 마모 시험 장치를 통해 실험실 테스트(Lab test) 형식으로 차륜 및 레일의 마모량을 측정하여

Archard 식에 사용되는 마모계수를 구하기 위한 시험을 진행중에 있다.

또한 동적 거동 해석과 마모의 이론적 해석, 마모에 대한 측정, 구름접촉 피로 해석 등의 과정을 정립하여 한국형 고속전철에서 요구되는 운전상황에 대해 신속하게 전체 시스템 해석하고 분석할 수 있는 통합 프로그램을 제작 중에 있다. 이를 통해서 각 부품 별 신뢰성 향상뿐만 아니라 전체 차량 시스템의 신뢰성을 향상시킬 평가기술 및 진단기준을 제시할 수 있을 것이다.

지금까지의 연구를 각 차년도별로 정리하면 다음과 같다.

1차년도에는 한국형 철도차량을 다물체 동역학으로 모델링하여 차량 주행시 발생되는 차륜-레일간 상호작용에 대해 해석하고, 비교적 단순한 형태의 마모 이론식을 적용하여 마모 경향을 살펴보았다. 또한 차륜의 단면형상(profile)을 측정할 수 있는 측정장치를 개념설계 및 제작하여 작동여부를 확인하였다.

2차년도에는 마모에 영향을 끼치는 철도차량의 동적 거동 특성을 확인하기 위해 차륜과 레일 사이의 접촉문제(contact problem)을 상세 조사하여 수학적으로 정립하였다. 접촉문제는 주로 Kalker의 simplified theory에 근거를 두었으며, 이러한 이론에 일관성을 갖는 수학적 마모 모델을 세웠다. 이때 마모 모델은 adhesive & abrasive wear에 적용되는 Archard wear equation을 사용하였다.

또한 Hertz theory에 기초한 simplified theory의 문제점과 한계를 극복하기 위해 Finite Element Method를 이용하여 접촉면의 형상과 접촉 압력을 구하였다. 또한 사용자 편의를 위해 차륜 단면형상 측정장치(profilometer)의 컴퓨터 인터페이스를 향상시켰으며, 마모 시험장치의 개념설계를 마쳤다.

3차년도에는 앞서의 마모 모델을 이용하여 전용선 구간과 기존선 구간에서의 차륜 마모의 특성을 구하였으며, 피로해석 모델을 이용하여 피로 파괴의 발생가능성과 형태를 평가하였다. 그 밖에도 현재 마모계수를 구하기 위한 마모시험장치의 수정설계중에 있으며, 추가적으로 구름접촉 피로의 성장(fatigue propagation) 해석을 수행하기 위한 작업을 진행중에 있다. 철도차량의 다물체 동역학 시뮬레이션과 마모 및 구름접촉 피로 해석을 통합하여 휠셋의 내구성을 예측하기 위한 절차를 확립하고 사용자 편의를 위한 툴을 연구의 진행과정에 맞추어서 개발하고 있다.

이러한 연구로부터 차륜과 레일의 마모를 최소화하는 차륜을 설계하거나, 철도차량 현가장치를 최적화하고 차륜의 재삭정 등의 유지 보수 계획를 수립하는 데에

도움을 줄 수 있을 것으로 본다. 또한 새로운 차륜의 재료를 도입할 때 평가 방법으로도 사용될 수 있을 것이다.

다. 차륜 손상 예측 모델링 방법론

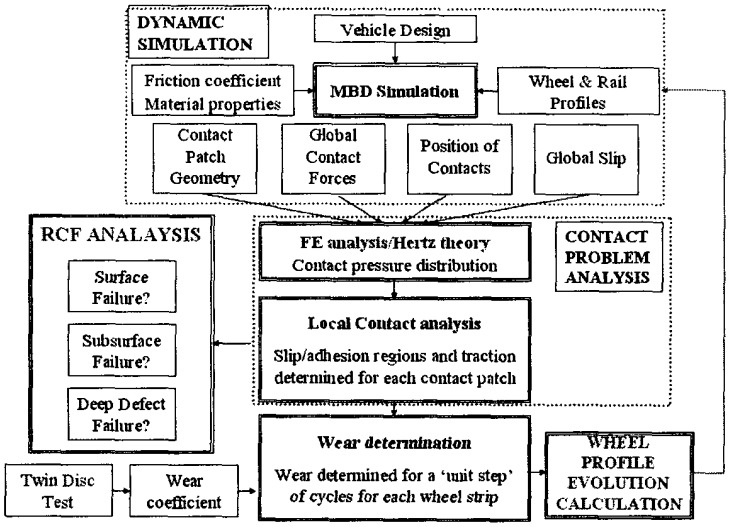


그림 3.6.1.1 차륜 손상 예측을 위한 흐름도

차륜 재삭정 작업간의 시간을 늘려주고 안전도를 향상시키고 전체 휠셋(wheelset)의 수명에 따른 비용을 감소시키기 위해 마모와 피로 손상, 신뢰성에 대한 설계 방법론을 세우는 것이 요구된다.

차륜 단면의 마모를 평가하기 위한 모델링 방법론은 3개의 주된 부분으로 이루어진다. [1]

① 철도차량의 다물체 동역학 모델링

차륜/레일의 접촉점의 수와 위치 및 접촉력, 크리피지 성분 등을 시간의 함수로 출력해준다.

② 마모 예측

다물체 모델링의 출력 값으로부터 얻어진 접촉면에서의 국부적인 압력, traction과 크리피지 분포를 유도하기 위해 접촉 해석 모델링을 하며, 차륜 단면형상의 전개는 twin disc 마모 시험으로부터 개발된 마모 모델에 기초하였으며, 국부적인 접촉해석으로부터 얻어진 결과를 이용한다.

③ 구름접촉 피로 해석

다물체 동역학 시뮬레이션으로부터 얻어진 출력값을 이용하여 가장 널리 알려진 파괴 모드에 관련된 3개의 피로 인자를 평가한다.

전체 절차는 개략적으로 그림 2.3.1.1에 도시되었다. 차량의 특성 및 초기 차륜 및 레일의 단면형상으로부터 시작하여 다물체 동역학 모델이 시뮬레이션된다. 시뮬레이션의 각 시간 스텝마다 global 접촉 매개변수(접촉 및 접촉력, 크리피지)의 항으로 결과가 유도된다.

이것들은 마모 해석에서 국부적인 접촉 해석을 수행하는데 사용되며, 접촉 해석을 통해 접촉면 내부의 마찰일의 분포를 출력한다. 연속적인 마모에 의해 변화하는 차륜의 단면형상은 twin disc 마모 시험으로부터 얻어진 실험 결과에 기초한 마모 모델을 사용하여 계산된다. 초기 차륜 형상으로부터 이러한 마모 분포를 빼줌으로써 마모된 차륜 형상이 결정되어 진다. 마모 루프는 차륜 편면에 대해 마모의 진전을 예측하기 위해 여러번 반복될 수 있다.

구름접촉 피로해석에서 global 접촉 매개변수는 피로 인자를 계산하는 데 사용되며, RCF 파괴의 발생 가능성과 피로 임팩트(fatigue impact)의 심각도(severity)를 평가하기 위해 주어진 문턱 값과 피로 인자를 비교하게 된다.

표 3.6.1.1 1차년도 연구내용 (2002.12 ~ 2003.9)

연구분야	연구개발내용	연구결과
고속전철 차량의 동역학적 해석	- 고속전철 차량 모델링 차량의 질량 요소 각 요소의 기하학적 형상 현가장치 요소 차륜형상: NFF01-112 레일 형상 : UIC60 - 주행조건 캔트135mm 회전반경 7000m 궤도 불규칙성 유/무 - 차륜/레일 상호작용 simplified Kalker 이론	- 차륜과 레일의 접촉점, 크리피지, 접촉력, 점착력 등의 값을 출력 - 출력 값은 접촉문제 해석과 마모 예측의 입력 값으로 사용
차륜과 레일간의 국부적인 접촉문제 해석	- 마찰 현상에 대한 일반적인 경향을 정리 - 헤르쯔 접촉이론을 수학적으로 정리	- Hertz 이론에 기초한 simplified Kalker 이론을 단순하게 적용한 수학적 접촉 모델
차륜의 마모 해석	- 차륜의 문헌상 마모 특성 분석 응착 마멸 연삭 마멸 구름접촉 표면 피로파괴 충격마모 부식마멸 - 마모에 대한 수학적 모델링 Rabinowicz Greenwood & Tabor Archard - Archard 마모식 적용	- 1차년도의 목표인 응착(연삭) 마모에 대한 기타 마모와의 차이점을 파악 - 기존 연구자들이 제안한 마모예측 방법을 고찰하여 차륜/레일에 적용 가능한 마모 경험식 선정
측정장치 구성 연구 및 개념설계	- 측정시스템의 개념설계 - 기본 유닛 개발 - 신호처리장치 구성	- 기계부, 제어부 개념설계 - 제어 eeprom coding - 센싱 reading 확인
최종 해석결과	- 궤도 불규칙도 포함시 마모가 차륜의 전면에 분산 - 속도가 낮을 경우 경마모 상태 : 작은 마모량 예측 - 실제 마모량은 직선 구간에서 훨씬 적게 발생	고속전철의 마모 특성은 차량의 주행속도와 궤도 조건, 궤도 불규칙도와의 관계에 의해 평가되어야 함을 알 수 있다.

표 3.6.1.2 2차년도 연구내용 (2003.11 ~ 2004.10)

연구분야	연구개발내용	연구결과
고속전철 차량의 동역학적 해석	- 접촉문제 해석을 위한 Creep 이론에 대한 수학적 정리 (creepage와 creep force와의 관계) - 궤도 불규칙도에 대한 선로 규정 및 수학적 모델링 - 차륜, 궤도, 레일 간의 접촉상태의 기하학적 관계식 정립	- 차륜과 레일간의 국부 접촉문제 해석시 활용 - FEM 모델 해석시 접촉 위치 입력시 활용
차륜과 레일간의 국부적인 접촉문제 해석	- simplified Kalker 이론에 기초하여 접촉문제에 대한 상세한 수학 모델 정립 - 헤르쯔 접촉이론의 장점과 단점에 대한 파악 (장점 : 해석 시간이 짧다, 단점 : 차륜 플랜지와 레일 게이지 면의 접촉시 오차 증가) - Finite Element Method를 이용한 국부 접촉문제 모델링	- cell 단위의 stick/slip 영역에 대한 접촉문제 해석 : stick/slip 판별 및 track을 구함 - FE Analysis 프로그램인 Abaqus를 사용하여 3D 탄소성 모델을 해석 : 접촉 압력 분포, 최대 Von Mises 응력값
차륜의 마모 해석	- Archard 마모식 적용	- 개선된 접촉문제 해석(상세 simplified Kalker & FEM)을 이용한 마모 예측 프로그램 개선
측정장치, 마모 실험장치 설계, 제작	- 차륜 단면형상 측정장치의 컴퓨터 인터페이스 향상 - 마모 시험장치의 개념설계 pin-on-disc 시험 방안 disc-on-disc 시험 방안 차륜 lateral,roll,yaw 가진 방안	- Visual C++를 사용하여 메뉴 방식의 제어부 콘트롤 및 측정결과 그래프 표시 - 단면형상 데이터의 curve fitting 알고리즘 추가 - 샘플용 차륜에 대한 측정 시험
최종 해석결과	- 접촉위치의 분산 영향도 : 좌우방향 틀림 > 궤간틀림 > 고저틀림 - 최대접촉압력:Hertz결과>FEM결과 - 접촉면적 : Hertz결과<FEM결과 - 마모 발생 : Hertz결과<FEM 결과	- 좌우방향 틀림에 대한 궤도 유지보수 관리가 중요 - Hertz 이론은 FEM 해석에 비해 접촉상태나 마모량 예측에 있어서 과소평가하는 경향을 가진다.

표 3.6.1.3 3차년도 연구내용 (2004.11 ~ 2005.10)

연구분야	연구개발내용	연구결과
고속전철 차량의 동역학적 해석	- 기존선(호남선 : 서대전~목포)의 궤도 분석 - 전용선(광명 ~ 대전)의 궤도 분석 회전반경, 속도 자료 정리 선로규정을 이용한 캔트량 선정 선로규정 및 측정값의 불규칙도 레일 : KS50N (1/40) 추가	- 궤도 불규칙성이 없을 경우의 기존선과 전용선의 차량 거동 및 차륜/레일 접촉위치 접촉력 출력
	진행 과제 및 향후 계획 - 선로규정, 측정된 궤도 불규칙도을 적용한 경우에 대해 해석 - 1만km, 2만km, 10만km 등의 주행후의 마모된 차륜 단면 출력 - 마모된 차륜이 장착된 차량 모델의 동적거동 해석	
차륜과 레일간의 국부적인 접촉문제 해석	- Hertz 및 FEM 해석결과 재정리 - 접촉면의 압력분포 3D 결과 출력 - stick/slip 영역 판별 결과 출력 - stick/slip 영역 traction 출력	- 기존선과 전용선의 접촉문제 해석 출력
	진행 과제 및 향후 계획 - Matlab을 활용한 일부 프로그램은 추후 C++로 변환 예정 - slip 영역의 traction을 벡터(화살표)로 표시 예정 (미정)	
차륜의 마모 해석	- Archard 마모식 적용	- 기존선과 전용선의 마모분포 출력
	진행 과제 및 향후 계획 - Visual C++을 사용하여 메뉴 방식으로 사용자 편의의 마모 해석 및 출력값을 그래프로 화면에 표시 - Visual C++를 사용하여 차륜/레일 접촉 기하학 관계식을 메뉴 방식으로 만들어 FEM 모델링 시에 사용자 편의를 위한 접촉점 등을 제공	
구름접촉 피로	- 차륜의 손상 메카니즘을 원인에 따라 정리 - Ekberg 절차(fatigue index)에 기초한 구름접촉 피로개시 수학모델 정립	- 피로판별 해석알고리즘 작성 (surface fatigue, subsurface fatigue, deep defects) - 전용선 구간에 대한 피로 파괴의 발생가능성과 형태 평가
	진행 과제 및 향후 계획 - Crack에 대한 FE 모델링 - 균열의 성장에 대한 수학적 모델 정립으로 피로 수명 예측 - Visual C++를 사용 메뉴 방식의 구름접촉 피로해석 및 결과 출력	
마모 시험장치	- 토오크센서, 엔코더, 가압장치 선정 - 다이나모 적용여부 검토	진행 과제 및 향후 계획 - 단순한 형태의 마모계수 측정을 위한 마모시험 장치 제작, 시험
중간 해석결과	- 전용선 구간에서 회전반경이 커질수록 마모량이 급격히 작아진다.	- 전용선 구간에 대한 fatigue index 출력 (피로 안전도 평가)

2. 고속전철 차량의 동역학적 해석

가. 연구의 범위

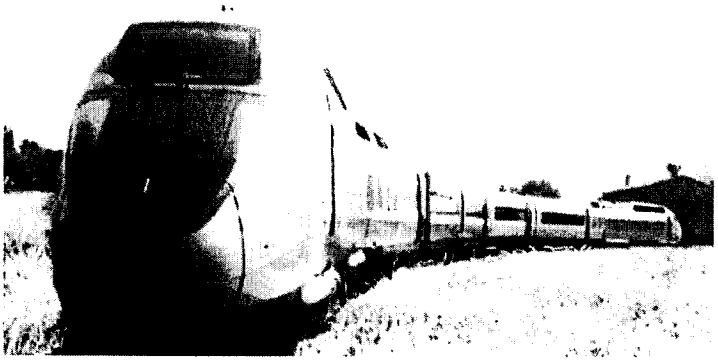


그림 3.6.2.1 HSR 350x의 전체 모습

철도 차량은 차륜과 레일의 접촉력에 의해 추진되고 차륜의 답면경사와 플랜지에 의하여 안내, 유도되면서 궤도상에 고정된 레일을 따라 주행하는 특징을 지닌다. 이러한 철도차량의 운동 해석을 위해서는 차륜과 레일간의 상호작용 현상 및 차량 모델의 특성이 고려되어야 한다. 그러므로, 철도차량의 운동해석 모델에는 아래와 같은 주요 요소들이 포함되어야 한다.

① 궤도의 형태와 특성

② 차륜/레일 상호 작용

③ 현가장치 및 철도차량 각 연결부의 특성

④ 차량 각부의 질량 및 유연성

철도차량의 운동은 그 특성에 따라,

① 직선궤도 주행시의 수직 진동

② 직선궤도 주행시의 횡방향 진동 및 주행 안정성

③ 커브 주행시의 거동

으로 분류된다.

본 연구에서는 차량의 탈선위험성이나 안정성 등에 대한 연구는 수행하지 않으며, 오로지 정상 운행시의 차륜과 레일의 마모 및 파손에 중점을 두었다. 1차년도에는 한국형 고속전철(HSR350x)의 다물체 동역학 모델링을 수행하였으며, 2차년도에는 시험구간에 대해 철도차량의 차륜/레일간의 상호작용 특성을 파악하였으며, 3차년도에는 전용선 구간 및 기존선 구간에 대해 동역학적 해석을 수행하였다.

나. 차량 모델

차량 모델은 한국형 고속전철(HSR350x)의 동력차, 동력객차, 객차의 3량을 대상으로 하였으며, 각 차량은 대차를 지지하는 1차 현가장치와 차체를 지지하는 2차 현가장치로 구성하였다.

전체 좌표계는 차량 진행방향(longitudinal)을 x, 좌우방향(lateral)을 y, 높이 방향을 z, 궤도의 시작점을 원점으로 설정하였다.

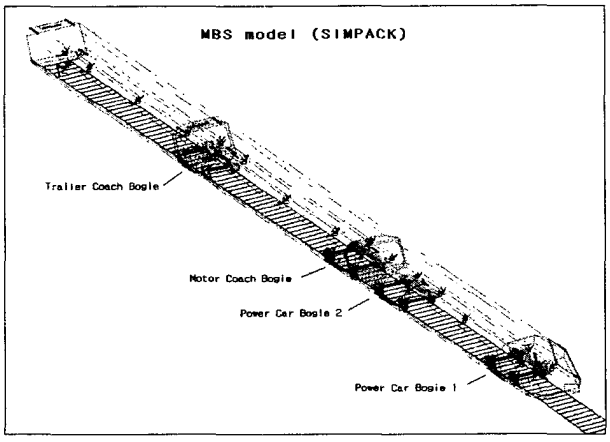


그림 3.6.2.2 한국형 고속전철의 다물체 동역학 모델링

다. 차륜 레일간의 상호작용

철도차량의 안내는 차륜축(wheelsets)과 레일 사이의 상호작용에 의해 결정된

다. 그러므로, 차륜과 레일간의 상호작용 현상은 철도 차량의 동적거동 해석의 기본이 된다. 차륜과 레일간의 상호작용력은 축하중, 차륜 및 레일의 단면형상, 레일의 특성에 큰 영향을 받는다. 차륜축과 레일은 고체간의 접촉이므로 차륜축과 레일의 기하학적 조건을 고려하는 안내(guidance)의 기구학, 차량의 전진 속도의 결과로부터 발생되는 차륜과 레일 상호작용력과 모멘트를 다루는 안내의 동역학이 요구된다.

본 연구에서는 실제 한국형 고속전철에 사용된 차륜의 NFF 01-112 휠 형상을 적용하였으며, 선로는 전용선의 경우 UIC60, 기존선의 경우 KS50N이 사용되었다. 해석에는 상용 다물체 동역학 해석 프로그램이 사용되었다.

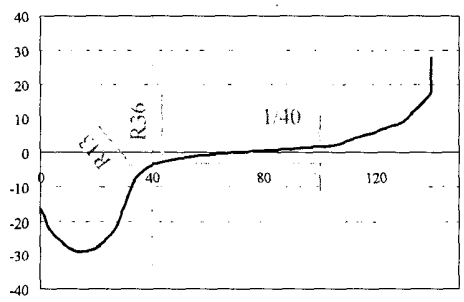


그림 3.6.2.3 차륜의 단면형상

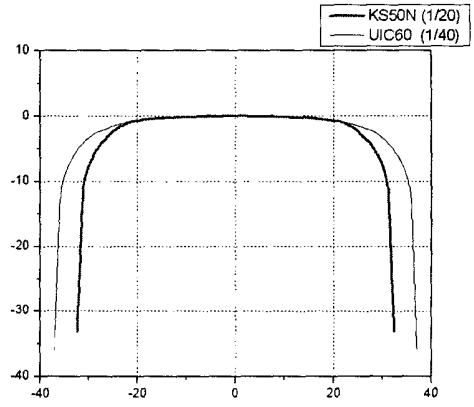


그림 3.6.2.4 레일의 단면형상

라. 레일 궤도의 불규칙성(Track Irregularity)

철도 차량의 차륜과 레일간의 마찰 특성 및 안정성을 결정짓는데 있어서 궤도의 기하학적인 특성은 차량의 동역학적인 거동과 더불어 매우 중요한 역할을 한다는 것을 알 수 있다. 이러한 궤도의 기하학적인 불규칙성을 정확하게 표현함으로써 그로 인해 유발될 수 있는 철도차량의 동역학적인 거동을 이해하는 것이 필요하다.[2]

궤도 불규칙성을 정의하는 데에는 철도 차량의 횡방향 운동에 영향을 미치는 좌우방향 틀림(alignment), 궤간 틀림(gauge)과 종방향 운동에 영향을 미치는 면 틀림(cross-level), 고저 틀림(vertical profile)의 기하학적인 4가지 매개변수가 사용된다.

전용선 구간의 궤도특성은 1999년 후반기 경부고속철도건설공단이 시험 구간에 대해 검측한 자료를 동특성 검토용으로 변환한 값으로 동서울역 기점 86km지점에서 143.2 km 지점까지 총 57.2km이며, 최대구배 15‰, 최소 곡선반경 7000m를 갖고 있다.

캔트의 경우 7000R의 곡선구간에서 캔트는 최대 140mm이며, 좌우방향틀림은 ±2mm, 고저틀림은 ±2mm, 궤간틀림은 3mm가 넓혀져 있고 ±3mm 변동을 갖는 것으로 나타났다.

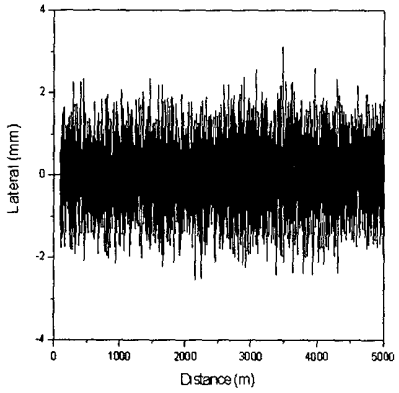


그림 3.6.2.5 경부고속철도 시운전 구간의 좌우 불규칙도

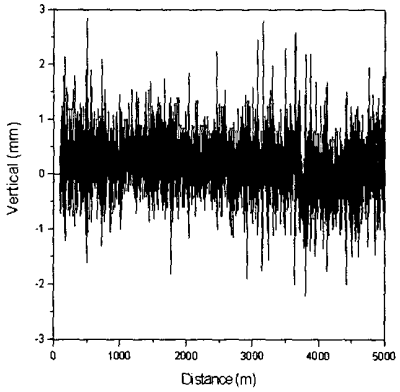


그림 3.6.2.6 경부고속철도 시운전 구간의 상하 불규칙도

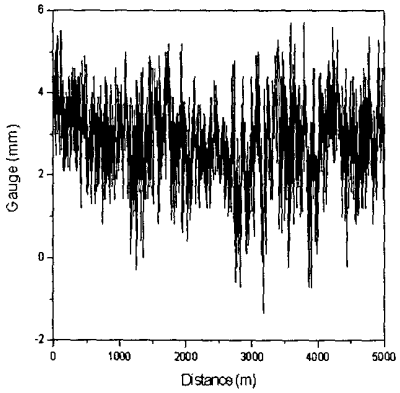


그림 3.6.2.7 경부고속철도 시운전 구간의 궤간 불규칙도

기존선 특정 구간 4km의 궤도특성은 다음과 같다. 좌우방향틀림은 -1mm 이동하여 ±4mm, 고저틀림은 ±6mm, 궤간틀림은 4mm가 넓혀져 있고 ±6mm 변동을 갖는 것으로 나타났다.

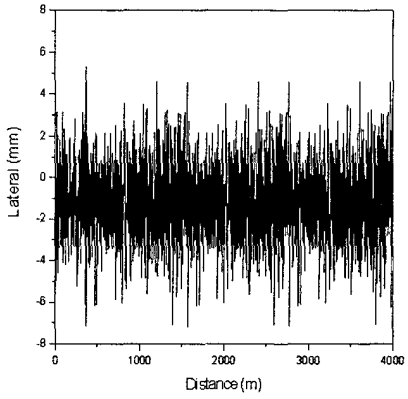


그림 3.6.2.8 호남선 특정 구간의 좌우 불규칙도

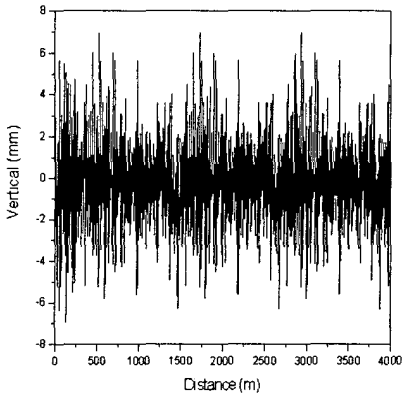


그림 3.6.2.9 호남선 특정 구간의 상하 불규칙도

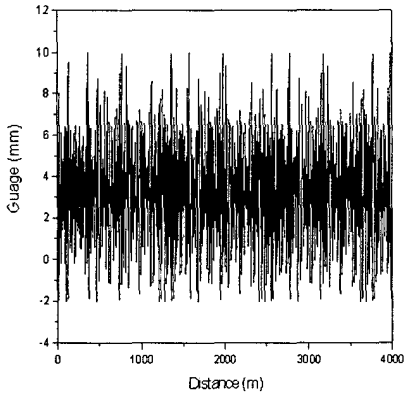


그림 3.6.2.10 호남선 특정구간의 궤간 불규칙도

마. 주행조건

동적거동 해석은 차량이 일정한 속도로 직선 및 곡선 주행하는 2가지의 경우에

대하여 해석을 수행하였다. 곡선 주행 해석을 위하여 경부고속철도 구간의 자료를 바탕으로 곡선 주로의 진입전까지의 거리는 500m이고, 곡선부 레일의 길이는 850m를 사용하였으며 최소 곡선반경은 7000m로 하였다. 회전의 바깥쪽 레일과 안쪽 레일 간의 수직 거리를 나타내는 켄트량(Cant)은 140mm 이다.

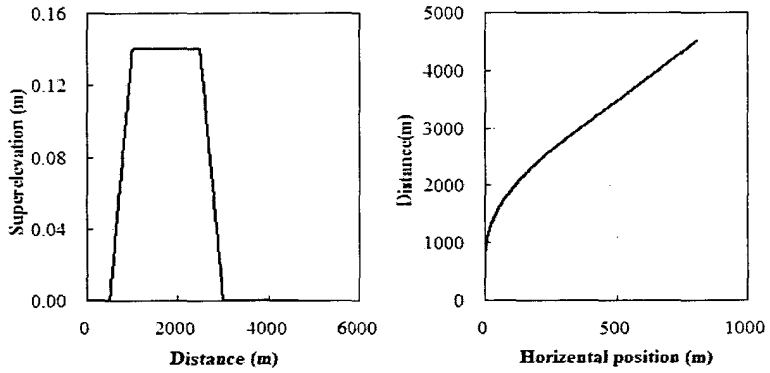


그림 3.6.2.11 곡선주로의 조건 (a) 캔트, (b) 주행 궤적

표 3.6.2.1 광명역~대전역 전용선 구간

곡선(㎞)	거리(㎞)	속도(㎞/h)	캔트(㎜)
7,000	14.627	300	100
8,000	13.875	300	100
10,000	1.705	300	100
15,000	1.569	300	70.8
합계	31.776		

·총구간 : 167㎞

·곡선구간 : 31.776㎞

·직선구간 : 122.343㎞

표 3.6.2.2 서대전 ~ 목포 기존선 구간 데이터 (상행)

곡선	서대전 ~ 익산			익산 ~ 목포		
	거리(m)	속도(㎞/h)	cant(mm)	거리(m)	속도(㎞/h)	cant(mm)′
400	2581	85	113	1384	85	130
500	2630	90	90	541	90	130
600	11063	100	130	688	100	130
700	1097	120	155	696	120	150
800	4336	130	155	14008	135	140
850	-	-	-	652	140	140
1000	-	-	-	3775	145	155
1200	2793	140	130	4884	145	130
1300	464	140	130	502	145	130
1400	1937	140	130	1828	145	130
1500	-	-	-	3518	145	130
1600	341	140	120	1836	145	130
2000	146	140	100	14072	145	110
2400	-	-	-	1952	145	100
2500	570	140	95.512	-	-	-
3000	-	-	-	5186	145	82.6
4000	-	-	-	505	145	62
5000	-	-	-	901	145	49.60
8000	-	-	-	586	145	30.01
합 계	27958			57514		

· 총구간 : 251.5㎞

· 곡선구간 : 85.472㎞

· 직선구간 : 166.028㎞

표 3.6.2.3 서대전 ~ 목포 기존선 구간 데이터 (하행)

곡선	서대전 ~ 익산			익산 ~ 목포		
	거리(m)	속도(㎞/h)	cant(mm)	거리(m)	속도(㎞/h)	cant(mm)
400	3028	85	130	-	-	-
500	3000	90	130	-	-	-
600	10568	100	130	-	-	-
700	1100	120	150	-	-	-
800	4069	130	155	13889	135	140
850	-	-	-	652	140	140
1000	-	-	-	3175	145	155
1200	2113	140	145	5013	160	155
1300	420	140	130	502	160	145
1400	1941	140	130	1768	160	130
1500	-	-	-	2672	160	130
1600	1327	140	120	1816	160	130
2000	83	140	100	14072	160	125
2400	-	-	-	1550	160	100
2500	912	140	92.5	-	-	-
3000	-	-	-	4698	160	100
4000	-	-	-	505	160	75.52
5000	-	-	-	886	160	60.4
8000	-	-	-	586	160	37.76
합계	28561			51784		

· 총구간 : 251.5㎞

· 곡선구간 : 80.345㎞

· 직선구간 : 171.155㎞

표 3.6.2.1는 광명역~대전역 사이의 전용선 구간에 대한 입력값이다. 표 3.6.2.2과

표 3.6.2.3는 서대전 ~ 목포 사이의 기존선 구간에 대한 각각 상행과 하행 입력값이다.

바. 해석 결과

동적거동 해석 결과는 그림 2.3.2.12 그림 2.3.2.13과 같다. 직선주로에서 축하중은 78KN으로 일정하며, 차륜과 레일의 접촉점도 궤도의 불규칙성에 의한 미소 변위를 무시하면 레일헤드의 중앙 부분에서 일정하게 나타난다. 곡선주로에서는 레일의 축하중은 원심력 및 캔트량의 차이에 의해 바깥쪽 레일은 71KN으로 직선주로와 비교할 때 감소, 안쪽 레일은 84KN으로 증가하며, 원심력에 의해 차륜이 바깥쪽으로 밀려 차륜과 레일의 접촉 위치가 좌측으로 이동함을 확인할 수 있다.

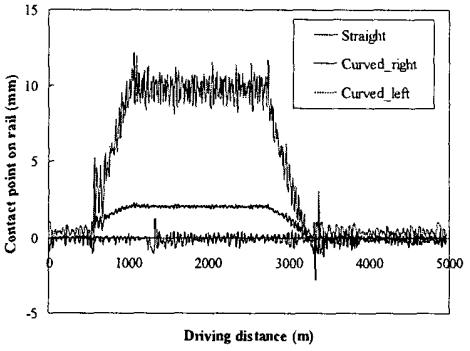


그림 3.6.2.12 차륜/레일 접촉점

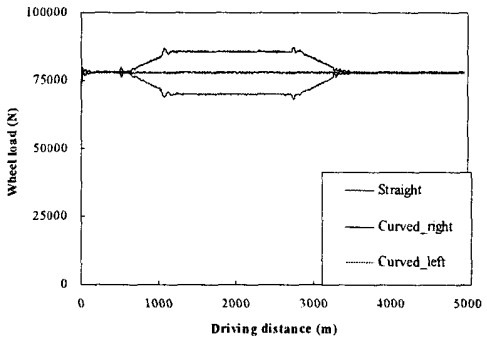


그림 3.6.2.13 윤중

3. 접촉문제해석

다물체 동역학 해석시에는 차륜과 레일간의 상호작용에 의해 철도차량의 가진원으로서의 역할을 하게 되며, 마모 해석이나 구름접촉 피로해석시에는 다물체 동역학 해석으로부터 얻은 접촉면에 작용하는 하중과 접촉 기하학 등이 주요 입력값으로 사용하여 국부적인 접촉 해석이 수행되어 진다.

1차년도에는 한국형 철도차량을 다물체 동역학으로 모델링하여 차량 주행시 발생되는 차륜-레일간 상호작용을 평가하기 위해 휠셋의 동역학적 거동에 의해 발생되는 강체 creep의 수학 모델을 정립하였고, Hertzian 접촉에 대한 국부적인 접촉면의 탄성 거동에 대한 수학 모델을 정립하였다. 또한 Kalker의 선형 이론을 적용하여 creep force를 계산하였다.

2차년도에는 Kalker의 simplified theory에 근거하여 차륜과 레일 사이의 접촉문제를 상세 조사하여 수학적으로 정립하였으며, 유한요소해석을 통해 탄소성 변형을 고려한 국부적인 접촉 해석을 수행하였다.

3차년도에는 앞선 연구를 전체적으로 정리하여 수행된 접촉문제 해석의 한계점을 파악하였으며, 또한 전용선, 기존선에 대한 구름접촉 피로해석을 위한 데이터를 얻는 데에 적용되었다. 또한 통합 프로그램의 개발을 위해 차륜과 레일간의 접촉의 기하학적 관계를 확립하여 코딩 중에 있으며, 이를 통해 FE 해석과 연계하기 위한 사용자 편의를 위한 GUI 환경을 구축하는 작업을 수행중에 있다.

