R&D /
05 철도기반 B01

# 철도기술 선진화 연구기반 조성 4차년도 연구보고서

2010. 06

주관연구기관 / 한국철도기술연구원

국 토 해 양 부
한국건설교통기술평가원

Construction & Transportation R&D Report

편집순서 2

# 제 출 문

국토해양부장관 귀하

본 보고서를 “철도기술 선진화 연구기반 조성”의 4차년도 연구보고서로 제출합니다.

2010. 06.

주관연구기관 : 한국철도기술연구원

원장 최 성 규

---

| | | |
|---|---|---|
| ■ 총 괄 연 구 책 임 자 | / 책임연구원 | 이 준 석 |
| ■ 주관연구기관 참여연구원 | / 수석연구원 | 박 현 준 |
| | / 책임연구원 | 권 삼 영 |
| | | 최 진 유 |
| | / 선임연구원 | 권 순 박 |
| | | 김 성 일 |
| | | 김 이 현 |
| | | 김 태 욱 |
| | | 김 현 민 |
| | | 나 성 훈 |
| | | 박 주 남 |
| | | 이 기 원 |
| | | 이 성 진 |

이 인 규
이 일 화
이 재 영
이 형 우
장 승 엽
조 영 민
최 일 윤
최 찬 용
/ 연 구 원 박 참
임 윤 식

# 요 약 문

## I. 과제 개요

- 과제명 : 철도기술 선진화 연구기반 조성
- 과제기간 : 2005.05.13 ~ 2010.06.30 (당해년도 2008.05.13 ~ 2010.06.30)
- 과제예산 : 총 예산 381.28억원, (당해년도 198억원)
- 주관부처 : 국토해양부
- 전담기관 : 한국 건설교통기술평가원
- 주관기관 : 한국 철도기술연구원
- 과제책임 : 이 준 석 책임연구원
- 과제목표 : 철도 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 전용 연구시험장비 10종의 설계, 제작, 설치

## II. 과제의 필요성

1) 국가 기본계획의 완성

- 1997년부터 시작된 철도종합연구시설 건설 기본계획의 연장선상에 있는 철도안전성능연구시설건설사업 - 차량/전기 및 궤도/토목 관련 시험동 구축, 차량/전기 분야 시험장비 구축 - 의 일환으로서 본 사업의 실질적 목표인 철도 궤도, 노반, 구조, 환경, 전철 분야 시험장비 구축을 통해 철도 선진국 수준의 종합시험장비 인프라를 완성된 형태로 구축하고자 함

2) 기술적 측면

- 고속철도, 신교통시스템, 경전철 등 개발기술의 객관적 시험 인증 필요
- 기술개발과정 및 영업운행 중에 발생하는 다양한 기술적 문제의 해결을 위한 시험 인프라 구축 필요
- 철도선진국에 대한 기술 격차 극복 및 기술적 종속의 타파를 위한 연구기반

확보 필요

3) 경제, 산업적 측면

▪ 범 유라시아 철도 네트워크의 확장

▪ 국내외 철도 건설규모의 지속적 증대

▪ 철도전용 대형 연구장비 부재 및 열악한 연구기반

⇒ 자체 개발 기술의 실용성 검증 지연

⇒ 매년 철도관련 기술도입에 막대한 비용 소모

⇒ 국외 용품 및 시스템에 대한 국내 적용성 검증 불가

⇒ 외국 실험실 및 연구장비 활용한 연구 수행

⇒ 해외기관에 시험 의뢰시 시간 및 비용증가, 기술 유출 우려

▪ 시험장비 및 설비구축 초기투자비 과다

⇒ 수익전망 불투명 ⇒ 민간투자 가능성 희박

⇒ 정부차원의 적극적인 지원 요망됨

4) 사회, 문화적 측면

▪ 철도의 안전성 확보에 대한 사회적 요구 증대

▪ 선진국의 경우, 정부 주도하에 대규모 연구시설 활용에 의한 전략적 기술개발 수행

⇒ 정부차원의 적극적인 지원 요구됨

## III. 연차별 목표 대비 실적 만족 여부

| 구분 | 핵심목표<br>(만족여부) | 세부 목표 |
|---|---|---|
| 1차년도<br>(10억)<br>2005.05.13<br>~<br>2006.05.12 | 기본계획<br>수립<br>(만족) | ▪ 철도기술 중장기 기술계획 수립<br>▪ 국내외 시험장비 현황 조사<br>▪ 구축대상 시험장비 목록 설정<br>▪ 구축대상 시험장비 우선순위 설정<br>▪ 시험장비 기본설계 및 구매사양서 작성 |
| 2차년도<br>(65.28억)<br>2006.05.13<br>~<br>2007.05.12 | 시험장비<br>구축<br>(만족) | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 착수<br>- 장비기초 설계/시공<br>- 수평/수직 하중지지시스템 설계/시공<br>- 시험기 본체 및 부대설비 발주, 제작 착수<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 착수<br>- 상세설계 완료 및 부분품 발주, 제작 착수 |
| | 구축장비<br>목록 재검토<br>(만족) | ▪ 1차년도 연구결과인 구축대상 장비목록 재검토<br>- 필요성/중복성/활용도 등에 대한 상세 재검토<br>- 구축대상 장비 목록 재설정 |
| 3차년도<br>(108억)<br>2007.05.13<br>~<br>2008.05.12 | 시험장비<br>구축<br>(만족) | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 완료<br>- 수평/수직 하중지지시스템 설계/시공<br>- 시험기 본체 및 부대설비 제작<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 지속<br>▪ 잔여장비 구축 착수<br>- 발주사양 작성, 발주, 제작 착수 |
| 4차년도<br>(198억)<br>2008.05.13<br>~<br>2010.06.30 | 시험장비<br>구축<br>(만족) | ▪ 구축대상 장비 구축 완료<br>▪ 국가공인시험 및 국제공인시험 항목 도출<br>▪ 시험인프라 구축성과 홍보 |

## IV. 구축완료 장비 목록

| 1. 레일체결장치 다축시험시스템 |  |
|---|---|
| • 레일체결장치 및 궤도구성품의 성능분석 및 평가 | |

| 2. 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템 |  |
|---|---|
| • 궤도, 노반 및 철도구조물의 실대형 정적, 동적 실험수행 | |

| 3. 고속 레일·차륜 접촉시험기 |  |
|---|---|
| • 고속대역 실물모형 차륜/레일의 접촉 및 피로실험 | |

| 4. 도상골재용 대형 3축압축시험기 |  |
|---|---|
| • 노반, 성토재 및 자갈도상 등 굵은 골재의 정적, 동적 물성치 실험 | |

| 5. 6자유도 진동대 |  |
|---|---|
| • 철도교량 및 노반시설물 등의 내진성능 평가 및 응답특성 실험 | |

| 6. 철도구조물 성능평가시험기 |  |
|---|---|
| • 2축 재하 시험기법을 이용한 철도구조물 부재의 물성파악 및 강도시험 | |

| 7. 전차선로 집전계 주행성능 시험기 |  |
|---|---|
| • 전차선로용 금구류 및 팬터그라프의 성능평가 실험 | |

| 8. 철도환경 실험용 클린룸 |  |
|---|---|
| • 항온, 항습, 청정 조건 등을 구현한 철도차량 구성품 및 내장재 방출실험 | |

| 9. 철도차량 실대형 환경챔버 |  |
| --- | --- |
| • 극한 기후조건하에서 철도차량용 냉난방기 및 덕트 등의 성능실험 | |

| 10. 토양오염 정밀도사용 지오프로브 |  |
| --- | --- |
| • 철도토양 오염부지 및 토양환경 정밀 조사용 실험장비 | |

# SUMMARY

## I. Summary of the Project

- Title : The Establishment of Research & Testing Facility for the Advancement of Railway Technology
- Term : 13-05-2005~30-06-2010 (13-05-2008~30-06-2010 in this period)
- Budget : 38.128 billion won in total, (19.8 billion won in this period)
- Ministry of Supervision : Ministry of Land, Transportation and Marin
- Institute in Charge : Korea Railroad Research Institute
- Institute in Management : Korea Institute of Construction & Transportation Technology Evaluation and Planning

- Manager : Jun Suk, Lee (Chief Researcher)
- Objectives : Design, Manufacture & Install of 10 Research-oriented Test Equipments (Railroad/Track/Roadbed/Structure/Environment /Electricity, etc.)

## II. Annual Objectives of Project

| Year | Content | Details |
|---|---|---|
| 1st Yr. | Establishment of Fundamental Plans | ▪ Establishment of plans for mid & long-term railway technology<br>▪ Investigation of the current status of the arts of domestic and foreign test equipments<br>▪ Choice of the lists of test equipments to be constructed<br>▪ Ranking decision on test equipments having higher priorities<br>▪ Fundamental design & preparation for purchasing details on test equipments |
| 2nd Yr. | Establishment of Test Equipments (Based on the Priority) | ▪ Establishment of multi actual testing system for rail fastener component/system<br>▪ Kick off : establishment of overall testing system for track/roadbed/structure<br>- Design/construction of foundation<br>- Design/construction of load support system<br>- Kick off : main body & accessories<br>▪ Kick off : establishment of rail/wheel contact machine under high speed running condition<br>- Detail design & bid of parts |
| | Revision : Lists of Test Equipments to be Constructed | ▪ based on the research result of the 1st year<br>- Review of need, usage of each equipment<br>- Resetting of the lists of test equipments |
| 3rd Yr. | Establishment of Test Equipments (Based on the Priority) | ▪ Establishment of multi actual testing system for rail fastener component/system (continued & finished)<br>▪ Establishment of overall testing system for track /roadbed/structure (continued & finished)<br>- Design/construction of load support system<br>- Main body & accessories<br>▪ Establishment of rail/wheel contact machine under high speed running condition (continued)<br>▪ Kick off : remaining equipments |
| 4th Yr. | Establishment of Test Equipments (Based on the Priority) | ▪ Establishment of remaining equipments (continued & finished)<br>▪ Review of inter-related domestic/international testing standards<br>▪ PR of established testing equipments |

# 목 차


**제 1 장 연구개발과제의 개요 ····· 1**

1절 과제 개요 ····· 1

2절 과제 추진배경 ····· 1

3절 과제 추진경위 ····· 3

4절 과제 필요성 ····· 5

1. 기술적 측면 ····· 5

2. 경제, 산업적 측면 ····· 6

3. 사회, 문화적 측면 ····· 8

5절 과제목표 ····· 9

**제 2 장 국내외 기술개발 현황 ····· 11**

1절 국내 기술현황 ····· 11

1. 현대건설기술연구소 구조실험동 ····· 12

2. 포항산업과학연구원(RIST) 강구조 연구소 실험동 ····· 13

3. 대우건설기술연구소 구조실험동 ····· 13

2절 국외 기술현황 ····· 14

1. 일본 RTRI ····· 14

2. 미국 TTCI ····· 18

3. 독일 뮌헨 공대 ····· 20

4. 네덜란드 Delft 공대 ····· 21

3절 기술동향 분석 결론 ····· 22

1. 국내 기술동향 분석 결론 ····· 22

2. 국외 기술동향 분석 결론 ····· 22

3. 국내외 기술동향 분석 결론 ····· 23

제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과 ····· 24
1절 연차별 사업목표 및 추진현황 ····· 24
2절 구축완료 시험장비 상세 : 레일체결장치 다축 시험시스템 ····· 31
1. 일반사항 ····· 31
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 33
3. 구축 과정 요약 ····· 37
3절 구축장비 추진 현황 : 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템 ····· 48
1. 개요 ····· 48
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 51
3. 구축 과정 요약 ····· 55
4절 구축장비 추진 현황 : 고속 레일-차륜 접촉시험기 ····· 75
1. 개요 ····· 75
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 76
3. 구축 과정 요약 ····· 79
5절 구축장비 추진 현황 : 도상골재용 대형진동 삼축압축시험장비 ····· 93
1. 개요 ····· 93
2. 구축필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 96
3. 구축 과정 요약 ····· 100
6절 구축장비 추진 현황 : 6자유도 진동대 ····· 113
1. 개요 ····· 113
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 115
3. 구축 과정 요약 ····· 118
7절 구축장비 추진 현황 : 철도구조물 성능평가 시험기 ····· 129
1. 개요 ····· 129
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 131
3. 구축 과정 요약 ····· 133
8절 구축장비 추진 현황 : 환경실험용 클린룸 ····· 148
1. 개요 ····· 148

2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 152
3. 구축 과정 요약 ····· 156
9절 구축장비 추진 현황 : 전차선로 집전계 주행성능시험기 ····· 160
1. 개요 ····· 160
2. 구축 과정 ····· 165
10절 구축장비 추진 현황 : 철도차량 실대형 환경챔버 ····· 197
1. 개요 ····· 197
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 200
3. 구축 과정 요약 ····· 205
11절 구축장비 추진 현황 : 오염토양 정밀조사 지오프로브 ····· 213
1. 개요 ····· 213
2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성 ····· 214
3. 구축 과정 요약 ····· 217

**제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도 ····· 222**
1절 연차별 목표 및 달성도 ····· 222
2절 관련분야에의 기여도 : 기대효과 ····· 223
1. 기술적 측면 ····· 223
2. 경제·산업적 측면 ····· 223
3. 각 장비별 기대효과 ····· 227

**제 5 장 연구개발결과의 활용계획 ····· 234**
1절 개요 ····· 234
1. 운용/유지관리 기본계획 ····· 234
2절 공동 활용계획 ····· 237
1. 활용주체별 활용특성 ····· 237
2. 활용시스템 ····· 238
3절 각 분야별 활용계획 ····· 241
1. 궤도분야 ····· 241

2. 노반분야 ····· 242
3. 구조물분야 ····· 243
4. 환경분야 ····· 244
5. 전철분야 ····· 245
4절 구축장비별 활용계획 ····· 247
1. 레일체결장치 다축 시험시스템 ····· 247
2. 실대형 철도시설물 통합성능시험 시스템 ····· 248
3. 고속 레일/차륜 접촉시험기 ····· 249
4. 도상골재용 대형진동 3축압축 시험기 ····· 250
5. 6자유도 진동대 ····· 250
6. 철도구조물 성능평가시험기 ····· 251
7. 철도 환경실험용 클린룸 ····· 252
8. 전차선로/집전계 주행특성 시험기 ····· 253
9. 철도차량 실대형 환경챔버 ····· 253
10. 오염토양 정밀조사용 Geo-probe ····· 256

**부록 : 구축장비 소개자료 (영문) ····· 258**

# <표 목 차>

<표 1-5-1> 연차별 핵심목표 ····· 10
<표 3-1-1> 구축장비 추진현황 및 완료시점 요약 ····· 30
<표 3-2-1> 국내외 유사장비 보유현황 ····· 36
<표 3-2-2> 레일체결장치 다축시험시스템 구축 진행 현황 ····· 37
<표 3-2-3> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성 ····· 38
<표 3-2-4> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교 ····· 39
<표 3-3-1> 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템 구축 진행 현황 ····· 55
<표 3-3-2> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성 ····· 56
<표 3-3-3> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교 ····· 57
<표 3-4-1> 국내외 유사장비 보유현황 ····· 77
<표 3-4-2> 고속 차륜-레일 접촉시험기 구축 진행 현황 ····· 79
<표 3-4-3> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성 ····· 80
<표 3-4-4> 기본사양 대비 발주사양 개략 비교 ····· 81
<표 3-5-1> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성 ····· 101
<표 3-5-2> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교 ····· 102
<표 3-6-1> 국내외 유사장비 보유현황 ····· 116
<표 3-6-2> 6자유도 진동대 구축 진행 현황 ····· 118
<표 3-6-3> 주요 기본사양 세부사항(6DOF Seismic Table Platform) ····· 119
<표 3-7-1> 철도 구조물 성능 시험기 구축 진행 현황 ····· 133
<표 3-7-2> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교 ····· 135
<표 3-8-1> 국내외 유사장비 보유현황(클린룸 및 방출챔버) ····· 154
<표 3-8-2> 환경실험용 범용 클린룸 장비 구축 진행 현황 ····· 156
<표 3-8-3> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교 ····· 157
<표 3-10-1> 국내외 유사장비 보유현황 ····· 202
<표 3-10-2> 철도차량 실대형 환경챔버 구축 진행 현황 ····· 205

<표 3-11-1> 오염토양 정밀조사 지오프로브 구축 진행 현황 ····· 217
<표 3-11-2> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교 ····· 218
<표 5-1-1> 각 장비 정/부 담당자 ····· 235
<표 5-2-1> 전체적 활용방안 및 활용주체 ····· 237
<표 5-2-2> 공동활용장비 등록 현황 ····· 239
<표 5-2-3> 공동활용장비 활용 실적 ····· 239
<표 5-2-4> 국가공동활용장비 등록 현황 ····· 240
<표 5-2-5> 국가공동활용장비 등록 현황 ····· 241
<표 5-4-1> 소요 일수 산정 근거 (06년도 현대건설기술연구소 시험 내용) ····· 249
<표 5-4-2> 철도차량 실대형 환경챔버의 예상 연간시험수수료 ····· 255

# <그 림 목 차>

<그림 1-4-1> 본 과제의 기술적 필요성 ····· 6
<그림 1-4-2> 본 과제의 경제-산업적 필요성 ····· 7
<그림 1-4-3> 본 과제의 사회-문화적 필요성 ····· 8
<그림 2-2-1> RTRI 시험소 전체 개요 ····· 14
<그림 2-2-2> 히노 토목시험소 전경 ····· 15
<그림 2-2-3> TTCI 전경 ····· 18
<그림 2-2-4> TTCI 대규모 시험선로 전경 ····· 18
<그림 2-3-1> 국내외 기술동향 분석 결론 ····· 23
<그림 3-2-1> 장비 배치 상세설계안 ····· 40
<그림 3-2-2> Base Plate 개념도 ····· 40
<그림 3-2-3> Base Plate 해석결과 ····· 41
<그림 3-2-4> 포털 프레임 개념도 ····· 41
<그림 3-2-5> 포털 프레임 해석결과 ····· 42
<그림 3-2-6> 사이드 프레임 개념도 ····· 42
<그림 3-2-7> 사이드 프레임 해석결과 ····· 43
<그림 3-2-8> 유 프레임 베드 개념도 ····· 43
<그림 3-2-9> 유 프레임 베드 해석결과 ····· 44
<그림 3-2-10> 유 프레임 개념도 ····· 44
<그림 3-2-11> 유 프레임 해석결과 ····· 45
<그림 3-2-12> 레일체결장치 다축시험 시스템 전경 ····· 46
<그림 3-2-13> 유 프레임 ····· 46
<그림 3-2-14> 포털 프레임 ····· 46
<그림 3-2-15> Side fixture ····· 47
<그림 3-2-16> 탈착식 소형 챔버 ····· 47
<그림 3-3-1> 반력구조물 기본설계 도면 ····· 59

<그림 3-3-2> 반력구조물 실시설계 승인도면 ····· 61
<그림 3-3-3> 실대형 통합성능시험시스템 본체 기본공정표 ····· 64
<그림 3-3-4> 동적액츄에이터(250kN) 상세설계 ····· 65
<그림 3-3-5> 고성능 동적액츄에이터 개념 상세설계 ····· 65
<그림 3-3-6>정적액츄에이터 상세설계 ····· 66
<그림 3-3-7> Rock & Concrete Tester 상세설계 ····· 66
<그림 3-3-8> 재료시험기 상세설계 ····· 67
<그림 3-3-9> 이동재하프레임 상세설계 ····· 67
<그림 3-3-10> 이동재하프레임 상세설계 ····· 68
<그림 3-3-11> HPU실 및 배치 상세설계 ····· 68
<그림 3-3-12> 하드라인 및 분배블럭 상세설계 ····· 69
<그림 3-3-13> Controller 배치 및 연결 상세설계 ····· 70
<그림 3-3-14> 통합성능시험시스템 전경 ····· 71
<그림 3-3-15> 이동프레임 및 궤도노반 재하시험 ····· 71
<그림 3-3-16> 재료시험실 (재료시험기 및 Rock & Concrete Tester) ····· 72
<그림 3-3-17> 정/동적 액츄에이터 ····· 72
<그림 3-3-18> HPU실 Chiller ····· 73
<그림 3-3-19> 종합 제어실 ····· 73
<그림 3-3-20> 이동하중 재현 교량 동적시험 ····· 74
<그림 3-3-21> 복합소재 대차시험 ····· 74
<그림 3-4-1> 장비 배치 ····· 82
<그림 3-4-2> Cable & Piping system 배치 ····· 82
<그림 3-4-3> 주요 구성품 배치도 ····· 83
<그림 3-4-4> Base plate 제작 ····· 83
<그림 3-4-5> Contact Angle Adjuster ····· 84
<그림 3-4-6> Attack angle Adjuster ····· 84
<그림 3-4-7> Wheel Driving System ····· 85
<그림 3-4-8> Rail Driving System ····· 85
<그림 3-4-9> Emergency Brake Set ····· 86
<그림 3-4-10> Radial & Thrust Loader ····· 86

<그림 3-4-11> Safety Device ····· 87
<그림 3-4-12> Environmental Chamber ····· 87
<그림 3-4-13> Laser scan & Flow detecting system ····· 88
<그림 3-4-14> Main Cover 장착 전 장비 조립 ····· 88
<그림 3-4-15> Main Cover 장착 후 장비 전경 ····· 89
<그림 3-4-16> 시편 장착 부 ····· 89
<그림 3-4-17> Wheel Driver ····· 90
<그림 3-4-18> Rail Driver ····· 90
<그림 3-4-19> Radial Loader ····· 91
<그림 3-4-20> Thrust Loader ····· 91
<그림 3-4-21> Contact & Attack Angle Adjuster Controller ····· 92
<그림 3-4-22> Flaw Detector & Laser Scan Robot ····· 92
<그림 3-5-1> 장비 배치 상세설계안 ····· 103
<그림 3-5-2> Main Frame ····· 104
<그림 3-5-3> Cross head Up and Down ····· 104
<그림 3-5-4>Main Frame 최대하중 시 변위 해석 ····· 105
<그림 3-5-5> Main Frame 고유 진동수 해석 ····· 105
<그림 3-5-6> Side Fixture 최대하중 시 변위 해석 ····· 106
<그림 3-5-7> 삼축셀 ····· 106
<그림 3-5-8> 중간주응력셀 ····· 107
<그림 3-5-9> 오이도미터셀 ····· 107
<그림 3-5-10> Loop System ····· 108
<그림 3-5-11> Main Frame ····· 108
<그림 3-5-12> Loop System ····· 109
<그림 3-5-13> 유압하중제어식 다짐장비 ····· 109
<그림 3-5-14> 삼축셀 및 오이도미터 셀 ····· 110
<그림 3-5-15> 420lpm 유압펌프(HPU) ····· 110
<그림 3-5-16> 동결융해 제어장치 ····· 111
<그림 3-5-17> 중간주응력제어 하부 셀 및 시편 ····· 111
<그림 3-5-18> 미소변형 측정 센서 및 시편 ····· 112

<그림 3-6-1> 다자유도 진동대 시험 항목 예 ····· 114
<그림 3-6-2> 장비 배치 상세설계안 ····· 121
<그림 3-6-3> 컴퓨터 Simulation ····· 122
<그림 3-6-4> Table FE 해석 결과 ····· 123
<그림 3-6-5> Mass Rig System ····· 124
<그림 3-6-6> Mass Rig FE 해석결과 ····· 125
<그림 3-6-7> Parking System ····· 126
<그림 3-6-8> Parking System FE 해석결과 ····· 126
<그림 3-6-9> 6자유도 진동대 시스템 전경 ····· 127
<그림 3-6-10> Mass Rig System ····· 127
<그림 3-6-11> Table & Actuator ····· 128
<그림 3-6-12> Test Setup 전경 ····· 128
<그림 3-7-1> 철도구조물 성능시험기 개념설계도 ····· 134
<그림 3-7-2> 장비 배치 상세설계안 ····· 136
<그림 3-7-3> Base Plate 개념도 ····· 136
<그림 3-7-4> Base Plate 해석결과 ····· 137
<그림 3-7-5> Load Frame Assembly의 변위 ····· 137
<그림 3-7-6> Load Frame Assembly 고유진동수 검토 ····· 138
<그림 3-7-7> 사이드 프레임 해석결과 ····· 138
<그림 3-7-8> 사이드 프레임 해석결과 ····· 139
<그림 3-7-9> 4 Point Bend Fixture의 해석결과 ····· 139
<그림 3-7-10> 4 Point Bend Fixture의 해석결과 ····· 140
<그림 3-8-1> 지하철 실내에 부유하는 바이오에어로졸(Bio-aerosol) ····· 153
<그림 3-8-2> 방출챔버(24m3) - 건설기술연구원 가구 방출시험 ····· 154
<그림 3-9-1> 목표 속도 프로파일 ····· 169
<그림 3-9-2> LAY-OUT(1) ····· 174
<그림 3-9-3> LAY-OUT(2) ····· 174
<그림 3-9-4>상상 기기배치(BIRD'S-EYE VIEW) ····· 175
<그림 3-9-5> 대차 기기배치(LEFT SIDE VIEW) ····· 175
<그림 3-9-6> 대차 기기배치(BIRD'S-EYE VIEW) -1 ····· 175

<그림 3-9-7>공기제동장치의 구성품 ····· 176
<그림 3-9-8> 비상 제동시 공기 작용도 ····· 176
<그림 3-9-9> 속도별 제동프로파일 ····· 177
<그림 3-9-10> 속도별 제동프로파일 ····· 178
<그림 3-10-1> 철도차량 실대형환경챔버 장비 설계 초안 ····· 206
<그림 3-10-2> 철도차량 실대형 환경챔버 평면도 ····· 206
<그림 3-10-3> 철도차량 실대형 환경챔버 상세 평면도 ····· 207
<그림 3-10-4> 철도차량 실대형 환경챔버 측면도 ····· 207
<그림 3-10-5> 철도차량 실대형 환경챔버 태양광 모사장치 단면도 ····· 208
<그림 3-10-6> 철도차량 실대형 환경챔버 태양광 모사장치 측면 배치도 ····· 208
<그림 3-10-7> 철도차량 실대형 환경챔버 전경 ····· 209
<그림 3-10-8> 철도차량 실대형 환경챔버 전경 ····· 209
<그림 3-10-9> 결빙 시스템 가동 모습 ····· 210
<그림 3-10-10> 결빙 시스템 가동 후 열차 모습 ····· 210
<그림 3-10-11> 현장 제어실 및 관측창 전경 ····· 211
<그림 3-10-12> 현장 제어실 전경 ····· 211
<그림 3-10-13> 냉동기, 제습기, 전력공급설비 ····· 212
<그림 3-11-1> 오염토양 정밀조사 지오프로브 실험실 구축모습(전경) ····· 218
<그림 3-11-2> 토양시료채취장비 ····· 219
<그림 3-11-3> GC 및 GC/MS ····· 219
<그림 3-11-4> ICP ····· 219
<그림 3-11-5> HPLC ····· 219
<그림 3-11-6> 오염토양 3D 시스템 ····· 220
<그림 5-2-1> 공동활용장비 활용시스템 : 연구원 자체 ····· 238
<그림 5-2-2> 국가 공동활용장비 활용시스템 ····· 240
<그림 5-3-1> 활용방안 : 궤도분야 ····· 242
<그림 5-3-2> 활용방안 : 노반분야 ····· 243
<그림 5-3-3> 활용방안 : 구조물분야 ····· 244
<그림 5-3-4> 활용방안 : 환경분야 ····· 245
<그림 5-3-5> 활용방안 : 전력분야 ····· 246

# CONTENTS

**Chapter 1. Introduction**

1.1 Overview

1.2 Background

1.3 Preprocess

1.4 Needs

1.5 Objective

**Chapter 2. State of The Arts**

2.1 Domestic State of The Arts

2.2 Foreign State of The Arts

2.3 Analysis & Conclusion

**Chapter 3. Main Contents & Accomplishments**

3.1 Summary of Current Status & Objective of The 4th Year

3.2 Establishment of Test Equipment : Multi Axial Testing System for Components/System of Fastener

3.3 Establishment of Test Equipment : The Fully Integrated Test Equipment for Railroad Infrastructure

3.4 Establishment of Test Equipment : High Speed Wheel/Rail Contact Simulator

3.5 Establishment of Test Equipment : Large Scale Cyclic/Compressive Triaxial Testing Machine for Roadbed Ballast

3.6 Establishment of Test Equipment : 6 DOF Seismic Table Platform

3.7 Establishment of Test Equipment : Railway Universal Testing Machine

3.8 Establishment of Test Equipment : Clean Room for Railway Environmental Testing

3.9 Establishment of Test Equipment : Current Collection Performance Test Facility
3.10 Establishment of Test Equipment : Real Scale Environmental Chamber for Railway Rolling Stock
3.11 Establishment of Test Equipment : Geo Probe System

**Chapter 4. Research Accomplishments & Expected Effects**

4.1 Research Accomplishments of The 4th Year
4.2 Expected Effects

**Chapter 5. Application Plan**

5.1 Overview
5.2 Overall Application Plan
5.2 Application Plan of Relevant Field
5.4 Application Plan of Respective Equipment

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

# 제 1 장 연구개발과제의 개요

## 1절 과제 개요

본 과제인 “철도기술 선진화 연구기반 조성“은 국토해양부 주관하에 진행되는 미래철도기술연구개발사업으로서 사업개요는 다음과 같다.

- 과제명 : 철도기술 선진화 연구기반 조성
- 과제기간 : 2005.05.13 ~ 2010.06.30 (당해년도 2008.05.13 ~ 2010.06.30)
- 과제예산 : 총 예산 381.28억원 (당해년도 198.00억원)
- 주관부처 : 국토해양부
- 전담기관 : 한국 건설교통기술평가원
- 주관기관 : 한국 철도기술연구원
- 과제책임 : 이 준 석 책임연구원
- 과제목표 : 철도 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 대형 연구시험장비 10종의 설계, 제작, 설치

## 2절 과제 추진배경

현재 국내 및 국외의 철도환경은 시시각각 급변하고 있으며, 국내의 경우 경부고속철도 개통, 도시철도의 확장 및 경량전철의 적용, 자기부상철도와 같은 신개념의 철도시스템 도입, 기존선의 전철화, 남북철도 연계, 대륙철도망과의 연계와 같은 국가적인 차원에서의 작업들이 지속적으로 계획 및 수행되고 있는 중대한 시점을 맞이하고 있다. 특히 해방이후 도로를 중심으로 발전되어 온 기존의 교통망이 어느

정도 포화상태에 이르렀다는 인식이 전반적으로 공유됨에 따라 사회적으로도 철도산업 및 기술전반에 대한 비약적인 발전을 기대하고 있는 상황이다. 그러나 이러한 제반 환경에도 불구하고, 현재 국내 철도기술은 전 세계적으로 소위 철도 선진국으로 분류되고 있는 독일, 일본, 프랑스 등의 철도기술에 비해 기술적인 낙후성을 극복하지 못한 상태라고 할 수 있으며, 국내 철도기술의 종합적이면서도 체계적인 발전이 시급하게 요구되는 것으로 판단된다.

현재 국내 철도기술은 철도건설을 담당하고 있는 철도시설공단, 운영 및 유지관리를 담당하고 있는 철도공사, 제반 철도기술의 연구개발을 담당하고 있는 철도기술연구원 및 주요 연구기관, 철도건설의 실무를 담당하고 있는 주요 산업체를 중심으로 발전해오고 있으나, 기술개발 및 적용의 최우선적 기반시설이라고 이야기할 수 있는 대형 시험시설 및 시험장비가 절대적으로 부족한 상황이라고 말할 수 있다. 특히 철도선진국인 독일, 일본, 중국, 프랑스, 미국 등이 국가 주도하에 대규모의 현장 시험선로와 대형 시험동 및 시험장비를 구축한 상태에서 장기간에 걸쳐 자체기술의 개발, 적용 및 실용화 등에 주력해왔다는 점을 고려한다면, 국내 철도기술의 종합적이면서도 체계적인 발전이 요구되는 현시점에서 선진국과 동등한 수준의 대형 시험동 및 시험장비의 구축이 절실한 상황인 것으로 판단된다.

이러한 측면에서 정부에서는 1996년, 경부고속철도 도입과 맞물려 고속철도 시스템 - 차량, 신호, 전력, 궤도, 노반, 구조 등 - 의 종합적인 실내성능검증, 현재의 낙후된 철도산업의 발전과 선진 철도기술의 수용 등을 위해 철도청 산하 철도기술연구시험시설과 고속철도건설공단 산하 고속철도 차량성능시험시설의 통합을 결정한 후, 1997년 이른바 “철도종합연구시설 건설 기본계획”을 수립하고 선진국 규모의 대형 시험시설과 시험장비를 구축하려는 노력을 시작한 바 있으며, 그 결과 2004년을 기준으로 의왕시 월암동 철도교육단지 인근 부지에 차량, 전력 관련 대형 시험동을 구축하고, 차량, 전력 관련 대형 시험장비 7종의 구축과 함께 궤도, 노반, 구조, 환경, 전철 관련 대형 시험동의 건설을 진행해왔다. 그러나 이러한 성과에도 불구하고 IMF 이후 “철도종합연구시설 건설 기본계획” 계획예산의 삭감 등으로 인해 원래 계획되었던 부분에서 전체 철도시스템 기술의 핵심이라고 말할 수 있는 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 시험장비 부분이 누락된 상태로 전체 사업이 진행되어 온 바, 이 부분에 대한 해결을 위해 본 과제인 “철도기술 선진화 연구기반 조성”이 국토해양부 신규 연구개발사업으로서 기획 및 수행되기에 이르렀다.

결론적으로 본 과제인 “철도기술 선진화 연구기반 조성”은 1997년부터 추진되어 온 국가차원의 기본계획인 “철도종합연구시설 건설 기본계획”을 최종적으로 완성시키는 성격을 가지고 있으며, 철도 시스템의 핵심인 궤도/노반/구조/환경/전철 분야 기술의 연구개발/시험인증 기반 확보를 위해 실대형 복합시험장비 10종의 구축을 최종목표로 설정하고 있다.

## 3절 과제 추진경위

1장 2절에서 전술한 바와 같이 본 과제인 “철도기술 선진화 연구기반 조성”은 1997년부터 진행되어 온 “철도종합연구시설 건설 기본계획”의 일환이라고 말할 수 있으며, 기본계획의 변경사항 및 진행사항과 연계하여 본 과제의 추진경위를 간략하게 요약하면 다음과 같다.

- 1996년 10월 철도청 철도기술 연구시험시설과 고속철도건설공단의 차량성능시험시설 통합 결정
- 1997년 2월 “철도종합연구시설 건설 기본계획 수립” - 총사업비 2263억원, 차량/신호/궤도/노반/구조/환경/전력을 포괄하는 시험동 및 시험장비 구축 목표
- 1999년 3월 기본계획 변경, “철도안전성능연구시설 건설사업”으로 사업명 변경 및 사업규모 조정 - 총사업비 1112억으로 조정, 궤도/노반/구조/환경/전력 분야 시험장비 제외
- 1999년 9월 철도안전성능연구시설 건설 기본계획 1차 변경 - 총사업비 545억에서 301억으로 재조정
- 1999년 10월 철도안전성능연구시설 건설 및 운영에 관한 협약 체결
- 2000년 8월 철도안전성능연구시설 건설 1단계 착공
- 2001년 7월 철도안전성능연구시설 건설 기본계획 2차 변경 - 총사업비 301억에서 471억으로 증액, 궤도/노반/구조/환경/전력 분야 시험동만 포함, 관련 시험장비는 제외
- 2003년 10월 철도기술연구원 자체연구사업으로 “궤도/신호 연구시험장비

구축기획사업” 수행 - 궤도/노반/구조/환경/전력 관련 시험장비 구축을 목표로 하는 본 사업 기획보고서 작성 완료

- 2003년 12월 철도안전성능연구시설 건설 1단계 준공 - 차량/전기 분야 시험동 완공
- 2004년 5월 국토해양부 신규사업으로 “철도기술 선진화 연구기반 조성사업” 국과위 상정
- 2005년 4월 한국 건설교통기술평가원 주관하에 “철도기술 선진화 연구기반 조성사업” 사업계획서 공모 및 주관기관 선정 공개평가
- 2005년 5월 “철도기술 선진화 연구기반 조성사업”의 주관기관으로 한국철도기술연구원 선정, 1차년도 사업협약 수행
- 2005년 10월 철도안전성능연구시설 건설 2단계 착공 - 궤도/노반/구조/환경/전력 분야 시험동 착공 시작
- 2010년 06월 “철도기술 선진화 연구기반 조성사업” 종료, 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 실대형 복합시험장비 10종 구축 완료

전술한 바와 같이 본 과제인 “철도기술 선진화 연구기반 조성”은 1997년 수립되었던 “철도종합연구시설 건설 기본계획”의 일환으로서, 기본계획에서 누락되었던 궤도/노반/구조/환경/전철 분야 대형 시험장비의 구축을 통한 기본계획의 최종적인 완성을 목표로 2003년 기획보고서가 작성되었으며, 2004년 신규사업으로서 국과위에 상정되고, 2005년 5월 사업계획서 공모 및 주관기관 선정 공개평가를 거쳐 한국철도기술연구원이 주관연구기관으로 선정되었다.

주관연구기관 선정 이래, 1차년도 국외 현황조사 결과에 토대한 구축장비 목록 선정, 구축 우선순위 선정 작업이 수행된 후 2차년도에서부터 4차년도에 걸쳐 구축장비의 구축이 진행되었으며, 2010년 06월을 기준으로 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 실대형 복합시험장비 10종이 구축 완료된 상태이다.

# 4절 과제 필요성

## 1. 기술적 측면

전세계적으로 철도는 도로와 함께 국가 전체의 물류 운송을 담당하는 측면에서 핵심 국가기간시설의 하나로서 분류되고 있다. 특히 국내의 경우, 1970년대 이후 지속적으로 건설되어 온 도로교통망의 포화로 인해 기존선의 전철화, 고속철도의 건설, 도시철도의 확장, 차세대 철도(경량철도, 자기부상철도 등)의 건설 등으로 대표되는 철도 네트워크의 확장이 현재 활발하게 추진되고 있으며, 최근 들어 경부고속철도의 개통(2004.4), 한국형 고속철도 차량의 개발 및 350km/h 주행 성공(2005.12) 등 주목할 만한 기술적 성장을 이뤄낸 바 있다. 그러나 이러한 기술적 발전에도 불구하고 국내 철도기술의 전체적인 수준은 철도선진국으로 분류되는 프랑스, 독일, 이탈리아, 일본 및 영국 등에 비해 상당히 미흡한 상황(선진국 대비 50%, 철도연 KRRI Vision 2010)이다.

이러한 기술적 격차를 극복하기 위해서는 국가적인 차원에서의 철도산업 전반에 대한 투자 증대와 함께 철도 관련 기술력의 질적·양적인 변화가 도모되어야 하는데, 전자의 경우 최근 정부 차원에서의 적극적인 변화가 이뤄지고 있는 반면 후자의 경우 기술력의 혁신적인 향상을 가져올 수 있는 대규모 연구기반의 부재가 결정적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 특히 기존의 철도기술개발시스템이 전문연구인력에 의한 기술개발, 수치해석/실내시험/현장시험등을 통한 개발기술의 검증이라는 일련의 절차에 의해 진행되어 왔으며, 실내/현장시험 자체가 가지고 있는 제한성(규모, 위험도 등)으로 인해 개발기술의 적용성 확보나 상용화가 상당부분 지연되거나 철도현장에서의 공학적인 문제점들에 대한 기술적인 대안 도출이 적절하게 수행되지 못했던 점들을 고려한다면 즉각적인 현장조건의 반영, 개발기술의 적용성과 신뢰성의 신속한 확보를 가능하게 하는 대규모 연구기반의 구축은 기존 철도기술개발시스템 자체의 혁신적인 향상과 함께 국내 철도기술 수준의 획기적인 도약을 위한 제반 기반을 마련한다는 측면에서 국가적인 중요성을 갖는 것으로 판단된다.




<그림 1-4-1> 본 과제의 기술적 필요성

## 2. 경제, 산업적 측면

선진국 수준의 철도기술을 확보한다는 것은 곧 철도산업 전반의 수준을 한 단계 상승시킨다는 것을 의미한다. 국내의 경우, 경부고속철도 개통 이후 적극적인 선진기술 이전 및 자체기술 개발 노력에 힘입어 전체적인 기술수준과 함께 철도산업 전반의 수준이 향상된 것은 사실이지만, 앞서 언급한 것과 같이 전체적인 기술수준은 아직 미흡한 상황이다. 철도시설의 핵심인 궤도의 경우를 한 예로 살펴보면, 기존철도, 도시철도, 고속철도 공히 국외에서 도입된 레일체결장치(Pandrol, Vossloh 등)를 사용하고 있으며, 슬래브 궤도의 경우에는 궤도시스템 전체가 수입·적용(Rheda, Stedef 등)되어 있는 상황이다. 특히 고속철도 건설과 관련하여 국외전문가의 기술자문에 소요된 비용이 3,500만원/월/인이라는 사실만을 놓고 보면, 국내 철도기술의 수준향상이 곧 막대한 규모의 경제적 효과를 가져온다는 것을 알 수 있다.




<그림 1-4-2> 본 과제의 경제-산업적 필요성

특히 국내외적인 철도 건설규모의 증대 및 TKR-TCR-TMR로 이어지는 범 유라시아 대륙철도 Network로의 확장 연계 등은 곧 철도시장의 규모 증대와 기술수출 가능성으로 직결되는 바, 철도선진국에 대한 기술적 종속 및 그로 인해 파생되는 경제적 종속을 적극적으로 타파해나가기 위한 초석으로서, 그간의 기술적 축적을 바탕으로 개발되거나 향후 개발될 수 있는 철도 구성품 및 시스템의 국제적 적용성 및 신뢰성을 신속하게 확보하기 위해서는 각기 상이한 제반 환경 및 인프라 조건을 능동적으로 신속하게 반영할 수 있는 대규모 연구기반의 구축이 우선적으로 요구되는 것으로 판단된다.

## 3. 사회, 문화적 측면

사회공공시설인 철도의 안전성은 국민생활 및 국가경제의 안정과 직결된다고 말할 수 있다. 국내의 경우 철도안전법 제정(2005)과 같은 정부의 적극적인 움직임에도 불구하고 계룡과선교 거더붕괴(2003.5), 대구지하철 화재(2003.2), 경부고속철도 개통 이후 발생된 운전장애(119건/5개월) 등은 국내 철도기술의 전체적인 안전 수준이 한 단계 향상되어야 함을 극명하게 보여주고 있다.




<그림 1-4-3> 본 과제의 사회-문화적 필요성

철도시스템 자체가 차량, 전력, 신호, 시설의 각기 상이한 요소들의 조합으로 구성되는 고도의 복합시스템임을 고려할 때, 안전한 철도기술의 개발 및 확보는 사실상 장기간의 반복적인 성능시험결과에 입각한 개발기술의 수정·보완에 기반하게 된다. 철도선진국의 경우, 이미 1970년대부터 대규모의 현장시험선로 및 다양한 시험장비를 확보하고 실물 규모의 반복시험을 통해 독자적으로 철도기술의 수준 향

상을 이뤄왔다는 점에 주목한다면, 공공시설인 철도의 안전성 확보와 함께 선진국 수준과 동등한 철도기술의 개발 기반을 확보한다는 측면에서 실제적인 현장상황을 안정된 조건 하에서 구현해낼 수 있는 대규모 연구기반의 구축이 요구되는 것으로 판단된다.

## 5절 과제목표

본 과제의 핵심목표는 다음과 같다.

- 철도 궤도/노반/구조/환경/전철 분야 연구 및 시험인증용 실대형 복합시험장비 10종의 설계, 제작, 조립 및 설치

본 과제의 연차별 핵심목표는 다음과 같다.

<표 1-5-1> 연차별 핵심목표

| 구분 | 내용 | 상세 |
|---|---|---|
| 1차년도<br><br>2005.05.13<br>~<br>2006.05.12 | 기본계획<br>수립 | ▪ 철도기술 중장기 기술계획 수립<br>▪ 국내외 시험장비 현황 조사<br>▪ 구축대상 시험장비 목록 설정<br>▪ 구축대상 시험장비 우선순위 설정<br>▪ 시험장비 기본설계 및 구매사양서 작성 |
| 2차년도<br><br>2006.05.13<br>~<br>2007.05.12 | 시험장비<br>구축 | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 착수<br>- 장비기초 설계/시공<br>- 수평/수직 하중지지시스템 설계/시공<br>- 시험기 본체 및 부대설비 발주, 제작 착수<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 착수<br>- 상세설계 완료 및 부분품 발주, 제작 착수 |
| | 구축장비<br>목록 재검토 | ▪ 1차년도 연구결과인 구축대상 장비목록 재검토<br>- 필요성/중복성/활용도 등에 대한 상세 재검토<br>- 구축대상 장비 목록 재설정 |
| 3차년도<br><br>2007.05.13<br>~<br>2008.05.12 | 시험장비<br>구축 | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 완료<br>- 수평/수직 하중지지시스템 설계/시공<br>- 시험기 본체 및 부대설비 제작<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 지속<br>▪ 잔여장비 구축 착수<br>- 발주사양 작성, 발주, 제작 착수 |
| 4차년도<br><br>2008.05.13<br>~<br>2010.06.30 | 시험장비<br>구축 | ▪ 구축대상 장비 구축 완료<br>▪ 국가공인시험 및 국제공인시험 항목 도출<br>▪ 시험인프라 구축성과 홍보 |

# 제 2 장 국내외 기술개발 현황

# 제 2 장 국내외 기술개발 현황

## 1절 국내 기술현황

국내의 경우, 철도 궤도토목 및 전기신호분야에 특화된 시험시설 및 시험장비는 철도기술연구원, 철도공사, 한국철도시설공단, 도시철도공사, 산업체 등에서 보유하고 있는 일부 시험장비들(휴대용 혹은 소형)을 제외하고는 거의 전무한 상황이며, 개략적인 상황은 다음 표와 같다. 특히 대부분의 관련 시험장비가 상당히 노후된 상태이므로 엄청난 속도로 발전되는 세계 철도기술의 흐름과 제반 특성을 반영하기에는 무리가 따르는 것으로 판단된다.

| **• 철도공사, 철도시설공단, 도시철도공사, 산업체 등**<br>**• 철도 궤도, 노반, 구조, 환경, 전철 분야 시험장비 절대적 부족 상황** | |
|---|---|
| 철도공사 | 100 ton 만능시험기 외 140 여종 |
| 철도시설공단 | 2.5 ton 만능시험기, 레일 굴곡시험기 외 6종 |
| 도시철도공사 | 제동시험기 외 100 여종 |
| 산업체 : 우진산전, 샬롬Eng<br>혁신전공사, 유경제어, 로템<br>SLS 중공, 한국화이바, 삼표E&C 등 | 100 ton 만능시험기 외 다수 |

| **• 철도기술연구원 원내 보유장비 및 향후 계획장비 등**<br>**• 철도 궤도, 노반, 구조, 환경, 전철 분야 특화 장비 구축 시급** | |
|---|---|
| 보유장비 현황 | • 차량분야 : 차량시운전성능시험기 등 142종<br>• 시설분야 : 종합노반시험장치 등 52종<br>• 전기분야 : 충격전압발생기 등 124종<br>• 환경분야 : 발광분광분석기 등 68종<br>• 철도 전용 고성능 시험장비 부족한 상황 |
| 추가 계획장비 | • RTRM (2006~2010) 완료 이후 추가장비 계획, 현재는 미정<br>• 철도종합안전기술개발사업을 통해 화재/탈선 장비 구축 계획 |

반면, 일반 토목분야의 시험시설 및 시험장비는 한국기계연구원, 한국건설기술연구원 등의 정부출연연구기관, 포항산업과학연구원, 현대건설, 대우건설 등의 기업체 연구소 및 각 대학 등에서 일부 운영되고 있는 상황이다. (1.~3. 참조) 그러나 토목분야 시험시설 및 장비의 경우에도 일반 토목 및 건축을 주 대상으로 설치/운영되고 있기에 철도분야의 제반 특성을 고려하기에는 성능이나 그 규모 등이 다소 미흡한 상황이다. 따라서 국내 철도기술의 전체적인 발전과 선진화를 위해서는 철도궤도분야와 토목분야의 제반 기술적 요구특성을 적절하게 반영할 수 있는 대형 시험장비의 확보가 절실하게 요구되는 것으로 판단된다.

## 1. 현대건설기술연구소 구조실험동

| | |
|---|---|
| **설립년도** | 1996년 |
| **계획기간** | 1년(1994~1995) |
| **소요예산** | 건물(부지취득가 제외) - 약 100억<br>시험장비(유압가력시스템 등) - 약 50억 |
| **연간활용실적** | 자체현업지원 약 2억<br>수탁과제 약 2억 |





## 2. 포항산업과학연구원(RIST) 강구조 연구소 실험동

| | |
|---|---|
| 설립년도 | 1998년 |
| 계획기간 | 2년(1995~1996) |
| 소요예산 | 건물 - 약 230억<br>시험장비(UTM, FTM 등) - 약 162억 |
| 연간활용실적 | 연간가동률 50% 이상<br>시험료 수입 6~10억 |


만능 시험기


200ton Fatigue Testing Machine

## 3. 대우건설기술연구소 구조실험동

| | |
|---|---|
| 설립년도 | 1996년 |
| 계획기간 | 2년(1993~1994) |
| 소요예산 | 건물(부지취득가 제외) - 약 50억<br>시험장비 - 약 25억 |
| 연간활용실적 | 자체현업지원 약 1억<br>수탁과제 약 2억 |









## 2절 국외 기술현황

본 절에서는 국외 철도관련 대규모 시험시설 및 시험장비 현황을 철도 선진국 중심으로 간략하게 정리하였다. 특히 일본의 철도총합기술연구소(Railroad Technical Research Institute : RTRI), 독일의 뮌헨공대, 네덜란드의 델프트공대, 미국의 교통기술센터(Transportation Technology Center Inc. : TTCI) 등을 중심으로 각 연구기관 및 연구시설의 개요, 주요기능, 시험시설, 시험장비 등에 대해 중점적으로 기술하였다.

### 1. 일본 RTRI

철도총합기술연구소는 설립 이래 대규모 시험시설 및 시험장비의 확보와 운용, 주요 연구과제와의 연계를 통한 연구성과의 실용성 확보에 주력해왔으며 그 결과 현재 보유하고 있는 시험시설 및 시험장비의 규모 및 성능은 세계 최고수준을 유지하고 있다고 평가된다.




<그림 2-2-1> RTRI 시험소 전체 개요

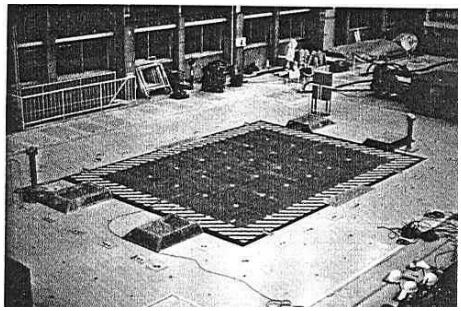


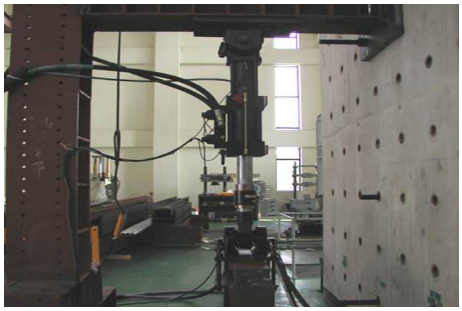
<그림 2-2-2> 히노 토목시험소 전경

특히 히노 토목시험소는 궤도 및 토목구조물과 직결된 각종 현장 모의시험의 수행을 위해 만든 시험소로서 궤도의 경우 실제 선로상에 부설된 자갈도상 궤도, 콘크리트 도상궤도, 직결궤도의 레일, 침목, 노반 및 체결구 등에 대한 정/동적 시험이 수행되고 있으며 모형교량에 대한 거동시험 등 제반 궤도-토목구조물에 대한 다양한 시험이 수행되고 있다.

현재 철도 궤도토목과 직결된 시험장비들은 히노토목시험소와 RTRI 본원에 분산 설치되어 있으며, 대표적인 시험장비의 개요 및 기능은 다음과 같다.

| 레일체결장치 4축 재하시험기 | 궤도 반복재하 시험기 |
|---|---|
|  |  |
| 레일체결장치의 종합적인 성능평가를 위해 철도총합기술연구소에서 자체 제작한 시험장비로서 유압장치에 의해 정/동적인 디지털 하중의 재하가 가능하도록 구성되어 있다. | 히노토목시험소에서 수행되는 실물궤도의 현장모의시험을 위해 개발된 시험장비로서 정하중 재하 및 동하중의 반복재하를 통해 실물궤도의 중장기적인 내구성 평가가 가능하다. |

| 이동식 궤도 동적재하 시험기 | 진동대 |
| --- | --- |
|  |  |
| 기존에 부설된 궤도 및 신설 궤도의 성능평가를 직접 현장에서 수행하기 위한 목적으로 개발된 장비로서 정하중 재하 및 동하중의 반복재하가 가능하다. | 실제 주행중인 열차에서 유발되는 동하중을 재현하여 지반의 동적거동 및 철도토목구조물의 진동영향 평가가 가능하도록 제작된 시험장비이다. |
| **도상골재용 대형진동 3축 시험기** | **대형 강우시험기** |
|  |  |
| 도상골재의 동적거동 및 메카니즘의 변화를 측정할 수 있는 시험장비로서 시험결과로부터 얻어지는 응력-변형률 관계를 이용하여 도상골재의 변형계수 및 감쇠비 추정이 가능하다. | 강우속도 및 강우량과 같은 자연환경의 변화를 실내에서 인위적으로 재현함으로써 모형토조 내에 구성된 철도사면에 미치는 강우 영향평가를 수행하며, 철도사면의 강우파괴 가능성 추정이 가능하다. |

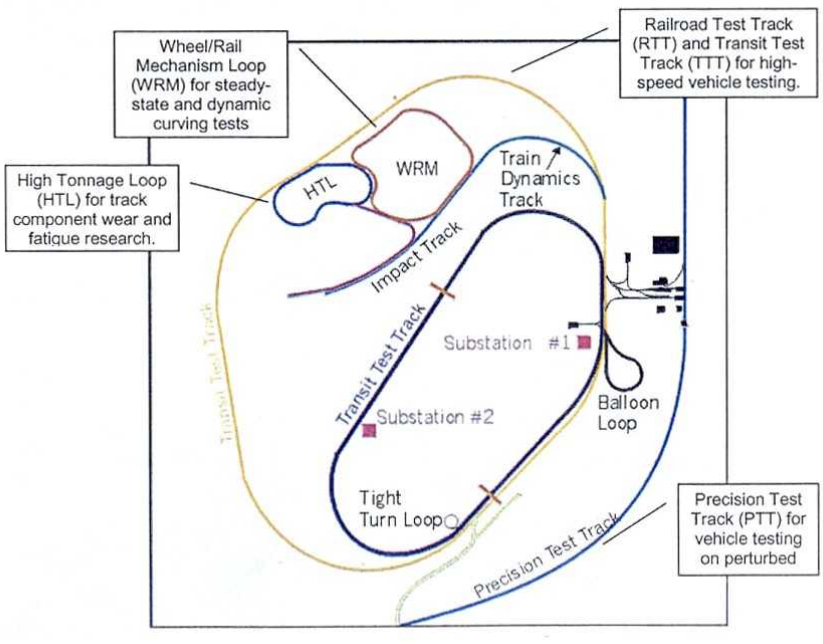
| 종합 노반시험기 | 대형 철도 재하시험기 및 반력벽 |
| --- | --- |
|  |  |
| 정/동적 하중 재하가 액츄에이터에 장착된 로딩프레임에 의해 가능하며 실내시험동 내에서 하중 및 노반조건 변화에 따른 노반의 거동특성 확인이 가능하다. | 대형 철도구조물에 대한 다양한 형태의 정/동적 하중 재하가 가능한 시험기로서 대형 구조물의 모의시험 및 시편에 대한 정밀 재하시험이 가능하다. |
| **철도터널 복공모형시험기** | **집전시험기** |
|  |  |
| 각종 조건하에서 철도터널 복공의 역학적인 거동특성을 시뮬레이션할 수 있는 모형시험장비로서 터널 복공의 설계 개선안 도출이 가능한 시험장비이다. | 팬터그래프를 모터구동의 주행대차에 탑재 및 주행시키는 상태에서 금구류 및 전차선로 시스템에 대한 성능평가가 가능한 시험장비이다. |

## 2. 미국 TTCI

미국 교통기술센터(TTCI)는 철도관련 연구, 개발, 시험, 자문, 교육을 총괄하는 철도관련 종합기관으로서 미국철도협회(Association of American Railroads : AAR)와 미국철도국(Federal Railroad Administration : FRA)에 의해 운영되고 있으며 설립 이래 실외 대규모 시험선로 및 주요 시험장비를 중심으로 철도기술과 관련된 다양한 시험을 수행하고 있다.

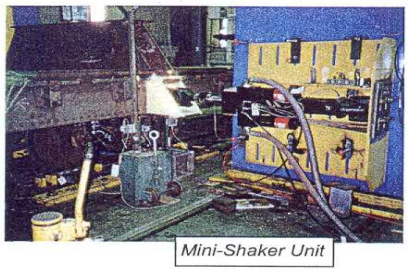
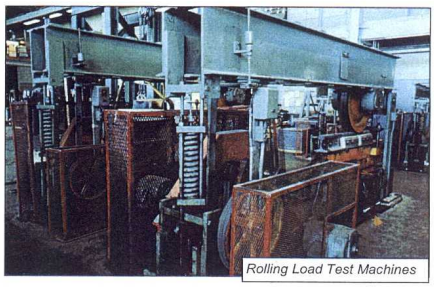


<그림 2-2-3> TTCI 전경



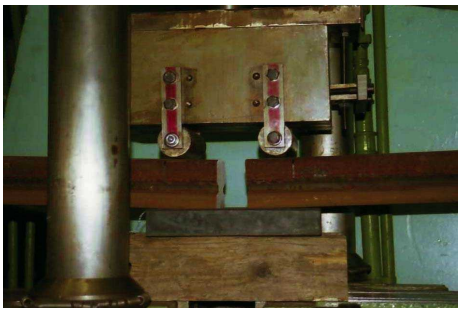
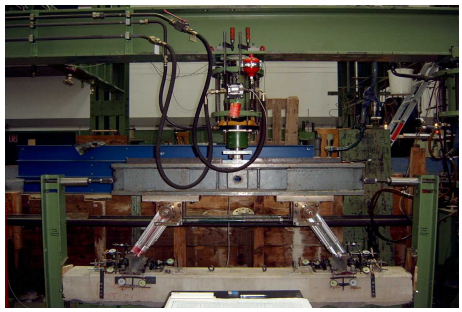
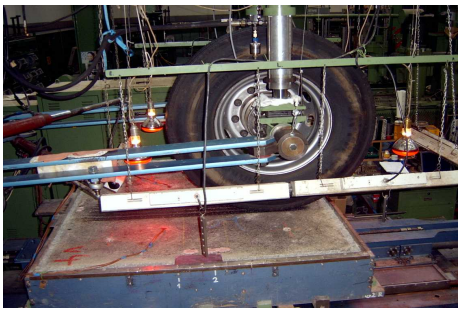

<그림 2-2-4> TTCI 대규모 시험선로 전경

TTCI에서 설치 및 운용하고 있는 철도 궤도토목 관련 대규모 시험장비의 현황은 다음과 같다.

| Mini Shaker Unit | Rolling Test Machine |
|---|---|
|  <br>Mini-Shaker Unit |  <br>Rolling Load Test Machines |
| 소형 진동모사 장치는 수직, 횡방향, 롤링에 대한 동적 하중을 적용할 수 있는 장비로서, 휠/레일 하중을 측정할 수 있는 특수한 장치가 장착되어 있다. 재하장치와 레일에서 측정되는 현가장치의 변형은 현가장치의 공학적 특성치를 결정하는데 이용된다. | 컴퓨터를 통하여 휠 표면장력(surface traction)을 발생시키게 되며, 이 장비를 이용하여 소성변형을 일으키는 피로에 대한 연구가 수행되고 있다. 또한, 다양한 접촉 응력과 더불어 레일의 손상과정을 모사할 수 있으며, 이음매에 대한 연구 수행도 가능하다. |
| **Track Research Laboratory** | **Track Loading Vehicle** |
|  |  |
| Track Research Laboratory에서는 실제 규모의 궤도에 대한 이동하중 실험이 주로 수행되고 있다. 차륜에 의한 하중 또는 유압하중 시스템에 의해 궤도의 변위, 응력 등에 대한 측정이 가능하다. 또한 경사레일을 이용하여 다양한 속도별 시뮬레이션의 수행이 가능하다. | 이동차량에 의해 발생되는 궤도구조의 응답특성을 실시간으로 측정할 수 있는 장비로서 수직 및 횡방향 유압재하에 의하여 현가장치를 통해 레일에 하중을 가할 수 있으며, 휠/레일 상호작용의 분석을 위해 하중측정용 휠의 장착이 가능하도록 제작되어 있다. |

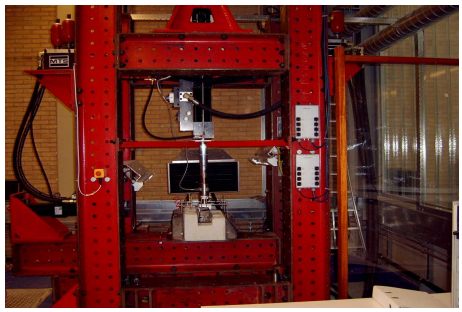
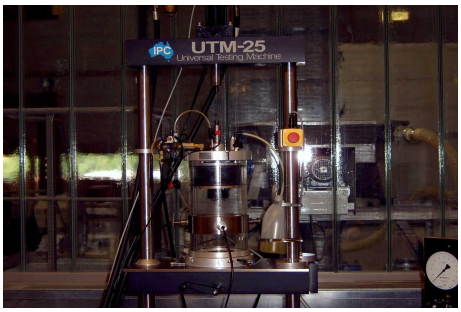
## 3. 독일 뮌헨 공대

뮌헨공대(Munich University of Technology)의 Chair and Institute of Road, Railway and Airfield Construction에서는 철도공학 분야의 연구를 40년 이상 수행해 오고 있다. G. Leykauf 교수를 필두로 하여 최적화된 무도상궤도를 구축하기 위한 혁신 기술개발을 목표로 궤도 부속품들의 변형 및 장기 거동, 장대레일, 무도상궤도 등에 관한 이론적/실험적 연구가 주로 이루어지고 있다. 또한 이 기관은 궤도 부속품들에 대한 인증시험으로 세계적인 권위를 자랑하고 있다.

| 레일용 재하시험기 등 | 2축 반복재하 시험기 |
|---|---|
|  |  |
| 일반적인 유압장치를 이용, 레일의 피로성능, 체결구의 종방향 강도, 도상의 장기거동, 침목강도 평가 등 각각의 시험목적에 적합한 특수 하중전달장치를 고안, 제작하여 사용하고 있다. | 수평, 수직방향 힘의 비율 변경이 가능한 2축 반복재하장치를 이용하여 시험수행, 정확한 힘의 배분을 위해서 재하장치의 대칭을 정확하게 유지하는 것이 중요하다. |
| **슬래브 이동식 윤하중 시험기** | **실대형 궤도 재하시험기** |
|  |  |
| 유압장치를 통해 고정된 바퀴에 하중을 재하하고 하부의 슬래브를 반복 이동시킴으로써, 실내시험을 통해 반복 윤하중에 따른 슬래브의 거동을 파악하기 위해 고안된 시험장비이다. | 실물크기의 재하가 가능하며 궤도 및 노반의 거동특성을 실내에서 보다 정밀하게 규명하기 위해 제작된 시험장비이다. |

## 4. 네덜란드 Delft 공대

델프트공대는 다양한 종류의 철도 궤도시스템과 도로 구조물 및 재료에 대한 시험을 수행할 수 있는 장비를 갖추고 있다. 정적 및 동적 하중을 원하는 각도와 위상으로 재하하기 위한 다양한 종류의 유압 엑츄에이터를 보유하고 있으며 특정 환경에서의 안정성, 내구성, 피로특성에 관련된 시험이 가능하다. 각 시험들은 국제표준(CEN, DIN, AREMA)에 따라 수행되지만, 필요에 따라서는 특수한 시험이 수행되기도 한다.

| LINTRACK | 재하 시험기 |
|---|---|
|  |  |
| 도로포장이나 슬래브궤도에 작용하는 대형 교통하중을 모사함으로써 다양한 시험 조건의 제어가 가능하며, 철도 및 도로 관련 새로운 기술, 재료, 시공법에 관련된 시험을 수행하고 있다. | 레일의 피로성능, 체결구의 종방향 강도, 도상의 장기거동, 침목 강도 평가 등 다양한 시험목적에 적합한 정적, 동적 재하장치를 다수 보유하고 있다. |
| **중형진동 3축압축시험기** | **터널 복공모형 시험기** |
|  |  |
| 도상재료의 정적, 동적특성의 분석을 위해 20~65mm 크기의 굵은 골재에 대한 압축시험이 가능한 중형진동 삼축압축시험기를 보유하고 있다. | 다양한 조건 하의 시험 수행을 통해 도출된 시험결과와 골조해석에 의한 결과 및 파라미터 해석결과 등을 토대로 터널 복공의 역학적인 거동특성 파악이 가능하다. |

# 3절 기술동향 분석 결론

## 1. 국내 기술동향 분석 결론

- 철도기술연구원에서 보유하고 있는 일부 장비(철도안전성능연구시설건설 1단계 사업의 일환으로 구축된 장비 등)를 제외하고는 철도 특성화된 대형 시험장비가 거의 없는 상황
- 철도시설공단, 서울도시철도공사, 한국철도공사, 기타 산업체 등의 경우, 소형장비를 다수 보유하고 있으나 현재 및 향후의 기술발전 속도에 상응하기에는 상당부분 낙후된 상태
- 특히 궤도/노반/구조/환경/전철 분야에 대해 철도 특성화된 전용연구시험장비의 구축 필요
  - 궤도 분야 : 주요 구성품 및 실물궤도시스템에 대한 시험장비 필요
  - 노반 분야 : 노반 구성재 및 실물노반에 대한 시험장비 필요
  - 구조 분야 : 구조 부재 및 실물 구조체에 대한 시험장비 필요
  - 환경 분야 : 철도 환경특성을 고려한 전용 시험장비 필요
  - 전철 분야 : 철도의 전력공급, 운행특성을 고려한 전용 시험장비 필요

## 2. 국외 기술동향 분석 결론

- 일본 RTRI, 미국 TTCI, 중국 CARS 등 주요 연구기관들은 정부의 적극적인 지원하에 1960년대 초반부터 대규모 시험시설 및 시험장비를 구축하고 이를 통해 지속적인 연구개발을 수행해온 상황임
- 시험장비 구축 이후에도 지속적인 정부 지원 하에 시험장비의 성능 향상, 신규 시험장비의 구축 등에 주력해왔으며, 전문 테크니션의 배치 등을 통해 시험장비의 운용과 관련된 제반 노하우를 유지해왔음
- 특히 궤도/노반/구조/환경/전철 분야에 대해 철도 특성화된 전용연구시험장비가 이미 확보된 상황
  - 궤도 분야 : 주요 구성품 및 실물궤도시스템에 대한 시험장비 구축

- 노반 분야 : 노반 구성재 및 실물노반에 대한 시험장비 구축
- 구조 분야 : 구조 부재 및 실물 구조체에 대한 시험장비 구축
- 환경 분야 : 철도 환경특성을 고려한 전용 시험장비 구축
- 전철 분야 : 철도의 전력공급, 운행특성을 고려한 전용 시험장비 구축

## 3. 국내외 기술동향 분석 결론

결론적으로, 철도 궤도/노반/구조/환경/전철 등과 관련된 전용 연구시험장비의 국내 기술수준은 해외 선진국에 비해 상당히 미흡하다고 말할 수 있으며, 국내외적인 환경변화(고속철도 개통, 도시철도 확장, 경량전철 건설, 자기부상철도 도입 등과 관련된 국내 철도기술의 중흥 및 철도기술의 전체적인 수준 향상 요구 등)를 고려할 때 선진국 수준과 동등 또는 상회하는 정도의 전용 연구시험장비의 구축이 시급하게 요구되는 것으로 판단된다.