가. Hertz' Contact Theory

접촉면의 경계인 타원형의 방정식에 사용되는 a와 b는 Hertz 접촉이론에 의하여 다음 식으로 구한다. [3]

$$a = n_a \sqrt[3]{3\pi P \frac{K_1 + K_2}{4K_3}}$$

$$b = n_b \sqrt[3]{3\pi P \frac{K_1 + K_2}{4K_3}}$$

여기서, $K_1 = \frac{1-\nu_1^2}{\pi E_1}$, $K_2 = \frac{1-\nu_2^2}{\pi E_2}$, $K_3 = \frac{1}{2}\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R'_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R'_2}\right)$,

$G = \frac{2G_1G_2}{G_1+G_2}$

P : total normal force

E1, E2 : 물체 1,2의 종탄성계수

R1, R2 : 물체 1,2 각각의 주 Rolling 반경

R'1, R'2 : 물체 1,2 각각의 Rolling에 수직되는 주 곡률반경

여기에 사용된 계수 na, nb는 K4/K3의 함수로, 곡률반경, R1을 포함하는 수직평면과 R2를 포함하는 수직평면사이의 각을 ψ라고 하면, K4와 θ는

$$K_4 = \frac{1}{2}\left[\left(\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R'_1}\right)^2+\left(\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R'_2}\right)^2+2\left(\frac{1}{R_1}-\frac{1}{R'_1}\right)\left(\frac{1}{R_2}-\frac{1}{R'_2}\right)\cos 2\psi\right]$$

$$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{K_4}{K_3}\right)$$

로 정의되며 이는 표 3.6.3.1에 나타나 있다.

표 3.6.3.1 계수 n_a, n_b [4]

Θ	n_a	n_b	Θ	n_a	n_b	Θ	n_a	n_b
0.5	61.40	0.102	10	6.604	0.311	60	1.486	0.717
1.0	36.89	0.131	20	3.813	0.412	65	1.378	0.759
1.5	27.48	0.152	30	2.731	0.493	70	1.284	0.802
2.0	22.26	0.169	35	2.397	0.530	75	1.202	0.846
3.0	16.50	0.196	40	2.136	0.567	80	1.128	0.893
4.0	13.31	0.219	45	1.926	0.604	85	1.061	0.944
6.0	9.79	0.255	50	1.754	0.641	90	1.000	1.000
8.0	7.86	0.285	55	1.611	0.678			

나. 크리이프(creep)와 크립력(creep force)

경계조건은 수직압력을 p, traction을 q라고 하면, 다음과 같다.

i) 점착 영역(stick zone)에서는 micro-slip의 속도가 0이며, traction의 크기는 마찰력보다 작아야 한다. 이는 다음 식으로 표현된다.

$$\dot{s}_x = \dot{s}_y = 0$$

$$|q(x,y)| \leq \mu p(x,y)$$

ii) 슬립 영역(slip zone)에서는 traction의 크기가 마찰력과 같아야 하며, traction의 방향은 micro-slip의 속도와 방향이 반대이어야 한다. 이는 다음 식으로 표현된다.

$$|q(x,y)| = \mu p(x,y)$$

$$\frac{q(x,y)}{|q(x,y)|} = -\frac{\dot{s}(x,y)}{|\dot{s}(x,y)|}$$

그러므로 위 식은 traction과 spin을 동반하는 3차원 탄성물체 사이의 구름 운동에서 크리이프를 정의한다.

다. Traction의 결정

마모 예측을 위해 타원형의 접촉면을 동일한 크기의 cell로 그림 2.3.3.1과 같이 이산화 하였다. 동적 거동 해석을 통해 얻은 차륜과 레일의 접촉면에 작용하는 longitudinal, lateral, spin creepage에 대한 정보를 가지고 접촉해석을 통하여 접촉의 선단부(leading edge)에서 뒤쪽까지 연속적으로 각 cell에서의 traction을 계산한다.

Kalker의 simplified thoery에서는 차륜과 레일의 접촉면에서 전단응력 대 전단변형율 관계를 단순화한 다음 접촉면을 strip으로 이산화하며, 다음으로 cell 사이의 상호 작용을 무시하면서 각 cell 내에서 단계적으로 traction을 구한다. 이 과정 중 매 strip의 접촉 선단부는 stick 이라 두고 접촉 후반부로 진행하면서 각 cell이 slip 영역에 진입하였는지를 점검한다.

지금부터, 각 cell에서 traction의 크기를 구하는 과정을 살펴보자.

구름 접촉의 simplified thoery에서 물체 a의 접선방향의 표면 변위 (u_α, v_α)와 물체 a에서의 접선방향 traction (p_x^a, p_y^a) 사이의 관계식은 다음과 같이 근사화될 수 있다.

$$(u^a,\ v^a) = L^a(p_x^a,\ p_y^a)$$

여기서, L_α는 유연성(flexibility)라고 불리는 매개변수이며, E_α를 물체 α의 탄

성계수라고 하면 1/Ea에 비유된다. 이것이 Simplified Thoery의 기본적인 가설이다.

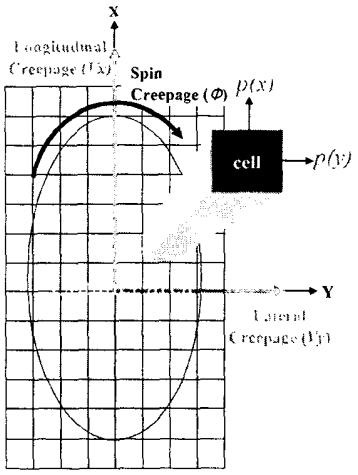


그림 3.6.3.1 국부적인 접촉

해석

선형 이론에서, 전체 접촉면 C에 대해 점착 영역 (stick area), H가 존재한다. 이때 $|(p_x, p_y)| < g$이며, 이것은 small traction에 해당한다.

정상상태 구름의 경우,

$$(0,0) = (s_x, s_y) = (v_x - \varphi y, v_y + \varphi x) - \partial(u,v)/\partial x$$

$$u = v_x x - \phi xy + k(y)$$

$$v = v_y x + \varphi x^2/2 + l(y)$$

simplified theory의 가설, (u,v) = L(px, py)로부터,

$$(p_x, p_y) = (v_x x - \varphi xy + k(y), v_y x + \varphi x^2/2 + l(y))/L, \quad inside\ C$$

$$= (0,0), \quad outside\ C$$

접촉의 선단부(leading edge)에서, $(p_x, p_y) = v_x a(y) - \varphi a(y) y + k(y) = 0$ 로 부터, $k(y) = -v_x a(y) + \varphi a(y) y$ 이다. 그러므로

$$p_x(x,y) = v_x[x - a(y)] - \varphi[x - a(y)]y/L, \quad inside\ C$$
$$= 0, \quad outside\ C$$

$$p_y(x,y) = v_y[x-a(y)] + \varphi[x^2 - a(y)^2]/2L, \quad inside\ C$$
$$= 0, \quad outside\ C$$

여기서, $C = \{(x,y,z) | z=0, (x/a)^2 + (y/b)^2 \leqq 1\}$, $a(y) = a\sqrt{1-(y/b)^2}$

위의 하중에 의한 전체 힘을 계산하면,

$$F_x = \int_{-b}^{b}\int_{a(y)}^{a(y)} p_x(x,y)dxdy = -8a^2bv_x/(3L)$$

$$F_y = \int_{-b}^{b}\int_{a(y)}^{a(y)} p_y(x,y)\,dxdy$$
$$= -8a^2bv_y/(3L) - \pi a^3b\Phi/(4L)$$

또한, 탄성 이론으로부터 구한 Fx와 Fy의 exact solution은 다음과 같다.

$$F_x = -abGC_{11}v_x$$

$$F_y = -abGC_{22}v_y - (ab)^{1.5}GC_{23}\Phi$$

여기서 Cij는 크리피지와 스핀 크리피지로서 (a/b)와 Poisson ratio v로부터 결정되며, G는 전단계수(modulus of rigidity)로 탄성계수 E와 v로부터 표현될 수 있다.

$$G = \frac{E}{2(1+\nu)}$$

simplified와 exact theory에서 다음과 같은 3개의 L값을 구할 수 있다. 이때 L값은 a/b에 민감하다는 점이 중요하다.

$$L_1 = \frac{8a}{3GC_{11}}, \quad L_2 = \frac{8a}{3GC_{22}}, \quad L_3 = \frac{\pi a^2}{4G\sqrt{ab}\,C_{23}}$$

위의 simplified theory를 이용하여 이산화된 각 strip의 cell내에서 traction의 크기 $p_x(x,y), p_y(x,y)$를 구할 수 있다.

표 3.6.3.2 크리피지와 스핀 계수

a/b	C11		C22		C23 = -C32		C33	
	v=0	0.5	v=0	0.5	v=0	0.5	v=0	0.5
0.1	2.51	4.85	2.51	2.53	.334	.731	6.42	11.7
0.2	2.59	4.71	2.59	2.66	.483	.809	3.46	5.66
0.3	2.68	4.80	2.68	2.81	.607	.889	2.49	3.72
0.4	2.78	4.82	2.78	2.98	.720	.944	2.02	2.77
0.5	2.88	4.83	2.88	3.14	.827	1.07	1.74	2.22
0.6	2.98	4.91	2.98	3.31	.930	1.18	1.56	1.86
0.7	3.09	4.97	3.09	3.48	1.03	1.29	1.43	1.60
0.8	3.19	5.05	3.19	3.65	1.13	1.40	1.34	1.42
0.9	3.29	5.12	3.29	3.82	1.23	1.51	1.27	1.27
1.0	3.40	5.20	3.40	3.98	1.33	1.63	1.21	1.16
1/.9	3.51	5.30	3.51	4.16	1.44	1.77	1.16	1.06
1/.8	3.65	5.42	3.65	4.39	1.58	1.94	1.10	.954
1/.7	3.82	5.58	3.82	4.67	1.76	2.18	1.05	.852
1/.6	4.06	5.80	4.06	5.04	2.01	2.50	1.01	.751
1/.5	4.37	6.11	4.37	5.56	2.35	2.96	.958	.650
1/.4	4.75	6.57	4.74	6.31	2.88	3.70	.912	.549
1/.3	5.57	7.34	5.57	7.51	3.79	5.01	.868	.446
1/.2	6.96	8.82	6.96	9.79	5.72	7.89	.828	.341
1/.1	10.7	12.9	10.7	16.0	12.2	18.0	.795	.228

라. Traction bound

Hertz 이론에 따라 수직방향 압력분포는 다음과 같다

$$p_z(x,y) = Z_0\sqrt{1-(x/a)^2-(y/b)^2}$$

여기서 Z0는 상수이고, 압력은 반타원체이다.

simplified thoery는 Hertz 이론과 유사하지만 중대한 차이가 있다. Hertz 이론에서 a와 b를 취한 후 압력분포를 제곱근을 생략한 꼴로 수정한다.

$$p_z' = Z_0'\{1-(x/a)^2-(y/b)^2\}$$

Z0는 Hertz theory로부터 얻어지며, Z'0는 수정되어야 한다. 이때 전체 압축력 Fz와 Fz'는 동일하여야 하므로

$$F_z = \int\int_C Z_0 \sqrt{1-(x/a)^2-(y/b)^2}dxdy = 2\pi ab Z_0/3 \;\Rightarrow Z_0 = \frac{3F_z}{2\pi ab}$$

$$F_z' = \int\int_C Z_0'\{1-(x/a)^2-(y/b)^2 dxdy = \pi ab Z_0'/2 \;\Rightarrow Z_0' = \frac{2F_z}{\pi ab}$$

와 같다. 압력분포식으로 정리하면

$$p_z(x,y) = \frac{3F_z}{2\pi ab}\sqrt{1-(x/a)^2-(y/b)^2}$$

$$p_z'(x,y) = \frac{2F_z}{\pi ab}\{1-(x/a)^2-(y/b)^2\}$$

두 식 모두 traction bound $g = fp_z$에 사용될 수 있다. simplified thoery를 사용할 경우에는 일관성을 위해 p'z를 사용하는 것이 좋을 것이다.

4. 유한 요소 해석

일반적으로 두 물체의 접촉문제 해석을 위해서는 Hertz 방법이 이용된다. Hertz 방법의 해석 모델은 선형-탄성이며, 접촉면 사이에는 어떠한 마찰도 없다. 또한, 접촉은 half-space로 가정한다. half- space 가정은 접촉면의 기하학적 치수가 각 물체의 상대적인 곡률반경과 비교해서 상당히 작다는 접촉상의 기하학적인 제한을 준다. 이러한 Hertz 방법은 접촉 부에서의 해석적인 해의 도출 및 경향 파악이 상대적으로 간편하고, 연산시간이 짧다는 장점을 보인다. 또한 상대적으로 차륜에 많은 마모가 발생하는 것을 기준으로 이를 잘 표현할 수 있다.

그러나, 차륜과 레일의 접촉과 같이 작은 접촉 면적에 큰 수직 압력이 작용하는 경우 재료는 소성 거동을 할 수 있으며, 탄성 가정이라는 Hertz 방법의 사용에는 한계가 있을 수 밖에 없다. 또한 차륜과 레일의 접촉이 레일 게이지 부근에서 발생할 경우 접촉반경이 매우 작은 것으로 알려져 있어 half-space 가정은 의문시 된다.

따라서, 본 연구에서는 접촉점의 위치에 따른 기하학적 형상과 재료의 탄소성 변형을 고려한 유한요소 해석을 수행하고, 그에 따른 접촉면적과 접촉 압력의 변화를 Hertz 이론과 비교 하였다.

가. 해석 모델

차륜과 레일간의 접촉문제 해석을 위해 3차원 8절점 유한요소 모델을 사용하였다. 한국형 고속전철의 차륜과 UIC60 레일로 구성된 접촉문제 해석 모델은 그림 2.3.3.11과 같으며, 해석 시간의 단축과 효율성을 위해 실제 해석에서는 적절한 경계조건과 함께 차륜의 일부만을 사용하였다. 해석 모델의 약 38,700개의 3차원 요소로 구성되었으며, 접촉 문제 해석을 위해 사용된 Contact tolerance는 0.01mm, 마찰 계수는 0.25이다.

해석에는 ABAQUS/Standard ver. 6.3을 사용하였으며, 서울대학교 공과대학에 구축된 클러스터 시스템에서 약 8시간의 해석시간이 소요되었다.

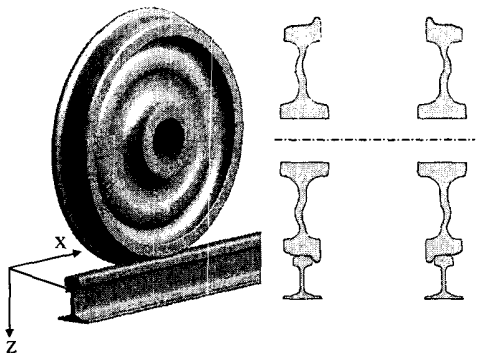


그림 3.6.4.1 FE 해석을 위한

차륜/레일 전체 모델

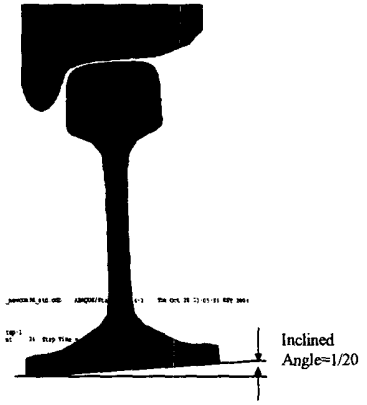


그림 3.6.4.2 FE 해석을 위한

차륜/레일 접촉 모델

표 3.6.4.1에는 차륜과 레일의 물성치를 나타내었다. 모두 특수 처리된 철강이 사용되기 때문에 항복 응력이 일반 강의 2배이상 높은 480-660 MPa에 이른다.(그림 3.6..4.3)

표 3.6.4.1 차륜/레일 접촉해석을 위한 재료 특성

Material properties	Numerical values	
	Wheel	Rail
Young's modulus E (Gpa)	210	210
Possion's ratio ν	0.3	0.3
Mass density ρ (kg/m^3)	7,800	7,800
Yield strength σ_y (pa)	$6.6X10^8$	$4.8X10^8$

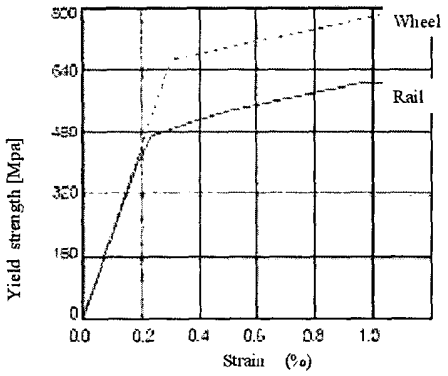


그림 3.6.4.3 응력-변형률 특성 곡선

나. 유한요소 해석 조건

일반적으로 철도차량의 주행조건은 크게 직선주행과 곡선주행의 두 가지로 나뉘며, 각 주행조건에서 차륜과 레일간의 접촉위치 및 수직 하중에 차이가 있어 접촉면의 형상 및 접촉 압력분포의 변화를 유발한다. 따라서, 본 연구에서는 직선 주로와 곡선 주로에서 동적 거동해석을 통하여 얻은 차륜과 레일간의 접촉점의 위치와 수직 하중의 차이에 따라 세가지 경우로 나누어 해석을 수행하였으며, 해석 조건은 Table. 3.2와 같다. 직선주로에서는 차륜과 레일의 접촉위치 및 수직 하중이 좌우측에서 동일하게 발생하므로 좌측의 경우에 대해서만 해석을 수행하였다.

표 3.6.4.2 FE 해석 조건

		Axle Load (N)	Contact Point
Straight		78,000	Rail head center
Curved	Left	71,400	12mm (on the left of rail head center)
	Right	86,000	3mm (on the left of rail head center)

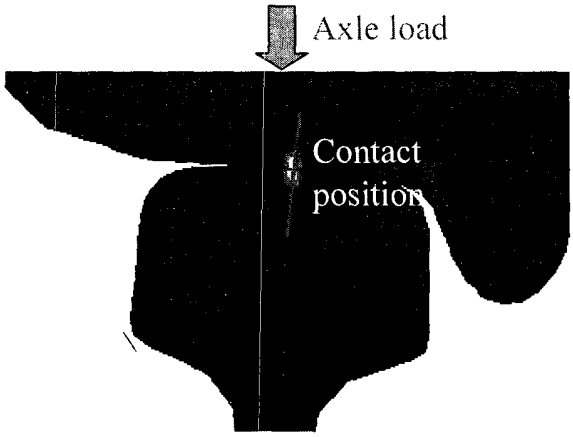


그림 3.6.4.4 FE 해석의 접촉 조건 (직선 궤도)

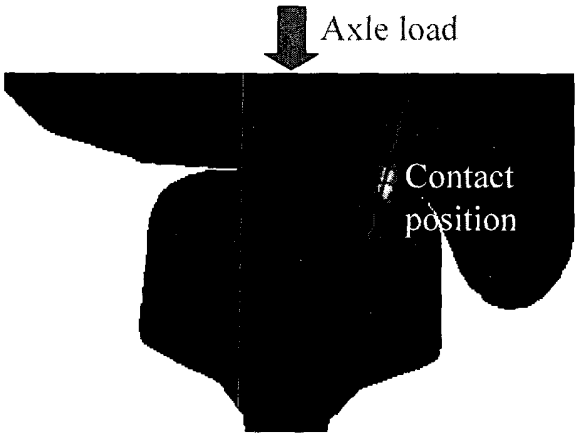


그림 3.6.4.5 FE 해석의 접촉 조건 (곡선 궤도 - 좌측륜)

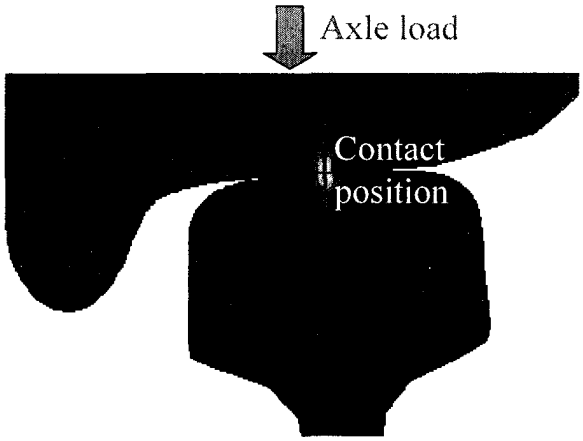


그림 3.6.4.6 FE 해석의 접촉 조건 (곡선 궤도 - 우측륜)

다. 유한요소 해석 결과

(1) Von Mises Stress 분포

차륜 및 레일의 항복응력이 각각 660Mpa, 480Mpa임을 고려해볼 때, 두 물체의 접촉면에서 접촉응력을 살펴보면 각 경우에 따라 영역의 차이는 있지만, 모든 경우에 국부적으로 소성거동을 하고 있다는 것을 그림 3.6.4.7 ~ 그림 3.6.4.9 에서 확인할 수 있다. 또한, 차륜과 레일의 접촉이 차륜의 플랜지 및 레일의 게이지 쪽으로 치우쳐서 발생하는 곡선 구간의 바깥쪽 레일의 경우 소성 거동을 하는 영역이 상대적으로 크다는 것을 알 수 있다.

표 3.6.4.3 FE 해석의 결과 (응력 분포)

Analysis result		Contact position		
		Straight	Curved_left	Curved_right
Max.Mises Stress[Mpa]	Wheel	657	826	698
	Rail	498	689	581

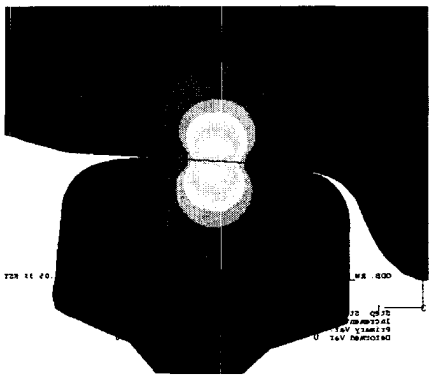


그림 3.6.4.7 Mises Stress distribution (직선 궤도)

이와같은 결과는 큰 수직 항력이 작은 접촉 면적에 작용하는 차륜과 레일의 접촉 문제를 해석함에 있어서, 소성을 고려한 유한 요소해석을 이용하여 얻은 결과가 Hertz 방법을 통한 결과 보다 현실적일 수 있다는 것을 예측할 수 있게 해준다.

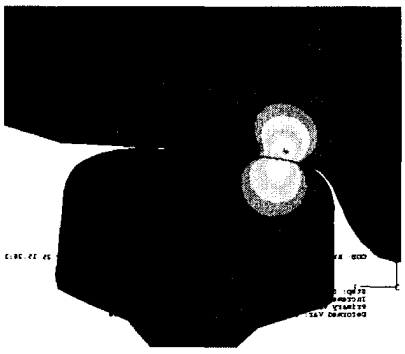


그림 3.6.4.8 Mises Stress distribution (곡선 궤도 - 좌측륜)

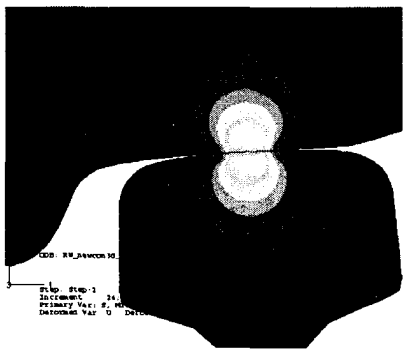


그림 3.6.4.9 Mises Stress distribution (곡선 궤도 - 우측륜)

(2) 접촉 압력분포

그림 3.6.4.10은 차륜과 레일의 접촉면 형상 및 압력분포를 접촉 평면에서 보여준다. 직선 및 곡선구간에서 차륜의 답면과 레일 헤드 부근에서 접촉이 일어나는 경우(straight, curved_right) 접촉 형상은 뚜렷한 타원형의 형태를 띄고 있다. 하지

만, 곡선 구간에서 바깥쪽 레일(curved left)의 경우 접촉이 차륜의 플랜지와 레일 게이지쪽에서 일어나면서 압력이 레일 폭 방향으로 좁고 진행 방향으로 길게 분포하고 있으며, 접촉 압력의 크기도 다른 경우에 비해 크게 나타나고 있음을 표 3.6.4.4로부터 알 수 있다.

표 3.6.4.4 FE 해석 결과 (접촉압력 분포)

Analysis result	Contact position		
	Straight	Curved_left	Curved_right
Max.Contact Pressure[Mpa] (FE analysis)	947	1386	974
Max.Contact Pressure[Mpa] (Hertz theory)	1064	1893	1114

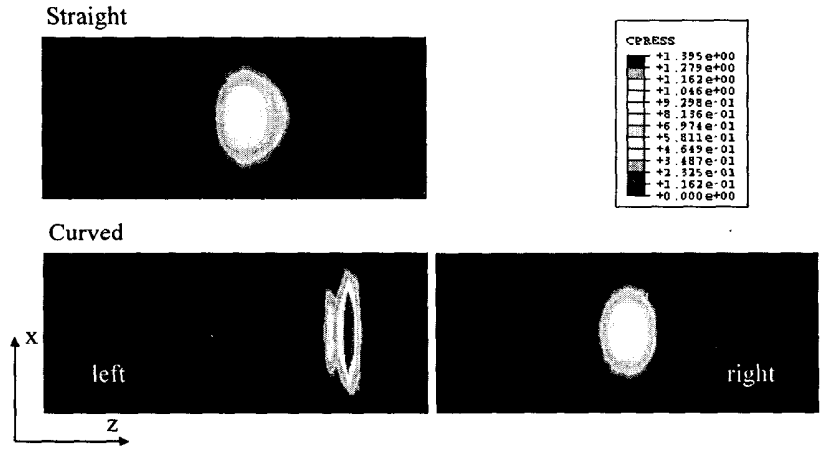


그림 3.6.4.10 접촉압력 분포

그림 3.6.4.11, 그림 3.6.4.12는 직선 주로에서 진행 및 폭 방향에 대한 접촉 압력 분포를 보여주고 있다. Hertz방법에 비해 유한 요소 해석결과에 따른 압력이 전체적으로 낮고 넓게 분포하고 있으나, 거의 유사한 형태를 띄있다는 것을 확인할 수 있다. 또한, 재료가 소성 거동을 함에따라 최대 접촉 압력이 나타나는 부분 주위에서 미소하게 압력이 평탄하게 분포하고 있다는 것을 확인할 수 있다.

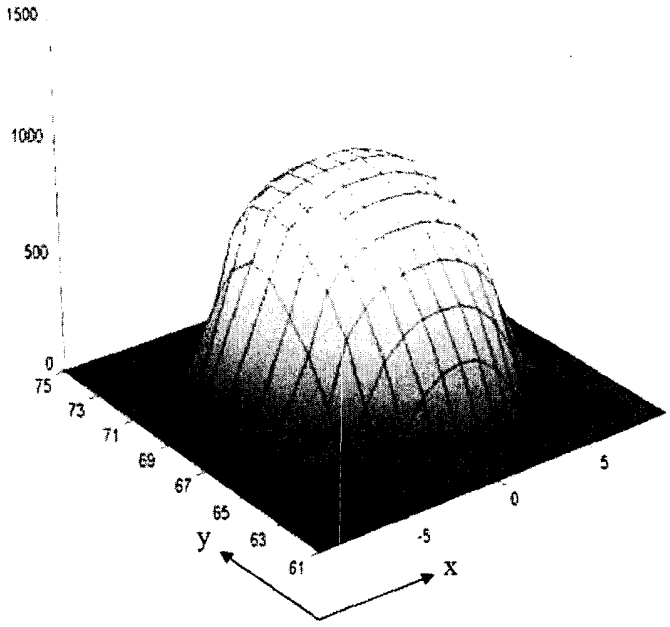


그림 3.6.4.11 접촉압력 분포 (직선 궤도)

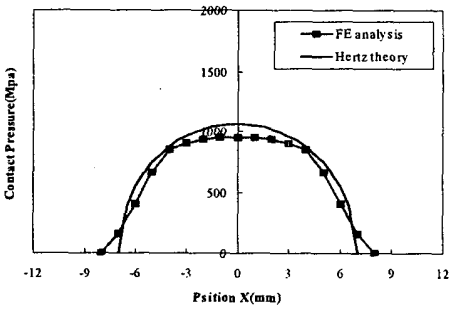


그림 3.6.4.12 종방향 접촉압력 분포 (직선궤도)

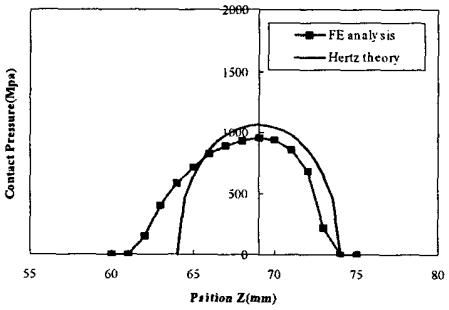


그림 3.6.4.13 횡방향 접촉압력 분포 (직선 궤도)

그림 3.6.4.14 ~ 그림 3.6.4.16은 곡선 주로의 안쪽 레일에서 3차원 압력분포, 진행 및 폭 방향에 대한 접촉 압력 분포를 보여주고 있으며, 차륜과 레일의 접촉 위치가 직선 주로의 경우와 거의 유사하여 압력 분포 형태도 유사하게 나타나고 있음을 확인할 수 있다.

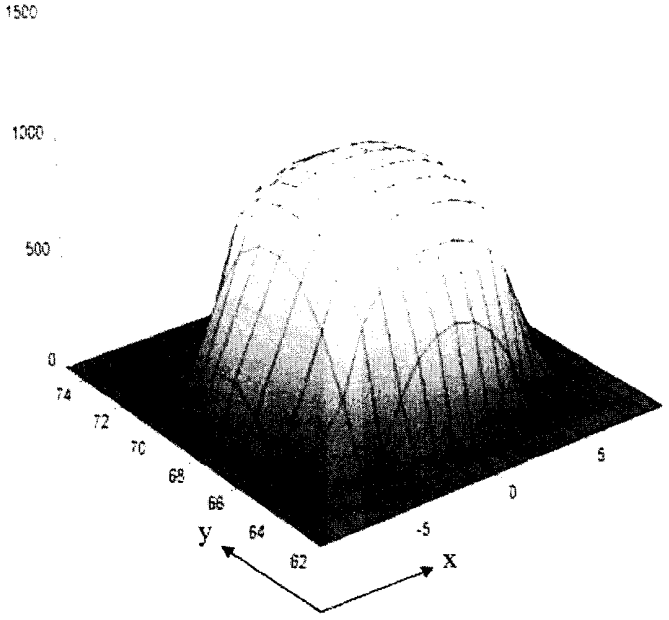


그림 3.6.4.14 접촉 압력 분포 (곡선궤도 - 우측륜)

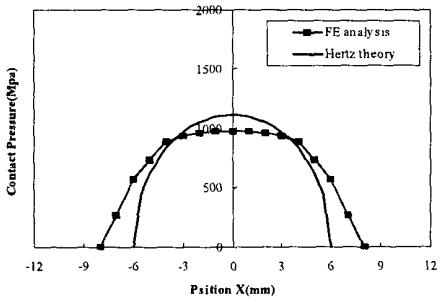


그림 3.6.4.15 종방향 접촉압력분포
(곡선궤도 - 우측륜)

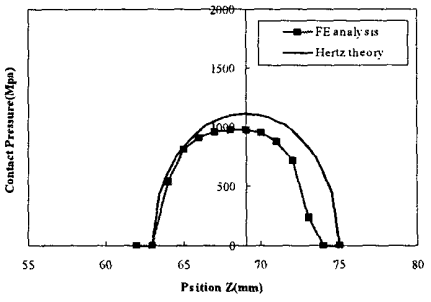


그림 3.6.4.16 횡방향 접촉압력 분포
(곡선궤도 - 우측륜)

곡선 주로의 바깥쪽 레일의 경우는 상대적으로 곡률 반경이 작고 복잡한 형태를 가지는 차량의 플랜지와 레일 게이지쪽에서 접촉이 발생됨에 따라 압력분포 형태가 앞의 두 경우와 비교할 때 좁은 면적에 높은 압력값을 보이며, Hertz 방법과 비교하여 압력 분포 차이도 상대적으로 크게 나타나고 있다는 것을 그림 3.6.4.17 ~ 그림 3.6.4.19로부터 확인할 수 있다. 또한, 접촉 면적이 좁아져 최대 압력의 크기가

다른 경우에 비하 크게 증가하였으며, 재료의 소성 거동 영역이 커져 최대 압력값 주위에서 거의 일정한 값의 압력이 비교적 넓은 면적에 분포하고 있다는 것을 알 수 있다.