<그림 2-3-1> 국내외 기술동향 분석 결론

# 제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

# 제 3 장 연구개발 수행내용 및 결과

## 1절 연차별 사업목표 및 추진현황

본 사업의 연차별 핵심목표는 다음과 같다.

| 구분 | 핵심목표 | 세부 목표 |
|---|---|---|
| 1차년도<br>2005.05.13<br>~<br>2006.05.12 | 기본계획<br>수립 | ▪ 철도기술 중장기 기술계획 수립<br>▪ 국내외 시험장비 현황 조사<br>▪ 구축대상 시험장비 목록 설정<br>▪ 구축대상 시험장비 우선순위 설정<br>▪ 시험장비 기본설계 및 구매사양서 작성 |
| 2차년도<br>2006.05.13<br>~<br>2007.05.12 | 시험장비<br>구축 | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 착수<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 착수 |
| | 구축장비<br>목록 재검토 | ▪ 1차년도 연구결과인 구축대상 장비목록 재검토 |
| 3차년도<br>2007.05.13<br>~<br>2008.05.12 | 시험장비<br>구축 | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 완료<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 지속<br>▪ 잔여장비 구축 착수 |
| 4차년도<br>2008.05.13<br>~<br>2010.06.30 | 시험장비<br>구축 | ▪ 구축대상 장비 구축 완료<br>▪ 국가공인시험 및 국제공인시험 항목 도출<br>▪ 시험인프라 구축성과 홍보 |

## 가. 1차년도 핵심목표 및 수행결과

| 1차년도 핵심목표 및 수행결과 |
| --- |
| ▪ 철도기술 중장기 기술계획 수립<br>- 한국 과학기술 정책연구원 주관 중장기 기술계획 수립 완료<br><br>▪ 국내외 시험장비 현황 조사<br>- 국내 : 철도시설공단, 도시철도공사, 한국철도공사 등 주요 철도관련 기관 내 시험장비 현황 조사<br>- 국외 : 일본 RTRI, JR East, 미국 TTCI, 스페인 Applus, 포르투갈 대학, 독일 뮌헨공대, 네덜란드 델프트공대, 러시아 RRRI 등 국외 기관 시험장비 현황 조사<br><br>▪ 구축대상 시험장비 목록 설정<br>- 철도종합연구시설 기본계획 및 본 사업 RFP에 의거한 후, 전문가 검토를 거쳐 우선구축 10종 후구축 7종으로 구분<br><br>▪ 구축대상 시험장비 우선순위 설정<br>- 우선순위 평가지표 개발, 전문가 설문조사 수행 이후 우선구축 10종에 대한 구축우선순위 설정<br><br>▪ 시험장비 기본설계 및 구매사양서 작성<br>- 우선구축 대상 10종에 대한 기본개념 설계 및 구매 기본사양서 작성 |

## 나. 2차년도 핵심목표 및 수행결과

| 2차년도 핵심목표 및 수행결과 |
|---|
| ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>- 입찰 및 계약방식 선정등으로 인해 구축 착수로 완결<br>- 2007년 05월 계약 완료<br><br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 착수<br>- 반력구조물 부분 발주방식 검토 완료<br>- 시험장비 본체 부분 발주방식 검토 완료<br><br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 착수<br>- 기본 개념설계 전체적 수정<br><br>▪ 구축대상 장비목록 재검토<br>- 2006년 12월 전문가 재검토 통해<br>- 최종 10종으로 구축대상 선정 완료(예산조정 420억⇒381.28억) |

## 다. 3차년도 핵심목표 및 수행결과

| 3차년도 핵심목표 및 수행결과 |
|---|
| ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>- 2007년 12월 장비 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 완료<br>- 2007년 12월, 반력구조물 시공 완료<br>- 2008년 01월, 본체 부분 계약 완료<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 지속<br>- 기본사양 재확정~사전규격공고~본공고~입찰행정<br>▪ 잔여장비 구축 착수<br>- 잔여 7종 장비의 발주사양 확정 작업 진행<br>- 2008년 05월, 2개 장비의 계약 완료 |

### 라. 4차년도 핵심목표 및 수행결과

| 4차년도 핵심목표 및 수행결과 |
| --- |
| ▪ 구축대상 장비 구축 완료<br>- 10종 중 미완료된 9종 장비 구축 완료<br><br>▪ 국가공인시험 및 국제공인시험 항목 도출<br>- 구축장비의 국내공인/국제공인시험 가능항목 도출 완료<br><br>▪ 시험인프라 구축성과 홍보<br>- 2009.04.30 3종 장비 공개시연회 개최<br>- 2010.06.18 철도기술선진화연구기반조성 구축시험장비 공개시연회<br>- 연간 KRRI 외부손님 방문 약 20~30건<br>- 홍보브로셔 제작 및 배포 2회 |

각 장비의 구축소요기간 및 완료시점은 다음 표와 같고, 각 장비의 외관과 개괄적 특징을 요약하였다. 각 장비별 상세사항은 3장 2절부터 11절을 참조하면 된다. 3장 2절부터 11절에 서술된 내용은 장비의 구성요소, 피시험체, 시험항목, 관련시험규격 등을 포괄하는 일반사항과 국내외 유사장비와의 차별성 및 구축 필요성으로 크게 구분되며, 구축과정을 간략하게 요약하면서 기계 상세에 대해서는 장비제작사의 유/무형적 기술사항의 유출을 방지하기 위하여 설계결과에 대한 개념도와 실제 구축완료사진으로 대체하였다.

| 1. 레일체결장치 다축시험시스템 |  |
|---|---|
| • 레일체결장치 및 궤도구성품의 성능분석 및 평가 | |

| 2. 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템 |  |
|---|---|
| • 궤도, 노반 및 철도구조물의 실대형 정적, 동적 실험수행 | |

| 3. 고속 레일·차륜 접촉시험기 |  |
|---|---|
| • 고속대역 실물모형 차륜/레일의 접촉 및 피로실험 | |

| 4. 도상골재용 대형 3축압축시험기 |  |
|---|---|
| • 노반, 성토재 및 자갈도상 등 굵은 골재의 정적, 동적 물성치 실험 | |

| 5. 6자유도 진동대 |  |
|---|---|
| • 철도교량 및 노반시설물 등의 내진성능 평가 및 응답특성 실험 | |

| 6. 철도구조물 성능평가시험기 |  |
|---|---|
| • 2축 재하 시험기법을 이용한 철도구조물 부재의 물성파악 및 강도시험 | |

| 7. 전차선로 집전계 주행성능 시험기 |  |
|---|---|
| • 전차선로용 금구류 및 팬터그라프의 성능평가 실험 | |

| 8. 철도 환경실험용 클린룸 |  |
|---|---|
| • 항온, 항습, 청정 조건 등을 구현한 철도 차량 구성품 및 내장재 방출실험 | |

| 9. 철도차량 실대형 환경챔버 |  |
|---|---|
| • 극한 기후조건하에서 철도차량용 냉난방기 및 덕트 등의 성능실험 | |

| 10. 토양오염 정밀도사용 지오프로브 |  |
|---|---|
| • 철도토양 오염부지 및 토양환경 정밀 조사용 실험장비 | |

<표 3-1-1> 구축장비 추진현황 및 완료시점 요약

| 장비명 | 주요추진연도 (계약~완료) | 계약 | 완료 시점 |
|---|---|---|---|
| 레일체결장치용 다축시험시스템 | 2~3차년 | '07.05 | '07.12 |
| 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템 | | | |
| -건축물 기초 설계/시공 | 1차년 | | '06.12 |
| -반력구조물 | 2~3차년 | '07.05 | '07.12 |
| -본체 및 부대설비 | 3~4차년 | '08.01 | '09.04 |
| 고속 레일/차륜 접촉시험기 | 3~4차년 | '08.09 | '09.10 |
| 도상골재용 대형진동 3축압축 시험기 | 3~4차년 | '08.05 | '09.01 |
| 6자유도 진동대 | 3~4차년 | '08.09 | '09.11 |
| 철도 구조물 성능평가 시험기 | 3~4차년 | '08.05 | '09.01 |
| 철도 환경실험용 클린룸 | | | |
| -방출챔버 | 3~4차년 | '09.09 | '09.12 |
| -클린룸 및 분석설비 | 3~4차년 | '09.10 | '10.04 |
| 전차선로/집전계 주행특성시험기 | 3~4차년 | '09.07 | '10.04 |
| 철도차량 실대형 환경챔버 | 3~4차년 | '08.12 | '09.10 |
| 토양오염 정밀조사용 지오 프로브 | 3~4차년 | '09.06 | '09.10 |

# 2절 구축완료 시험장비 상세
## : 레일체결장치 다축 시험시스템

## 1. 일반사항

■ 장비명 : 레일체결장치 다축 시험시스템

■ 제작사 : KNR 시스템(국내)

■ 주요 구성품
- U frame 1식
- Portal frame 1식
- Side fixture 4대
- Base plate 1식
- Actuator 6대(250kN(2), 100kN(2), 50kN(1), 25kN(1))
- Environmental chamber 1식
- 데이터처리장치 1식
- 제어장치 1식
- 유압장치 1식
- 냉각장치 1식

■ 피시험체
- 레일, 침목, 레일체결장치로 구성된 궤도구조체
- 레일체결장치의 구성품 및 체결장치 전체 시스템

■ 관련시험 (레일체결장치 구성품/시스템 관련 시험)
- 수직스프링계수시험
- 종방향저항력시험
- 비틀림저항력시험

- 초기체결력시험
- 반복하중시험
- 인발저항시험

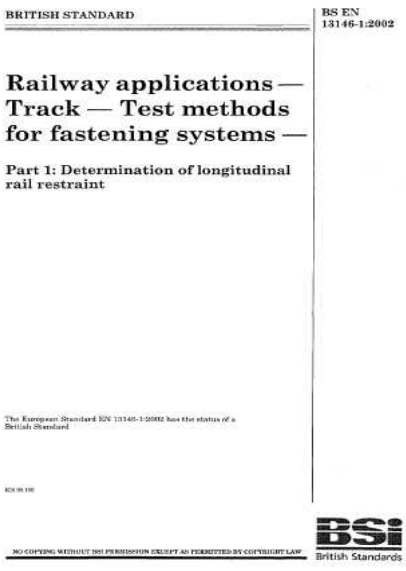
■ 국내외 관련 시험규격

• 국내 규격

- 고속철도 공사 전문시방서(궤도편)
- 레일체결장치 성능시방서(고속철도공단)

• 국외 규격

- EN 규격 Railway Applications - Track
  Test Methods for Fastening Systems Part I~VIII
- EN 규격 Railway Applications - Track
  Performance Requirements for Fastening Systems Part I~VII


BRITISH STANDARD

BS EN 13146-1:2002

Railway applications — Track — Test methods for fastening systems —

Part 1: Determination of longitudinal rail restraint

The European Standard EN 13146-1:2002 has the status of a British Standard

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSi British Standards


BRITISH STANDARD

BS EN 13481-1:2002

Railway applications — Track — Performance requirements for fastening systems —

Part 1: Definitions

The European Standard EN 13481-1:2002 has the status of a British Standard

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSi

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

■ 국내의 경우, 핵심 궤도 구성품인 레일체결장치에 대해 객관적 성능 인증이 가능한 전용 시험장비가 없는 상태 (일반 범용 구조시험 장비를 이용하여 성능시험을 수행할 경우, 안정적인 시험환경 셋팅이 어려우며 특히 장기재하시험의 경우, 구속조건의 불안정성으로 인해 장비의 주요 부품 및 시험장비 자체의 손상이 발생할 수 있음)

⇒ 국내에서 자체 개발된 레일체결장치에 대해서도 전용 시험장비의 부재로 인해 연구결과의 조기 실용화가 다소 지연된 바 있으며

⇒ 국산 레일체결장치의 부재로 인해 국외용품의 수입, 즉 기술적 종속이 지속되는 상황 (기존, 도시, 고속철도 모두 국외용품 사용, 1,700개/km 소요)

⇒ 특히 국외 용품 도입시, 객관적인 시험인증 작업이 신속하게 수행되지 못하는 상태

■ 일본의 경우, 전용 시험장비의 개발 및 지속적인 수정/보완 작업을 통해 레일체결장치 전용 시험장비를 현 수준까지 발전시켜 왔으며, 독자적인 레일체결장치를 개발, 적용해 왔음

■ 상기 사항을 종합적으로 고려할 때 전용 시험장비의 구축이 시급

**참고 : 레일체결장치 관련 국내외 현황**

**(1) 국내 개발 레일체결장치의 실용화 현황**

▪ 개발배경 및 현황

⇒ 국외제품들에 의존하고 있던 레일체결장치 제품의 국산화 및 원천기술 확보를 위해 국내 레일체결장치 개발

⇒ 고속철도기술개발 사업과 도시철도 선로시스템 표준화사업으로 국산형 레일체결장치들이 개발됨

- 고속철도기술개발 사업 : 선로구축물 시스템엔지니어링 기술개발(1996.12 ~ 2002.11) 을 통해 자갈궤도용 레일체결장치의 프로토타이프 개발, 이후 선로구축물 시스템 안정화 기술개발(2002.12~2007.10) 과제에서 개발제품의 실용화를 목적으로 한 성능시험, 현장적용성 시험 및 현장성능 시험을 수행
- 도시철도 표준화사업 : 도시철도 선로시스템 표준화(2001.01~2006.12) 과제 수행 중 2003년~2006년까지 콘크리트궤도용 레일체결장치 개발 및 실용화를 목적으로 한 성능시험, 현장적용성 시험 및 현장성능 시험을 수행

▪ 전용시험장비 부재로 인한 시험상의 어려움

⇒ 체결장치의 각 시험항목과 방법마다 상응하는 JIG를 제작함에 따라 전체적인 개발일정에 차질

⇒ 체결장치의 피로시험 수행 시 연구원에서 보유한 피로시험장비의 손상이 유발됨. (동적사각시험 수행 시 시험장비에 횡압이 작용하여 ACTUATOR의 ROD 부분의 손상 유발, CROSS HEAD 틀림 유발), 피로시험장비의 수리 등으로 인한 전체적인 개발일정에 차질

⇒ 도시철도 선로시스템 표준화 사업으로 개발된 레일체결장치는 성능시험을 위해 외부기관의 범용 구조시험 장비를 활용, 불필요한 시험수수료, 인원 투여 뿐 아니라 전체적인 개발일정에 차질

・체결장치의 피로시험 - 약 15일 소요/1제품 당

· 외부기관에서 장비사용료 1억을 요구하였으나, 시편개수 조정, 참여인원 협조 등을 통하여 0.3억원으로 시험수행

### 2) 국내 도입 국외 레일체결장치 현황

▪ 국외 레일체결장치

⇒ 대표적으로 P社, V社의 제품들을 사용하고 있는 실정.

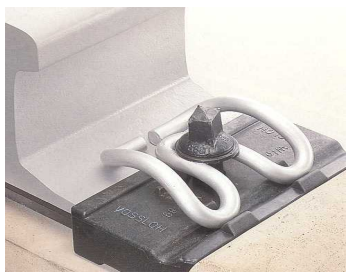
⇒ 국외 레일체결장치의 성능인증이 국외 납품업체에서 자체적으로 수행된 바, 업체의 제출성적서에 의존하는 상황. 국내에서 재시험을 수행하는 경우에도 범용 구조시험장비를 이용하여 단발적, 분산적으로 수행되고 있음.



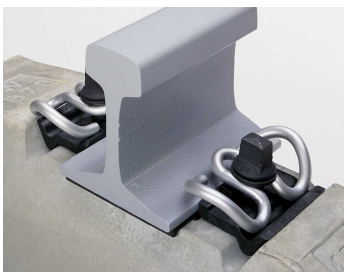
Pandrol e-clip



Pandrol fastclip



Vossloh system 300



Vossloh SKL 14

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

• 국내 유사장비 보유현황

- 일반 구조시험기 외에는 레일체결장치 전용 시험기 전무

• 국외 유사장비 보유현황

- 일본 RTRI와 중국 CARS에서 보유 중

<표 3-2-1> 국내외 유사장비 보유현황

| 구분 | 일본 철도총합기술연구소<br>RTRI | 중국 철도부과학연구원<br>CARS |
|---|---|---|
| 재하하중 | 주가진기 12.5tf<br>수직가진기 2.0tf | 15, 25, 50ton |
| 주파수 | 0~15Hz | 10, 30, 100Hz |
| 변위<br>스트로크 | 20mm | 75, 100mm |
| 동적하중<br>파형 | 정현파, 삼각파, 방형파<br>대형파, 램프파 | 정현파, 삼각파, 램프파 |
| 제작가 | 12억원 | 17억원 |

**구축장비의 차별성**

- 국내 최초, 세계 3번째의 레일체결장치 전용 연구시험장비
- 국외의 시험장비와는 달리 TEST BED를 넓게 배치하여 세팅의 편의성 및 시험공간의 활용도를 증대시킴
- U 프레임으로 이루어진 주 장비 외에 체결장치에서 핵심적인 역할을 하는 레일패드의 정밀시험을 위해 저하중의 Actuator를 구성하도록 한 동시에, 체결장치 구성품들의 동시 시험이 가능하도록 전체 시험기를 설계
- 다축 연동 시 iteration과 adapted control 기법을 이용하여 사용자가 지정한 임의의 파형을 구현할 수 있도록 함
- 현장응답특성과 유사한 응답특성을 보이도록 가속하중을 재하할 수 있는 Road load Simulation 기능 탑재

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-2-2> 레일체결장치 다축시험시스템 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 자체연구사업(기획)<br>2003.12.01~<br>2004.08.31 | 기본사양 작성 | |
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | 기본사양 수정/보완 | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | 발주사양 도출 | ´06.07～´06.12 |
| | 입찰요청서 작성 | ´07.02 |
| | 주관기관내 장비도입소위원회 심의 | ´07.02.15 |
| | 주관기관내 연구업무심의위원회 심의 | ´07.04.05 |
| | 조달청 구매의뢰 | ´07.02.21 |
| | 조달청 입찰공고 | ´07.03.06 |
| | 응찰업체의 입찰제안서 평가 | ´07.04.19 |
| | 계약 | ´07.05.03 |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 상세설계 | ´07.05～´07.08. |
| | 주요부품 제작 | ´07.08～´07.10. |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´07.10 |
| | 이송/설치 | ´07.11.05 |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´07.11 |
| | 교육 | ´07.11 |
| | 구축완료 | ´07.12.05 |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

기본사양 대비 발주사양의 대표적인 차별성은 <표 3-2-3>과 같고, 개략적인 비교표는 <표 3-2-4>와 같다. 기본사양에 없던 T-slot Bed를 설치함으로써 강성 작업공간을 확보하였으며, 시험 성격에 따른 전용 프레임을 별도로 구분하였고, 소형 탈착식 환경챔버를 추가하면서 극한환경조건에 대한 모사기능까지 추가하였다. 전체적으로 기본사양 대비 발주사양은 전폭적으로 확장되었다.

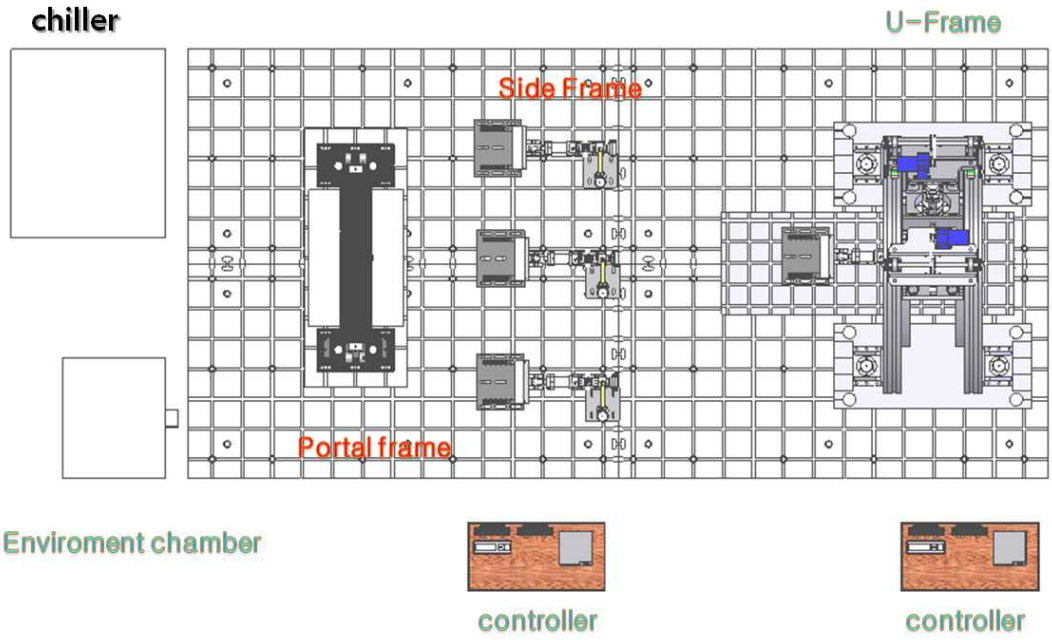
<표 3-2-3> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성

| 구분 | 확장 사유 |
|---|---|
| Test Bed 설치 | 강성 작업공간 확보 및 차별화<br>실험자 편의성 증대 |
| U-Frame 과 Portal Frame의 분리 | 시험의 성격에 따른 전용<br>프레임의 구축 |
| Side Frame 설치 | 단순반복실험에 대한<br>동시수행능력 제고 |
| Actuator 사양 및 수량 증가 | 단순반복실험에 대한<br>동시수행능력 제고 |
| Environmental Chamber 설치 | 극한환경조건에 대한<br>모사기능 확보 |
| Control Room 설치 | 실험자의 안전성 확보 및<br>편의성 증대 |

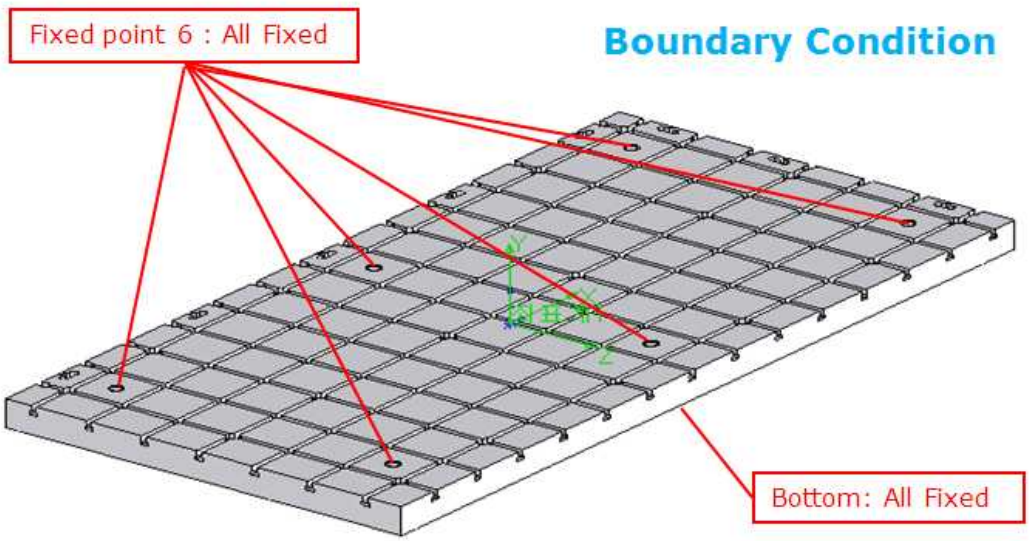
<표 3-2-4> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 (RFP) | 발주사양 |
|---|---|---|
| 주요 구성품 | • Main Frame 1대<br>• Actuator 4대<br>• 종방향 하중지지대 1대<br>• 시편 지지대 1대<br>• 데이터 처리장치 1대<br>• 제어장치 1대<br>• 유압장치 1대<br>• 냉각장치 1대 | • U & Portal Frame 각 1대<br>• Actuator 6대<br>• Side fixture 4대<br>• U-frame bed 1대<br>• 데이터 처리장치 1대<br>• 제어장치 2대<br>• 유압장치 3대<br>• 냉각장치 1대<br>• Base Plate<br>• Environment Chamber 1대 |
| 성능 | • 정하중 20 ton, 동하중 15 ton<br>• 각 Actuator 당 0~15Hz<br>• 각 Actuator 당 ±20mm | • 정하중 25ton, 동하중 20ton 2ea<br>정하중 10ton, 동하중 8ton 2ea<br>정하중 5ton, 동하중 4ton 1ea<br>정하중 2.5ton, 동하중 2ton 1ea<br>• 각 Actuator 당 ±1.5mm @ 20Hz<br>(minimum hydraulic performance)<br>• Dynamic displacement : 150mm |
| 부대 설비 | • 전력 : AC 200/220V, 50/60Hz<br>• 유압 : 유량 165 LPM<br>• 냉각 : 냉각탑 필요<br>• 급/배수 : 해당사항 없음<br>• 소음/진동 제어 : 해당 없음<br>• 기타 : 해당사항 없음 | • 전력 : 380V 60Hz 3상<br>• 유압 : 350lpm 210bar 이상<br>• 냉각 : Chiller Type<br>• 급/배수 : 해당사항 없음<br>• 소음/진동 제어 : 65dB 이하 |

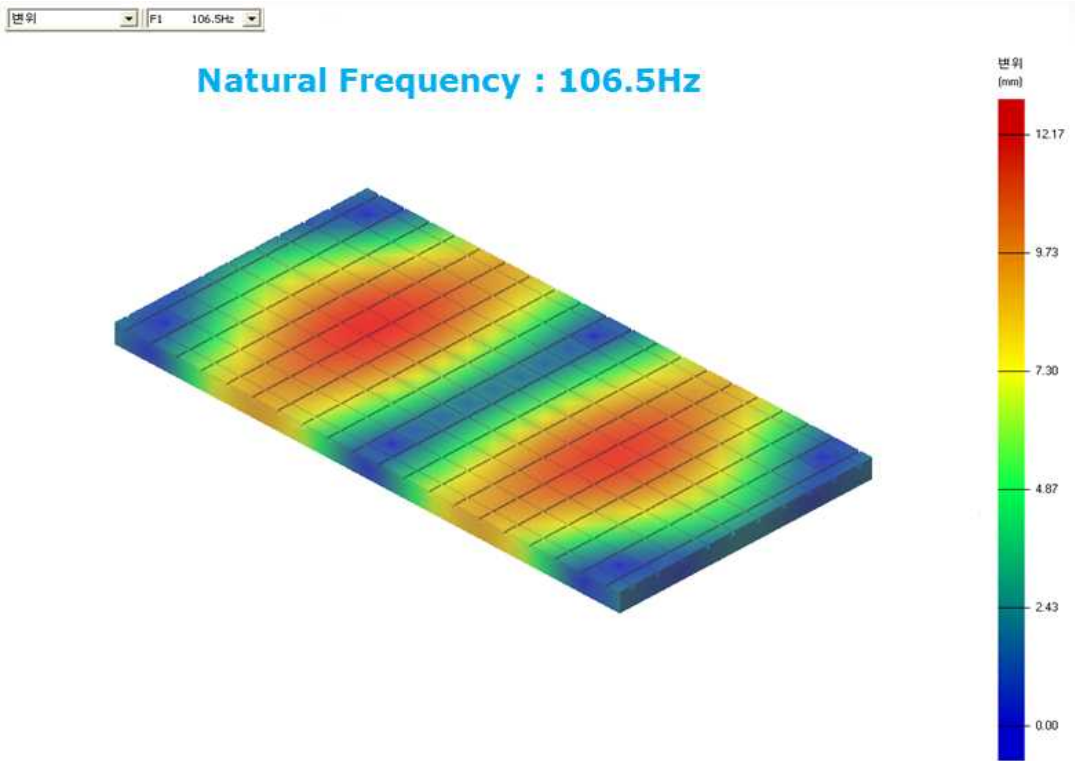
## 다. 설계결과



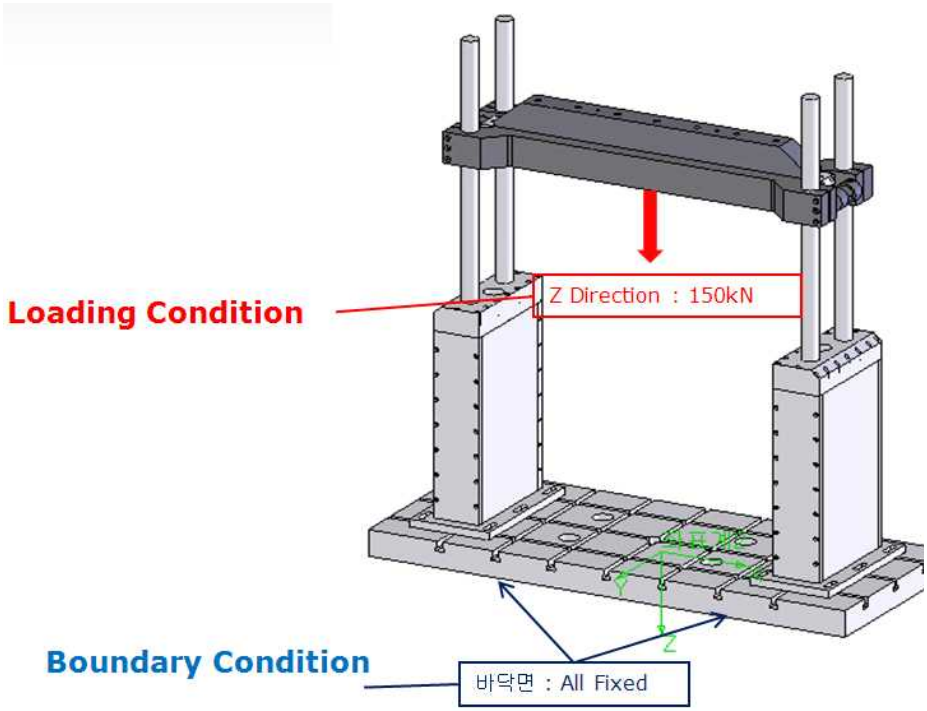

<그림 3-2-1> 장비 배치 상세설계안



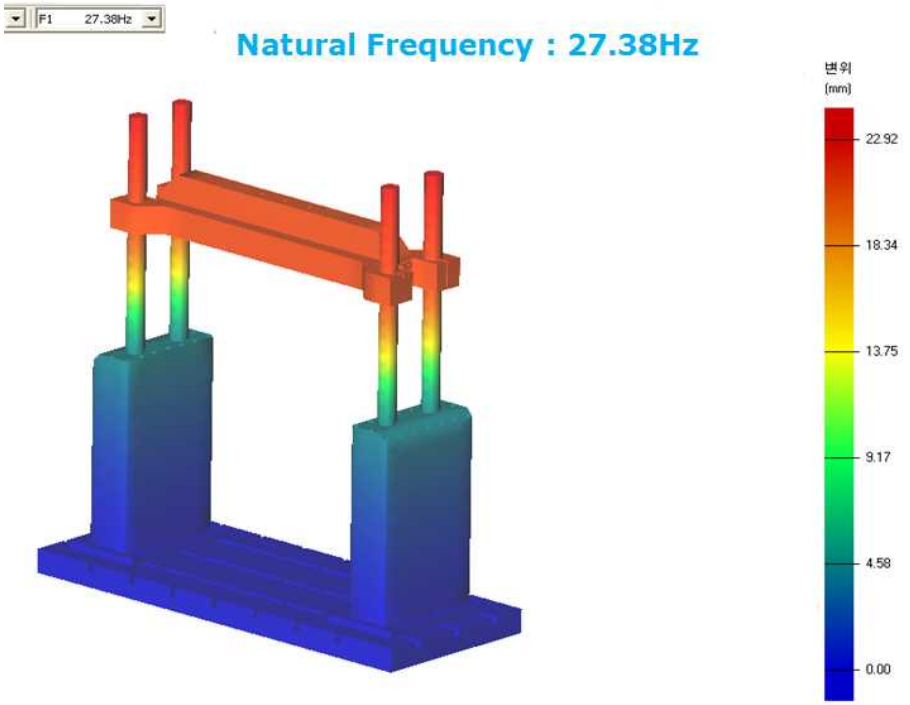

<그림 3-2-2> Base Plate 개념도



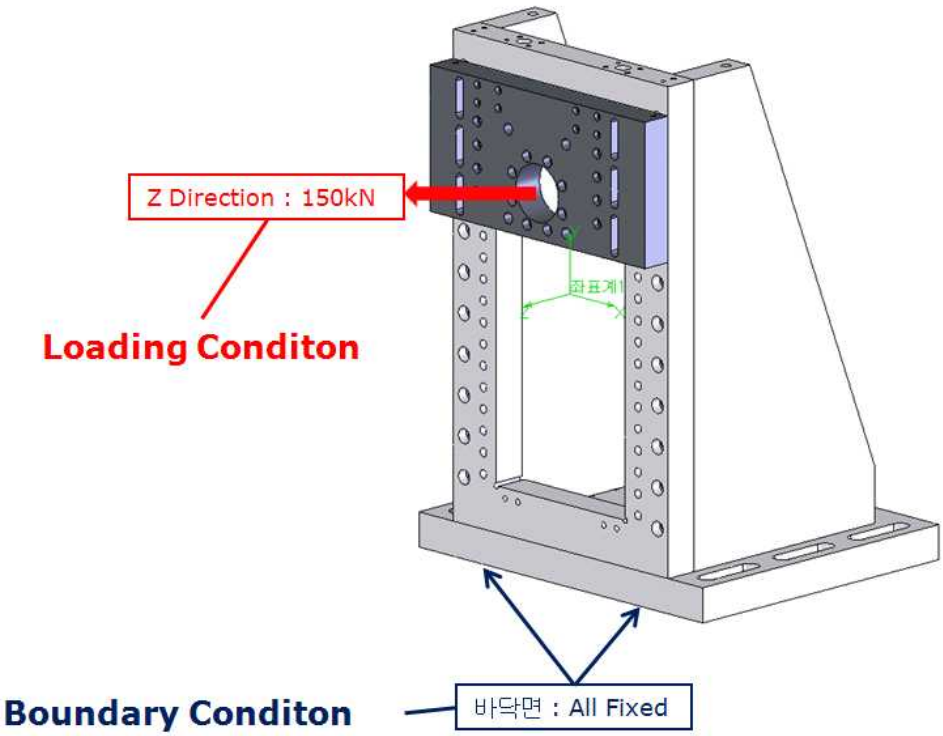

<그림 3-2-3> Base Plate 해석결과



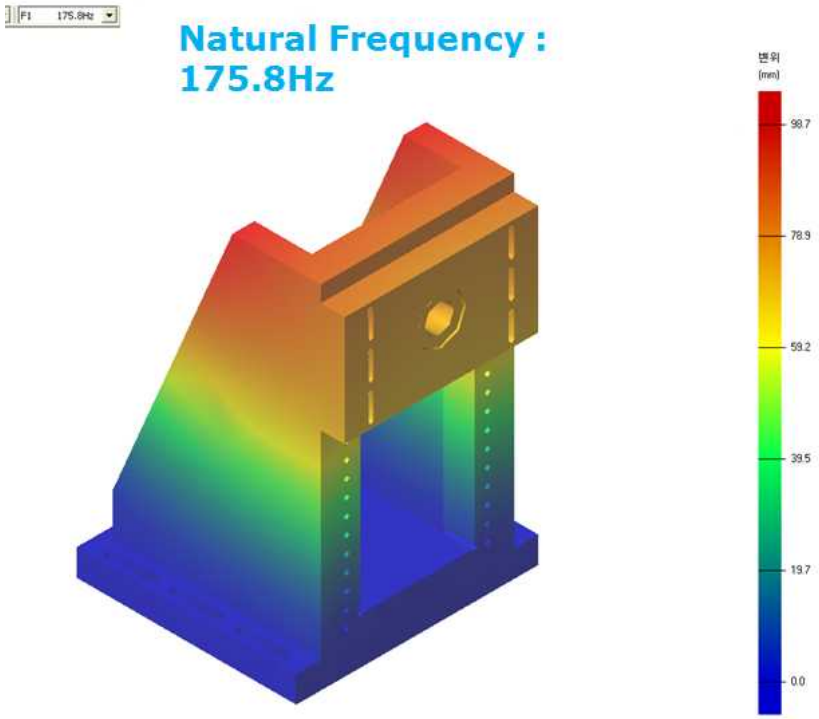

<그림 3-2-4> 포털 프레임 개념도



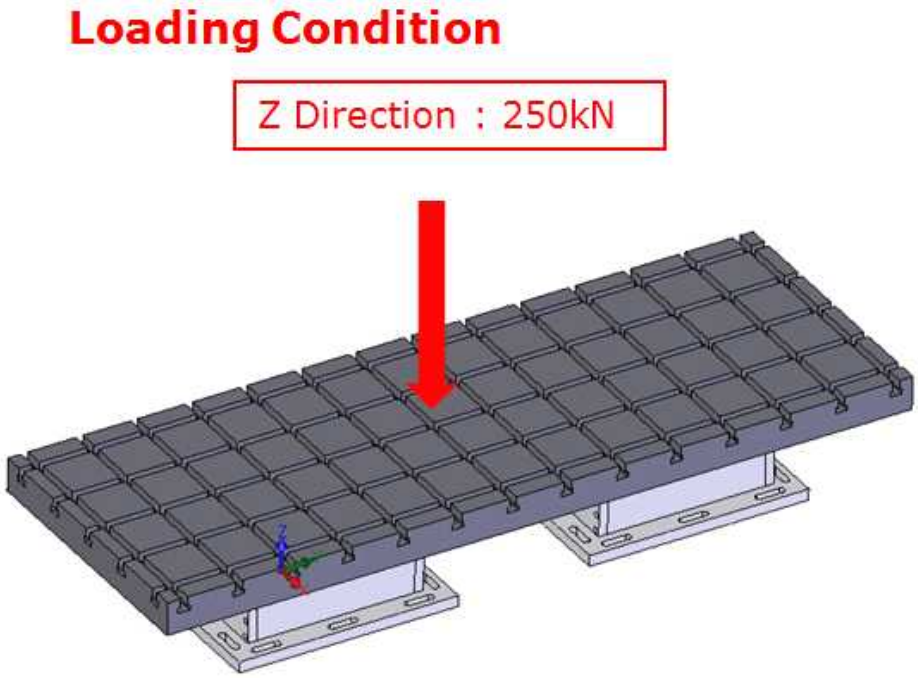

<그림 3-2-5> 포털 프레임 해석결과



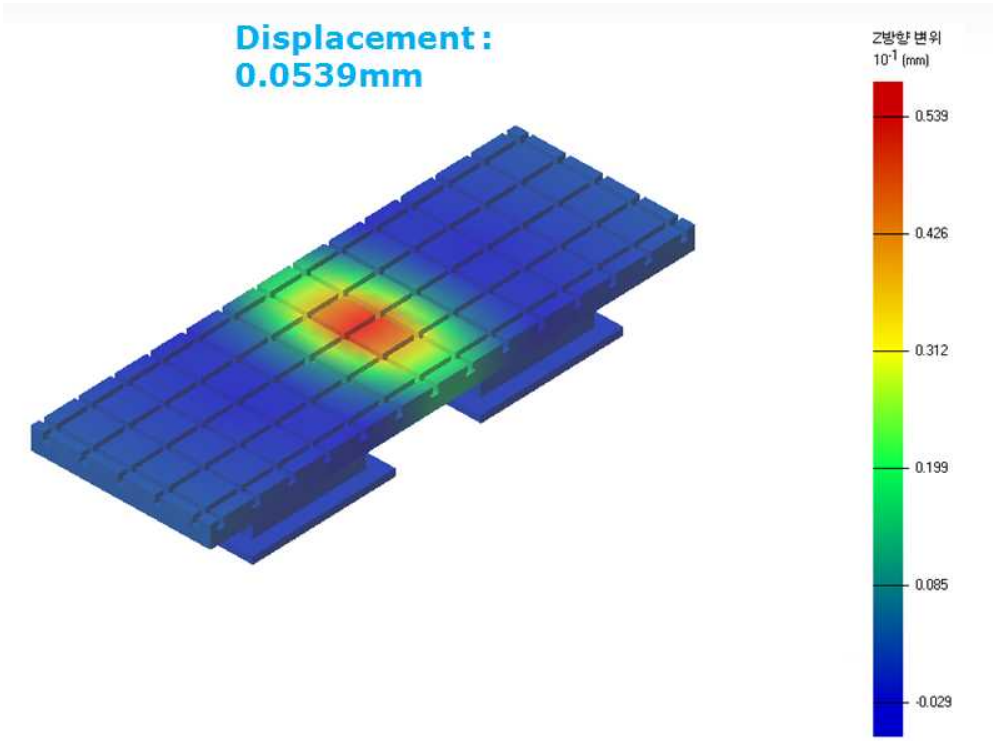

<그림 3-2-6> 사이드 프레임 개념도



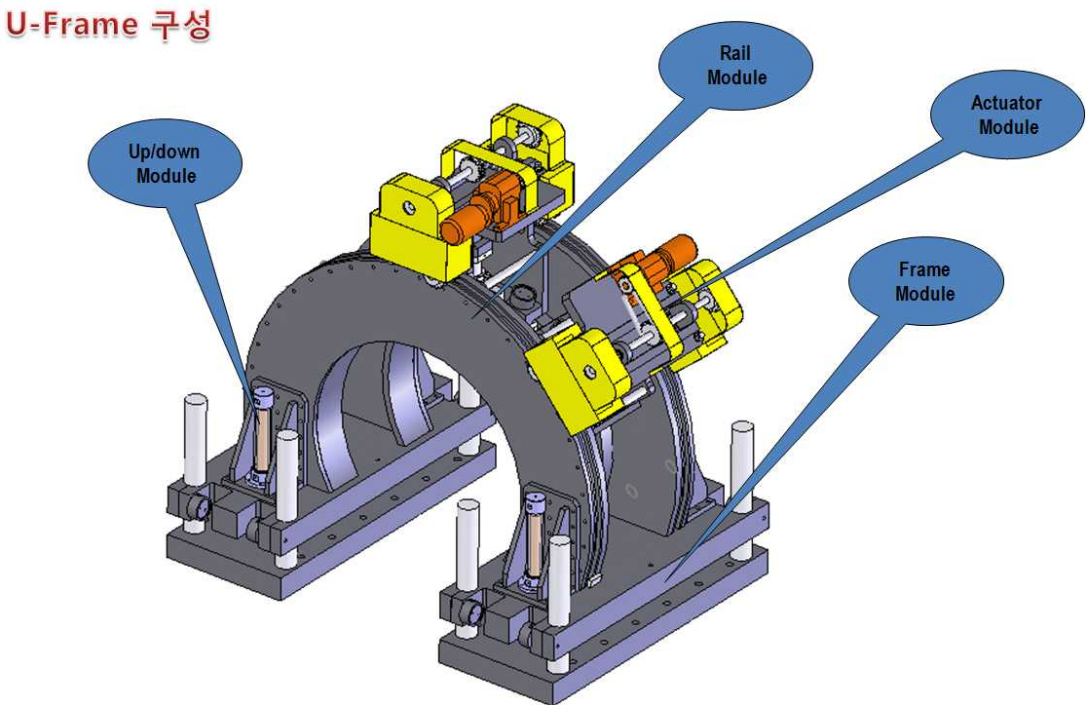

<그림 3-2-7> 사이드 프레임 해석결과



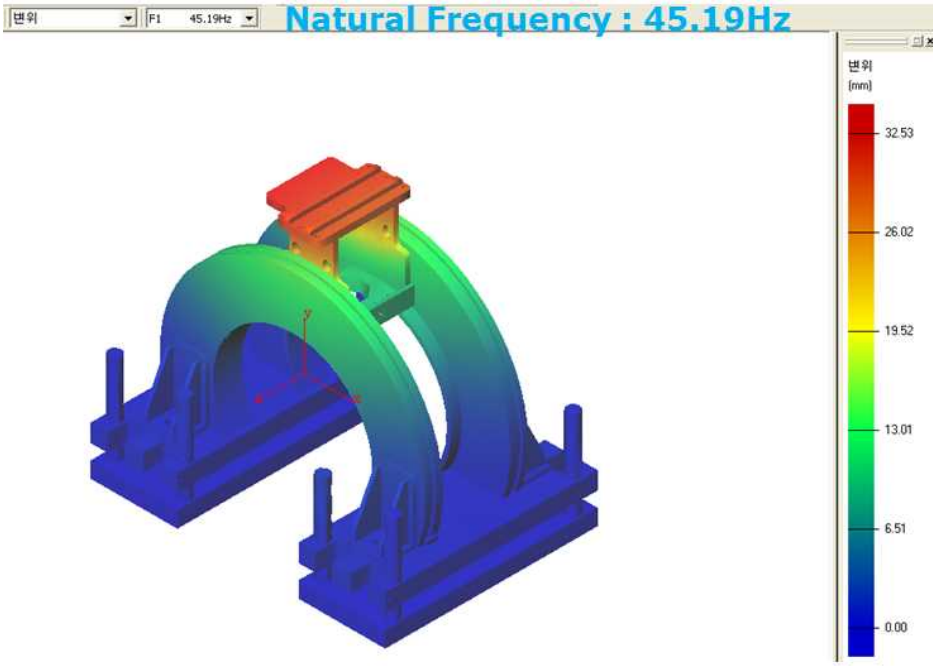

<그림 3-2-8> 유 프레임 베드 개념도




<그림 3-2-9> 유 프레임 베드 해석결과




<그림 3-2-10> 유 프레임 개념도

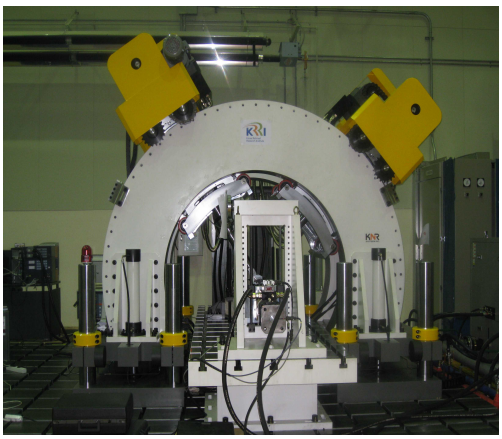



<그림 3-2-11> 유 프레임 해석결과

### 라. 시스템 전경 및 주요 구성요소



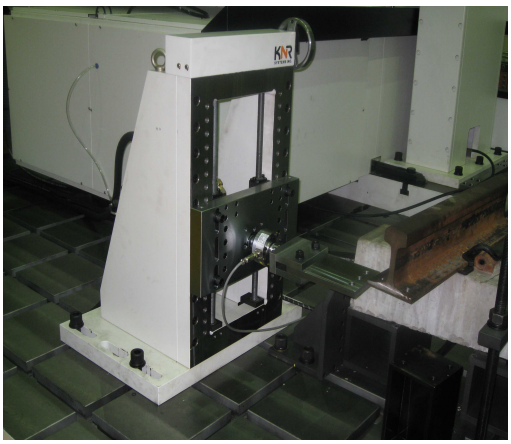
<그림 3-2-12> 레일체결장치 다축시험 시스템 전경



<그림 3-2-13> 유 프레임



<그림 3-2-14> 포털 프레임



<그림 3-2-15> Side fixture



<그림 3-2-16> 탈착식 소형 챔버

# 3절 구축장비 추진 현황
## : 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템

## 1. 개요

■ 장비명 : 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템

■ 제작사 : MTS

■ 주요 구성품

- 반력상 및 반력벽 (ㄱ자 구조) 1식
- 토조 1식
- 유압장치 1식
- 하드라인, 분배블럭 및 유압유니트 1식
- 냉각장치 1식
- 제어장치 1식 (S/W 포함)
- 데이터 수집장치(64Ch) 1식
- 궤도노반하중 재하용 이동프레임 1식
- 가력장치(Hydraulic actuator system)
  - 동적 가력장치 (dynamic actuator) 24대
    - 500kN (max. stroke 250mm) 4대
    - 250kN (max. stroke 250mm) 16대
    - 250kN (max. stroke 750mm) 4대
  - 정적 가력장치 (static actuator) 3대
    - 5,000kN 1대
    - 2,000kN 2대
- 재료시험장치 (with fixed frame) 2대
  - 2500kN(rock/concrete) 1대
  - 5000kN(construction material) 1대

- 모니터링 카메라 1식

■ 피시험체

- 레일, 도상 등 궤도노반 구성체
- 교량 상부구조 거더, 슬래브, 기둥 등 철도인프라 구조물
- 차량대차, 차량본체 등 차량 구조물

■ 관련시험 (레일체결장치 구성품/시스템 관련 시험)

- 궤도분야

① 궤도 정적 및 동적 반복재하 및 피로시험 (자갈도상궤도, 슬래브궤도)

② 궤도 종방향 및 횡방향 저항력시험(자갈도상궤도, 슬래브궤도)

③ 천이접속구간 반복재하시험

- 노반분야

① 성토체의 진동시험

② 노반 및 노상, 도상의 반복재하시험

③ 분니 특성 실험

④ 강화노반 내구성시험

⑤ 노반면의 피로전단파괴에 관한 시험

⑥ 이동하중 모의시험

- 구조물분야

① 각종 파형(램프, 램프 홀드, 정현, 프로그램파 기타)에 대해, 임의의 제어량 (하중, 스트로크, 변형 등)에 의한 철도구조물 가력시험

② 실시간 유사동적시험(Pseudodynamic Test) : 지진동에 의한 구조물의 동적거동을 정적으로 모사하는 시험으로 기존 유사동적시험의 한계를 개선한 실시간 지진동을 모사함.

③ 부구조물기법에 의한 다자유도 제어 시험

④ 구성품의 이동 중에 받는 동적 부하에 대한 내구성 시험

■ 국내외 관련 시험규격

본 시험장비는 대형 실모형 실험이 주요 대상이므로 규격화된 시험은 해당되지 않으나, 아래와 같이 일부 구성요소 실험에 대한 시험규격의 적용이 가능하며, 설계기준의 검증을 위한 실험도 가능하다.

• 국내 규격

- 궤도/노반분야

철도표준규격 KRS TR 0008-06 (PC침목)

철도표준규격 KRS TR 0009-06 (RC침목)

- 구조물 분야

철도설계기준 철도교편(건설교통부)

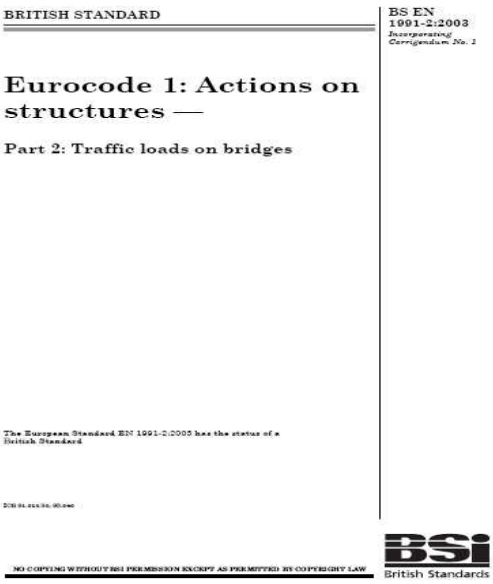
• 국외규격

- 궤도/노반분야

EN 13230-1~5 Railway applications - Track - Concrete sleepers and bearers

- 구조물분야

Eurocode 1 : Actions on Structures Part 2. Traffic Loads on Bridges


BRITISH STANDARD

BS EN 1991-2:2003

Incorporating Corrigendum No. 1

Eurocode 1: Actions on structures —

Part 2: Traffic loads on bridges

The European Standard EN 1991-2:2003 has the status of a British Standard

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSi British Standards

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

■ 본 시험장치는 국내 철도시설물의 실물 모형에 대한 대형 성능시험이 가능한 통합 시스템으로서 국내의 경우 철도시설물 특히, 궤도, 노반, 교량 등 구조물의 성능시험이 모두 가능한 전용 시험장비가 없음.

■ 궤도분야 - 새로운 궤도시스템의 개발 및 기존 궤도시스템의 안정성 검증을 위해 실내성능시험이 반드시 필요하지만, 다양한 형식의 궤도시스템의 성능검증을 위한 전용 시험장비의 부재로 연구개발의 효율성이 매우 낮은 실정임. 특히 자갈도상궤도 및 콘크리트궤도 등 서로 다른 궤도형식 간 또는 하부구조간 천이접속구간 등에 대한 다축재하시험이 중요하므로 본 시험장비와 같이 “반력상 + 토조”로 구성된 지지 시스템이 필요함.

■ 노반분야 - 철도노반의 거동특성을 정확히 규명하기 위해서는 각 현장별로 독립된 계측을 반복적으로 수행하는 것이 가장 합리적이나, 현실적으로는 이러한 작업이 불가능하므로 일반적으로 이론적 접근이나 축소모형 실험 등의 수행을 통해 대상 노반의 거동특성 분석을 간접적으로 수행하고 있음. 그러나 이론적 접근의 경우 다소 제한적이며 축소모형 실험의 경우 상사율 문제가 발생할 수 있으므로, 현장조건에 대한 최대한의 반영이 가능하도록 대규모 인공노반을 조성한 상태에서 열차하중에 대한 노반의 거동특성을 정확하게 도출해 낼 수 있는 시험장비의 구축이 요구됨. 또한, 본 시험장비와 같이 열차륜의 이동에 따른 노반 및 도상의 침하특성을 효과적으로 분석할 수 있는 시험장비가 필요함.

■ 구조물 분야 - 대형 철도구조물에 대해 실제 하중을 정확히 모사하여 다자유도에 대한 정·동적특성을 시험하기 위해서는 반력벽, 반력상과 함께 정적 가진기 및 동적 가진기를 갖춘 종합 시험장비가 요구됨. 특히 철도인프라에 작

용하는 다양한 동적하중 재현을 위한 고성능 고사양 장비의 구축이 필요함.

■ 상기 사항을 종합적으로 고려할 때 전용 시험장비의 구축이 시급

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

• 국내

| 기관 | 반력벽/반력상 | 가력장비 |
|---|---|---|
| 철도기술 연구원 | • 반력상: 17.1m(W)×52.0m(L)×(9.0m(지상)+5.2m(지하))(H)<br>• 반력벽 : 2.0m(W)×(15.0m+5.0m)(L)×8.0m(H) | ▪ 정적 : 500t 1개, 200ton 2개<br>▪ 동적: 50t 4개, 25t 16개, 고성능 25t 4개<br>▪ 총 27개 |
| 건설기술 연구원 | ▪ 반력벽: 높이 10m<br>▪ 반력상: 길이 34m | ▪ 정적 : 350t 3개<br>▪ 동적: 100t 2개, 50t 2개, 25t 4개<br>▪ 총 11개 |
| 기계연구원 | ▪ 반력벽: 길이28m×높이8m<br>▪ 반력상: 가로25m×세로15m | ▪ 정적 : 300t, 200t<br>▪ 동적: 100t 2개, 50t 3개, 25t 2개, 10t 2개, 5t 4개<br>▪ 총 15개 |
| 포항산업 과학연구원 | ▪ 반력벽: 길이20m×높이10m<br>▪ 반력상: 가로35m×세로20m | ▪ 정적 : 300t 2개, 200t 2개, 100t 1개, 50t 1개, 10t 1개<br>▪ 동적 : 100t 1개, 50t 1개, 10t 1개<br>▪ 총 10개 |
| 현대건설 기술연구소 | ▪ 반력벽: 길이27m×높이8m×두께2m<br>▪ 반력상: 가로27m×세로12m×두께1m | ▪ 정적 : 200t 2개, 100t 2개<br>▪ 동적: 50t 2개, 25t 2개, 10t 2개<br>▪ 총 10개 |
| 대우건설 기술연구소 | ▪ 반력벽: 길이14m×높이12m×두께2.5m<br>▪ 반력상: 가로39m×세로17.5m×두께1.5m | ▪ 정적 : 200t 2개, 100t 6개, 50t 2개<br>▪ 동적: 100t 2개, 50t 3개, 25t 2개, 10t 2개, 5t 4개<br>▪ 총 23개 |

- 일반 구조시험장비는 상기 표와 같이 다수 구축되어 있으나, 본 장비는 철도인프라에 대한 전용시험 장비로 철도궤도/노반 및 구조물을 통합 실험할 수 있는 시험장비는 국내에 구축된 바 없으며, 현재 국내 최고 사양의 동적시험 수행 능력 및 실시간 유사동적 실험 등을 수행할 수있는 고사양 장비임.

• 국외

- 국외의 경우 철도궤도/노반의 전용시험장비로 궤도/노반 이동하중 시험장비가 일본 RTRI, JR East에 구축되어 있음 (아래 표 참조)

| 구분 | | 일본<br>RTRI | 일본<br>JR East | 철도기술연구원 |
|---|---|---|---|---|
| 재하하중 범위 | 수직 | ±200kN(동)<br>±300kN(정) | ±125kN×8 (동) | ±125kN×8 |
| | 수평 | - | ±65kN×4 (동) | ±50kN×8 |
| 주파수 범위 | | 0~40Hz | 0~35Hz | 0~50Hz |
| 변위 스트로크 | 수직 | ±150mm | ±50mm | ±250mm |
| | 수평 | - | ±50mm | ±250mm |
| 동적하중 파형 | | 정현파, 삼각파, 구형파 | 정현파, 삼각파, 구형파 | 정현파, 삼각파, 구형파 |
| 크기(토조포함) | | | 7m(W)×20m(L)×3m(H) | 17.1m(W)×52.0m(L) ×9.0m(H) |

* 기존 국외 장비에 비해 Actuator 수, 변위 스트로크, 주파수 범위 등 탁월
* 궤도/노반/구조체에 대한 동시시험 및 분할시험, 동시셋팅이 가능한 세계 최고수준 장비

**기존 구축된 국내/외 장비와의 차별성**

- 현재 국내 최고사양의 동적하중재하 성능을 보유한 통합성능 시험시스템
- 현재 국내 최장의 반력상 길이 확보를 통해 실물 크기의 교량 상판용 거더 및 다양한 철도 구조물에 대한 성능시험이 가능하도록 구성
- 국내 최초의 이동재하용 프레임 구성에 의한 궤도/노반 시험
- 국내 2번째, 세계 9번째의 Real Time Hybrid 실험 가능 H/W 구축

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-3-1> 실대형 철도시설물 통합성능 시험시스템 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 자체연구사업(기획)<br>2003.12.01~<br>2004.08.31 | 기본사양 작성 | |
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | 기본사양 수정/보완 | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | **반력구조물 부분 설계-시공** | ´07.05~´07.12 |
| | 발주사양 도출 | ´06.07~´07.03 |
| | 입찰요청서 작성 | ´07.01~‘07.03 |
| | 주관기관내 장비도입소위원회 심의 | ´07.04.26 |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 주관기관내 연구업무심의위원회 심의 | ´07.05.21 |
| | 조달청 구매의뢰 | ‘07.09.05 |
| | 조달청 입찰공고 | ´07.10.12 |
| | 조달청 규격보완 혹은 자체발주 권고 공문 | ‘07.10.15 |
| | 장비도입 소위원회 개최 | ‘07.10.31 |
| | 장비도입 소위원회 심의결과 통보 | ‘07.11.13 |
| | 입찰공고 | ‘07.11.30 |
| | 응찰업체의 입찰제안서 평가 | ‘07.12.21 |
| | 계약 | ‘08.02.01 |
| | 상세설계 | ´08.02~´08.05. |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2010.06.30 | 주요부품 제작 | ´08.05~´09.01. |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´08.05~´09.01. |
| | 이송/설치 | ´08.08~´09.02. |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´09.02~´09.03. |
| | 교육 | ´09.03~´09.04. |
| | 본체 부분 구축완료 | ´09.04.30 |
| | **냉각설비 구축** | ´09.01~´09.04. |
| | **부가설비 및 프레임류 구축** | ´09.05~´10.03. |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

기본사양 대비 발주사양의 대표적인 차별성은 <표 3-3-2>과 같고, 개략적인 비교표는 <표 3-3-3>와 같다. 동적 액츄에이터의 확보수량을 최적화시켰으며, 정적 액츄에이터의 경우 대용량 중심으로 사양을 변경하고, 기존 시험동 건축물과의 인터페이스 부분에 대한 반영을 통해 반력구조물의 높이를 변경하는 등, 전체적으로 제한예산 내에서 장비성능 및 사양 최적화에 중점을 두었다.