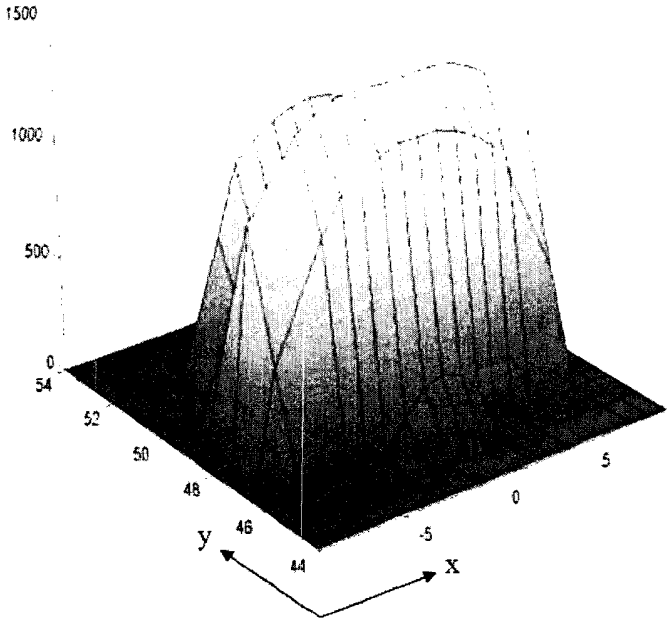


그림 3.6.4.17 접촉압력 분포 (곡선궤도 - 좌측륜)

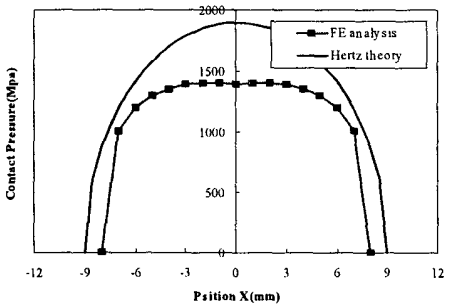


그림 3.6.4.18 종방향 접촉압력 분포
(곡선궤도 - 좌측륜)

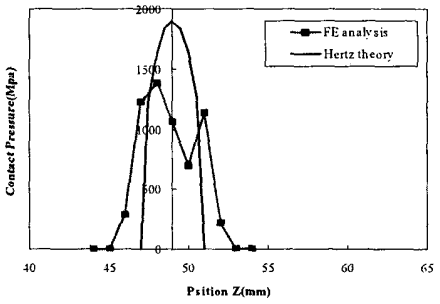


그림 3.6.4.19 횡방향 접촉압력분포
(곡선궤도 - 좌측륜)

라. Stick 및 Slip의 판별

동적 거동 해석과 Kalker의 Simplified Theory에 의해 차륜과 레일의 접촉면과 위치에 작용하는 하중과 traction에 대한 정보를 얻었으며, 차륜과 레일의 접촉면 형상 및 압력 분포는 유한요소 해석을 통하여 구하였다.

마모 예측을 위해 이산화된 차륜과 레일 접촉면의 각 cell에서 유한요소 해석 및 접촉문제 해석을 통하여 얻은 traction 및 압력등의 정보를 이용하여 stick/slip 영역을 판별한다. 각 cell에서 stick/slip 영역의 판별은 미끄럼과 구름 운동의 정의에 따라 각 요소에 작용하는 전단력이 마찰력보다 작은 경우 접촉 영역에서 접착 현상이 발생하게 되며, 마찰력과 전단력이 동일한 크기를 가지게 될 때 미끄럼 운동이 발생하게 됨을 판단의 근거로 하며, slip 영역에서는 slip의 크기와 방향이 결정된다. (그림 3.6.4.20)

좁은 접촉 면적에 큰 수직 하중이 작용하는 차륜 및 레일의 접촉면에서 재료는 국부적인 소성 변형을 일으켜 접촉 압력의 감소와 접촉 면적의 증가를 초래한다. 따라서, 철도 차량의 접촉 문제 해석에 있어서 복잡한 기하학적 형상표현의 어려움 및 탄성 가정이라는 단점을 가지는 Hertz 이론과 비교할 때, 소성을 고려한 유한요소 해석을 이용하여 보다 현실적인 결과를 얻을 수 있음을 앞장에서 확인하였다.

직선 및 곡선주로의 각 경우에 차륜과 레일의 접촉면에서의 slip영역을 구하였으며, 그 중에서 직선 주로에서의 결과는 그림 3.6.4.21 과 같다. 상대적으로 접촉 압력이 넓은 면적에 낮게 분포하는 유한요소 해석 결과를 바탕으로 접촉문제 해석을 수행한 결과 Hertz theory를 이용한 경우보다 slip영역이 전체적으로 증가하였음을 확인할 수 있다. 이는 strip으로 이산화된 각 cell에서 traction의 크기는 일정한 반면 두 방법에 있어서 유한 요소 해석 결과를 통하여 얻은 마찰력이 상대적으로 작고, 접촉 면적이 넓어 짐에 따라 slip 영역으로 판별되는 cell의 수가 많아짐으로써 나타난 결과이다.

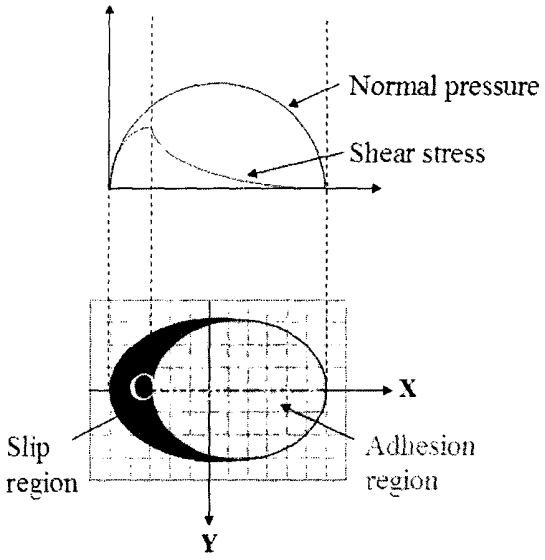


그림 3.6.4.20 압력과 전단 응력의 개략적

도시

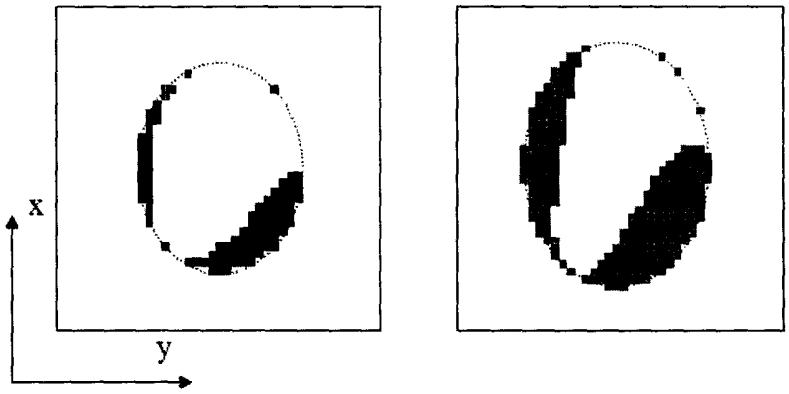


그림 3.6.4.21 접촉면에서의 점착/슬립 영역 (직선궤도);(a)

Hertztheory, (b) FE analysis

5. 마모해석

철도 차량의 차륜과 레일과 같이 구름 접촉하는 두 물체는 다양한 하중과 기상조건에서 상대적인 미끄럼 운동의 결과, 고체의 접촉 표면으로부터 그 물체의 일부가 떨어져 나가는 마모현상을 동반한다. 이러한 차륜 및 궤도의 마모 손상에 대해서 신뢰성을 유지할 수 있는 방법을 고안하여 안전한 운행을 보장할 수 있도록 하는 기준을 제시하고 유지 관리하는 것이 필요하다.

차량의 차륜과 레일의 형상 변화는 차량 유지 비용을 현격히 증가시키는 요소이다. 이러한 형상 변화의 주요인으로 소성 변형과 마모를 언급할 수 있다. 철도 차량의 운동 특성상 반복적이고 주기적으로 차륜과 레일에 가해지는 과대한 하중은 재료내의 탄·소성 변형을 유발하게 되며 이러한 변형은 재료 내부에 축적되는 특성을 보인다. 차륜과 레일의 접촉부에서는 미끄럼과 구름이 같이 일어나는데 일반적으로 평탄한 곳에서는 차륜 답면(wheel tread)와 레일의 헤드(rail head) 사이의 접촉이 발생하여 비교적 마모량이 적고 그 형태가 안정된 경마모(mild wear)가 발생하고 그 결과 매끄러웠던 원래 표면이 마모 후 더 매끄럽게 되는 안정적인 현상이 발생한다. 그러나 곡선 주로나 동적 거동 해석 언급하였던 많은 불규칙성에 의해서 차륜의 플랜지(wheel flange)와 레일의 게이지(rail gauge) 사이의 접촉이 발생하면 급격한 마모(severe wear)가 발생하게 되고 원래의 표면보다 작용 후 거친 면이 생성된다. 후자의 경우 재료의 일부분이 떨어져 나가 버리는 seizure 현상이 자주 발생되는 것으로 알려져 있으며 재료의 급격하고도 치명적인 손상을 동반하는 경우가 많다. 이러한 현상은 휠 형상의 conicity 에 의하여 발생하는 것이며 차륜의 플랜지와 레일의 게이지에 큰 형상 변화를 유도할 뿐만 아니라 접촉면에서의 미끄럼 운동을 증대하여 마모를 더욱 증가시키는 악순환의 결과를 야기한다. 일반적으로는 차륜과 레일 사이의 수직 하중이 증가할수록 미끄럼 영역이 증가하고 점착 영역이 감소하는 것으로 알려져 있으며, 일정 수치로 가까이 갈수록 전 영역에서 점착 영역은 없어지고 미끄럼 영역만이 발생하게 된다. 또한 그 반경의 차이로 인하여서도 차륜의 답면(tread)와 레일 헤드(head) 사이의 접촉에서는 미끄럼과 구름이 동시에 일어나지만 레일의 게이지와 차륜의 플랜지 접촉에는 미끄럼이 주로 일어난다는 사실은 잘 알려져 있다.

차륜과 레일 사이에서 발생하는 마모 현상은 차량 주행에 따른 동적 효과에 기인한 것으로 매우 복잡한 메커니즘을 가지고 있으나, 일반적으로 미끄럼 마모(응착/연삭 마모), 표면 피로와 충격 등에 의한 마모가 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 차륜과 레일 사이의 여러 가지 마모 메커니즘 중 미끄럼 마모 현상을 기준으로 차륜과 레일의 접촉면 에서의 마모량을 예측 하였다. 차륜과 레일 사이에 미끄럼 마모에 주된 영향을 미치는 연삭과 응착에 대한 해석을 통하여 접촉면에서 발생하는 마모량을 예측할 것이다.

마모 예측을 위해 필요한 매개변수들은 차량 동적 거동 해석 결과로부터 종방향, 횡방향, 스핀 크리피지, 크리프 계수를 구하였고, 접촉 면에서의 접촉 문제 해석을 통하여 마모가 발생하는 위치에서의 접촉 면적 및 압력 분포를 얻었다. 이러한 매개변수들을 바탕으로 미끄럼 마모의 두 가지 주요 발생 메카니즘인 응착과 연삭 마모량을 정량적으로 잘 설명한 Archard wear equation을 이용하여 차륜과 레일의 접촉부에서의 마모깊이 및 마모량을 계산하였다. 또한, 마모 발생 위치에서의 마모량 계산을 통하여 차륜과 레일의 표면 profile의 변화를 예측할 수 있다.

순수하게 미끄럼에 의한 효과를 짐작하기 위한 각종 계수(마찰계수, 마모계수)는 pin-on-disk(또는 twin-disc) 시험 장치로 구해낼 수 있으며, 미끄럼과 구름이 같이 있는 경우에는 two roller test(disk-on-disk)를 사용하여 각종 현상을 구현해 낼 수 있다. 이러한 실험장치는 마모를 예측하는 시뮬레이션 도구를 개발하기 위해서 반드시 필요한 장비이며 환경이나 상황에 크게 영향을 받는 마모 현상의 경우 그 필요성을 재삼 강조할 필요가 없을 정도이다.

1차년도에는 Archard wear equation의 주된 마모 메카니즘인 응착 마모에 대한 수학적 모델을 유도하였으며, 이것으로부터 마모지수를 이용하여 시험선 구간에서의 차륜의 마모량을 구하였다.

2차년도에는 Simplified Theory에 기초하여 점착 및 슬립 영역을 cell로 나누어서 마모 분포를 구하였으며, Hertzian 접촉으로 가정한 경우와 FE 해석을 통해 얻어진 경우에 대해 마모 분포를 비교하였다.

3차년도에는 전용선 구간 및 기존선 구간에 실제 적용하여 각 궤도 및 주행조건에 따라 마모 분포를 비교하였다. 이를 통해 차륜의 마모된 단면형상을 얻는 작업을 수행중에 있으며 추후 마모된 단면형상이 차량의 거동에 미치는 영향에 대해

조사할 예정이다. 결과적으로 차륜과 레일의 마모를 최소화하는 차륜을 설계하거나, 철도차량 현가장치를 최적화하고 차륜의 재삭정 등의 유지 보수 계획를 수립하는 방안을 얻을 예정이다.

가. 미끄럼 마모

일반적으로 철도 차량의 차륜과 레일 사이에서 발생하는 마모 현상은 미끄럼 마모(응착/연삭 마모), 표면 피로와 충격 등에 의한 마모가 큰 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 이러한 차륜과 레일 사이의 여러 가지 마모 메커니즘 중 차륜과 레일 사이에 미끄럼 마모에 주된 영향을 미치는 연삭과 응착에 대한 해석을 통하여 접촉면에서 발생하는 마모량을 예측하였다.

미끄럼 마모 해석을 통하여 접촉문제 해석으로부터 구분된 slip 영역의 각 cell에서 마모량을 계산하는 과정을 살펴보자.

차량의 주행속도와 동적거동 해석을 통하여 얻은 접촉면에서의 creepage 및 spin값을 이용하여 각 cell에서의 미끄럼 속도를 아래와 같이 구할 수 있다. 여기서 재료의 탄성변형에 의한 상대속도항은 0로 간주한다.

$$\bar{v}_{slip} = V_{vehicle}\left[\begin{bmatrix} v_x - v_\phi y \\ v_y + v_\phi x \end{bmatrix} - \frac{\partial \bar{u}(x,y)}{\partial x}\right]$$

각 cell에서의 미끄럼 속도를 이용하여 요소별 미끄럼 거리를 계산하면,

$$S = |\bar{v}_{slip}| \frac{\Delta x}{V_{vehicle}}$$

위에서 구한 값들을 이용하여 Archard wear equation을 사용하여 각 단위 cell당 마모량을 구하며, 접촉면적 전체에 대하여 cell당 마모량을 적분하면 총 1회 접촉당 마모량을 얻는다.

$$\Delta Z = K \frac{|s| P}{H}$$

여기서, H는 재료의 경도, 접촉부에서의 P는 압력을 나타낸다.

접촉 면적 전체에 대하여 위에서 구한 요소별 마모량을 적분하면 총 1회 접촉당

총 마모량을 구할 수 있다.

$$V_w = K\frac{sN}{H}$$

이러한 과정을 거쳐 구한 1회 접촉당 마모량을 단위 계산 시간만큼 각 마모 지점별로 합산하거나 또는 거리에 대하여 합산하면 우리가 구하는 일정 시간 또는 일정 거리 운행 후의 wheel의 마모량 및 표면 profile 변화량을 예측해 볼 수 있다.

나. 마모 해석 결과

(1) 고속철도 시험구간에서의 Hertz 이론과 FE 해석의 마모 예측 비교

일단 slip 영역으로 판별된 단위 cell에서의 마모량은 Archard 마모식으로부터 압력에 비례하여 증가한다는 것을 알 수 있다. 하지만, 접촉 압력이 마찰력에 비례하기 때문에 접촉문제 해석을 통하여 판별할 수 있는 마모가 발생하는 slip영역은 압력이 낮을수록 그 범위가 넓어진다는 것을 앞 절에서 확인할 수 있었다. 이것은 단순히 마찰부에서의 압력값의 크기 차이만을 가지고 정량적으로 마모량의 크기를 판단할 수 없다는 것을 말해준다. 따라서, 본 연구에서 대상으로 한 철도 차량의 경우 접촉면에서 재료가 소성거동을 함에 따라 Hertz theory와 소성을 고려한 3차원 유한요소 해석을 통하여 구한 접촉 면적 및 접촉압력 분포의 차이가 발생한다는 결과만을 가지고는 두 방법에 있어서 차륜 마모량의 대소를 판단하기는 힘들다.

하지만, 차륜 단면방향으로의 전체 마모 깊이 및 마모량을 구함으로써 세 경우 모두에 있어서 소성을 고려한 유한요소 해석 결과를 이용하여 구한 마모 예측 값이 커진다는 것을 그림 3.6.5.1 ~ 그림 3.6.5.4에서 확인할 수 있다.

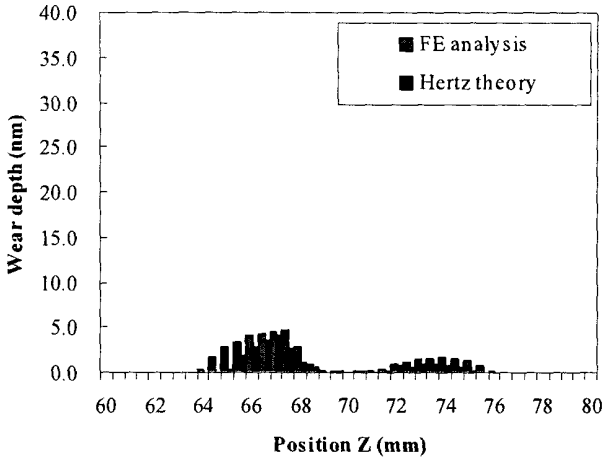


그림 3.6.5.1 접촉점에서의 마모 깊이 (직선 궤도)

또한, 마모 예측 결과를 바탕으로 마모가 발생하는 각 cell에서 접촉 압력값의 상대적인 차이보다 소성 변형에 의한 접촉면적의 증가와 접촉 압력 감소에 따른 마모발생 영역(slip region)의 증가가 차륜의 마모량에 미치는 영향이 크다는 것을 확인할 수 있다.

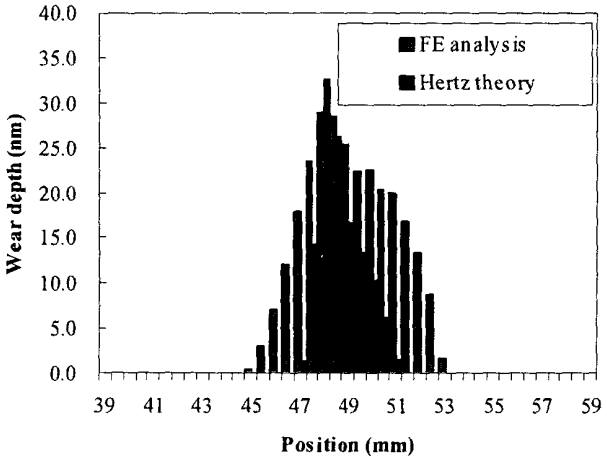


그림 3.6.5.2 접촉점에서의 마모 깊이 (곡선궤도 - 좌측륜)

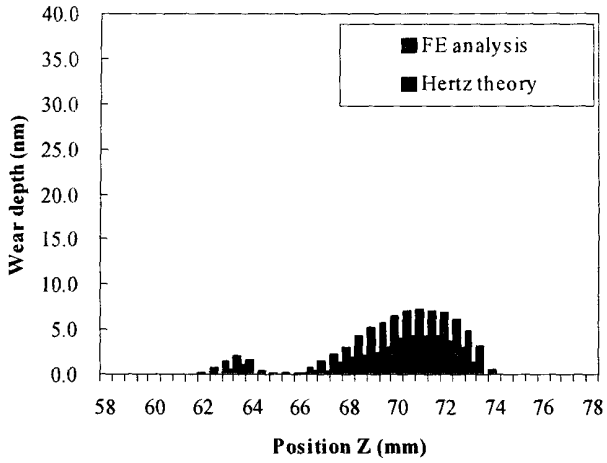


그림 3.6.5.3 접촉점에서의 마모 깊이 (곡선궤도 - 우측륜)

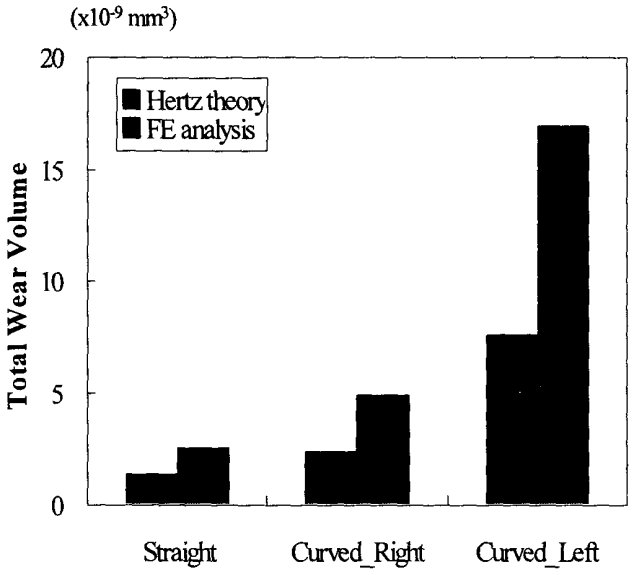


그림 3.6.5.4 총 마모체적

(2) 전용선(광명-대전) 구간과 기존선(호남선) 구간에서의 마모 예측

(가) 전용선 구간에서의 마모 분포

표 3.6.2.1의 주행 조건을 입력으로 동력차의 첫 번째 대차의 오른쪽 차륜에 대한

마모 해석을 수행하여 얻은 결과중 일부를 그림 3.6.5.5~6에 도시하였다.<곡선 궤도 구간 오른쪽 차륜>

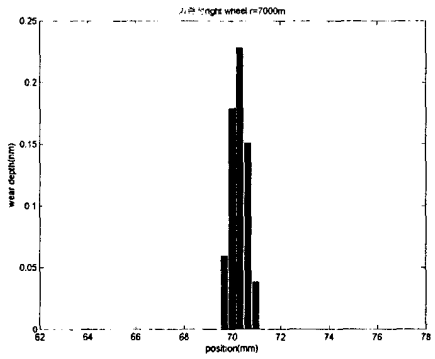


그림 3.6.5.5 R=7000m일 때 마모분포

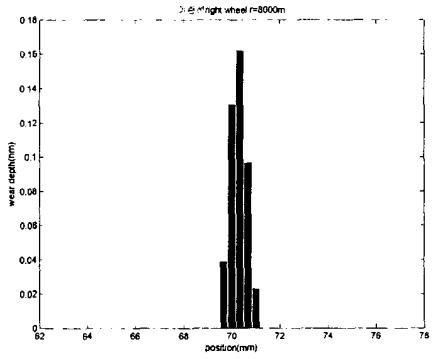


그림 3.6.5.6 R=8000m일 때 마모분포

(나) 기존선 구간에서의 마모분포

표 3.6.2.2 , 표 3.6.2.3 의 주행조건을 입력으로 동력차의 첫 번째 대차의 왼쪽 차륜과 오른쪽 차륜의 직선 궤도구간을 주행했을 때의 마모 해석을 수행한 결과중에서 일부를 그림 3.6.5.7~.8에 도시하였다. 각 회전반경 마다 주행속도가 다르기 때문에 몇가지 예외는 있으나 전용선과 마찬가지로 회전반경이 커질 때 반비례하여 마모량이 작아지는 경향이 있다. 또한 전용선과 비교해서 상당히 작은 마모량을 보이고 있는 점은 주행속도가 낮기 때문에 접촉상태의 대부분이 점착 상태가 되어 마모량이 줄어드는 것으로 생각된다.

<곡선 궤도구간 왼쪽 차륜 - 상행>

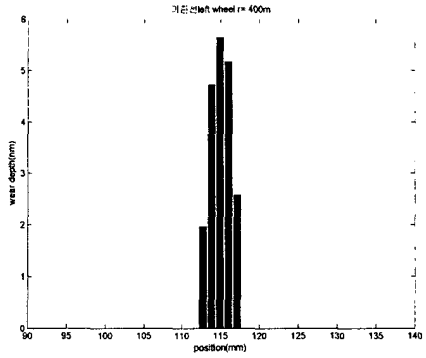


그림 3.6.5.7 R=400에서의 마모 분포

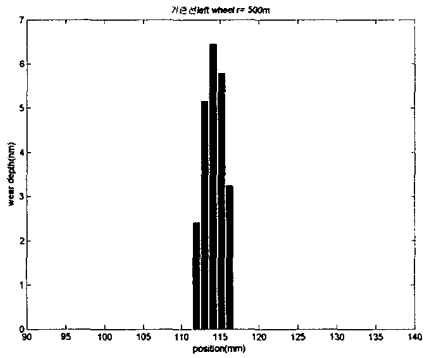


그림 3.6.5.8 R=500에서의 마모 분포

6. 철도차량 차륜의 구름접촉 피로해석

접촉면에서의 점착력(tractive forces)는 마찰 상태, 차륜과 레일의 단면형상, 캔트 부족, 궤도 회전반경, 윤중, 축거, 현가장치 매개변수를 포함한 넓은 범위의 인자에 의해 지배된다. 종방향과 횡방향 크리피지는 표면 피로의 비율과 위치에 영향을 끼친다(그림 3.6.6.1). 표면 피로는 평균 크리프 벡터의 방향에 수직하게 개시된다. 그러므로 종방향 균열은 급커브 궤도에서의 횡방향 크리피지에 의해 발생된다(그림 3.6.6.1 A에서의 좌측 균열 띠). 경사된 균열은 중간 또는 경미한 곡선 궤도에서 혼합된 종방향 및 횡방향 크리피지에 의해 생성된다 (그림3.6.6.1B, A의 오른쪽 균열 띠). 그림에서 여러 구별되는 균열의 띠는 tangent track (TT) or the high rail (HR) or low rail (LR) of sharp curves (SC) and mild curves (MC)과의 접촉에 의해 발생된다.

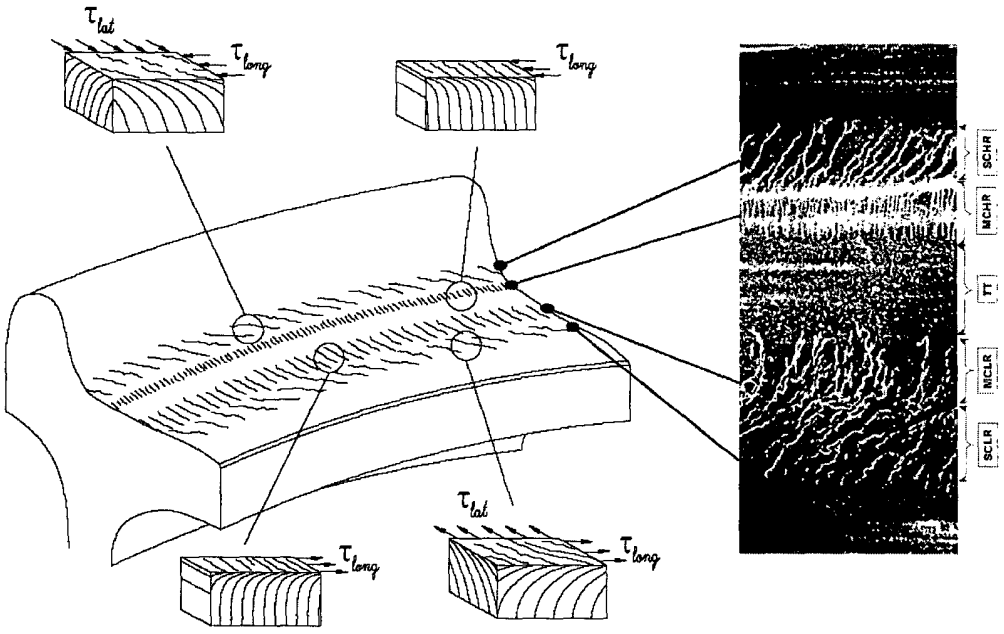


그림 3.6.6.1 차륜 답면의 RCF 피로균열시작에 대한 종방향 및 횡방향 traction 방향

가. 구름접촉 피로예측

철도차량 차륜의 구름접촉 피로(RCF)는 점차적으로 중요성이 증대되고 있다. 피로 균열(fatigue crack)이 성장함으로 인해 발생되는 차륜의 일부분 또는 전체 차륜이 떨어져 나가는 등의 차륜 파손이 확인되고 있다. 차륜의 파괴에 의한 탈선 등의 사고는 운행 지연과 인체 상해 뿐만 아니라 경제적인 관점에서 매우 비용이 많이 든다. 또한 차륜의 작은 조각이 떨어져나가는 파괴나 초기 크랙의 발생 등도 위험성은 다소 없지만, 유지관리 등에 따른 비용이 든다. 또한 초기의 크랙을 검사하고 파괴를 막기 위해서는 검사가 필요하다. 피로 균열의 형성에 대한 이해도와 예측 기술이 좋아질수록 검사 계획을 더 훌륭히 짤 수 있게 된다. 이러한 것으로부터 비용을 절약할 수 있고, 위험을 방지할 수 있을 것이다. 그러므로, 이러한 파괴를 방지하기 위한 예측 모델과 대응책에 대한 요구가 증대되고 있다.

RCF를 위한 예측 도구를 개발할 때, 최소한 세가지 다른 형태로 RCF를 구분할 필요가 있다는 점을 생각해야 한다. 표면 피로(surface fatigue), 표면하 피로(subsurface fatigue), 깊은 결함(deep defects)으로 각각은 서로 다른 메카니즘을 갖는다.

철도차량 차륜의 표면 개시 피로(surface initiated fatigue)에서 피로 균열(fatigue crack)은 표면 재료의 과도한 소성 유동(plastic flow)로부터 발생된다. 이것은 ratchetting 또는 표면 재료의 LCF(저주파수 피로)에 기인한 균열 개시를 일으킨다. 일단 개시되면, 균열은 대략 5mm 정도의 최대 깊이로 차륜의 재료에 성장해 들어간다. 최종 파단(fracture)는 균열의 분기(branch)가 차륜의 답면으로 향할 때 발생한다.

표면개시 균열은 일반적으로 안전도에는 크게 영향을 끼치지 않는다고 간주한다. 그러나, 차륜에서 가장 흔한 형태의 피로 손상이다. 차륜의 삭정이나 계획하지 않은 유지보수가 필요하게 되어 비용적으로 손실이 생기게 된다. 뿐만 아니라, 차륜이 원형을 유지하지 못함으로 인해서 레일이나 베어링 등등에 부차적인 손상을 일으킬 수도 있다.

표면하 피로의 경우, 균열은 표면으로부터 수 mm에서 개시된다. 이것은 계속적으로 표면의 아래로 성장하게 되고, 표면으로 향하는 분기에 의해 일반적으로 최종

적인 파단(fracture)가 발생하게 된다. 이러한 파괴는 차륜 표면에서 커다란 조각이 떨어져 나가게 된다.

재료 결함(materials defects)은 표면하 개시 RCF에 대한 저항에 커다란 영향을 끼친다. 10 mm 아래에서의 구름 접촉에 의한 응력은 매우 낮다. 피로는 충분한 크기의 재료 결함에 의해 증진될 때만 발생한다. 계속되는 성장(propagation)은 개시와 거의 같은 깊이에서 발생한다.

깊은 개시점에 기인한 크랙은 매우 위험하다. 최종 파단은 가지가 차륜 허브를 향할 때 발생하게 되며, 탈선을 유발한다[21].

(1) 피로 메카니즘 예측 모델

구름 접촉에서 ratchetting과 LCF에 상응하는 하중 레벨을 확인하는 빠르고 합리적이고 정확한 방법은 shakedown maps를 이용하는 것이다[35]. 이 map은 다음과 같은 입력 매개변수를 사용한다.

- 순수 전단 (torsion)에서의 항복 응력, k
- 수직 하중의 크기, Fz
- 횡방향 하중의 크기, Flat
- Hertzian 접촉에서 타원형 접촉면의 반축(semi-axes), a와 b

수직하중의 크기, 접촉상태의 기하학적 조건은 최대 Hertzian 접촉압력, $p_0 = 3F_z/(2\pi ab)$를 평가하기 위해 사용된다. 접촉압력은 전단 항복응력 k로 나누어 정규화된 수직하중, ν의 형태가 되며, shakedown map에 적용된다.

$$\nu = \frac{\lambda p_0}{k} = \frac{3\lambda F_z}{2\pi abk}$$

여기서, λ는 접촉상태의 기하학적 조건에 관계된 하중 인자이다[7]. 본 연구의 경우에서는 $\lambda = 1$을 사용하였다.

shakedown map에서 두 번째 입력 매개변수는 점착계수(utilized friction coefficient), μ이다. 본 연구에서, 횡방향과 수직방향 하중사이의 비율로 정의된다. 위 식은 마찰계수와 조합된다.

$$\mu = \frac{F_{lat}}{F_z} = \frac{\sqrt{F_x^2 + F_y^2}}{F_z}$$

여기서 F_x와 F_y는 각각 레일 방향, 차륜-차축 방향의 횡력이다.

하중과 접촉상태의 기하학적 조건의 조합은 무차원 shakedown map에서 work point (μ, ν)로 정의된다. 그림 3.6.6.2는 X로 표시된 work point(WP)로 나타낸 Shakedown map을 보여주고 있다. 그림에서 표면의 소성 변형(surface plasticity)을 위한 경계 곡선은 BC로 정의한다. work point와 BC 사이의 가장 짧은 거리는 실선으로 나타내었다(수평축과 수직축은 서로 다른 배율로 그려져 있다). 표면 피로지수는 점선으로 나타내었다. elastic shakedown, surface flow 등의 적절한 재료 응답은 그림 3.6.6.2에서 work point가 위치한 영역에 달려있다. shakedown map은 한계 피로 수명을 예측하지는 못하지만, 예를 들어 surface flow가 발생하여 표면 피로가 발생될 것인지를 알려줄 수는 있다. 게다가 shakedown map은 full slip의 가정하에서 유도된다. 더 자세한 사항은 참고문헌 [13]을 보기 바란다.

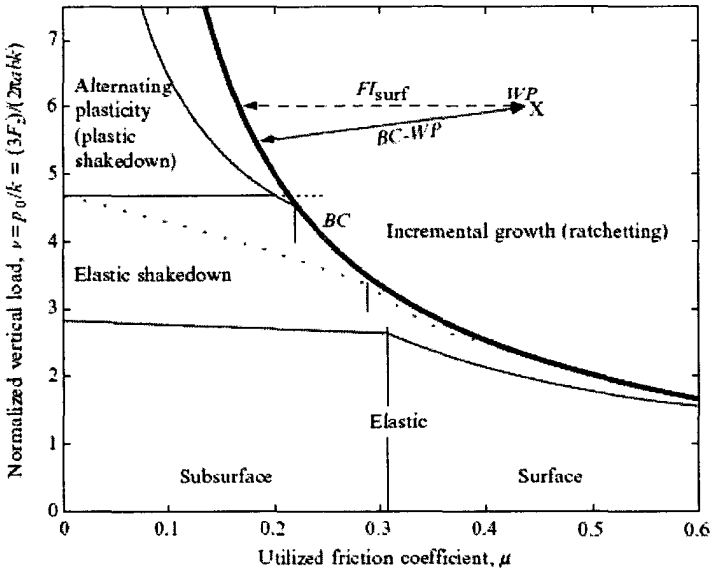


그림 3.6.6.2 X로 표시된 work point(WP)로 나타낸 Shakedown map.

본 공학 모델에서, shakedown map은 표면 피로를 해석하는 데에만 적용하였다. 그러므로, shakedown map에서 그림 2.3.6.2에서 BC로 표시되고, 두꺼운 선(thick line)으로 나타낸 surface flow를 위한 경계 곡선(boundary curve)만이 중요하다. 이 곡선에 대한 식은 다음과 같다[24].

$$\nu = \frac{1}{\mu}$$

(2) 표면 피로 지수 (Surface fatigue index)

표면 피로 임팩트(surface fatigue impact)는 경계 곡선(BC)와 work point(WP) 사이의 가장 짧은 거리로 간주된다. 이 거리는 work point가 경계곡선의 오른쪽에 있으며 양수(+)로 정의된다. 다시 말해서 피로 매개변수가 양(+)이면 surface flow가 발생한다.

더욱 더 단순화하기 위해서, (수직 좌표와 횡좌표의 배율이 다른 점에 주의) propotional plot에서 경계 곡선, BC는 거의 수직이다. 그러므로 work point와 경계곡선간의 거리는 수평 투사(horizontal projection)과 같다고 놓아도 몇 %도 안 되는 오차범위 내에 있다. 이러한 가정이 문제되는 경우는 매우 높은 μ과 낮은 ν일 때이다. 그러나 여기서 마모(wear)가 표면에서의 재료 응답을 지배할 것으로 보인다.

표면 피로 지수(surface fatigue index), FI_{sub}는 단순화하여 다음과 같이 표현된다.

$$FI_{surf} \equiv \mu - \frac{1}{\nu} = \mu - \frac{2\pi abk}{3F_z}$$

표면 피로는 다음이 성립할 때 발생한다고 예측한다.

$$FI_{surf} > 0$$

k는 가공경화된 재료에서 전단항복 한계임을 주목해야 한다. 표면 재료의 과도한 전단 변형 때문에 항복 한계는 초기 항복 한계보다 2배 이상의 값으로 증가될 수도 있다.[20]

다. 표면하 개시 피로 (Subsurface-initiated fatigue)

(1) 피로 메카니즘

차륜 답면으로부터 대략 3 mm 이상의 깊이에서 표면하 균열이 개시된다. 대략 10 mm 아래 피로저항(fatigue resistance)은 육안으로 보일 정도의 침입(inclusions)의 존재에 의해 전적으로 지배되며, 이것은 '깊은 결함에서 개시된 피로' 절에서 다시 논의된다.

표면하 개시 피로로 언급되는 현상은 높은 수직 하중과 나쁜 접촉 상태(작은 접촉면), 국부적으로 낮은 재료의 피로 저항, 예를 들면 미세한 황화 망간의 침입 등의 조합에 의해 발생되며, 이러한 elastic shakedown을 따르는 고주파 피로(high-cycle fatigue, HCF)의 결과이다.

표면하 피로의 대표적인 특징은 다음과 같다 (그림 3.6.6.3)

- 피로 개시가 일어나는 점에서 육안으로 보이는 침입(inclusion) 또는 공공(voids)의 아무런 징후도 없다.
- 차륜 답면 아래 대략 3-10 mm의 깊이에서 균열이 개시된다.
- 대략 20 mm의 깊이 방향으로 아래로 향하는 각도로 균열이 성장한다.
- 최종적인 파단(fracture)은 표면을 향한다.
- 파단시 원주방향 크랙 길이는 대략 15~100 mm이다 (극단적인 경우 250~300 mm).

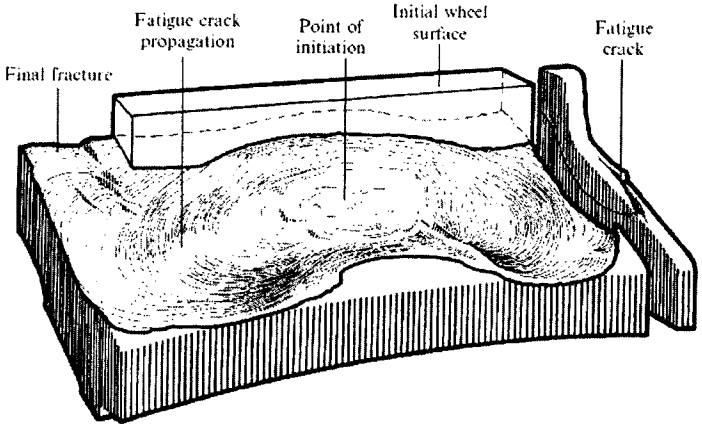


그림 3.6.6.3 표면하 개시 피로 크랙 [30]

(2) 예측 모델

이전 연구[25, 30, 36]에서, 이러한 형태의 피로는 Dang Van 다축 피로 개시 판별식[22, 25]을 적용하는 수치해석적 시뮬레이션을 사용하여 해석되어져 왔다. Dang Van 판별식에 따라 다음 부등식이 성립할 때 피로 손상(fatigue damage)이 도입된다고 말한다.

$$\sigma_{EQ} > \sigma_{EQ,e}$$

여기서

$$\sigma_{EQ} = \underbrace{\max}_{t} \left[\sigma_{EQ}(t)\right] = \underbrace{\max}_{t} \left[\tau_a(t) + a_{DV}\sigma_h(t)\right]$$

여기서, $\tau_a(t)$는 시간-종속 전단응력의 진폭('amplitude')이며, 다음과 같이 정의된다.

$$\tau_a(t) = |\tau(t) - \tau_{mid}|$$

여기서, $\tau(t)$는 전단 응력 벡터이고, τ_{mid}는 응력 사이클 동안의 전단 응력의 중간 값이다. τ_{mid}에 대한 자세한 사항은 참고문헌 [4, 15]를 보기 바란다.

식 (7)에서, a_{DV}는 재료 매개변수이며 다음과 같이 유도된다.

$$a_{DV} = \frac{3\tau_e}{\sigma_e} - \frac{3}{2}$$

여기서, τ_e는 alternating torsion일 때의 피로 한계이고, σ_c는 alternating bending에서의 피로한계이다.

또한, $\sigma_h(t)=[\sigma_x(t)+\sigma_y(t)+\sigma_z(t)]/3$은 정수압 응력이며, 인장일 때 양수(+)이다. $\sigma_{EQ,e}$는 등가 피로한계이며, 일반적으로 순수 전단일 대의 피로 한계와 동일하다. 즉, $\sigma_{EQ,e}=\tau_e$이다.

(3) 순수 구름 접촉

순수, 다시 말해서 마찰이 없는 구름 접촉의 통과에 종속받는 표면하 재료에서의 정수압 응력과 전단 응력 '진폭'의 전개는 그림 3.6.6.4에 스케치되어 있다. 그림 3.6.6.4은 순수 구름 접촉으로 통과할 때의 표면하 재료점(subsurface material point)에서의 전단응력(점선), 전단 응력 '진폭'(실선)과 정수압 응력(파선)의 발생에 대한 개략적인 그림이다. 여기서는 재료에 아무런 잔류 응력도 없다고 가정하였다.

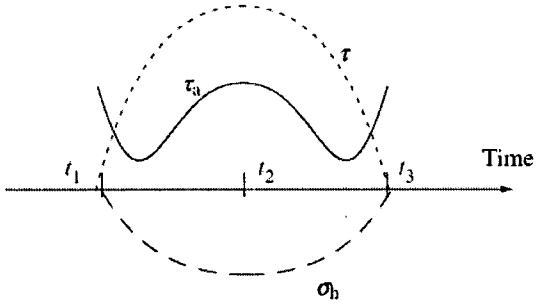


그림 3.6.6.4 순수 구름 접촉으로 통과할 때의 개략적인 그림

그림 3.6.6.4에서 알 수 있듯이, τ_a의 극값(extreme magnitude)은 $t=t_1,t_2,t_3$일 때 발생한다. $\sigma_h(t_2)$가 음수이므로, $\sigma_{EQ}(t)$의 최대 크기는 $\sigma_h(t_1)=h_h(t_3)=0$이 되는 $t=t_1,t_3$에서 얻어진다. 결과적으로

$$\sigma_{EQ}(t_1)=\sigma_{EQ}(t_3)=\tau_a(t_1)=\tau_a(t_3)$$

참고문헌 [21]에서 제시된 결과에 기초하여 τ_a의 극답은 다음과 같이 근사될 수 있다.

$$\tau_a(t_1) = \tau_a(t_3) \approx \frac{\tau_{\max}}{2}$$

Hertzian 이론에 따라 최대 표면하 전단 응력은 다음과 같이 근사화 할 수 있다[24].

$$\tau_{\max} \approx \frac{F_z}{2\pi ab}$$

위 식으로부터 순수 구름 접촉에 종속된 철도 차륜에서의 재료점(material point)이 겪는 Dang Van 등가 응력의 최대값을 근사화 시킬 수 있다.

$$\sigma_{EQ,PR} \approx \frac{F_z}{4\pi ab}$$

여기서, 하첨자 PR은 '순수 구름(pure rolling)'을 나타낸다.

(4) 잔류 응력의 영향

잔류 응력은 정적이므로, $\tau(t)$와 τ_{mid}에 똑 같이 영향을 주기 때문에, 잔류응력은 $\tau_a(t)$의 크기에는 영향을 끼치지 않는다.

그러나 정수압 응력은 인자 $\sigma_{h,res}$에 의해 증가될 것이다. 여기서 $\sigma_{h,res} = (\sigma_{x,res} + \sigma_{y,res} + \sigma_{z,res})/3$은 잔류응력의 정수압 부분으로 인장일 때 양수이다.

잔류응력을 갖는 차륜의 순수 구름의 경우 근사 등가 응력의 결과값은 다음과 같다.

$$\sigma_{EQ} = \sigma_{EQ,PR} + a_{DV}\sigma_{h,res}$$

여기서, $\sigma_{EQ,PR}$은 잔류 응력이 없는 순수 구름의 경우의 등가 응력을 나타낸다.

잔류 응력을 고려하기 위한 이러한 교정은 근사적인 방법이 아니라 Dang Van 판별식의 $\tau_a(t)$의 정의로부터 직접적으로 나온 것이다.

(5) 횡방향 하중의 영향

구름 접촉에서 횡방향 하중이 존재할 때, 등가 응력은 먼저 가해진 횡방향 하중에 따라 완만하게 증가할 것이다. 최대 등가 응력의 위치는 표면 아래 몇 mm에 위치할 것이다. 작용 마찰의 문턱값(threshold value), 그림 3.6.6.5에서 근사적으로 $\mu \approx 0.25$에 도달하면, 최대 등가 응력의 위치는 표면으로 이동하며 최대 등가 응력의 크기는 급격하게 증가할 것이다[23]. 이 경우 표면개시 피로가 주된 관심사이다. 그러므로 횡방향 하중의 영향에 대한 근사적인 방법은 중간정도의 마찰을 갖는 경우에만 중점을 두어야 한다. 이러한 영역에서 그림 3.6.6.5에 나타난 바와 같이 합리적인 근사값은 다음과 같다.

$$\sigma_{EQ} \approx \sigma_{EQ,PR}(1+\mu^2)$$

그림 3.6.6.5는 표면하 등가응력에 미치는 횡방향 작용하중의 영향을 나타낸 것으로, 차륜의 직경 $D_w = 0.88$, 레일 헤드의 반경 $R_r = 0.30m$, 탄성계수 $E = 210GPa$, 포와송비 $\nu = 0.30$을 적용했을 때의 결과값이다. 등가 응력은 참고문헌 [27]에서 약술된 절차를 이용하여 유도된다.

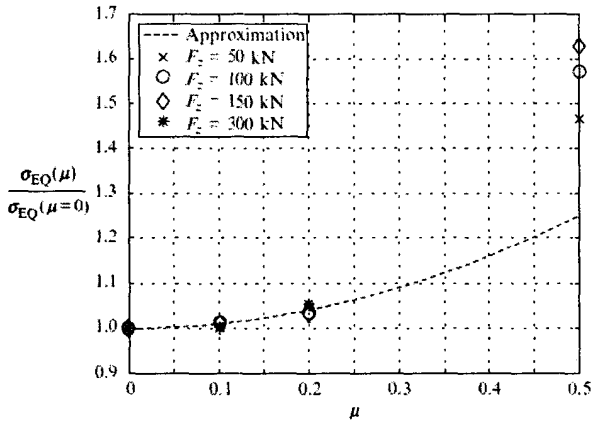


그림 3.6.6.5 표면하 등가응력에 미치는 횡방향 작용하중의 영향

(6) 표면하 피로지수 (subsurface fatigue index)

일반적인 구름 접촉 상태에서의 표면하 등가 응력의 근사값을 얻을 수 있다. 표면하 개시 피로를 위한 피로 지수 FI_{sub}는 다음과 같다.

$$FI_{sub} = \sigma_{EQ} \approx \frac{F_z}{4\pi ab}(1+\mu^2) + a_{DV}\sigma_{h,res}$$

Dang Van 등가 응력의 근사값은 Table 1에 보여진 바와 같이 상당히 정확하다. 표를 작성하는 데에 사용된 물성치로는 탄성계수 $E = 210Pa$, 포와송 비 $\nu = 0.30$, $a_{DV=0.32}$ 등이며, 평가를 위해 40개의 shear planes가 만들어졌다.

Dang Van 등가 응력의 근사치는 완전한 유도식과 비교해볼 때 대략 8% 이하의 오차를 갖는 상당히 정확한 값이다. Dang Van 등가응력의 평가는 참고문헌 [22]에서 약술된 알고리즘을 사용하여 만들어 진 것이다. 등가응력은 많은 수의 shear planes로부터 평가된다.

표 3.6.6.1 식 σ_{EQ}와 FI_{sub}사이의 비교

F_z (kN)	F_y (kN)	F_x (kN)	D_w (m)	R_r (m)	$\sigma_{h,res}$ (MPa)	a (mm)	b (mm)	σ_{EQ} (MPa)	FI_{sub} (MPa)	Error (%)
170	0	0	0.88	0.3	0	8.39	6.64	227	243	7.0
170	17	34	0.88	0.15	0	9.26	4.53	318	339	6.5
185	0	0	0.88	0.3	0	8.63	6.83	233	250	7.2
185	0	0	0.88	0.3	0	8.63	6.83	238[a]	250	3.8
185	0	0	0.88	0.15	0	9.53	4.66	319	332	4.0
185	0	0	0.6	0.15	0	7.93	5.00	351	371	5.7
185	18.5	18.5	0.88	0.3	0	8.63	6.83	246	255	3.6
185	18.5	37	0.88	0.3	0	8.63	6.83	251	262	4.5
185	18.5	37	0.88	0.3	100	8.63	6.83	283	294	4.0
185	37	18.5	0.88	0.3	0	8.63	6.83	258	262	1.7
185	55.5	0	0.88	0.3	0	8.63	6.83	267	272	2.0
185	92.5	0	0.88	0.3	0	8.63	6.83	304	312	2.7
210	0	0	0.88	0.3	0	9.00	7.13	244	261	6.8
210	0	0	1.0	0.15	0	10.58	4.74	322	333	3.5
210	21	42	0.88	0.15	0	9.94	4.66	340	363	6.9

위에서 언급한 바와 같이, Dang Van 판별식은 부등식이 성립할 때 피로 손상

이 발생함을 나타낸다.

$$FI_{sub} > \sigma_e$$

여기서, $\sigma_{EQ,e}$는 등가 피로 한계 (일반적으로 순수 전단일 때의 피로 한계와 같다고 간주). 그러나 RCF에 종속받는 철도차량 차륜의 경우 높은 응력 크기에 종속받는 커다란 체적의 재료가 존재하고 있는 점에 주의하여야 한다. 결과적으로, 설계 피로한계(design fatigue limit)s,s 높은 응력을 받는 재료에서 재료 결함이 발생할 위험성을 고려하여야 한다. 결함의 존재로 인한 피로 한계 감소(reduction)는 다음과 같이 근사화될 수 있다[29].

$$\frac{\sigma_w}{\sigma_{EQ,e}} = \left(\frac{d}{d_0}\right)^{-1/6}$$

여기서, σ_w는 직경 d의 결함을 담고 있는 재료의 피로 한계이다. 또한 $\sigma_{EQ,e}$는 커다란 결함이 존재하지 않을 때의 피로한계이며, d_0는 응력 레벨 $\sigma_{EQ,e}$에서 피로 개시(fatigue initiation)에 상응하는 결함의 직경이다.

단순화를 위해 $\sigma_{EQ,e}$를 비틀림(torsion)에서의 매끄러운 시편의 피로한계로 간주할 수 있다. 또한 d_0는 대략 10~20 μm 으로 근사화될 수 있으며, d는 차륜 제조시 초기 검사후에 재료에 허용되는 최대 결함 크기(defect size)이다.

필요하다면 FI_{sub}는 다음과 같이 정규화될 수 있다.

$$FI_{sub,norm} \equiv \frac{FI_{sub}}{\sigma_w} - 1$$

여기서 표면피로지수의 경우와 마찬가지로 양(+)이 되면 피로가 발생하는 것을 나타낸다.

라. 깊은 결함에서 개시된 피로 (Fatigue Initiated at Deep Defects)

(1) 피로 메카니즘

'표면하 개시 피로'와 '깊은 결함에서 개시된 피로'사이의 구분은 다소 모호하다. 여기서, 깊은 결함에서 개시되는 피로'는 높은 수직 하중과 mm의 정도로 상대적으

로 큰 재료 침입(inclusions)의 조합으로부터 발생되는 HCF (또는 국부적으로 결함 LCF에서)에 의해 발생되는 크랙을 나타낸다. 대표적인 특징은 다음과 같다[29].

- 차륜 답면 아래 10~25 mm 깊이에서의 피로 크랙 개시
- 대략 1 mm의 크기를 갖는 결함이나 공공(voids)에서 개시되는 크랙
- 파단이 발생할 때까지 차륜 답면 아래의 거의 일정한 깊이(개시 깊이에 해당)에서의 크랙 성장
- 원주방향으로 성장하는 크랙의 분기의 결과로 최종 파괴(failure)
- 파괴시 25에서 135 mm의 원주방향 크랙 길이

종종 'deep spalling' 또는 'shattered rim failure'로 언급되는 깊은 결함에 의해 개시되는 파괴의 형상은 그림 3.6.6.6과 같다.

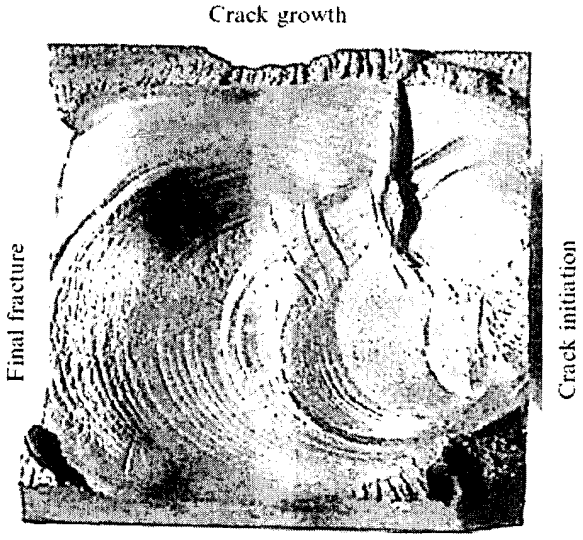


그림 3.6.6.6 깊은 결함에 의해 개시되는 피로
[29]

(2) 예측 모델과 피로 지수(fatigue index)

결함에서의 피로 임팩트는 중간정도의 수직 하중 크기에서 접촉 상태의 기하학

적 조건에 거의 영향을 받지 않는다[31, 32]. 결과적으로 하중과 접촉 기하학의 영향은 수직하중의 크기, F_z에 의해 근사적으로 반영된다. 이러한 것으로부터 깊은 결함에 의해 개시되는 피로에 대한 피로지수는 다음과 같이 수직 하중의 크기를 채택하여 쓸 수 있다.

$$FI_{\mathrm{def}} \equiv F_z$$

차륜 재료가 변경되지 않는다는 가정하에 여러 가지 차량/궤도 조건의 상대적인 임팩트를 비교하는 데에 적용될 수 있다.

정량적인 평가를 위해 피로는 다음 부등식이 성립할 때 발생하는 것으로 예측된다.

$$FI_{\mathrm{def}} > F_{th}(z, d, H, \ldots)$$

최근에는 문턱 값 F_{th}을 정량화하는 데 목표를 둔 집중적인 연구가 진행 중에 있다. 오늘날 F_{th}는 차륜답면 아래에 있는 결함의 깊이 z, 결함의 크기 d와 하중 이력(load history) H의 함수이다. 또한 F_{th}는 결함의 형상과 금속학적 구성(metallurgical composition)과도 관계가 있는 것으로 보인다.

끝으로 결함은 종종 다발(cluster)로 존재하다는 점에 주의하여야 한다. 이러한 경우는 참고문헌 [17]로부터 알 수 있듯이 결함은 상호 작용을 하며, 개별적인 결함이 주는 것보다 F_{th}의 크기를 더 작게 할 것이다.

마. 실용적인 사용

(1) 적용 (implementation)

현 모델의 단순성은 전산적으로 어려움없이 다물체 동역학(MBD) 코드에 쉽게 통합될 수 있다. 본 연구에서는 C 언어로 개발되었으며, MBD 결과값을 이용하도록 하였다. 횡방향 불규칙도를 갖는 강체 궤도(rigid track)를 지나는 대차를 다루었다.

(2) 수치 해석 결과

그림 3.6.6.7에 대차 후축 오른쪽 차륜에 대한 work points가 shakedown map에 도입되었다. 여기서 전단에서의 항복 응력은 k = 300 MPa로 하였다.

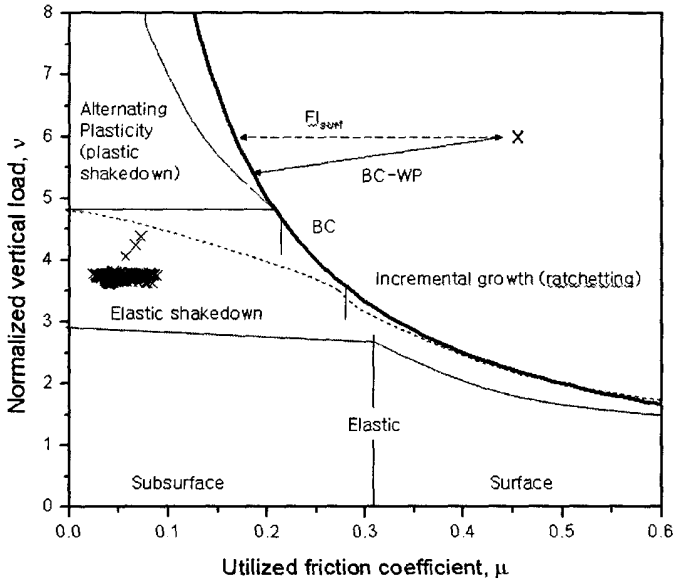


그림 3.6.6.7 shakedown map에 표시된 오른쪽 뒤 차륜에 대한 Work points (X들의 띠로 표시됨)

그림 3.6.6.8에 대차의 네 개의 차륜에 대한 표면 피로 지수 FI_{surf}의 히스토그램(histogram)이 제시된다. $FI_{surf} > 0$일 때 표면 피로가 예측된다는 점을 상기해보면 그림으로부터 표면 피로의 위험성이 낮은 것을 알 수 있다.

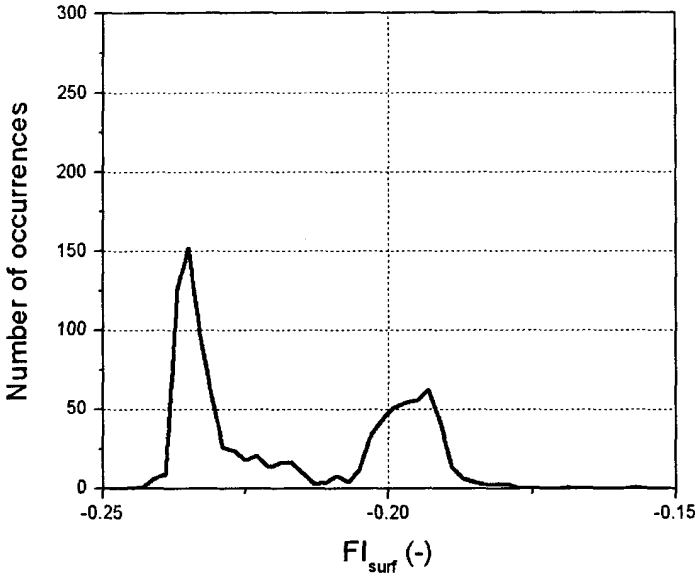


그림 3.6.6.8 동력대차의 우측차륜 대한
발생수(수직좌표) vs. FI_{surf}(횡좌표).(총 1002번의발생)

적절한 표면하 피로지수는 그림 3.6.6.9에나타나있다. 피로 손상을 막기 위해, 대략 250 MPa의 표면하 피로에 대한 문턱값을 갖는 재료를 사용하여야 한다. $\sigma_{EQ,e}=350\,MPa$의 등가 피로한계(전단에서의 피로 한계와 동일)을 갖는 재료를 고려하면, 근사값은 최대 전단 응력에 해당하는 깊이에서 $d\approx 0.3\sim 0.6mm$의 허용 결함 크기를 준다. 그러나, 잔류 응력은 이 예제에서는 고려하지 않았음을 주목해야 한다. 예로서, $\sigma_x=300\,MPa$의 단일축상의 압축 잔류응력은 $\Delta FP_{sub}=100a_{DV}\approx 40\,MPa$ 여기서 사용된 합리적인 근사 $a_{DV}=0.4$의 피로 지수의 감소를 가져온다. 허용 결함 크기의 결과 값은 $d=1\sim 2mm$ 정도가 될 것이다.

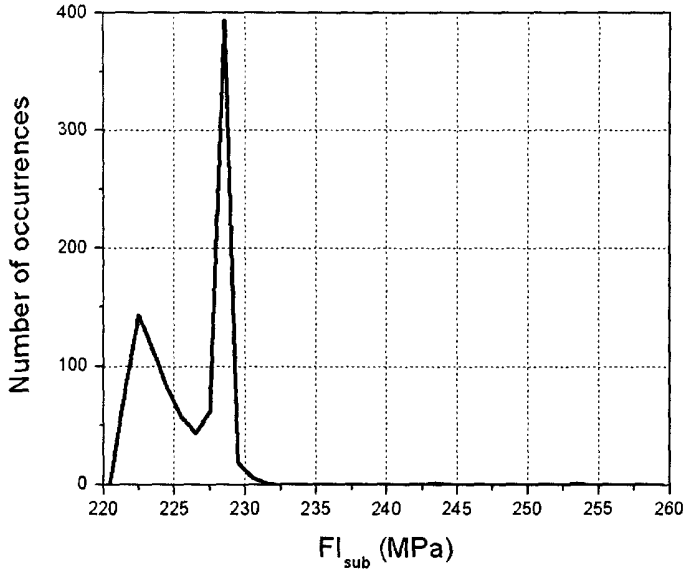


그림 3.6.6.9 발생 빈도(총 1000) vs. FI_{sub}

끝으로, 깊은 결함에 해당하는 피로 지수는 그림 3.6.6.10에 나타나있다. $FI_{\mathrm{def}} = 76\,kN$과 $84kN$ 근처에서 응답이 자리하고 있음을 알 수 있다. 그러나, 극값(extreme values)은 $FI_{\mathrm{def}} = 86KN$에 이른다. 피로 응답(fatigue response)는 이러한 최대 하중크기에 의해 지배받는다고 한다.

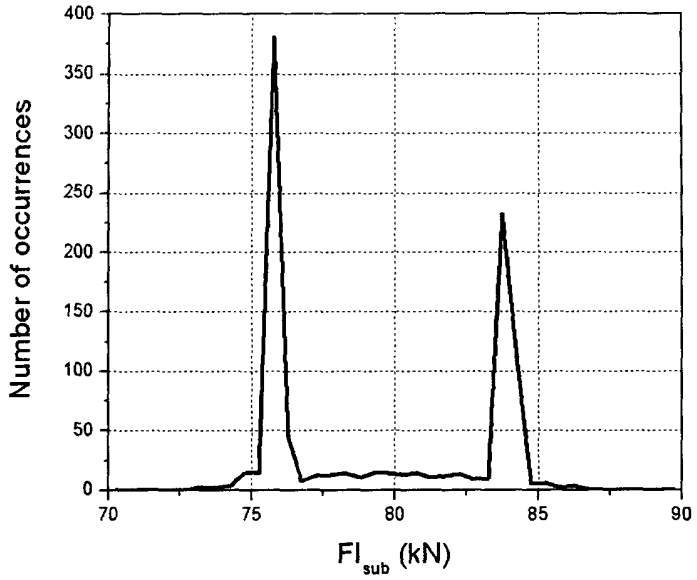


그림 3.6.6.10 발생 빈도(총 1000) vs. FI_{def}

7. 기타 연구 내용

가. 차륜/레일 단면형상 측정 장치 (profilometer)

차륜과 레일의 단면 형상을 측정하는 기구는 차륜과 레일의 상호 작용력을 예측하는데 있어 필수적인 입력값을 제공한다. 지금까지 수많은 연구자들이 차륜과 레일의 단면형상의 변화에 기인하여, 차륜과 레일의 힘에 있어 상당한 차이가 있다는 것을 알게 되었다. 따라서 차륜과 레일의 단면형상의 정확한 측정이 올바른 차륜과 레일의 힘을 예측하는데 필요조건이 된다.

본 연구에서는 실험실내에서의 차륜/레일간 상호작용 모의실험 장치를 구성할 예정이므로 비교적 단순한 형태의 측정 장치를 고안하였다. 이 장치에는 마찰을 최소화하기 위해 roller tip을 가진 probe를 사용하였다.

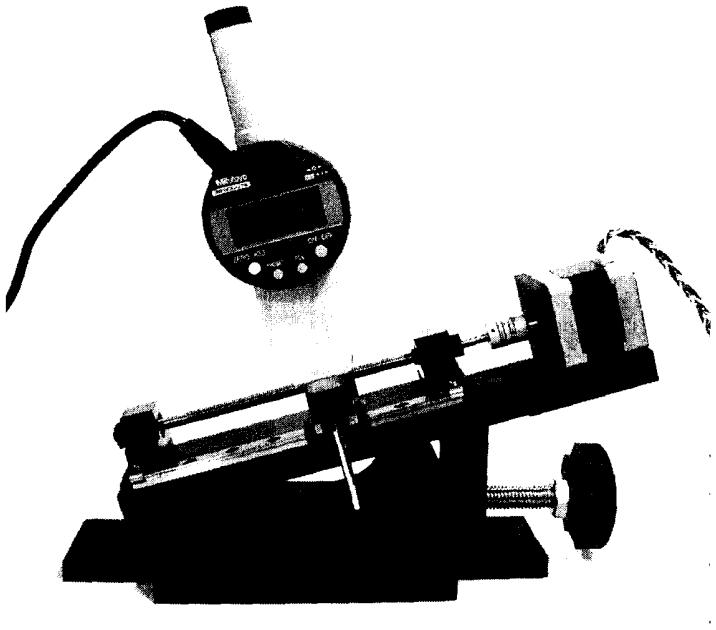


그림 3.6.7.1 제작된 단면형상 측정 장치

이 기구는 측정 범위가 50mm인 digimatic dial gage(digimatic indigator), ball screw, linear guide, stepping motor, coupling 그리고 wheel zig로 구성되어 있다.

digimatic dial gage(digimatic indigator)를 사용한 이유는 eddy current sensor, capacitive sensor와 같은 비접촉 센서들은 매우 큰 target face를 측정하므로 이러한 종류의 센서들은 wheel 단면형상 측정에는 부적합하다. 하지만, wheel zig는 digimatic indigator probe의 side loading 효과를 최소화 하고, 플랜지의 날카로운 부분에서의 분해능을 높이기 위하여 15o 경사지게 만들었다. 또한 모터의 운동에 의한 진동을 최소화하기 위하여 방진 데이블에 설치할 수 있게 설계 되었다.

stepping motor는 마이크로 콘트롤러(AVR)에 의해서 정, 역 회전, 속도조절, 긴급정지등을 할 수 있게 프로그램 되었으며, 또한 digimatic indigator를 통하여 자동적으로 wheel의 단면 형상을 읽을 수 있고, 이와 동시에 RS232C 통신을 통하여 컴퓨터와 데이터를 주고받을 수 있게 프로그램 되었다.

커플링은 ball screw와 stepping motor의 동심을 맞추기 위하여 미니 어쳐 플렉서블 커플링을 사용하였다.

향후 차륜의 플랜지에 거취 시킬 수 있는 장치를 추가적으로 설계 제작할 예정

이다.

나. 개발된 프로그램의 사용 예

그림 3.6.7.2는 단면형상 측정 장치로부터 단면형상 데이터를 읽어 들이도록 serial port 통신 프로그램의 제어화면이다.

그림 3.6.7.3은 측정 데이터를 읽어들려 그래프의 형태로 화면에 보여준 예이다. 이때 측정 데이터는 앞에서 언급한 바와 같이 15o 기울어져 측정되므로, 수평상태의 값으로 변환할 필요가 있다. 회전좌표계의 회전행렬을 이용하여 [메뉴-해석-좌표변환]에서 다시 계산하여야 한다.