<표 3-3-2> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성

| 구분 | 확장 사유 |
|---|---|
| 동적 액츄에이터 수량 변경 (28대->24대) | 시험목적에 따른 액츄에이터 공유 및 최적화 |
| 정적 액츄에이터 수량 및 사양 변경 | 대형 구조물 파괴실험을 위한 대용량(5000kN) 추가 및 저용량(1000kN) 삭제 |
| 재료시험 Unit 수량 및 사양 변경 | 재료시험기 통합 및 Rock & Concrete 시험기 추가 |
| 수직하중지지시스템 높이 변경 | 시험동 건물과의 인터페이스에 따른 보정 (12m->8m) |

<표 3-3-3> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 (RFP) | 발주사양 |
|---|---|---|
| 본체 | - Actuator 사양 변경<br>① dynamic actuator<br>500kN(250mm) 4대<br>250kN(250mm) 12대<br>250kN(750mm) 4대<br>100kN(250mm) 8대<br>② static actuator<br>1,000kN(250mm) 1대<br>2,000kN(250mm) 1대<br>③ 재료시험 Unit<br>500kN 1대<br>250kN 1대<br>100kN 1대 | - Actuator 사양 변경<br>① dynamic actuator<br>500kN(250mm) 4대<br>250kN(250mm) 16대<br>250kN(750mm) 4대<br>② static actuator<br>2,000kN(250mm) 2대<br>5,000kN(250mm) 1대<br>③ 재료시험 Unit<br>2500kN 1대<br>500kN 1대 |
| 반력벽/반력상 및 토조 | - 반력벽<br>(15.0m+5.0m)(L)×8.0m(H)×2.0m(T)<br>- 반력상<br>16.5m(W)×48.0m(L)×1.2m(T)<br>(토조 포함)<br>- 토조<br>4.5m(W)×24.0m(L)×5.0m(H) | - 반력벽<br>(10.0m+13.5m)(L)×8.0m(H)×<br>2.0m(T)<br>- 반력상<br>14.2m(W)×49.2m(L)×1.2m(T)<br>(토조 포함)<br>- 토조<br>4.5m(W)×21.9m(L)×5.2m(H) |
| 부대설비 | • 전력 : AC 200/220V, 50/60Hz<br>• 유압 : 유량 165 LPM<br>• 냉각 : 냉각탑 필요<br>• 급/배수 : 해당사항 없음<br>• 소음/진동 제어 : 해당 없음<br>• 기타 : 해당사항 없음 | • 전력 : 380V 60Hz 3상<br>• 유압 : 350lpm 210bar 이상<br>• 냉각 : Chiller Type<br>• 급/배수 : 해당사항 없음<br>• 소음/진동 제어 : 65dB 이하 |

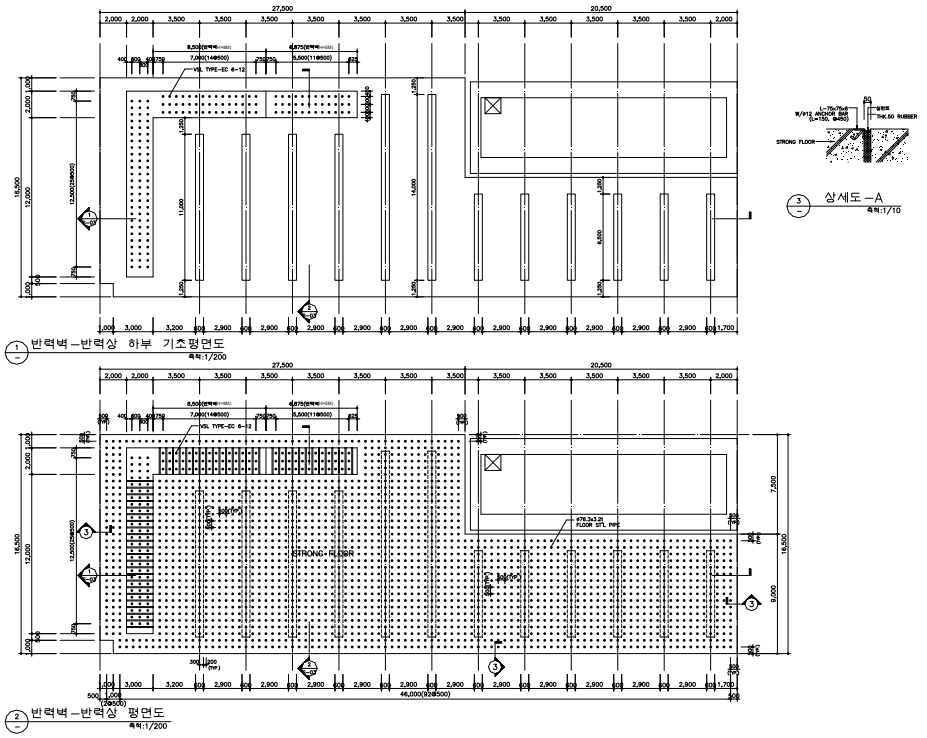
반력구조물(반력벽/반력상 및 토조)의 경우, 기본사양 대비 주요 변경사항은 다음과 같다.

- 반력벽 위치 이동 및 치수 조정

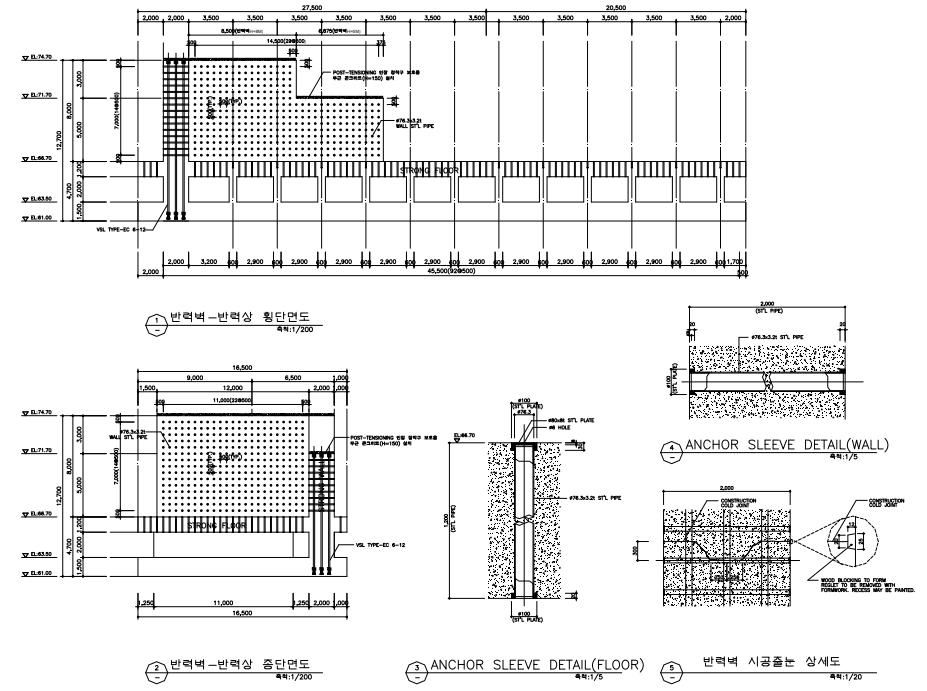
기본설계 시 반력벽은 (15.0m+5.0m)(L)×8.0m(H)×2.0m(T), 반력상은 16.5m(W)×48.0m(L)×1.2m(T)(토조 포함), 토조는 4.5m(W)×24.0m(L)×5.0m(H)로 설계하였으나 반력벽 뒷면 안전한 작업공간 확보를 위해 반력벽을 내부로 이동시키고 반력상과 토조의 제원을 다소 축소하여 반력벽 (10.0m+13.5m)(L)×8.0m(H)×2.0m(T), 반력상 14.4m(W)×44.5m(L)×1.2m(T)(토조 포함), 토조 4.5m(W)×21.9m(L)×5.2m(H)로 조정하였다. 이로써 반력벽 뒤 공간은 당초 약 2.5m에서 약 3.5m로 넓어져 작업차량(lift car)의 이동과 지그 설치 작업이 동시에 가능하며 작업 안전성을 높일 수 있도록 하였다.

- 반력상 구조형식 변경

통상 반력상도 반력벽과 같이 프리스트레스트 콘크리트(포스트텐션)조로 계획하였으나 시험동 구조물의 공사일정이 달라서 부득이 시험동 건물이 먼저 완공된 후에 반력상을 시공할 수밖에 없어 반력상의 프리스트레싱에 필요한 충분한 작업공간의 확보하기 어려웠다. 때문에 반력상은 철근콘크리트(RC)조 바꾸어 설계하였다.

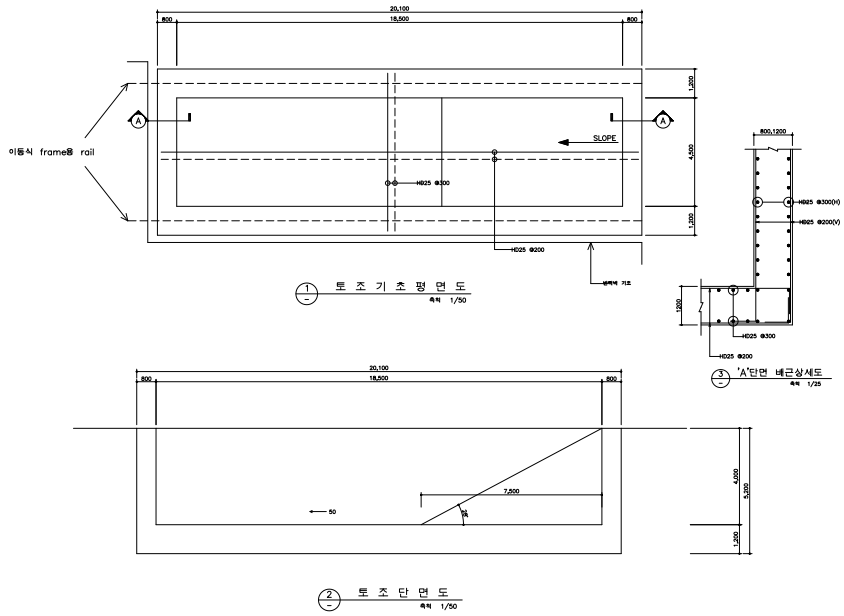



(a) 반력벽 및 반력상 평면도



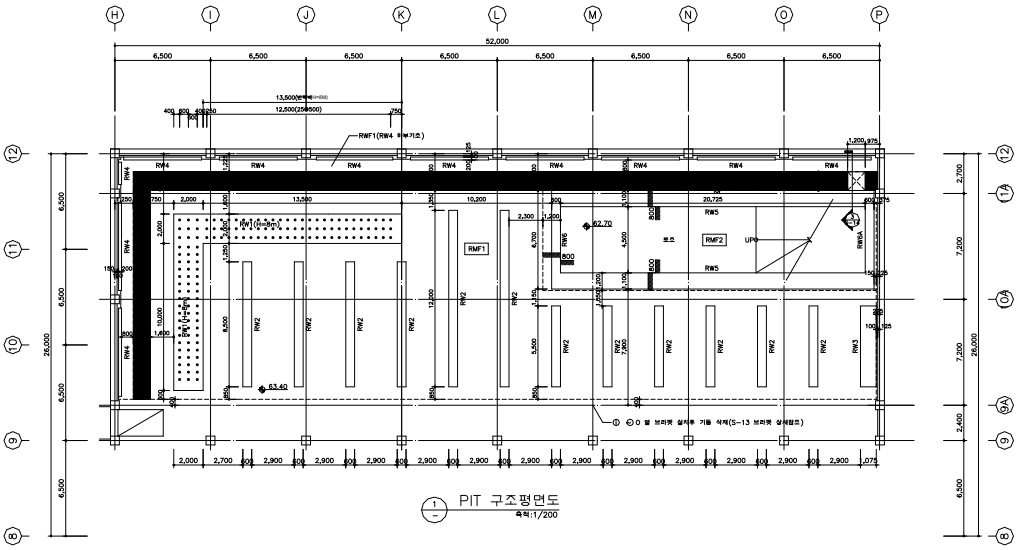

(b) 반력벽 및 반력상 단면도

<그림 3-3-1> 반력구조물 기본설계 도면




(c) 토조 평면도 및 종단면도

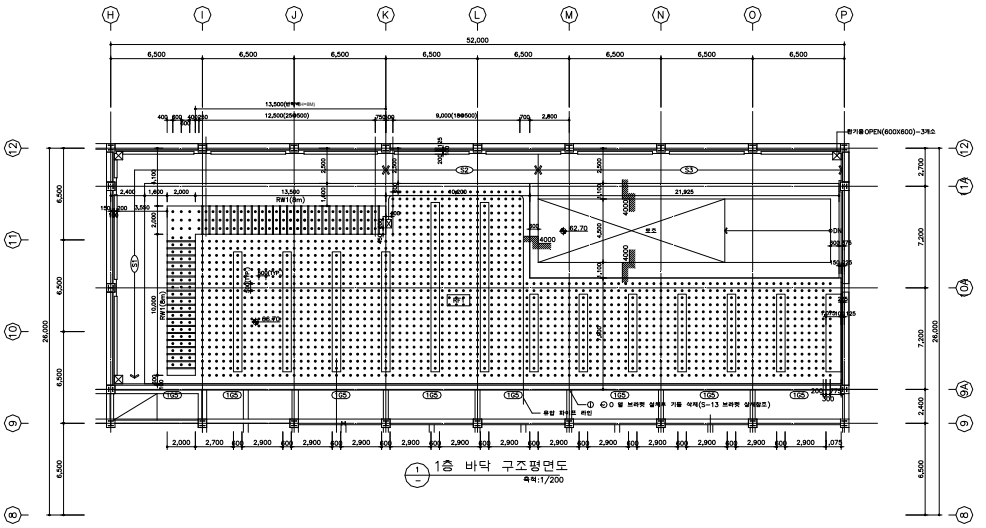
<그림 3-3-1> 반력구조물 기본설계 도면 (계속)




부재 LIST

| 기초 | | |
|---|---|---|
| RMF1 | THK.=900mm | MAT 기초 |
| RMF2 | THK.=1200mm | MAT 기초 |
| RWF1 | 1000X1000 | 줌기초 |

| 벽체 | | |
|---|---|---|
| RW1 | THK.=2000mm | 반력벽 |
| RW2 | THK.=600mm | 반력상하부격벽 |
| RW3 | THK.=1075mm | 반력상하부격벽 |
| RW4 | THK.=200mm | 슬래브지지벽체 |
| RW5 | THK.=1100mm | 토조벽체 |
| RW6,RW6A | THK.=600mm | 토조벽체 |

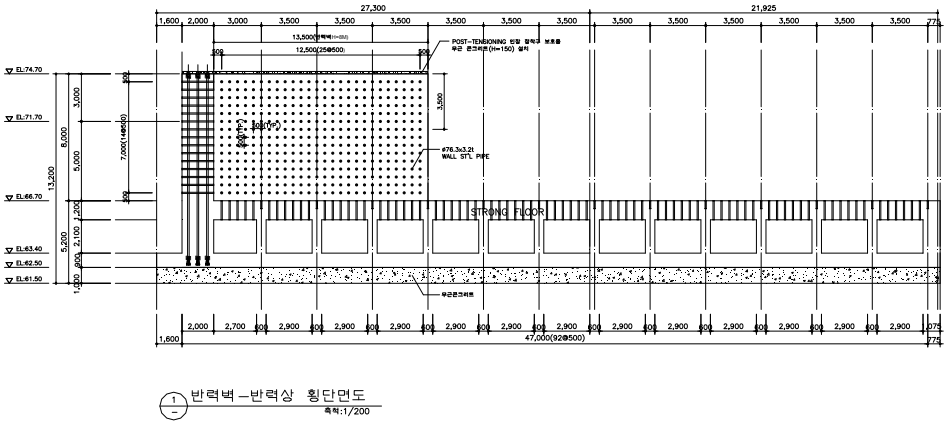



부재 LIST

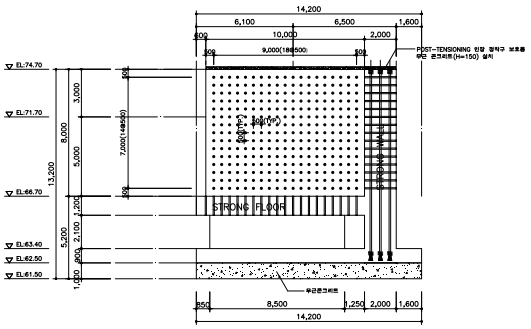
| 슬래브 | | |
|---|---|---|
| RF1 | THK.=1200mm | 반력상 |
| S1 | THK.=300mm | |
| S2 | THK.=300mm | |
| S3 | THK.=200mm | |

(a) 반력벽 및 반력상 평면도

<그림 3-3-2> 반력구조물 실시설계 승인도면



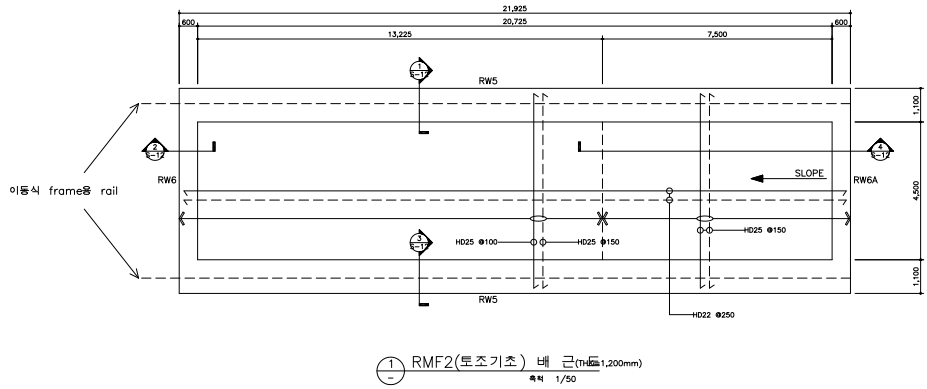

① 반력벽-반력상 횡단면도
축척:1/200



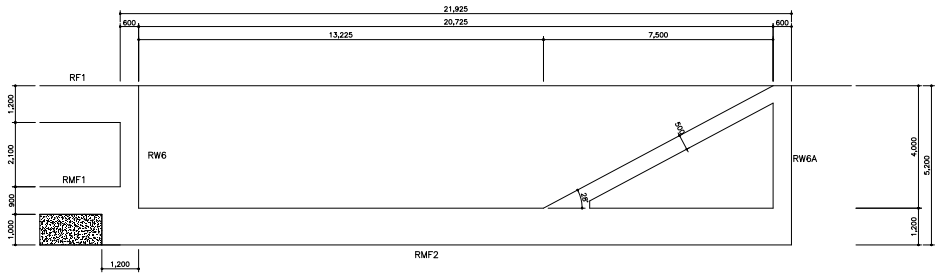

② 반력벽-반력상 종단면도
축척:1/200

(b) 반력벽 및 반력상 단면도

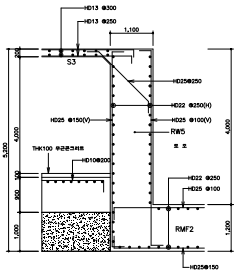
<그림 3-3-2> 반력구조물 실시설계 승인도면(계속)



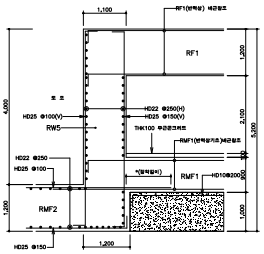

① RMF2(토조기초) 배 근(THK 1,200mm)
축척 1/50



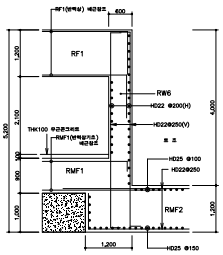

② 토 조 단 면 도
축척 1/50



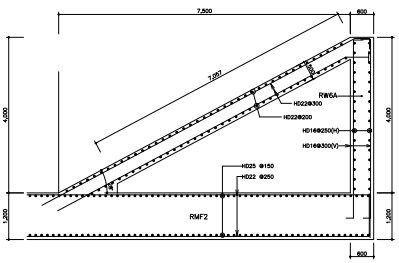

① RW5(토조측벽) 배근도
축척:1/60




③ RW5(토조측벽) 배근도
축척:1/60




② RW6(토조측벽) 배근도
축척:1/60



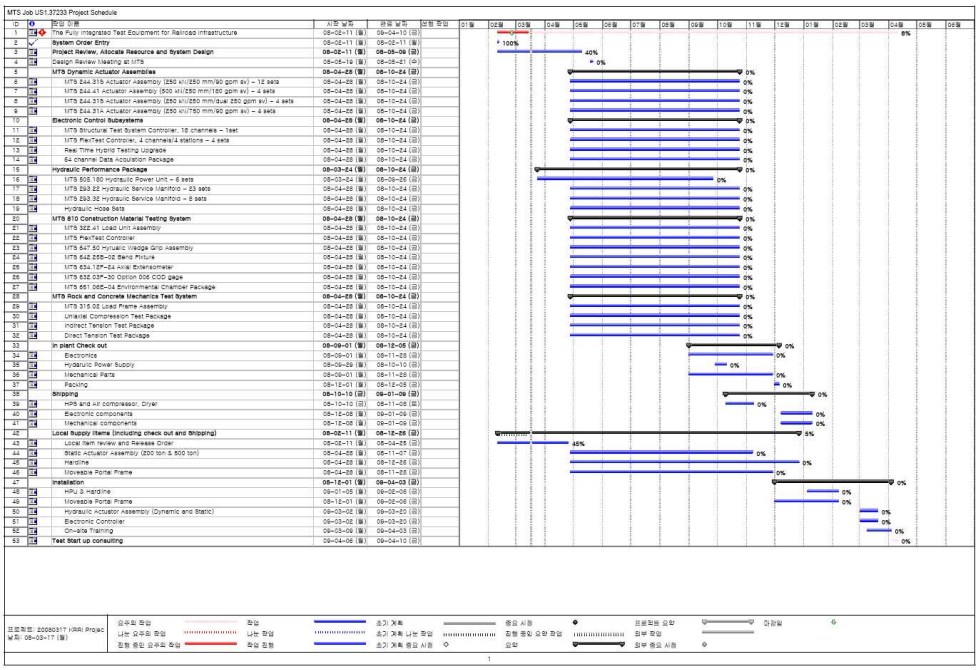

④ RW6A(토조측벽) 및 토조경사로 배근도
축척:1/60

(c) 토조 평면도 및 종단면도, 벽체 상세

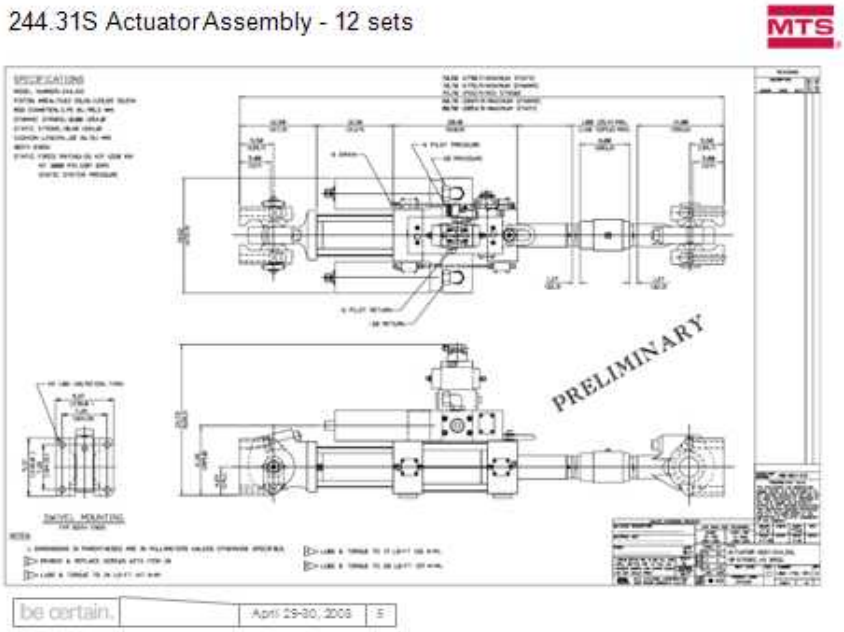
<그림 3-3-2> 반력구조물 실시설계 승인도면(계속)

### 다. 설계결과 (본체)

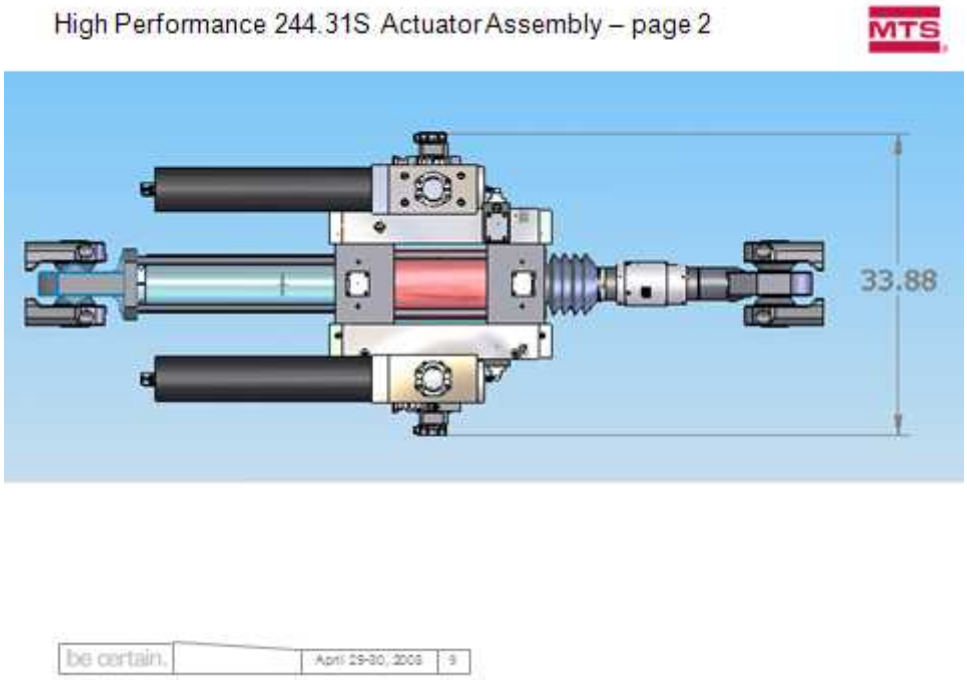
실대형 통합성능 시험시스템 본체의 경우 계약일인 2008년 2월 이후 미국 MTS 본사의 전체 총괄 담당자 (Roz Dolid)가 결정되었으며, 액츄에이터, 유압펌프, 하드라인, 컨트롤러 등에 대한 기본설계와 일정이 아래 그림과 같이 결정되었다. 상세설계에 대한 설계회의는 2008년 4월말에 개최되었다. 제반 상세사항은 공정회의록-월간진도보고서-설계보고서 등을 통해 공식적으로 자료화되어 있으며, 제작업체가 보유하고 있는 유/무형적 기술노출의 우려가 있기에 본 보고서상에는 주요 설계결과만을 간략하게 요약하였다.



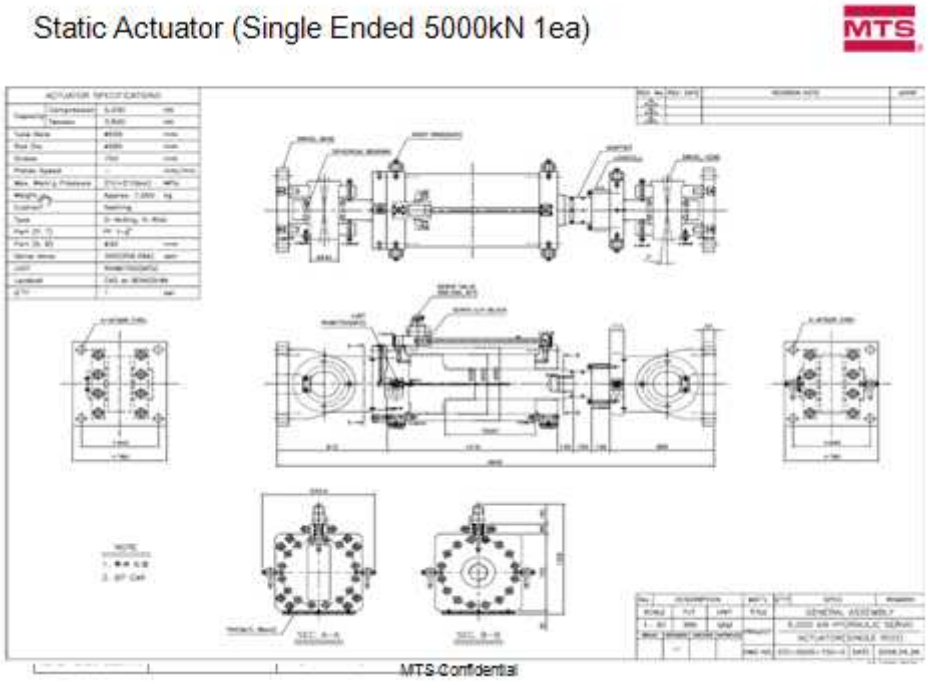
<그림 3-3-3> 실대형 통합성능시험시스템 본체 기본공정표



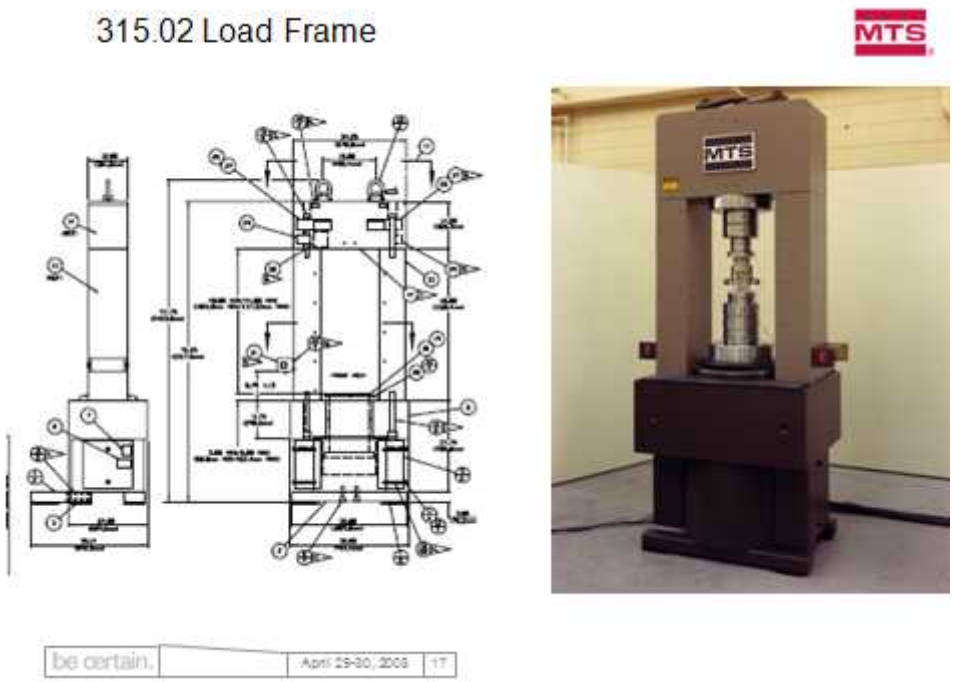

<그림 3-3-4> 동적액츄에이터(250kN) 상세설계



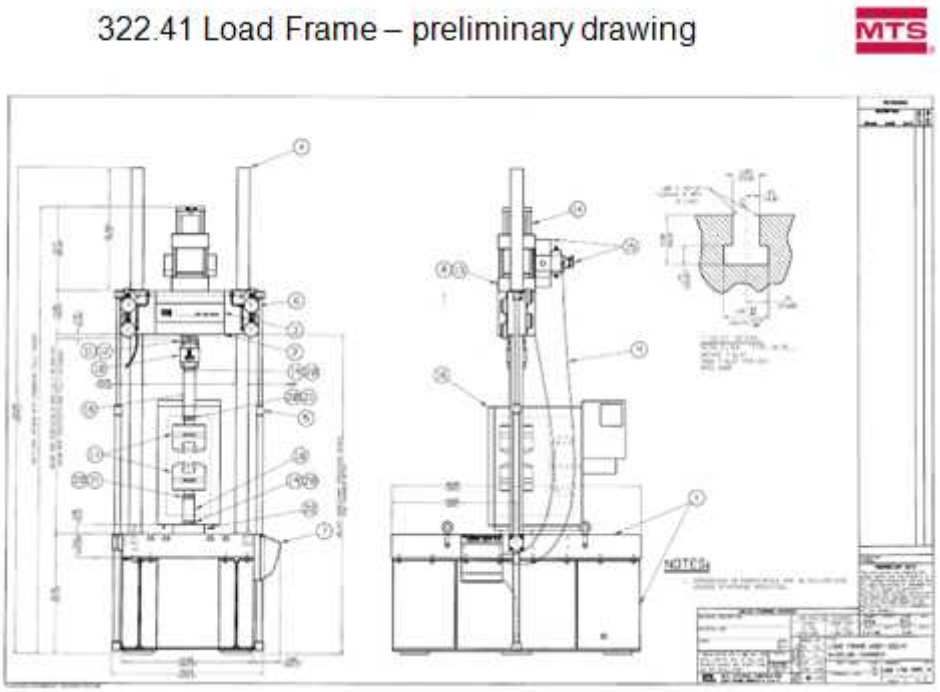

<그림 3-3-5> 고성능 동적액츄에이터 개념 상세설계



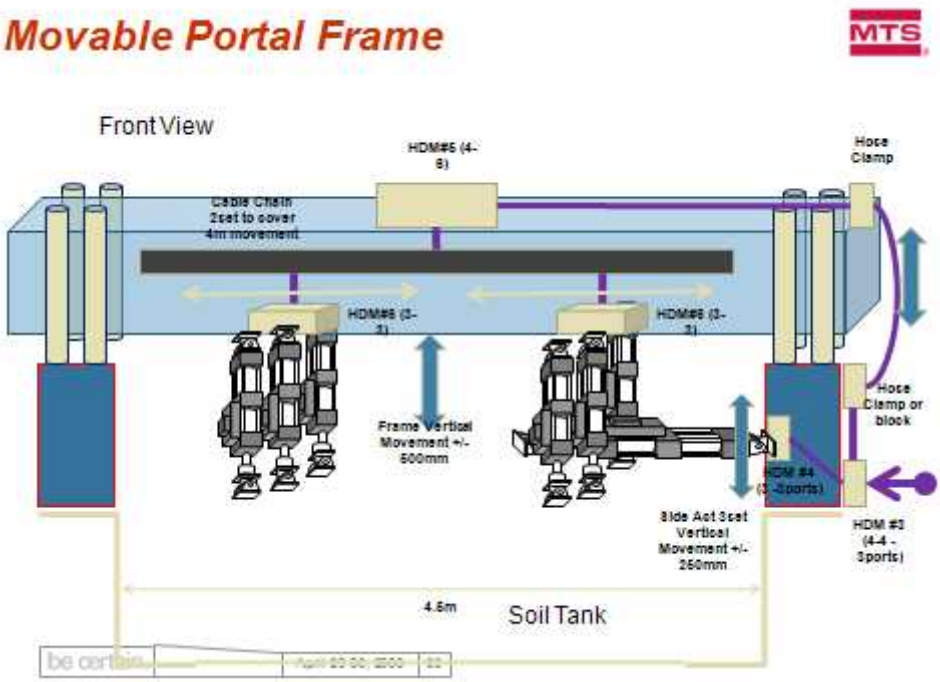

<그림 3-3-6>정적액츄에이터 상세설계



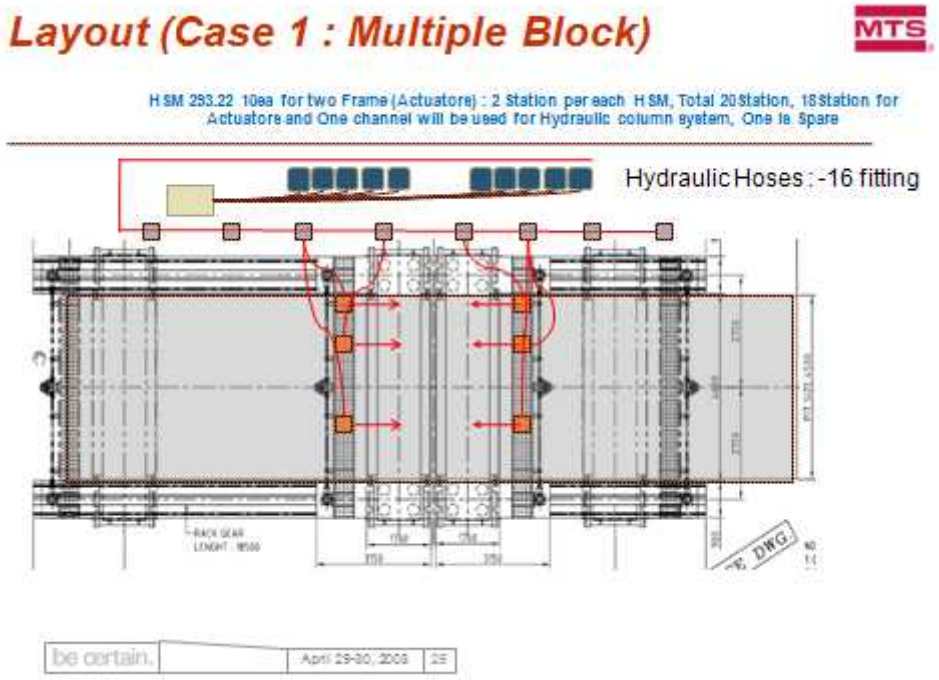

<그림 3-3-7> Rock & Concrete Tester 상세설계



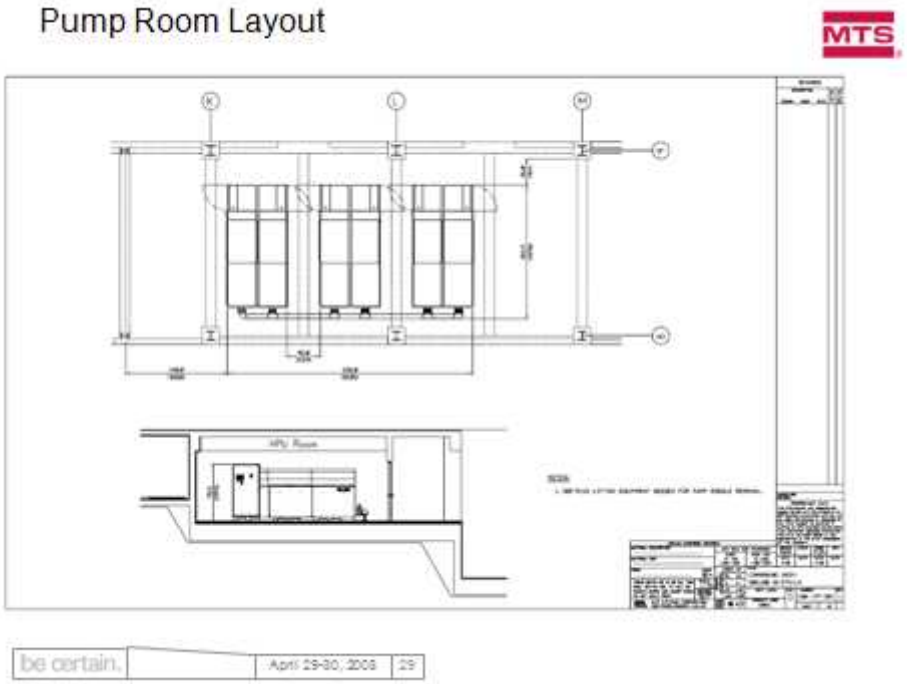

<그림 3-3-8> 재료시험기 상세설계



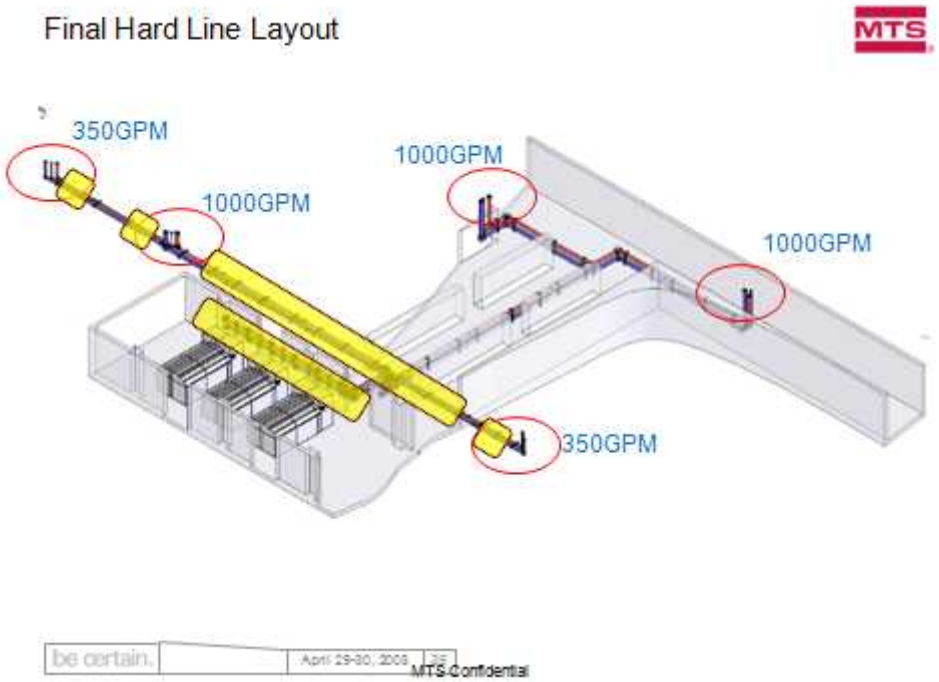

<그림 3-3-9> 이동재하프레임 상세설계



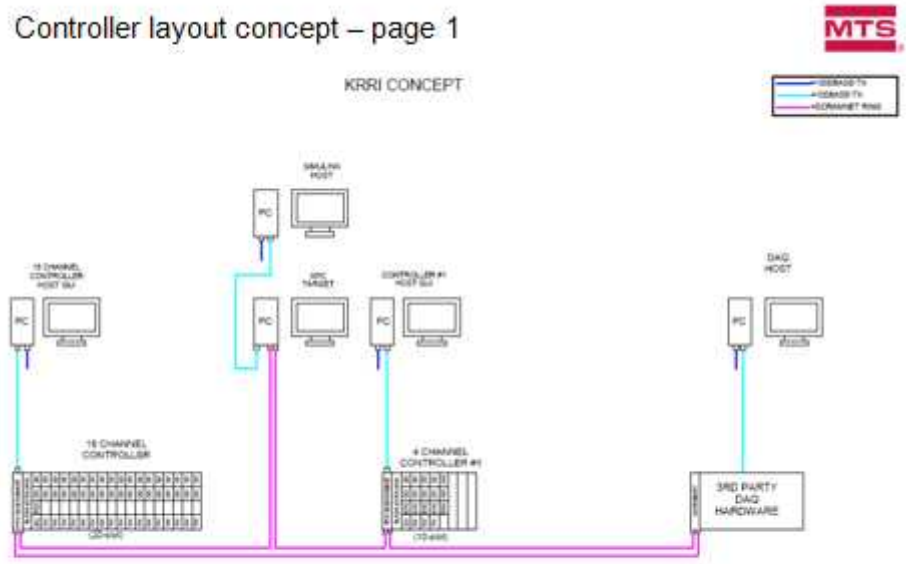

<그림 3-3-10> 이동재하프레임 상세설계

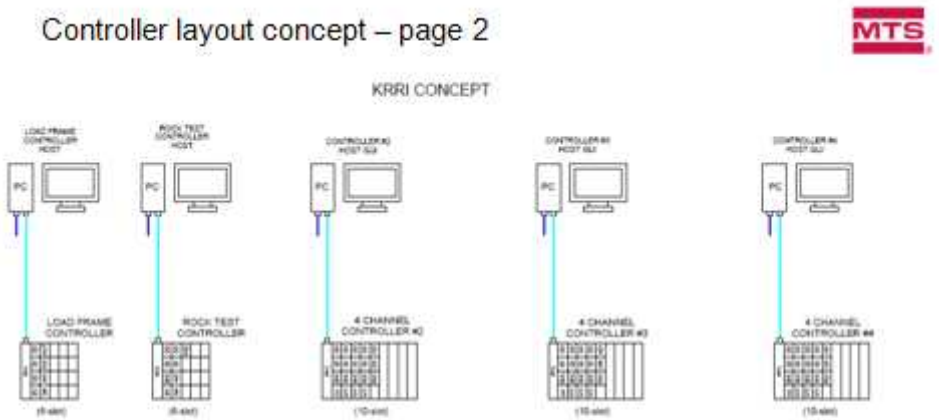



<그림 3-3-11> HPU실 및 배치 상세설계




<그림 3-3-12> 하드라인 및 분배블럭 상세설계




<그림 3-3-13> Controller 배치 및 연결 상세설계

### 라. 시스템 전경 및 주요 구성요소




<그림 3-3-14> 통합성능시험시스템 전경




<그림 3-3-15> 이동프레임 및 궤도노반 재하시험



<그림 3-3-16> 재료시험실 (재료시험기 및 Rock & Concrete Tester)



<그림 3-3-17> 정/동적 액츄에이터




<그림 3-3-18> HPU실 Chiller



<그림 3-3-19> 종합 제어실



<그림 3-3-20> 이동하중 재현 교량 동적시험



<그림 3-3-21> 복합소재 대차시험

# 4절 구축장비 추진 현황
## : 고속 레일-차륜 접촉시험기

## 1. 개요

■ 장비명 : 고속 레일-차륜 접촉시험기

■ 제작사 : KNR 시스템

■ 주요 구성품

- Main Frame 1대
- Wheel Driver 1대
- Torsional Loader 1대
- Actuator 2대
- 접촉각 및 공격각 부가장치 각 1대
- 제어시스템 1대
- 유압 및 냉각장치 1식
- 안전장치 1식
- 데이터 처리장치 1대
- 환경제어 챔버 1식
- 기타 부가장치 1식

■ 피시험체

- 차륜
- 레일

■ 관련시험 (차륜과 레일의 접촉면에서 발생되는 제반현상 관련 시험)

- 레일과 차륜의 구름접촉 피로 시험
- 레일과 차륜의 마모 시험
- 레일과 차륜의 마찰계수 및 점착계수 측정

■ 관련규격

- 없음

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

■ 고속철도 개통 이후 향후 발생될 수 있는 차륜-레일의 접촉에 의한 레일의 피로, 마모 등 손상과 관련된 문제가 향후 유지관리의 주요 사안이 될 것으로 예상됨

■ 특히 경부고속철도 2단계와 호남고속철도 등 콘크리트궤도로 부설되는 구간의 경우, 레일 관리가 가장 중요한 유지관리사항으로 부각될 것임

■ 지하철 등 도시철도의 경우, 급곡선부 등에서의 심각한 마모현상으로 인하여 차량의 서행 등 운영상의 문제점과 레일교환주기 감소 등의 유지관리상의 문제점이 표출되고 있음

■ 차륜과 레일의 접촉에 의한 손상은 이론적, 수치해석적 방안으로는 해결하기 어렵기 때문에, 일본, 유럽 등에서는 시험을 통한 손상특성 분석을 수행하고 있음

■ 따라서, 차량의 주행안전성 확보와 차륜과 레일의 효율적인 유지관리를 위해서는 본 장비를 통한 실험적 연구는 필수적인 것으로 사료됨

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

• 국내 유사장비 보유현황

- 철도기술연구원에 지름 3cm의 시편을 사용한 마모시험 장치 보유

• 국외 유사장비 보유현황

- 일본의 RTRI, JR East, 동경공업대, 영국 Sheffield 대학, 중국 Cars 등에서 유사한 장비를 보유하고 있음
- 일본 동경공업대, 영국 Sheffield 대학, 중국 Cars에서 보유하고 있는 장비는 속도의 구현능력과 제어능력, 수행 가능 시험의 종류 등이 매우 제한적이 성능이 저조하여 모형실험을 통한 기초적인 레일마모 실험만을 수행할 수 있는 수준임
- 일본 RTRI 와 JR East에서 보유중인 장비의 제원 및 특성 비교는 다음 표와 같음

<표 3-4-1> 국내외 유사장비 보유현황

| 구분 | | RTRI (피로시험기) | RTRI (마모시험기) | JR East |
|---|---|---|---|---|
| Specimen | Max | 차륜 500mm(고정) 레일륜 500mm | 차륜 300mm(고정) 레일륜 170mm | 차륜, 레일륜 430mm |
| | Min | 레일륜 250mm | 레일륜 150mm | 차륜, 레일륜 215mm |
| Test speed(Max) | | 300km/h | 100km/h | 2000rpm |
| Max. Radial Force | | 90kN | 20kN | 100kN |
| Max. Thrust Force | | 50kN | - | 40kN |
| Slip rate | | -10 ~ +100% | -10 ~ +100% | 1 ~ 2% |
| Torque Control | | 1950Nm (정밀제어 불가) | 0~750Nm (0.2% 정밀도) | 500Nm (정밀제어 불가) |
| Contact Angle Range | | 0 ~ 3° | 0 ~ 3° | 0 ~ 3° |
| Attack Angle Range | | -3° ~ +3° | -3° ~ +3° | -3° ~ +3° |
| Environment | | 건조, 살수, 도유 (환경제어 불가) | 건조, 살수, 도유 (환경제어 불가) | 건조, 살수, 도유 (환경제어 불가) |

**구축장비의 차별성**

- 세계 최초 실물 시험 및 최고시속 445km/h를 구현할 수 있는 레일-차륜 접촉시험 장비
- 세계 최초의 구름접촉피로시험과 마모시험 등 다양한 시험을 수행할 수 있는 다목적 시험기
- 차륜과 레일 사이의 미끄러짐(Slip) 현상을 정밀하게 구현하기 위하여 회전수에 대한 제어정밀도가 우수한 AC Servo Motor를 채택
- 세계최초로 실물시편을 대상으로 다양한 환경 영향 고려 가능
- 시험결과의 효율적 처리를 위하여 고속에서도 차륜과 레일의 결함을 검지할 수 있는 Flaw Detecter를 설치하였으며, 레이저 스캐너를 설치하여 시험 도중에도 시험편의 단면 변화 및 손상 파악 가능
- 현장응답특성과 유사한 응답특성을 보이도록 동적 윤중과 횡압, 횡변위를 재하할 수 있는 Road load Simulation 기능 탑재

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-4-2> 고속 차륜-레일 접촉시험기 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 1~ 2차년도<br>2005.05.13~<br>2007.05.12 | 기본사양 작성 및 수정 보완 | |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 기본설계 재검토 필요성 대두 | ´07.05 |
| | 기본사양 재확정 | ´07.06~´07.08. |
| | 외자규격 사전공개 모집 | ´07.09~´07.10. |
| | 응찰업체 대상 사양 협의 | ´07.11~´07.12. |
| | 자체 심의 완료 | ´07.12 |
| | 최종 발주사양 확정 | ´08.01~´08.02. |
| | 조달청 입찰공고 진행중 | ´08.03~´08.06. |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2010.06.30 | 평가 및 계약 | ´08.06~´08.09. |
| | 상세설계 | ´08.10~´09.03. |
| | 주요부품 제작 | ´09.03~´09.03. |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´09.03~´09.08. |
| | 이송/설치 | ´09.08 |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´09.08~´09.09 |
| | 교육 | ´09.09~´09.10 |
| | 구축완료 | ´09.10 |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

본 장비의 경우, 기본사양 작성 당시 기본성능 이외에는 결정된 사항이 없었던 바, 2차년도부터 상세사양에 대한 재확정 및 재검토 필요성이 대두되었으며, 세계 최초로 제작되는 400kph급 실물시험기로서, 국내외 업체 모두 제작경험이 전무한 바, 기본사양을 재확정하고 발주사양을 확정하는 데 다소 오랜 시간이 소요되었다.

우선, 조달청 외자규격 사전공개 모집 제도를 활용하여 제작능력을 잠재적으로 보유하고 있는 제작업체를 대상으로 규격을 공개모집한 후 제작업체와의 협의 및 내부검토를 통하여 최종 발주사양을 확정하였는데, 기본사양 대비 발주사양의 대표적인 차별성은 <표 3-4-3>와 같고, 개략적인 비교표는 <표 3-4-4>과 같다.

전체적으로 장기간의 검토 및 협의 등을 통해 발주사양이 구체화/상세화되었으며, 제한예산 내에서 최적 장비성능 확보와 추후 기술의 발전가능성을 고려한 확장성까지도 고려하였다.

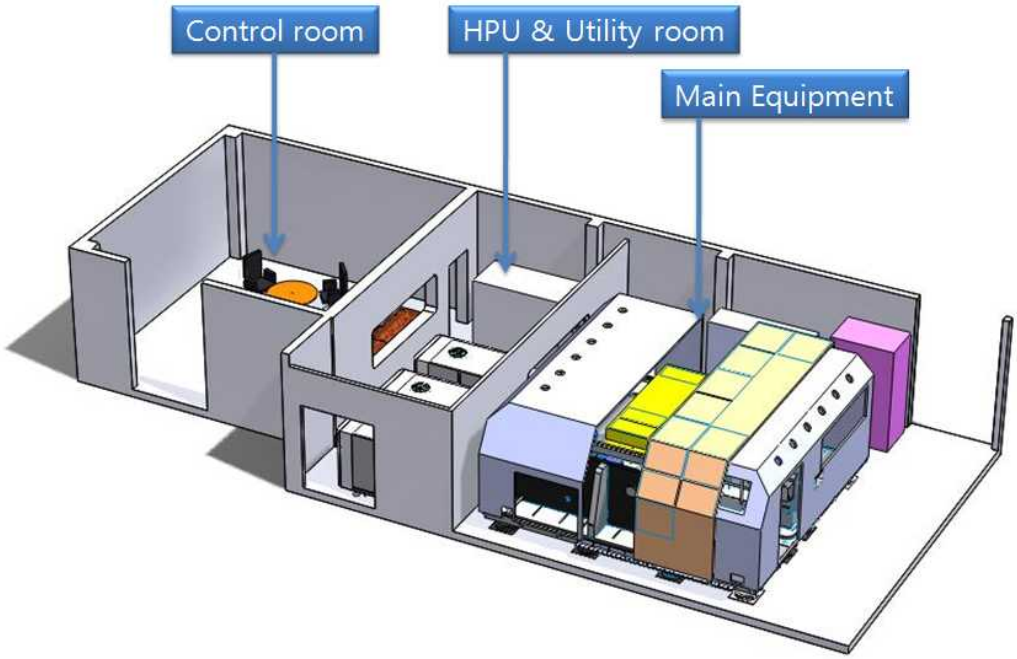
<표 3-4-3> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성

| 구분 | 확장 사유 |
|---|---|
| 시편의 최대 크기를 실제치수로 확대 및 최소치수 정의 | 실제 거동 분석 및 매개변수해석용 시편확보 용의성 확보 |
| 안전장치 추가 설치 | 긴급상황에 대비한 안전성 확보성능 향상 |
| 부가장비 추가 | 실험자의 편의성 향상 및 안전성 확보 |
| Environmental Chamber 설치 | 다양한 환경조건에 대한 모사기능 확보 |
| Control Room 설치 | 실험자의 안전성 확보 및 편의성 증대 |

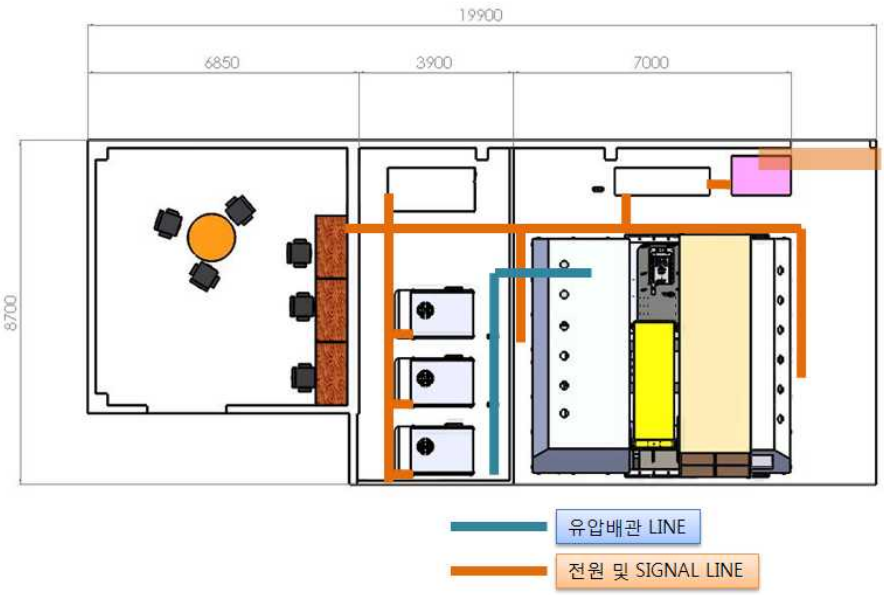
<표 3-4-4> 기본사양 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 | 발주사양 |
|---|---|---|
| 주요 구성품 | • Main Frame 1대<br>• Actuator 3대<br>• 접촉각 제어장치 1대<br>• 제어장치 1대<br>• 유압장치 1대<br>• 냉각장치 1대<br>• 데이터 처리장치 1대 | • Main Frame 1대<br>• Wheel Driver 1대<br>• Torsional Loader 1대<br>• Actuator 2대<br>• 접촉각 및 공격각 부가장치 각 1대<br>• 제어시스템 1대<br>• 유압 및 냉각장치 1식<br>• 안전장치 1식<br>• 데이터 처리장치 1대<br>• 환경제어 챔버 1식<br>• 기타 부가장치 1식 |
| 성능 | 별도 결정된 바 없음 | • 시편크기 : Wheel ϕ300mm~ϕ900mm<br>Rail ϕ300mm~ϕ900mm<br>• 최고시험속도 : 400km/h<br>• 최대윤중 : 180kN<br>• 최대횡압 : 100kN<br>• 슬립비 : -10 ~ +100%<br>• 토크제어 : 1% of Full Scale<br>• 접촉각 : 0 ~ 3°<br>• 공격각 : -3° ~ +3°<br>• 환경제어 : 건조, 습윤, 도유,<br>살사, 온도, 습도 |
| 부대 설비 | 별도 결정된 바 없음 | • 전력 : DC 3상, 380V<br>• 유압 : 별도 유압장치 필요<br>• 냉각 : 냉각장치 필요<br>• 급/배수 : 별도 급배수시스템 필요<br>• 소음/진동 제어 : 장비 자체에서 소음 및 진동해결 방안 수립 |