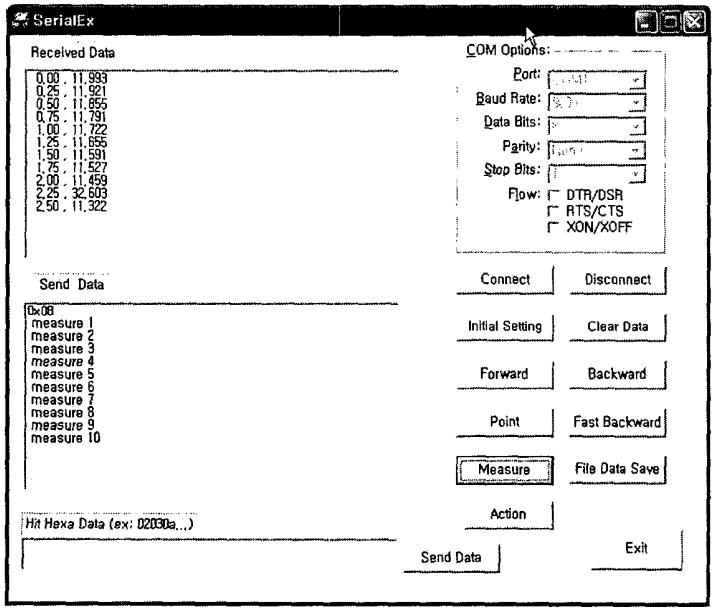


그림 3.6.7.2 단면형상 측정 장치의 serial port 통신 프로그램

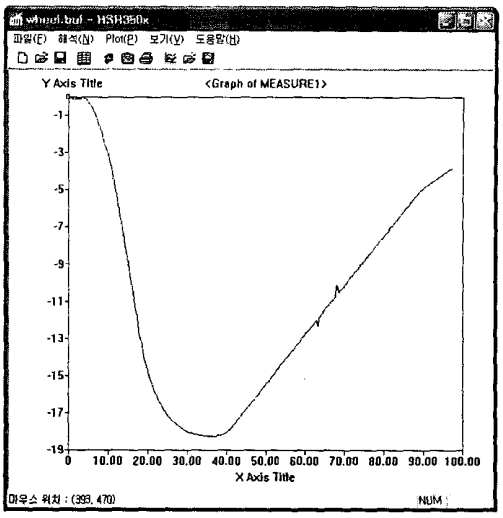


그림 3.6.7.3 측정데이타 그래프

변환된 좌표계에서의 단면형상은 그림 3.6.7.4와 같이 보여진다. 또한 차륜/레일 간의 기하학적 접촉 해석 프로그램의 사용을 위해 단면형상 측정데이타를 4차 다항식으로 curve fitting하여야 하며, [메뉴-해석-curve fitting]에서 계산하도록 하였으며, 결과 그래프는 그림 3.6.7.5와 같다.

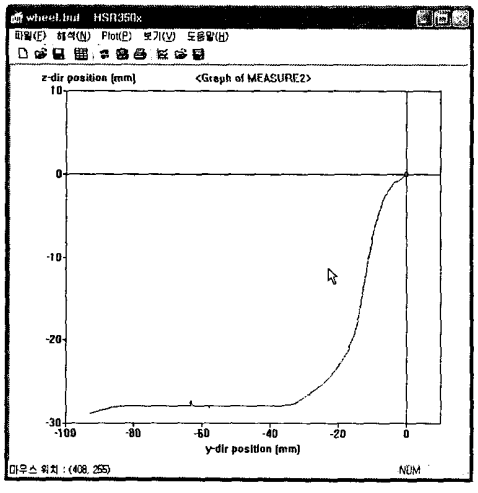


그림 3.6.7.4 변환된 차륜 단면형상 그래프

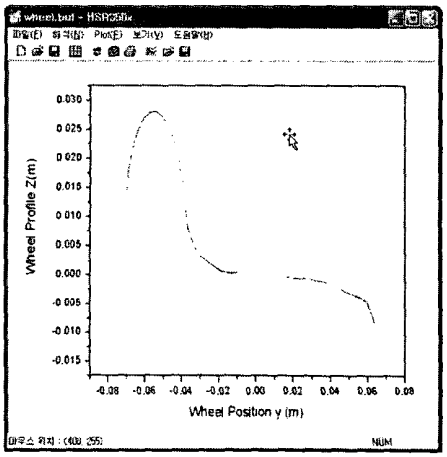


그림 3.6.7.5 차륜 단면형상을 4차 다항식으로 curve fitting 해석한 후의 그래프

다. 마모 실험장치 개념설계

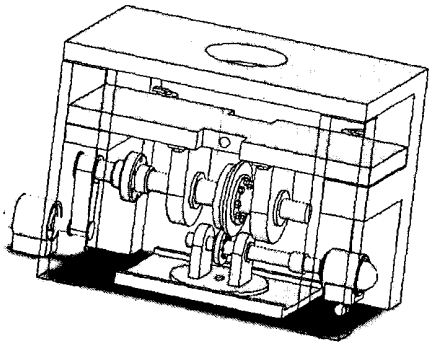


그림 3.6.7.6 마모실험장치의 구상도

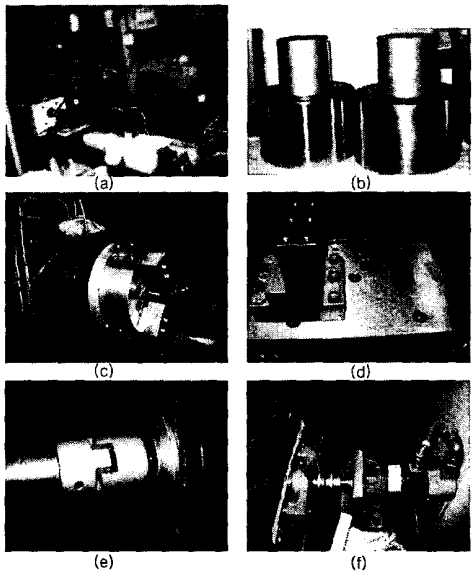


그림 3.6.7.7 마모측정에 사용된 장

disk-on-disk 마모시험을 하기 위해서는 구동축에는 motor가 장착되고, 종동축에는 dynamo 또는 유사한 brake가 장착되어야 한다. 또한 토크메터, 엔코더, 로드셀, 갭센서, strain gauge 등의 센서가 장착된다. 실제 측정에서는 디스크의 옆면에 pin을 붙여 pin-on-disk 시험을 동시에 할 수 있다. 본 연구에서는 일부 장비의 부재로 간단한 실험만을 진행하였고, 실험장치의 가능성만을 확인하였다.

본 연구에서는 연구실에 있는 고속주축 가공용 선반을 이용하여 측정하였으나, 차륜의 횡방향 운동, Yaw 운동, Roll 운동을 모사 실험하기 위해서는 별도의 유압제어 시스템에 필요하다.

8. 결론

1차년도에는 상용 다물체 동역학 해석툴을 사용하여 철도차량을 모델링하고 이로부터 간단하게 마모를 예측하였으나, 2차년도에는 차륜/레일간의 접촉 메카니즘을 Kalker의 Simplified Theory의 알고리즘에 기초하여 수학 모델을 정립하였으며, 이로부터 마모 메카니즘의 수학 모델을 세웠다. 접촉면에서의 점착영역/슬립영역 판별, 접촉면의 미소 요소에서의 traction(접선방향 응력) 분포, Hertz 이론에 근거한 contact pressure(수직방향 응력 분포), 각 time step 당 마모량(wear volume), 전체 주행시간동안 차륜에서의 마모 분포(차륜 접촉점 위치, 마모 깊이) 등을 구할 수 있었다. 또한 차륜과 레일에 대한 3차원 FEM model을 구성하여 접촉점에서의 압력 분포 및 maximum von. Mises 응력을 구하였다.

3차년도에는 보완된 마모 예측 도구를 사용하여 전용선(광명-대전)과 기존선(서대전-목포) 구간에 대한 마모 분포를 구하였으며, Ekberg의 절차 방법론을 기초로 전용선 구간에 대해 동력차의 첫 번째 대차의 오른쪽 차륜에 대한 구름접촉 피로해석을 수행하였다. 앞으로 한국형 고속전철 전 차륜에 대해 구름접촉 피로해석을 수행할 예정이며, 추가적으로 균열의 성장에 대한 수학적 모델을 정립하고 이를 해석적으로 구해내는 작업을 할 예정이다.

통합 해석 프로그램은 단면형상 측정 장치의 제어 및 데이터 획득, 측정 데이타 변환, 측정결과의 그래픽 처리 등의 기능을 갖추었으며, 마모 분포 및 마모된 차륜의 단면형상을 얻기 위한 사용자 편이를 위한 GUI 환경을 구축 중에 있다.

향후 통합 프로그램은 다물체 동역학 해석 프로그램과 ABAQUS FEM Model, 본 연구에서 개발한 차륜 단면형상 측정 프로그램과 차륜/레일 기하학적 접촉 프로그램을 모두 통합할 계획이며, 사용자 인터페이스를 향상시키기 위해 여러 기능들을 추가할 예정이다.

한편 마모계수를 측정하기 위한 간단한 마모 실험장치의 개념설계를 완료하고 일부에 대해 부품 제작, 필요한 센서 등을 구입하였으나, 다이나모 제작의 문제로 인해 다소 지연되고 있지만, 우선적으로 간단한 pin-on-disk 실험과 무저항 토크시스핀 크리피지 존재시의 마모시험을 진행할 예정이다.

이러한 연구로부터 차륜과 레일의 마모를 최소화하는 차륜을 설계하거나, 철도

차량 현가장치를 최적화하고 차륜의 재삭정 등의 유지 보수 계획를 수립하는 데에 도움을 줄 수 있을 것으로 본다. 또한 새로운 차륜의 재료를 도입할 때 평가 방법으로도 사용될 수 있을 것이다.

참고문헌

[1] R. Lewis, R.S. Dwyer-Joyce, S. Bruni, A. Ekberg, M. Cavalletti, K. Bel Knani, A New CAE Procedure for Railway Wheel Tribological Design, Proceedings of the 14th International Wheelset Congress, Orlando, Florida, USA, 2004

[2] 차량의 동력학적 해석 및 현가장치의 설계, 한국과학기술연구원, 과학기술처

[3] Rao V. Dukkipati, Joseph R. Amyot, Computer-Aided Simulation in Railway Dynamics, Marcel Dekker, Inc.

[4] Johnson, K. L., Contact Mechanics, Cambridge Univerisity Press, 1987

[6] K.L. Johnson, "One Hundred Years of Hertz Contact", Proc. Instn. Mech. Engres. 1982

[7] 한형석, 이은호, 김재철, "차륜/레일 기하학적 접촉 시뮬레이션 프로그램 개발", 한국철도학회논문집, 제6권, 제1호, 2003년

[8] Kalker J.J., "On the Rolling Contact of Two Elastic Bodies in the Presence of Dry Friction", Ph.D. Thesis, Delft Univeristy of Technology, Delft, The Netherlands, 1973

[9] J.J.Kalker, "Survey of Wheel-Rail Rolling Contact Theory", Vehicle System Dynamics, Vol.5, 1979, pp.317~358

[10] Lunden, R., Cracks in railway wheels under rolling contact load, Proceedings of the 10th International Wheelset Congress, Sydney, australia, pp.163-167, 1992

[11] Ekberg, A, Rolling contact fatigue of railway wheels - a parametric study, Wear, vol 211, pp.280-288, 1997

[12] sheppard, S. and Comninou, M., Themoechanics of surface fatigue failure. In: Proceedings of Contact Mechanics and Wear of Rail/wheel Systems II, University of Waterloo Press, Rhode Island, USA, pp.407-420, 1986

[13] Ponter, R. S., Hearler, A. D. and Johnson, K. L., Application of the kinematical shakedown theorem to rolling and sliding point contacts, J. Mech. Phys. & Solids 41, pp.487-505, 1985

[14] Ekberg, A., Marais, J., "Effects Of Imperfections on Fatigue Initiation in Railway Wheels", Proceedings of the IMechE Part F, Journal of Rail and Rapid Transit, Vol. 214, pp.45-54, 1999

[16] Ekberg, A., Sotkovszki, P., "Anisotropy and Fatigue of Railway Wheels", International Journal Of Fatigue, Vol. 23, No. 1, pp.29-43, 2001

[17] Kabo, E., Ekberg, A., "Fatigue Initiation in Railway Wheels - A Numerical Study of the Influence of Defects", Wear, Vol. 253, No. 1-2, pp.26-34., 2002

[17] Kabo, E., "Material Defects in Rolling Contact Fatigue - Influence of Overloads and Defect Clusters", International Journal Of Fatigue, Vol. 24, No. 8, pp.887-894, 2002

[18] Beretta, S., Donzella, G., Roberti, R. and Ghidini, A., Deep shelling in railway wheels, Proceddings of the 13th International Wheelset Congress, Septemebr 17-21, Rome, Italy, 2001

[19] Stone, D., Lonsdale, C. and Kalay, S., Effect of wheel impact loading on shattered rims, Proceddings of the 13th International Wheelset Congress, September 17-21, rome, Italy, 2001

[20] Ekberg, A., rolling contact fatigue of railway wheels - towards tread life prediction through numerical modelling considering material imperfections, probabilistic loading and operational data, PhD thesis, Chalmers Univerity of Technology, Department of Solid Mechanics, Goteborg, Sweden, 2000

[22] Dang Van, K., Cailletaud, G., Flavenot, J.F., Le Douaron, A., Lieurade, H.P., "Criterion for High Cycle Fatigue Failure under Multiaxial Loading", in Brown, M.W., Miller, K.J., Editors, Biaxial And Multiaxial Fatigue, Mechanical Engineering Publications, London, UK, pp.459-478, 1989

[23] Ekberg, A., Rolling contact fatigue of railway wheels - Computer modelling and in-field data, Proc 2nd MiniConference on Contact Mechanics and Wear of Rail/Wheel Systems, Budapest, pp.154-163, 1996

[24] Ekberg A, Bjarnehed H & Lundén R, A fatigue life model for general

rolling contact with application to wheel/rail damage, Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, vol 18, no 10, pp.1189 - 1199, 1995

[25] Ekberg A, Lindqvist R & Olofsson M, Multiaxial fatigue - a probabilistic analysis of initiation in cases of defined stress cycles, Fatigue '99 - Proc 7th International Fatigue Congress, Beijing, China, pp.923-928, 1999

[26] Ekberg, A., Lundén, R., "Rolling Contact Fatigue of Railway Wheels - Towards Validation of a Predictive Model", Proceedings of Fatigue 2002, Vol. 2, pp.843-850, 2002

[27] Johnson K L, The strength of surfaces in rolling contact, Proc Institution of Mechanical Engineers (IMechE), vol 203, pp.151-163, 1989

[28] Ekberg, A., Kabo, E., Andersson, H., "An Engineering Model for Prediction of Rolling Contact Fatigue of Railway Wheels", Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures, Vol. 25, No. 10, pp.899-916, 2002

[29] R. Lewis, R.S. Dwyer-Joyce, S. Bruni, A. Ekberg, M. Cavalletti, K. Bel Knani, A New CAE Procedure for Railway Wheel Tribological Design, Proceedings of the 14th International Wheelset Congress, Orlando, Florida, USA, 2004

제7절 결론

국내에 철도가 부설된 지 한 세기가 넘었지만 초기에는 외국기술에 의존하여 시작되었고 국내 자본재 산업의 취약성으로 인하여 철도산업이 현재까지 충분히 발전하지 못했으며, 최근 철도의 고속화와 주요 도시 지하철 신설로 인하여 상당히 많은 부분에서 차량부품설계 및 제작기술과 운용기술이 축적되고 있다. 그러나 철도시스템을 구성하는 차량, 차량부품, 전기, 전자 및 제어, 정보통신, 재료, 토목 등의 다양한 기술을 종합하여 철도시스템으로 완성시키는 시스템 엔지니어링기술과 차량시스템 및 부품기술 개발에 있어 아직도 많은 부분을 해외기술에 의존하고 있으며, 또한 체계적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 국내의 철도 기술발전에 모태가 된 경부 고속철도의 건설은 이미 많은 부분이 완료되었고, 2004년 4월에 개통되어 서울 - 부산, 서울 - 목포 간을 운영하게 됨으로써 우리나라도 세계적으로 고속철도를 운영하는 국가가 되었다. 경부 고속철도 건설사업을 통해 국내의 철도기술은 차량, 전기, 신호, 궤도, 토목 등 모든 분야에서 한 단계 이상 도약할 수 있었지만 독자적인 철도기술의 개발은 여전히 어려운 실정이었다. 이를 해결하기 위해 선도개발사업으로 고속전철기술개발사업이 1996년에 시작되어 350 km/h급 고속철도 핵심기술들이 개발되게 되었다.

고속전철기술개발사업은 최고속도 350 km/h의 고속전철을 국내기술에 의해 설계 및 제작한다는 목표 아래 6년의 기간 동안 산·학·연의 추진체계로 많은 기관과 연구원이 참여하여 사업을 수행하였고, 2002년에 시제차량과 관련부품의 시제품들이 개발되어 시험되었다. 그러나, 개발된 시제품 및 시제차량의 대한 일부 성능들은 확인되었지만, 짧은 사업기간에 의해 이들에 대한 신뢰성을 확보할 수 있는 시험기간을 충분히 확보할 수 없었다. 따라서, G7 사업에서 개발된 고속철도의 신뢰성과 안전성을 확보하기 위한 새로운 연구사업이 필요하게 되었으며, 이를 위해 2002년 12월부터 5년의 기간으로 철도기술개발사업이 시작되었고 현재는 5차년도를 마무리하는 시점이다.

한국형 고속열차 시제차량에 대한 시운전은 2004년 4월 경부 고속철도가 개통되기 이전에는 경부고속철도 시운전 시험 구간인 천안 - 시목 구간에서 진행되었으나 개통이후에는 KTX의 영업운전과 동일한 선로의 광명 - 목포, 동대구 구간에서 진

행되고 있다. 2007. 10월말 현재 한국형 고속열차는 총 435회의 시운전 시험을 실시하여 운행 총 누적거리가 205,488 km(5차년도 주행거리 : 50,290 km)에 이르러 본 연구개발 사업에서 목표로 정했던 200,000 km를 초과하였다.

본 연구개발사업의 개발결과인 한국형 고속열차가 2005년 12월에는 한국철도공사에서 실시된 신규 고속철도 차량 도입 입찰 심사에서 한국형 고속열차가 "우선협상대상자" 로 선정되었으며, 2006년 6월 8일 한국형 고속열차가 최종적으로 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 한국철도공사와 로템(주)에서 고속철도 도입을 위한 계약이 체결되었다. 이에 따라 한국형 고속열차를 수출하기 위한 교두보가 마련되었기 때문에 한국형 고속열차를 해외로 진출시키려는 열망이 더욱 높아질 것이다. 한국형 고속열차에 대한 성과들은 언론과 전시회 참가, 시승행사 등의 홍보를 통해 국내외 철도관련자 및 일반에 알려지고 있다.

고속철도기술 통합 및 총괄과제는 한국형 고속열차의 신뢰성과 안정성 확보를 위한 8개 과제의 효율적인 관리 및 조정을 통하여 아래와 같은 연구를 수행하여 고속철도기술개발사업이 앞에서 설명한 연구 성과를 얻어냈다.

○ 고속철도기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리
- 연구과제 책임자 회의를 통한 각 과제의 목표관리 및 일정조정
  · 전체과제 일정관리 및 조정
  · 연도별 사업추진 내용 조정
- 안정화 시험일정 조정, 관리 및 지원
  · 한국형 고속열차 시운전단 운영
  · 증속시험 및 안정화 시험 총괄
  · G7 개발열차의 증속시험 및 안정화 시험 총괄
  · 안정화 시험시 발생하는 문제의 해결책 수립 및 역할 분담 조정
  · 오송사무소 관리, 작업현황 및 시설공단/철도공사와의 일정 협의
  · 안정화 시험시 발생문제의 해결책 수립 및 역할 분담조정
  · 안전관리
  · 시운전 시험 결과의 참여기업 활용지원
  · 한국형 고속열차 증속시험 협의

○ 기술개발 성과의 활용방안 모색

- 기술개발 성과를 이용한 수요처 기술자문(철도공사)
  - · KTX 영업운전을 위한 기존선 속도향상 검증지원
  - · 철도청 KTX 운행 관련 기술지원
  - · 연결선 증속시험
  - · 경부기존선 KTX운행을 위한 사전 인터페이스 시험
- 개발열차 향후 활용방안 검토
  - · 개발열차 해외진출 기술지원
  - · 실용화 열차(전라선/호남선) 기술지원

○ 차량 레일간 상호작용 현상 인터페이스 연구(위탁)

○ 고속철도기술개발사업의 홍보 및 평가

- 고속철도 개발과 관련 각종 전달매체 및 전시회 참가를 통한 홍보
- 개발열차의 시승행사

○ 차세대 고속철도기술개발사업 기획

○ 고속철도기술개발관련 교육/훈련 매뉴얼 기획 및 총괄

제4장 목표 달성도 및 관련분야 기여도

제1절 목표 달성도

"고속철도기술개발 통합 및 총괄"과제의 연구 개발 목표 및 연구내용은 표 1.3.2.1과 같으며, 계획한 연구내용을 성실히 수행하여 목표를 달성하였다. 연구개발 내용에 대한 목표달성도를 아래에 자세히 설명하고자 한다.

□ 고속철도 기술개발사업의 총괄적 조정 및 관리

개발된 한국형 고속열차에 대한 안정화 및 신뢰성을 확보하기 위해 시운전 시험이 원활히 이루어지고 과제 참여기관, 건교부, 한국철도공사 및 한국시설관리공단 등 관련기관들이 유기적인 관계를 유지할 수 있게 본 과제에서 조율 및 기술적인 총괄 업무를 수행하였다.

한국형 고속열차의 객관성이 있는 신뢰성을 확보하기 위해 KTX 도입시 시운전 시험에 참여했던 한국시설공단 및 한국철도공사의 전문 요원과 과제 참여연구원으로 구성된 한국형 고속열차 시운전단을 운영하여 전문요원이 시운전 시험, 기술회의 등에 참여하여 기술적 자문을 하도록 하였다.

사업 추진과정에서 본 연구 개발상업의 완성도를 높일 수 있도록 기존 RFP의 연구내용을 수정하거나 보완하여 주변 환경 변화에 대응하였다.

이러한 노력으로 2004년 12월 16일 한국형 고속열차의 352 km/h 시험 주행이 성공리에 마무리되었고, 2005년 11월 16일에는 개발된 한국형 고속열차의 실용화를 위한 목표 주행거리인 12만 km를 에 별다른 사고가 없이 달성하였다. 그 결과로 2006년 6월 8일 한국형 고속열차가 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되어 한국철도공사와 로템(주)에서 고속철도 도입을 위한 계약이 체결됨으로 개발 열차의 해외 수출을 위한 교두보가 마련되었다. 또한, 개발된 한국형 고속열차가 시운전 시험을 시작한지 6년 1개월만인 2006년 9월 17일 드디어 총 주행거리 20만 km를 별다른 사고가 없이 무사히 달성하였다.

□ 시스템 성능안정화 및 신뢰성 연구 분야간 인터페이스 조정, 관리

시스템의 성능을 안정화시키는 과정에서 시스템 사이나 연구 분야 사이의 문제가 발생하게 된다. 특히, 한국형 고속열차의 시운전 시험 중에 문제가 발생하게 되면 다음 시운전 시험에 지장을 초래하기 때문에 빠른 문제 해결이 필요하다. 본 과제에서는 문제 발생시 원인을 빠른 시간 내에 파악하여 해결할 수 있도록 과제간의 회의, 주간 공정회의 및 TFT 활동 등을 통해 문제를 조기에 해결하여 한국형 고속열차의 시운전 시험에 지장을 주지 않도록 조치를 하였다.

한국형 고속열차의 시운전 시험을 위해 개발품의 유지보수 부품을 확보하고 있으나, 부득이 한 사정으로 인해 유지보수 부품이 없는 경우에 한국철도공사에 협조를 요청하여 유지보수 부품을 차용해서 쓸 수 있도록 함으로서 한국형 고속열차의 시운전 시험을 원할히 수행하도록 하였다.

또한, 고속철도기술개발사업으로 축적된 기술이 철도공사에 지원됨으로써 KTX의 개통 및 원할한 운행에 기여하였으며, 지원된 기술이나 정보는 아래와 같다.

- KTX 영업운전을 위한 기존선(호남선/경부선) 속도향상 검증지원(2차년도)
- 철도청 KTX 운행 관련 기술지원
  - 기술검토 및 자문활동(1-3차년도)
  - 고속선로에서의 진동시험결과 철도 공사 제공(4차)
  - Tripod 절단시 KTX 제한 속도 향상 시험기술지원(4차)
- 고속선과 기존선의 연결선 증속시험(3차년도)
- 기존 경부선에 KTX운행을 위한 사전 인터페이스 시험(5차)

□ 개발결과 활용방안 수립지원

한국형 고속열차가 전라선/호남선 신규 도입 고속철도 차량으로 선정되었고 이에 따라 한국형 고속열차의 실용화를 위해 필요한 사항의 검토 및 변경시험 등을 지원하였다. 또한, 한국형 고속열차의 해외진출(브라질, 터키, 미국 등)을 위한 기술검토 등의 기술지원 업무를 수행하였으며, 해외진출에 대비하여 본 개발사업에서 개발된 기술에 대한 교육/훈련 매뉴얼이 분야별로 작성될 수 있도록 총괄적인 업무

를 수행하였다.

□ 차세대 고속열차시스템 개발을 위한 조사 및 기획연구

해외 고속철도의 기술발전 추세를 반영하고 국내 고속철도 기술을 한 차원 발전시킬 목적으로 차세대 고속열차를 개발하기 위한 새로운 기획(안)을 작성하였다. 이에 따라 "차세대 고속철도기술개발사업(최고시속 400 km 고속열차(HEMU - 400X) 개발)"이 2007년부터 7월 30일부터 착수되어 2012년 7월 29일까지 6년 동안 수행될 것이다.

제2절 관련분야 기여도

고속철도기술개발사업을 통해 축적된 기술은 국내 고속철도의 기술 수준을 전반적으로 향상에 기여하였고, 고속철도 분야의 독자적인 기술력 확보에 따른 국내 철도산업의 대외 경쟁력이 향상될 것으로 예상된다. 개발된 고속철도의 분야별 기술은 다음과 같이 관련 산업에 활용이 가능할 것이다.

○ 차량 기술 분야
- 종합적인 설계능력 향상을 통한 시스템 설계기술 및 기초 설계분야
- 차량핵심부분(추진제어시스템, 제동기술 등) 기술 분야
- 관련 산업계의 핵심부품의 생산기술 분야
- 전기장치(전동기, 전력변환기기 등) 설계 및 제작기술 분야

○ 시설설비 기술 분야
- 노반, 터널 및 교량시공에 대한 시공기술 분야
- 궤도의 동력학적 해석기술 분야
- 전력계통 해석/설계기술 및 요소기기(변압기, 송변전기기, 차단기 등) 기술 분야
- 자동화 원격제어기술 및 전력설비 관련 기술 분야

○ 열차제어 및 통신 기술 분야
- 차량운행의 신뢰성, 안전성과 효율성을 위한 열차제어 기술 분야
- 첨단 소프트웨어 및 정보처리 기술 분야
- 고 부가가치성 각종 통신기기 제조/전자통신 부품소재/통신서비스 기술 분야

○ 시스템 기술 분야
- 시스템 엔지니어링 및 설계 기술 분야
- 차량과 타 시스템간의 인터페이스 기술 분야

[부록 1]

한국형 고속열차(G7)의 경부 기존선 대전-동대구 구간 운행적합성 시험

2007. 4



한국형고속열차시운전단

목 차

제 1장 시험 개요 ····· 부록1-1

제 2장 시험수행 결과 ····· 부록1-4

제 1절 시험 내용 ····· 부록1-4

제 2절 분야별 시험 결과 ····· 부록1-5

제 3장 종합 의견 ····· 부록1-31

제 1장 시험 개요

1. 시험 목적

○ 대전-동대구 구간 기존선 선로의 전철화 공사가 종료(2007. 3. 1)됨으로, KTX 열차를 동 구간에 운행 투입하기 이전에 한국형 고속열차를 활용하여 **시설물과 고속열차의 적합성을 검증**하기 위한 시운전 시험을 추진함

2. 시험 추진 경과

○ 2007. 3. 14 : 철도공사와 시험 항목 및 가능성 협의

○ 2007. 3. 19 : 철도공사(영업본부)로부터 협조문서 접수

※ 철도공사 문서 : 고속차량 시운전 및 신호설비 개량 협조

3. 시험 추진일정

○ 시운전 시험 일시 및 운행속도

- 일시 : 2007. 3. 22, 3. 26일 야간(22:00~04:20) 시행
- 구간 : 오송기지 출발, 대전역~동대구역 1왕복 운행

시험일시	시험 구간	운행 시각	최고 속도 (km/h)
3. 22 (목)	오송기지~대전~동대구 ~대전~오송기지	- 대전 3.22일 22:00 출발 - 동대구 3.23일 00:40 출발	90 (하행) 110 (상행)
3. 26 (월)	오송기지~대전~동대구 ~대전~오송기지	- 대전 3.26일 22:00 출발 - 동대구 3.27일 00:40 출발	135(상/하행)

○ 시험 항목

한국형 고속열차 계측시스템을 활용하여 진동 특성, 판토그래프 비디오 모니터링 등 운전·차량·전기 분야로 구분된 총 10개 항목의 시험을 시행함

시운전 분야별 세부 시험항목

<운전 분야>

번호	시험 항목	시험 내용	주 관	비 고
1.1.1	구간운전시분 측정	-대전↔동대구 구간운전시분 측정	여객사업본부,수송안전실	G7
1.1.2	전차선 절연구간 취급시험	- 기존선 전차선 절연구간 취급시험 및 관련 표지 건식위치 적정여부 확인	"	G7
1.1.3	고속차량 부하전류 시험	- 고속차량 부하전류 시험	"	G7

<차량 분야>

번 호	시험 항목	시험 내용	주 관	비고
1.4.2	동적거동	- 차량의 정상상태에서 구간별 규정속도로 왕복 운행하여 최소 곡선반경 및 분기기에서 동적 거동상태 측정	"	G7
1.4.3	진동 및 승차감	- 차체의 상하, 전후, 좌우 진동가속도 - 대체의 상하, 좌우 진동가속도 - 차축의 좌우 진동가속도 - 차량의 상하, 전후, 좌우 진동가속도	"	G7
1.4.4	절연구간	- 절연구간통과시 팬터 작동상태 확인	"	G7
1.4.5	유도장애	- 등가방해 전류	"	G7
1.4.6	집전장치	- 동적 접촉력, 이선율(집전품질) 평가	"	G7

<전기 분야>

번호	시험 항목	시 험 내 용	주 관	비고
1.3.1	비디오 모니터링	- 차량 비디오 장비로 전차선 움직임 촬영 및 분석·점검	전 기 기술단	G7
1.3.11	ATS장치 응동시험	- 신호계열별 차상 응동시험 - 차상 ATS 제어 판넬 표시점검	"	G7

제 2장 시험수행 결과

제 1절 시험 내용

1. 시험 일시 및 운행속도

1) 시험 구간 및 최고 운행속도

시험일시	구간	운행시각	최고 속도 (km/h)
3. 22 (목)	오송기지~대전~동대구~ 대전~오송기지	- 대전 3.22일 22:00 출발 - 동대구 3.23일 00:40 출발	90(하행) 110(상행)
3. 26 (월)	오송기지~대전~동대구~ 대전~오송기지	- 대전 3.26일 22:00 출발 - 동대구 3.27일 00:40 출발	135(상/하행)

2) 시험 항목별 역할분담

항목 번호	시험 항목	측정/검토 담당	비 고
1.1.1	구간운전시분 측정	철도공사 수송안전실 시험담당	
1.1.2	전차선 절연구간 취급 관련 표지 건식위치 적정여부 확인	시험열차 운전담당 기장	
1.1.3	고속차량 부하전류 시험	철도연 전력분야 시험담당	
1.4.1	기존선 승강장 관련 주행 중 정상운행 가능 여부	철도공사 차량기술단 시험담당	공사 내부 별도 보고
기 타	차량 및 전기(ATS)분야 시험	한국형 고속열차 시험담당 및 (주)샬롬엔지니어링 시험담당	

제 2절 분야별 시험결과

1. 운전분야 시험

1) 구간운전시분 측정 시험

가. 시험조건 및 계측장비

한국형 고속열차로 대전~동대구 구간을 운행하며 스톱워치를 이용하여 소정 위치를 통과 또는 정차한 시각을 초단위로 측정, 기록하였다.

나. 측정 결과

한국형 고속열차 시험운행 시 구간운전시분 측정 결과는 붙임 표 1~4와 같았다.

※ 측정결과 표 1~4의 표시사항 중,

1. 운전시각은 시발역 출발부터 누적시각임. (열차정지표지; 20량 위치 통과시각)
2. 절연구간은 무가압구간의 중심점임. (절연구간과 정거장의 off-set 확인 필요)

다. 검토 의견

- 구간운전시분 측정결과는 본 시험에 활용된 한국형 고속열차와 철도공사의 KTX 열차가 가·감속 성능상 차이가 있는 점, 편성길이 차이(145m : 388m)로 곡선구간 통과 후 가속시점이 차이(약 243m)가 전체 구간운전시간에 영향을 주므로 향후 KTX 열차로 정밀한 운전시각 재측정이 필요할 것으로 판단된다.
- 구간운전시분은 새마을 열차의 운전시분과 큰 차이가 없으나 곡선부가 많고 연속 상구배 구간인 대전→김천(하행)에서 3′26″까지 뚜렷하게 운전시각이 단축되었다.
- 최고속도 135 km/h 시험 조건의 구간별 운행시각 비교

구 분	열차번호	대전	김천	구미	동대구	비 고
현시각	7843(26일)	22:04′35″	49′34″	13′46″	30′17″	23:50′00″	구미~동대구간 개통 지연
시운전 운전표	7843	22:00′00″	60′30″	17′45″	34′30″	23:55′15″	
새마을	1041	09:25′00″	[redacted]	13′00″	29′00″	11:03′00″	

구 분	열차번호	동대구	구미	김천	대전	비 고
현시각	7844(27일)	22:04′35″	39′02″	14′45″	54′04″	02:11′30″	구미 통과로 구간시분 단축됨 동대구~구미간 개통 지연
시운전 운전표	7844	00:40′00″	32′00″	15′30″	56′45″	02:30′00″	
새마을	1042	09:13′00″	30′00″	15′00″	54′00″	10:54′00″	

표 1. 열 차 번 호 #7843 ('07. 3.22 최고속도: 90㎞/h)

장 소	위 치	구간거리	운전시각표	운전시각	구간시분	비 고
대 전	166.3		22:00'00"	22:02'07"		출발 후 개통대 서행
		7.3			9'28"	
세 천	173.6		22:07'00"	09'28"		선행열차 대피 저속 통과
		8.9			6'20"	
옥 천	182.5		22:13'00"	15'48"		
		2.596_5			1'09"	
옥천 SS	185.096_5			16'57"		
		5.703_5			4'34"	
이 원	190.8		22:19'00"	21'31"		
		5.6			3'42"	
지 탄	196.4		22:22'15"	25'13"		
		4.4			3'11"	
심 천	200.8		22:24'45"	28'24"		
		3.8			3'08"	
각 계	204.6		22:27'00"	31'32"		
		7.0			4'50"	
영 동	211.6		22:32'00"	36'22"		
		2.597_5			1'09"	
영동 SP	214.197_5			37'31"		
		12.002_5			8'49"	
황 간	226.2		22:42'30"	46'20"		
		8.5			5'42"	
추풍령	234.7		22:47'30"	52'02"		
		6.0			4'12"	
신 암	240.7		22:51'00"	56'14"		
		4.647_5			2'39"	
직지사 SS	245.347_5			58'53"		
		0.852_5			1'19"	
직지사	246.2		22:54'15"	1:00'12"		
		7.6			6'09"	
김 천	253.8		23:00'30" 23:03'00"	06'21" 09'29"		3'08" 정차
		9.7			7'22"	
대 신	263.5		23:09'30"	16'51"		
		2.428_5			1'03"	
대신 SP	265.928_5			17'54"		역행표지 위치 검토요
		3.271_5			2'51"	
아 포	269.2		23:12'30"	20'45"		
		7.5			5'18"	
구 미	276.7		23:18'00" 23:20'45"	26'03"		열차지연으로 통과
		4.6			3'13"	
사 곡	281.3		23:24'30"	29'16"		
		3.474_5			1'37"	
사곡 SS	284.774_5			30'53"		
		4.725_5			4'12"	
약 목	289.5		23:29'00"	35'05"		
		6.5			4'12"	
왜 관	296.0		23:33'45"	39'17"		
		6.2			3'55"	
연 화	302.2		23:38'15"	43'12"		
		3.7			2'47"	
신 동	305.9		23:40'45"	45'59"		
		2.3				
신동 분기부	308.2					
		4.885_5				
지천 SP	313.085_5			50'22"		
		0.214_5			0'31"	
지 천	313.3		23:45'00"	51'03"		
		9.8			9'06"	
대 구	323.1		23:51'45"	2:00'09" 02'37"		2'28" 정차(서행 #317 대피)
		3.2			5'46"	
동 대 구	326.3		23:55'15"	00:'10"30		

표 2. 열 차 번 호 #7844 ('07. 3.23 최고속도: 110㎞/h)

장 소	위 치	구간거리	운전시각표	운전시각	구간시분	비 고
동대구	326.3		00:40'00"	00:40'05"		
		3.2			3'55"	
대구	323.1		00:43'45"	03'55"		
		9.8			5'23"	
지천	313.3		00:50'00"	09'18"		
		0.214_5			0'34"	
지천 SP	313.085_5			09'52"		
		4.885_5			2'51"	
신동 분기부	308.2			12'43"		
		2.3			1'46"	
신동	305.9		00:54'15"	14'29"		개통지연(#3002열차)
		3.7			3'09"	
연화	302.2		00:56'45"	17'38"		개통지연(#3002열차)
		6.2			6'06"	
왜관	296.0		01:00'45"	23'44"		개통지연(#3002열차)
		6.5			3'41"	
약목	289.5		01:04'45"	27'25"		
		4.725_5			3'02"	
사곡 SS	284.774_5			30'27"		
		3.474_5			3'24"	
사곡	281.3		01:09'00"	33'51"		
		4.6			1'44"	
구미	276.7		01:12'00" 01:15'00"	35'35" 37'18"		1'43" 정차
		7.5			5'06"	
아포	269.2		01:20'45"	42'24"		
		3.271_5			3'57"	
대신 SP	265.928_5			46'21"		역행표지 위치 검토요
		2.428_5			1'16"	
대신	263.5		01:24'00"	47'37"		
		9.7			7'10"	
김천	253.8		01:30'30" 01:33'15"	54'47" 56'55"		2'08" 정차
		7.6			5'41"	
직지사	246.2		01:39'00"	1:02'36"		
		0.852_5			1'05"	
직지사 SS	245.347_5			03'41"		
		4.647_5				
신암	240.7		01:42'30"			
		6.0				
추풍령	234.7		01:46'15"	09'40"		
		8.5			5'24"	
황간	226.2		01:51'45"	15'04"		
		12.002_5			7'31"	
영동 SP	214.197_5		"	22'35"		
		2.597_5			0'58"	
영동	211.6		02:01'45	23'33"		
		7.0			4'07"	
각계	204.6		02:06'30"	27'40"		
		3.8			3'22"	
심천	200.8		02:08'45"	31'02"		
		4.4				
지탄	196.4		02:11'15"			
		5.6				
이원	190.8		02:14'30"	37'25"		
		5.703_5			3'35"	
옥천 SS	185.096_5			41'00"		
		2.596_5			1'08"	
옥천	182.5		02:19'15"	42'08"		
		8.9			5'03"	
세천	173.6		02:24'15"	47'11"		
		7.3			6'32"	
대전	166.3		02:30'00"	02:33'48"		

표 3. 열 차 번 호 #7843 ('07. 3.26 최고속도: 135㎞/h)

장 소	위 치	구간거리	운전시각표	운전시각	구간시분	비 고
대 전	166.3		22:00'00"	22:04'35"		
		7.3			4'54"	
세천	173.6		22:07'00"	04'54"		
		8.9			4'40"	
옥천	182.5		22:13'00"	09'34"		
		2.596_5			0'55"	
옥천 SS	185.096_5			10'29"		
		5.703_5			3'14"	
이원	190.8		22:19'00"	13'43"		
		5.6			2'34"	
지탄	196.4		22:22'15"	16'17"		
		4.4			2'23"	
심천	200.8		22:24'45"	18'40"		
		3.8			2'20"	
각계	204.6		22:27'00"	21'00"		
		7.0			4'07"	
영동	211.6		22:32'00"	25'07"		
		2.597_5			0'54"	
영동 SP	214.197_5			26'01"		
		12.002_5			7'31"	
황간	226.2		22:42'30"	33'32"		
		8.5			4'03"	
추풍령	234.7		22:47'30"	37'35"		
		6.0			3'30"	
신암	240.7		22:51'00"	41'05"		
		4.647_5				
직지사 SS	245.347_5					
		0.852_5				
직지사	246.2		22:54'15"	44'47"		
		7.6			4'47"	
김 천	253.8		23:00'30" 23:03'00"	49'34" 57'15"		7'41" 정차
		9.7			6'01"	
대신	263.5		23:09'30"	1:03'16"		
		2.428_5			0'54"	
대신 SP	265.928_5			04'10"		역행표지 위치 검토요
		3.271_5				
아포	269.2		23:12'30"			
		7.5				
구 미	276.7		23:18'00" 23:20'45"	11'01" 15'08"		4'07" 정차
		4.6			3'19"	
사곡	281.3		23:24'30"	08'27"		서행
		3.474_5			11'17"	
사곡 SS	284.774_5			19'44"		
		4.725_5			2'43"	
약목	289.5		23:29'00"	22'27"		
		6.5			3'29"	
왜 관	296.0		23:33'45"	25'56"		
		6.2			3'01"	
연화	302.2		23:38'15"	28'57"		
		3.7			2'13"	
신동	305.9		23:40'45"	31'10"		
		2.3			1'37"	
신동 분기부	308.2			32'47"		
		4.885_5			2'09"	
지천 SP	313.085_5			34'56"		
		0.214_5			3'08"	
지천	313.3		23:45'00"	35'34"		
		9.8				
대 구	323.1		23:51'45"			
		3.2				
동 대 구	326.3		23:55'15"	23:50'		

표 4. 열 차 번 호 #7844 ('07. 3.27 최고속도: 135㎞/h)

장 소	위 치	구간거리	운전시각표	운전시각	구간시분	비 고
동대구	326.3		00:40'00"	00:'21"20		
		3.2				
대구	323.1		00:43'45"			
		9.8				
지천	313.3		00:50'00"	08'16"		
		0.214$_5$			0'30"	
지천 SP	313.085$_5$			08'46"		
		4.885$_5$			2'29"	
신동 분기부	308.2			11'15"		
		2.3			9'06"	
신동	305.9		00:54'15"	20'21"		개통지연(#3002열차)
		3.7			2'15"	
연화	302.2		00:56'45"	22'36"		개통지연(#3002열차)
		6.2			5'54"	
왜관	296.0		01:00'45"	28'30"		
		6.5			3'21"	
약목	289.5		01:04'45"	31'51"		
		4.725$_5$			2'39"	
사곡 SS	284.774$_5$			34'30"		
		3.474$_5$			1'36"	
사곡	281.3		01:09'00"	36'06"		
		4.6			2'56"	
구미	276.7		01:12'00" 01:15'00"	39'02"		
		7.5			4'38"	
아포	269.2		01:20'45"	43'40"		
		3.271$_5$			2'05"	
대신 SP	265.928$_5$			45'45"		역행표지 위치 검토요
		2.428$_5$			1'00"	
대신	263.5		01:24'00"	46'45"		
		9.7			6'02"	
김천	253.8		01:30'30" 01:33'15"	53'47" 56'06"		2'19" 정차
		7.6			5'16"	
직지사	246.2		01:39'00"	1:01'22"		
		0.852$_5$				
직지사 SS	245.347$_5$					
		4.647$_5$				
신암	240.7		01:42'30"	04'28"		
		6.0			3'36"	
추풍령	234.7		01:46'15"	08'02"		
		8.5			5'20"	
황간	226.2		01:51'45"	13'22"		
		12.002$_5$			7'32"	
영동 SP	214.197$_5$		〃	20'54"		
		2.597$_5$			0'54"	
영동	211.6		02:01'45	21'48"		
		7.0			4'10"	
각계	204.6		02:06'30"	25'58"		
		3.8			2'18"	
심천	200.8		02:08'45"	28'16"		
		4.4			2'17"	
지탄	196.4		02:11'15"	30'33"		
		5.6			2'45"	
이원	190.8		02:14'30"	33'18"		
		5.703$_5$			4'12"	
옥천 SS	185.096$_5$			37'30"		
		2.596$_5$			1'00"	
옥천	182.5		02:19'15"	38'30"		
		8.9			4'40"	
세천	173.6		02:24'15"	43'10"		
		7.3			7'00"	
대전	166.3		02:30'00"	02:11'30"		

2) 전차선 절연구간 취급 시험

가. 시험조건 및 계측장비

대전~동대구 구간에 한국형고속열차를 시험운행하며 옥천~신동 사이의 절연구간 5개소(옥천SS, 영동SP, 직지사SS, 대신SP, 사곡SS)의 전차선 관계 표지 건식위치의 적정 여부를 운전실에서 육안으로 확인하였다.

나. 확인결과 의견

야간에 운전허용 최고속도(90, 110, 135㎞/h)로 운행중인 열차에서 정확한 KP 위치 식별이 어려워 정량적인 데이터로 절연구간 위치에 대한 의견 제시는 어려우나,

① 공통적으로 절연구간과 관련한 표지 류('가선 절연구간 예고표지', '타행 표지' 및 '가선 절연구간 표지')의 위치는 고속열차의 운전제어에 전혀 문제가 없었다.

② 한편, KTX 열차의 투입에 앞서 지상에서 표지 사이의 정확한 거리를 측정하는 확인 작업은 필요한 것으로 판단된다. 특히, 대신구분소는 상행/하행 모두 전기동차용 역행 표지와 1개 전주 간격의 거리에 고속열차용 역행표지가 설치되어 있어 고속열차용 역행표지 위치 및 거리가 적정한 지 여부에 대한 현장 확인이 필요한 것으로 판단된다.

※ '역행표지'는 절연구간을 통과한 열차에 대하여 전원 투입, 부하운전을 허용하는 지점을 표시하므로 무가압 구간을 지난 뒤, 급전구간에 열차의 후방 집전장치가 진입함을 운전실에서 확인되는 지점에 설치되는 것이 바람직함.
(통상 열차의 총 편성 길이 이상을 확보함)

3) 고속차량 부하전류 시험

가. 시험 방법 및 사용 계측장비

고속차량 부하전류시험은 대전-동대구 구간을 4대의 모터블럭을 기동하여 각각 90, 110, 135km/h로 주행 시 주변압기 1차 측에서 실효치 부하전류를 측정하였으며, 본 시험에는 Fluke社의 Power Quality Recorder 1760 Topas 장비를 사용하였다.

나. 시험 결과

대전-동대구 구간 주행 시 고속열차가 소비하는 반 편성당 부하전류 시험 결과를 요약하여 표 5에 나타내었다. 고속열차의 속도가 증가함에 따라 부하전류도 비례적으로 증가하는 경향을 보인다. 그림 1~2는 일부구간에서 부하전류를 상세하게 나타낸 것이며 그림 3~4는 전체구간에 대해 부하전류를 상세하게 나타낸 것이다. 그림 3~4에서 절연구간이 6곳 존재함을 확인할 수 있다.

표 5. 부하전류 시험결과 요약

시험운행 구간	부하 전류(A)	
	최대	평균
대전->동대구(90km/h)	98.48	32.02
동대구->대전(110km/h)	124.01	36.64
대전->동대구(135km/h)	144.54	48.39
동대구->대전(135km/h)	146.68	45.72

기존선 구간에서 고속차량 부하전류를 측정, 분석한 결과 아래와 같이 판단되었다.

- 속도 증속으로 인한 부하전류 증가량은 최대값 기준 20A, 평균값 기준 4~10A이다.
- 한국형 고속열차의 부하전류는 KTX열차 대비 다소 차이가 있을 수 있으나 대전 동대구 기존선 구간에서 시험운행 중 부하전류 수준은 적정한 것으로 판단된다.

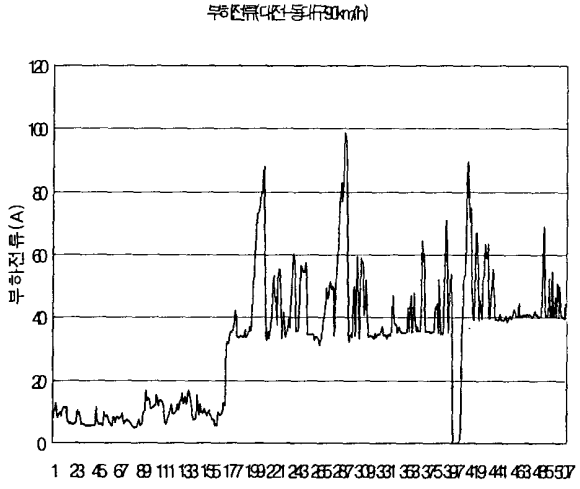


그림 1. 부하전류(대전->동대구, 90km/h)

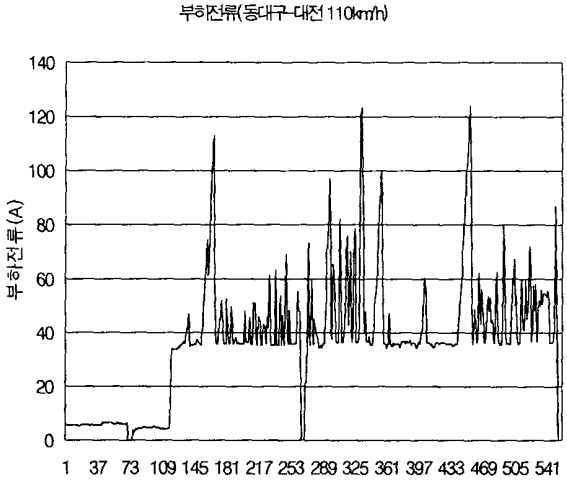


그림 2. 부하전류(동대구->대전, 110km/h)

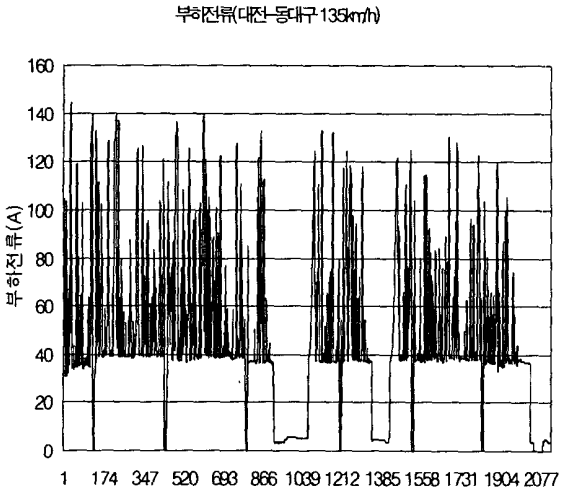


그림 3. 부하전류(대전->동대구, 135km/h)

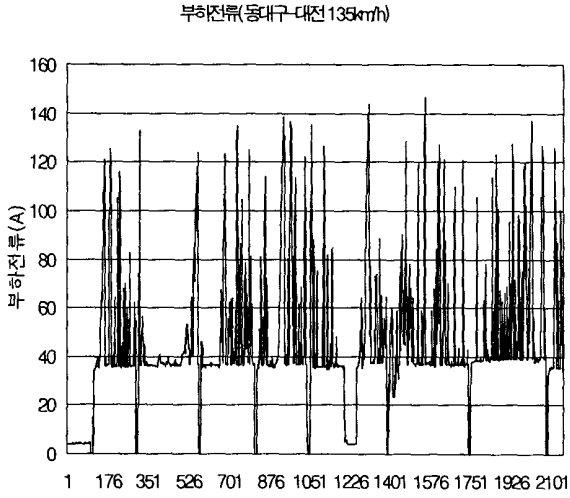


그림 4. 부하전류(동대구->대전, 135km/h)

2. 차량분야 시험

1) 동적 거동 시험

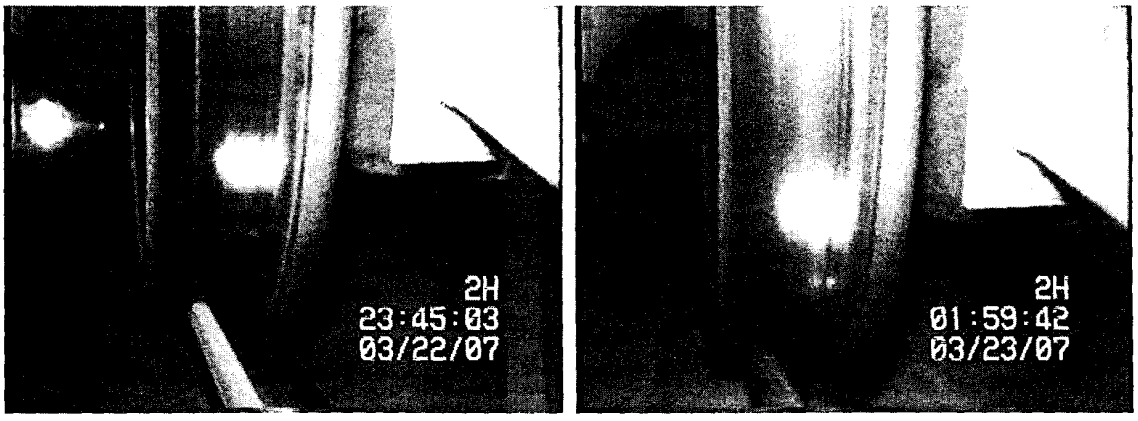
가. 시험 방법 및 사용 계측장비

차량 동적거동 시험은 고속열차가 구간별 규정속도로 최소 곡선반경 및 분기기를 통과할 때 동적 거동상태를 확인한 시험으로, 한국형 고속열차의 휠-레일 모니터링 장비를 시험에 사용하였다.

나. 시험 결과

고속열차의 휠/레일 주행 모니터링 결과, 곡선 반경이 작은 구간에서 차륜 플랜지 접촉이 연속적으로 발생하는 것이 관측되었으며, 고속열차 투입 시 이러한 차륜 플랜지 접촉이 반복될 경우 차륜의 플랜지 이상 마모가 예상된다.

KTX 열차의 영업운행 투입 전에 주행안전성 확인이 필요한 경우, KTX 열차를 운행하며 탈선계수 측정시험을 통해 정밀한 분석이 필요한 것으로 판단된다.



하행선 KP 306 부근 (400R 곡선구간)　　상행선 KP 219 부근 (400R 곡선구간)

그림 5. 동적 거동 (곡선구간에서 차륜 플랜지 접촉)

2) 진동특성 시험

가. 진동시험의 평가기준

차량 진동특성 기준은 UIC 518 에서 일부 가속도 관련 항목을 응용하여 적용한다.

- 안전성 기준

· 대차 횡 가속도 : 10.44m/s^2 이하 (10Hz Low Pass Filter 적용)

· 차체 횡 가속도 : 3m/s^2 이하 (6Hz Low Pass Filter 적용)

· 차체 상하 가속도 : 3m/s^2 이하 (0.4~4.0 Hz Band Pass filter 적용)

- 주행거동 기준

· 차체 상하 · 횡 가속도 (0.4~10.0Hz Band Pass Filter 적용)

최대값 기준 : 2.5m/s^2 이하

RMS값 기준 : 횡 방향 0.5m/s^2 이하, 상하 방향 : 0.75m/s^2이하

나. 시험 결과

한국형 고속열차의 진동특성은 주행속도 135 km/h까지 UIC 518 기준을 만족하는 것을 확인하였다. 시험 결과를 표 6~7에 정리하였으며, 분석 결과를 첨부하였다.

표 6. 대전 - 동대구 구간 (3월 26일, 하행) 시험 결과

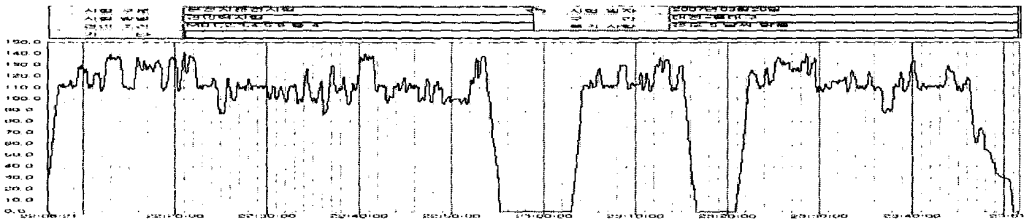
항 목		기 준(m/s^2)		결 과(m/s^2)	
안전성	대차 횡 가속도	10.4423		5.6246	
	차체 횡 가속도	3.0		1.3886	
	차체 상하 가속도	3.0		0.3882	
		Max.	R.M.S	Max.	R.M.S
주행거동	차체 횡 가속도	2.5	0.5	0.3800	0.1063
	차체 상하 가속도	2.5	0.75	0.5178	0.1527

표 7. 동대구 - 대전 구간 (3월 26일, 상행) 시험 결과

항 목		기 준(m/s^2)		결 과(m/s^2)	
안전성	대차 횡 가속도	10.4423		5.8394	
	차체 횡 가속도	3.0		1.3574	
	차체 상하 가속도	3.0		0.3916	
		Max.	R.M.S	Max.	R.M.S
주행거동	차체 횡 가속도	2.5	0.5	0.3914	0.1131
	차체 상하 가속도	2.5	0.75	0.5612	0.1718

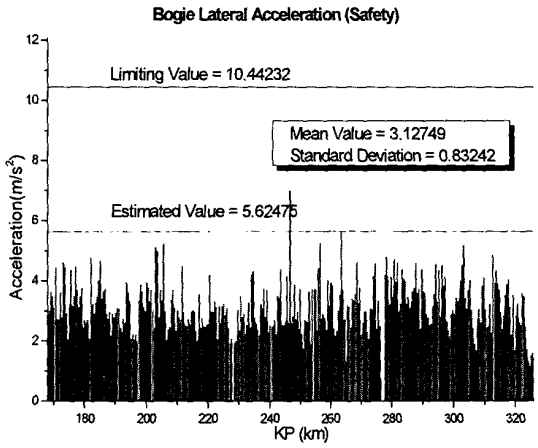
참고 자료 : 진동시험 분석 결과

- 시험열차 주행속도 (2007년 3월 26일 대전-동대구, 하행)

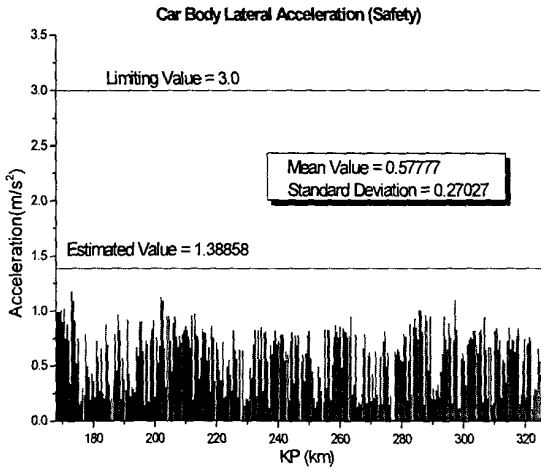


□ 안전성 기준 검토결과

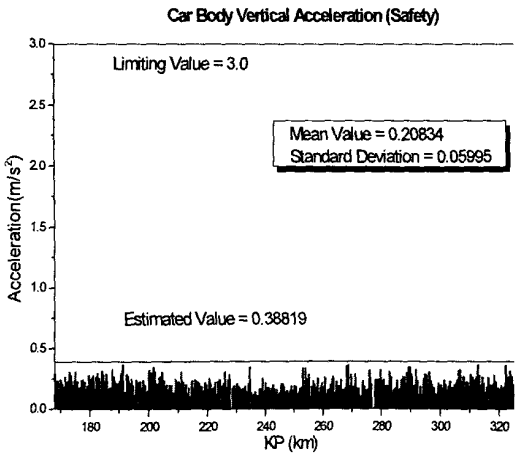
대차 횡진동



차체 횡진동

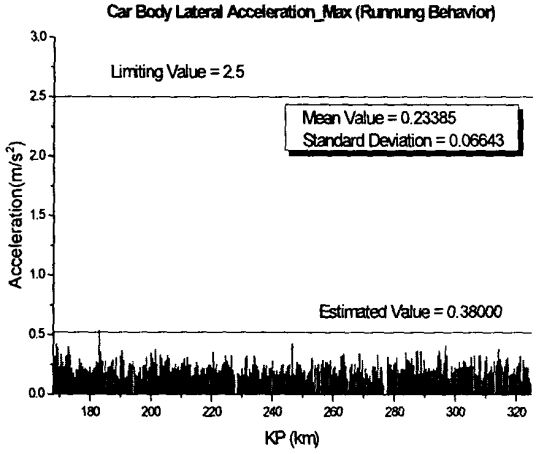


차체 상하 진동

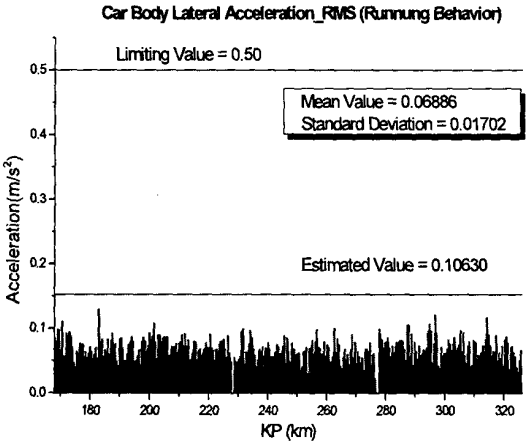


□ 주행거동 기준 검토결과

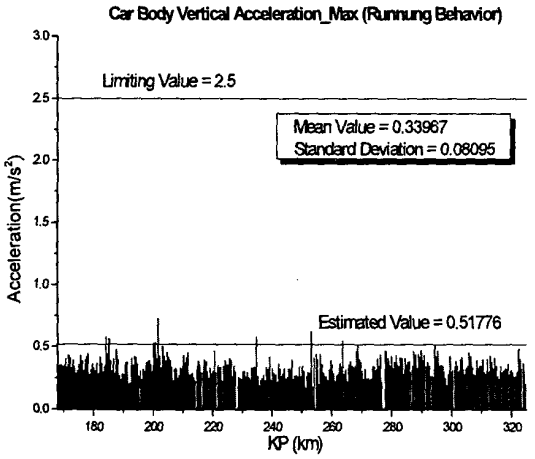
차체 횡진동(최대값)



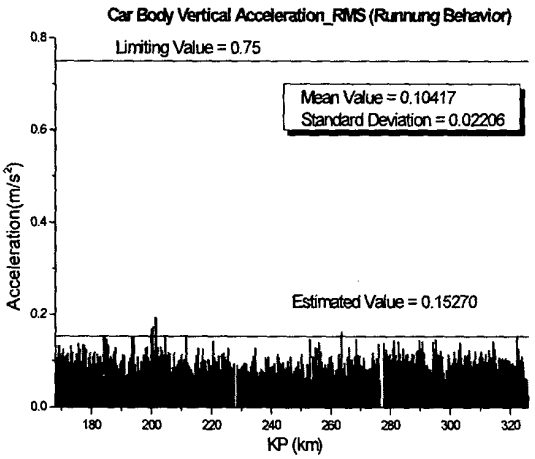
차체 횡진동(RMS)



차체 상하진동(최대값)



차체 상하진동(RMS)



3) 승차감 시험

가. 시험방법 및 계측장비

시험은 "철도 승차감 측정방법, 철도기술연구보(Vol. 23, No. 1, 1989)"에 따라 약 5분 간격 승차감 레벨을 측정하며, 철도연이 보유한 승차감 측정장비를 사용하였다.

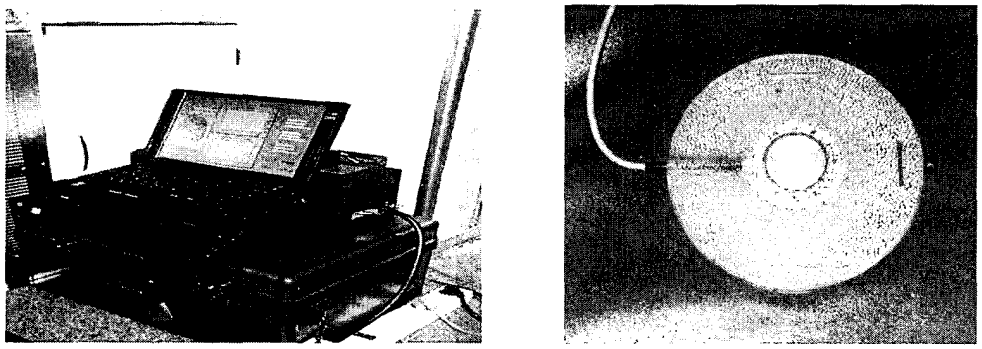


그림 6. 승차감 측정장비 및 3축 가속도계

나. 시험 결과의 평가기준

승차감 레벨 (dB)	승차감 평가 정도	비 고
≤103	매우 만족	
103-108	만족	
108-113	보통	
113-118	불편	
>118	매우 불편	

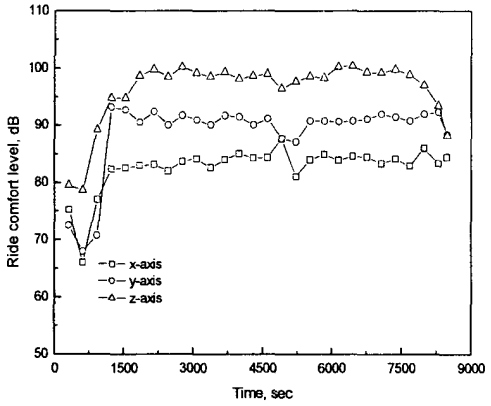
다. 시험 결과

승차감 레벨은 열차속도 135km/h 에서도 "매우 안락" 기준 이내로 평가되었다.

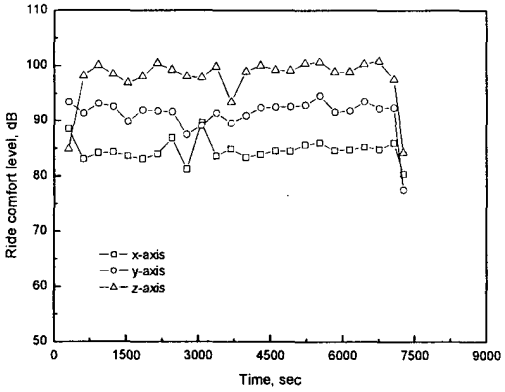
표 8. 대전-동대구 구간 승차감 시험 결과

구 분	승차감 레벨(최대치)				결과 분석
	하행	상행	하행	상행	
최고 속도	90km/h	110km/h	135km/h	135km/h	매우 안락 (기준 103dB 이하)
상하 방향	100.3dB	100.3dB	101.0dB	101.6dB	
횡 방향	93.1dB	93.1dB	98.1dB	93.8dB	
전후 방향	87.5dB	87.5dB	89.5dB	87.5dB	

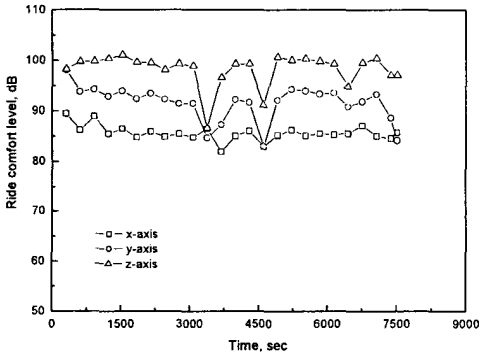
참고 자료 : 승차감 시험 분석 결과



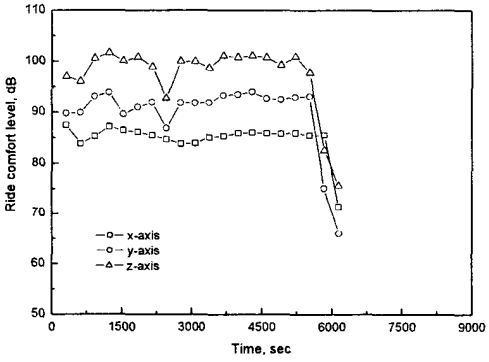
[3/22 대전 - 동대구]



[3/22 동대구 - 대전]



[3/26 대전 - 동대구]



[3/26 동대구 - 대전]

4) 절연구간 확인시험

가. 시험조건 및 계측장비

절연구간 통과 시 판토 작동상태 확인시험은 열차의 판토그래프를 정상판토 모드(하행) 및 비상모드(상행)로 운행하며 절연구간을 통과하는 조건에서 아크발생 정도, 비정상적 충격거동 여부를 확인하였으며, 한국형 고속열차에 탑재된 비디오 모니터링 장비를 시험에 사용하였다.