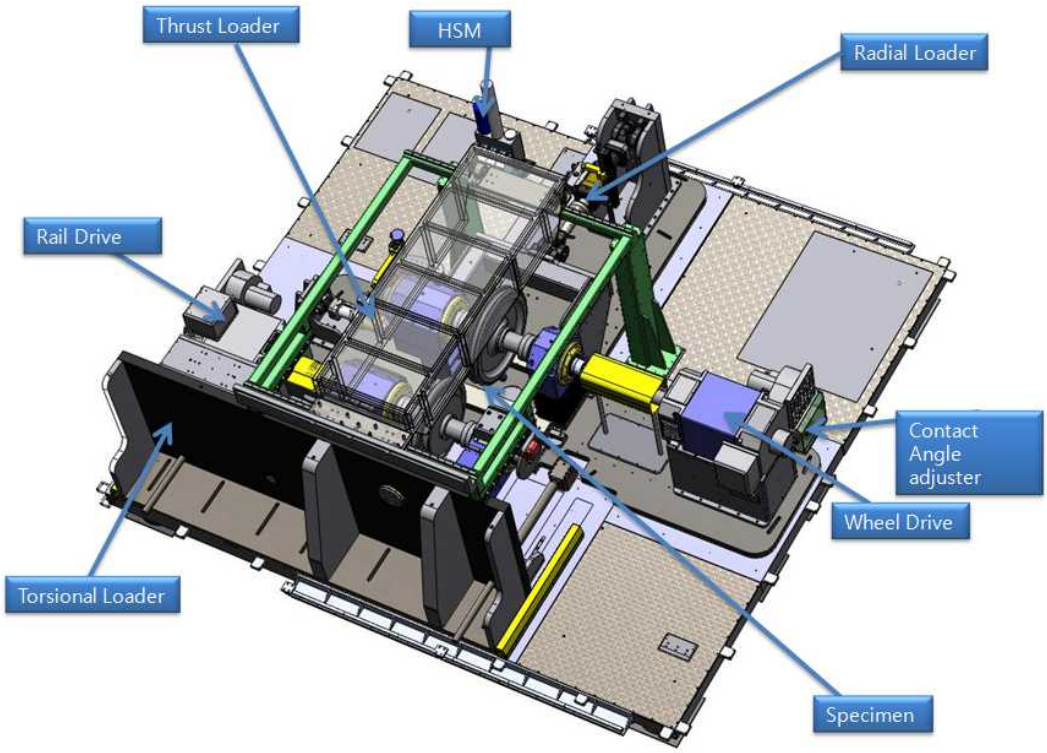
## 다. 설계결과



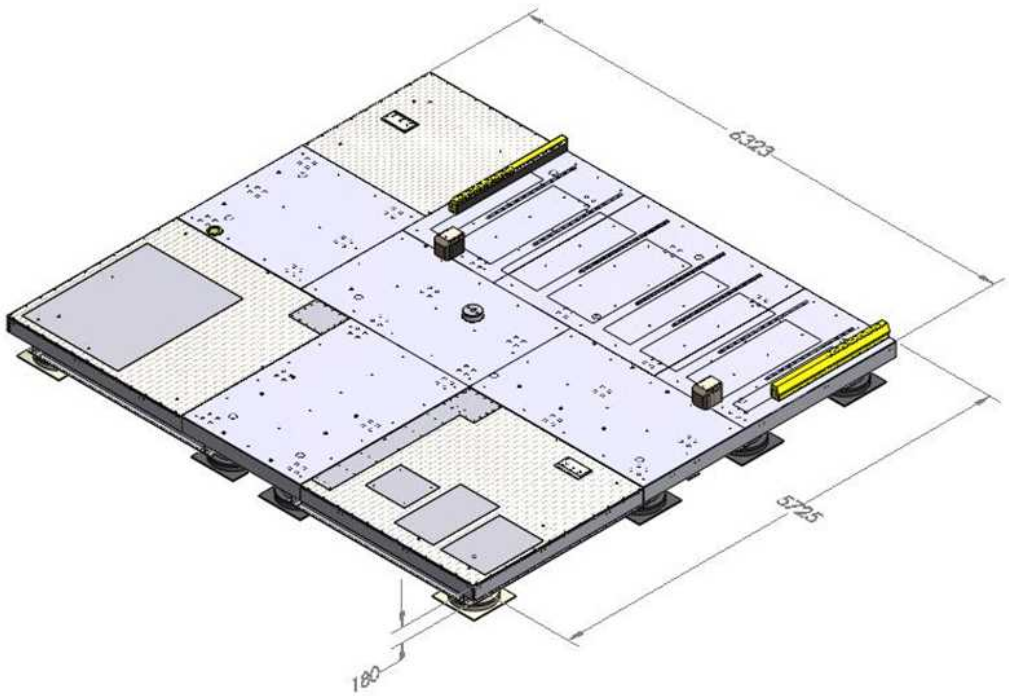

<그림 3-4-1> 장비 배치



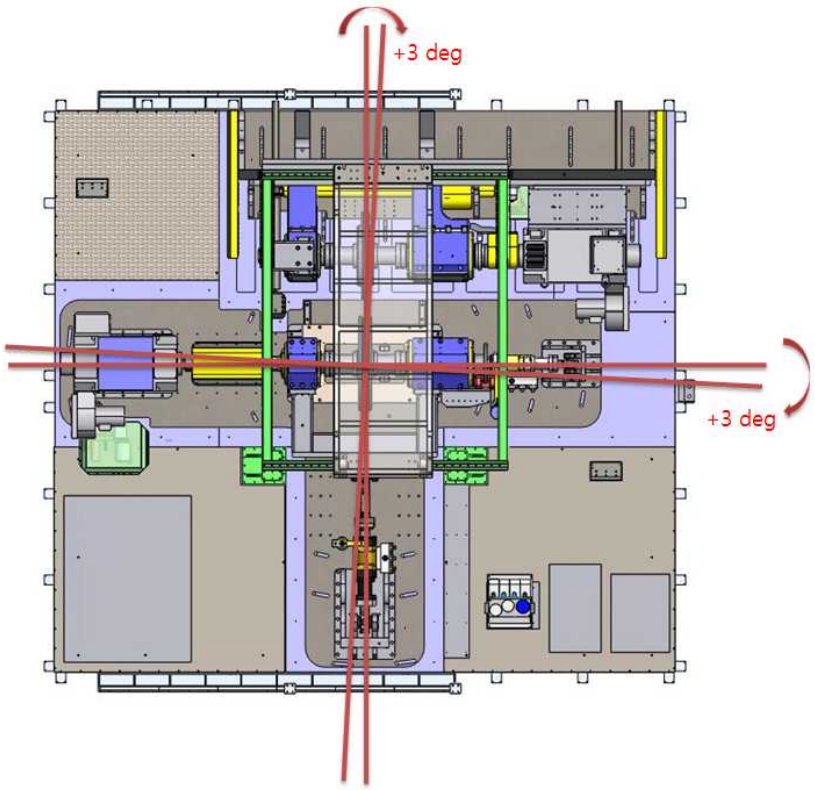

<그림 3-4-2> Cable & Piping system 배치



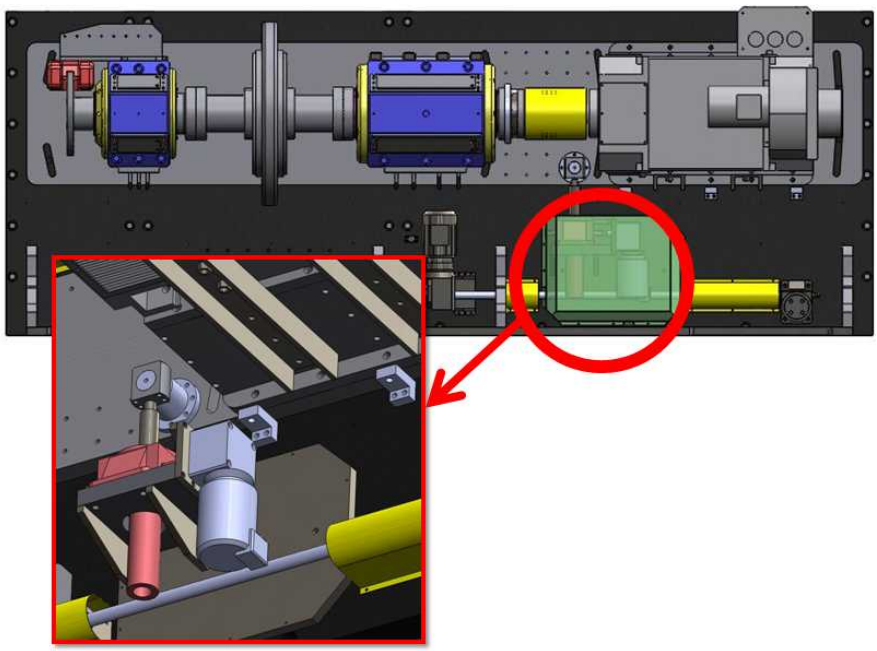

<그림 3-4-3> 주요 구성품 배치도



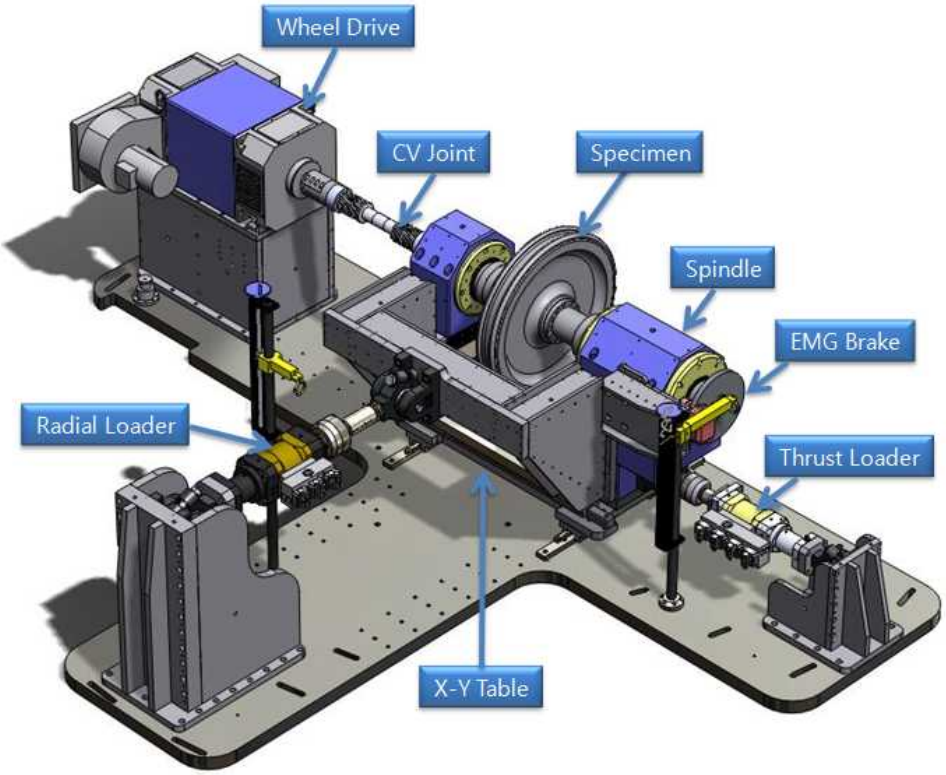

<그림 3-4-4> Base plate 제작



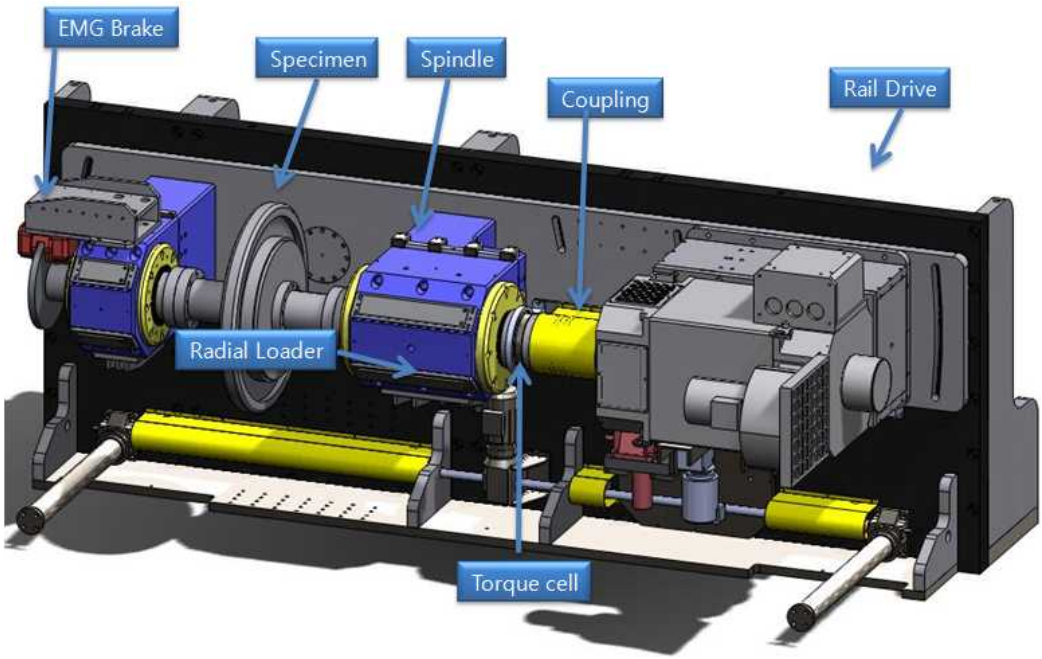

<그림 3-4-5> Contact Angle Adjuster



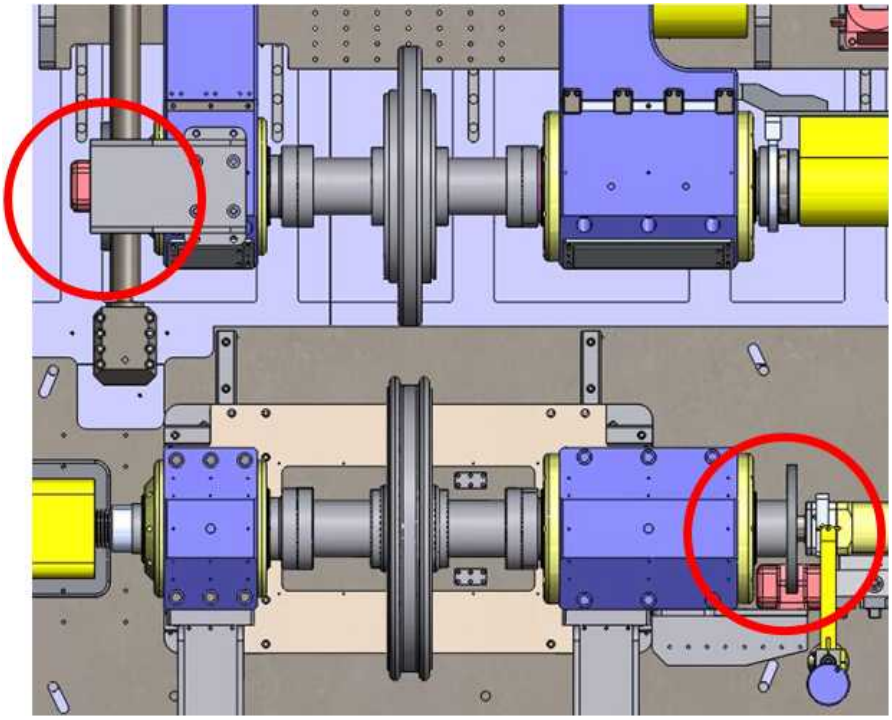
<그림 3-4-6> Attack angle Adjuster



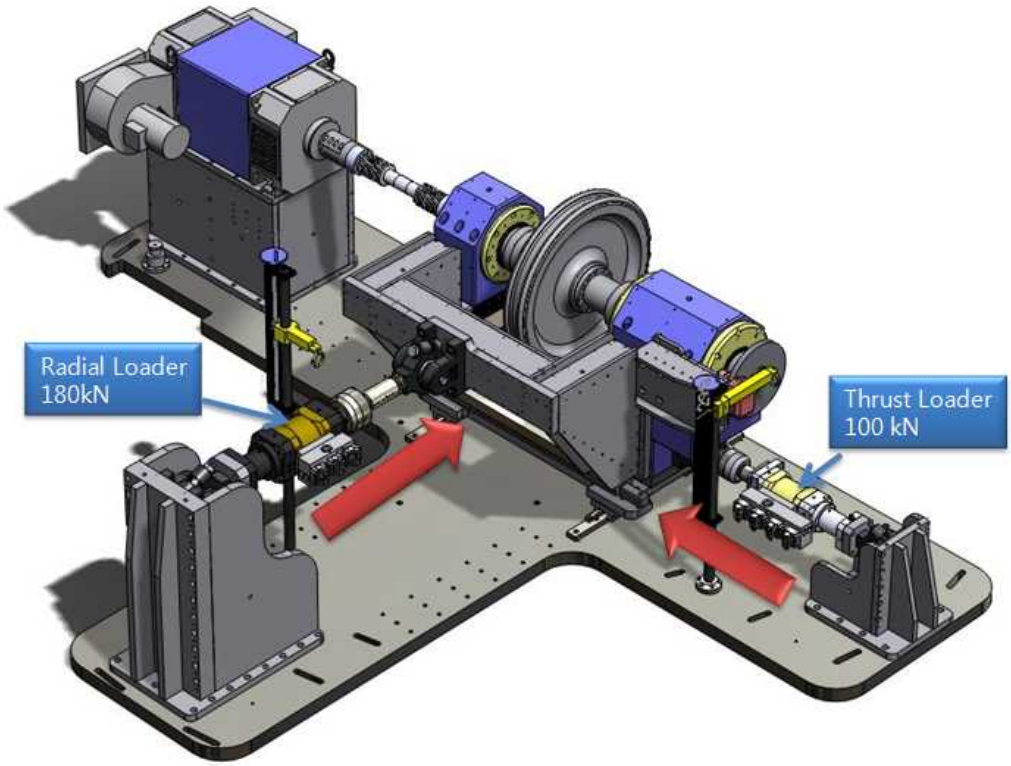

<그림 3-4-7> Wheel Driving System




<그림 3-4-8> Rail Driving System

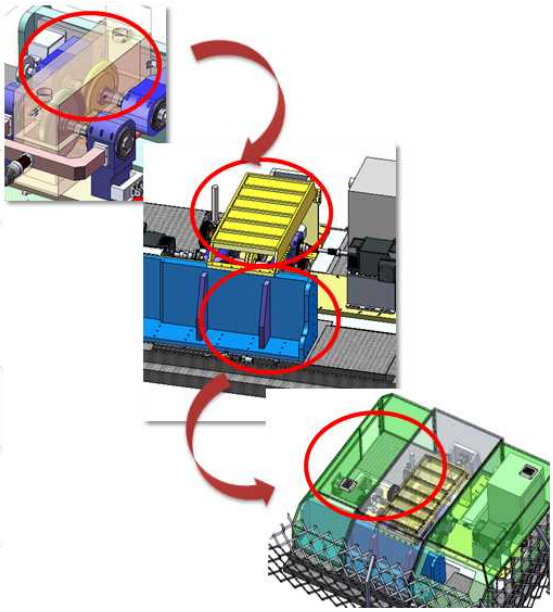


<그림 3-4-9> Emergency Brake Set

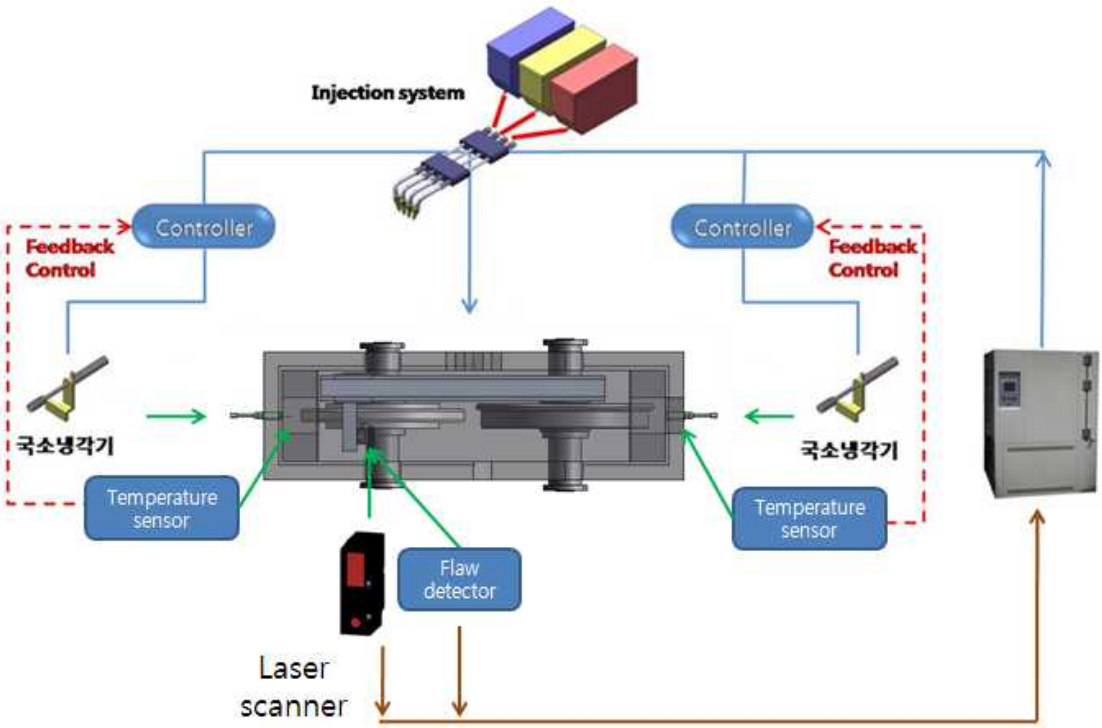



<그림 3-4-10> Radial & Thrust Loader

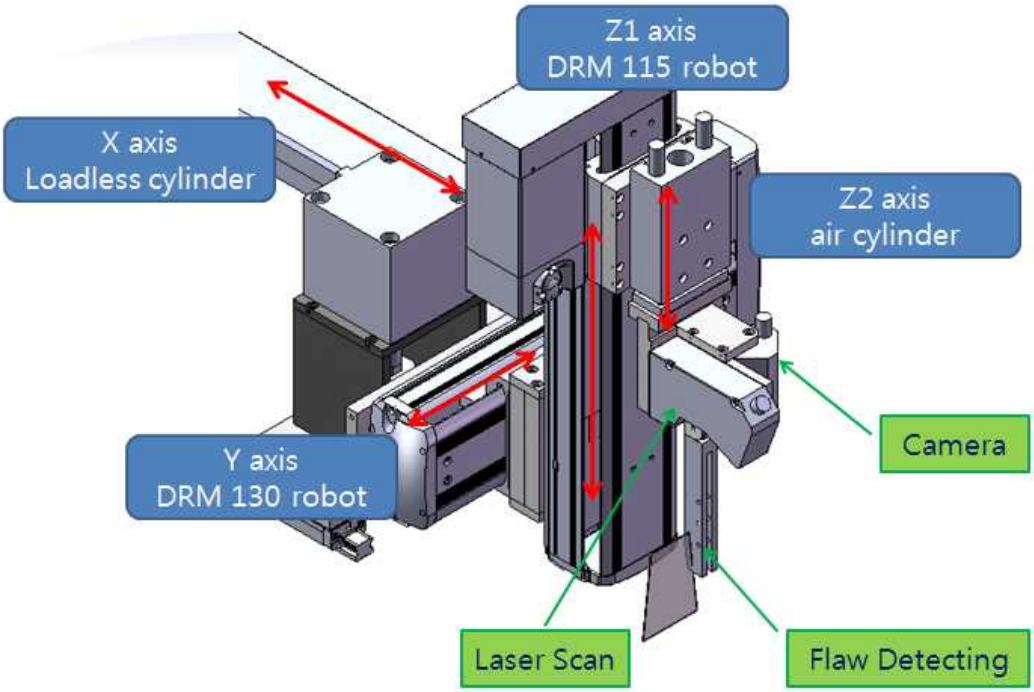
| SAFETY | |
|---|---|
| 1단계 | Environment chamber |
| 2단계 | Safety beam<br><br>-다층(5) 구조로 구성된 판재<br>-프레임 |
| 3단계 | rail fixture part |
| 4단계 | Main cover |



<그림 3-4-11> Safety Device

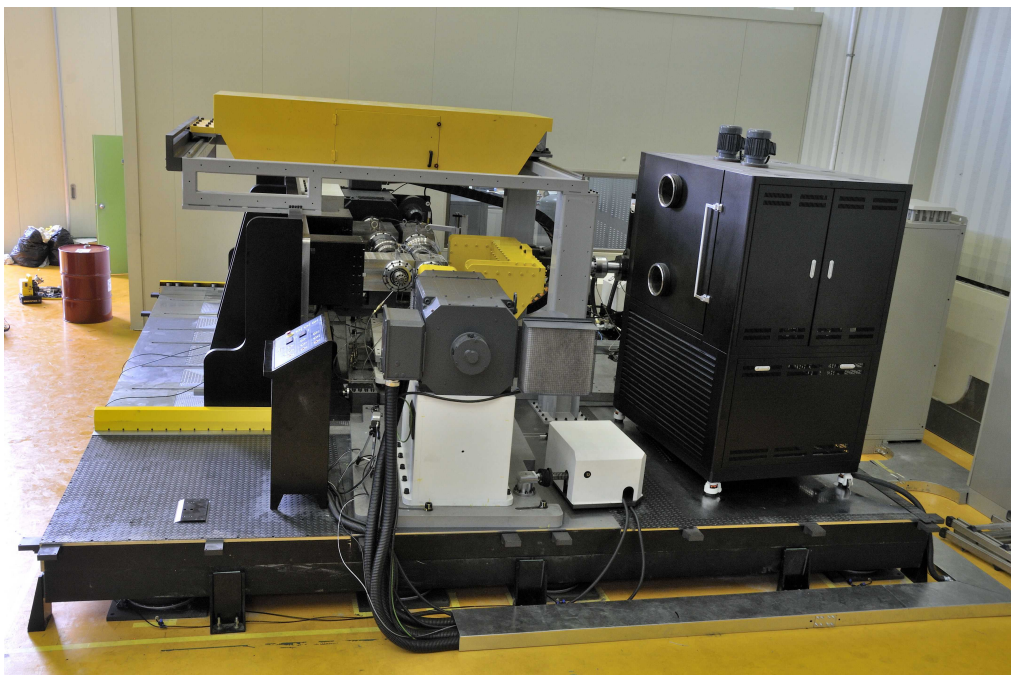



<그림 3-4-12> Environmental Chamber




<그림 3-4-13> Laser scan & Flow detecting system

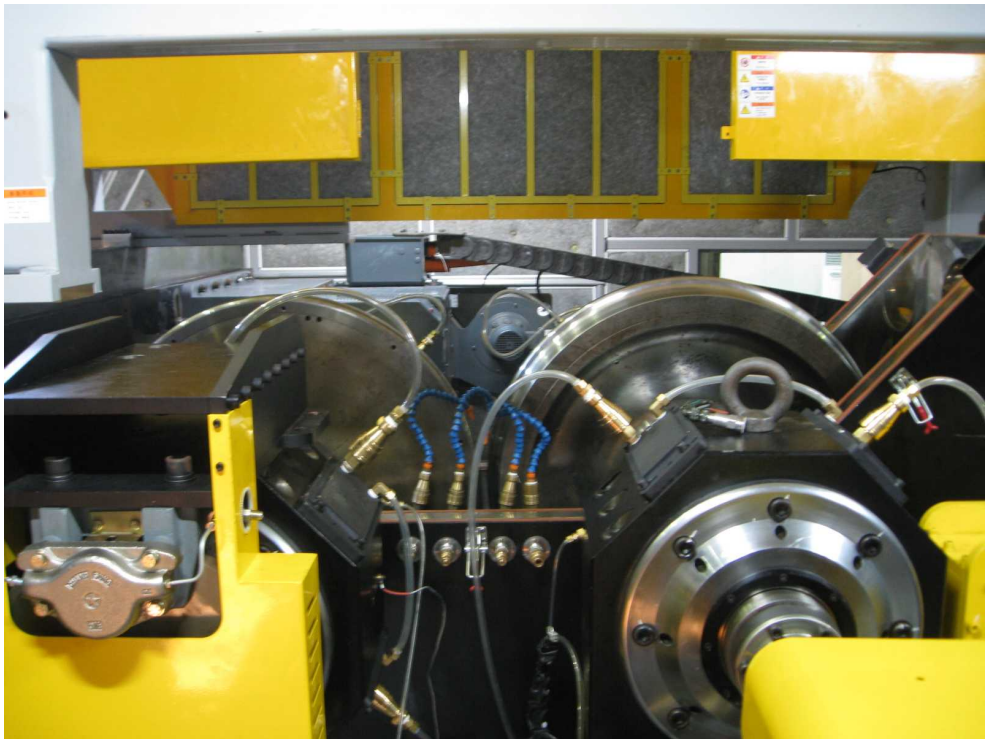
### 라. 시스템 전경 및 주요 구성요소



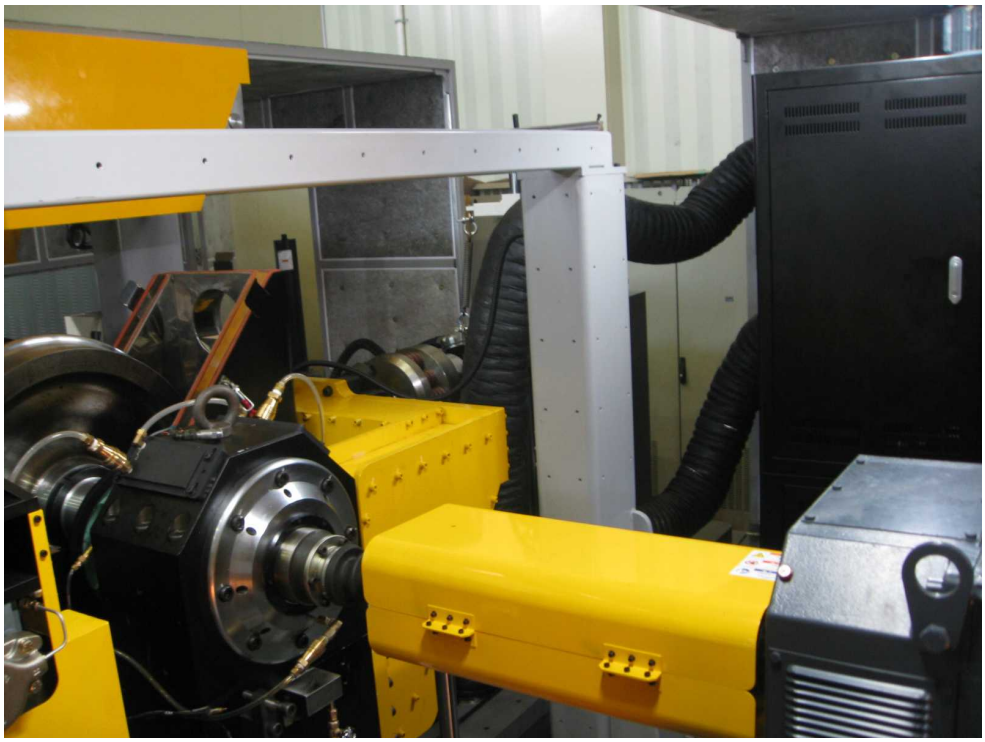
<그림 3-4-14> Main Cover 장착 전 장비 조립



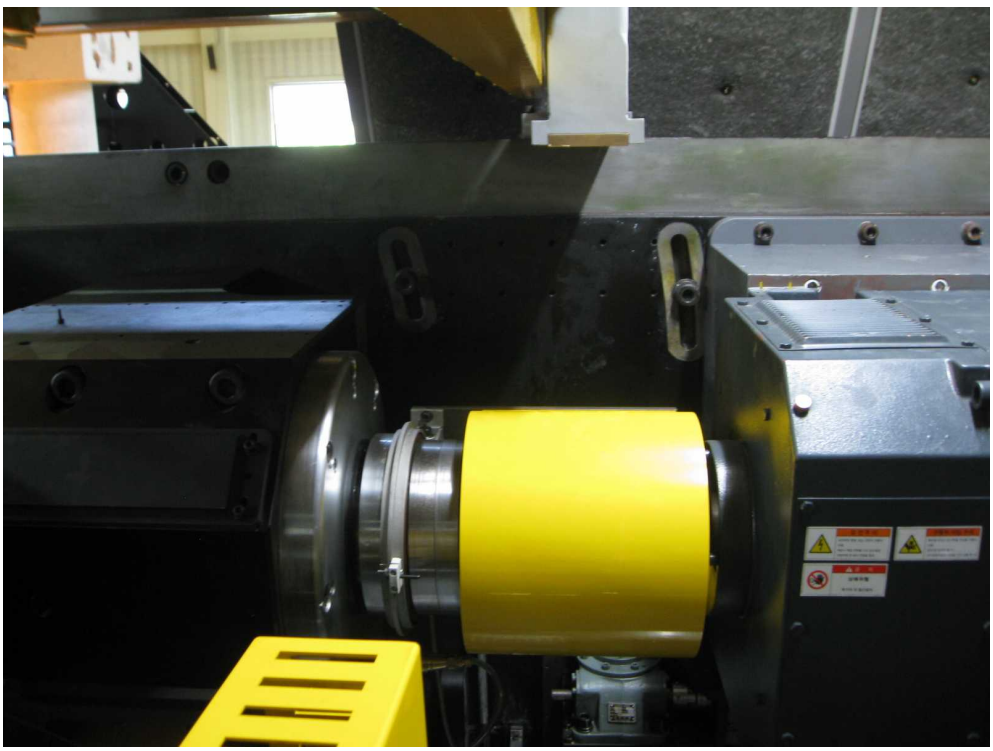

<그림 3-4-15> Main Cover 장착 후 장비 전경



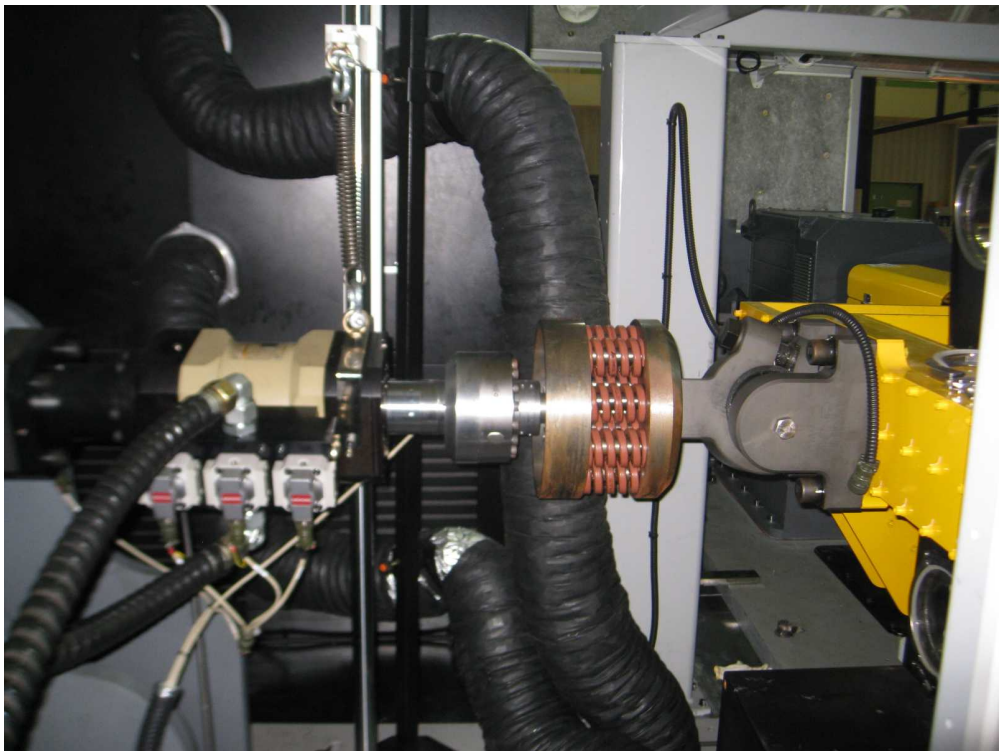
<그림 3-4-16> 시편 장착 부



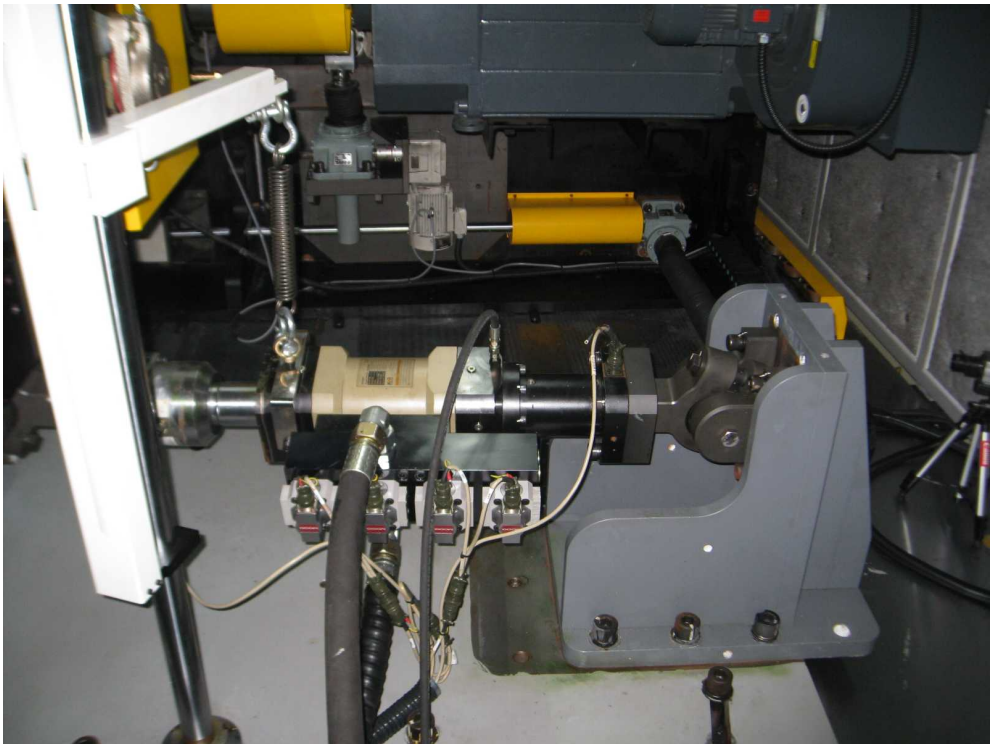
<그림 3-4-17> Wheel Driver



<그림 3-4-18> Rail Driver



<그림 3-4-19> Radial Loader



<그림 3-4-20> Thrust Loader




<그림 3-4-21> Contact & Attack Angle Adjuster Controller



<그림 3-4-22> Flaw Detector & Laser Scan Robot

# 5절 구축장비 추진 현황
## : 도상골재용 대형진동 삼축압축시험장비

## 1. 개요

■ 장비명 : 도상골재용 대형진동 삼축압축시험장비

■ 제작사 : KNR 시스템

■ 주요 구성품

- Hydraulic Actuator 2대(정적용 2000kN, 동적용 200kN)
- Main frame 1식
- Test Cell(삼축셀 직경별 3set, 평면변형율제어 전용셀 1set, 온도제어용 셀 1set, 오이도미터 셀 직경별 2set)
- Hydraulic Power Related Product 1식
- Multi Digital Control System
- Control Software
- 시료 조성 다짐 장비
- 대형 자동 체가름 장비
- 부대장비(Air Compressor, 건조로, 온도조절장치, 평면변형율 제어 등)

■ 피시험체

- 도상자갈
- 노반 암성토 재료
- 조립재료
- 신재료(재생혼합토, 순환골재 등)

■ 관련시험

(1) 정적 삼축압축시험

① UU(비압밀 비배수) 시험

② CU(압밀 비배수) 시험

③ CKoU(비등방압밀 비배수) 시험

④ CD(압밀 배수) 시험

(2) 정적 삼축인장시험

(3) 동적 삼축압축시험

① 액상화 시험

② 전단탄성계수(G) vs 전단변형률($\gamma$)

③ 감쇠비(Damping Ratio) vs 전단변형률($\gamma$)

④ 회복탄성계수($M_R$)

(4) 삼축투수시험

(5) 등방압밀시험

(6) 이방압밀시험

(7) 대형 오이도미터 시험

(8) 최대전단탄성계수($G_{max}$) 시험

(9) 평면변형율(중간 주응력) 제어 시험

■ 관련규격

• 국내 규격 - 한국산업규격 : Korean (Industrial) Standard, KS

- KS F 2346 : 삼축압축(UU, CU, CD, $CK_0U$)시험, 투수시험, 압밀시험

• 미국재료시험협회 : American Society of Testing Materials, ASTM

- ASTM D 2850a : 삼축압축(UU)시험
- ASTM D 3999 : 진동삼축압축(전단탄성계수, 감쇠비)시험
- ASTM D 4767 : 삼축압축(CU)시험, 투수시험, 압밀시험
- ASTM D 5202 : 삼축 Creep시험
- ASTM D 5311 : 반복삼축압축시험, 액상화 판별

• 독일공업품표준규격 : Deutsche Industrie Normen, DIN

- DIN 18137-2 : 삼축압축시험, 투수시험, 압밀시험

- DIN EN 13286-7 : 진동/반복 삼축압축시험, 액상화 판별
- DIN ISO/TS 17892-8 : 삼축압축(UU)시험
- DIN ISO/TS 17892-9 : 삼축압축(CD)시험

• 프랑스 규격 : Norme Francaise, NF
- NF P 94-070 : 삼축압축시험, 투수시험, 압밀시험
- NF P 94-074 : 삼축압축(CD, CU, UU)시험
- NF P 98-235-1 : 반복삼축압축시험, 액상화 판별
- NF P 98-846-7, NF EN 13286-7 : 진동삼축압축시험

• 영국 규격 : British Standard, BS
- BS EN 13286-7 : 진동삼축압축시험

• 일본 규격 : Japanese Geotechnical Society, JGS
- JGS 0520-2000 : 삼축압축시험 시료 준비
- JGS 0521-2000 : UU-삼축압축시험
- JGS 0522-2000 : CU-삼축압축시험
- JGS 0523-2000 : $\overline{CU}$-삼축압축시험
- JGS 0524-2000 : CD-삼축압축시험
- JGS 0525-2000 : Ko$\overline{CU}$-삼축압축시험
- JGS 0526-2000 : Ko$\overline{CU}$-삼축인장시험
- JGS 0527-1998 : 불포화 삼축압축시험
- JGS 0530-2000 : 삼축시험용 조립재료 준비
- JGS 0541-2000 : 반복 삼축압축시험

## 2. 구축필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

- 노반 및 도상 재료의 응력-변형률 관계 및 강도특성에 대한 이해는 철도지반공학에 필수적임
- 고속/고하중의 열차운행 시 대규모 동적하중의 작용으로 인하여 도상자갈의 파쇄 및 노반의 변형이 발생되며, 이는 노반의 강성과 직결되는 거동으로서 현장의 응력 조건을 모사한 실험적 연구가 필요한 상황임
- 내진해석과 동적거동 분석을 위해서는 반복하중조건하에서의 삼축압축시험에서 구한 조립재료의 동적 물성치가 필요하며, 이를 위해서는 진동제어가 가능한 진동삼축압축장비가 요구됨.
- 진동삼축압축시험으로 응력수준에 따른 재료의 특성을 파악할 경우, 노반 및 도상의 설계와 시공에 안전성과 경제성을 합리적으로 판단할 수 있을 것으로 판단됨.
- 조립재료의 역학적 성질에 대한 연구는 사질토에 대한 연구의 연장선에서 꾸준히 진행되어 왔으나, 입경 크기의 차이로 인해 실물 재료를 사용하지 않고서는 파악하기 힘든 부분이 많이 존재한다. 따라서, 소형 실내실험장치를 통한 현장조건의 모사 시 발생할 수 있는 크기 효과 등의 한계로 인하여 대형삼축압축시험장치가 필요함
- 대형삼축압축시험장치는 한국전력공사, 농촌공사, 한국도로공사, 수자원공사 등의 기관에서 수행하는 중/대규모의 성토구조물 재료에 대한 정밀한 변형-강도 특성의 규명 등에도 활용할 수 있음
- 국외의 경우, 대형진동삼축압축시험장치를 이용하여 골재 재료에 대한 전단강도, 응력-변형특성, 동적거동특성에 대한 연구를 진행해오고 있음
- 국내의 조립재료의 특성에 대한 연구는 외국에 비해 극히 미약하며, 특히 실험적인 접근은 매우 부족한 실정임

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

| 번호 | 대학 또는 시험소 | 국가 | 시료 직경(Cm) |
|---|---|---|---|
| 1 | 프린스턴대학 | 미국 | 20 |
| 2 | 미공병단시험소(Marieta, Georgia) | 미국 | 38 |
| 3 | 미공병단시험소(Sausalito, California) | 미국 | 30 |
| 4 | 미공병단시험소(Portland, Oregon) | 미국 | 30 |
| 5 | Geo testing사 | 미국 | 30 |
| 6 | Soil Mech. & F.Eng사 | 미국 | 30 |
| 7 | USBR시험소 | 미국 | 23 |
| 8 | 캘리포니아대학(UCB) | 미국 | 30-90 |
| 9 | Wahler Associatee Palo Alto, California | 미국 | 15 |
| 10 | 캐나다 수력국 British Columbia | 캐나다 | 15 |
| 11 | 멕시코 전력회사 CFE | 멕시코 | 113 |
| 12 | AIT | 태국 | 30 |
| 13 | 칼스루헤 공대 | 독일 | 20-100 |
| 14 | 다름슈타트 공대 | 독일 | 25-50 |
| 15 | 뮌헨 공대 | 독일 | 30 |
| 16 | 아헨 공대 | 독일 | 50 |
| 17 | 베를린 프러시아 수공연구소 | 독일 | 30 |
| 18 | 슈트트가르트 공대 | 독일 | 80 |
| 19 | 런던 왕립 공대 | 영국 | 30 |
| 20 | Engineering Lab. Equipment 사 | 영국 | 23 |
| 21 | 건설 연구소 | 영국 | 23 |
| 22 | ISMES 연구소 | 이탈리아 | 35-130 |
| 23 | 나폴리 대학교 | 이탈리아 | 35 |
| 24 | 쮸리히 공대 | 스위스 | 15 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 25 | Kansai 공대 | 일본 | 30-100 |
| 26 | Kajima 건설 시험연구소 | 일본 | 30 |
| 27 | Fujima 건설 시험연구소 | 일본 | 100 및 120 |
| 28 | Tokyu 건설 시험연구소 | 일본 | 30 |
| 29 | 건축연구소(BRI) | 일본 | 150 |
| 30 | SMEC 시험소 | 호주 | 57 |
| 31 | 국립 도로국 | 스웨덴 | 50 |
| 32 | NGI 시험소 | 노르웨이 | 30 |
| 33 | 뉴델리 중앙토질재료연구소 | 인도 | 38 |
| **34** | **한국수자원공사 수자원연구원** | **한국** | **30** |
| **35** | **연Eng** | **한국** | **30** |

| 구분 | | **수자원 공사** | **연Eng** | **KRRI** |
|---|---|---|---|---|
| 시료 직경 | | Φ300mm | Φ300mm | **Φ150mm** Φ300mm **Φ500mm** |
| 적용 시험 종류 | 정적삼축 시험 | UU시험, CU시험, CD시험, 삼축인장시험, 삼축투수시험, 등방압밀시험, 이방압밀시험, | UU시험, CU시험, CD시험, 삼축인장시험, 삼축투수시험, 등방압밀시험, 이방압밀시험, | UU시험, CU시험, CD시험, **CKoUC시험, CKoUE시험**, 삼축인장시험, 삼축투수시험, 등방압밀시험, 이방압밀시험, **Ko압밀시험** |
| | 동적삼축 시험 | 액상화시험(반복), 전단탄성계수, 감쇠비, 회복탄성계수($M_R$) | 액상화시험(반복), 전단탄성계수, 감쇠비, 회복탄성계수($M_R$) | 액상화시험(반복하중) **액상화시험(실제하중),** 전단탄성계수, 감쇠비, 회복탄성계수($M_R$) |
| | 특성화 시험 | 대형오이도미터시험, | 대형오이도미터시험 | 대형오이도미터시험, **최대전단탄성계수시험, 동결융해특성시험 평변변형률시험(중간** |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | | | | **주응력제어시험)** |
| 제어방식 | | 응력, 변위 | 응력, 변위 | 응력, 변위, **강성** |
| | | 단축 제어 | 단축제어 | **다축(6축) 동시 제어** |
| 제어 파형 | | Sine파 외 2개 | Sine, Triangle, Ramp, Square | Sine, Triangle, Ramp, Square, **User-define** |
| 정적 재하 | 변위속도 | 0.01-60mm/min | 0.01-60mm/min | **0.01-500mm/min** |
| | 용량 | 600kN | 600kN | **±2000kN** |
| | 구속압 제어 | 공압/수압 변환 | 공압/수압 변환 | **유압/수압 변환** |
| 동적 재하 | 변위/ 주파수 | ±5mm/5Hz/300kN | ±5mm/5Hz/300kN | **±10mm/10Hz**/200kN |
| 다짐방식 | | 타격식 | 타격식 | 유압하중제어식 |

- 국외의 경우 이상의 자료에 언급된 장비 이외에도 많은 학교와 연구소에서 대형삼축압축시험장비를 보유, 운영 중에 있음
- 국내의 경우 수자원연구원과 경주대학교에 각 1대씩 보유

**• 구축장비의 차별성**

- 시료 직경 50cm의 삼축압축시험장비는 국내 최대 규모이며, 실험 대상 골재의 크기가 8.25cm(기존 5cm) 이하로 보다 실물에 가까운 입도 재료의 실험이 가능함
- 미소변형에 대한 실험이 가능하게 하여 미소변형에서의 전단탄성계수의 평가가 가능함
- 기존 장비가 지반의 상태를 등방(isotropic)의 응력상태로 모사하여 압밀 및 전단시험이 수행되던 것에 반해, 본 장비는 $K_0$상태, 즉 수직과 수평응력을 현장 조건을 반영하여 조절하여 시험을 수행할 수 있도록 다축 동시제어 시스템을 구현함
- 평면변형율 조건 및 오이도미터 실험이 가능하도록 구축 예정
- 유압-수압 변환 방식으로 구속압 제어 정밀도 향상
- 다축 동시제어 기능으로 다양한 실험 조건 구현 가능
- 온도 제어 기능 확보로 다양항 기후 변화 특성 고려 가능

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 자체연구사업(기획)<br>2003.1.01~<br>2004.08.31 | 자체연구사업(기획) | '03.12.01~<br>'04.08.31 |
| 1/2차년도<br>2005.05.13~<br>2007.05.12 | 기본사양 작성<br>수정 및 보완 | |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 발주사양 작성 | '07.05~10 |
| | 장비심의위원회 | '07.10.31 |
| | 연구업무심의위원회 | '07.12.07 |
| | 기본품의 | '07.12.26 |
| | 구매요구 | '07.12.31 |
| | 사전규격공고 | '08.01.29~'08.03.04 |
| | 규격평가 | '08.03.20 |
| | 개찰 | |
| 4차년도<br>2008.05.13.~<br>2010.06.30 | 계약 | '08.05.30 |
| | 착수회의 | '08.06.05 |
| | 상세설계 | '08.10.07 |
| | 제작 | '08.11.18 |
| | 제작사내 시험 | '08.12.03 |
| | 이송/설치 | '08.12.03~'08.12.12 |
| | 연구원내 시험 | '08.12.13~'08.12.25 |
| | 교육 | '08.12.26~'09.01.27 |
| | 완료 | '09.01.30 |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

기본사양 대비 발주사양의 대표적인 차별성과 개략적인 비교표는 아래와 같다.

시험목적에 적합하게 정적 액츄에이터와 동적 액츄에이터 2대를 별도로 확보하였으며, 대상시료 및 시험조건의 다양화를 위해 다양한 크기의 셀을 발주사양 내에 포함시켰으며, 배수 등 제반조건의 제어를 위한 멀티 제어시스템, 시료 조성을 위한 다짐장비 등을 추가하였고, 평면변형률의 인위적 조성을 위한 제어장치 및 재하장치를 포함시켰다. 전체적으로 기본사양 대비 발주사양은 확장적으로 구성되었으며, 제한 예산 내에서 최적화시킨 것으로 판단된다.

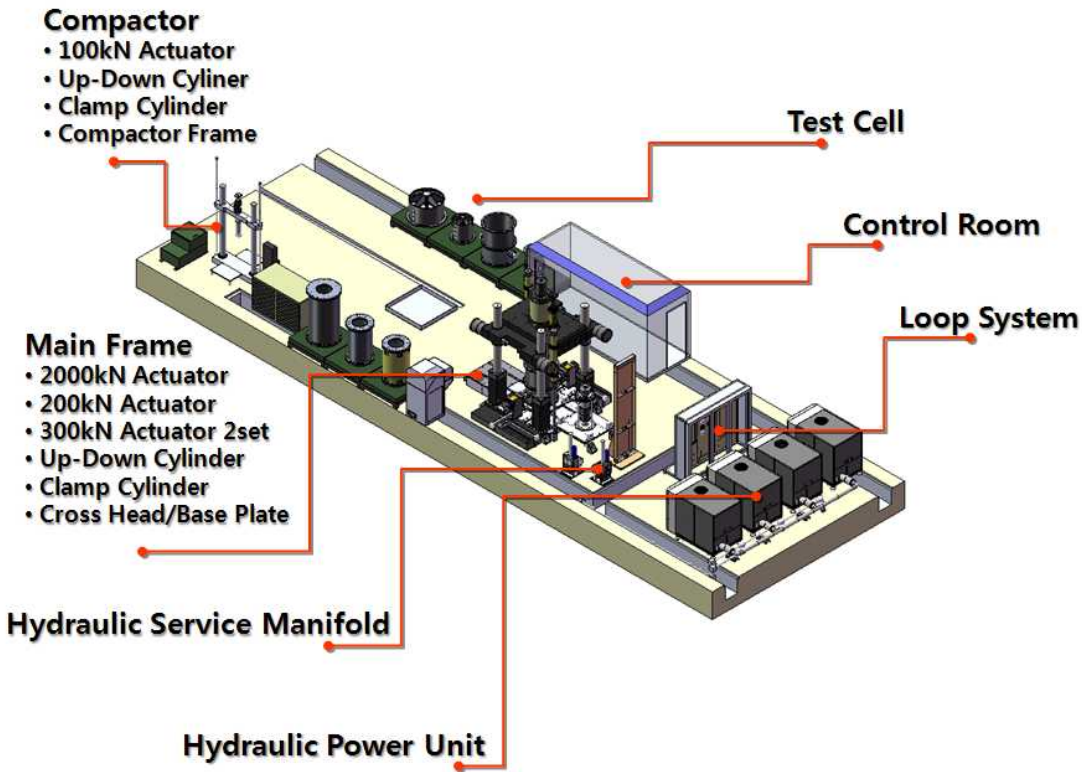
<표 3-5-1> 기본사양 대비 발주사양의 대표적 차별성

| 구분 | 확장 사유 |
|---|---|
| 정/동적 Actuator 및 Frame 분리 | 실험 목적과 대상 시료에 따른 정밀도 확보 제고 |
| 대상 시료 직경 다양화 | 재료 종류 및 대상 조건에 따라 적용성 확장 |
| 응력조건(삼축 Ko, 오이도미터) 추가 | 지반재료 특성 고려 현장 응력조건 모사 기능 확대 |

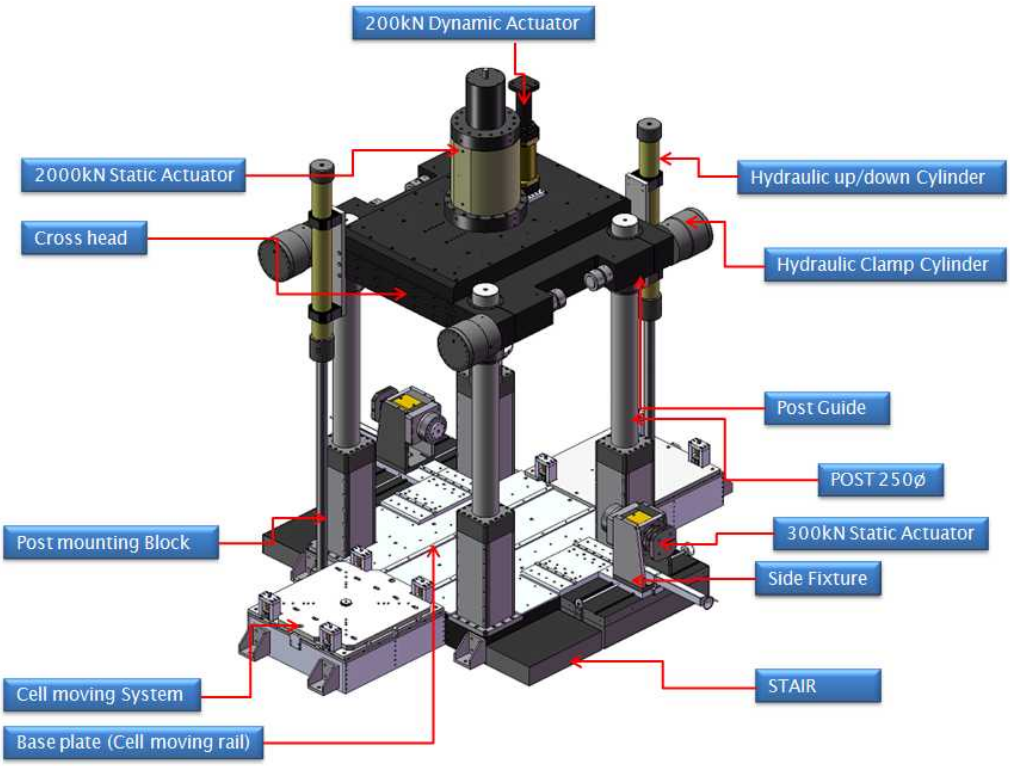
<표 3-5-2> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 | 발주사양 |
|---|---|---|
| 주요 구성품 | • Main Frame 1대<br>• 재하 actuator 변경을 위한 크래인 (시험재료에 따른 actuator 변경)<br>• Data Acquisition System 1 set<br>• Control Panel 1 set<br>• Load cell<br>• LVDT<br>• 대형다짐기 1대 | • Hydraulic Actuator 2대(정적용 2000kN, 동적용 200kN)<br>• Main frame 1식<br>• Test Cell(삼축셀 직경별 3set, 오이도미터 셀 직경별 2set)<br>• Hydraulic Power Related Product 1식<br>• Multi Digital Control System<br>• Control Software<br>• 시료 조성 다짐 장비(진동식, 타격식)<br>• 부대장비(Air Compressor, 건조로, 온도조절장치, 평면변형율 제어 등) |
| 성능 | • 토사용 50(ton), 도상용 150(ton)<br>• 구속압 2(MPa)<br>• 0.1-8.0(Hz)<br>• Stroke : ±150(mm) | • 하중 크기<br>- 정하중 2000kN,<br>- 동하중 200kN/10Hz/±10mm<br>• 스트로크 : ±200mm |
| 부대 설비 | • 전력 : 3상, 200V or 380V AC, 7.5kW<br>• 유압 토출량 :19ℓ/min at 210bar<br>• 냉각 : 필요 냉각수량 20ℓ/min<br>• 급/배수 : 상시 주수기능 | • 전력 : 380V, 60Hz, 3Phase<br>• 유압 : 420lpm at 210bar or more<br>• 냉각 : Chiller 50RT<br>• 급/배수 : 상시 주수기능 |

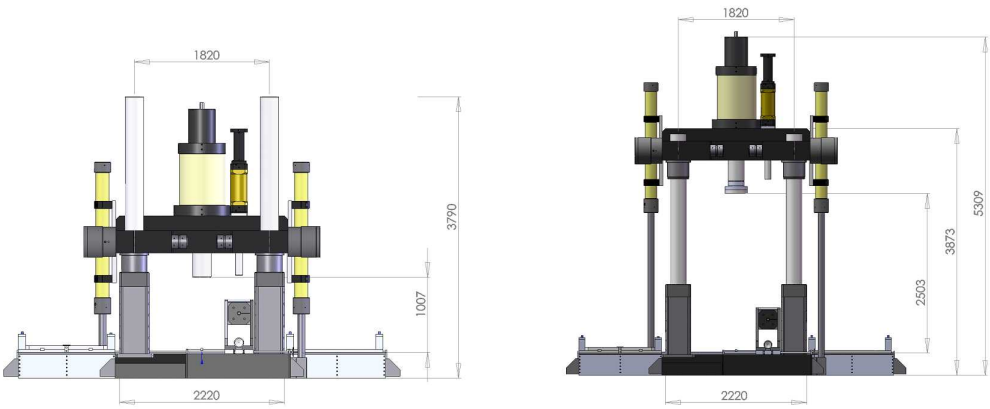
다. 설계결과




<그림 3-5-1> 장비 배치 상세설계안

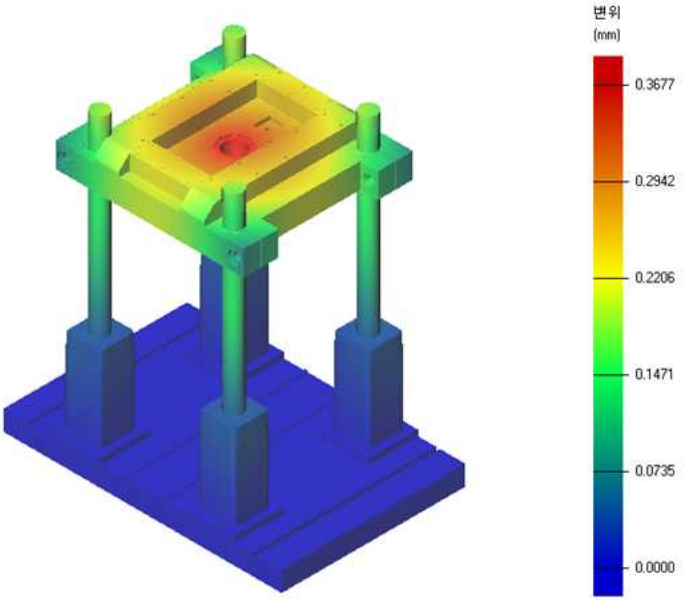



<그림 3-5-2> Main Frame



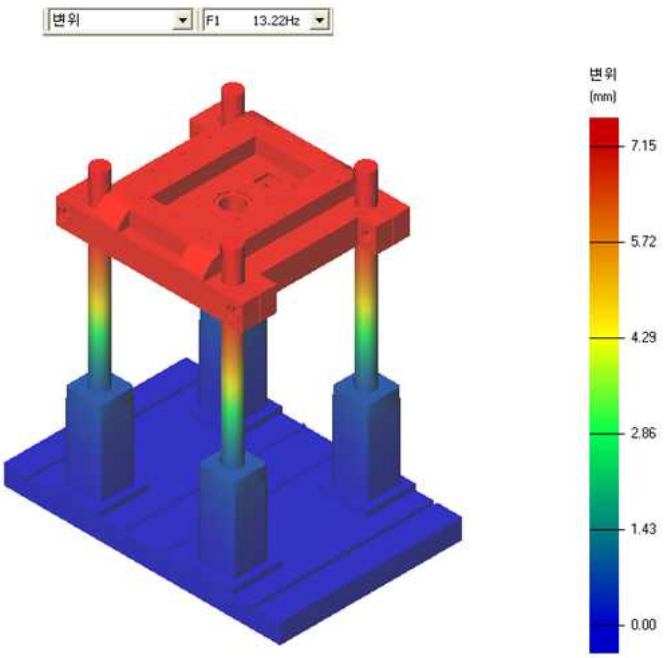

<그림 3-5-3> Cross head Up and Down

Displacement : 0.3677

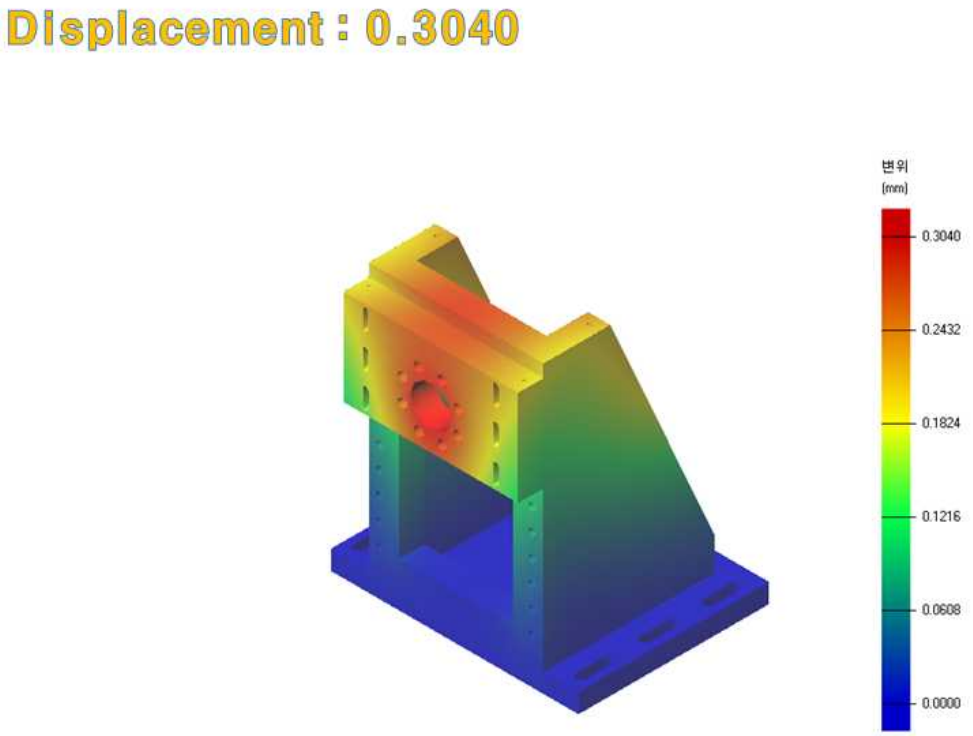



<그림 3-5-4>Main Frame 최대하중 시 변위 해석

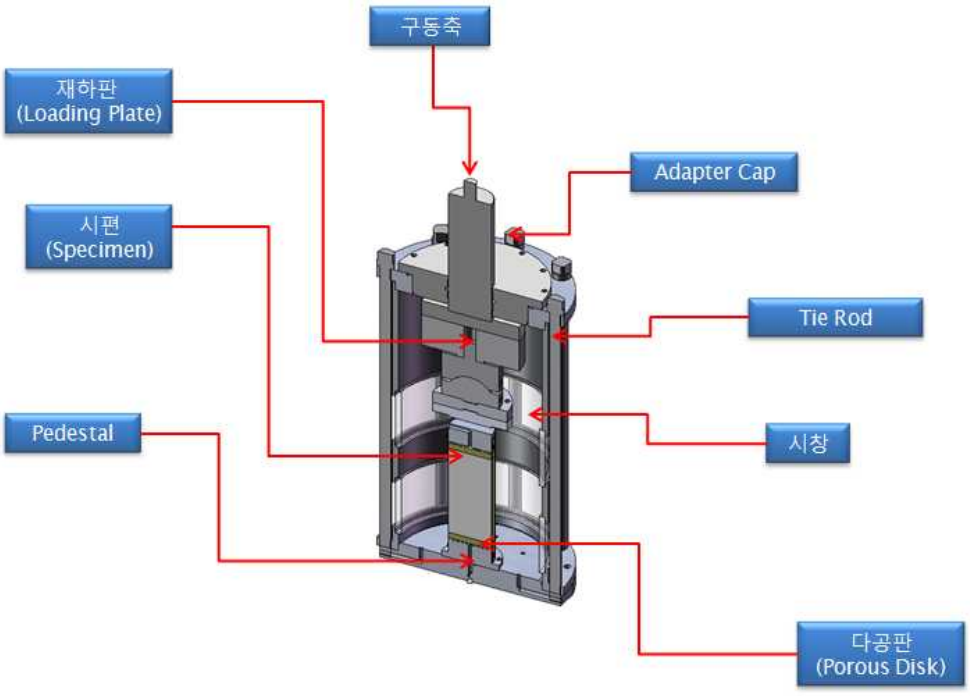
Natural Frequency : 13.22Hz



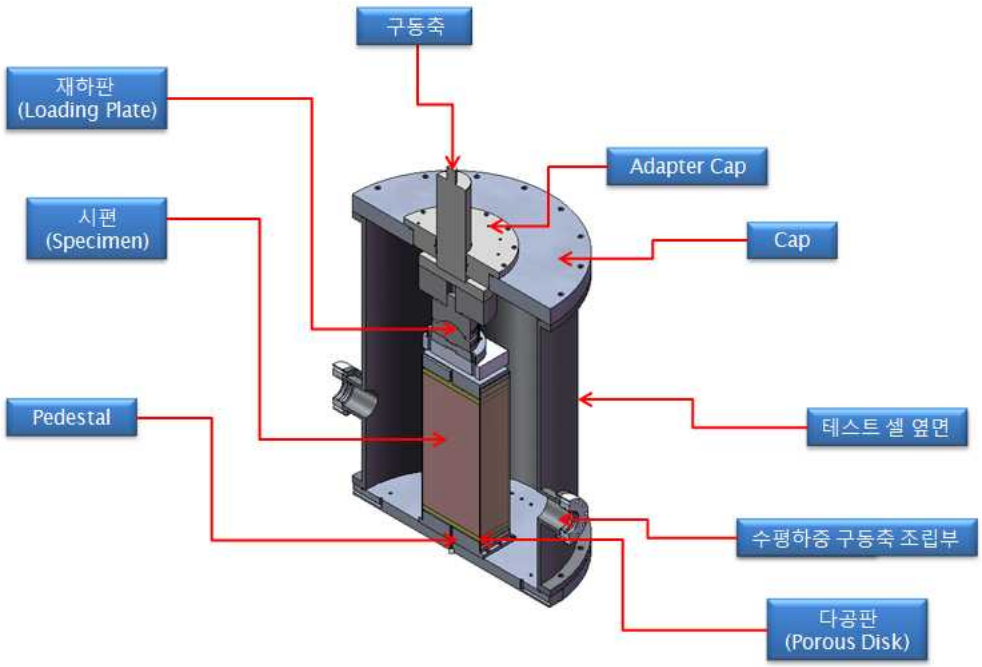

<그림 3-5-5> Main Frame 고유 진동수 해석



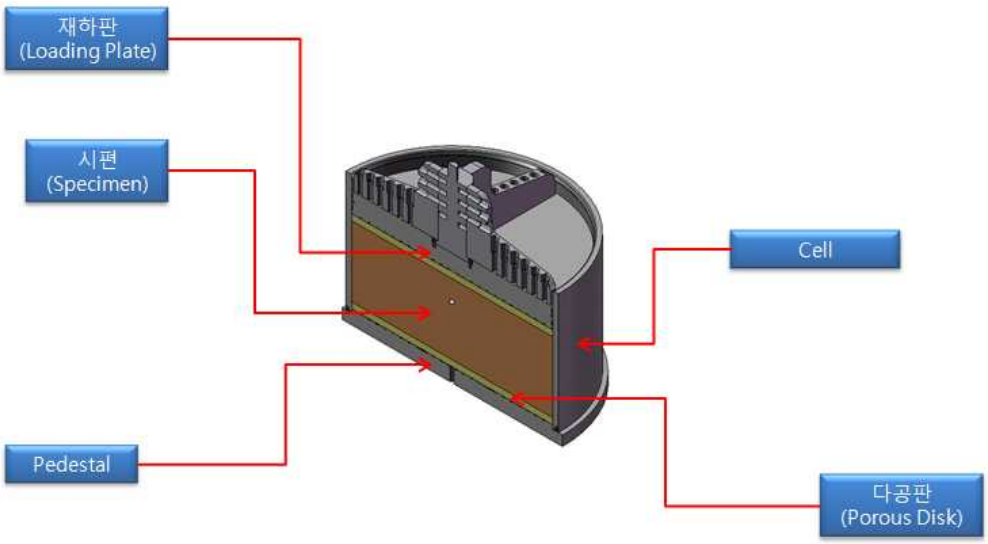

<그림 3-5-6> Side Fixture 최대하중 시 변위 해석



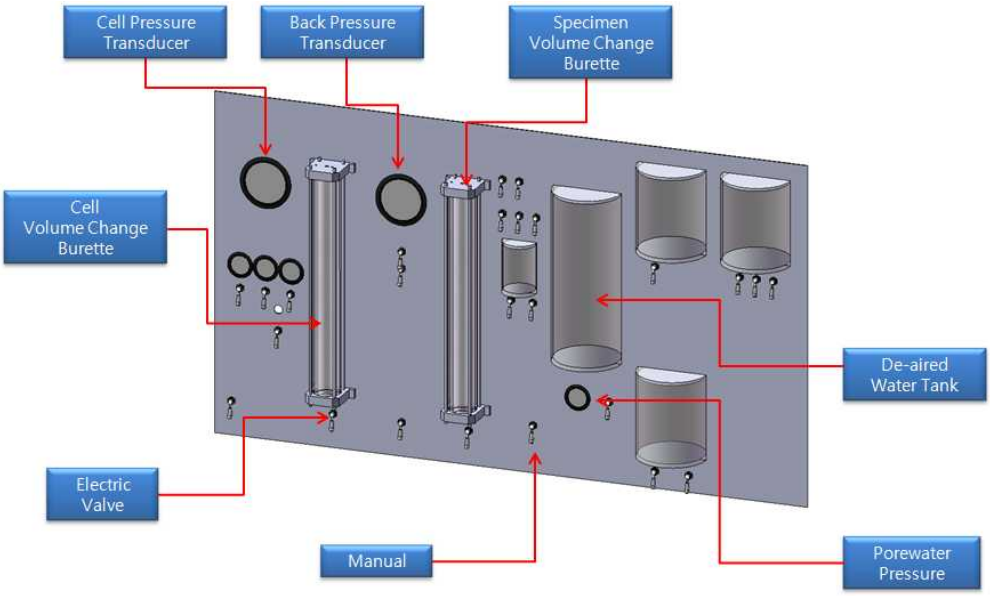

<그림 3-5-7> 삼축셀




<그림 3-5-8> 중간주응력셀

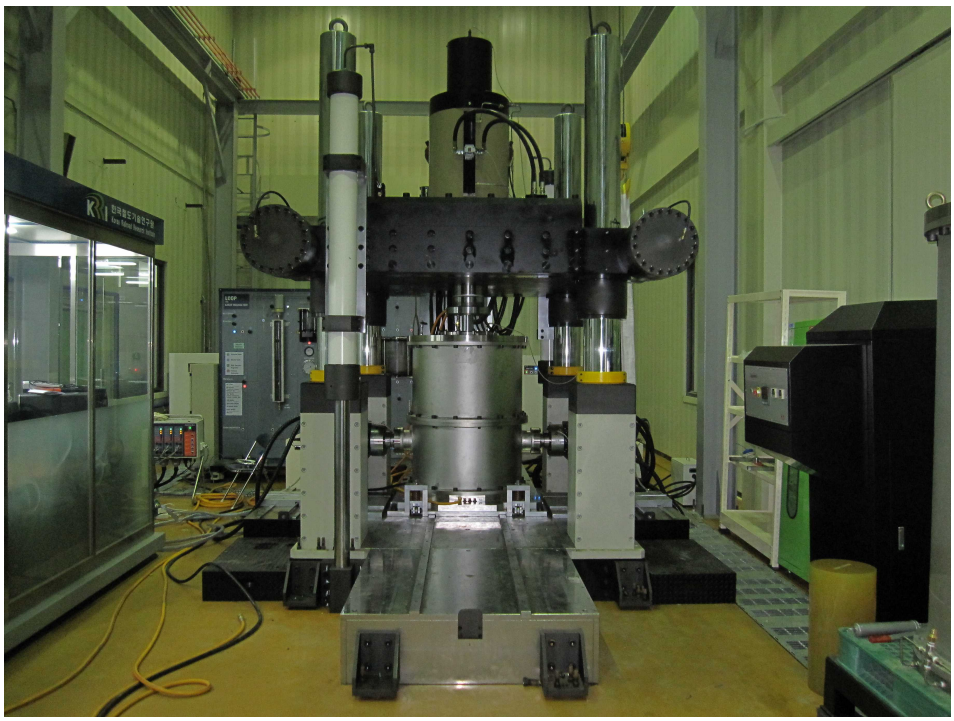



<그림 3-5-9> 오이도미터셀




<그림 3-5-10> Loop System

### 라. 시스템 전경 및 주요 구성요소



<그림 3-5-11> Main Frame




<그림 3-5-12> Loop System



<그림 3-5-13> 유압하중제어식 다짐장비



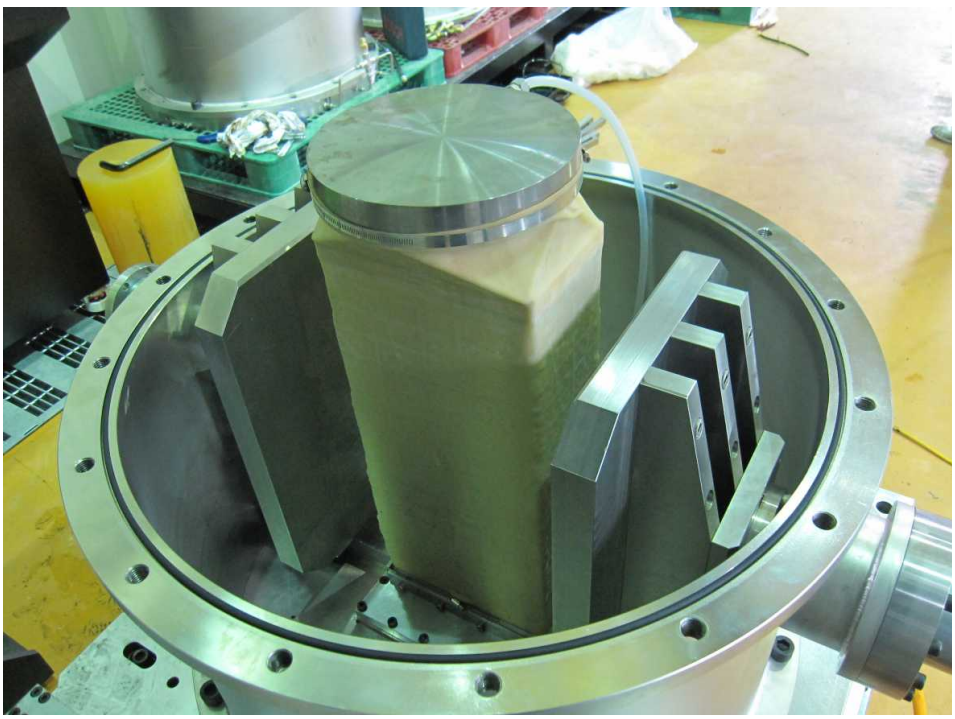

<그림 3-5-14> 삼축셀 및 오이도미터 셀



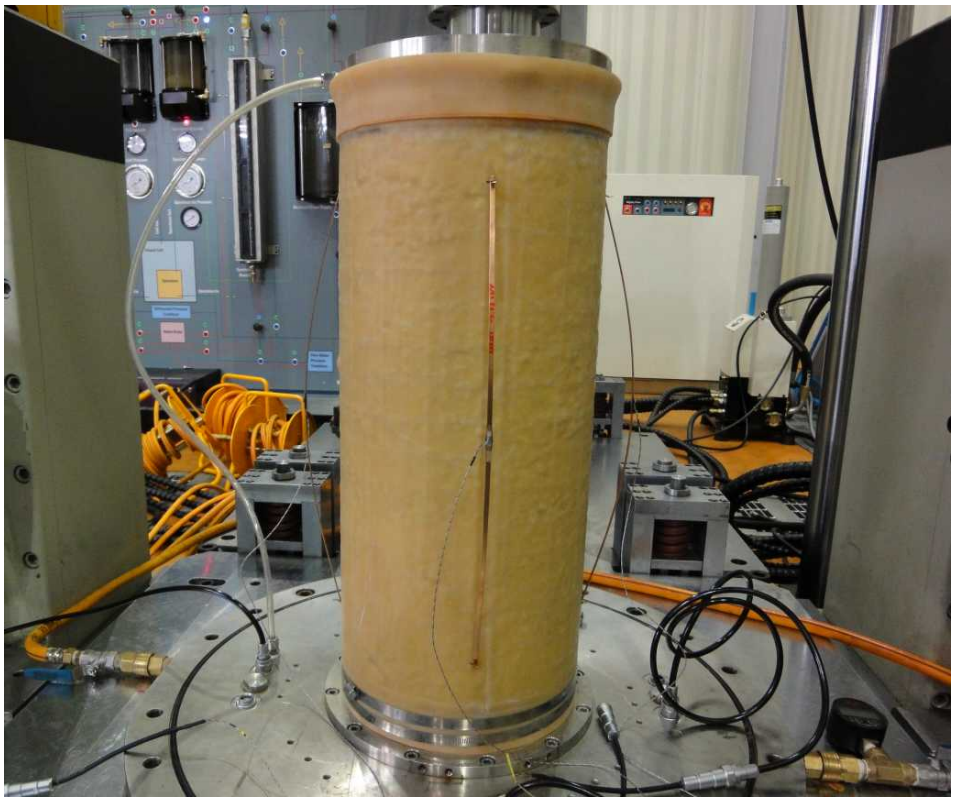
<그림 3-5-15> 420lpm 유압펌프(HPU)