나. 시험 결과의 평가 기준

한국형 고속열차의 비디오 모니터링 장비는 아크의 발생량을 정량적으로 계측하는 기능이 없으므로, 비디오 녹화 영상을 통해 절연구간 통과 시 아크발생 정도, 판토그래프의 집전판 충격 거동 여부를 확인하였다.

다. 시험 결과

비디오 모니터링 장비를 이용해 녹화된 영상 데이터로 확인한 결과, 상 하행 구간 동일하게 절연구간을 통과할 때 열차의 판토그래프는 비정상 아크나 충격적 거동은 보이지 않았으며, 시험운행 종료 후 열차 ES 검검 시 확인한 집전판 표면에 특이한 파손 또는 충격 흔적은 발견되지 않았다. 종합적으로 한국형 고속열차가 절연구간을 통과할 때 차량의 판토그래프는 특이한 파손이나 비정상적 거동을 보이지 않았고 절연구간 통과 시 특이한 문제점은 없는 것으로 판단되었다.

5) 유도장애 - 등가방해전류 시험

가. 시험조건 및 계측장비

고속차량 등가방해전류 시험은 대전-동대구 구간을 4대의 모터블럭을 기동하여 각각 90, 110, 135km/h로 주행할 때 주변압기 1차측에서 부하전류를 측정하고 후처리를 통해 등가방해전류를 계산하였다. 이 측정시험과 고조파 계산에는 Fluke社의 Power Quality Recorder 1760 Topas 장비를 사용하였으며, 등가방해전류를 산출하기 위하여 식(1)을 사용하였다.

$$J_{Pn} = S_{fn} I_n$$
$$J_P = \sqrt{\sum (J_{Pn})^2} \qquad (1)$$

여기서, J_{Pn}은 각 고조파별 등가방해전류, S_{fn}은 국제전기통신연합(ITU)의 잡음평가계수, I_n은 50차까지의 고조파 전류, J_P는 등가방해전류이다.

나. 시험 결과의 평가 기준

등가방해전류의 평가 기준으로는 한국전력공사에서 작성하여 시행하고 있는 "영업업무처리지침(1990.7.1)"의 고조파 허용 기준치인 3.8(A)를 적용하였다.

다. 시험 결과

대전-동대구 구간에서 반 편성당 등가방해전류 시험 결과를 표 9에 요약하였으며, 그림 7~10 은 구간별 상세 등가방해전류 측정 결과를 나타낸 것이다.

표 9. 대전-동대구 구간 등가방해전류 시험 결과

구분	등가방해전류(A)		
	최대	평균	최소
대전->동대구(90km/h)	4.01	2.15	0.10
동대구->대전(110km/h)	2.45	1.73	0.07
대전->동대구(135km/h)	3.12	1.26	0.10
동대구->대전(135km/h)	3.00	1.47	0.07

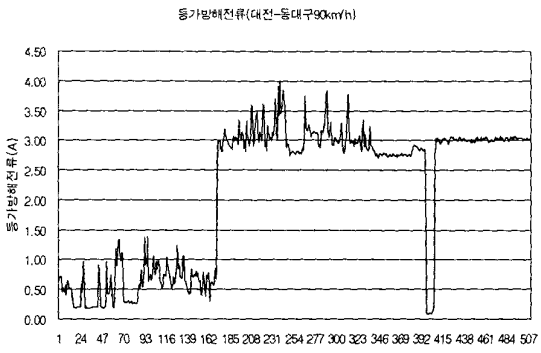


그림 7. 등가방해전류(대전-동대구,90km/h)

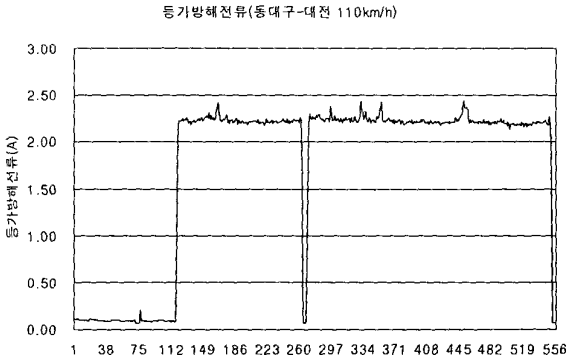


그림 8. 등가방해전류(동대구-대전,110km/h)

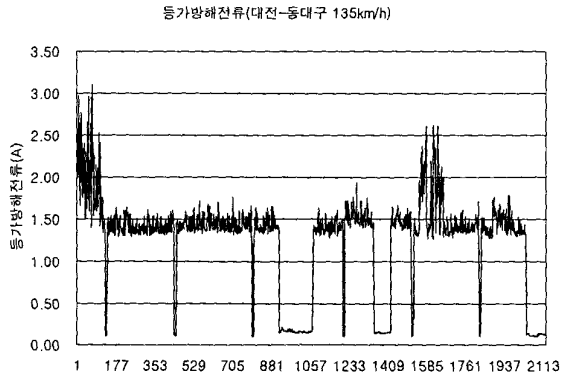


그림 9. 등가방해전류(대전-동대구,135km/h)

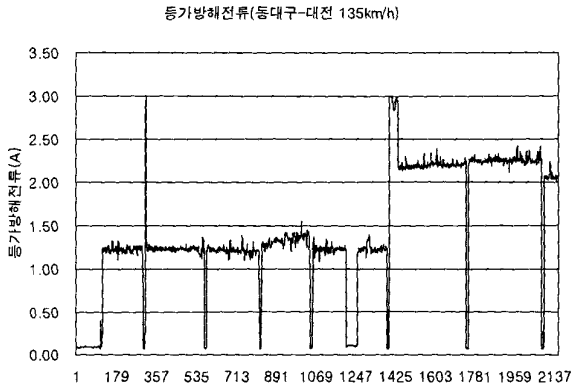


그림 10. 등가방해전류(동대구-대전,135km/h)

한국형 고속열차를 이용한 기존선에서의 유도장애 시험 중 등가방해전류 시험 측정 데이터를 분석한 결과, 아래와 같이 판단되었다.

- 한국형 고속열차의 등가방해전류는 KTX 열차와 다소 차이가 있을 수 있으나, 전 구간에서 기준치 이하임을 확인하였다.
- 순간적으로 기준치를 상회한 경우가 있었으나 1초 미만의 짧은 시간에 나타난 현상으로서, 유도장애에 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

6) 집전장치 시험

가. 시험조건 및 계측장비

집전장치 시험은 한국형 고속열차의 판토그래프를 정상판토 모드(하행 시) 및 비상모드(상행 시)로 운행하는 조건에서 비디오 모니터링 시험과 별도로 판토그래프와 전차선 사이의 접촉력을 측정하였으며, 시험을 위해 한국형 고속열차에 탑재된 집전장치 물리량 계측장비를 사용하였다.

나. 시험 결과의 평가 기준

전차선과 판토그래프의 접촉력 측정데이터를 통계 분석한 동적 평균접촉력의 크기를 국제 규격에서 정하는 기준과 비교하여 동적 접촉력 관점에서의 이선율을 평가한다. 동적 접촉력 관점의 이선율 또는 집전품질 평가는 국제규격인 UIC 794-O 및 BS EN 50119 규격을 기준하였다.

다. 시험 결과

① 동적 접촉력 및 집전품질 분석 결과

시험을 통해 측정한 접촉력 데이터를 분석한 결과, 통계적 평균접촉력(F_{mean})과 3배 표준편차(3σ)의 차이로 평가한 동적 접촉력 관점의 집전품질은 상/하행 선로가 동일하게 양호한 수준으로 평가되었으며, 각 시험운행 회차별, 선로별 집전품질을 분석한 결과는 아래와 같았다.

표 10. 대전-동대구 구간 집전품질 시험 결과

시험선로 구분	최고 운행속도	F_{mean} (N)	$F_{mean}-3\sigma$ (N, 최저값)	집전품질 평가기준
1차 하행선로	90 km/h	86~90	50 N 이상	$40 \leq F_{mean}-3\sigma$: 양호
1차 상행선로	110 km/h	91~95	60 N 이상	〃
2차 하행선로	135 km/h	103~110	55 N 이상	〃
2차 상행선로	135 km/h	95~105	55 N 이상	〃

위에 정리된 동적 평균접촉력 및 집전품질 분석결과는 시험속도별, 선로별 접촉력 데이터의 최저 수준을 나타낸 것이며, 매 시험조건에서 가장 불안정한 접촉을 보인 구간을 대상을 기준으로 분석한 결과를 그림 11~16에 나타내었다.

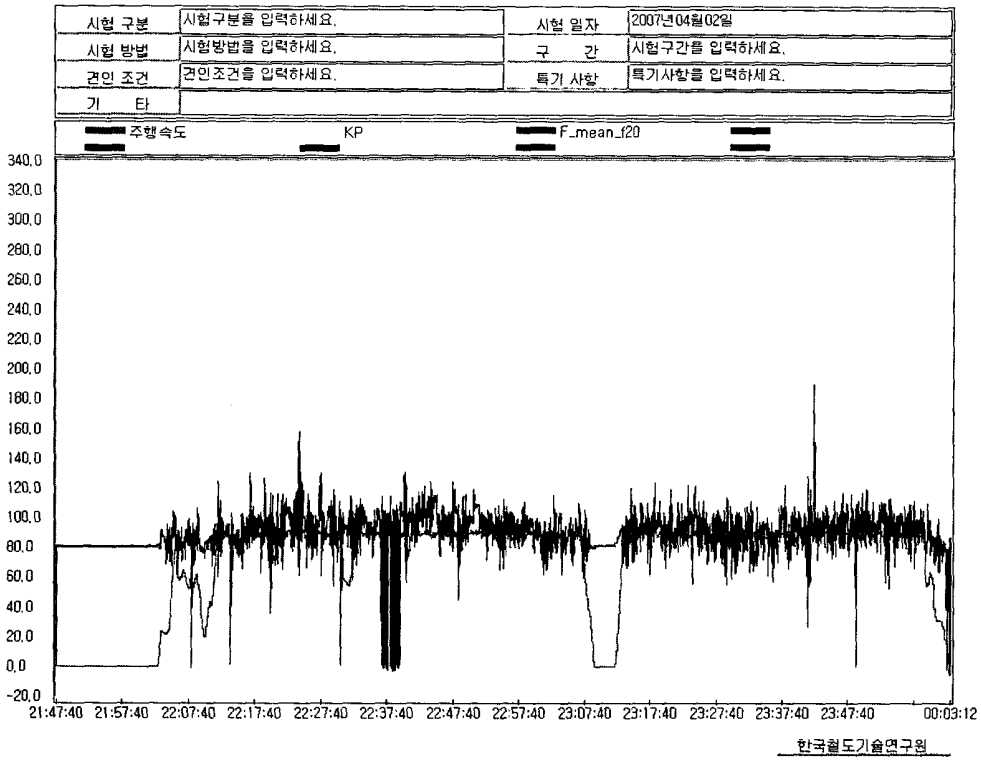


그림 11. 전체 접촉력 (최고속도 90 km/h, 하행 선로)

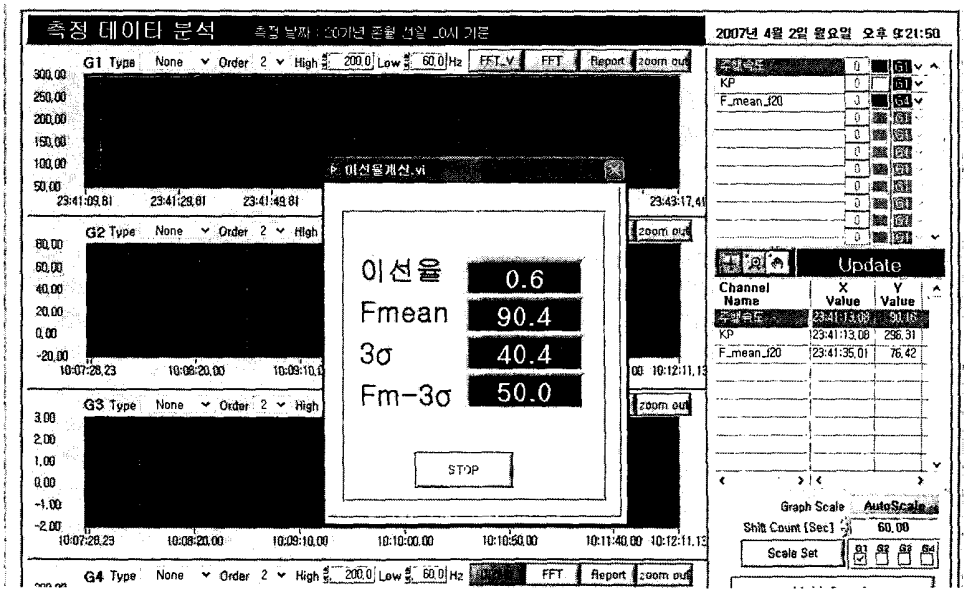


그림 12. 집전품질 분석 결과 (최고속도 90 km/h, 하행 선로)

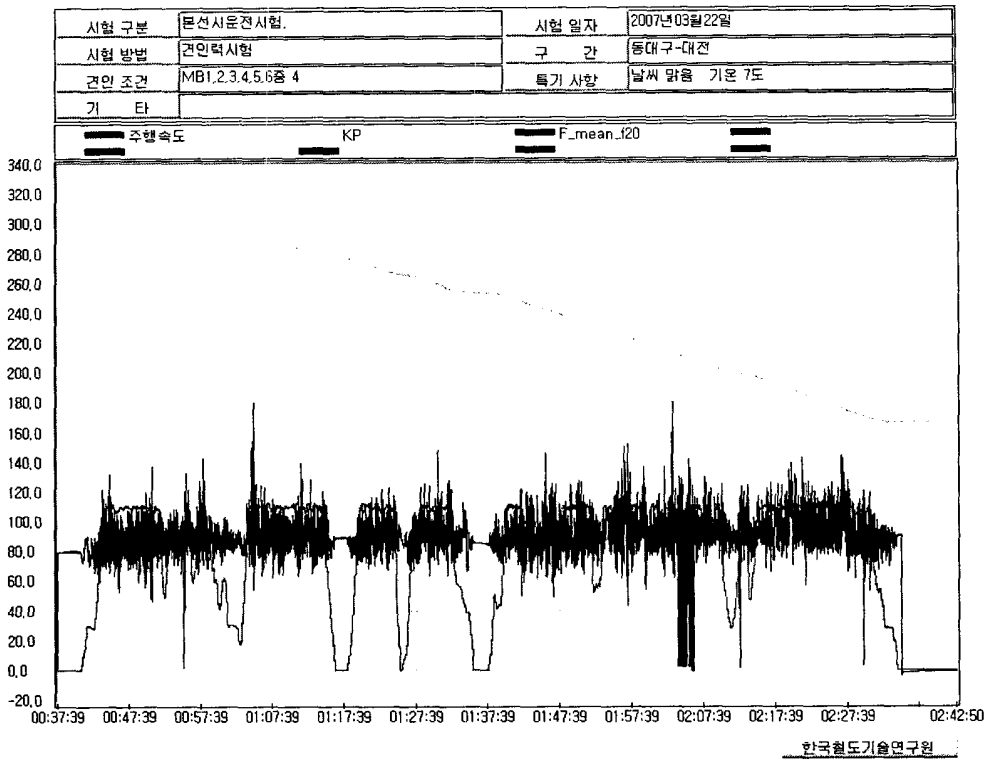


그림 13. 전체 접촉력 (최고속도 110 km/h, 상행 선로)

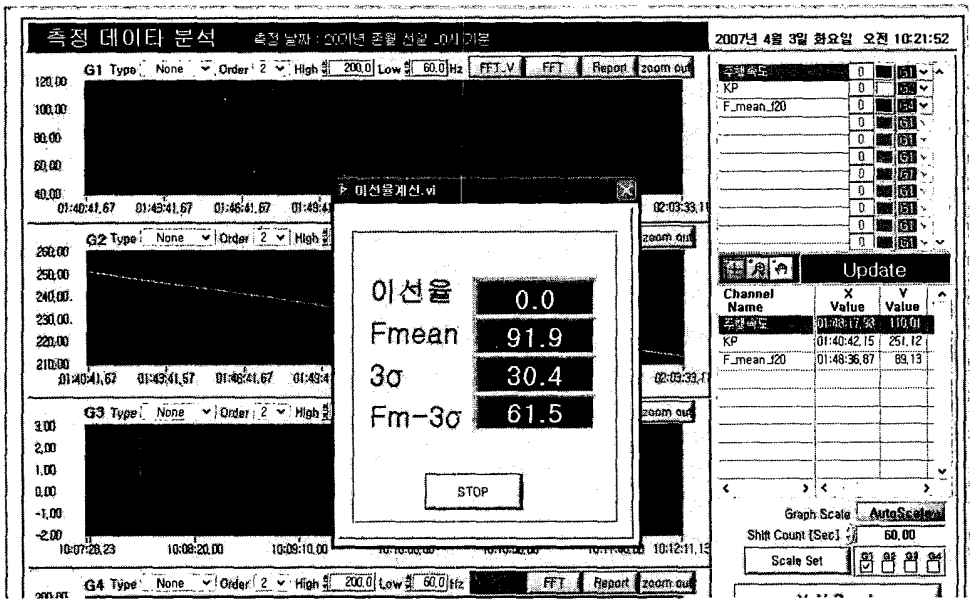


그림 14. 집전품질 분석 결과 (최고속도 110 km/h, 상행 선로)

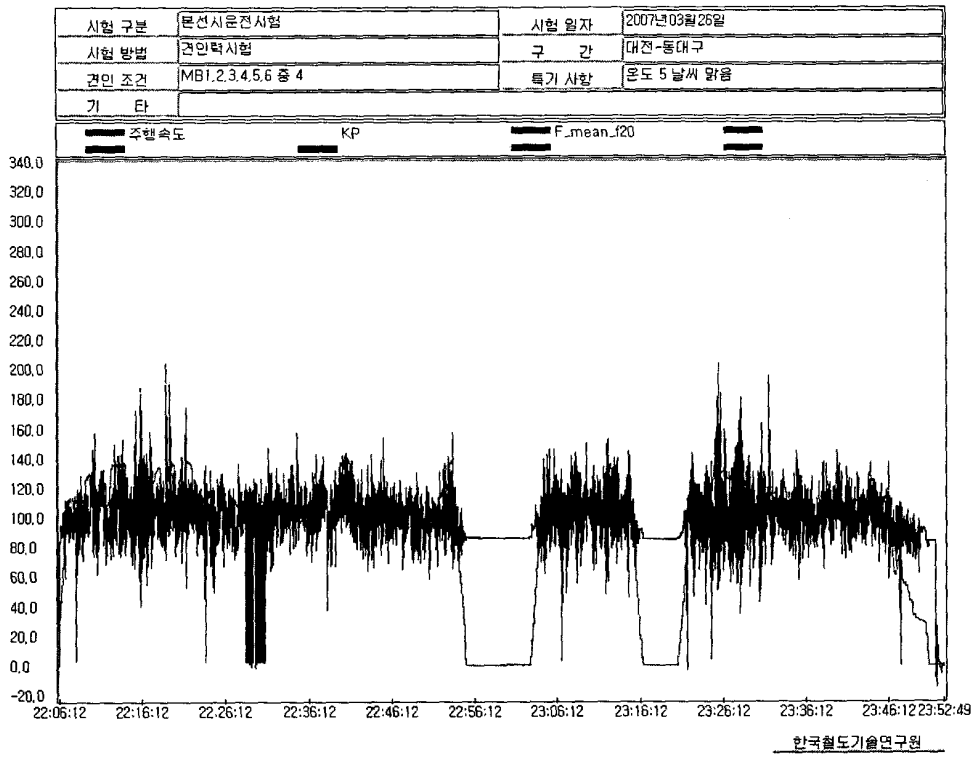


그림 15. 전체 접촉력 (최고속도 135 km/h, 하행 선로)

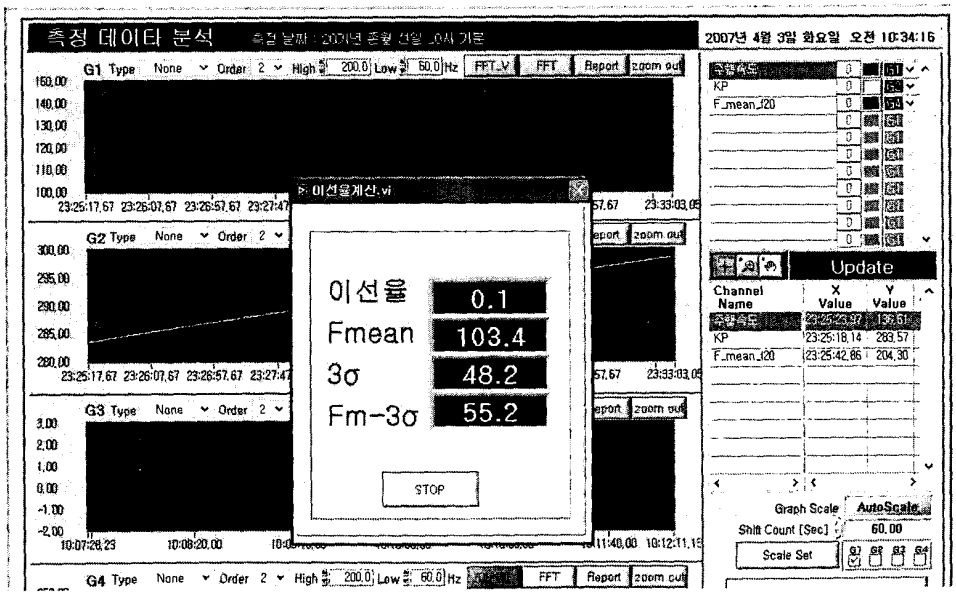


그림 16. 집전품질 분석 결과 (최고속도 135 km/h, 하행 선로)

② 순간 최대 접촉력 분석 결과

열차의 최고속도 200km/h 이하인 선로에서 열차 판토그래프와 전차선 사이의 순간 최대 접촉력은 BS EN 50119 규격에 300 N 이내로 규정되어 있으며, 접촉력 측정 데이터 분석 결과, 순간 접촉력이 300 N 이상 증가한 구간은 발견되지 않았다.

그러나 순간접촉력이 100 N 이상 급격하게 변동되는 구간이 일부 발견되었으며, 이러한 구간에서는 비정상적 충격 접촉으로 고속열차 판토그래프 집전판 접촉면에 기계적 파손 흔적을 유발할 우려가 있으므로 아래 표 11에 정리된 구간의 전차선 시설에 대하여는 정밀한 점검이 필요할 것으로 판단되었다.

표 11. 대전-동대구 구간 접촉력 급 변동 위치

선로 구분	운행 최고속도	접촉력 급 변동 위치
하행	90 km/h	KP 298
	135 km/h	KP 191, KP 284, KP 295
상행	110 km/h	KP 213, KP 295
	135 km/h	KP 270, KP 286, KP 295

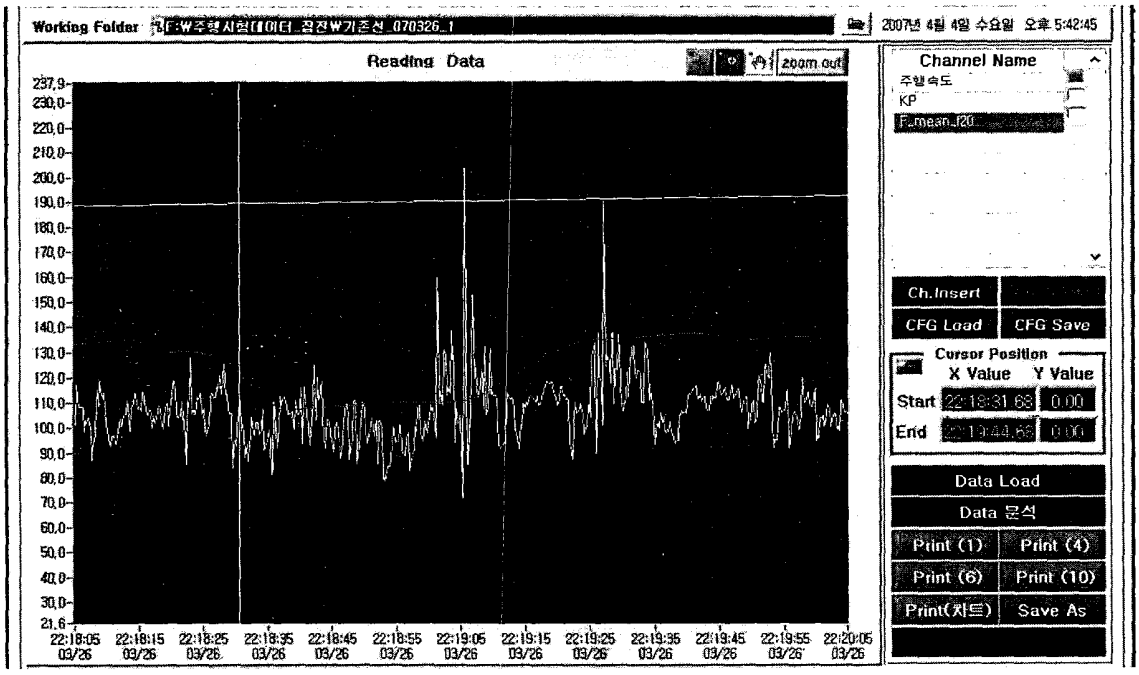


그림 17. 접촉력 급 변동 예시 (하행선, 열차속도 135 km/h, KP 191)

3. 전기분야 시험

1) 전차선 비디오 모니터링 시험

가. 시험조건 및 계측장비

전차선과 판토그래프의 접촉상태 비디오 모니터링은 열차의 판토그래프를 정상판토 모드(하행 시) 및 비상모드(상행 시)로 운행하는 조건에서 아크발생, 비정상 편위접촉 여부 등을 모니터링 하였으며, 한국형 고속열차에 탑재된 비디오 모니터링 장비를 사용하였다.

나. 시험 결과의 평가 기준

시험에 사용된 장비는 아크 발생량을 정량적으로 계측, 저장하는 기능이 없으므로, 비디오로 녹화된 영상을 통해 상대적으로 아크 발생이 심한 구간을 구분하였다.

다. 시험 결과

전차선과 판토그래프의 접촉 상태를 분석한 결과, 상 하행 구간동일하게 주로 터널 입/출구에서 개활지 또는 절연구간에 비해 상대적으로 잦은 아크가 발생하였으며 그 위치를 아래 표 12에 정리하였다. 반면, 집전판 접촉범위를 벗어나는 비정상적인 편위 접촉은 발생하지 않았으며 아크발생 사진을 참고자료로 별도 첨부하였다.

고속열차 운행 시 판토그래프 장치의 원활한 집전과 유지관리를 위해 아래 구간의 전차선 시설에 대하여는 궤도 상태와 연계한 종합 점검이 필요한 것으로 판단되었다.

표 12. 대전-동대구 구간 아크 발생 구간

구 분	비정상 아크발생 개소	아크발생 위치, KP
하행	약 7~8 개소	KP 221.35, 243.61, 280.54, 281.52, 284.81, 284.86, 296.81~296.92
상행	약 10~12 개소	KP 295.32, 295.11, 289.06, 248.42~248.23, 242.76~242.72 225.70, 213.99, 183.74, 183.60 169.23

2) 신호(ATS)장치 응동 시험

가. 시험조건 및 계측장비

경부 기존선의 ATS신호 응동시험은 고속열차 운행 중 지상자의 ATS 신호에 대한 응동상태를 측정하였으며, 이 시험에는 한국형 고속열차에 탑재된 ATS 수신기의 테스트 포인트를 이용하여 별도의 신호 수집용 계측장비를 연결하여 측정하였다.

나. 시험 결과의 평가 기준

고속열차 운행 시 지상 ATS 신호에 대한 응동시험 결과는 차상 신호 수신기에 대한 제작사 자료(정보형 ATS 수신기, 철도특설 2002-제13호)를 기준으로 평가한다.

다) 시험 결과

상·하행선 신호 수집장치와 운행정보 화면상의 신호현시 결과, 신호등 신호표지 상태를 동시 확인한 결과 대전-동대구 구간에서 아래와 같은 시험결과를 얻었다.

표 13. 대전-동대구 구간 상·하행 신호수신 시험 결과

구 분		신호 수신상태 (절연구간 제외)	절연구간	ATS 화면상 誤현시	비 고
3월 22일	하행 (대전-동대구)	양 호	정상 현시	절연구간 誤현시 4회	
	상행 (동대구-대전)	양 호	정상 현시	절연구간 誤현시 2회	
3월 26일	하행 (대전-동대구)	양 호	미현시 1회 (사곡 SS)	절연구간 誤현시 4회	
	상행 (동대구-대전)	양 호	미현시 1회 (직지사 SS)	절연구간 誤현시 3회	

대전-동대구 구간의 신호측정 결과, 해당 지상자 신호에 대해 열차 ATS 수신기는 정상적으로 응동 및 현시를 하였다. 다만, 절연구간 신호의 송수신은 일부 미흡한 상태가 측정되었으므로, 지상자 설비 및 열차에 탑재된 ATS 수신기 양측 기기에 대하여는 향후 정밀한 현장 재확인 시험 및 개선이 필요한 것으로 판단된다.

□ ATS 응동시험 결과 (90km/h 구간, 3월 22일)

시 험 시 간	차량 번호	속도 [Km/h]	주파수 [KHz]		응동시간 [ms]		결과
			기준치	측정치	기준치	측정치	
2007-03-22 22:13:39	4567	87	G / 98 ±3	98	25 - 5	27	GOOD
2007-03-22 22:16:16	4567	88	G / 98 ±3	98	25 - 5	24	GOOD
2007-03-22 22:16:42	4567	89	G / 98 ±3	98	24 - 5	23	GOOD
2007-03-22 22:17:17	4567	87	G / 98 ±3	97	25 - 5	22	GOOD
2007-03-22 22:17:54	4567	90	G / 98 ±3	98	24 - 5	25	GOOD
2007-03-22 22:18:15	4567	87	68 ± 2	68	절연구간	21	GOOD
2007-03-22 22:18:55	4567	72	G / 98 ±3	98	30 - 6	31	GOOD
2007-03-22 22:19:27	4567	86	G / 98 ±3	97	25 - 5	24	GOOD
2007-03-22 22:19:53	4567	88	G / 98 ±3	97	25 - 5	25	GOOD
2007-03-22 22:20:21	4567	86	G / 98 ±3	98	25 - 5	25	GOOD
2007-03-22 22:20:48	4567	88	G / 98 ±3	97	25 - 5	25	GOOD

□ ATS 응동시험 결과 (110km/h 구간, 3월 22일)

시 험 시 간	차량 번호	속도 [Km/h]	주파수 [KHz]		응동시간 [ms]		결과
			기준치	측정치	기준치	측정치	
2007-03-23 00:46:04	4567	108	G / 98 ±3	98	20 - 4	21	GOOD
2007-03-23 00:46:24	4567	106	G / 98 ±3	98	20 - 4	17	GOOD
2007-03-23 00:46:45	4567	109	G / 98 ±3	98	20 - 4	20	GOOD
2007-03-23 00:47:01	4567	108	G / 98 ±3	97	20 - 4	19	GOOD
2007-03-23 00:47:21	4567	108	G / 98 ±3	97	20 - 4	20	GOOD
2007-03-23 00:48:05	4567	109	G / 98 ±3	98	20 - 4	18	GOOD
2007-03-23 00:48:21	4567	109	G / 98 ±3	98	20 - 4	18	GOOD
2007-03-23 00:48:44	4567	107	G / 98 ±3	98	20 - 4	20	GOOD
2007-03-23 00:49:04	4567	108	68 ± 2	68	절연구간	18	GOOD
2007-03-23 00:49:27	4567	106	G / 98 ±3	98	20 - 4	20	GOOD
2007-03-23 00:49:53	4567	107	G / 98 ±3	98	20 - 4	21	GOOD
2007-03-23 00:50:13	4567	107	G / 98 ±3	98	20 - 4	19	GOOD
2007-03-23 00:50:34	4567	87	YG / 106 ±3	105	25 - 5	20	GOOD
2007-03-23 00:51:08	4567	50	G / 98 ±3	98	43 - 9	44	GOOD

□ 전기 분야

- 고속열차의 운행 중 전차선 비디오 모니터링 시험 결과 상·하행구간 동일하게 집전판의 접촉범위를 초과하는 편위접촉은 없으나, 개활지 구간에 비해 터널 입/출구에서 잦은 아크가 관측되므로 향후 고속열차의 원활한 집전 및 유지관리를 위해 제시된 위치의 전차선 시설 상태에 대한 점검이 필요한 것으로 판단됨.
- 대전-동대구 구간의 상·하행 선로에서 ATS 지상신호 및 차상 수신기 응동 측정시험 결과, 열차 운행관련 지상자 신호에 대한 열차 ATS 수신기의 응동 및 현시기능은 전체 구간에서 양호함을 확인하였음. 다만, 절연구간 신호의 경우 일부 개소에서 미현시 또는 誤현시하는 상태가 측정되므로, 지상자 설비와 열차의 ATS 수신기 등 양측 기기에 대하여는 향후 더 정밀한 현장 확인시험과 개선이 필요한 것으로 판단됨.