<그림 3-5-16> 동결융해 제어장치



<그림 3-5-17> 중간주응력제어 하부 셀 및 시편



<그림 3-5-18> 미소변형 측정 센서 및 시편

# 6절 구축장비 추진 현황
## : 6자유도 진동대

## 1. 개요

■ 장비명 : 6자유도 진동대(6DOF Seismic Table Platform)

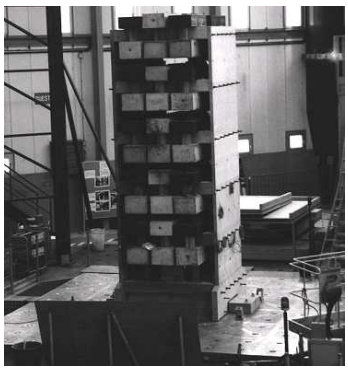
■ 제작사 : KNR 시스템

■ 주요 구성품
- Seismic Table 1식
- Horizontal/Vertical actuator 8대
- Foundation/Reaction Mass 1식
- 데이터처리장치 1식
- 제어장치 1식
- 유압장치 1식
- 냉각장치 1식

■ 피시험체
- 철도 교량(역사) 구조물(부재) 및 부속물
- 철도 노반(도상) 구조체
- 내진/면진 구조체
- 진동시험이 요구되는 제반 시험대상

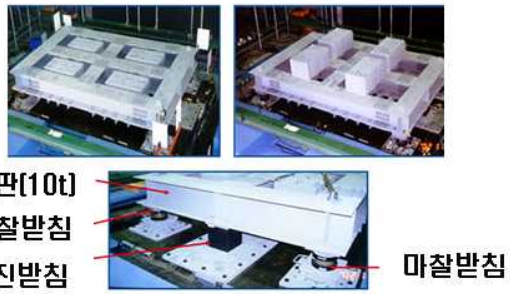
■ 관련시험
- 6자유도 지진모사 시험
- 제반 진동시험
- 철도교량/역사의 교각(기둥, 전단벽체)의 내진관련 전단성능 시험
- 철도교량받침(내진, 면진)의 내진성능 시험

- 내진(면진) 댐퍼의 내진성능 시험
- 철도 도상시스템의 지진 시 교란 시험
- 지진시 지반 및 구조물의 상호작용에 관한 축소모형 실험
- 실시간 복합제어기법을 이용한 실대형 구조체(부재) 내진성능 실험





가) 건축물 축소모형 실험 나) 교각 축소모형 실험 다) 교량 축소모형 실험


라) 레일-도상시스템 모형 실험 마) 내진받침 성능 실험

<그림 3-6-1> 다자유도 진동대 시험 항목 예

■ 관련규격

• 국내 규격

- 별도규격 없음
- 철도설계기준(철도교 편)
- 콘크리트설계기준(콘크리트교 편)

• 국외 규격

- 별도규격 없음
- NEES Seismic Table Test Training Program, U.S. NSF

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

■ 최근 10년 동안 한반도 및 주변지역의 지진활동 빈도와 규모가 1980년대에 비해 4~5배 증가하고 있으며, 판 경계인 서울 동부, 경기남부, 강원북부, 경상도 일대의 향후 지진규모 6.0이상의 지진발생의 가능성이 있음

■ 철도설계기준(1999) 철도교편의 내진설계 최초 도입 이래 내진설계 세부지침 수정보완(2004)

■ 전국 2,704개소의 철도교 중 내진설계 미반영 교량이 약 84%에 달하며 내진 보수/보강, 기존 구조물 내진평가 관심 고조

■ 정부/공공기관/방재관련 기관의 관련업무 증가 추세

■ 지진 시 철도구조물의 거동, 내진보강방법의 개발/검증, 내진설계기준의 보완 등의 목적을 달성하기 위한 필요 불가결한 장비 임

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

- 국내 유사장비 보유현황
  - 국내 유사장비는 대학, 정부출연연구원, 민간기업 등에서 일부 보유중
  - 도입예정인 장비와 유사성능 장비는 소수
- 국외 유사장비 보유현황
  - 미국, 일본 등 전세계에서 지진활동이 활발한 국가에서 대부분 다수 보유중

<표 3-6-1> 국내외 유사장비 보유현황

| 설치기관 | 도입 시기 | 진동대크기 (m) | 시험체 최대중량 (톤) | 가진가능 자유도 | 최대 스트로크 (mm) | 액츄에이터 수 | 최대 속도 mm/sec | 최대 가속도 (g's) | 주파수대역 (Hz) | 실시간 복합 제어기능 여부 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **한국철도기술연구원(예정)** | **2009** | **4.1x4.1** | **30** | **Triaxial (6 DOF)** | **H±300<br>H±200<br>V±150** | **2<br>2<br>4** | **1500<br>1500<br>1000** | **1.5<br>1.5<br>1.0** | **0.1-60** | **Yes** |
| 부산대학교 | 2007 | 4.1x4.1 | 30 | Triaxial (6 DOF) | H±300<br>H±200<br>V±150 | 2<br>2<br>4 | 1500<br>1500<br>1000 | 1.5<br>1.5<br>1.0 | 0.1-60 | Yes |
| 한국기계연구원 | 1989 | 4 x 4 | 30 | Triaxial(6 DOF) | H±200<br>H±200<br>V±134 | 2<br>2<br>4 | 750<br>750<br>500 | 1.5<br>1.5<br>1.0 | 0.1-50 | No |
| 한양대학교 | 1999 | 3 x 3 | 10 | Uniaxial | H±100 | 1 | 800 | 1.0 | .1-50 | No |
| 서울시립대학교 | 1998 | 3 x 3 | 10 | Uniaxial | H±100 | 1 | 500 | 1.0 | .1-40 | No |
| State University of New York, SUNY Buffalo, USA | 2003 | 3.6x3.6 | 20 | Triaxial(6 DOF) | H±150<br>H±150<br>V±75 | 4<br>4<br>4 | 1250<br>1250<br>500 | 1.15<br>1.15<br>1.15 | .1-50 | Yes |
| China Building Research Institute, CABR, China | 2003 | 6 x 6 | 60 | Triaxial(6DOF) | H±150<br>H±250<br>V±100 | 4<br>4<br>4 | 1000wl<br>1250<br>800 | 1.5<br>1.0<br>0.8 | .1-50 | No |
| University of Nevada, Reno Network Earthquake Engineering Simulation project (NEES), USA | 2002 | 4.3x4.5 | 45 | Uniaxial (Biaxial Capabi-lity) | H±300 | 1 | 1000 | 1.0 | .1-33 | Yes |
| University of California San Diego SRMD/LDC | 1999 | 4 x 3.7 | 400 | Triaxial(6DOF) | H±1200<br>V±200 | 4<br>4 | 1800<br>800 | 1.9<br>1.3 | .1-10 | No |
| National Institute of Earth Science Disaster Prevention, STA Japan (6x6m prototype of 15x20m system) | 1999 | 6 x 6 | 50 | Triaxial(6DOF) | H±1000<br>H±1000<br>V±500 | 2<br>2<br>4 | 2000<br>2000<br>700 | .4<br>.4 (limited by bld.) | .1-20 | No |
| EPDC, Tokyo Japan | 1999 | 3.5 (Dia) | 10 | Triaxial (6DOF) | H±200<br>H±200<br>V±200 | 2<br>2<br>4 | 600<br>600<br>375 | 1.0<br>1.0<br>1.0 | .1-100 | No |
| Housing Urban Develop. Research Institute, Japan | 1997 | 3 x 4 | 4 | Triaxial(6 DOF) | H±250<br>H±200<br>V±100 | 1<br>2<br>4 | .75<br>.75<br>.75 | 1.2<br>1.2<br>.8 | 50 | No |
| Kyoto University Disaster Prevention Research Center , Japan (Underwater Table) | 1996 | 3.5 (Dia) | 10 | Triaxial(6 DOF) | H±200<br>H±200<br>V±200 | 2<br>2<br>4 | 600<br>600<br>375 | 1.0<br>1.0<br>1.0 | .1-50 | No |
| Ministry of Construction, Japan | 1996 | 8 x 8 | 100 (300 max.) | Triaxial(6 DOF) | H±600<br>H±600<br>V±300 | 6<br>6<br>4 | 2000<br>2000<br>1000 | 2.0<br>2.0<br>1.0 | .1-50 | No |

• **구축장비의 차별성**

- 부유기초 형식의 국내 유일 6자유도 진동대
- 페이로드 30톤, 수직/수평방향 액츄에이터의 성능사양 국내 최상(하중크기, 변위 및 재하가속도 등)
- 매스리그시스템을 이용한 고정경계조건의 구현

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-6-2> 6자유도 진동대 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | 장비 우선순위 선정 | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | 기본사양서 초안 작성 | |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 기본사양서 보완 및 발주사양 도출 | ´07.05~´07.10 |
| | 입찰요청서 작성 | ´07.10~´07.12 |
| | 주관기관내 장비도입소위원회 심의 | ´07.12.20 |
| | 주관기관내 연구업무심의위원회 심의 | ‘07.12.28 |
| | 조달청 구매의뢰 | ´08.02.18 |
| | 조달청 입찰공고 | ´08.03.04 |
| | 계약 | ´08.09 |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2009.05.12 | 상세설계 | ´08.09~´09.03 |
| | 주요부품 제작 | ´08.11~´09.07 |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´09.07.~´09.08 |
| | 이송/설치 | ´09.08.~´09.09 |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´09.09.~´09.10 |
| | 교육 | ´09.10 |
| | 구축완료 | ´09.11 |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

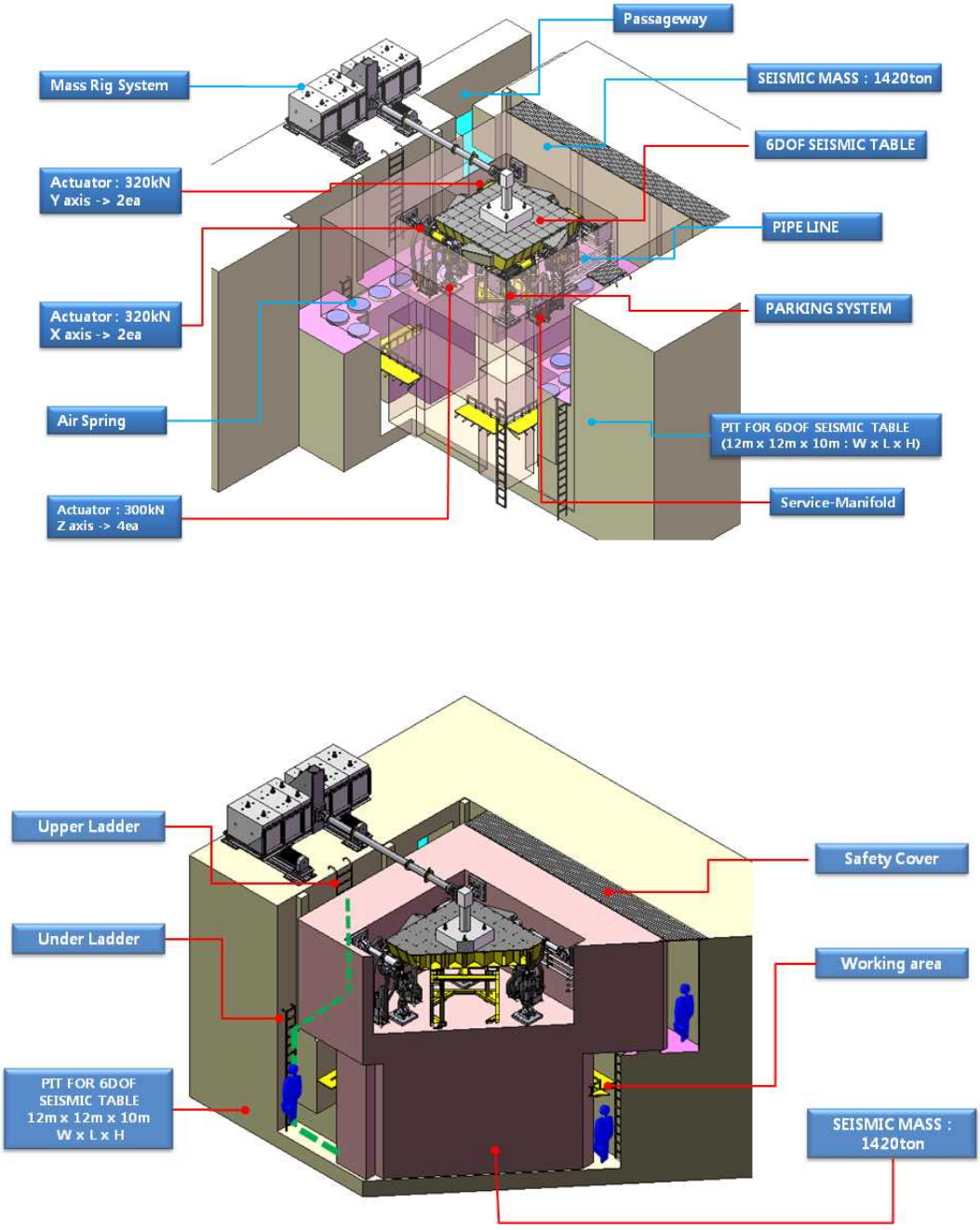
본 장비의 경우, 기본사양 작성 당시 기본성능 이외에는 결정된 사항이 없었던 바, 2차년도 이후 수행된 집중 검토를 통해 발주사양이 상세화되었으며, 부유식 기초라는 특성으로 인해 제작가능업체와의 기술협의에 상당한 기간이 소요되었다. 아래 표는 발주사양의 세부사항에 대한 요약 결과이다.

<표 3-6-3> 주요 기본사양 세부사항(6DOF Seismic Table Platform)

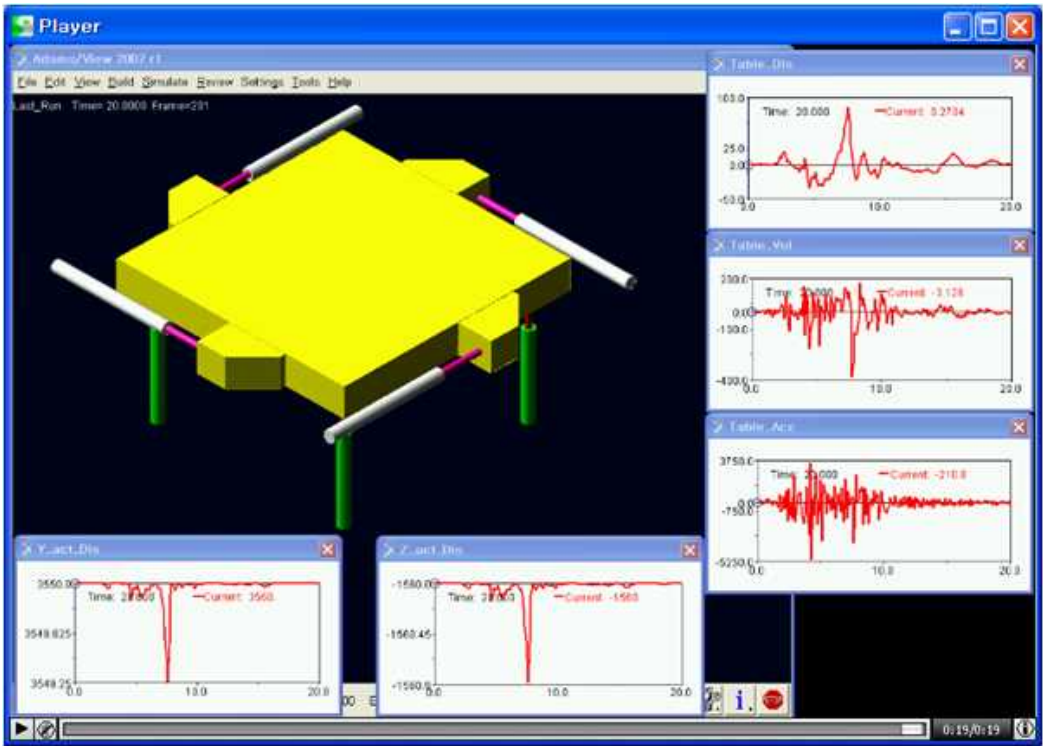
| Components | Specifications |
|---|---|
| Seismic Table | - Must exceed 0.1~60Hz band of natural frequency range for normal seismic tests<br>- Welded honeycomb structure<br>- Optimized providing high bending and torsional stiffness<br>- Must be flat within ±2mm with recessed M24x3.0 thread pattern on a 50cm square<br>- Must be embeded 11 accelerometers<br>- Test space: 4.0m x 4.0m square surface |
| Hydraulic Actuator Systems | - Must size 8 actuators for manipulate X, Y, Z, yaw, roll and pitch motions<br>- Stoke level: X(±300 mm), Y(±200 mm) and Z(±150 mm)<br>- Acceleration: X(±1.5g), Y(±1.5g) and Z(±1.0g)<br>- Frequency of operation : 0.1 ~ 60Hz<br>- Maximum payloads: 30 tons (Nominal payloads: 20 tons)<br>- Overturning moment: 1200 kN-m |
| Actuator Facility Integration | - Lateral, Longitudinal & Vertical actuator mounting requirement<br>- Static support requirement (Parking frame)<br>- Mount/Interface between actuators & concrete reaction mass<br>- Must be prepared for design details of actuator mounting/anchoring plates<br>- Must be included cover plate and trench covers |
| Seismic Mass Foundation | - Must fit into the existing pit(12mx12mx10m) of KRRI<br>- Concrete reaction mass must be designed in the ratio of 1/60 between total payloads (included shake table & its supplements) and concrete mass<br>- Required to minimize dynamic influence into adjacent testing machine platform |
| Reaction Blocks & Post-tensioning anchorage system | - Reaction blocks must be able to relocatable<br>- Reaction block assembly must carry the 250 kN horizontal dynamic actuation<br>- Must be prepared for design details of actuator mounting/anchorage system |
| Static Support System | - Parking frame for seismic table in case of normal(unloaded) states<br>- Must be prepared for design details |
| Hydraulic Pumping System | - Verify that the KRRI existing pumping system is sufficient(4080LPM)<br>- Line accumulators<br>- Performance curve should be submitted at three conditions: (Bare table, 20 tons & 30 tons specimens) |
| Hydraulic Distribution System | - Pressure drop less than 10% of normal supply pressure through the duration of the test the uniaxial cases(6 DOF worst case, 20sec duration)<br>- Bidder must clearly define the hydraulic plan with accurate calculations to support the limited pressure drop of 10%<br>- Required hardline should be equiped to seismic table facility<br>- All manifolds and necessary support clamps, brakets to secure the hardline must be |

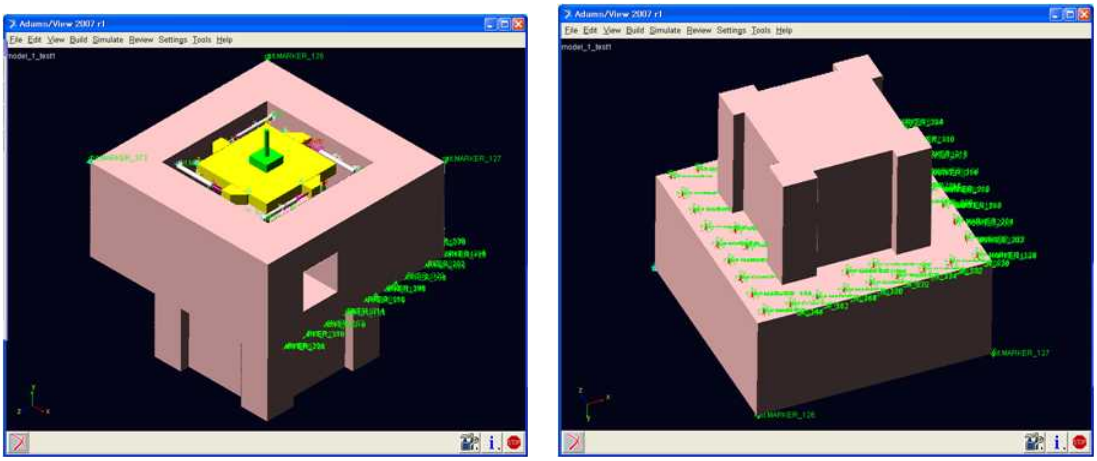
| | |
|---|---|
| | installed |
| Control System | - Real time digital controller (6ch+2ch, 16bits, > 1kHz sampling rate)<br>- Signal conditioning hardware(Signal gains: 0.9~82, 250~2500, Noise: < 1mmV under 0.1~10Hz, < 10mmV under 10~500Hz)<br>- Data acquisition harware (16bits, > 2kHz sampling rate)<br>- Valve driver hardware(16bits, Freq. < 500Hz, Amp. < 5V)<br>- Function generation hardware(Cyclic, Sweep, Stepped sine, Random etc.)<br>- Control system software(States-of-the-Arts digital computer, Matlab) |
| Mechanical & Control System Performance | - THD Freq. : 1~60Hz(Sinusoidal), less than 5% THD for 0.1g~1.0g of accelerations<br>- Flat response : 1~50Hz(Random), less than ± 1.5dB |
| Seismic Test Control & Compensation Software | The seismic table control should be able to operate the followings:<br>- Degree of freedom control<br>- Three variable control<br>- Force balance control<br>- Amplitude phase control<br>- Adaptive harmonic control<br>- Adaptive inverse control<br>- On-Line iteration<br>- Overturning moment iteration<br>- Off-Center load compensation |
| Seismic Application Software | Bidder shall provide a highly engineered and proven software solution designed for seismic testing as follows:<br>-Set-up and configuration of seismic tests<br>-Execution of tests and aquisition of system and specimen data<br>-Synthesis of earthquakes from PSD and response spectra<br>-Analysis and processing of acquired data<br>-Modeling of system response<br>-Coherence function<br>-Vibration frequency spectra |
| Data Acquisition System | - 128 CHs of data acquisition with simultaneous sampling capabilities<br>- Minimum sample rate of 5kHz per CH.<br>- Signal conditioning: 1/4, 1/2 & Full bridge strain gage inputs with 1/4 bridge completion provided with system for all channels |

## 다. 설계 결과

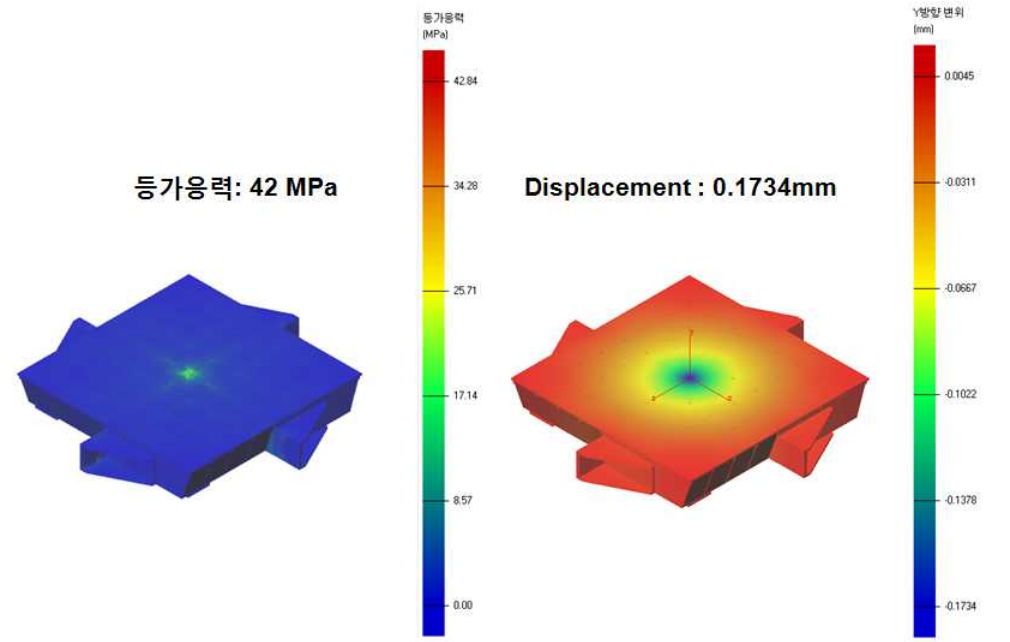


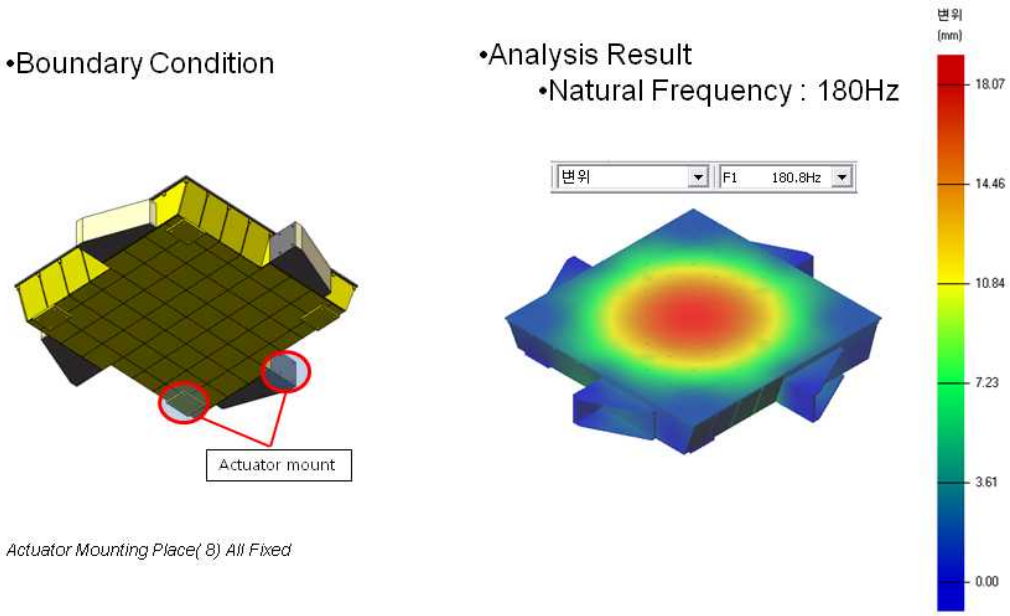

<그림 3-6-2> 장비 배치 상세설계안



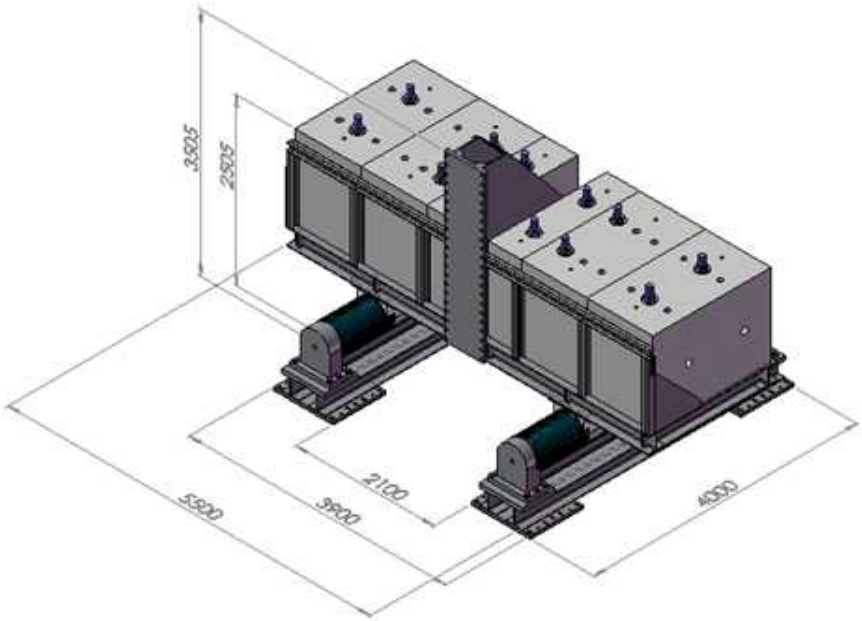



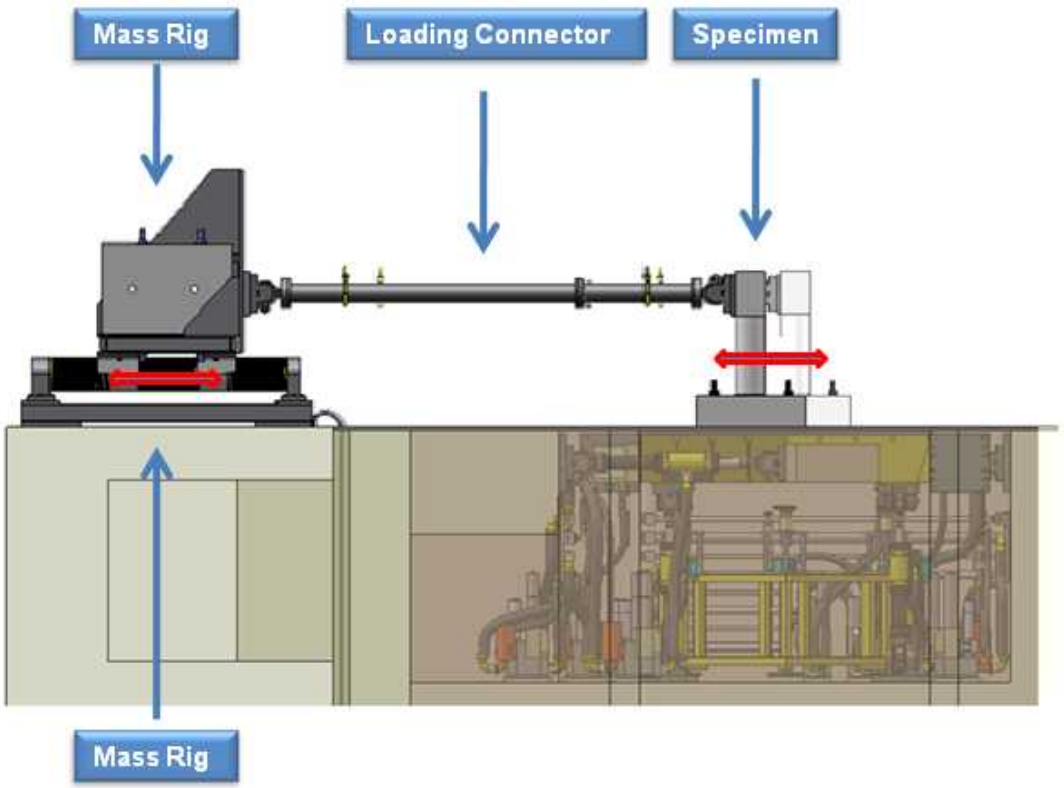
<그림 3-6-3> 컴퓨터 Simulation



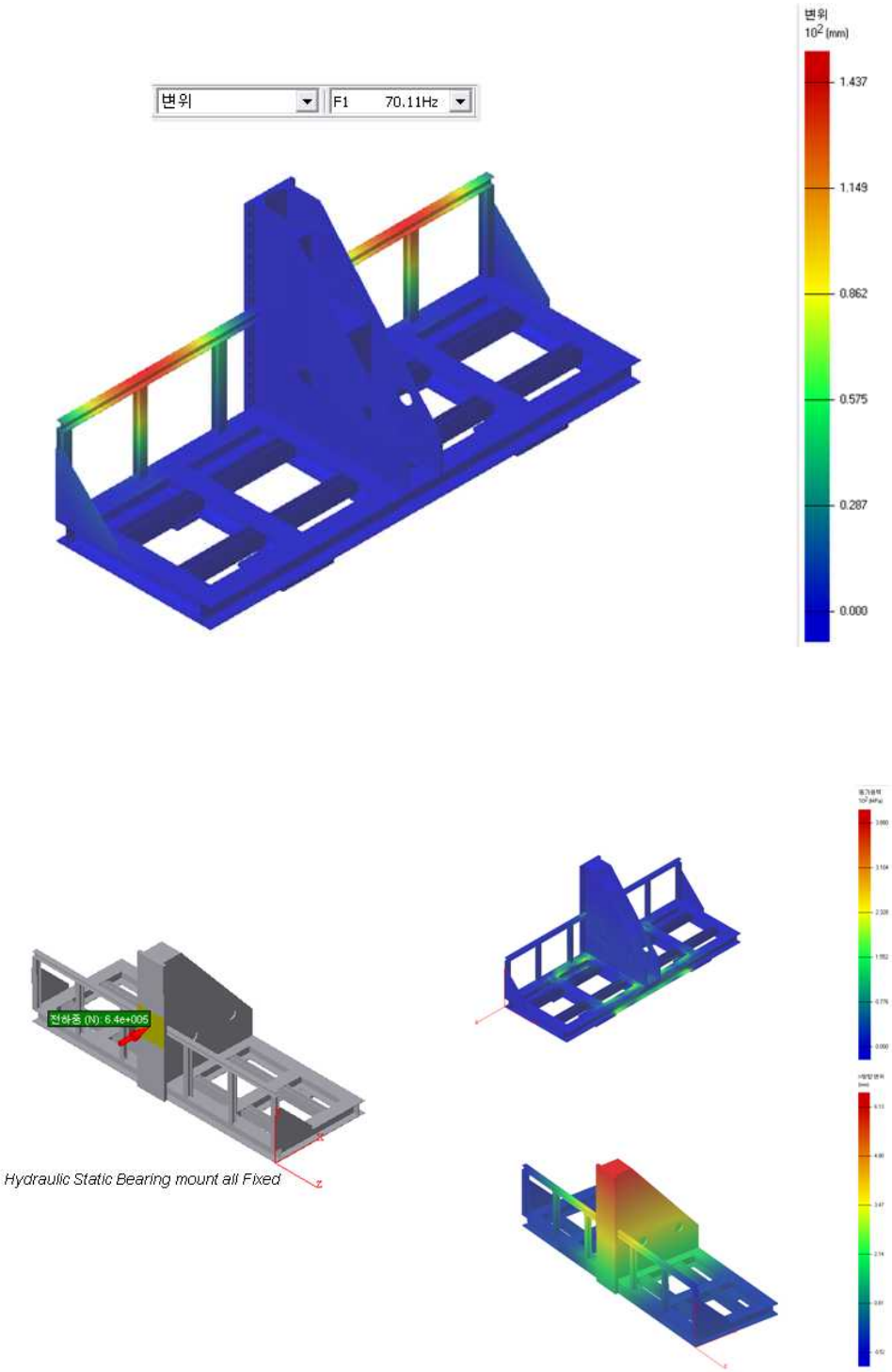




<그림 3-6-4> Table FE 해석 결과

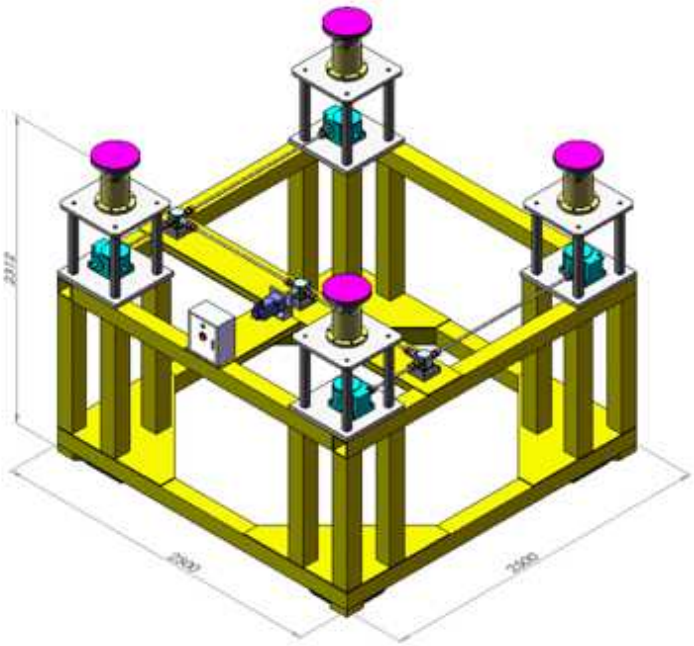


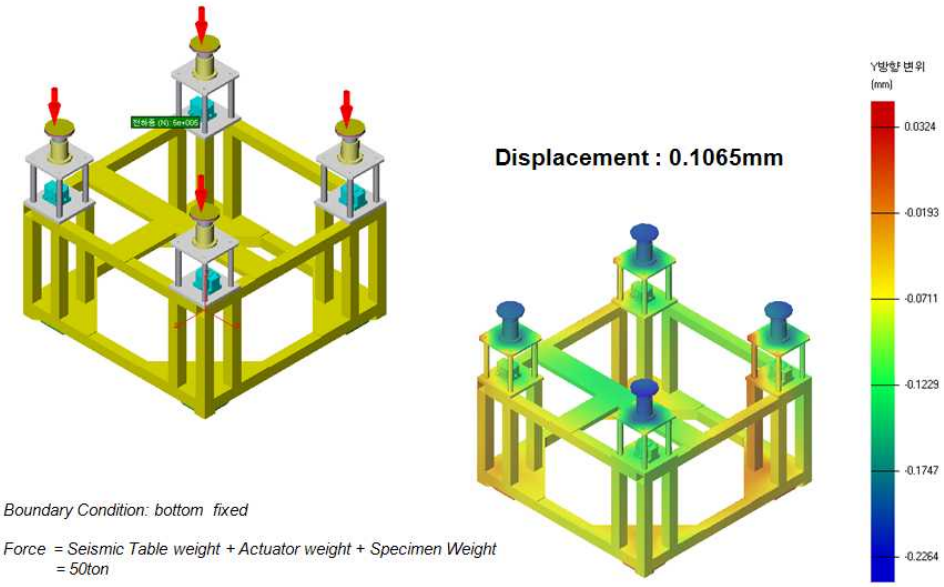

<그림 3-6-5> Mass Rig System




<그림 3-6-6> Mass Rig FE 해석결과



<그림 3-6-7> Parking System

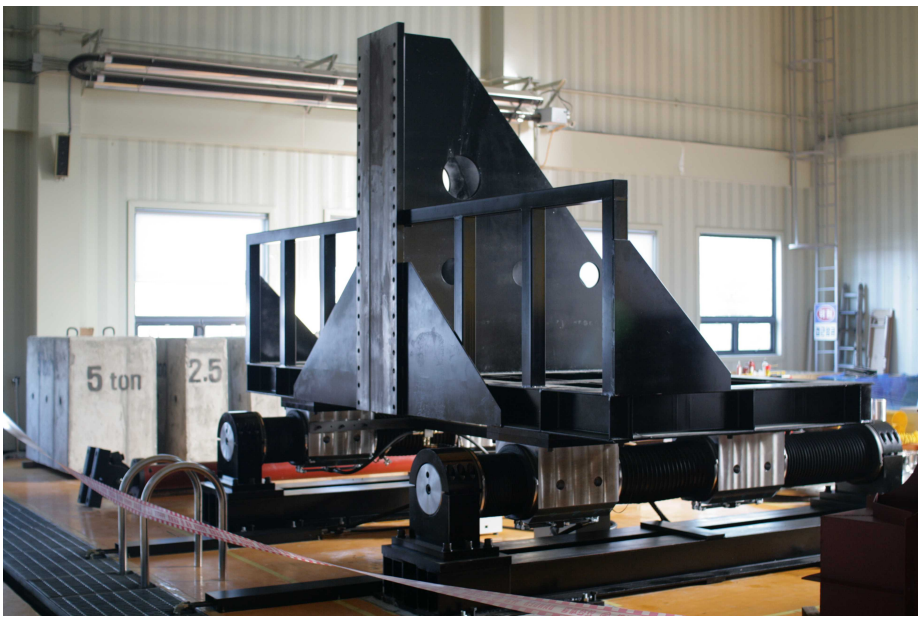



<그림 3-6-8> Parking System FE 해석결과

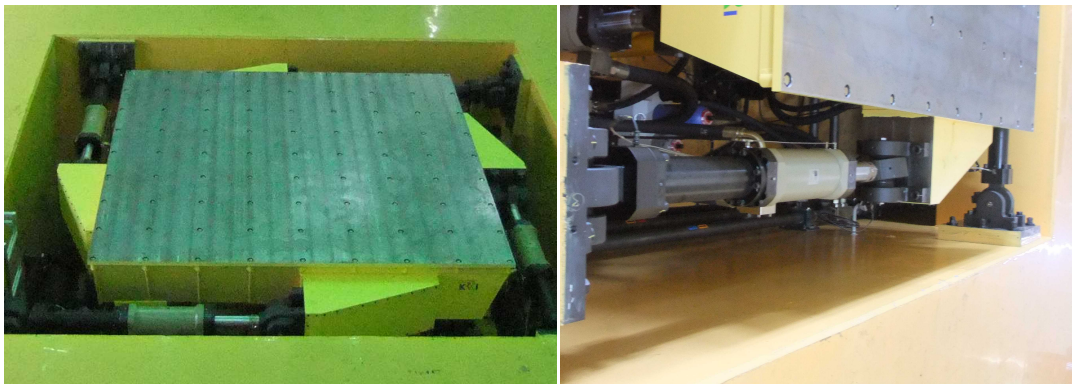
### 라. 시스템 전경 및 주요 구성요소



<그림 3-6-9> 6자유도 진동대 시스템 전경




<그림 3-6-10> Mass Rig System



<그림 3-6-11> Table & Actuator



<그림 3-6-12> Test Setup 전경

# 7절 구축장비 추진 현황
## : 철도구조물 성능평가 시험기

## 1. 개요

■ 장비명 : 철도구조물 성능평가시험기

■ 제작사 : 삼연기술

■ 주요 구성품
- Load Frame Assembly 1식
- Hydraulic Actuator Assembly 1식
- Hydraulic Distribution 1식
- Foundation Engineering 1식
- Servo Control System 1식
- Standard Accessories 1식

■ 피시험체
- 부재단위 철도 구조물(기둥, 보, 슬래브)
- 건설재료 (고장력 철근, 케이블, 프리스트레스 긴장재, FRP 등)
- 철도 교량 상사모형체
- 궤도, 침목 등의 철도 구성품

■ 관련시험 (철도 구조물/시스템 관련 시험)
- 인장 / 압축 시험
- 굽힘 시험
- 보-기둥 시험
- 전단 시험
- 피로 시험

■ 관련규격

• 국내 규격

- 고속철도 공사 전문시방서(노반편/궤도편)
- 철도설계기준(노반편)

• 국외 규격

- EN 규격 Railway Applications - Track
  Test Methods for Fastening Systems Part I~VIII
- EN 규격 Railway Applications - Track
  Performance Requirements for Fastening Systems Part I~VII


BRITISH STANDARD

BS EN 13146-1:2002

Railway applications — Track — Test methods for fastening systems —

Part 1: Determination of longitudinal rail restraint

The European Standard EN 13146-1:2002 has the status of a British Standard

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSI British Standards


BRITISH STANDARD

BS EN 13481-1:2002

Railway applications — Track — Performance requirements for fastening systems —

Part 1: Definitions

The European Standard EN 13481-1:2002 has the status of a British Standard

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSI

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

- UTM 구조시험의 기초 장비로써 연구원 보유 기존 UTM의 경우 노후화 되고 소용량으로 구성품 시험에 적합하지 않음.

- 2채널 동시가력 시스템으로 부재 및 재료 성능평가 시험을 위해 활용도가 높은 장비이며, 기본적인 인장/압축/휨/피로 시험의 정밀 수행이 가능함.

- 본 장비는 각종 철도시설물의 주요부재 및 구성품을 별도의 프레임 설치 없이 단기간에 평가할 수 있음에 비해 통합성능시험시스템은 실물 실험체를 대상으로 실제에 가까운 열차하중을 모사함.

- 각종 지그제작을 통해 다양한 수탁시험에 유연하게 대처할 수 있으며, 정반의 설치로 부재설치가 용이하여 시험시간을 단축시킴.

- 열차하중 모사 동적시험 시스템인 통합성능시험기 및 다자유도 가진 진동대 등과 연계하여 시너지 효과 창출이 가능함.

- 다양한 형태의 수탁시험 수주를 통한 연구비 확보 및 철도 성능인증기관으로서의 위상 확립이 가능함.

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

• 국내 유사장비 보유현황

| 기관명 | 주요성능 |
|---|---|
| 대우건설 | 200톤 및 100톤 |
| 포항산업과학연구원 | 1000톤, 1000mm, 15Hz |
| 한국화학시험연구원 | 수직 250톤, 수평 50톤 |
| 한국건설기술연구원 | 300톤 |
| 유니슨산업 | 3000톤 |

• 국외 유사장비 보유현황

| 기관명 | 주요성능 |
|---|---|
| 일본 RTRI | 3000톤 및 1000톤, 15 Hz |
| 중국 CARS | 2000톤 및 1200톤, 400mm, 10Hz |

**구축장비의 차별성**

- 기관별 시험목적에 맞는 용량의 UTM이 다수 구축되어 있으나 다축재하용 UTM / 동적성능의 UTM 구축 사례가 적고 장비가 노후화됨.
- 해외 유사기관의 구축사례는 대용량 Actuator 구축 위주임. (소형단위 부재시험에 적합지 않음)
- 철도구조물 구성품 및 건설재료에 대한 정밀 구조성능 평가 전용 장비임.
- 2채널 동시 가력시스템.
- portal frame 구조로 별도의 반력상, 반력벽이 필요 없으며 일체화된 시스템에 시편의 장착이 빠르고 제어가 쉬움.

## 3. 구축 과정 요약

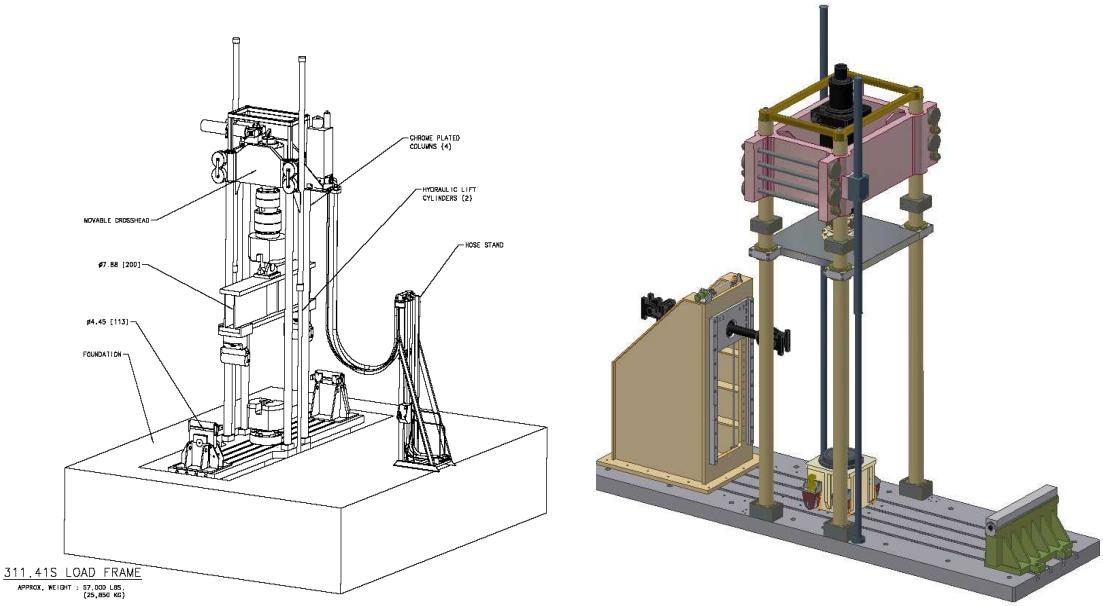
### 가. 총괄

<표 3-7-1> 철도 구조물 성능 시험기 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 자체연구사업(기획)<br>2003.12.01~<br>2004.08.31 | 기본사양 작성 | |
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | 기본사양 수정/보완 | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | 발주사양 도출 | '06.07～'07.05 |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 장비심의위원회 | '07.12.20 |
| | 주관기관내 연구업무심의위원회 심의 | '08.01.18 |
| | 기본품의 | '08.01.18 |
| | 구매요구 | '08.01.22 |
| | 사전규격공고 | '08.02.12～'08.03.24 |
| | 규격평가 | '08.04.11 |
| | 개찰 | '08.03.24 |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2009.05.12 | 계약 | '08.05.21 |
| | 착수회의 | '08.06.04 |
| | 상세설계 | '08.07.18 |
| | 제작 | '08.11.20 |
| | 이송/설치 | '08.12 |
| | 연구원내 시험 | '08.12 |
| | 교육 | '08.12.～'09.01 |
| | 구축 완료 | '09.01.20 |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

2차년도부터 장비의 기본 사양을 검토하고 이를 토대로 발주사양을 도출하였다. 초기 기본 사양은 그림 (a)와 같이 250ton 규모의  일방향 UTM으로 계획되었다. 이후 향후 활용도를 높이기 위해 2축 가진 시스템으로 발주사양을 확정하였으며 초기 검토되었던 시험공간을 확대하였다.



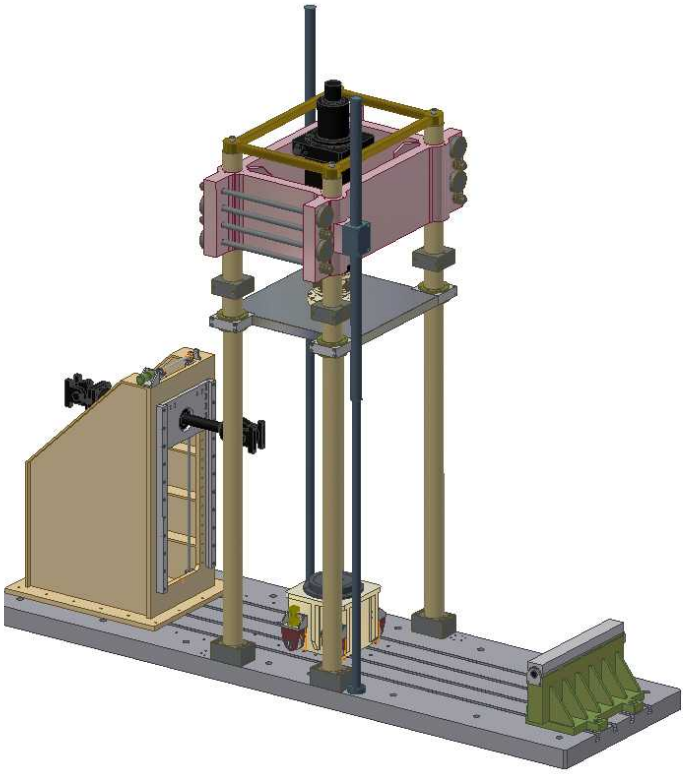

(a) 기본 사양 개략도　　(b) 발주 사양 개략도

<그림 3-7-1> 철도구조물 성능시험기 개념설계도

<표 3-7-2> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 (RFP) | 발주사양 |
|---|---|---|
| 주요 구성품 | • 250ton UTM<br>• 제반 frame system 1대<br>• 제어 및 계측 시스템은 열차하중 모사 동적시험 시스템과 공유<br>• 냉각장치 1대<br>• Pit(2M(W)×7M(L)×1M(D)) 설비 구축 | • 250ton Vertical Actuator 1대, 50ton side actuator 1대<br>• 제반 frame system이외에 Side force 지지 구조물<br>• 제어 및 계측 시스템의 독립적 사용<br>• 데이터 처리장치 1대<br>• Pit(1.5M(W)×7M(L)×3.5M(D)) |
| 성능 | • 하중 크기 : 250ton<br>• 하중 범위 : 0~15Hz<br>• 스트로크 범위 : ±150mm | • 하중 크기 : 250ton, 50ton<br>• 하중 범위 : ±3mm at 5Hz (V)<br>±10mm at 5Hz (H)<br>• 스트로크 범위 : ±150mm (V)<br>±100mm (H) |
| 부대 설비 | • 전력 : DC 3상, 380V, 2,200kVA<br>• 유압 : 열차하중 모사 동적시험 시스템과 공유<br>• 냉각 : 냉각탑 필요<br>• 급/배수 : 해당사항 없음<br>• 소음/진동 제어: 해당사항 없음 | • 전력 : DC 3상, 380V, 2,200kVA<br>• 유압 : 650lpm at 210bar 이상<br>• 냉각 : Chiller를 포함한 냉각 시스템<br>• 급/배수 : 해당사항 없음<br>• 소음/진동 제어: 사용자 환경의 소음기준(80db 이내) |

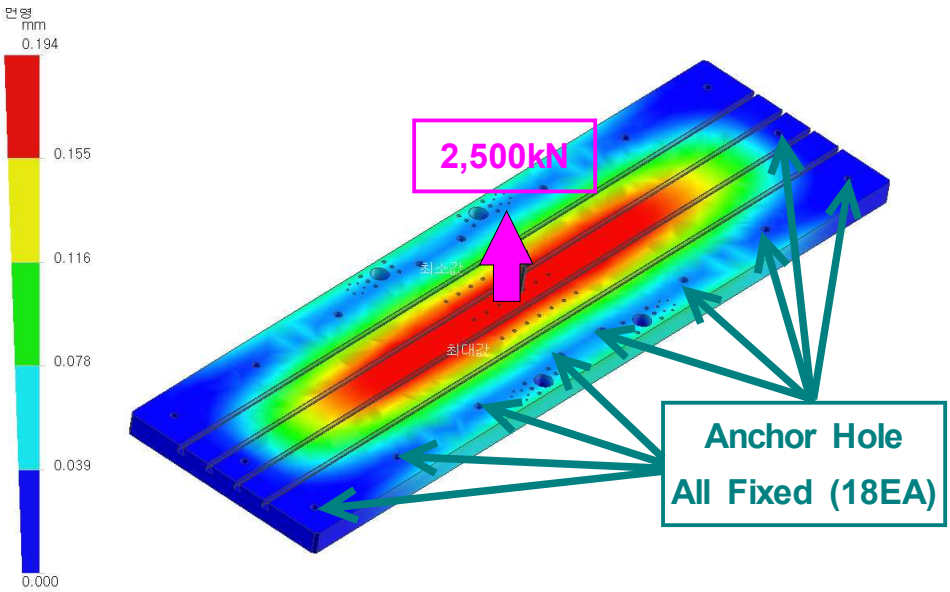
### 다. 설계 결과



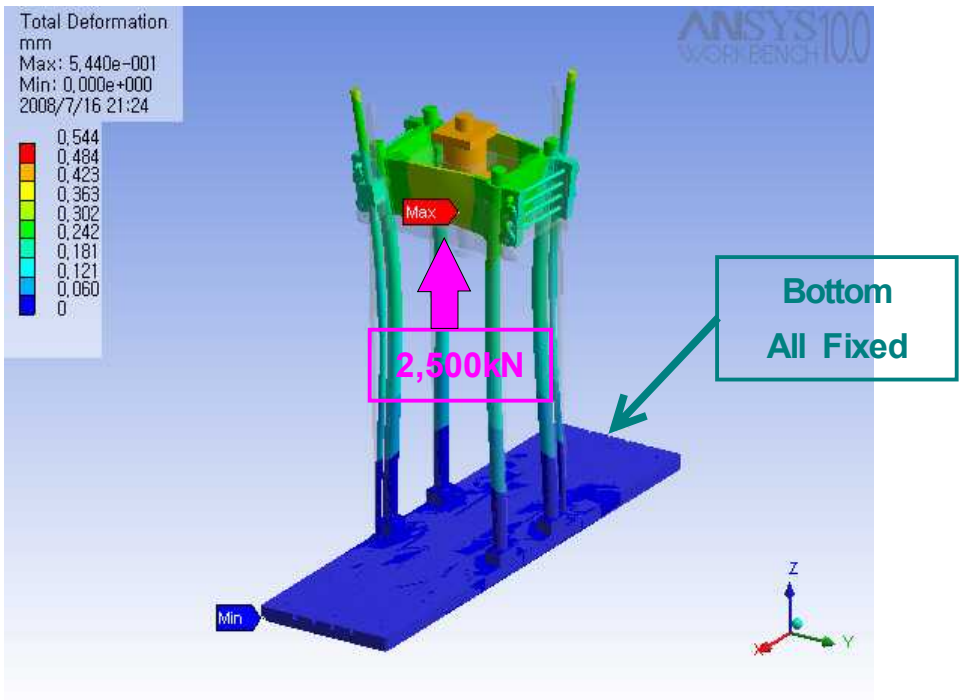
<그림 3-7-2> 장비 배치 상세설계안



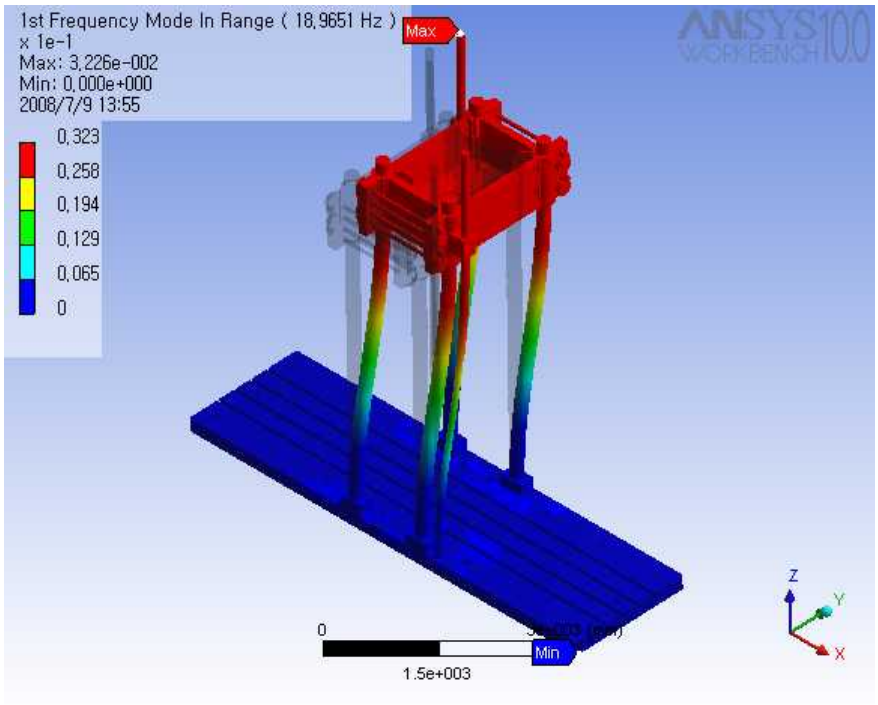
<그림 3-7-3> Base Plate 개념도



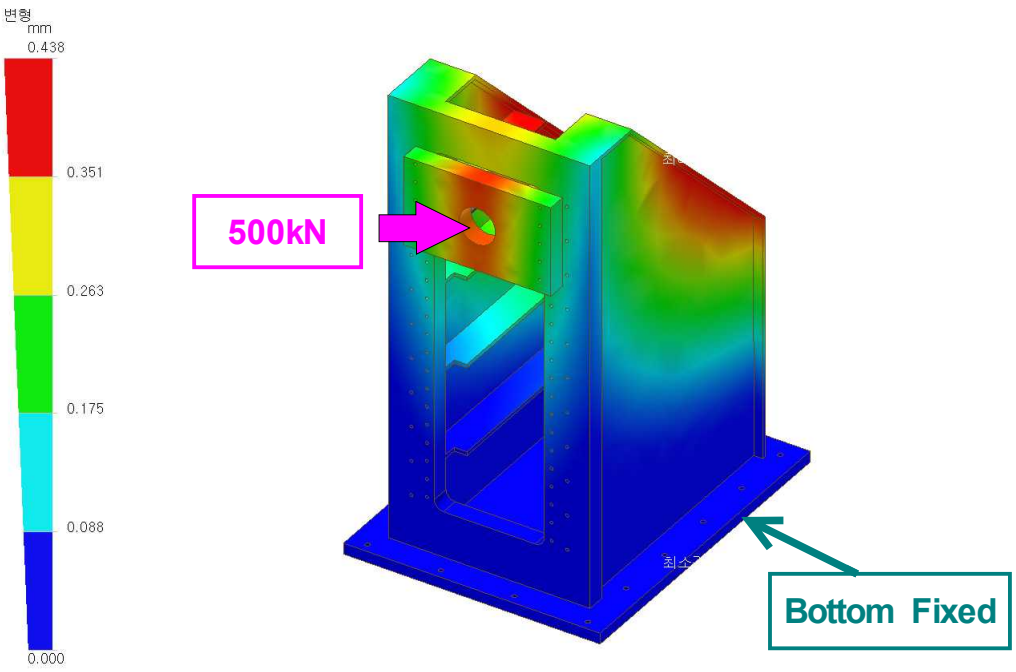

<그림 3-7-4> Base Plate 해석결과



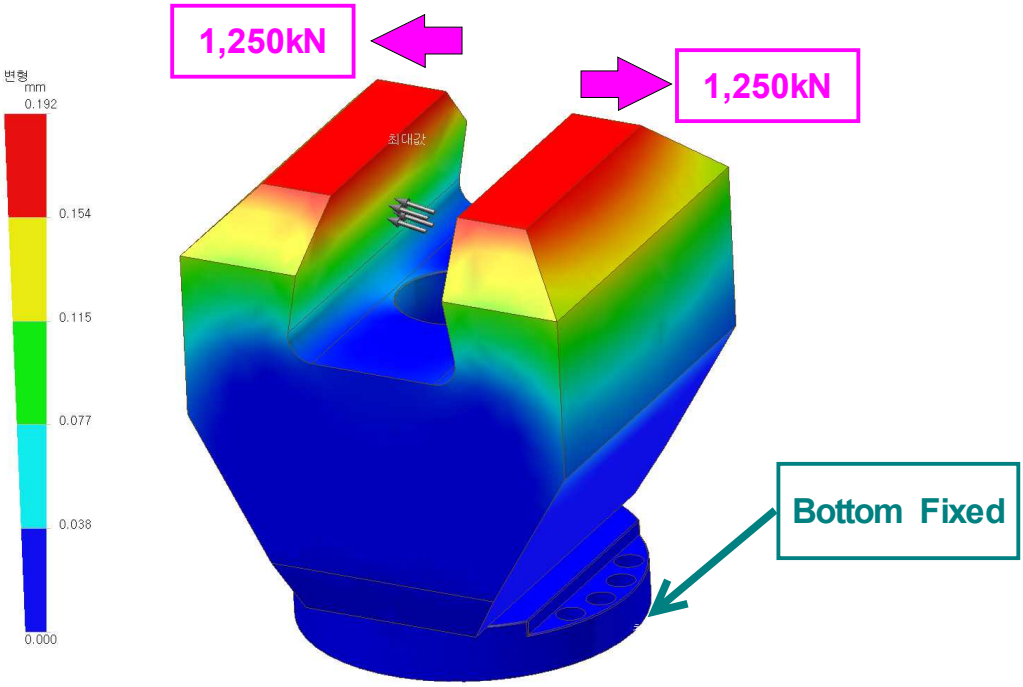

<그림 3-7-5> Load Frame Assembly의 변위



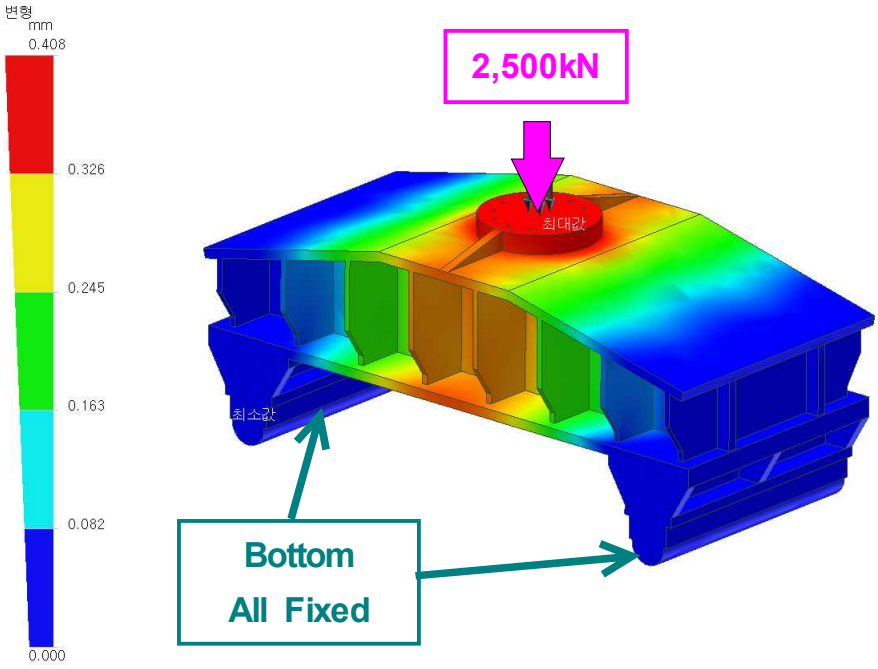

<그림 3-7-6> Load Frame Assembly 고유진동수 검토



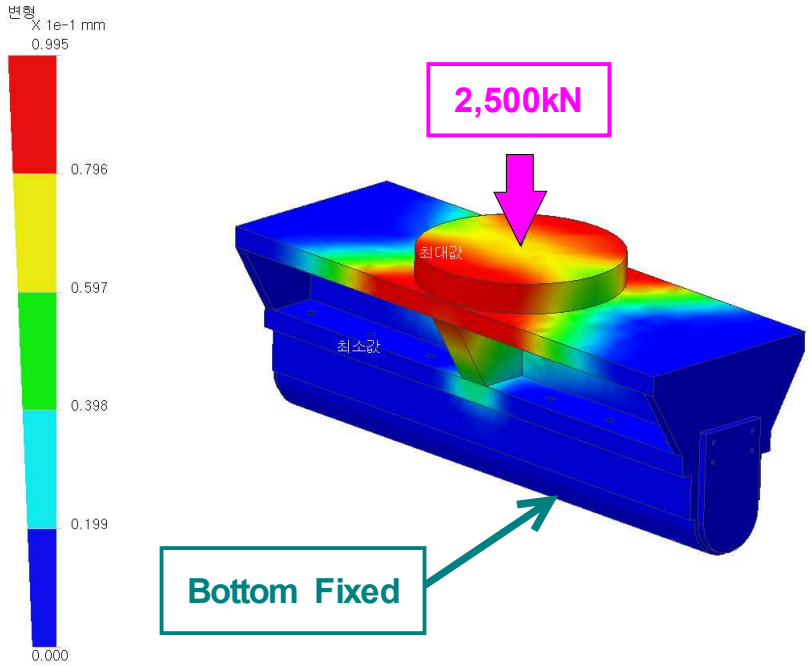

<그림 3-7-7> 사이드 프레임 해석결과




<그림 3-7-8> 사이드 프레임 해석결과




<그림 3-7-9> 4 Point Bend Fixture의 해석결과




<그림 3-7-10> 4 Point Bend Fixture의 해석결과

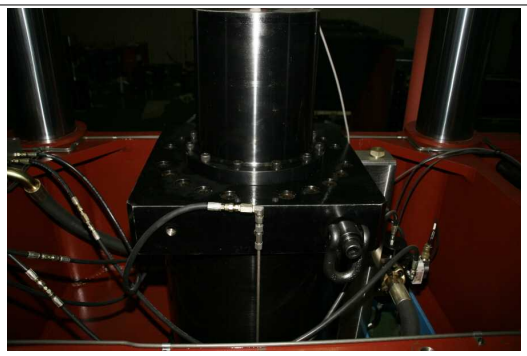
### 라. 시스템 전경 및 주요 구성요소

① Load frame assembly 1식





② Hydraulic actuator assembly



2,500kN Actuator



500kN Actuator

③ Hydraulic distribution



HPS-3Set



Chiller 실내기



Chiller 실외기





HCM & Hose

④ Foundation engineering



⑤ Servo control system



⑥ Test software



⑦ Standard accessories





## ⑦ Standard accessories



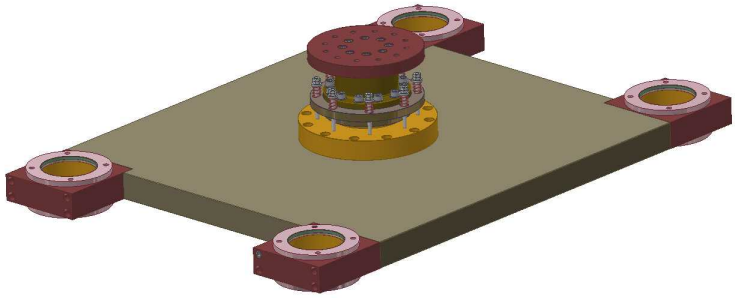
Wedge Grip





Side Fixture for 500kN Actuator

## ⑦ Standard accessories





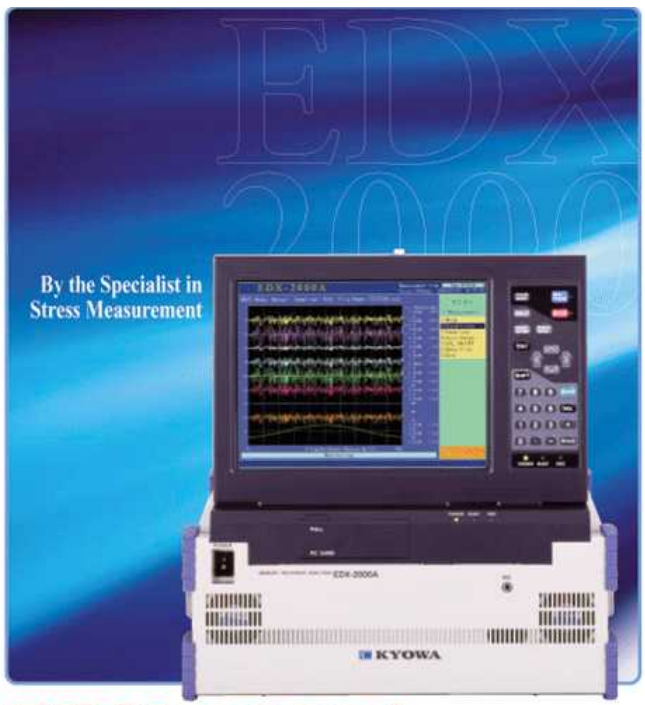


Compression Platens

⑦ Standard accessories



Extensometer




Data Acquisition System

# 8절 구축장비 추진 현황
## : 환경실험용 클린룸

## 1. 개요

■ 장비명 : 환경실험용 클린룸

■ 제작사 : 한국피셔과학, 대한테크

■ 주요 구성품

- 환경시험용 클린룸: 대상 실험실(9m x 9m x 3m), 소요면적 81$m^2$
- 방출챔버(24$m^3$, 5$m^3$, 및 소형챔버)
- 클린룸 부대시설: 에어샤워가 포함된 전실, 비상샤워 및 아이와셔
- 바이오해저드안전캐비넷(BSC)
- 시험장비 보정(calibration) 장치: 유효제척 (1m x 1m x 1m) 이상
- 입자상 및 가스상 성분분석 시험장치
- 클린룸 및 미생물시험 안전시설
- 배출가스 및 폐기물 처리 시설

■ 피시험체

- 철도재료 및 철도 내장재
- 철도차량 및 역사용 공기청정장치
- 항균필터
- 객실 및 역사 샘플공기

■ 관련시험

- 철도재료 및 내장재 방출시험
- 공기청정장치 성능평가

- 항균필터 성능평가
- 실내 공기질 분석평가
- 환경부 실내공기질 기준 평가

■ 관련규격

• 국내 규격

- KS M 1988-2(소형챔버법)
- KS I 2007(대형챔버법)
- KS ISO/IEC 28360
- SPS-KACA002-132(실내공기청정기)

• 국외 규격

- EN 규격 Filter performance

  Particulate air filters for general ventilation - Determination of the filtration performance
- EN 규격 Building products - Emission test chamber method

  Determination of the emission of volatile organic compounds
- EN 규격 Wood panels

  Part 1: Formaldehyde emission by the chamber method
- ECMA 328 규격

  Determination of chemical mission rates from electronic equipment
- ASTM E1333 규격

  Standard test method for determining formaldehyde concentrations in air and emission rates from wood products using a large chamber
- ASTM D5116 규격

  Standard guide for small-scale envrionmental chamber determinations of organic emissions from indoor materials/products
- ASTM D6670 규격

  Standard practice for full-scale determination of volatile organic emissions from indoor materials/products

- JIS A 1901 규격 - Small chamber method

  Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes for building products

- JIS A 1911 규격 - Large chamber method

  Determination of the emission of formaldehyde for building materials and building related products

- JIS A 1912 규격 - Large chamber method

  Determination of the emission of volatile organic compounds and aldehydes without formaldehyde for building materials and building related products

- JIS C 9913 규격 - Chamber method

  Measuring method of volatile organic compounds and carbonyl compounds emissions for electronic equipment

- ISO 16000-9 규격 - Indoor air : Emission test chamber method

  Part 9 : Determination of the emission of volatile organic compounds from building products and furnishing

- ISO/IEC 28360 규격 - Office equipment

  Determination of chemical emission rates from electronic equipment

[별표 2]

SPS-KACA002-132

# 실내공기청정기 규격

제정 1998. 03. 31
개정 2002. 12. 31
개정 2003. 03. 13
개정 2003. 04. 17
개정 2003. 10. 28
개정 2003. 12. 05
개정 2004. 04. 01
개정 2005. 02. 22
개정 2006. 03. 23

한국공기청정협회

목 차


1. 적용 범위

2. 인용 규격

3. 용어의 정의
3.1 공기청정기
3.2 정격 풍량
3.3 정격 적용면적
3.4 집진 장치
3.5 탈취 장치
3.6 전원 장치
3.7 정격 분진 포집률
3.8 정격 분진 유지 용량
3.9 정격 탈취 제거율
3.10 정격 탈취 제거 용량

4. 종류
4.1 기계식
4.2 전기식
4.3 복합식

5. 정격 전압 및 정격 주파수

6. 일반 요구 사항

7. 시험에 관한 일반 조건

8. 구조
8.1 구조 일반
8.2 절연 거리
8.3 2차쪽 회로
8.4 접지 접속
8.5 나사 및 접속

9. 부품 및 부속품
9.1 내부 배선
9.2 부품
9.3 전원 접속 및 외부 유연성 코드
9.4 외부 전선용 단자


BRITISH STANDARD

BS EN 779:2002

# Particulate air filters for general ventilation — Determination of the filtration performance

The European Standard EN 779:2002 has the status of a British Standard

ICS 91.140.30

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSI British Standards

EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

**EN 779**

November 2002

ICS 91.140.30

Supersedes EN 779:1993

English version

# Particulate air filters for general ventilation - Determination of the filtration performance

Filtres à air de ventilation générale pour l'élimination des particules - Détermination des performances de filtration

Partikel-Luftfilter für die allgemeine Raumlufttechnik - Bestimmung der Filterleistung

This European Standard was approved by CEN on 14 September 2002.

CEN members are bound to comply with the CEN/CENELEC Internal Regulations which stipulate the conditions for giving this European Standard the status of a national standard without any alteration. Up-to-date lists and bibliographical references concerning such national standards may be obtained on application to the Management Centre or to any CEN member.

This European Standard exists in three official versions (English, French, German). A version in any other language made by translation under the responsibility of a CEN member into its own language and notified to the Management Centre has the same status as the official versions.

CEN members are the national standards bodies of Austria, Belgium, Czech Republic, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Iceland, Ireland, Italy, Luxembourg, Malta, Netherlands, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland and United Kingdom.

CEN
EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION
COMITÉ EUROPÉEN DE NORMALISATION
EUROPÄISCHES KOMITEE FÜR NORMUNG

Management Centre: rue de Stassart, 36 B-1050 Brussels

© 2002 CEN All rights of exploitation in any form and by any means reserved worldwide for CEN national Members.

Ref. No. EN 779:2002 E

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

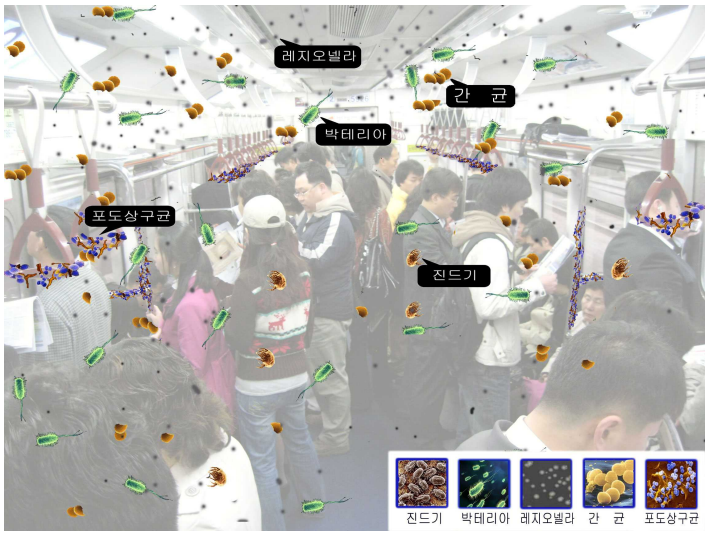
- 최근 실내 공기질에 대한 관심이 증가하면서, 이의 관리를 위한 시험법의 제정, 화학물질을 다량 방출하는 자재의 생산 규제, 제품의 평가 등이 이루어지기 시작했음.
  ⇒ 최근 차량의 실내공기질까지 실내공기질 관리영역으로 확대되면서, 국내외에서 시험규격과 규제가 만들어지고 있음

- 지하역사 및 철도차량 실내공기질 관련 기준 및 관리법 강화
  ⇒ 지하역사 실내공기질이 “다중이용시설 등의 실내공기질관리법”상의 관리대상으로 지정됨
  ⇒ 철도차량 객실 공기질이 “대중교통수단 실내공기질 관리 가이드라인”상의 관리대상으로 지정됨

- 실내공기질에 대한 관심이 증대되면서, 간이측정방식과 정밀분석방식이 동시에 요구되고 있음. 정밀분석방식의 연구수행을 위해 항온항습 및 청정구역에서의 시험환경이 요구되고 있음

- 미세먼지, 휘발성유기화합물질(VOC) 등 주요 실내오염물질과 더불어 부유미생물분진(bio-aerosol)에 의한 보건학적 중요성이 증대되고 있으며, 바이오 에어로졸 측정분석을 위한 체계적인 시험시스템이 요구됨

- 철도환경연구실에서는 차량 및 지하역사 실내공기질 연구를 위한 간이(휴대용)측정시스템은 충분히 구축하였으나, 정밀분석시스템의 부족으로 신뢰성 있고 전문성 있는 데이터를 확보하지 못하고 있는 실정임.




<그림 3-8-1> 지하철 실내에 부유하는
바이오에어로졸(Bio-aerosol)

## 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

• 국내 유사장비 보유현황

- 한국과학기술원(KIST), 성균관대학교, 광주과학기술원 등 환경 측정 및 분석연구를 수행하는 연구실에 기본적 설비로 구축되어 있음.
- 각 기관의 연구내용에 따라 클린룸 분석시설이 매우 다양하여 외부기관 보유 클린룸과 직접적인 비교는 어려움
- 국립환경과학원, 한국건설기술연구원, 한국건자재시험연구원, 삼성전자 등에서 방출챔버를 보유하고 있으며 전자부품, 건축자재(도료, 벽지, 바닥재), 가구 및 가전제품 등에 대한 방출시험을 수행하고 있음. 기 구축된 외부기관 방출챔버와 공동활용을 통해 측정결과의 신뢰성을 향상시킬 수 있으며, 철도 재료 및 철도차량용 방출시험 규격의 도출 가능함. 향후, 철도차량을 포함하는 대중교통수단 실내공기질 개선을 위한 종합적인 방출시험규격 및 시험인증기준을 제시하는 방향으로 연구원 위상을 정립할 계획임

<표 3-8-1> 국내외 유사장비 보유현황(클린룸 및 방출챔버)

| 국내/외 | 국내 |
|---|---|
| 기관명 | 광주과학기술원(GIST) |
| | 국립환경과학원(NIER) |
| | 한국건자재시험연구원 |





<그림 3-8-2> 방출챔버(24m3) - 건설기술연구원 가구 방출시험

• 국외 유사장비 보유현황
  - 일본산어비술종합연구원(AIST)
  - 일본자동차기술연구원(JARI)
  - 미국 Johns Hopkins Univ.

**구축장비의 차별성**

- 철도차량의 실내공기질 유지 관리에 대한 표준 규격 도출
- 철도차량 및 역사 청정장치(항균필터 포함)의 성능평가로 연간 2억원 이상의 시험료 수입 및 청정시스템 개발에 소요되는 연간 1억원 이상의 성능시험 비용절감 기대
- 객실 및 역사 실내공기질 개선
- 환경측정장비의 교정 및 보정을 통한 유지보수 비용 절감

  ⇒ 환경측정 장비 교정 및 보정시험 : 1억원 (장비당 500만원 × 10종장비 × 년간 2회)
- 철도관련 환경 연구를 수행하고 있는 산학연 그룹의 대표적 연구 시설로 활용하며, 구축 중인 실대형환경챔버와 유기적 분석시스템을 구축함으로서 실질적인 연구리더 그룹으로 위상강화
  - 장비 공동 교정 및 측정결과 신뢰성 검증
- 정기적인 환경측정기술 워크샵을 통한 기술교류 및 관련기업으로의 기술이전 시설로 활용
- 역사 및 차량의 실내 공기질에 대한 공동 연구 수행 (한국철도공사, 한국철도시설공단, 서울메트로 등의 운영처)

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-8-2> 환경실험용 범용 클린룸 장비 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 | |
|---|---|---|---|
| | | 클린룸 | 방출챔버 |
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | 환경시험동 기본계획 수립<br>장비구축 필요성<br>기본사양 및 주요 제반사항 초안 작성 | | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | 환경실험용 클린룸 세부사양 확정<br>기본사양 수정·보완<br>국내외 관련 장비 구축현황 분석<br>활용방안 구체화 | | |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | 세부사양 보완 | ´07.05. | ´07.05. |
| | 발주사양 도출 | ´07.08. | ´07.08. |
| | 입찰요청서 작성 | ´08.03. | ´08.03. |
| | 주관기관내 장비도입소위원회 심의 | ´08.04. | ´08.04. |
| | 주관기관내 연구업무심의위원회 심의 | ´08.05. | ´08.05. |
| | 조달청 구매의뢰 | ´08.06. | ´09.06. |
| | 조달청 입찰공고 | ´08.06. | ´09.06. |
| | 응찰업체의 입찰제안서 평가 | ´08.11. | ´09.08. |
| | 계약 | ´09.10. | ´09.09. |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2009.05.12 | 상세설계 | ´09.11. | ´09.09. |
| | 주요부품 제작 | ´09.11. | ´09.10. |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´09.11. | ´09.10. |
| | 이송/설치 | ´09.12. | ´09.11. |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´10.04. | ´09.12. |
| | 교육 | ´10.04. | ´09.12. |
| | 구축완료 | ´10.04. | ´09.12. |

### 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

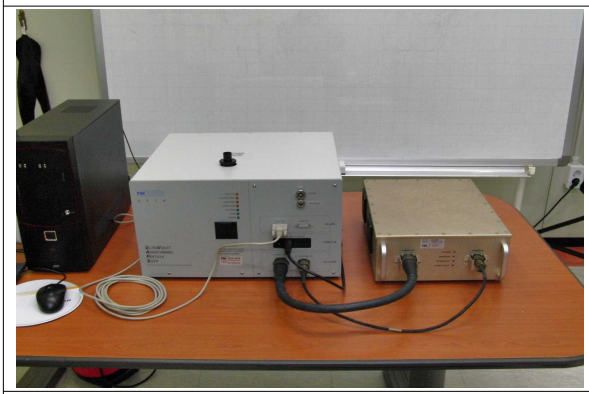
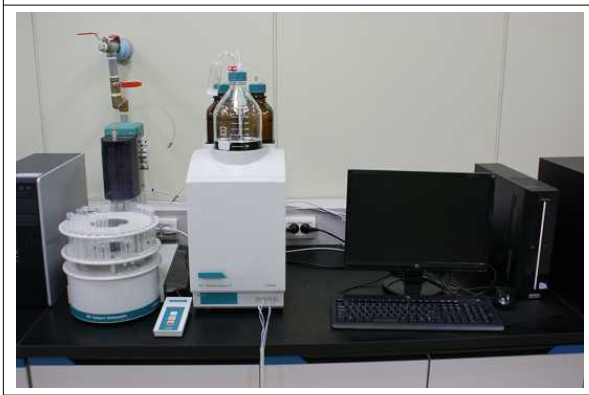
본 사업인 “철도기술 선진화 연구기반조성”사업을 진행하면서 기본사양에 대한 수정/보완 작업이 이뤄졌다. 1차년도에 마련된 구축장비의 기본사양에 대하여 2차년도 해외출장 등을 통한 최신 기술동향에 근거한 세부사양이 확정되었다. 최종 발주사양은 표와 같다.

<표 3-8-3> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 (RFP) | 발주사양 |
|---|---|---|
| 주요 구성품 | ① 가스상분석 클린룸 1동(방출챔버 포함)<br>② 입자상 및 복합오염분석 클린룸 1동<br>③ 분석 및 원격제어실 1동<br>④ Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) 1대<br>⑤ Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) 1대<br>⑥ Ozone analyzer 1대<br>⑦ 실시간 가스성분 모니터링 system 1대<br>⑧ Micro balance 1대<br>⑨ Aerodynamic Particle Sizer (APS) 1대<br>⑩ Scanning Mobility Particle Sizer(SMPS) 1대<br>⑪ 나노입자 및 음이온 측정 system 1대<br>⑫ 실내부유 미생물분석시스템 1대<br>-Bio Aerosol Spectrometer | 좌동 |
| 성능 | ○ 실내환경오염물질 저방출 제품 인증제 시행에 따른 대형 챔버 시험평가<br>○ 철도 차량 구성품 및 내장재에 대한 선진국 가이드라인에 준한 화학물질 방산 시험 및 객관적 품질의 검증<br>○ 공기질 정화용 촉매시스템의 성능 평가<br>○ 나노입자 및 기능성 음이온 측정 및 평가<br>○ 실내부유미생물 분석 | **만족(방출챔버 성능시험보고서)**<br>- 배경농도 기준만족<br>- 클린룸 성능만족 |

## 다. 주요 구성요소

| ① 가스상분석 클린룸 1동(방출챔버 포함) | ② 입자상 및 복합오염분석 클린룸 1동 |
|---|---|
|  |  |
| ③분석 및 원격제어실 1동 | ④ Gas Chromatography/Mass Spectrometry (GC/MS) 1대 |
|  |  |
| ⑤ Ultra Performance Liquid Chromatography (UPLC) 1대 | ⑥ Ozone analyzer 1대 |
|  |  |

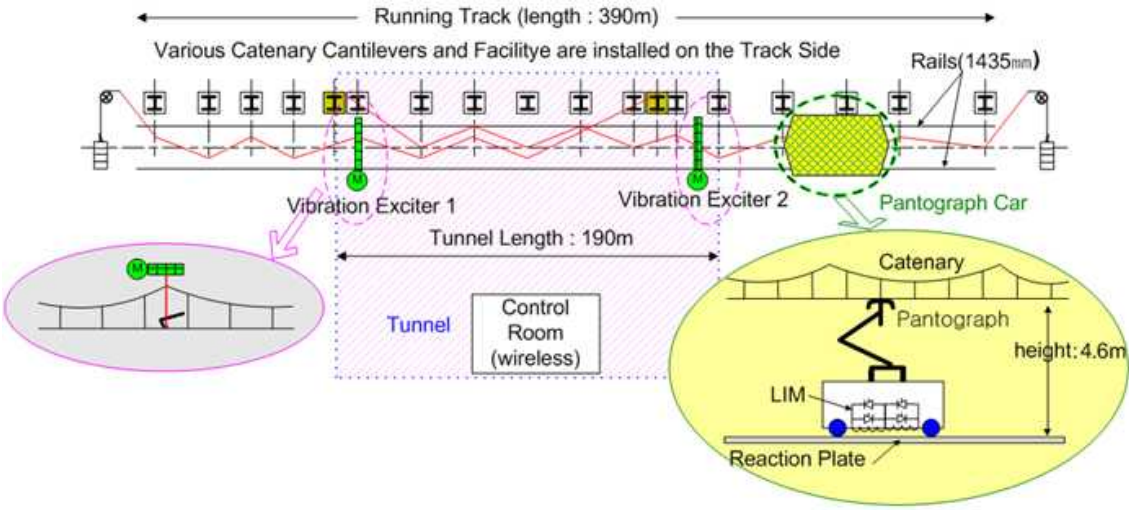
| ⑦ 실시간 가스성분 모니터링 system 1대 | ⑧ Micro balance 1대 |
|---|---|
|  |  |
| ⑨ Aerodynamic Particle Sizer (APS) 1대 | ⑩ Scanning Mobility Particle Sizer(SMPS) 1대 |
|  |  |
| ⑪ 나노입자 및 음이온 측정 system 1대 | ⑫ 실내부유 미생물분석시스템 1대 -Bio Aerosol Spectrometer |
|  |  |

# 9절 구축장비 추진 현황

## : 전차선로 집전계 주행성능시험기

## 1. 개요

- 장비명 : 전차선로-집전계 주행시험기
- 모델명 : SimpleCat-SingleArmPanto-100kphLIM








■ 제작사 :

- 주행 대차(집전 대차) : (주)정설시스템(아래와 같이 컨소시움으로 구성)




- 전차선로 : 장원산전 주식회사(시공), (주)D2엔지니어링(설계)
- 전원설비 : (주)삼홍기업
- 모터카 : (주)신성씨스템

■ 장비 용도 :

- 집전 차량 주행 상태에서 집전상태 모의 실험, 연구
- 전차선로 및 금구류의 특성 및 신뢰성 평가
- 팬터그래프 동특성 및 성능 평가
- 이선 아크 계측기, 텔레메트리 등 전차선로 장비 검증
- 전차선로+팬터그래프 조합의 집전 성능(이선율) 평가
- 전차선로와 팬터그래프의 Real or Down Scaled Impact Factor Parameter Study
- 특히, 400km/h 전차선로 개발과제(기획중)에서 전선, 금구 개발품의 Test Bed로 활용

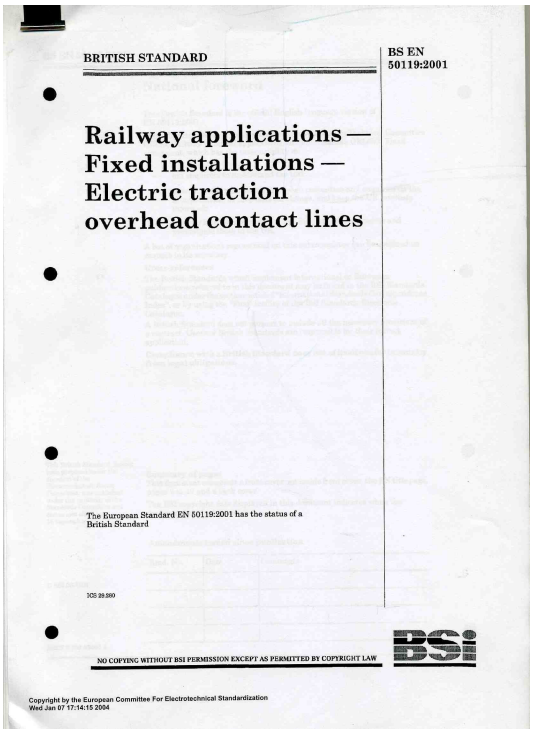
■ 시험 항목 :

- 전차선로-팬터그래프 사이의 집전 악조건 모의 시험

- 팬터그래프 동특성 평가 시험
- 전차선로 및 금구류 특성 평가 및 신뢰성 평가 시험
- 이선 아크 계측기, 텔레메트리 등 전차선로 장비 성능 검증 시험

■ 관련 규격

-EN50119 (Railway Applications - Electric traction overhead contact lines System Design)



BRITISH STANDARD

BS EN 50119:2001

**Railway applications — Fixed installations — Electric traction overhead contact lines**

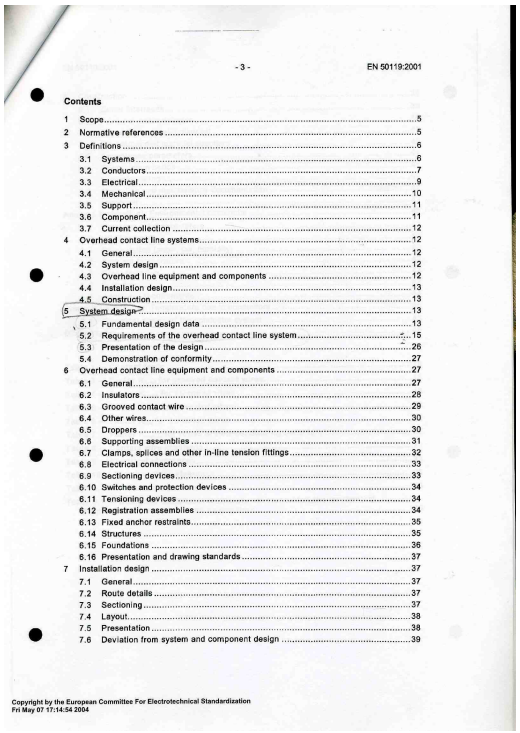
The European Standard EN 50119:2001 has the status of a British Standard

ICS 29.280

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

BSI

Copyright by the European Committee For Electrotechnical Standardization
Wed Jan 07 17:14:15 2004



- 3 - EN 50119:2001

Contents


1 Scope ..... 5
2 Normative references ..... 5
3 Definitions ..... 6
3.1 Systems ..... 6
3.2 Conductors ..... 7
3.3 Electrical ..... 9
3.4 Mechanical ..... 10
3.5 Support ..... 11
3.6 Component ..... 11
3.7 Current collection ..... 12
4 Overhead contact line systems ..... 12
4.1 General ..... 12
4.2 System design ..... 12
4.3 Overhead line equipment and components ..... 12
4.4 Installation design ..... 13
4.5 Construction ..... 13
5 System design ..... 13
5.1 Fundamental design data ..... 13
5.2 Requirements of the overhead contact line system ..... 15
5.3 Presentation of the design ..... 26
5.4 Demonstration of conformity ..... 27
6 Overhead contact line equipment and components ..... 27
6.1 General ..... 27
6.2 Insulators ..... 28
6.3 Grooved contact wire ..... 29
6.4 Other wires ..... 30
6.5 Droppers ..... 30
6.6 Supporting assemblies ..... 31
6.7 Clamps, splices and other in-line tension fittings ..... 32
6.8 Electrical connections ..... 33
6.9 Sectioning devices ..... 33
6.10 Switches and protection devices ..... 34
6.11 Tensioning devices ..... 34
6.12 Registration assemblies ..... 34
6.13 Fixed anchor restraints ..... 35
6.14 Structures ..... 35
6.15 Foundations ..... 36
6.16 Presentation and drawing standards ..... 37
7 Installation design ..... 37
7.1 General ..... 37
7.2 Route details ..... 37
7.3 Sectioning ..... 37
7.4 Layout ..... 38
7.5 Presentation ..... 38
7.6 Deviation from system and component design ..... 39


Copyright by the European Committee For Electrotechnical Standardization
Fri May 07 17:14:54 2004

■ 주요 구성품 :

- 주행대차(집전대차) 1식
- 전차선로 및 터널 브래킷 1식
- 팬터그래프 1식
- 전차선 이선 아크 계측기 및 동적 거동 측정 장비 1식
- 전철 모터카 1식

■ 주요 사양 :

- 주행로 길이 : 390m(단선, 단방향 주행, 1435mm 표준 궤간 레일로)
- 속도 : 최대(설계) 100km/h (안전 운행 : 약 70~80km/h)
- 주행대차(집전대차) 무게 : 7.8톤
- 주행대차(집전대차) 추진 방식 : LIM
- 준고속형 전차선로 및 가동브래킷(CaKo250) + DST(컨테이너 2단 적재 열차)를 위한 터널 브래킷
- 전차선로 진동 발생용 가진 설비
- 300km/h급 싱글암 팬터그래프
- EN50317에 따른 전차선로 이선아크 계측기
- 활선 전차선로 온라인 계측용 텔레메트리 장치
- 20톤급 전철 모터카(최대 속도 : 50km/h)

■ References :

(1) 일본 RTRI 주행시험기

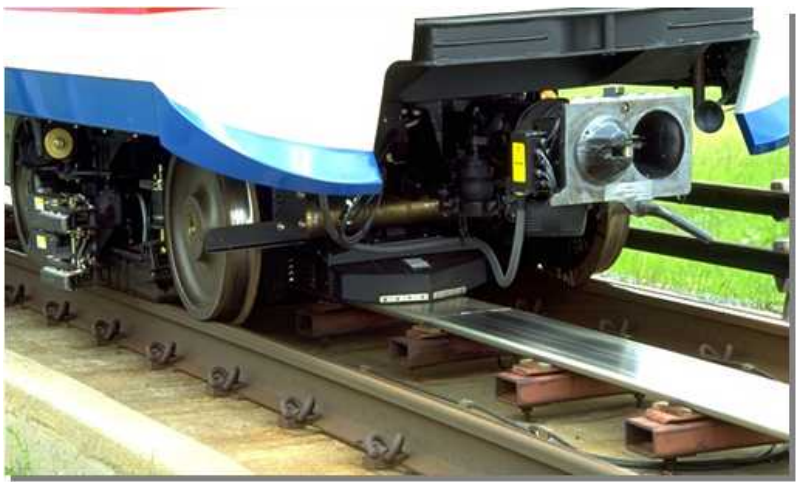
- 1990년대 초 완공, 150 km/h, 주행로(직선) 500m, LSM 추진 방식
- 2002년 초 리모델링, 200 km/h, 주행로 500m(1990년 당시와 동일 선로)





(2) 용인 경전철(우리나라 최초 LIM 방식 철도)



## 2. 구축 과정

### 가. 추진 일정, 경과, 특기 사항, 사유 등

● 시험시스템 개요 및 특징

- 장비명 : 전차선로/집전계 주행성능시험기
- 장비목적 : 400m 주행선로상에서 대차가 주행하면서 팬터그래프 및 전력계의 접촉 및 동적거동 특성 모사 및 분석
- 장비구성 및 추진현황

| | |
|---|---|
| 노반/선로공사 | : 완료 |
| 제어실 리모델링 | : 완료 |
| 전차선로설계/시공 | : 2010 초 구축 완료 |
| 팬터그래프 구매 | : 구매 완료 |
| 측정장비 구매 | : 2010 초 구축 완료 |
| 안전설비 구매 | : 2010 초 구축 완료 |
| 주행대차 제작 | : 2009.07.24 계약 완료, 2010.04.23 구축 완료 |
| 모터카 구매 | : 2009.11.11 계약 완료, 2010.03.10 구축 완료 |

● 주요 추진 경위 및 지연 사유

- 주요 추진경위
  · 2005.05~2008.06 : 주행선로 확보를 위한 부지검토 수행. 대상부지 확보에 많은 어려움 (대불선, KORAIL 인력개발원 단지내 부지, 연구원 구내부지 등). 최종적으로 의왕역 유휴부지 확보 성공
  · 2008.07~2008.12 : LSM 방식 추진 재검토 (예산/공기/구현가능성 등) ⇒ LIM 방식 추진으로 변경
  · 2009.02~2009.07 : 핵심부분인 주행대차 입찰행정 수행, 입찰~재입찰~수의시담에 6개월 소요, 07.24 계약 완료

- 지연 사유

·별도 주행선로 확보 필요로 대상부지 확보에 약 2년 소요

·추진방식(LSM)에 대해 6개월간 재검토 ⇒ LIM 방식으로 변경

·핵심부인 주행대차 부분의 법적 입찰 구매행정에만 6개월 소요

● 대상부지 검토 및 LIM 주행대차 추진 경위 상세

| 일자 | 내용 | 특기 사항 / 사유 |
|---|---|---|
| 2005. 05 ~ 2007. 10 | **대상 부지 검토 I**<br>-대불공단선, 의왕시험동, 경산 경전철 시험선 ⇒ 급전설비, 접근성 등 불가 결론 | |
| 2007. 11 ~ 2007. 12 | **대상 부지 검토 II**<br>-Korail 인력개발원 검토, 임대가능 여부 타진 ⇒ 임대불가 공문 회신 | -인력개발원 지방이전 계획 등으로 인해 임대 불가 |
| 2008. 01 ~ 2008. 03 | **대상 부지 검토 III (원내, 고가구조)**<br>-연장 짧고, 곡선반경 심하며, 건설비 과다소요로 불가 결론 | -고가구조 건설로 건설비 급증 |
| 2008. 02 ~ 2008. 03 | **세부 사양 변경**<br>-LSM 방식 건설시 전기설비 비용만 80억 이상 소요 추정 ⇒ 사양변경 검토 | -구리 가격 : 05년 2월 대비 240% 상승 |
| 2008. 02 ~ 2008. 06 | **대상 부지 검토 IV (의왕역 유휴부지)**<br>-관계기관과 협의 착수<br>-특동운영단으로부터 사용승인 | -06.27 KR 및 KORAIL에 국유재산 사용허가 및 공사재산 임대신청서 제출 |
| 2008. 07 ~ 2008. 12 | **주행대차 사양변경 검토**<br>-목표속도를 내기 위해 LSM방식 재추진 ⇔ 예산/공기 등 제약으로 인해 다양한 대안 검토 시행 | -확정부지인 의왕역 유휴부지의 제원특성 고려한 목표속도 및 추진방식 선정에 고민 |
| 2009. 01.09~ 2009. 02.26 | **주행대차 최종사양 확정**<br>-LIM방식 추진 결정<br>-발주사양 작성 | -국내최초 추진방식 적용으로 발주사양 작성에 2개월 소요 |
| 2009. 02.27~ 2009. 07.24 | **주행대차 부분 입찰행정**<br>-02.27 구매기본품의<br>-03.10 조달청발주의뢰<br>-03.19 조달청입찰공고 | -구매기본품의~계약까지 6개월 소요 |

| | | |
|---|---|---|
| | -04.22 응찰업체평가의뢰<br>-04.27 평가 및 단독입찰로 유찰<br>-04.28~05.08 후속조치 협의<br>-05.13 조달청 재공고<br>-06.04 단독응찰<br>-06.05~07.20 수의시담<br>-07.24 계약완료 | |

● 의왕역 유휴부지 주행선 선로공사 추진 경위

- 2008년 08월 시험선 설계발주 준비
- 2008년 09월 22일 시험선 설계용역 계약
- 2008년 11월 시험선 설계용역 준공
- 2008년 12월 시험선 공사 발주
- 2009년 03월 특동 건축물 감정평가 및 공사 통보
- 2009년 01~03월 시험선 공사관련 공사, 공단 협의
- 2009년 04~07월 시험선 공사개시 및 준공

● 시스템 구분

| 발주건명 | 주요 사양 | 세부 발주 건명 | 발주 구분 |
|---|---|---|---|
| 노반-선로 공사 | 레일 교체, 포장궤도 공사, 기타 부대 공사 | - | 공사 |
| 제어실 리모델링 | 건축설비 공사, 급수, 전선 인입관로 공사 | - | 공사 |
| 주행 대차 | 100km/h±10%, 주행 대차, LIM, (리엑션 플레이트, LIM 모터, 추진제어 인버터), 무선 제어 장치 등 | 단일 건 | 구매 (외자) |
| 전차선로 및 부대설비 | AC850V, 250㎞/h급 한국형 전차선로, 전력설비, 회생전력 소모용 저항기 등 | 전원설비 공사 | 공사 |
| | | 전차선로 설계 용역 | 용역 |
| | | 전차선 구매 | 구매(내자) |
| | | 조가선 구매 | 구매(내자) |
| | | 터널 브래킷 시작품 구매 | 구매(내자) |
| | | 전차선로 신설 공사(지급자재 제외) | 공사 |
| 팬터그래프 | 싱글암 타입 1대 | 단일 건 | 구매 |
| 측정 장비 | 측정 장치 및 센서, 무선데이터 전송장치 등 | 이선 측정 장치 구매 | 구매 |
| | | 텔리메트리 시스템 구매 | 구매 |
| | | 전차선 가진기 및 인장시험설비 등 | 구매/공사 |
| 모터카 | 유지보수 모터카 구매 | 단일 건 | 구매 |
| 안전 설비 | 시험기 운행시 안전을 위한 설비(CCTV, 연동장치, 방송장비, 무전기, 고압위험/시험중 LED 알림판, 비상STOP 버튼(3곳 이상) 등) | CCTV, 방송장비, 기타 안전설비 등 | 구매/공사 |
| | | 고압위험/시험중 LED알림판, 버튼 | 구매/공사 |

## 나. 설계사양

**2. 차량 일반**

2.1 차량 주요제원

2.1.1 시스템 전반

가. 다음의 환경적 조건에 견디도록 설계 및 제작 되었다.

(1) 주위온도 : -20℃~40℃(단, 옥내 설비는 0℃~40℃)

(2) 상대습도 : 10%~90%.

(3) 직사광선, 비, 눈이 오는 옥외 기후 조건

(4) 옆의 선로로 열차가 다니는 진동, 충격, 먼지 조건

(5) 정격전압 AC 27.5kV 전차선로의 가압 전선에 2m이내로 근접

나. 다음의 기본 사양을 전제로 설계 및 제작 되었다.

(1) 선로 길이 : 390m(단, 비상 정지 시는 450m까지 주행 허용)

(2) 주행체 총 중량 : 8톤

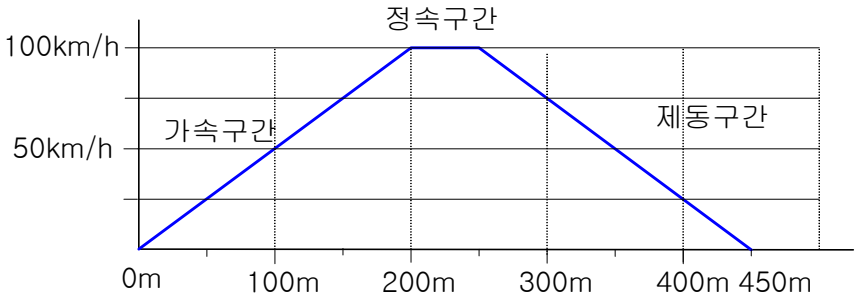
(3) 최대 가속도 : 4m/㎨

(4) LIM 용량(연속 정격) : 240㎾

(5) 전차선로 공급 전압 : AC 850V

(6) 전차선 높이 : 4.6m

다. 주행 대차가 <그림 3-9-1>의 속도 프로파일을 전제로 최대 속도가 100 ㎞/h ± 10% 허용오차 범위에 있어야 한다.




<그림 3-9-1> 목표 속도 프로파일

2.1.2 주행 대차

가. 2축, 4륜, 1/40 답면 형상의 철제 차륜으로 설계 및 제작 되었다.

나. 1,435mm 표준 궤간, 50㎏/60㎏ 레일, 경부선과 차량기지 등에 부설된 분기기, 건널목 등에 Compatible하게 설계 및 제작 되었다.

다. 주행 대차에는 판토그라프를 장착할 거치대를 설치할 수 있도록 설계 및 제작 되었으며 거치대의 높이는 레일 상면에서 2445mm로 설계 및 제작 되었다.

라. 주행 대차에는 전기의 집전이 없는 비상 상태에서도 최고 속도에 있는 주행 대차를 안전하게 정지시킬 수 있는 성능의 기계적 제동 장치를 고려하여 설계 및 제작 되었다.
마. 주행 대차는 주행선로 인근에 위치한 제어실에서 무선 운전이 가능하며, 다음 사항을 만족하게 설계 및 제작 되었다.
(1) Fail-Safe 개념으로 설계 되었다.
(2) 주행 대차는 정상 추진, 정상 제동 모드와 주행 속도 조절이 가능하며, 비상 제동 모드도 구비하고 있다.
(3) 판토그라프 정상 올림, 정상 내림, 비상 내림이 가능하다.
바. 주행 대차의 위치 및 속도를 파악하기 위하여 주행 대차의 차축단부에 속도 감지 센서를 장착하도록 설계 및 제작 되었으며 속도 및 위치에 대한 정보는 지상 제어실에서도 실시간으로 받을 수 있도록 설계하였다.
사. 주행 대차에 탑재되는 설비는 최대한 가볍게 설계 및 제작 되었다. 또한 주행 대차의 프레임에 대한 강도를 확보하기 위하여 유한요소해석(FEA)를 수행하여 설계 및 제작 되었다. 그리고 주행 대차의 주행 안전성을 확보하기 위한 주행 대차 동특성 해석을 수행하였다.
아. 주행 대차는 제작이 완료된 상태에서 대차 동특성 시험기(KRRI 보유 시험기)에서 120km/h까지 주행 시험을 하여야 하며, 안정된 주행 성능이 나와야 한다.
자. 판토그라프를 주행대차에 장착하고, 서비스 에어를 공급하여 정상적인 제어 상태로 만들고, 전기적 제어 회로를 연결하고, 집전 전류 통로에 대한 전기적 결선을 하도록 설계 및 제작 되었다.
차. 전기가 판토그라프로부터 집전되어 주행추진 제어기를 거치고 기타 각종 내부 회로를 거쳐 최종적으로 차륜을 통해 레일로 귀환되는 회로로 설계되었으며, 이 전기 회로가 적절히 기능하도록 전류 통로를 구성하는 자재를 적절히 설치하였고, 특히 전류가 차륜을 통하여 레일로 귀환하는 회로에서 차륜의 베어링을 통과할 때 베어링의 전식을 방지하도록 적절한 절연과 베어링 우회로의 연결을 고려하여 설계 및 제작 하였다.
가. 주행 대차를 출발점으로 견인 회송할 때 또는 기타 필요시 견인할 때 모터카와 커플링(coupling)하여야 하는데. 이때 필요한 커플러를 설치하여야 한다. 이 커플러(Coupler)는 KRRI에서 모터카 구매 시 협의하여 상세 사양과 도면을 제공하며, KRRI가 제공한 사양대로 주행 대차에 모터카 결합용 커플러를 계약자가 설치하여야 한다.

2.1.3 지상 Reaction Plate

가. 지상의 선로 가운데에 설치하는 Reaction Plate는 계약자가 정하는 규격으로 한다. 다만 Reaction Plate는 옥외의 경량 전철이나 도시철도 시스템에 설치된 사례가 있는 검증된 타입과 형식과 회사의 제품을 선택하여야 한다.
나. Reaction Plate를 설치할 수 있도록 선로는 포장 궤도 타입으로 한국철도기술연구원에서 제공하며, 포장 궤도에 앵커링 볼트를 박고 앵커링 볼트의 강도를 검증하고 하는 업무를 포함한 앵커링과 Reaction Plate 설치에 관한 업무는 전적으로 계약자가 수행하여야할 업무 범위이다.
다. Reaction Plate는 레일 사이에 선로 종방향으로 1열로 배치하는 타입으로 한다.

2.1.4 LIM 차상 모터
가. 차상에 장착되는 LIM 추진 모터는 선로 종방향으로 1열로 배치하여야 한다.
나. LIM 모터가 주행 대차에 장착된 후 총길이(선로 종방향)는 5m 이하이어야 한다.
다. 옥외용이므로 방수되어야 한다.

2.1.5 추진 제어 장치
가. 추진 모터(LIM)를 4의 속도 프로파일 또는 이로부터 변형된 형태로 가속, 타행, 제동 운전할 수 있도록 구성하여야 한다.
나. AC 850V 단상(1∅)을 전차선으로부터 수전 받는 것으로 하여 설계한다.
다. 전차선로-집전계 주행 시험기를 운행 하였을 때 철도기술연구원 역내 시설 전원이 안정되게 운영되는데 지장이 없고, 한전에서 요구하는 전력 품질을 만족하도록 구성하여야 하며, 만일 이를 만족하지 못한다면 전력 품질 대책 설비를 설치하여야 한다.
라. 목표 속도 파일(그림 3-2-113)로의 주행은 한쪽 방향 주행일 때 가능하며 되며, 반대 방향으로의 주행은 주행 대차의 회송 시를 위하여 필요하며, 그 속도는 20~30km/h 이면 된다.
마. 제어기 및 부대설비에 들어가는 IGBT와 같은 전력용 반도체 소자나 개폐기 및 기타 인버터의 핵심 부품 등은 신뢰성 있고 A/S가 가능한 제품을 사용하여야 하며, 이를 위하여 국내 또는 세계적으로 10년 이상 해당 사업을 영위하여오고 해당 산업계에서 신뢰성 있는 회사로 잘 알려져 있는 회사의 제품이고, A/S가 가능한 업체 제품을 사용하여야 한다. 또한 제품 선정에 대해서 사전에 KRRI와 협의하여야 한다.
바. LIM 및 추진 제어 인버터 등의 작동으로 인해 집전 성능 측정용 계측기나 장치가 오동작하지 않도록 고조파나 전자파, 전자기적 영향에 대한 방호대책을 강구하고 적용하여야 한다.

2.1.6 보조 전원 장치

가. 차상의 에어 컴프레셔나 운전 제어용 장치, 시험 계측 기기용 전원을 제공하기 위한 보조 전원 장치가 마련되어야 한다.

나. 에어 컴프레셔용 전원과 운전 제어 장치용 전원, 기타 차상 주행 추진 제어 장치의 작동에 필요한 보조 전원은 입력은 판토그라프로 받아들이는 전원인 AC 8500V, 단상으로 하며, 출력 전압의 크기 및 용량은 계약자가 정한다.

다. 단 차상 시험 계측 기기용 전원도 추가적으로 마련하여야 하며, 그 출력 전압은 AC 220V, 단상으로 하며, 용량은 1.5KW 이상을 인출하여도 지장이 없도록 마련하여야 한다.

라. 판토그라프 전원 공급이 차단되어도 안전을 위하여 반드시 작동되어야 하는 설비를 위한 필수(Vital) 전원도 필요한 만큼의 용량으로 배터리 방식의 비상 전원으로 확보되어야 한다.

2.1.7 회생 전력 소모용 저항기 회로 구성

가. 전기 제동 장치를 작동하는데 필요한 전력 소모용 저항기는 전차선로 인입단에 KRRI가 설치하여 제공한다. 그러나 가능한 회생 전력 소모용 저항기가 필요 없도록 차량 측에서 전력변환제어기를 설계하는 것이 바람직 하다.

2.1.8 갭 센서(Gap Sensor)와 속도 센서 장치

가. 갭 센서는 지상 reaction plate와 차상 코일 사이의 공극(Air gap)을 주행 중 실시간 측정할 수 있도록 견고히 설치되어야 한다.

나. 갭 센서에서 측정된 공극의 길이는 실시간으로 모니터링이 가능해야 한다.

다. 공극의 제어 범위가 5~15mm 이므로 갭 센서의 측정 Range는 0 ~ 20㎜까지 측정이 가능해야 한다.

라. 주행 대차의 위치 및 속도를 파악하기 위하여 주행 대차의 차축 단부에 속도  센서(tachometer)를 장착속도  센서(t이 속도 센서의 정밀도는 5%ta는 이보다 더 정밀속도  센서(t속도 및 위치에 대한 정보는 지상 제어실에서도 실시간으로 받을 수 있도록 시설하여야 한다.

2.1.9 운전 제어실에서 중앙 제어가 가능하도록 시설

가. 모든 제어는 KRRI에게 제공하는 운전 제어실에서 무선으로 제어가 이루어지도록 시설하여야 한다. 제어실에는 주행 대차용 별도의 제어 판넬과 컴퓨터 1식 및 부속설비를 설치하여야 한다.

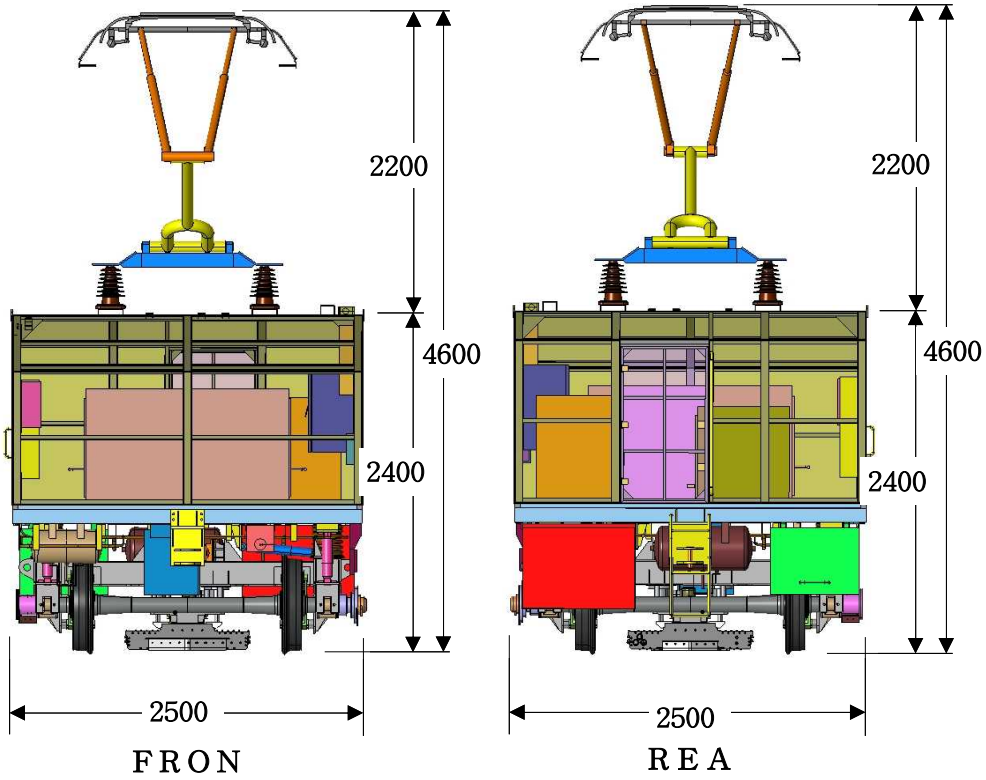
나. 그러나 차단기나 개폐기의 경우 운전 제어실로부터 떨어진 곳에 현장 판넬을 갖고 거기에 설치되는 경우는 현장에서의 Local 조작도 가능하도록 시설하여야 한다.

다. 그러나 비상시 현장에서 즉각 비상 정시 신호를 보낼 수 있도록 비상 정지 버턴이나 관련 판넬 시설을 최소 2곳 이상 설치하여야 한다.
라. 주행 대차의 운행, 비상정지를 포함하여 시설의 조작 및 시험의 통제는 운전 제어실에서 일괄 제어가 이루어지도록 설계되어야 하며, 정상적인 상황에서는 설비의 운영이 미리 프로그램된 것에 따라 자동으로 수행될 수 있어야 하고, 필요 시는 운영자의 개별적 조작에 따라 주행 대차의 운행 및 비상정지 등이 통제될 수 있도록 설계되어야 한다.
마. 전압 전류의 상태, 설비의 동작 상태, 전기 가압 여부 및 주행 대차의 위치 및 주요 소자의 온도(필요시) 중에서 운전 제어실에서 상시 모니터링이 가능하도록 할 정보 항목에 대해서는 KRRI와 협의하여 결정하여야 한다. 이를 정보는 운전자가 한눈에 파악할 수 있도록 제어실 디스플레이 화면에 표출하도록 시설 및 S/W를 설치하여야 한다.

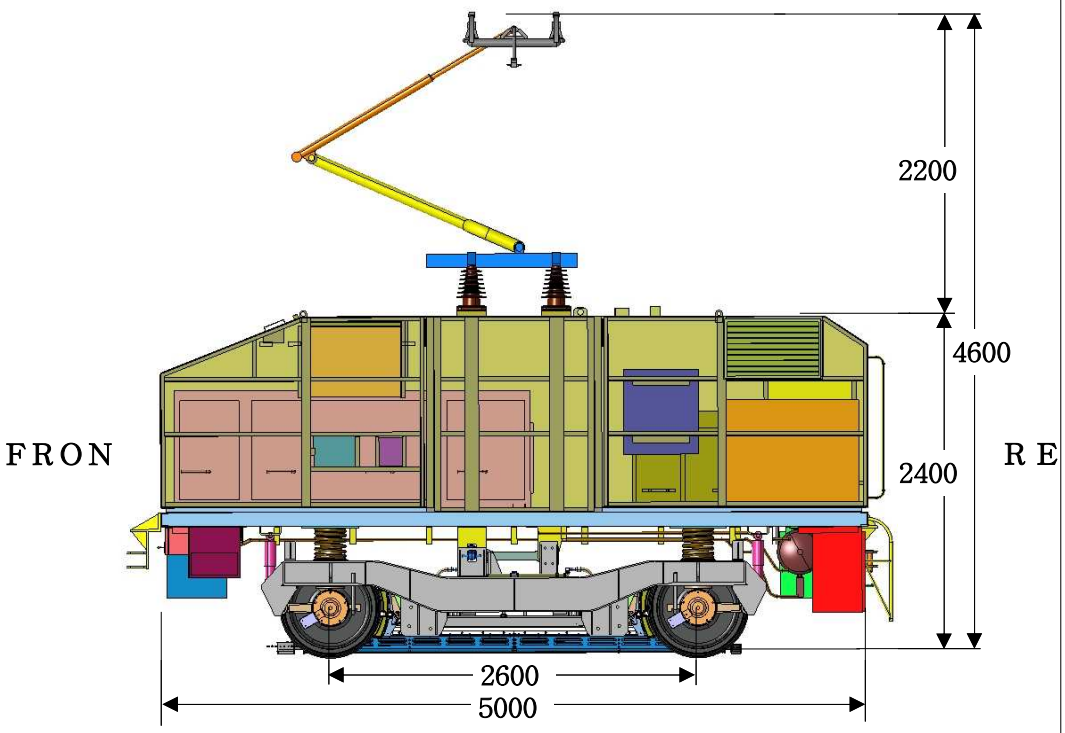
2.1.10 Data Aquisition이나 제어용 S/W
Data Aquisition이나 제어용, Monitoring용 또는 User Interface용 소프트웨어는 Microsoft사의 Windows XP 운영 체계에 Operating 가능하고, LabVIEW/ LabWindows 또는 이와 유사하게 사용자가 쉽게 프로그램 수정이 가능하고 업그레이드 및 유지보수가 가능한 구조이어야 한다.