참고 자료 : 전차선 비디오 모니터링 결과 아크 사진

1. 대전-동대구 기존선 (3월 22일 하행, 최고속도 90 km/h)

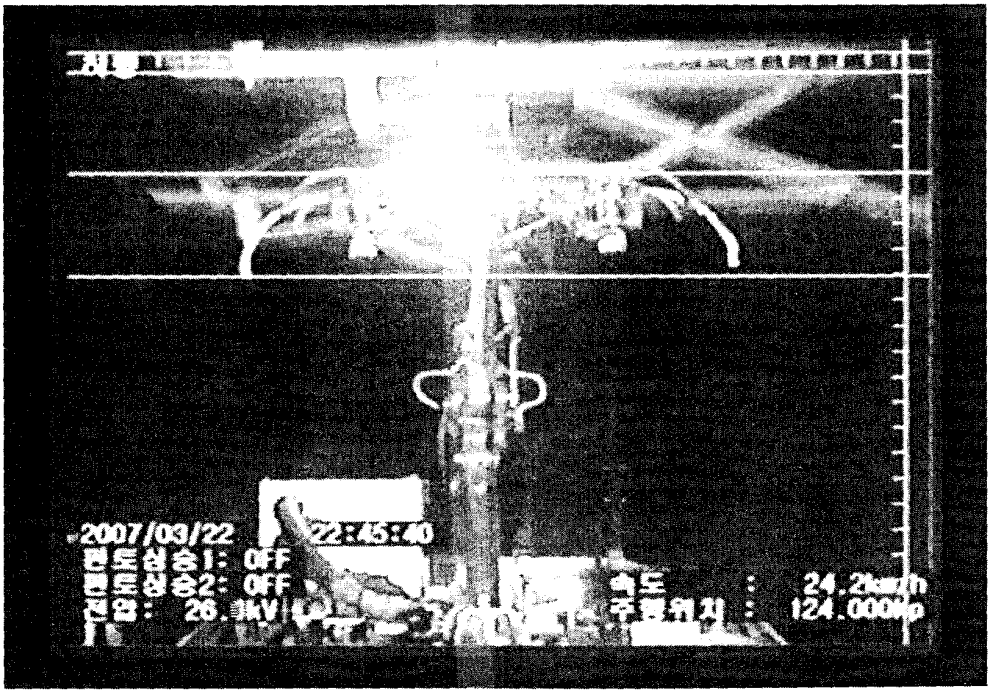


사진 1. 하행선 **KP 221.35** (3월 22일 22시 45분 40초)

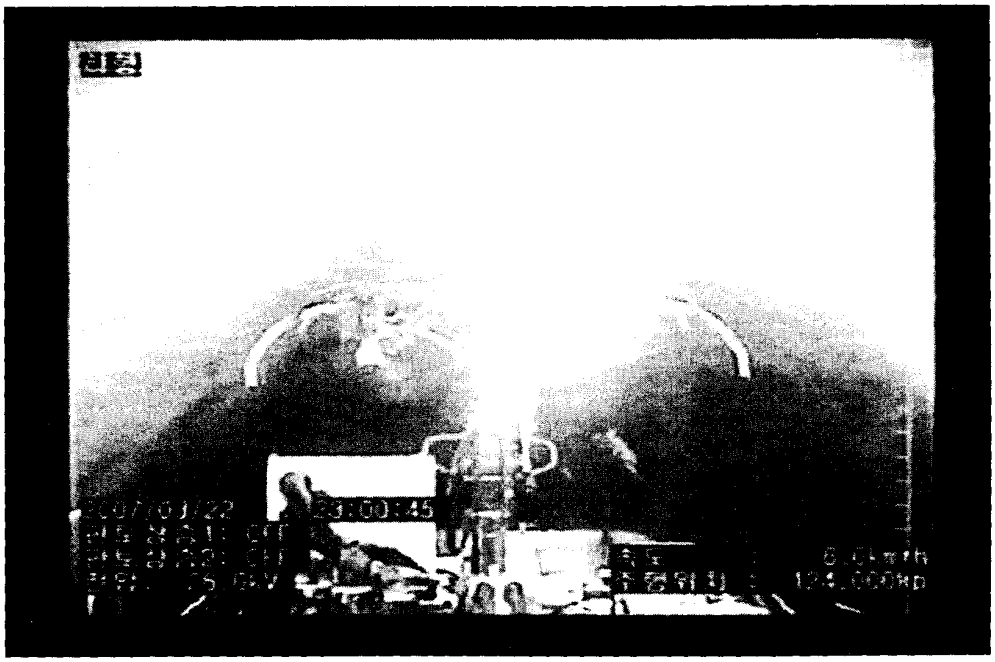


사진 2. 하행선 **KP 243.61** (3월 22일 23시 00분 45초)

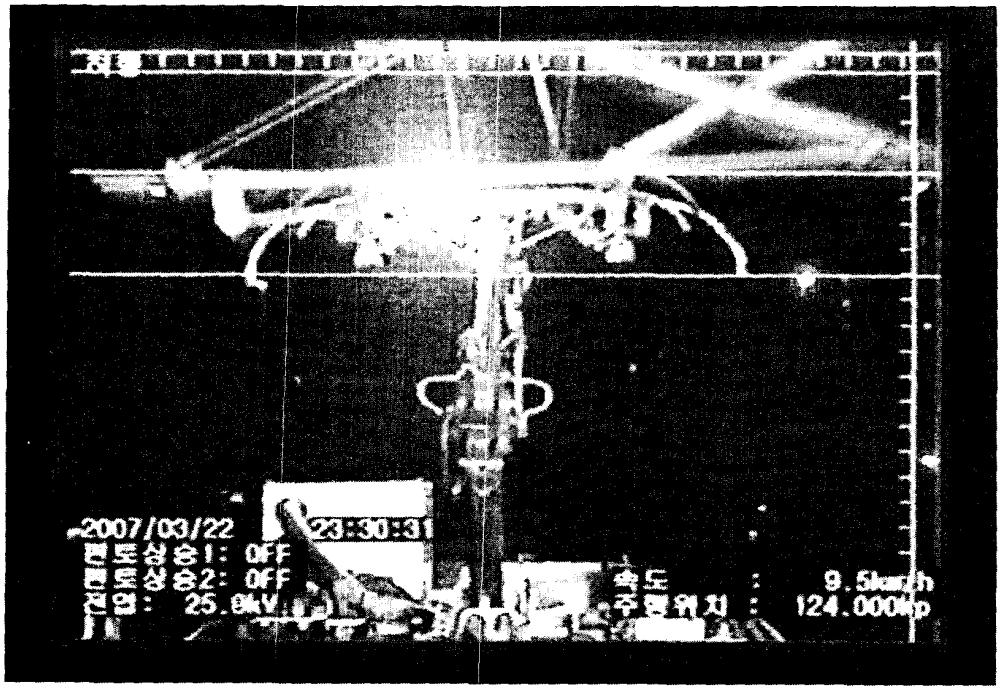


사진 3. 하행선 **KP 280.54** (3월22일 23시 30분 31초)

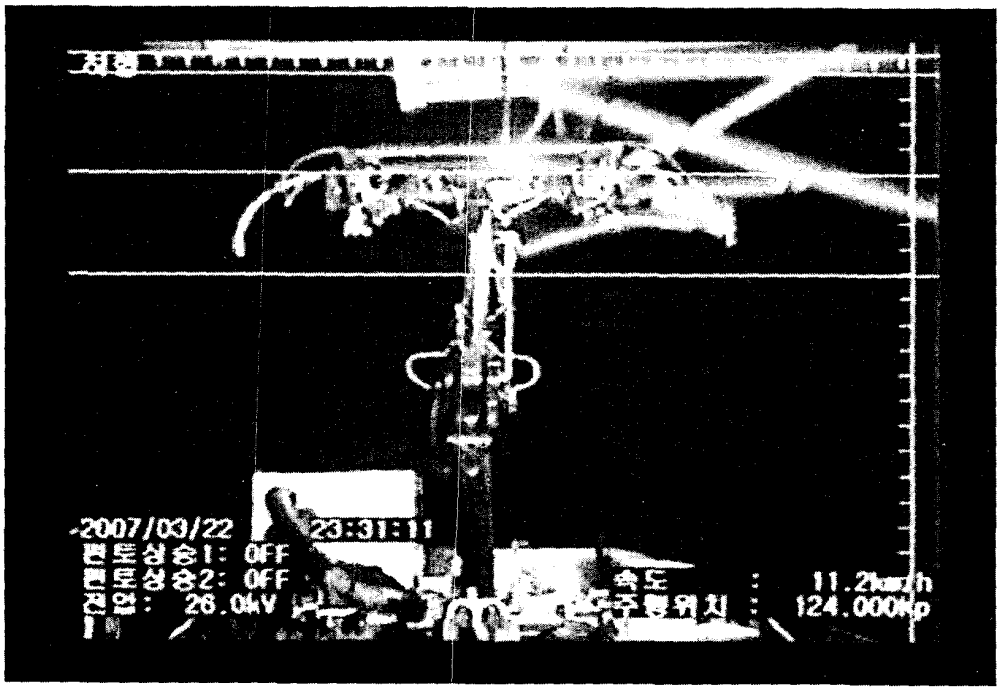


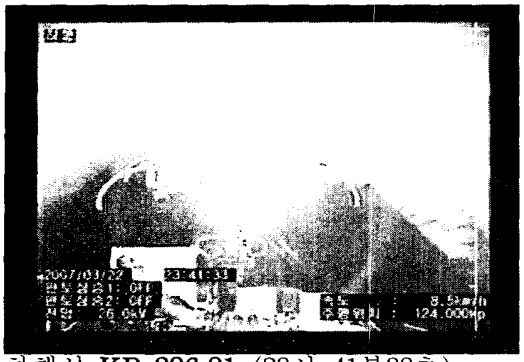
사진 4. 하행선 **KP 281.52** (3월 22일 23시 31분 11초)



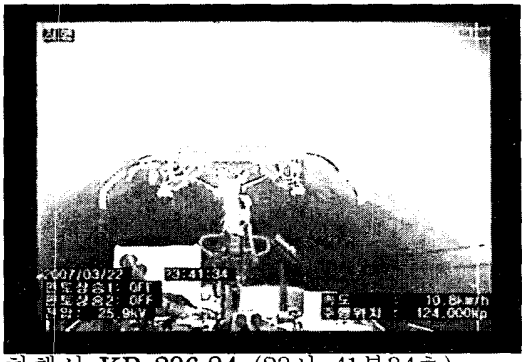
사진 5-1. 하행선 **KP 284.81** (3월 22일 23시 33분 25초, 사곡터널 입구 부근)



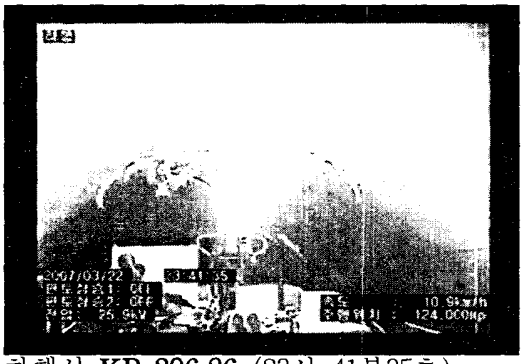
사진 5-2. 하행선 **KP 284.86** (3월 22일 23시 33분 27초, 사곡터널 출구 부근)



하행선 **KP 296.81** (23시 41분33초)



하행선 **KP 296.84** (23시 41분34초)



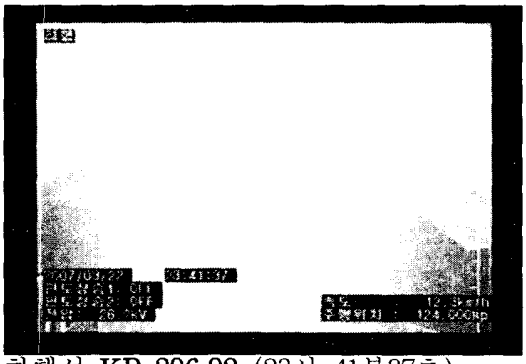
하행선 **KP 296.86** (23시 41분35초)



하행선 **KP 296.88** (23시 41분35초)



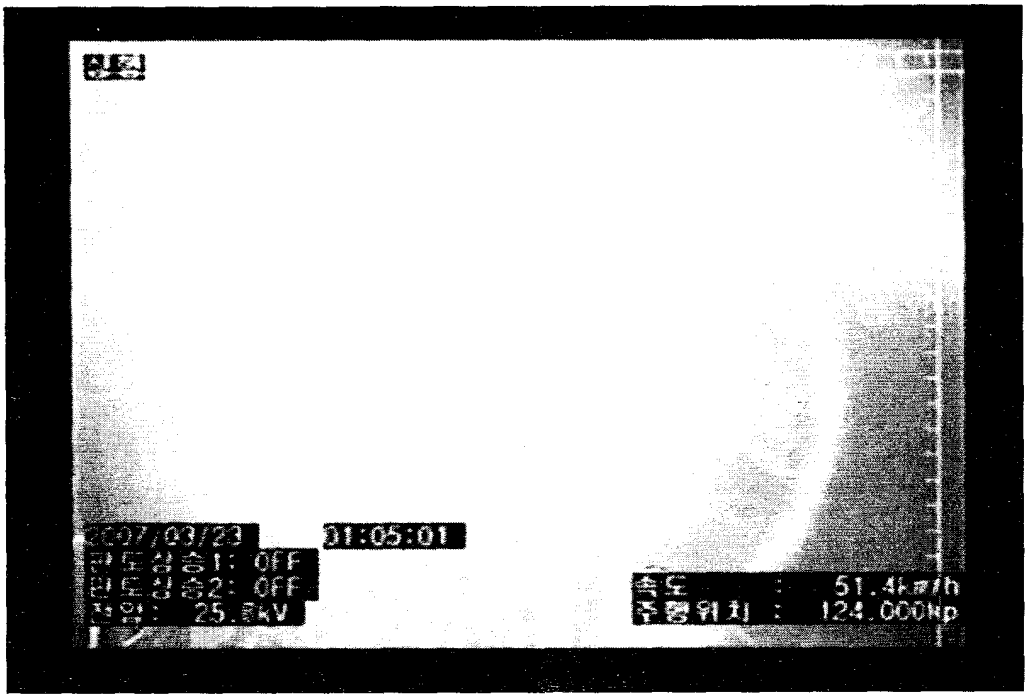
하행선 **KP 296.89** (23시 41분36초)



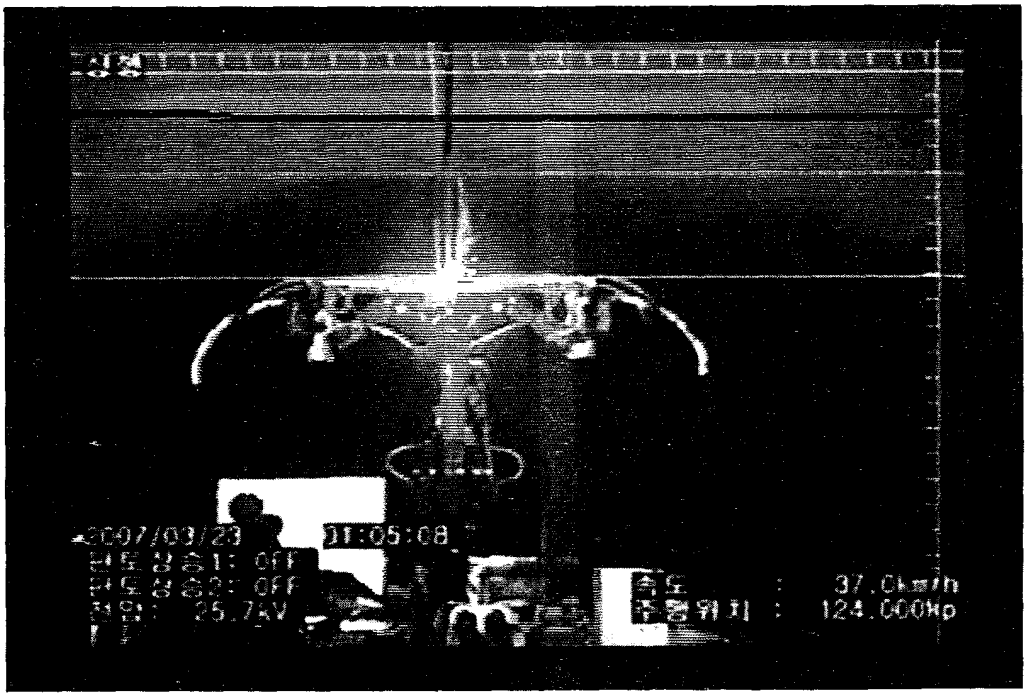
하행선 **KP 296.92** (23시 41분37초)

사진 6. 하행선 **KP 296.81~296.92** (3월 22일 23시 41분 33초~37초 왜관1 터널)

2. 동대구-대전 기존선 (3월 22일 상행, 최고속도 110 km/h)



① 터널 입구



② 터널 출구

사진 7. 상행선 **KP 295.32~295.11** (3월 23일 01시05분 01~08초 터널 입출구 부근)



사진 8. 상행선 **KP 289.06** (3월 23일 01시 08분 31초)

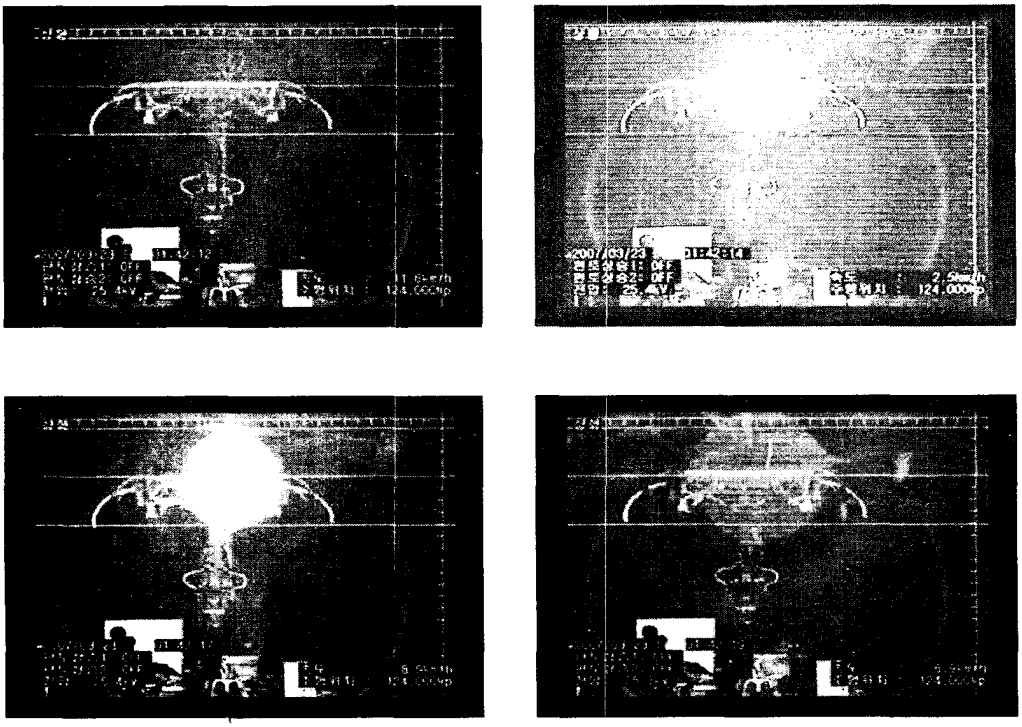


사진 9. 상행선 **KP 248.42~248.23** (3월 23일 01시 42분 12초~19초 연속아크)

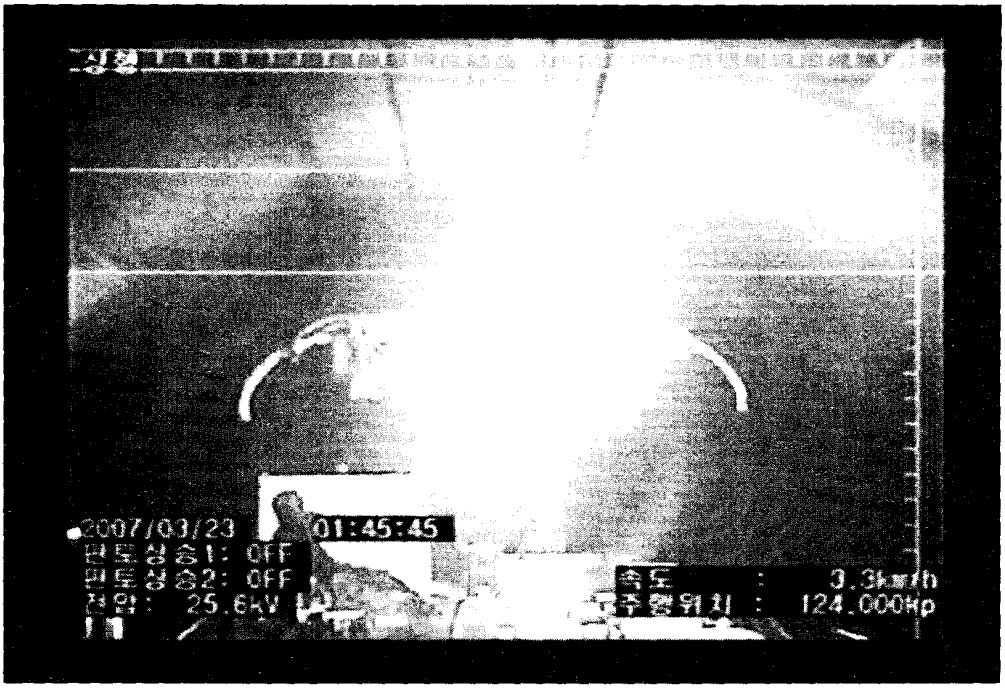




사진 10. 상행선 **KP 242.76~242.72** (3월 23일 01시 45분 45~46초 연속아크)

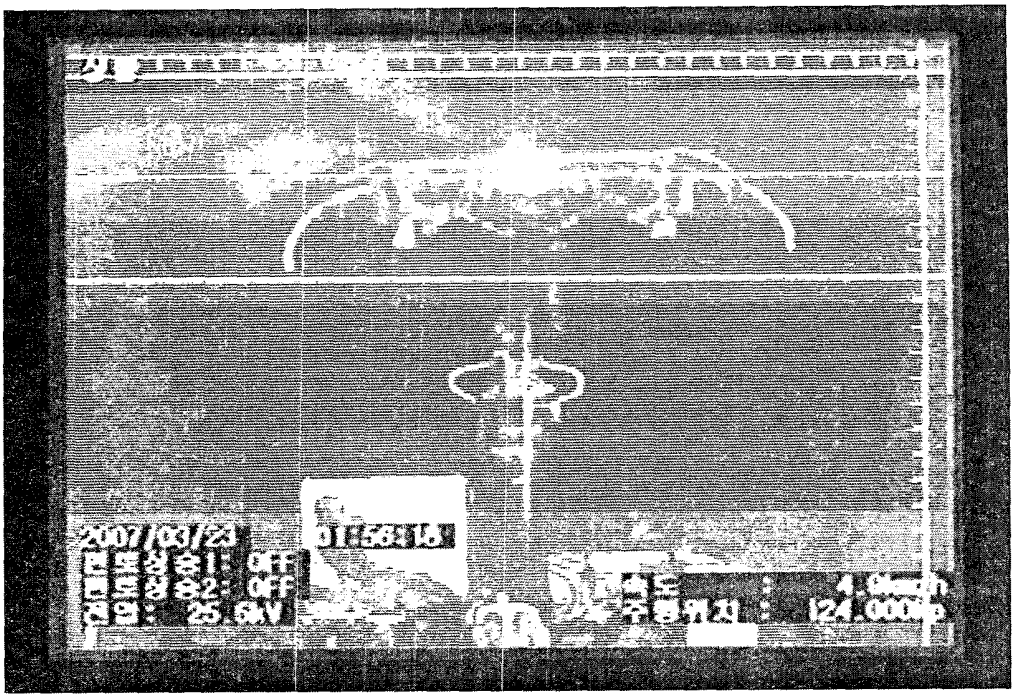


사진 11. 상행선 **KP 225.7** (3월 23일 01시 56분 18초)

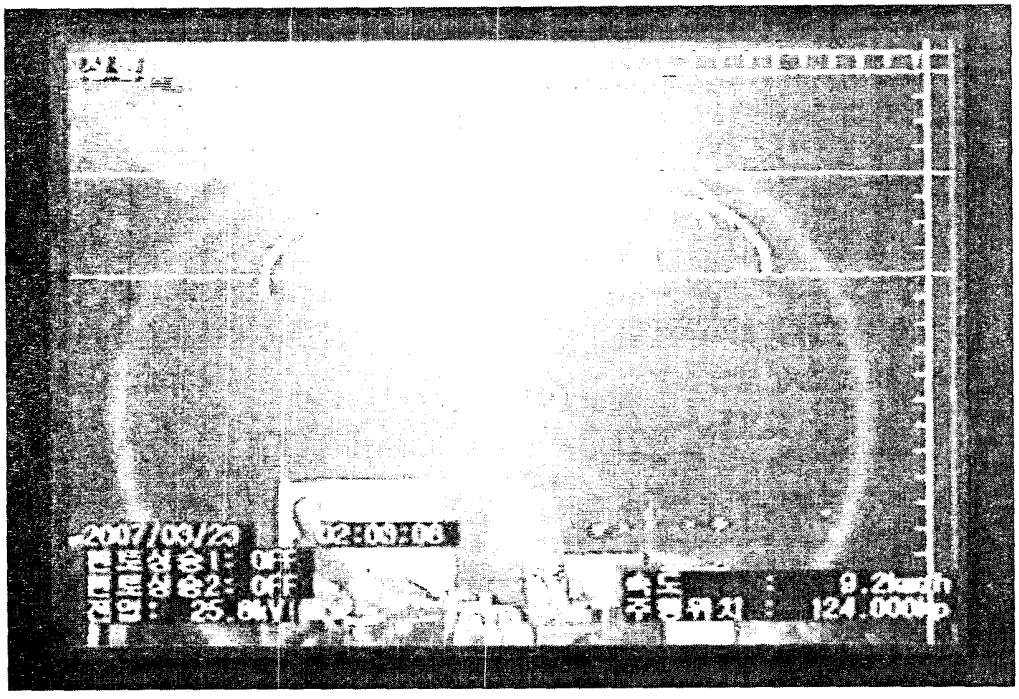


사진 12. 상행선 **KP 213.99** (3월 23일 02시 03분 08초)

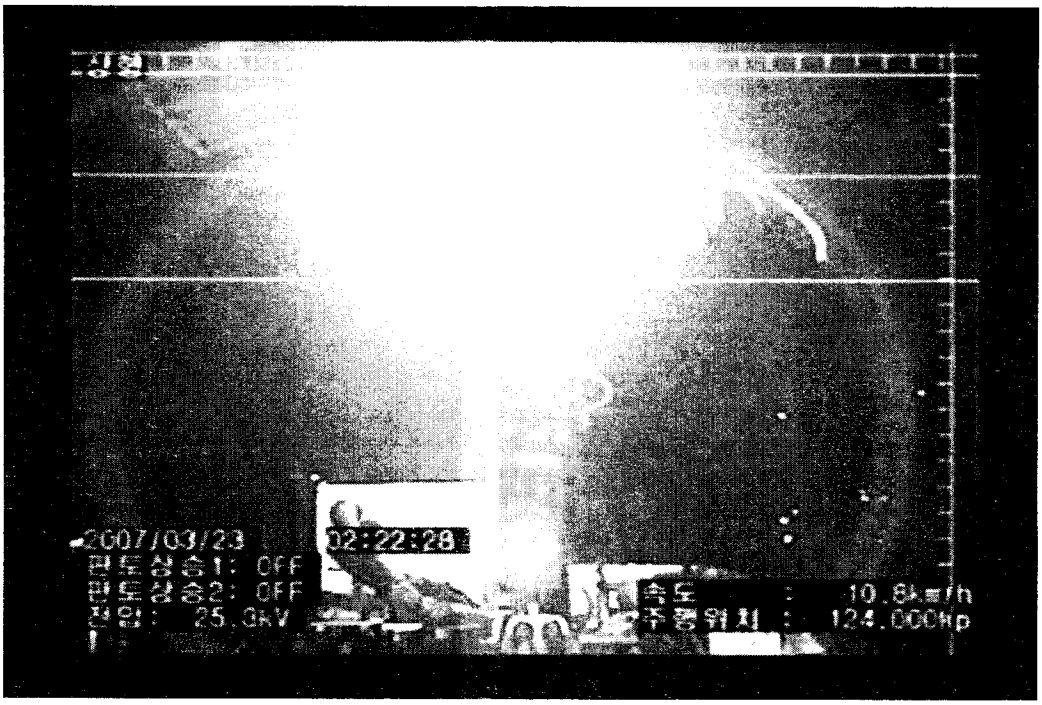


사진 13. 상행선 **KP 183.74** (3월 23일 02시 22분 28초)

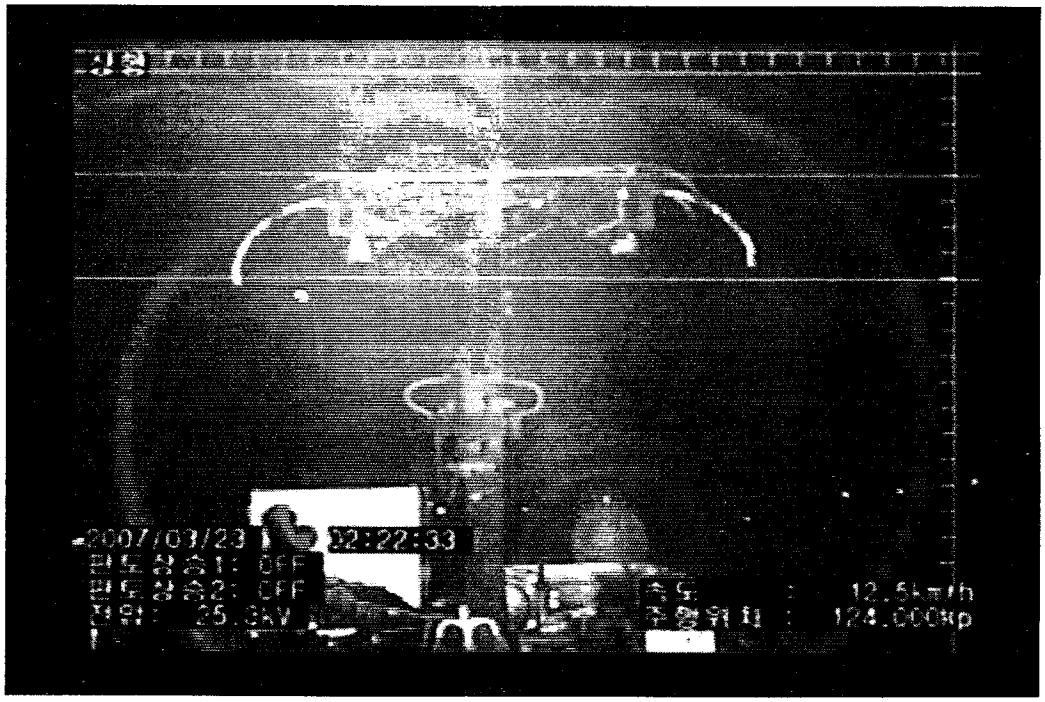


사진 14. 상행선 **KP 183.60** (3월 23일 02시 22분 33초)

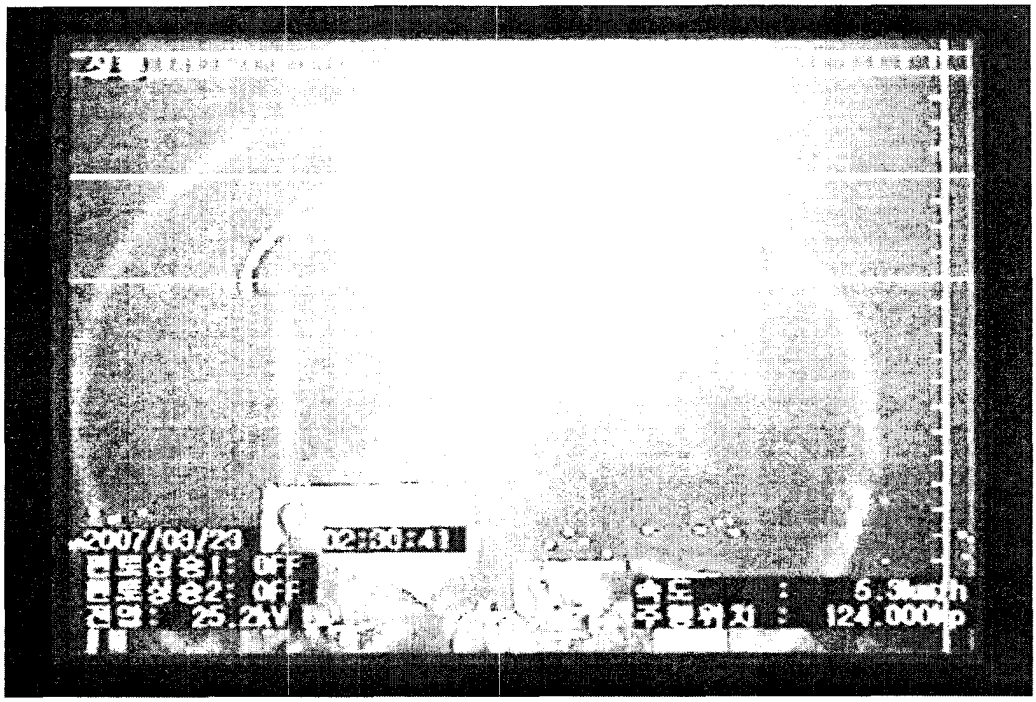


사진 15. 상행선 **KP 169.23** (3월23일 02시 30분 41초)