2.1.11 전기적 안전의 확보 및 접지 시설
가. 주행 시험기의 전차선로로부터 10m 이내에 있는 모든 금속은 접지 되어야 한다. 접지 시설은 단락 용량 측면과 회로 구성 측면에서 적절해야 한다. 그리고 연구원에서 필요하다고 판단하여 지시하는 추가적인 접지 시설의 경우에도 이에 응하여 시설하여야 한다.
나. 모든 가압 부위는 전기적 안전을 보장할 수 있도록 전기설비 기술 기준령의 규정에 맞게 시설하여야 한다. 특히 사람이 닿을 수 있는 높이에 시설되는 고압의 단자나 전선과 같은 시설은 특별히 절연재를 씌우고, 빗물이 침투하지 못하게 시설하는 등의 절연 확보 대책을 하여야하며, 접근을 막을 수 있도록 시설하여야 하며, 전기 위험을 알리는 표지를 붙여야 한다.
다. 주행 대차의 차상에는 차가 주행할 때 자동적으로 램프가 깜박이고(회전하고), 소리도 울리는 경광등을 설치하여야 한다.

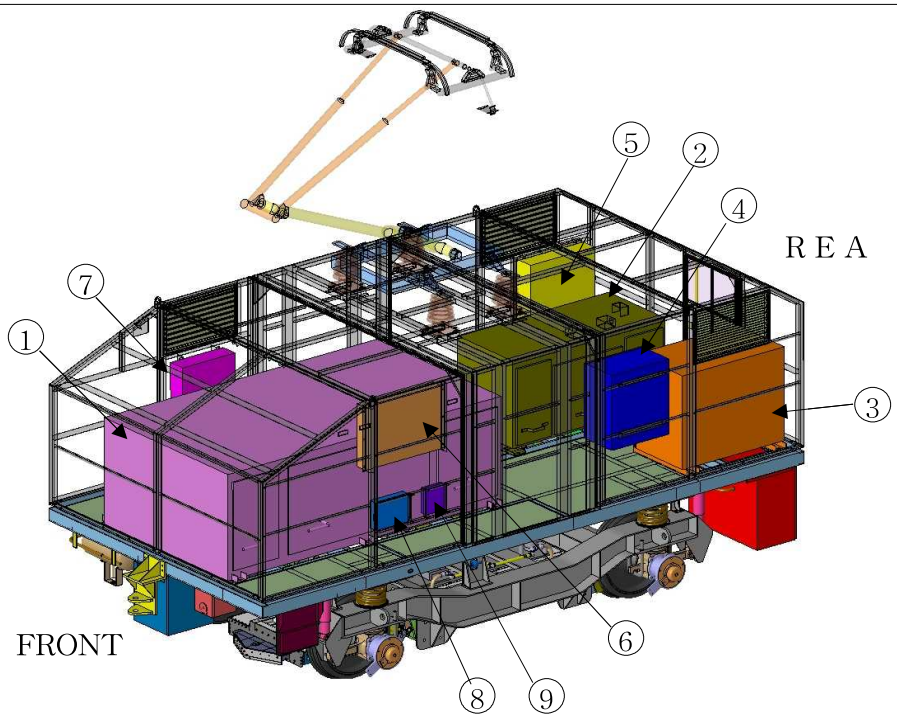
2.2 차량 Lay-out
전차선로-집전계 주행 시험기의 주행대차의 Lay-out은 아래 그림과 같다.
차량의 전체 치수는 길이 5000mm, 폭 2500mm. 높이 4600mm로 구성되어 있고 상세 치수는 아래 그림과 표5를 참조한다.
차량은 차체(상상, 상하, 옥상) 및 대차로 구분한다.




<그림 3-9-2> LAY-OUT(1)

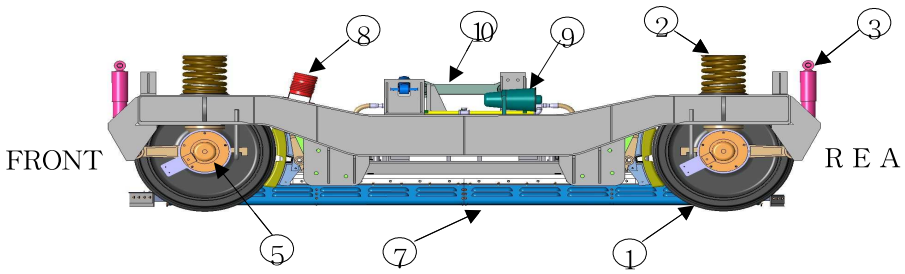



<그림 3-9-3> LAY-OUT(2)

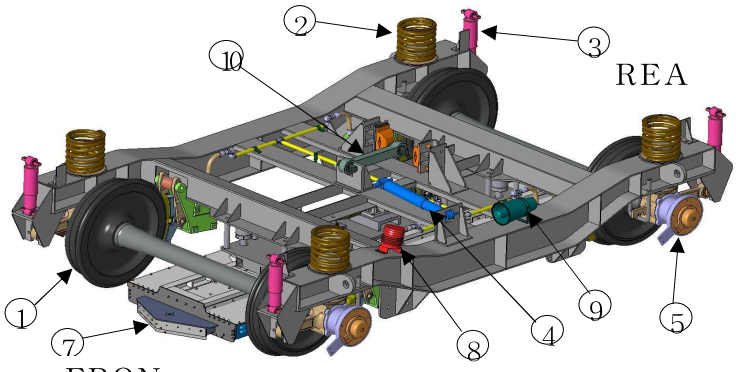



<그림 3-9-4>상상 기기배치(BIRD'S-EYE VIEW)

## 3. 차량시스템 구성품 및 회로도, 작동 Mechanism 등

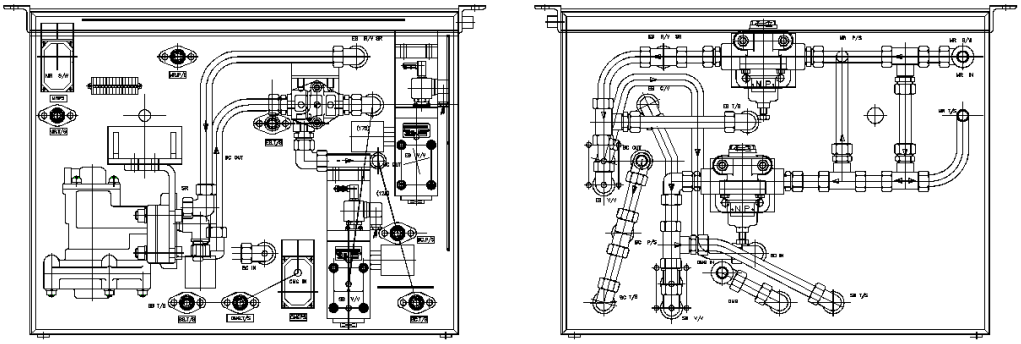



<그림 3-9-5> 대차 기기배치(LEFT SIDE VIEW)

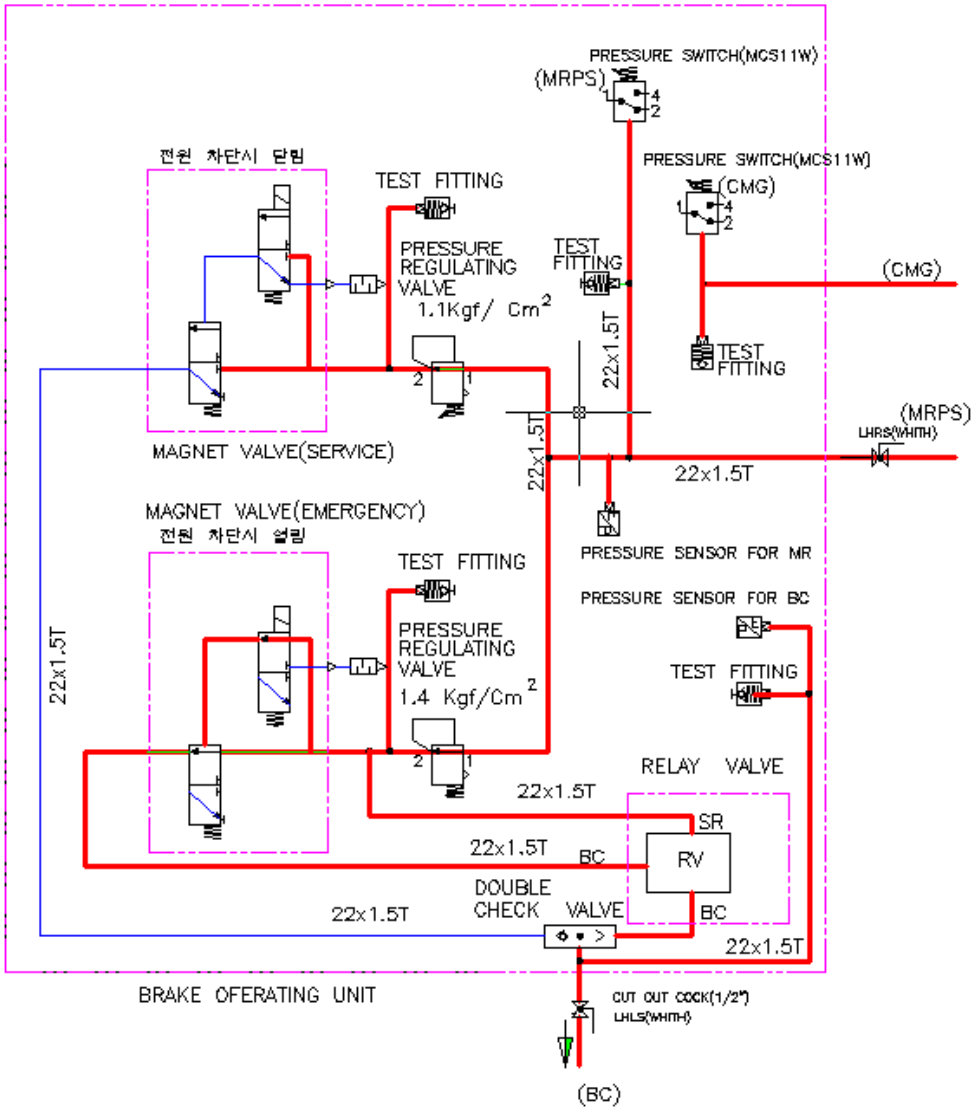



<그림 3-9-6> 대차 기기배치(BIRD'S-EYE VIEW)

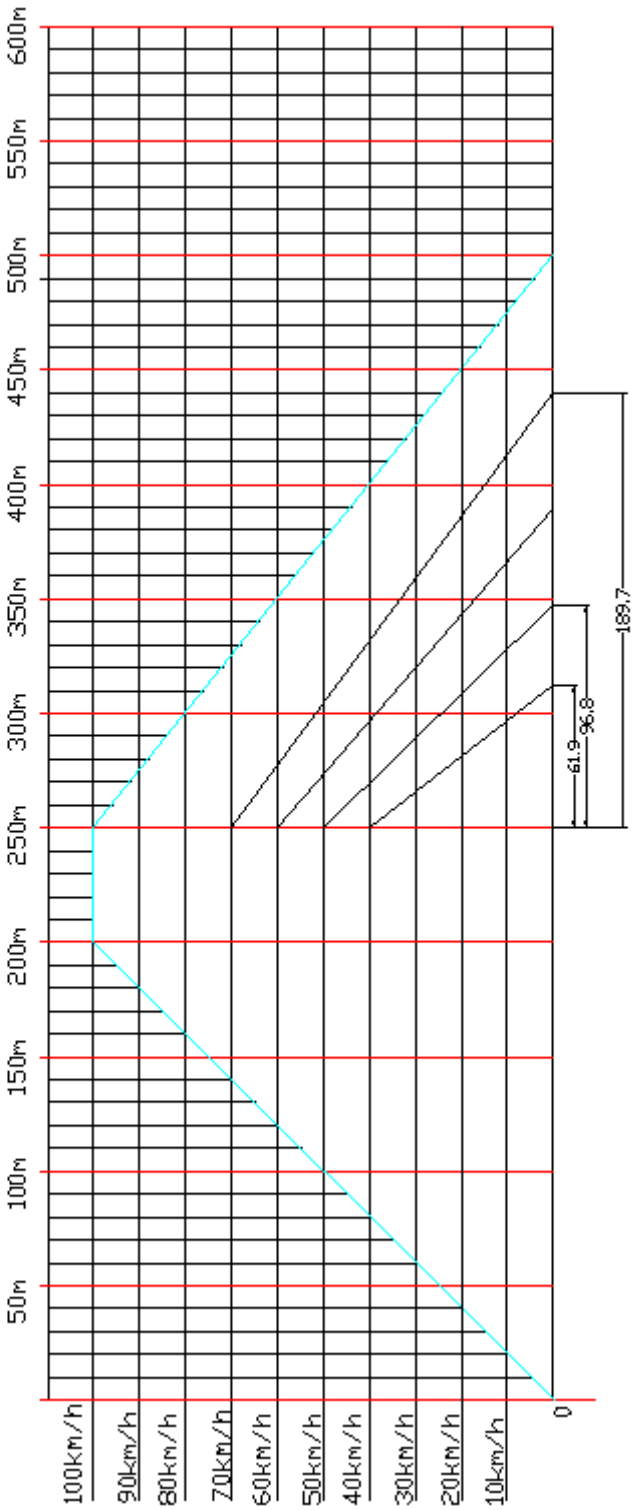
-1



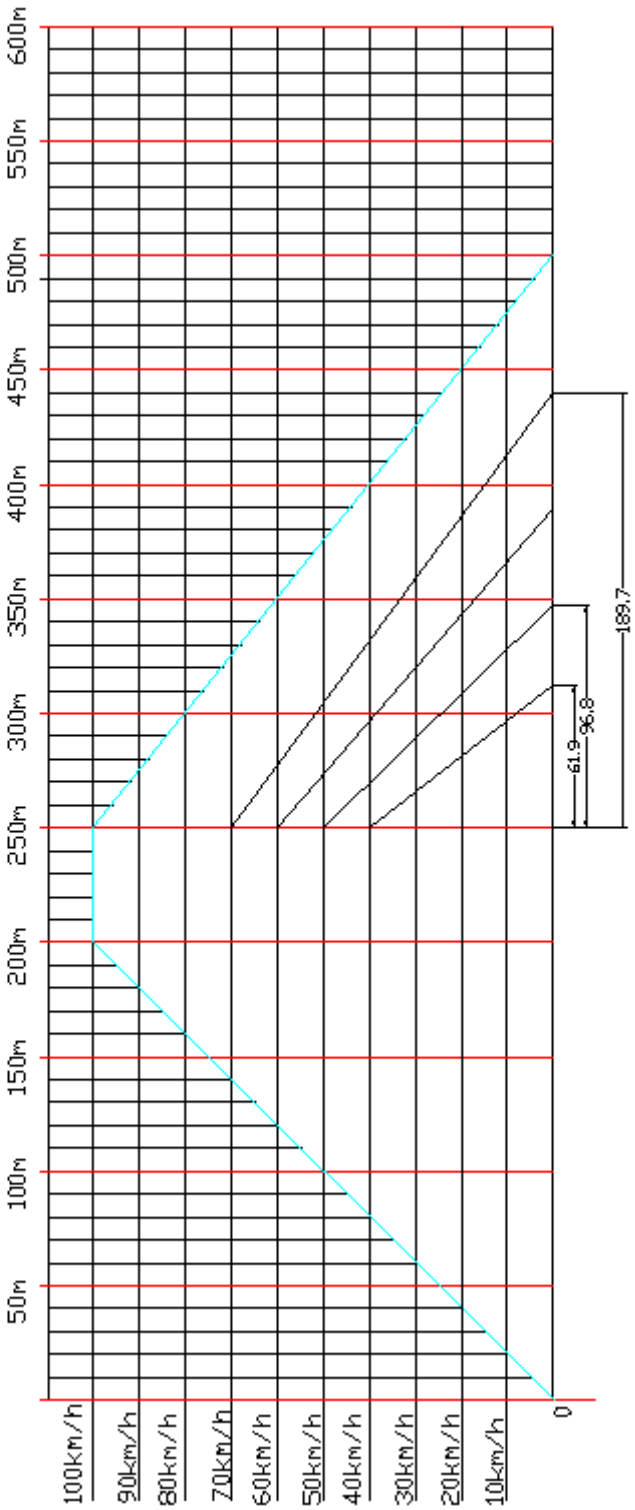
<그림 3-9-7>공기제동장치의 구성품




<그림 3-9-8> 비상 제동시 공기 작용도




<그림 3-9-9> 속도별 제동프로파일




<그림 3-9-10> 속도별 제동프로파일

(1) IGBT : Infineon사의 FZ1500R33HE3의 모델로 정격 사양은 다음과 같이 정격 전압과 전류는 3300V/1500A 이다.

Technische Information / technical information

IGBT-Module
IGBT-modules

# FZ1500R33HE3

**Vorläufige Daten**
**preliminary data**

## IGBT-Wechselrichter / IGBT-inverter

### Höchstzulässige Werte / maximum rated values

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Kollektor-Emitter-Sperrspannung<br>collector-emitter voltage | $T_{vj}$ = -50°C<br>$T_{vj}$ = -40°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $V_{CES}$ | | 3200<br>3300<br>3300 | V |
| Kollektor-Dauergleichstrom<br>DC-collector current | $T_C$ = 95°C, $T_{vj}$ = 150°C | $I_{C\ nom}$ | | 1500 | A |
| Periodischer Kollektor Spitzenstrom<br>repetitive peak collector current | $t_P$ = 1 ms | $I_{CRM}$ | | 3000 | A |
| Gesamt-Verlustleistung<br>total power dissipation | $T_C$ = 25°C, $T_{vj}$ = 150°C | $P_{tot}$ | | 14,5 | kW |
| Gate-Emitter-Spitzenspannung<br>gate-emitter peak voltage | | $V_{GES}$ | | +/-20 | V |

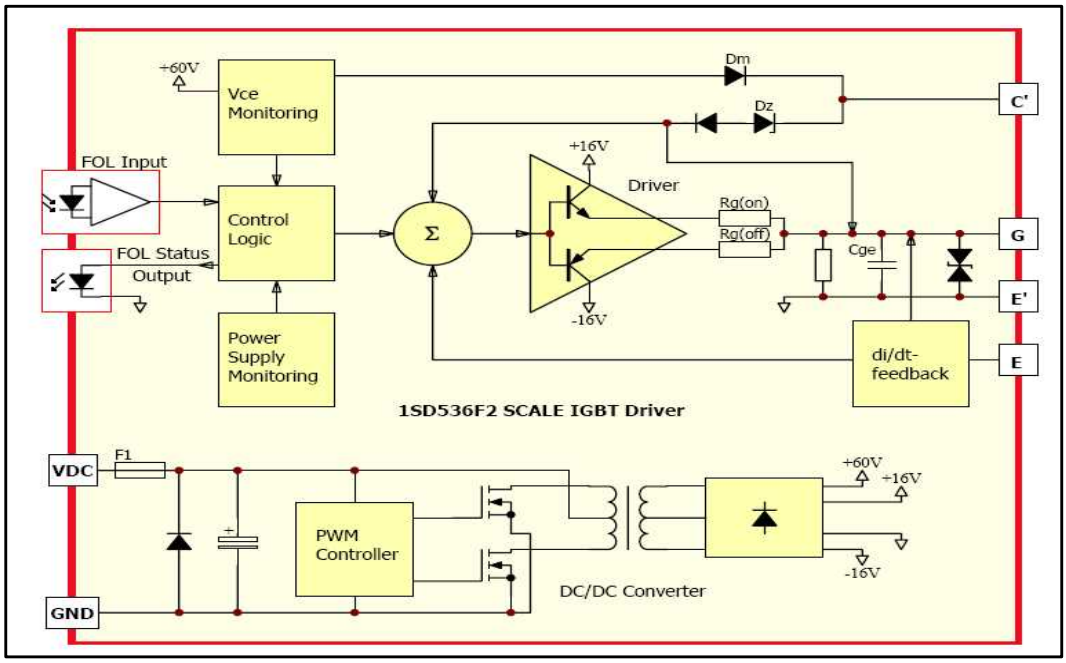
### Charakteristische Werte / characteristic values

| | | | min. | typ. | max. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Kollektor-Emitter Sättigungsspannung<br>collector-emitter saturation voltage | $I_C$ = 1500 A, $V_{GE}$ = 15 V<br>$I_C$ = 1500 A, $V_{GE}$ = 15 V<br>$I_C$ = 1500 A, $V_{GE}$ = 15 V | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $V_{CE\ sat}$ | | 2,55<br>3,00<br>3,15 | t.b.d. | V<br>V<br>V |
| Gate-Schwellenspannung<br>gate threshold voltage | $I_C$ = 72,0 mA, $V_{CE}$ = $V_{GE}$, $T_{vj}$ = 25°C | | $V_{GEth}$ | 5,2 | 5,8 | 6,4 | V |
| Gateladung<br>gate charge | $V_{GE}$ = -15 V ... +15 V | | $Q_G$ | | 42,0 | | µC |
| Interner Gatewiderstand<br>internal gate resistor | $T_{vj}$ = 25°C | | $R_{Gint}$ | | 0,42 | | Ω |
| Eingangskapazität<br>input capacitance | f = 1 MHz, $T_{vj}$ = 25°C, $V_{CE}$ = 25 V, $V_{GE}$ = 0 V | | $C_{ies}$ | | 280 | | nF |
| Rückwirkungskapazität<br>reverse transfer capacitance | f = 1 MHz, $T_{vj}$ = 25°C, $V_{CE}$ = 25 V, $V_{GE}$ = 0 V | | $C_{res}$ | | 6,00 | | nF |
| Kollektor-Emitter Reststrom<br>collector-emitter cut-off current | $V_{CE}$ = 3200 V, $V_{GE}$ = 0 V, $T_{vj}$ = 25°C | | $I_{CES}$ | | | 5,0 | mA |
| Gate-Emitter Reststrom<br>gate-emitter leakage current | $V_{CE}$ = 0 V, $V_{GE}$ = 20 V, $T_{vj}$ = 25°C | | $I_{GES}$ | | | 400 | nA |
| Einschaltverzögerungszeit (ind. Last)<br>turn-on delay time (inductive load) | $I_C$ = 1500 A, $V_{CE}$ = 1800 V<br>$V_{GE}$ = ±15 V<br>$R_{Gon}$ = 1,0 Ω, $C_{GE}$ = 330 nF | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $t_{d\ on}$ | | 0,60<br>0,60<br>0,60 | | µs<br>µs<br>µs |
| Anstiegszeit (induktive Last)<br>rise time (inductive load) | $I_C$ = 1500 A, $V_{CE}$ = 1800 V<br>$V_{GE}$ = ±15 V<br>$R_{Gon}$ = 1,0 Ω, $C_{GE}$ = 330 nF | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $t_r$ | | 0,55<br>0,55<br>0,55 | | µs<br>µs<br>µs |
| Abschaltverzögerungszeit (ind. Last)<br>turn-off delay time (inductive load) | $I_C$ = 1500 A, $V_{CE}$ = 1800 V<br>$V_{GE}$ = ±15 V<br>$R_{Goff}$ = 1,5 Ω, $C_{GE}$ = 330 nF | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $t_{d\ off}$ | | 3,00<br>3,20<br>3,20 | | µs<br>µs<br>µs |
| Fallzeit (induktive Last)<br>fall time (inductive load) | $I_C$ = 1500 A, $V_{CE}$ = 1800 V<br>$V_{GE}$ = ±15 V<br>$R_{Goff}$ = 1,5 Ω, $C_{GE}$ = 330 nF | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $t_f$ | | 0,30<br>0,35<br>0,35 | | µs<br>µs<br>µs |
| Einschaltverlustenergie pro Puls<br>turn-on energy loss per pulse | $I_C$ = 1500 A, $V_{CE}$ = 1800 V, $L_S$ = 85 nH<br>$V_{GE}$ = ±15 V, di/dt = 4500 A/µs ($T_{vj}$=150°C)<br>$R_{Gon}$ = 0,47 Ω, $C_{GE}$ = 330 nF | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $E_{on}$ | | 1900<br>2550<br>2900 | | mJ<br>mJ<br>mJ |
| Abschaltverlustenergie pro Puls<br>turn-off energy loss per pulse | $I_C$ = 1500 A, $V_{CE}$ = 1800 V, $L_S$ = 85 nH<br>$V_{GE}$ = ±15 V, du/dt = 2100 V/µs ($T_{vj}$=150°C)<br>$R_{Goff}$ = 1,5 Ω, $C_{GE}$ = 330 nF | $T_{vj}$ = 25°C<br>$T_{vj}$ = 125°C<br>$T_{vj}$ = 150°C | $E_{off}$ | | 1600<br>2100<br>2300 | | mJ<br>mJ<br>mJ |
| Kurzschlussverhalten<br>SC data | $V_{GE}$ ≤ 15 V, $V_{CC}$ = 2500 V<br>$V_{CEmax}$ = $V_{CES}$ -$L_{sCE}$ ·di/dt | $t_P$ ≤ 10 µs, $T_{vj}$ = 150°C | $I_{SC}$ | | 5800 | | A |
| Innerer Wärmewiderstand<br>thermal resistance, junction to case | pro IGBT / per IGBT | | $R_{thJC}$ | | | 8,50 | K/kW |
| Übergangs-Wärmewiderstand<br>thermal resistance, case to heatsink | pro IGBT / per IGBT<br>$\lambda_{Paste}$ = 1 W/(m·K) / $\lambda_{grease}$ = 1 W/(m·K) | | $R_{thCH}$ | | 11,0 | | K/kW |

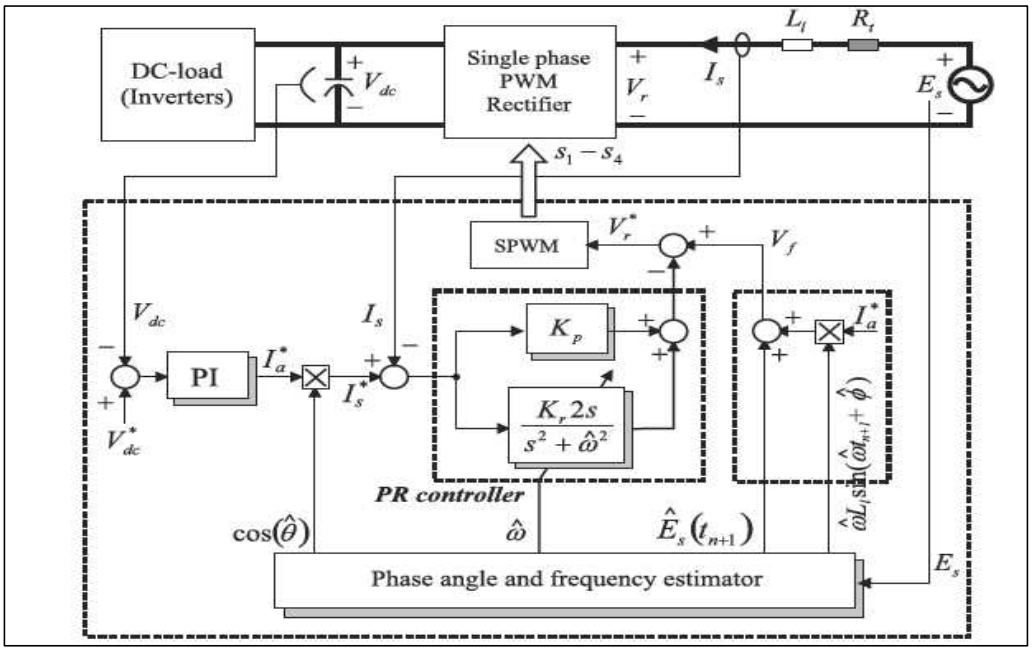
| | |
|---|---|
| prepared by: Jürgen Biermann | date of publication: 2009-04-29 |
| approved by: Thomas Schütze | revision: 2.2 |

2

(1) IGBT Gate Driver : 아래 Block Diagram과 같이 구조의 Optic fiber를 이용한 스위칭 신호를 전달 및 ArmShort을 검출 할 수 있는 Gate Driver를 적용하였다. 또한 게인트 전원전압이 13[V] 이하인 경우에 Low Voltage Protection이 동작한다.




(2) 추진 제어 장치 제어 방식



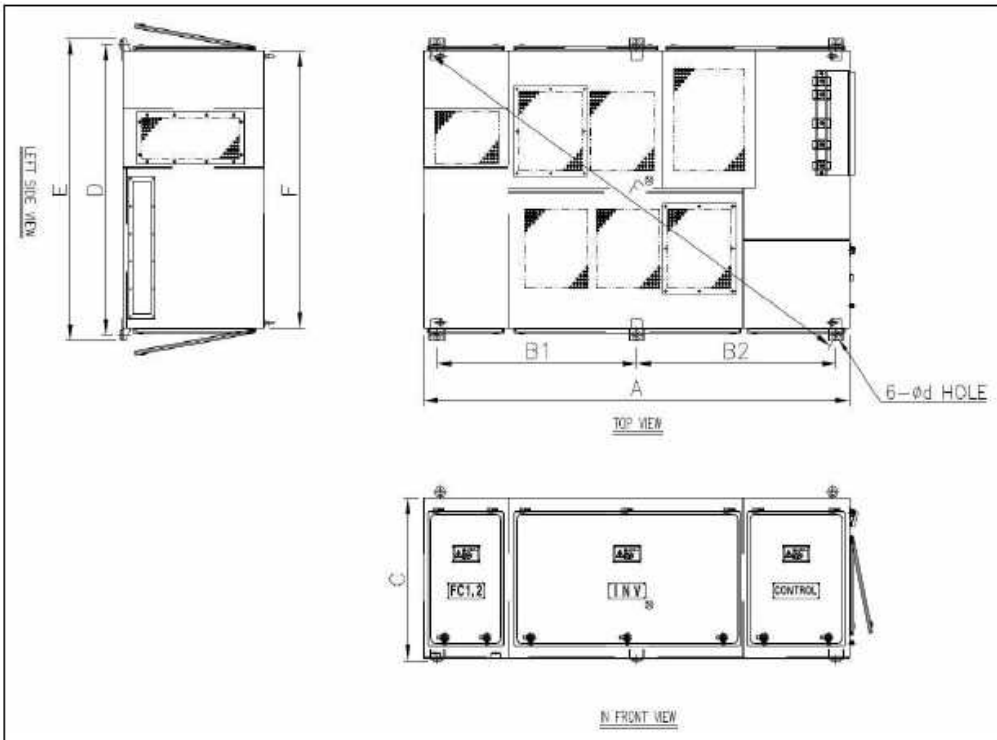
## 다. 공장 시험 (구성품 성능 시험)

| JSS ㈜정설시스템 | 전차선로-집전계 주행대차<br>구성품 시험성적서<br>(추진제어용 전력변환장치) | 문서 번호 | JRI-KRRI09-107 |
|---|---|---|---|
| | | 작성 일자 | 2010.03.08 |
| | | Total Page | 13 |

첨부 #1.

# 시 험 성 적 서

| 공 사 명 | 전차선로-집전계 주행시험기의 주행대차 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 제 작 사 | SONOTECH | | | |
| 품 명 | 추진제어용 전력변환장치 | | | |
| 도면 번호 | JRD-C/I-A003 | 제 작 사 | 검 사 자 | 확 인 자 |
| 검 사 일 | 2010년 3월 5일 ~ 6일 | 판 정 | PASS | |

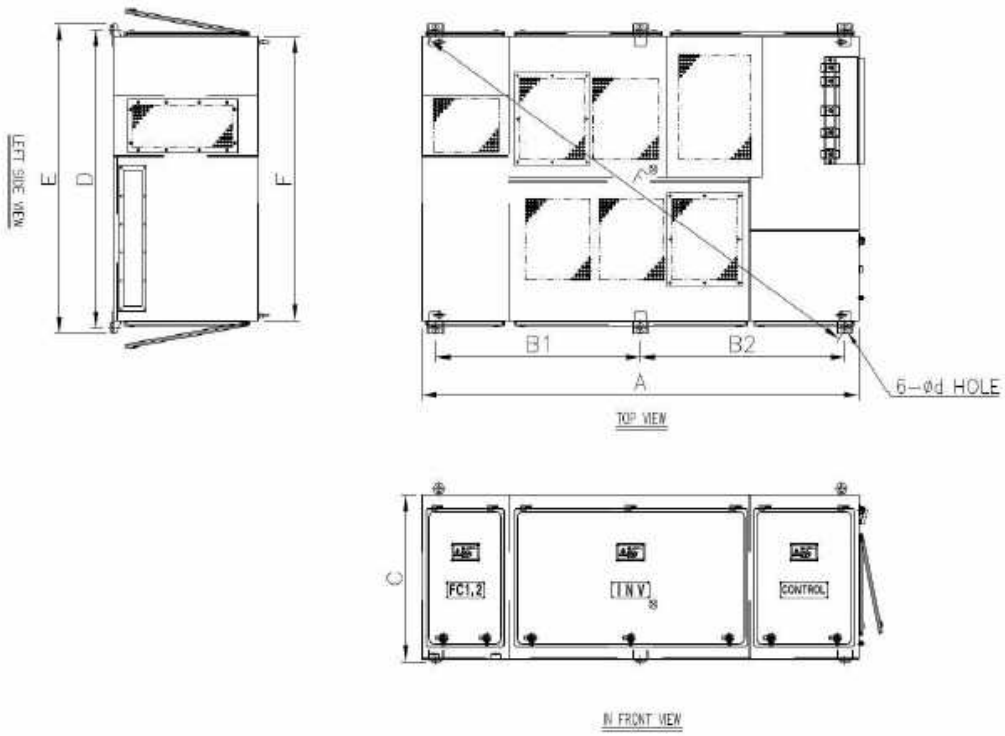



| 순번 | 항 목 | | 판정기준 | 판정결과 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 외관 구조 검사 | | 부품의 조립 배선 등 제작상태와 전선 및 부품의 식별표시의 적합성과 제작 중 외함 및 구조상의 손상이나 결함 여부 확인 | PASS | |
| 2 | 치수 검사 | A | 2520±5(mm) | PASS | |

첨부 #1.

# 시 험 성 적 서

| 공 사 명 | 전차선로-집전계 주행시험기의 주행대차 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 제 작 사 | SONOTECH | | | |
| 품 명 | 추진제어용 전력변환장치 | | | |
| 도면 번호 | JRD-C/I-A003 | 제 작 사 | 검 사 자 | 확 인 자 |
| 검 사 일 | 2010년 3월 5일 ~ 6일 | 판 정 | PASS | |



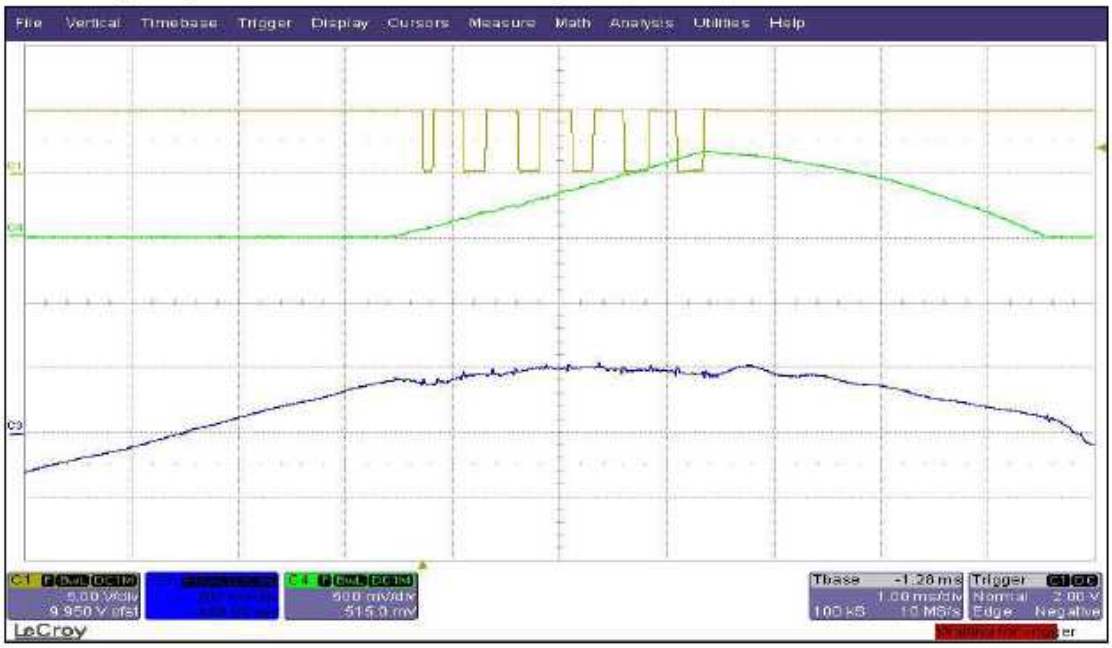

| 순번 | 항 목 | | 판정기준 | 판정결과 | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 외관 구조 검사 | | 부품의 조립 배선 등 제작상태와 전선 및 부품의 식별표시의 적합성과 제작 중 외함 및 구조상의 손상이나 결함 여부 확인 | PASS | |
| 2 | 치수 검사 | A | 2520±5(mm) | PASS | |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | B1, B2 | 1180±2(mm) | PASS | |
| | | C | 850±5(mm) | PASS | |
| | | D | 1520±2(mm) | PASS | |
| | | d | 24±1(mm) | PASS | |
| | | E | 1580±5(mm) | PASS | |
| | | F | 1450±3(mm) | PASS | |
| 3 | 냉각 장치 시험 | | 강제 냉각방식의 추진제어용 전력변환 장치에 있어서 냉각장치 성능 특성의 적합성 확인을 목적으로 팬이 정격전압 220VAC 단상 전압인가 시 정상 동작하는지를 확인한다. | PASS | |
| 4 | 보호 검출 기능시험 | | 전압 검출, 전류 검출, 온도 센서 등 보호 검출장치에 대한 이상 조건 발생시 검출기능의 정확성 확인을 목적으로 전력변환장치의 검출회로에 등가신호를 입력하여 출력파형을 확인하며 보호동작의 적합성을 확인 한다 | PASS | |
| 5 | 제어 기능 시험 | | 추진 제어용 전력 변환장치제어기의 구동 신호 및 내부 구성 요소간 혹은 외부 기기에 대한 제어신호의 적합성 여부 확인을 목적으로 동작 시퀀스, 구동신호등을 확인한다. | PASS | 파형 1-4 |
| 6 | 경부하 시험 | | 정상동작조건 운전시 추진제어용 전력변환장치 출력파형을 측정함 으로서 추진제어용 전력변환 장치의 정상동작여부 확인을 목적으로 3상전류 실효치(rms)의 크기 및 상전류를 확인한다. | PASS | 파형 6-10 |
| 7 | 절연 저항 시험 (직류 1000V) | | 고압-저압(제어)회로:30MΩ이상 | PASS | |
| | | | 고압-접지회로 : 100MΩ이상 | | |
| | | | 저압(제어)-접지 회로:30MΩ 이상 | | |
| 8 | 내전압 시험 (주파수 60Hz) | | 고압-저압(제어)회로:AC5400V/1분 | PASS | |
| | | | 고압-접지회로 : AC5400V/1분 | | |
| | | | 저압(제어)-접지 회로:AC5400V/1분 | | |

첨부 #2.

1. 제어 기능 시험 : Gate Signal 신호

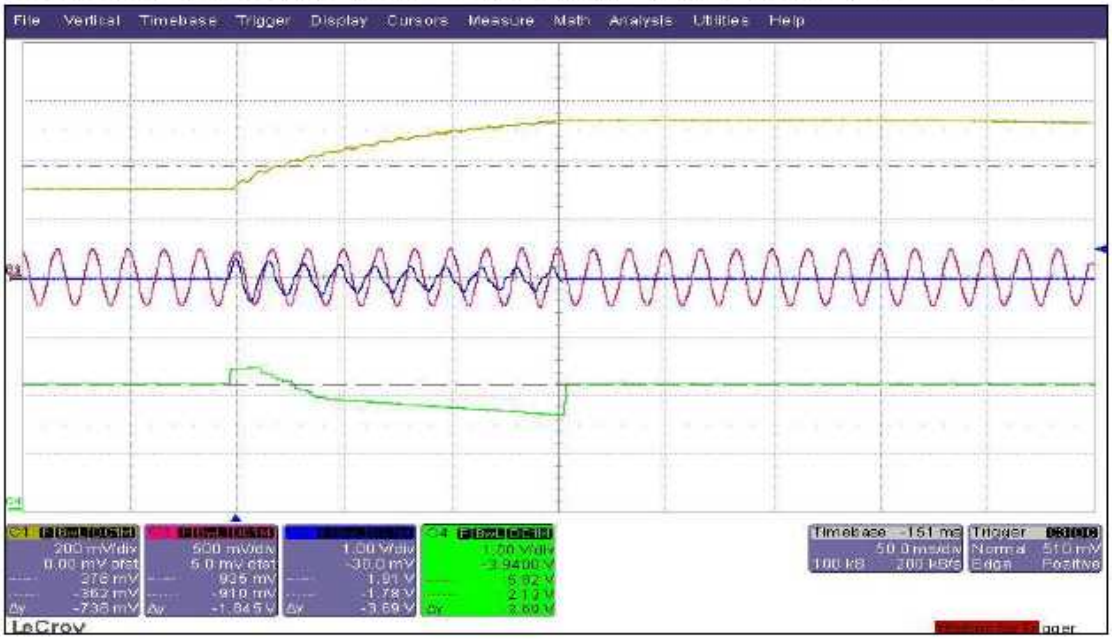
(1) Gate Signal 신호( 0 - 6[V] 및 IGBT에 흐르는 전류 파형 ) - 파형 1




(2) Gate Signal 신호( +-15[V] 및 IGBT에 흐르는 전류 파형 ) - 파형 2



(3) Gate Signal 신호( DC LINK 제어 신호 및 입력 전압/전류 파형, 전압제어기 출력 파형 ) - 파형 3




(4) INVERTER Vab 선간 전압 및 PWM Converter 전류 신호 - 파형 4



2. 경부하 시험

(1) 리액터 시험 : 600[uH]/300A



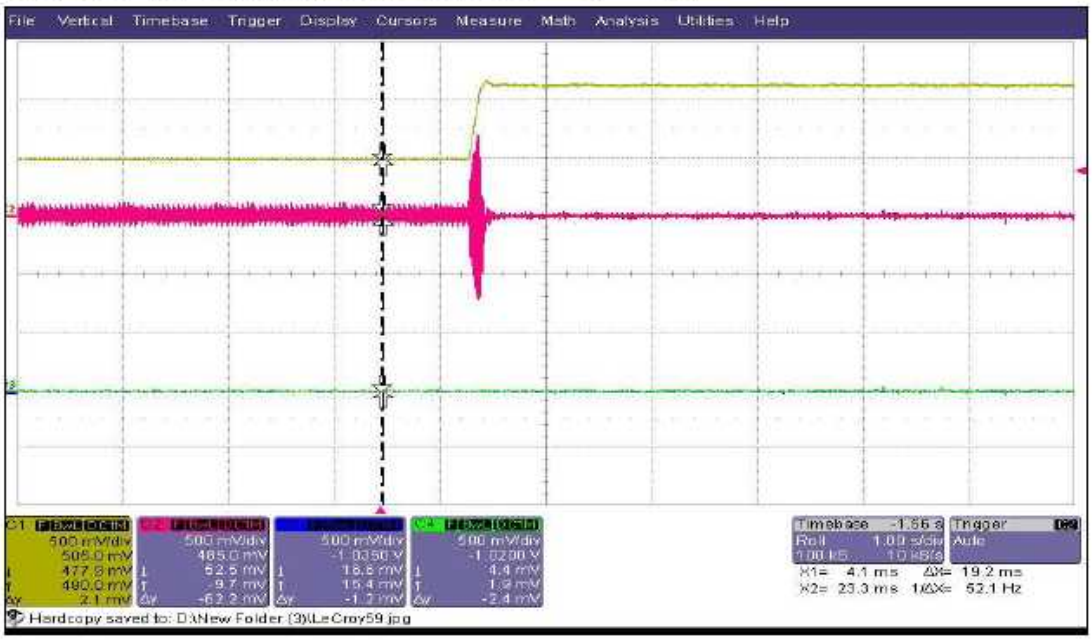
(2) 입력 380V AC 시험 설치 사진



(7) AC 850V 입력 시험 설치 사진



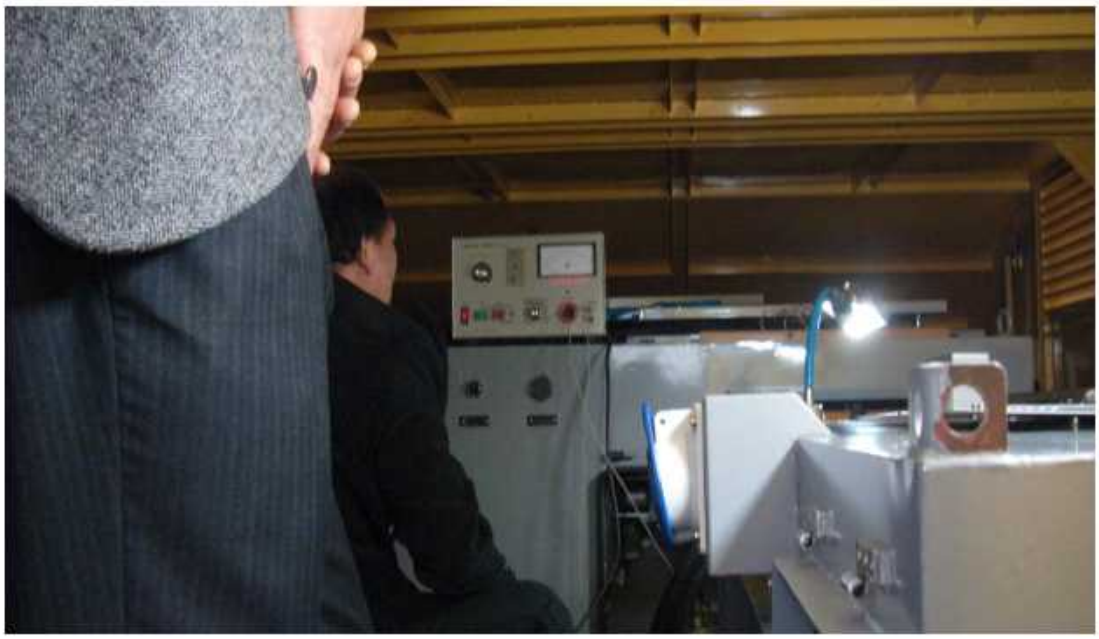
(8) AC 850V 입력 및 PWM Converter 1500VDC 제어 파형 - 파형 8



3. 절연 저항 시험



4. 내전압 시험



첨부 #3.

## 1. 온도싸이클 시험

(1) 시험조건

- 통전상태
- 온도 변화율: 65℃/-20℃
- 시험횟수: 2 Cycle
- 습도는 65℃에서 98%RH±1 에서 98%RH±1를 유지 할 것.(이슬맺힘이 없을 것)
- 2 사이클 실시한 후 시험품이 상온에서 온도안정에 달할 수 있도록 방치한 다음 작동에 이상이 없어야 한다.

(2) 판정기준

- KS C 0227(2001) : 온습도 싸이클시험 방법 (12 + 12 시간 싸이클)

(3) 시험진행

■ 온습도 챔버에 설치된 모습




■ 시험진행 모습




■ COMM. BOARD : 정상

## 4. 전원 노이즈시험

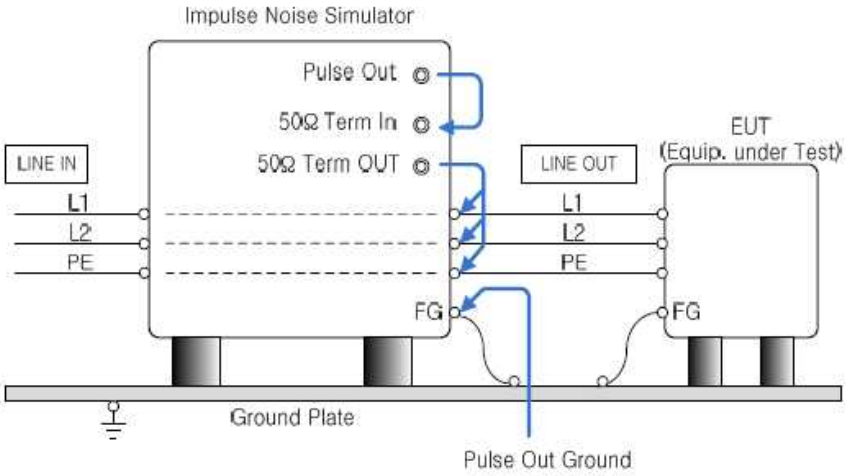
(1) 시험조건

- 입력전원부에 ±2,000 V를 인가하여 정상동작여부 확인.
- 인가전압

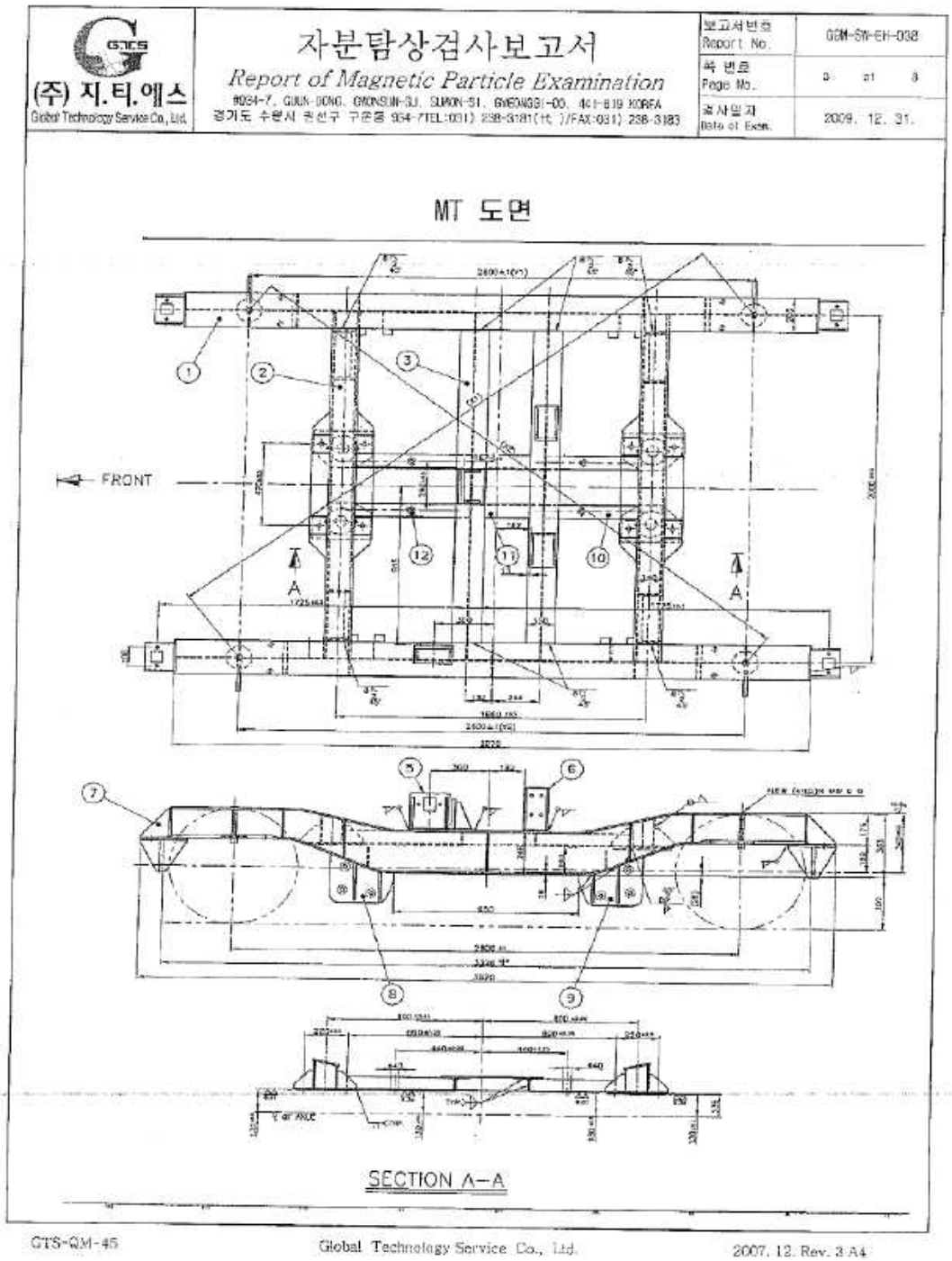
| 시료 | 전원공급장치 | Digital I/O | |
|---|---|---|---|
| | | Ue ≤24V | Ue > 24V |
| 시험규격 전압 | AC 2,000V | 1,000 V | 1,800 V |

- 인가시간 : 10분
- 펄스폭 및 주기 : 1us(폭), 16ms(주기)
- 극성 : Positive(+), Negative(-)

■ COMMON MODE 시험



첨부 #5. (3 OF 3)


(주) 지.티.에스
Global Technology Service Co., Ltd.
자분탐상검사보고서
Report of Magnetic Particle Examination
보고서번호 Report No. GSM-SW-EH-032
쪽 번호 Page No. 3 of 8
검사일자 Date of Exam. 2009. 12. 31.
MT 도면
FRONT
A
A
SECTION A-A
CTS-QM-45
Global Technology Service Co., Ltd.
2007. 12. Rev. 3 A4

첨부 #2.

1. 절연저항 측정시험



2. 절연내력시험






3. 저항측정 시험



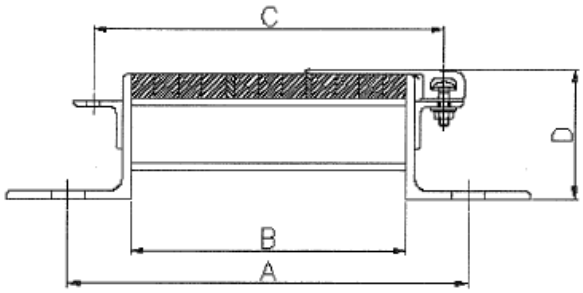


# 검 사 성 적 서
## INSPECTION RECORD

| 결재 | 담 당 | 검 토 | 승 인 |
|---|---|---|---|
| | | | |

검사일 : 2010. 01. 20

| 품명 Part name | LIM RAIL | 공 급 자 | (주)큐엔티엔지니어링 |
|---|---|---|---|
| 규격 Spec/Model | SL 3.26S | 납 품 처 | 일진전기(주) |
| 검사 및 시험설비 | 육안 / 버어니어 캘리퍼스 / 줄자 | 검 사 자 | 김 승태 ㊞ |

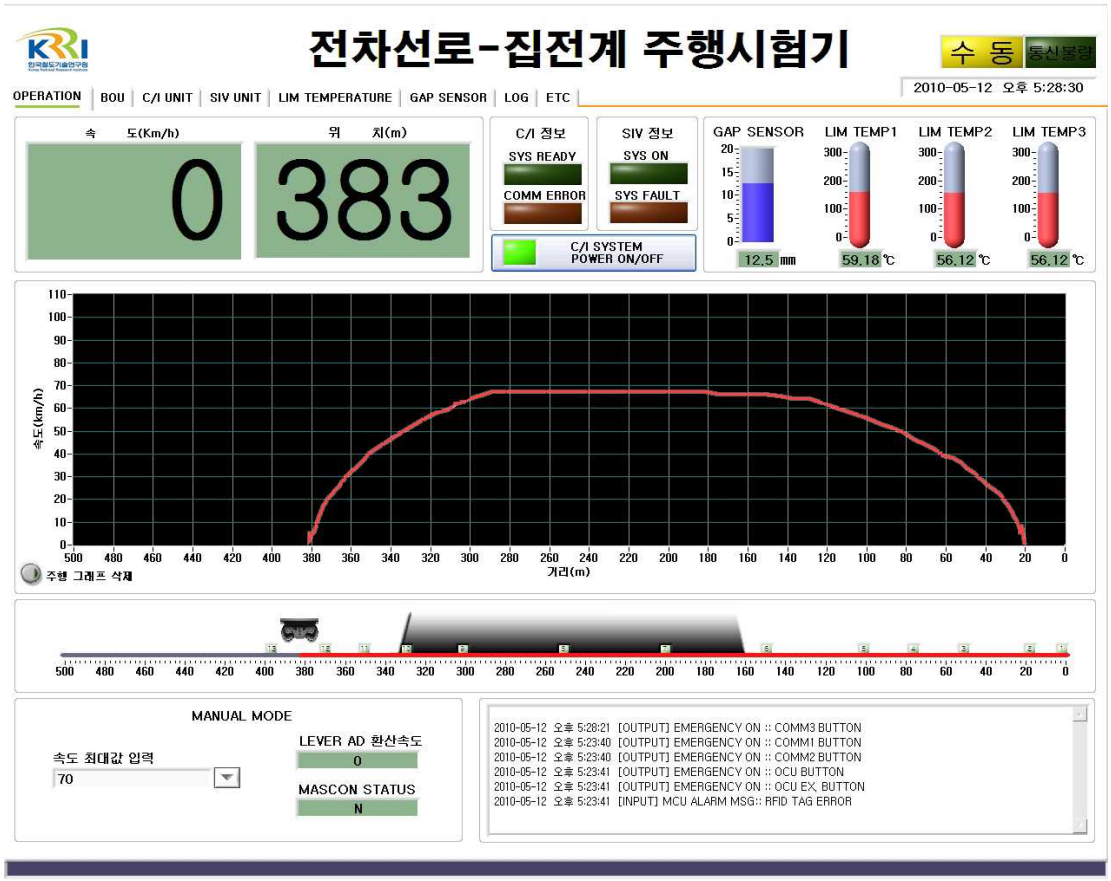



| 검사항목 | 판정기준 | | 측 정 치 | | | | | 판 정 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_{50}$ | |
| 치 수 | A | 420±1 | 419 | | | | | ■ 합 격<br>□ 불합격 |
| | B | 290±1 | 290 | | | | | |
| | C | 370±1 | 370 | | | | | |
| | D | 135±3 | 135.4 | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 외 관 | 도장이 벗겨진 곳이 없을 것.<br>휨, 비틀림, 찌그러짐 등이 없을 것. | | 이상없음 | | | | | ■ 합 격<br>□ 불합격 |
| | | | | | | | | □ 합 격<br>□ 불합격 |
| | | | | | | | | □ 합 격<br>□ 불합격 |
| | | | | | | | | □ 합 격<br>□ 불합격 |

| 검사후 처리사항 | 종합판정 | 합 격 Accepted ■<br>불합격 Rejected □ |
|---|---|---|

라. 현장 시험 (종합 성능 시험)

☐ Pantograph car running control and data acquisition display




주행
KRRI-10E02


RION

# 10절 구축장비 추진 현황
## : 철도차량 실대형 환경챔버

## 1. 개요

■ 장비명 : 철도차량 실대형 환경챔버

■ 제작사 : 더웨일(주)

■ 주요 구성품

- 챔버설비 1식
  · 극한 온도/습도시험 설비
  · 결빙시험 설비
  · 태양광 복사시험 설비
  · 철도차량 이송 설비
  · 챔버 중앙제어실
  · 챔버 현장제어실
- 차량 환경 설비 1식
  · 챔버설비 중앙제어시스템
  · 객차 내 온·습도 모니터링 시스템
  · Ultrasonic Anemometer
  · Micro-Manometer
  · Thermal Imaging Camera

■ 피시험체

- 철도차량 객차 및 화차
- 온도 (-40~60℃), 습도 (10~95%) 시험이 필요한 대형용품

■ 관련시험 (철도차량 냉난방 성능 관련 시험)

- 고온시험 및 저온시험 (-40 ~ +60℃)
- 습도시험 (10 ~ 95%)
- 결빙시험 (-10℃)
- 태양광 모사 시험 (1,120 W/㎡)
- 저속 풍동 시험 (0 ~ 15 km/h)
- 객실내 온도분포 시험
- 객실내 기류분포 시험
- 객실내 덕트 풍량 시험

■ 관련규격

• 국내 규격

- 기존에는 환경시험장비가 없었으므로 냉난방 설계 계산서로 대체하였음.

• 국외 규격

- UIC 규격: 553, 553-1

  553: Heating, ventilation and air-conditioning in coaches

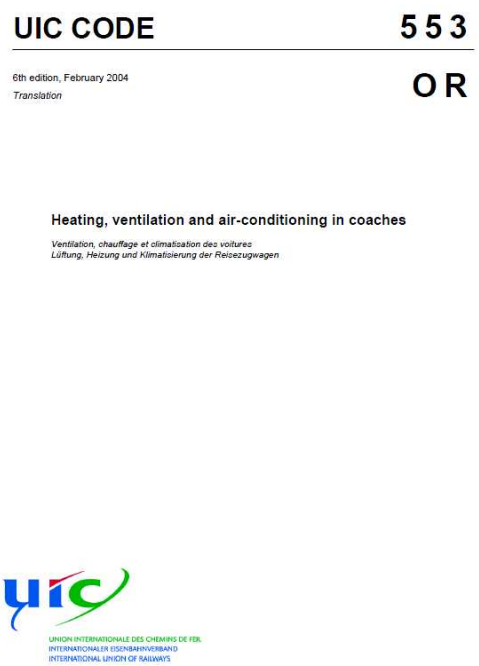
  553-1: Heating, ventilation and air-conditioning in coaches - Standard tests

- EN 규격 Railway Applications

  13129-1,2: Air conditioning for main line rolling stock

  14750-1,2: Air conditioning for urban and suburban rolling stock

  14813-1,2: Air conditioning for driving cabs



UIC CODE 553

6th edition, February 2004

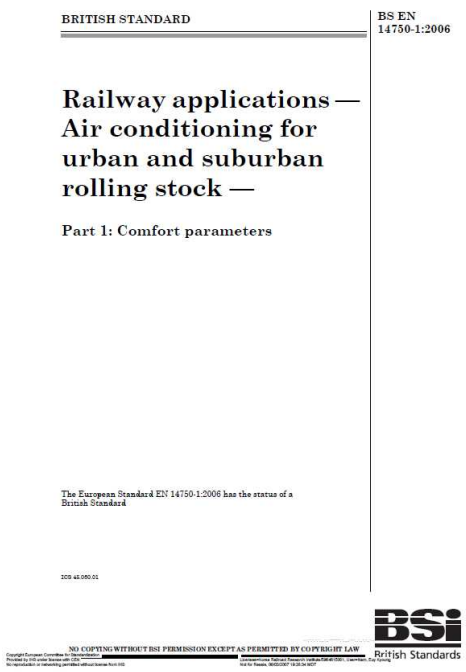
*Translation*

OR

**Heating, ventilation and air-conditioning in coaches**

*Ventilation, chauffage et climatisation des voitures*
*Lüftung, Heizung und Klimatisierung der Reisezugwagen*

UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER
INTERNATIONALER EISENBAHNVERBAND
INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS



BRITISH STANDARD

BS EN 14750-1:2006

**Railway applications — Air conditioning for urban and suburban rolling stock —**

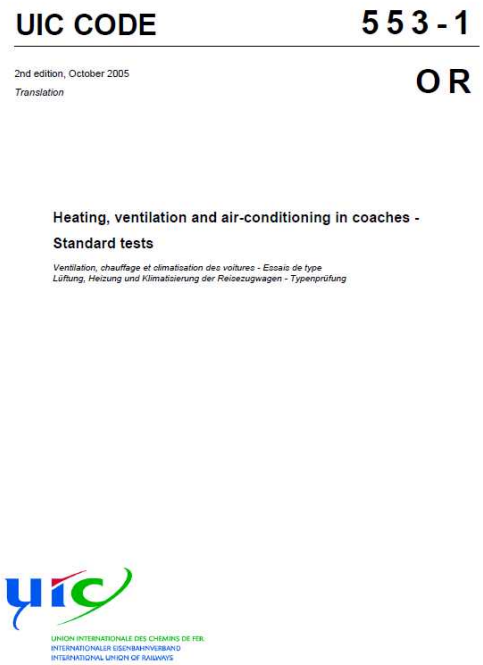
**Part 1: Comfort parameters**

The European Standard EN 14750-1:2006 has the status of a British Standard

ICS 45.060.01

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

British Standards



UIC CODE 553-1

2nd edition, October 2005

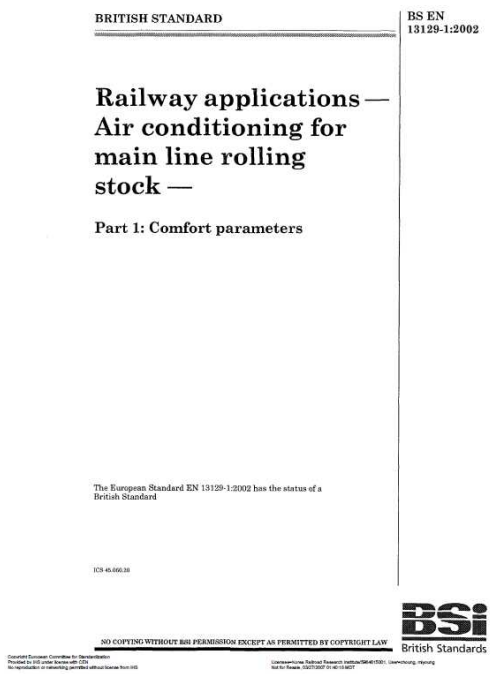
*Translation*

OR

**Heating, ventilation and air-conditioning in coaches - Standard tests**

*Ventilation, chauffage et climatisation des voitures - Essais de type*
*Lüftung, Heizung und Klimatisierung der Reisezugwagen - Typenprüfung*

UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER
INTERNATIONALER EISENBAHNVERBAND
INTERNATIONAL UNION OF RAILWAYS



BRITISH STANDARD

BS EN 13129-1:2002

**Railway applications — Air conditioning for main line rolling stock —**

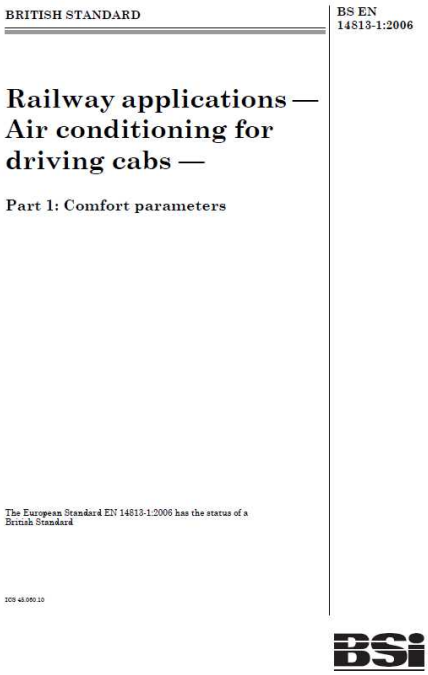
**Part 1: Comfort parameters**

The European Standard EN 13129-1:2002 has the status of a British Standard

ICS 45.060.10

NO COPYING WITHOUT BSI PERMISSION EXCEPT AS PERMITTED BY COPYRIGHT LAW

British Standards



BRITISH STANDARD

BS EN 14813-1:2006

Railway applications — Air conditioning for driving cabs —

Part 1: Comfort parameters

The European Standard EN 14813-1:2006 has the status of a British Standard

ICS 45.060.10

BSi

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축 필요성

■ 국내에는 철도차량용 실대형 환경챔버가 없어서 철도차량의 환경성능 인증이나 개발 기술의 검증이 어려운 실정임.

■ 환경 모사를 이용한 철도차량의 환경 성능 검사, 인증체계 구축을 통한 수출/내수 차량의 성능 및 신뢰성 제고, 양산 차량 생산 전 시제모델의 환경성능 검증을 통한 철도차량 생산 비용 절감 및 철도차량의 현업 투입시 발생가능한 문제점의 예방이 필요하였음.

■ 차세대 철도차량의 기술 개발시 철도 신호설비 등 운영설비에 대한 환경성능 검증이 필요함.

■ 주요 철도기술 선진국은 실대형 환경챔버를 갖추고 이를 기반으로 기술의 신

뢰성 향상 및 신규 기술의 개발, 검증에 이용하고 있는데, 우리나라도 세계시장에서 요구하는 환경성능 인증 능력을 보유함으로써 국산 철도차량의 국제적 신뢰성을 확보

■ 해외 환경시험장에 시험용역 의뢰시 발생한 시험비, 인증비 및 철도차량 실차 운송비 등 대외비용 지출 방지

■ 철도차량을 다양한 기후조건 및 기상조건하에서 철도차량에 장착되는 냉난방기, 덕트 등 다양한 설비의 성능을 평가할 수 있도록 하여 철도차량의 안전성과 쾌적성을 확보하는 것이 필요함.

■ 상기 사항을 종합적으로 고려할 때 전용 시험장비의 구축이 시급

**나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성**

• 국내 유사장비 보유현황
  - 현재 군용기 시험 목적인 국방과학연구원의 환경챔버 외에는 철도차량 전용 시험기 전무
• 국외 유사장비 보유현황
  - 오스트리아 RTA와 캐나다 NRC, 일본의 가와사키 중공업, 이태리의 안젤안토니 등에서 보유 중

<표 3-10-1> 국내외 유사장비 보유현황

| 분 류 | 캐나다 국가 연구회 (NRC)의 육상교통기술센터 (CSTT) | 오스트리아 Rail Tec Arsenal (RTA) |
|---|---|---|
| 해외 기관명 | Center for Surface Transportation Technology (CSTT) | Rail Tec Arsenal Fahrzeugversuchsanlage GmbH (RTA) |
| 기관개요 | National Research Council Canada 산하기관 | -Austria 정부의 Rail Test and Research GmbH와의 시험장 운용 용역기관<br>-Office for Research and Experiment (ORE), International Railway Union (UIC), Austria 연방정부공동사업으로 시험장 구축 |
| 주요 시험설비 기후환경 시험설비 | -철도차량 충격시험장<br>-철도차량 구조시험장<br>-진동 시험장<br>-기후환경시험장<br>-Wheel/Bearing 시험장 | -기후환경 종합시험 풍동 시험장 |
| 구성 | -기후환경 종합 시험챔버 (30m L x 6m W x 6m H)<br>-냉동/히팅 장치류<br>-압축공기 공급 장치<br>-엔진 배기가스 배출 장치<br>-유독 가스 모니터링 장치<br>-계측 장치 (190 채널)<br>-시험용 전력공급 (최대 600VAC 및 900VDC) | -대형 기후환경 종합시험 풍동설비 (시험챔버 100m L x 5m W x 6m H, 풍동팬 직경 6.3m, 구동동력 4700 kW)<br>-소형 기후환경 종합시험 풍동설비 (시험챔버30m L x 5m W x 6m H, 풍동팬 직경 4.9m, 구동동력 1600 kW)<br>-동력계 (850kW 및 250kW 각1대)<br>-냉동/히팅 장치류 (냉동부하 6200 kW)<br>-엔진 배기가스 배출장치<br>-압축공기 공급장치<br>-계측장치 (1,000 채널)<br>-시험용 전력공급 (최대 4000VDC 및 3000VAC) |

| | | |
|---|---|---|
| **성능** | -온도: -51°C ~ +55°C<br>-습도<br>-강설<br>-강우<br>-결빙<br>-안개 | -온도: -50°C ~ +60°C<br>-습도: 최대 98%<br>-강설<br>-강우: 최대 80 l/(hm$^2$)<br>-결빙<br>-안개<br>-태양광 모사: 250 ~ 1000 W/m$^2$<br>-풍속: 최대 300 km/h<br>-동력계: 850kW 및 250kW 각1대 |
| **구축년도** | 1960년대 중반 | 구축기간: 2000.6. ~ 2002.12.<br>(총31개월) |
| **구축비용** | | 6,500만 Euro (약 1,000억원) |
| **적용분야** | -철도차량 실차 기후환경시험<br>-결빙방지제 평가시험<br>-수출용 철도차량 냉난방/환기 시스템 평가시험<br>-냉동 컨테이너 차량 성능시험<br>-중동 수출용 동력차량 엔진 냉각팬 성능시험<br>-철도 신호 설비 평가시험<br>-동력차량 연료 평가시험<br>-육상 차량 실차 평가시험 (상용 자동차 및 군용 기갑차량 및 수송차량)<br>-군용 텐트 평가시험<br>-항공기 결빙/제빙 시스템 평가시험 | -철도차량 실차 기후환경시험<br>-결빙방지제 평가시험<br>-철도차량 냉난방/환기 시스템 평가시험<br>-냉동 컨테이너 차량 성능시험<br>-동력차량 종합 성능시험<br>-철도 신호 설비 평가시험<br>-동력차량 연료/윤활유 평가시험<br>-육상 차량 실차 평가시험 (상용 자동차 및 군용 차량)<br>-항공기 결빙/제빙 시스템 평가시험 |
| **시험항목** | 온도, 습도, 강설, 강우, 결빙, 안개 개별 시험 및 이들 환경 요소의 조합 시험 | 온도, 습도, 강설, 강우, 결빙, 안개, 태양광 모사, 풍속, 동력장치성능개별 시험 및 이들 요소의 조합 시험 |

| | | |
|---|---|---|
| **시험 수요현황** | -철도차량 실차 환경시험비: 47,000 CAD/일 (=3,700만원/일) 건당 평균 235,000 CAD (=18,800만원)<br>-육상차량 실차 환경시험비: 32,000 CAD/일 (=2,560만원/일) 건당 평균 128,000 CAD (=10,240만원)<br>-철도차량 시험횟수: 연평균 15건<br>-육상차량/군용시험횟수: 연평균 60여건 | -철도차량 실차 환경시험비: 건당 평균 20만 Euro (=24,000만원)<br>-육상차량 실차 환경시험비: 건당 11만 Euro (=13,200만원)<br>-철도차량 시험횟수: 미상<br>-육상차량 시험횟수: 미상 |
| **수익성** | -설비 운용비: 미상<br>-년간 운용비: 미상<br>**-년간 수입: 1,100만 CAD (=88억원)** | -대형 기후환경 종합시험 풍동설비: 25,000 Euro/일 (=3,000만원/일)<br>-소형 기후환경 종합시험 풍동설비: 13,000 Euro/일 (=1,560만원/일)<br>-년간 운용비: 미상<br>-년간 수입: 미상 |

**구축장비의 차별성**

- 국내 최초의 철도차량 환경시험 전용 연구시험장비
- 철도차량 규격인 UIC 553, 553-1 시험규격 수행에 적절하도록 최적화
- 국내 최초로 태양광 모사설비를 구축하여 단순한 열 효과가 아닌 태양광 모사 효과 구현 가능

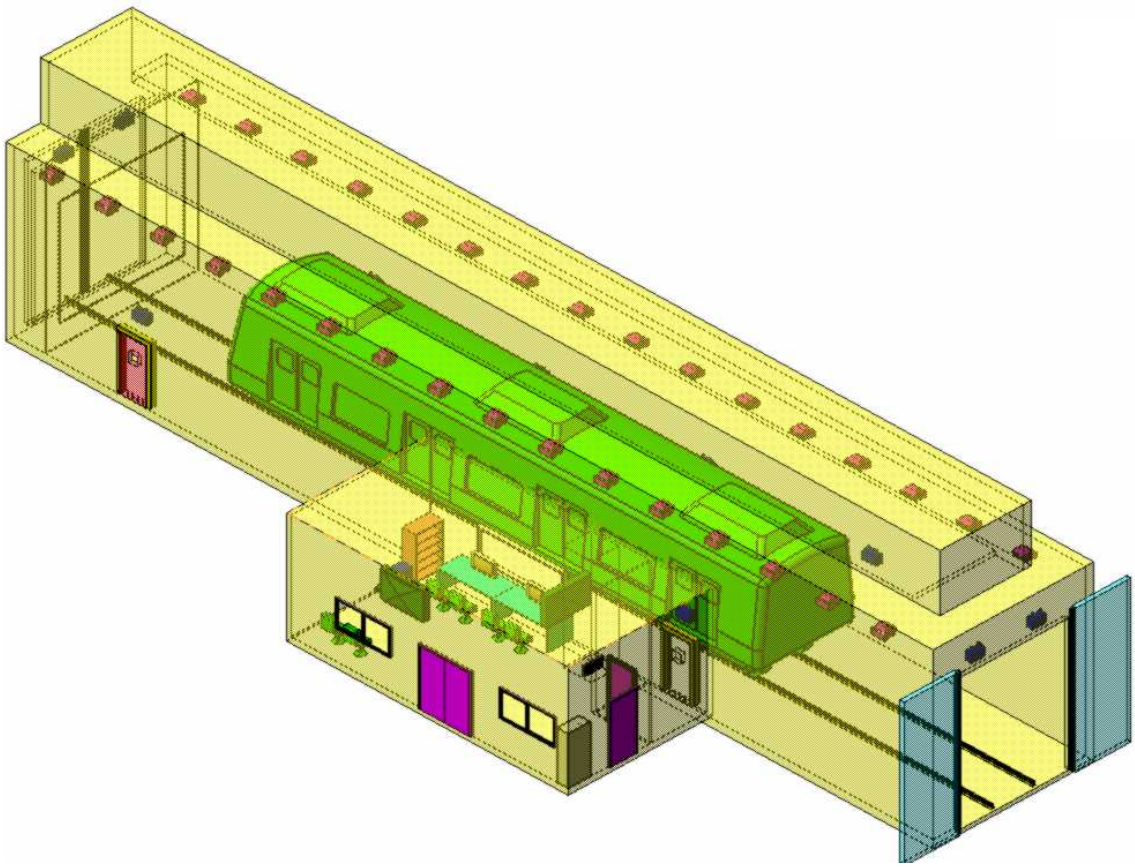
## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-10-2> 철도차량 실대형 환경챔버 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 자체연구사업(기획)<br>2003.12.01~<br>2004.08.31 | 기본사양 작성<br>기본사양 수정/보완 | |
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | | |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | | |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2010.06.30 | 주관기관내 장비도입소위원회 심의 | ´08.06.24 |
| | 주관기관내 연구업무심의위원회 심의 | ´08.10.30 |
| | 조달청 구매의뢰 | ´08.08.15 |
| | 조달청 입찰공고 | ´08.09.03 |
| | 응찰업체의 입찰제안서 평가 | ´08.11.12 |
| | 계약 | ´08.12.24 |
| | 상세설계 | ´08.12~´09.02. |
| | 주요부품 제작 | ´09.03~´09.06. |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´09.07 |
| | 이송/설치 | ´09.08 |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´09.09 |
| | 교육 | ´09.10 |
| | 구축완료 | ´09.10.26 |

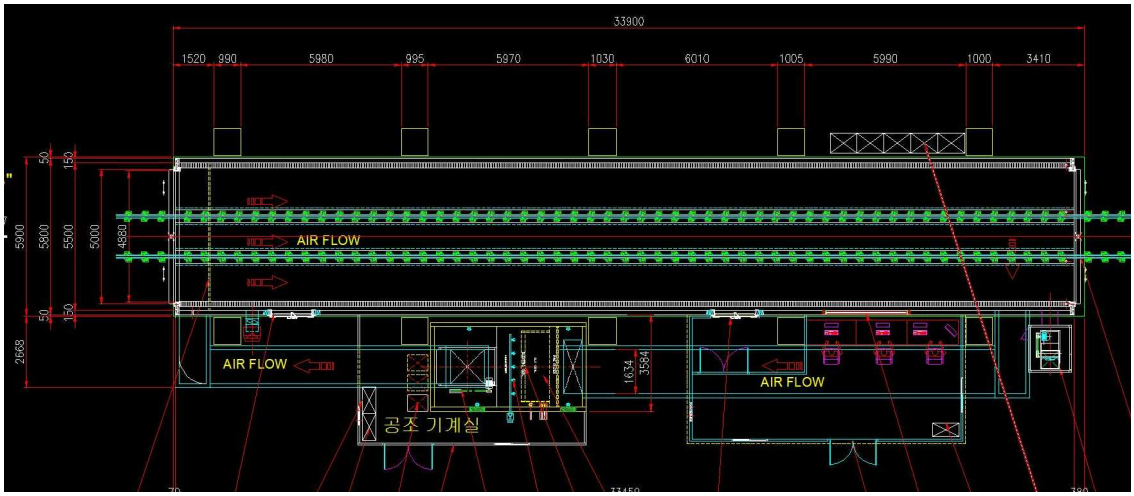
## 나. 설계결과



<그림 3-10-1> 철도차량 실대형환경챔버 장비 설계 초안




<그림 3-10-2> 철도차량 실대형 환경챔버 평면도



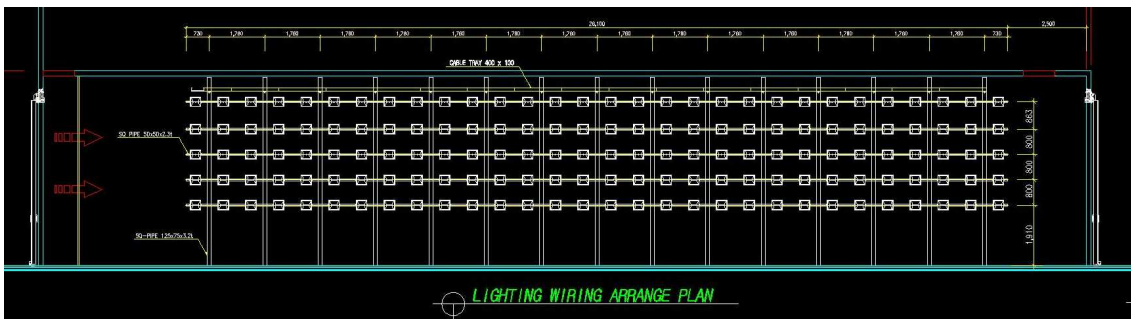

<그림 3-10-3> 철도차량 실대형 환경챔버 상세 평면도




<그림 3-10-4> 철도차량 실대형 환경챔버 측면도




<그림 3-10-5> 철도차량 실대형 환경챔버 태양광 모사장치 단면도




<그림 3-10-6> 철도차량 실대형 환경챔버 태양광 모사장치 측면 배치도

### 다. 주요 구성요소



<그림 3-10-7> 철도차량 실대형 환경챔버 전경



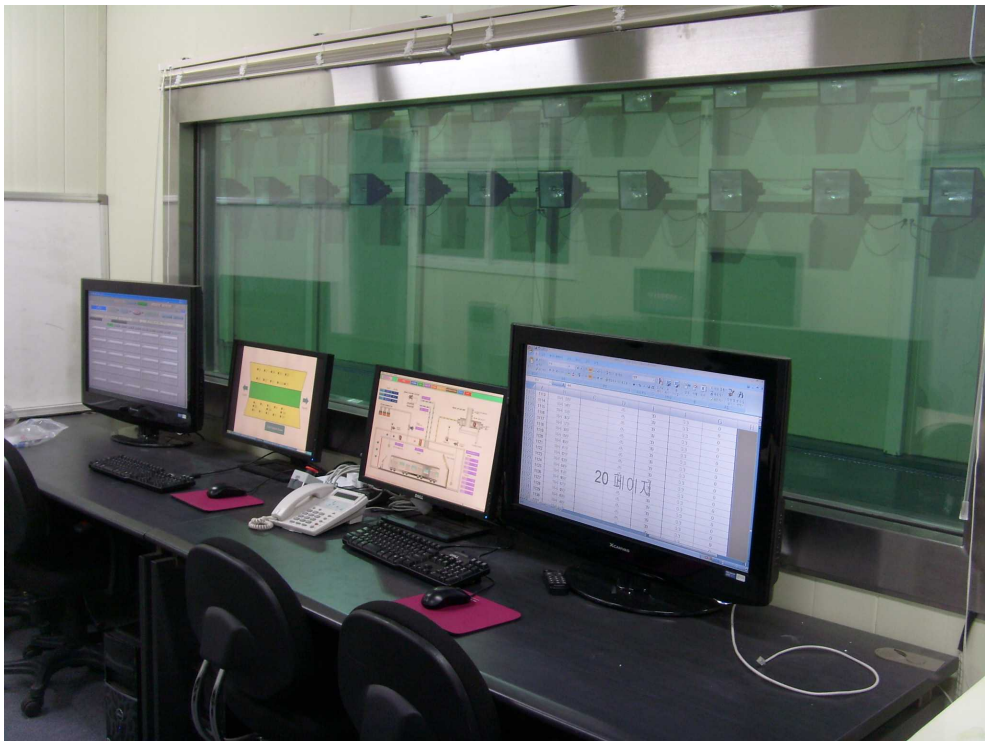
<그림 3-10-8> 철도차량 실대형 환경챔버 전경



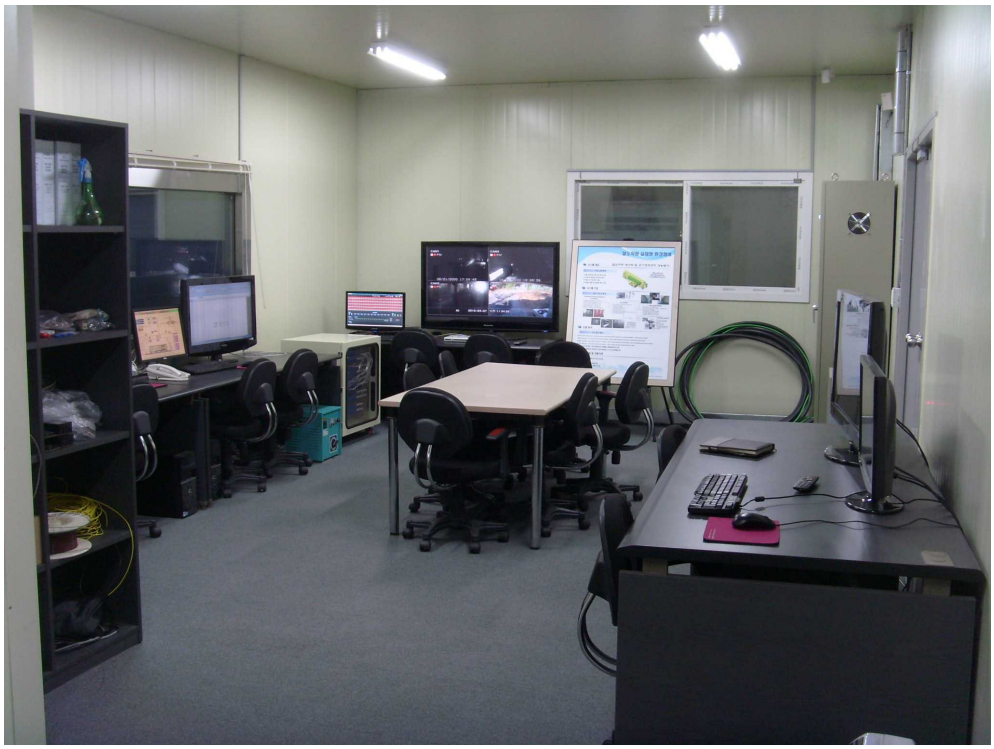

<그림 3-10-9> 결빙 시스템 가동 모습



<그림 3-10-10> 결빙 시스템 가동 후 열차 모습



<그림 3-10-11> 현장 제어실 및 관측창 전경



<그림 3-10-12> 현장 제어실 전경



<그림 3-10-13> 냉동기, 제습기, 전력공급설비

# 11절 구축장비 추진 현황
## : 오염토양 정밀조사 지오프로브

## 1. 개요

■ 장비명 : 오염토양 정밀조사 지오프로브

■ 제작사 : (주)크로제니스

■ 주요 구성품

- 토양시료 채취장비 1세트
- Gas Chromatography/Electron Capture Detector 1대
- Gas Chromatography/Mass Spectrometer 1대
- Inductively Coupled Plasma 1대
- High Performance Liquid Chromatogrphy 1대
- 이화학장비 등 기반설비 1세트

■ 피시험체

- 오염토양 및 도상자갈, 지하수

■ 관련시험

- TPH 분석시험 : 석유계 총 탄화수소
- BTEX 분석시험 : 벤젠, 톨루엔, 에틸렌, 자일렌
- 클로리네이트계 화화물 분석시험 : TCE, PCE
- 중금속 분석시험 : 카드뮴, 구리, 비소, 수은, 납, 6가크롬, 아연, 니켈

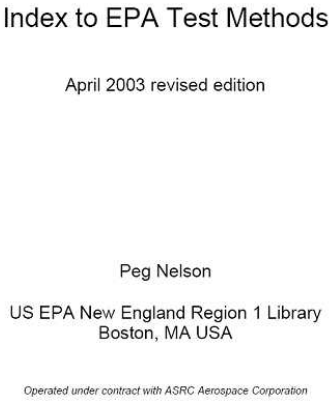
■ 관련규격

• 국내 규격

- 토양오염 공정시험법

• 국외 규격

- EPA Test Method



Index to EPA Test Methods

April 2003 revised edition

Peg Nelson

US EPA New England Region 1 Library
Boston, MA USA

*Operated under contract with ASRC Aerospace Corporation*

## 2. 구축 필요성 및 국내외 유사장비와의 차별성

### 가. 구축필요성

■ 철도차량관리단, 역사, 선로 및 분기기 주변 등의 철도부지에 철도차량의 운행 및 관련시설의 유지·보수 시 발생하는 낙유 등에 의해 심각한 토양오염 문제가 발생하고 있음.

■ 환경부에서는 토양환경보전법 강화에 따라 사업장 설치 시 반드시 부지에 대한 토양 오염도 정밀조사를 시행하여 기준 초과 시 복원사업을 의무화하고 있음.

■ 한국철도공사에서는 현재까지 약 150억 원을 투자하여 부산역 및 철도차량관리단 3곳의 정화사업을 2007년 말 완료하였으며, 용산역, 김천역, 가야역 등의 주요부지에 대한 단계별 정밀조사 및 복원계획을 수립하고 있음.

■ 오염부지 정밀조사 및 정화사업의 참여는 토양환경보전법 상에 규정하고 있

는 토양관련 전문기관으로 제한되어 있으며, 최근 국가연구개발사업(환경부 GAIA Project)에서도 과제 참여요건으로 정밀조사 및 정화사업 관련 인증을 취득한 연구기관으로 한정하고 있음.

■ 현재 수행하고 있는 '복합오염 철도토양 정화공법 개발' 연구에 필요한 현장 시료 채취 및 오염물질 분석을 위한 관련 장비의 전무로 위탁연구 및 외부용역을 활용하고 있으며, 한국철도공사 및 관련 국가과제의 참여에 한계가 있는 실정임.

### 나. 국내외 유사장비 현황 및 구축장비의 차별성

• 국내 유사장비 보유현황
  - 2008년 현재 토양관련 전문기관 54 곳 (법정기관 24 곳)
  - 2007년 1월 우송대학교 산학협력단 내 철도·토양환경연구센터가 토양관련 전문기관을 취득하여 철도오염토양 복원사업 참여 모색
• 국외 유사장비 보유현황
  - 미국, 일본, 네덜란드, 스위스 등 산학연 관계기관 다수 보유

**구축장비의 차별성**

- 국내 최신 오염토양 정밀조사 연구시험장비 구축
- 동시에 다량의 샘플 분석이 가능하도록 하여 효율성 확보
- 오염물질 분석뿐만 아니라 관련 기술개발이 용이하도록 체계적인 시스템을 구축함으로써 향후 국가과제 도출을 위한 핵심설비로 활용 가능

**참고 : 철도오염토양 복원사업 관련 국내외 현황**

| 구 분 | 국 내 | 국 외 |
|---|---|---|
| 연구 동향 | ▪ 환경부 주도 약 1,400억 규모의 토양·지하수 오염방지 기술개발 사업 GAIA Project (2008-2017) 추진 중<br>▪ 한국철도공사 주도로 부산역 및 부산·서울철도차량관리단 등 3곳의 유류오염 토양 복원사업 완료 (총 약 150억 원 소요)<br>▪ 용산역, 김천역, 가야역 등 2단계 오염토양 복원사업을 위한 정밀조사 중<br>▪ 국내 오염도상자갈 대부분 폐기물 처리 | ▪ Superfund 프로그램 일환으로 뉴욕 등 철도 시설에 대한 토양 및 지하수 정밀조사 및 복원 가능성 연구 실시<br>▪ 유류 및 중금속 제거를 위해 안정화/고정화 (Stabilization/Solidification) 및 소각(Incineration)처리법 등 이용<br>▪ 스위스 SBB, 네덜란드 Dutch Railway 등 철도 오염부지 정화사업 시행<br>▪ 일본 JR Group 철도 신규노선 건설에 따른 기존 오염토양 처리<br>▪ 스위스 및 영국 등 도상자갈 처리 후 재활용 |
| 연구 수준 | ▪ 철도토양 내 디젤 등의 유류 위주 처리<br>▪ 부지특성을 고려하지 않은 채 대부분 단기간 처리를 위해 화학적산화법 적용<br>▪ 복합오염(중금속 및 유류 동시 오염)에 대한 정화사례 전무 | ▪ 복원공법에 대한 현장적용 연구 활발<br>▪ 부지용도 및 특성을 고려한 정화사업 추진<br>▪ 오염토양 정화뿐만 아니라 확산방지 및 사후관리 철저 |



<JR 규슈 구마모토역 복원현장>




<부산역 복원현장>

## 3. 구축 과정 요약

### 가. 총괄

<표 3-11-1> 오염토양 정밀조사 지오프로브 구축 진행 현황

| 구분 | 세분 | 비고 |
|---|---|---|
| 자체연구사업(기획)<br>2003.12.01~<br>2004.08.31 | 기본사양 작성<br>기본사양 수정/보완 | |
| 1차년도<br>2005.05.13~<br>2006.05.12 | | |
| 2차년도<br>2006.05.13~<br>2007.05.12 | | |
| 3차년도<br>2007.05.13~<br>2008.05.12 | | |
| 4차년도<br>2008.05.13~<br>2010.06.30 | 발주사양 도출 | ´08.06～´08.07 |
| | 입찰요청서 작성 | ´08.07 |
| | 주관기관내 장비도입소위원회 심의 | ´08.08.20 |
| | 입찰요청서 보완 | ´08.09～´09.06 |
| | 원내 입찰공고 | ´09.07.02 |
| | 응찰업체의 입찰제안서 평가 | ´09.07.17 |
| | 계약 | ´09.08.20 |
| | 상세설계 | ´09.08 |
| | 조립 및 1차 성능시험(제작사 내) | ´09.09 |
| | 이송/설치 | ´09.09 |
| | 2차 성능시험(철도연 내) | ´09.09 |
| | 교육 | ´09.10 |
| | 구축완료 | ´09.10.19 |

## 나. 기본사양 대비 발주사양 비교

<표 3-11-2> 기본사양(RFP) 대비 발주사양 개략 비교

| 구분 | 기본사양 (RFP) | 발주사양 |
|---|---|---|
| 주요 구성품 | • Geoprobe system 1대<br>• Purge & Trap/Gas Chromatography 1대<br>• GC/MS/MS 1대<br>• ICP spectrometer system 1대<br>• High Performance Liquid Chromatography system 1대<br>• 오염토양 3D 시스템 1대 | • Geoprobe system 1대<br>• Purge & Trap/Gas Chromatography 1대<br>• GC/MS/MS 1대<br>• ICP spectrometer system 1대<br>• High Performance Liquid Chromatography system 1대<br>• 오염토양 3D 시스템 포함 기반설비 1세트 |

## 다. 주요 구성요소





<그림 3-11-1> 오염토양 정밀조사 지오프로브 실험실 구축모습(전경)



<그림 3-11-2> 토양시료채취장비




<그림 3-11-3> GC 및 GC/MS




<그림 3-11-4> ICP



<그림 3-11-5> HPLC




<그림 3-11-6> 오염토양 3D 시스템

# 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

# 제 4 장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

## 1절 연차별 목표 및 달성도

| 구분 | 핵심목표 (만족여부) | 세부 목표 |
|---|---|---|
| 1차년도<br>2005.05.13<br>~<br>2006.05.12 | 기본계획 수립 (만족) | ▪ 철도기술 중장기 기술계획 수립<br>▪ 국내외 시험장비 현황 조사<br>▪ 구축대상 시험장비 목록 설정<br>▪ 구축대상 시험장비 우선순위 설정<br>▪ 시험장비 기본설계 및 구매사양서 작성 |
| 2차년도<br>2006.05.13<br>~<br>2007.05.12 | 시험장비 구축 (만족) | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 착수<br>- 장비기초 설계/시공<br>- 수평/수직 하중지지시스템 설계/시공<br>- 시험기 본체 및 부대설비 발주, 제작 착수<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 착수<br>- 상세설계 완료 및 부분품 발주, 제작 착수 |
| | 구축장비 목록 재검토 (만족) | ▪ 1차년도 연구결과인 구축대상 장비목록 재검토<br>- 필요성/중복성/활용도 등에 대한 상세 재검토<br>- 구축대상 장비 목록 재설정 |
| 3차년도<br>2007.05.13<br>~<br>2008.05.12 | 시험장비 구축 (만족) | ▪ 레일체결장치 4축 피로시험기 구축 완료<br>▪ 궤도/노반/구조 종합성능시험기 구축 완료<br>- 수평/수직 하중지지시스템 설계/시공<br>- 시험기 본체 및 부대설비 제작<br>▪ 고속 레일/차륜 접촉시험기 구축 지속<br>▪ 잔여장비 구축 착수<br>- 발주사양 작성, 발주, 제작 착수 |
| 4차년도<br>2008.05.13<br>~<br>2010.06.30 | 시험장비 구축 (만족) | ▪ 구축대상 장비 구축 완료<br>▪ 국가공인시험 및 국제공인시험 항목 도출<br>▪ 시험인프라 구축성과 홍보 |

## 2절 관련분야에의 기여도 : 기대효과

본 사업인 철도기술 선진화 기반조성 사업의 성공적인 수행을 통해 궤도, 노반, 구조, 환경, 전력, 신호 분야 대형시험장비가 성공적으로 구축될 경우 기술적 측면 및 경제, 산업적 측면에서 다음과 같은 기대효과를 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

### 1. 기술적 측면

▪ 상이한 철도 현장상황에 대한 실질적 모사 기술 확보

⇒ 즉각적인 현장조건의 반영 및 애로사항에 대한 즉시적 기술 대안 도출

⇒ 국내 개발기술(철도용품 및 시스템)의 적용성과 신뢰성 향상

⇒ 국외 개발기술(철도용품 및 시스템)의 적용성에 대한 시험평가 가능

▪ 선진국 수준의 철도기술 개발 기반 확보

⇒ 국내 철도기술의 안전성 확보 및 전반적인 기술수준의 향상

⇒ 국내 철도기술에 대한 국제적 이미지 향상

⇒ 국제적 규모의 시험평가 및 성능인증국가로서의 위상 획득

### 2. 경제・산업적 측면

#### 가. 궤도분야

▪ 철도기술연구원에서 개발중인 레일체결장치를 제외하고는 아직까지는 국내에서 개발된 레일체결장치가 없으며 매년 국외 레일체결장치 도입에 상당한 비용이 소모되고 있는 상황임. 특히 국외 레일체결장치의 성능검증을 위한 전용 시험장비의 부재로 인해 국내 적용성에 대한 객관적인 인증조차 수행되지 못하고 있는 상황임. 따라서 레일체결장치용 4축 피로시험기와 같은 레일체결장

치용 전용시험장비의 확보를 통해, 국외 용품 및 국내 개발품에 대한 객관적인 성능평가가 가능하게 됨

⇒ 자체 개발 이후 레일체결장치 단품당 20~30%의 단가 절감 가능

▪ 궤도시스템의 경우, 경부고속철도 및 각 도시철도 건설공사 사례에서 볼 수 있듯이 다양한 형태의 국외 궤도시스템이 상당한 비용을 들여 도입되어 있는 상황. 특히 궤도시스템의 실내성능검증을 위한 대규모 전용 시험장비의 부족으로 인해 국내 적용성에 대한 객관적인 인증이 신속하게 수행되지 못하고 있는 상황. 따라서 궤도시스템의 성능검증을 위한 대규모 전용시험장비의 확보를 통해 국외 및 국내 개발 시스템에 대한 객관적인 성능평가가 가능하게 됨

⇒ 자체 개발 이후 궤도시스템 km당 20~30%의 건설단가 절감 가능

## 나. 노반분야

▪ 철도 분야의 효율적 궤도 설계 및 유지관리를 위해서는 레일 및 침목을 지지하는 도상 자갈과 노반 흙에 대한 정·동적 성능 평가가 중요. 그러나 현재는 이를 위한 적절한 장비가 구축되어 있지 않음. 실제 20년 열차통과톤수를 빠른 시간에 재현할 수 있는 가속시험기나 입도가 큰 도상 자갈의 거동 규명을 위한 대형삼축재하실험 장비를 이용하면 도상 자갈, 노반, 국내 개발기술(철도용품 및 시스템)에 대한 성능 및 수명 평가 결과를 적용한 합리적 설계와 효율적 유지관리가 가능

⇒ 장기내구성에 대한 평가를 수행함으로써 신기술 개발 및 적용, 이에 따른 효율적 유지보수 실현 및 비용 절감 [0.6억원/km (KDI연구보고서 2000)의 약 10% 절감 효과]

### 다. 구조물분야

▪ 21세기 국가철도망 구축 기본계획에 따르면 2005~2010년까지 약 1조 8천억원의 비용이 시설현대화를 위해 투자되며 이 중 상당부분은 교량과 터널 건설비용 등을 포함하고 있음. 시험장비 구축에 의한 신기술 개발 및 적용에 의한 예상 투자비 절감율 10%를 가정할 때 연간 약 1800억원의 비용을 절감할 수 있으며 교량 및 터널 구조물의 건설 관련 비용도 절감될 것임. 또한 2004년을 기준으로 철도청에서 교량 및 터널 유지보수와 관련하여 소요된 비용이 각각 약 120억원, 60억원임을 고려하면, 시험장비 구축에 의한 설계기준 개선 및 표준화된 인프라 구축을 통해 최소한 10% 이상의 비용절감 효과를 가져올 것으로 기대됨.

⇒ 노후구조물 교체 및 신선 건설시 신기술 적용 연간 약 10% 절감

⇒ 기존철도교량 유지보수 비용 연간 약 10% 절감

⇒ 터널 노후화에 대한 보수비용 연간 약 10% 절감

### 라. 환경분야

▪ 철도 선진국(미국, 유럽 등)에서는 철도차량의 환경내구성등을 시험평가 할 수 있는 실대형 환경시험기를 보유/운영 중에 있으며, 구성단품별 성능평가를 위해 다양한 시험장비를 보유하고 있는 상황임. 반면, 현재 국내 철도차량 및 구성품 제작회사(로템 등)에서는 신규 철도차량 및 단품을 설계/제작 후 형식검사 등을 통하여 이들 제품(HVAC, 기계/전기 설비, 배관, 제동 등)에 대한 신뢰성 검사를 수행하고 있음. 특히 철도차량의 환경 내구성 등을 평가하기 위한 고온/저온 환경 모사시스템은 국내 전무한 실정이며, 간혹 혹서기/ 혹한기에 맞추어 차량을 노출시킨 후 일정시간 동안 성능을 평가/검증하므로 자연환경과 같은 불균일한 환경조건 및 개발시점과 계절과의 불일치 등으로 인해 정상적인 성능평가의 수행이 어려우며, 그 결과 완성차량 납품 후 다양한 환경 하에서 발생되는 기술적인 문제점 해결은 외국의 기술에 의존하고 있으며 이에 상당한 비용이 소모되고 있는 상황임. 이러한 측면에서 철도차량 및 구성품의 환경내구성 등 제반 성능평가 수행이 가능한 시험장비를 구축하였을

경우, (국내·외용으로 신규 개발되는 철도차량의 수요를 고려할 때) 다음과 같은 시험수익이 예상됨.

⇒ 년간 국내(8 LOT), 국외(2 LOT) 평가 시= 14 억원 수입예상

산출근거 : 28백만원/일(외국기준) * 5일/테스트, (주)로템

**마. 전철분야**

▪ 기존선 구간의 속도향상을 통해 KTX의 운용효과를 극대화하기 위하여 현재 200km/h급 전차선로 시스템의 개발이 추진되고 있으나 200km/h급 전차선로 시스템의 본선 적용을 위해서는 열차 운행에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 전차선로의 신뢰성 검증이 필수적으로 요구됨. 검증을 위하여 본선 시험 대신에 시험설비를 활용하게 되면 검증비용 절감과 개발기간 단축을 할 수 있으나 해외 시험설비의 사용은 불가한 상황임. 이러한 측면에서 본 시험설비를 구축하여 새로운 200km/h급 전차선로 시스템을 개발하게 되면 기존선 전철화 설계를 독자적으로 수행할 수 있어 다음과 같은 정량적 효과를 얻을 수 있을 것으로 판단됨.

⇒ 200km/h급 전차선로의 기술가치, 30억원 이상

산출근거 : 호남선전철화 설계 소요비용, 최소 30억원 이상

⇒ 새로운 전차선로 개발비 절감 : 2억원(2000만원/회 x 10회)

⇒ 기존선 전철화 설계자문 관련 외화 절감 : 2억원/회

▪ 고속용 전차선로 유지보수 비용에 2003년 기준 연간 620억원 투입(철도청 전기업무자료, 2004). 본 시험설비를 활용하여 금구의 품질을 확보하게 되면 유지보수 관련 비용의 절감이 가능할 것으로 판단됨.

⇒ 금구의 품질 확보를 통한 유지보수비용 연간 1%절감 (6억원/년)

▪ 현재 차세대 도시철도용 차량개발이 국가사업으로 추진되고 있음. 차세대 도시철도에 장착되는 팬터그래프의 성능 검증을 위하여 본선 시험 대신 본 시험설비를 활용하게 되면 검증비용 절감과 개발기간 단축이 가능할 것으로 판단됨.

⇒ 성능검증 관련 절감액, 1억원/팬터그래프(2000만원/회 x 5회)

## 3. 각 장비별 기대효과

### 가. 레일체결장치 다축 시험시스템

• 국내/외 체결장치의 객관적 성능인증 가능
⇒ 체결장치 자체 개발 이후 1,700개/km의 수입대체 효과
⇒ Vossloh 300 기준, 약 1.4억의 수입대체 효과
⇒ 체결장치 1식당 약 1억원의 시험수수료 수익 가능

### 나. 실대형 철도구조물 통합성능 시험시스템

<궤도/노반분야>
• 국내/외 궤도시스템 및 노반보강공법의 성능검증
⇒ 궤도시스템 자체 개발을 통해 건설비 10억원/km의 국산화 효과
⇒ 궤도시스템 및 구성품(체결장치/침목 등) 1식당 연간 약 3억원의 시험수수료 수익 가능
⇒ 노반 보강공법 1종당 연간 약 2억원의 검증 시험수수료 수익 가능
• 철도특성에 적합한 노반보강 공법 개발을 통한 유지보수 비용 절감
⇒ 연간 3,000억의 유지보수 비용 5% 절감 기대

<구조물분야>
• 국내 최초 세계적 수준의 철도교량 동적성능 시험시설 확보
⇒ 철도교량 신기술 개발에 따른 신선건설 비용절감, 개소당 1억원
⇒ 철도교량 성능평가 및 보완에 따른 유지관리비 절감, 연간 20억원
⇒ 철도구조물 성능평가 수탁, 1식당 약 1억원의 시험수수료
⇒ 50년 이상 노후 철도교량 (1014개소) 개량 시 공사비 건당 1억, 약 1000

억원 절감

### 다. 고속 레일/차륜 접촉시험기

- 차륜 답면 및 레일 두부형상의 개선의 기초자료를 제공함으로서 궁극적으로 차량의 주행안정성과 승차감을 향상시키고, 차륜과 레일의 유지보수 비용을 절감할 수 있을 것으로 기대.
- 고속대역에서의 레일의 피로 및 마모현상에 대한 실내실험이 가능하게 됨으로서 다양한 영향인자들에 대한 매개변수실험을 통하여 고속철도 운행시 발생될 수 있는 차륜과 레일의 유지관리상의 문제점을 사전에 파악
- 레일과 차륜의 손상주기를 예측할 수 있게 됨으로 인해 예방유지보수가 가능하여 효율적인 운영 및 유지관리가 가능
- 지하철 또는 기존철도의 곡선부에 대한 레일과 차륜의 마모현상과 캔트와 슬랙의 상관관계 분석 등 다양한 실험을 통하여 차량의 곡선부 통과속도 향상방안 수립

### 라. 도상골재용 대형진동 3축압축시험기

- 실제 동하중을 재현하여 굵은 골재의 동적거동 및 메카니즘의 변화를 측정하므로 골재의 변형특성 및 노반의 거동에 대한 조사 분석이 가능
  ⇒ 다양한 실험을 통한 노반 및 도상자갈의 설계기준 제정
  ⇒ 다양한 실험을 통한 노반 및 도상자갈의 유지관리기준 제정
  ⇒ 정확한 노반 및 도상자갈의 특성 분석으로 합리적 설계 가능
  ⇒ 철도 노반 및 도상자갈에 대한 보다 적극적인 연구 수행 가능

- 건설 및 유지보수 비용 절감
  ⇒ 노반 및 도상자갈에 대한 정확한 물성 파악으로 경제적 설계 시공 가능
  ⇒ 자갈도상의 교체주기의 합리적인 설정
  ⇒ 유지보수 비용 절감 기대

• 국내/외 도상재료에 대한 성능인증 가능

### 마. 6자유도 진동대

• 각종 구조물(부재) 및 부속물의 내진성능 평가를 통한 비용절감 효과가 기대됨.
• 지진에 의한 철도구조물 거동을 파악함으로서 합리적 설계, 시공 및 유지관리가 기대됨
• 기존구조물에 대한 내진공법시공 안정성과 경제성 확보 가능
• 대규모 토목구조물의 내진설계수준 향상, 학문적, 경제적 효과 높음
• 다양한 분야의 적용으로 국가적 활용도가 매우 높을 것으로 기대됨
• 자연재해인 지진에 의한 국민의 안전 및 기간 구조물의 안전을 확보하는데 기술적인 대안 및 정책결정에 핵심적인 장비로 높은 활용도가 기대됨
• 열차하중 모사 동적시험 시스템인 통합성능시험기와 연계하여 시너지 효과 창출이 가능함.
• 다양한 형태의 수탁시험 수주를 통한 연구비 확보 및 철도성능 인증기관의 위상 확립이 가능함.

### 바. 철도구조 성능평가 시험기

• 각종 정밀 구조 및 재료성능 평가를 통한 비용절감 효과가 기대됨.
  - 철도구조물 구성품 성능평가 (3천만원/1식)
  - 신자재 평가 및 개발에 따른 비용절감, 수입대체 (1천만원/1식)
  - 첨단 철도구조 동적실험 및 성능평가실험 (7천만원/1식)
  - 철도구조물 피로성능시험 (5천만원/1식)

• 열차하중 모사 동적시험 시스템인 통합성능시험기 및 다자유도 가진 진동대 등과 연계하여 시너지 효과 창출이 가능함.
• 다양한 형태의 수탁시험 수주를 통한 연구비 확보 및 철도성능 인증기관의 위상 확립이 가능함.

### 사. 철도 환경실험용 클린룸

- 철도차량의 실내공기질 유지 관리에 대한 표준 규격 도출
- 철도차량 및 역사 청정장치(항균필터 포함)의 성능평가로 연간 1억원 이상의 시험료 수입 및 청정시스템 개발에 소요되는 연간 1억원 이상의 성능시험 비용절감 기대
- 객실 및 역사 실내공기질 개선 및 신기술 개발
- 환경측정장비의 교정 및 보정을 통한 유지보수 비용 절감

  ⇒ 환경측정 장비 교정 및 보정시험 : 1억원 (장비당 500만원 × 10종장비 × 년간 2회)

### 아. 전차선로 집전계 주행특성 시험기

- 새로 개발하는 250km/h급 한국형 전차선로 시스템의 신뢰성 검증

  ⇒ 새로운 250km/h급 전차선로의 기술가치 : 30억원(호남선전철화 (180km/h급) 설계비 30억원) × 3배 = 90억

  ⇒ 새로운 전차선로 개발비 절감

  : 10억원(2,000만원/회 × 50회)

  ⇒ 기존선 전철화 설계자문 관련 외화 절감

  : 10억원(KTX 운행을 위한 동대구-부산 전철화에서 SNCF-I 자문비용 중 전차선로 분야 자문비 약 5억×2배로 계상)

- 전차선로 금구의 품질 확보

  ⇒ 금구의 품질 확보를 통한 유지보수 비용 절감액

  : 6억원/년(유지보수비용의 1% 절감 : 고속용 전차선로 유지보수 비용이 2003년 현재 연간 620억원 투입, 철도청 전기업무자료, 2004)

- 차세대 도시철도 팬터그래프 등 첨단 팬터그래프 성능 검증

  ⇒ 성능검증 관련 절감액

  : 1억원/팬터그래프(2000만원/회 x 5회)

• 「철도산업 기반기술 구축 사업(표준화)」 과제에서 「한국철도표준규격(KRS) 규격안 개발」, 「철도전기시설 건설규칙 및 하위기준 재정립」 과제의 성공적인 수행

⇒ 성능 검증 관련 절감액

: 1억원/금구당(2,000만원/회 × 5회) × 30개 품목 = 30억원

• 350km/h급의 전차선로 자체 성능 검증 및 설계 지원 비용

⇒ 약 50억원 이상으로 추정

• 우리나라 철도기술의 국제화 시장 진출의 밑거름 및 기술적 데이터 확보로 인한 자신감 획득

⇒ 약 50억원 이상으로 추정

**자. 철도차량 실대형 환경챔버**

• 신조 철도차량의 실내공기질, 환기 및 냉난방 성능 평가시험 가능
• 차량내 유해 화학물질의 방출량 평가 가능
• 철도차량의 실내공기질 개선에 의한 승객의 건강 보호
• 환경부의 객실 내 실내공기질 관리 관련 규제에 대응
  - 외부 의뢰시험 수행 : 공기청정협회의 가구 및 건축 내장재에 대한 화학방출 시험, 전기 전자 제품에 대한 화학 방출 시험으로 자재의 친환경 등급 평가
  - 환경부 친환경마크협회로부터의 공인시험 기관으로 시험 수행
  - 차량 및 역사의 각종 부품에 대한 화학물질 방출시험
• 실대형 환경챔버 방출시험과 실내공조 성능시험으로 각각 약 2억원과 1억원 가량의 시험 수수료 수입 기대

**차. 오염토양 정밀조사용 지오프로브**

• 오염토양 정밀조사 대행 및 분석 시험수수료 수입 발생

⇒ 오염토양 정밀조사 시 건당 2-3억 규모 (대상지역 특성에 의존)

⇒ 토양환경보전법 상 시험항목에 따라 비용 지정

⇒ 토양 및 지하수 내 TPH 및 중금속 농도 측정 시 샘플 1개당 약 10만원

• 철도 오염토양 복원사업의 참여 확대 기대

⇒ 한미 FTA 체결에 의해 토양 및 지하수 복원시장이 완전 개방됨에 따라 정부차원에서 관련 기술에 대한 국내 경쟁력 확보를 위해 대규모 예산 투입 계획

⇒ 환경부 GAIA(Geo-Advanced Innovative Action) 프로젝트를 2008년부터 사전예방분야, 오염조사분야, 오염정화분야, 사후관리분야로 나누어 10년간 민간투자를 포함하여 총 1,631억 원 지원 예정

⇒ 한국철도공사에서 최근 용산역에 대한 민자사업을 추진하는 과정에서 오염토양 정화비용만으로 약 140 억 원 예상

⇒ 한국철도공사에서 서울철도차량관리단, 부산철도차량관리단 및 부산역에 대한 대규모 복원사업을 현재 완료하였으며, 2단계 철도 오염토양 복원사업을 추진하기 위하여 조사 및 정화 계획 수립

• 일본 및 중국 등의 철도부지에서 유류 및 중금속 오염에 대한 정화 필요성이 대두됨에 따라 선진기술 확보를 통한 기술이전 효과 예상

⇒ 일본의 신칸센 건설에 따라 검수고 및 역사 주변에 다량의 오염토양이 발생함에 따라 정화기술에 대한 수요 발생

⇒ 중국의 철도부지에서는 중금속 오염이 심각하게 발견되고 있으며, 이를 조사하고 정화하는 연구가 전무한 상태

# 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

# 제 5 장 연구개발결과의 활용계획

## 1절 개요

본 사업을 통해 구축완료된 철도 궤도, 노반, 구조물, 환경, 전철, 신호 관련 전용 연구시험장비들은 1차적으로는 철도기술연구개발을 주목적으로 활용될 계획이며, 2차적으로는 산/학/연 공동활용 및 국가공동활용장비로 등록될 예정이다. 각 장비는 연구전용적인 성격과 함께, 시험인증장비로서의 성격을 동시에 가지고 있다. 1절에서는 전체적인 운용/유지관리의 기본계획을 설명하고, 2절에서는 산/학/연 공동활용 및 국가공동활용 계획에 대해, 3절에서는 각 분야별 활용계획에 대해, 4절에서는 기존 및 추후 연구과제와 연계된 각 장비별 활용계획에 대해 서술하였다.

### 1. 운용/유지관리 기본계획

본 사업을 통해 구축완료될 예정인 철도 궤도, 노반, 구조물, 환경, 전철, 신호 관련 10종의 전용 연구시험장비들은 2005년 본 사업 1차년도 이래로, 일관된 구축체계 하에 구축이 진행되어 왔다. 즉 연구책임자 산하에 총괄실무 1인과 함께, 각 장비별로 정/부의 장비담당자가 편성된 상태에서 각 장비의 기본사양 작성-발주사양 확정-발주(입찰공고~평가~계약)-제작(상세설계~부품제작~조립~제작사내 1차검수~이송설치~연구원내 2차검수~교육)에 이르는 전주기의 핵심작업이 각 장비의 정담당자 주관 하에 진행되어 왔다.

<표 5-1-1> 각 장비 정/부 담당자

| 장비명 | 담당자<br>(정/부 순) |
|---|---|
| 레일체결장치용 다축시험시스템 | **김 은**<br>김태욱 |
| 실대형 철도시설물 통합성능시험 시스템 | **김성일**<br>장승엽<br>이일화 |
| 고속 레일/차륜 접촉시험기 | **최진유**<br>최일윤 |
| 도상골재용 3축압축시험기 | **이성진**<br>이일화 |
| 6자유도 진동대 | **김이현**<br>김태욱 |
| 철도 구조물 성능평가 시험기 | **김현민**<br>김성일 |
| 환경실험용 범용 클린룸 | **권순박**<br>이덕희 |
| 전차선로/집전계 주행특성 시험기 | **권삼영**<br>이기원 |
| 철도차량 실대형 환경챔버 | **조영민**<br>이철규 |
| 오염토양 정밀조사용 지오 프로브 | **이재영**<br>박원희 |

각 구축장비에 대한 제반특성을 가장 잘 이해하고 있는 사람이 각 장비의 정/부 담당자임을 고려하여, 장비 구축 이후 운용/유지관리의 기본계획을 다음과 같은 Concept으로 설정하였다.

- 연구시설건설단에서 전체적인 운용/유지관리 통괄 조정 (철도안전성능연구시설건설사업 7종 장비, 철도기술선진화 10종 장비, 철도종합안전기술개발사업 3종 장비 포함)
  - 연간 운용/유지관리 계획의 통합 조정 등
  - 각 장비 정/부 담당자 및 외주업체와의 총괄 조정

▪ 각 장비별 운용/유지관리의 효율적 수행을 목표로, 시험기(지그류, 시편 포함) 셋팅 및 주기적 유지관리를 위해 시험장비 전문 외주업체와의 장기 계약 체결, 수행

▪ 시험소요 발생시 - 연구시설건설단에서 총괄관리하되, - 각 장비별 정담당자 주관하에, 소요시일/필요인력 설정 - 외주업체와의 협력 하에 시험수행 Concept을 장비담당자가 설정/수행하고 이를 외주업체가 보조

▪ 국가연구개발사업과 연계된 시험 수행시, 각 과제의 재료/전산처리비 내에서 소요비용을 처리하고, 시험인증과 관련된 시험 수행시, 발생되는 시험수수료로부터 소요비용을 처리

# 2절 공동 활용계획

## 1. 활용주체별 활용특성

본 사업을 통해 철도 궤도, 노반, 구조물, 환경, 전력 분야와 관련된 대규모 시험장비 들이 성공적으로 구축된 이후, 정부출연연 등 연구기관, 대학교, 산업체 및 관련기관 등, 각 활용주체별로 다음과 같이 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

<표 5-2-1> 전체적 활용방안 및 활용주체

| 활용방안 | 활용주체 |
|---|---|
| 개발기술의 적용성 및 신뢰성 향상<br>추후 연구기술의 객관적 근거 확보 | 정부출연연 등 연구기관 |
| 대형 시험의 의뢰 | 대학교 |
| 국외 도입 철도용품 및 시스템에 대한 국내<br>적용성의 객관적 평가 | 철도관련 산업체 |
| 철도 현장에서의 애로사항 발생시 현장상황 모사를<br>통한 기술적 대안의 즉시적 도출 | 관련기관<br>(철도공사,시설공단 등) |

## 2. 활용시스템

현재 주관기관인 한국철도기술연구원 내에는 국내외 철도관련 시험인증을 위한 시험인증센터가 조직되어있으며, 기존의 연구원 내 보유장비들을 공동활용장비로 등록해놓은 상태에서 산/학/연 등 다양한 활용주체의 시험장비 공동활용을 수행하고 있다. 또한 매년 공공기술연구회 및 연구원의 자체 재원 확보를 통해 기존장비의 교체 및 성능향상을 통해 원활한 시험인증이 수행되도록 노력해오고 있다. 2007년 현재 공동활용장비 등록 현황은 <표 5-2-2>와 같고, 공동활용실적은 간략하게 <표 5-2-3>과 같다.




<그림 5-2-1> 공동활용장비 활용시스템 : 연구원 자체

본 사업을 통해 구축되는 전용 시험장비들 역시 철도기술연구원의 기존 장비 활용시스템과 동일하게 공동활용장비로 등록할 계획이며, 등록 이후 철도 관련 구성품/시스템의 객관적 성능인증을 위해 지속적으로 활용될 계획이다.

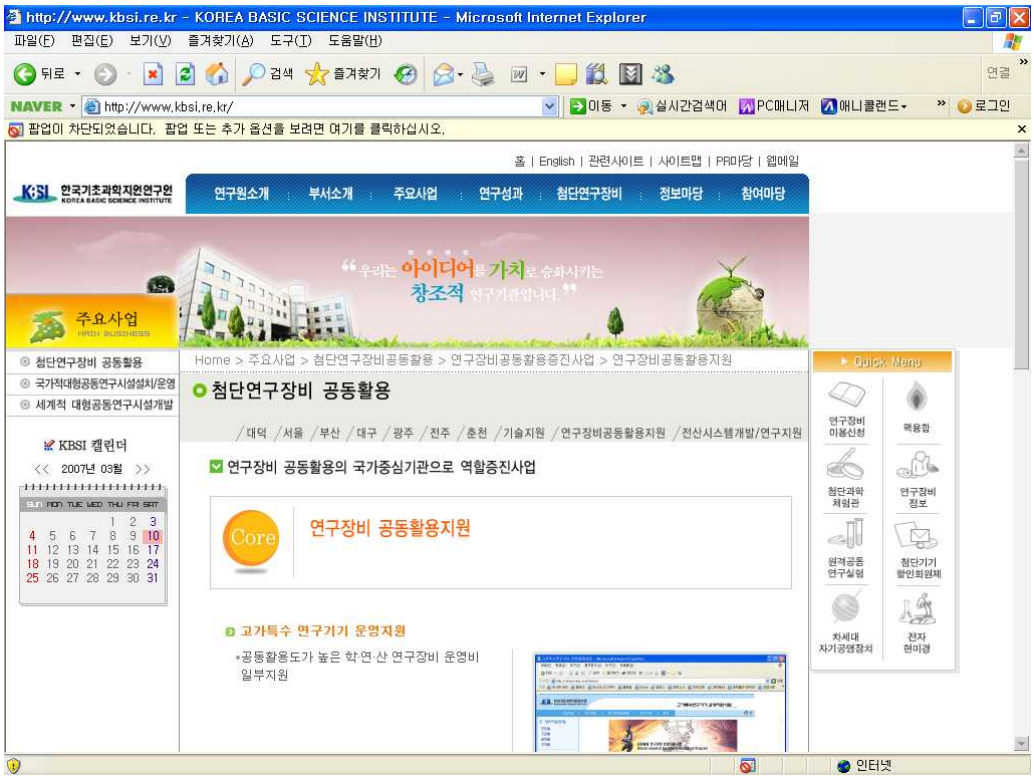
<표 5-2-2> 공동활용장비 등록 현황

| 분야 | 장비명 | 분야 | 장비명 |
|---|---|---|---|
| 차량 | 추진장치성능시험기 등 146종 | 시설 | 레일굴곡시험기 등 59종 |
| 전기 | 충격전압발생기 등 125종 | 환경 | 발광분광분석기 등 66종 |

<표 5-2-3> 공동활용장비 활용 실적

| 순번 | 장비명 | 사용기관 | 사용설적(H) |
|---|---|---|---|
| 1 | Thermal Recorder | 우진산전 | 50 |
| 2 | 클램프 미터 | 한국철도공사 | 230 |
| 3 | 멀티미터 | 한국철도공사 | 210 |
| 4 | 스코프메타 | 한국철도공사 | 210 |
| 5 | 스펙트럼 분석기 | 한국철도공사 | 210 |
| 6 | 자계측정기 | 한국철도공사 | 210 |
| 7 | 오실로스코프 | 한국철도공사 | 210 |
| 8 | 고속 비디오 카메라 | 한국철도공사 | 210 |
| 9 | ATS 차상 장치 | 한국철도공사 | 210 |
| 10 | 음압교정기 | 한국철도공사 | 210 |
| 11 | 승차감 측정기 | 한국철도공사 | 189 |
| 12 | 고전압 측정기 | 한국철도공사 | 189 |
| 13 | 기밀 및 냉난방 측정장치 | 한국철도공사 | 189 |
| 14 | Logic Analyzer | LG 산전 | 100 |
| 계 | | 14건 | 2,627 |

또한 현재 주관기관인 한국철도기술연구원 내에는 국가공동활용장비로서 <표 5-2-4>와 같은 장비들이 등록되어 있으며, 국가공동활용장비 활용시스템인 기초과학지원연구원 홈페이지와의 DB 연계를 통해 보유장비의 활용도를 제고하고 있는 상황이다. 따라서, 본 사업을 통해 구축되는 전용 시험장비들 역시 철도기술연구원의 기존 장비 활용시스템과 동일하게 공동활용장비로 등록할 계획이며, 등록 이후 철도 관련 구성품/시스템의 객관적 성능인증을 위해 지속적으로 활용될 계획이다.




<그림 5-2-2> 국가 공동활용장비 활용시스템

<표 5-2-4> 국가공동활용장비 등록 현황

| 분야 | 장비명 | 분야 | 장비명 |
|---|---|---|---|
| 차량 및 역학 | 소음신호 분석기 외 39종 | 안전진단 | 지하매설물 탐지기 외 19종 |
| 전기,신호,통신 | 부분방전측정장치 외 39종 | 환 경 | 원자흡광분석기 외 6종 |
| 궤도・토목 | 종합노반시험기 외 6종 | | |

<표 5-2-5> 국가공동활용장비 등록 현황

| 대상시설(장비) | 공동활용 공지시스템 | '06년도중 실적 |
|---|---|---|
| 팬터그래프 성능시험기 | 연구원 홈페이지<br>(시험인증연구센터)<br>기초과학지원연구원<br>웹사이트 | 절연봉 피로시험<br>한국철도공사 / 2006.03 |
| 견인전동기 시험기 | | G7견인전동기 시작품 개발시험<br>(주)로템 / 2006.04 |

## 3절 각 분야별 활용계획

철도 궤도, 노반, 구조, 환경, 전철 각 분야별로 시험장비의 활용계획은 다음과 같다.

### 1. 궤도분야

▪ 현재까지 개발된 궤도관련 국내기술들을 살펴보면, 크게 궤도 관련 핵심해석 기술의 개발과 핵심구성품의 개발로 구분할 수 있는데, 철도기술의 특성상 필수적으로 요구되는 현장적용성에 대한 평가가 현장접근의 시간적 제한성(짧은 차단시간)과 사고위험의 상존성으로 인해 다소 더딘 속도로 진행되어 왔음을 확인할 수 있다. 이러한 측면에서 궤도분야 전용 시험장비의 구축은 안정적인 환경에서 현장조건의 모사를 가능하게 하는 바, 중장기적인 측면에서 볼 때 궤도와 관련된 모든 기술개발에 있어서 핵심적으로 활용될 것으로 판단된다.

⇒ 궤도구성품 및 시스템의 해석/설계

⇒ 궤도구성품 및 시스템의 성능평가/유지관리

⇒ 국내 개발 신형식 궤도구성품 및 시스템의 신뢰성 검증

▪ 또한 철도운영기관과 산업체를 기준으로 시험장비의 활용성은 다음과 같다.

⇒ 국외 궤도구성품 및 시스템 도입시 국내 적용성 평가

⇒ 궤도현장의 애로사항 발생시 원인 분석 및 대안 도출




<그림 5-3-1> 활용방안 : 궤도분야

## 2. 노반분야

▪ 현재까지 궤도노반 분야에 대한 연구는 현장 시험 위주로 수행되어 왔는데, 현장접근의 시간적 제한성(짧은 차단시간)과 사고위험의 상존성으로 인해 상당히 더딘 속도로 진행되어 왔음을 확인할 수 있다. 이러한 측면에서 궤도노반분야 시험장비 구축은 안정적인 환경에서 현장조건의 모사를 가능하게 하는 바, 중장기적인 측면에서 볼 때 노반과 관련된 모든 기술개발에 있어서 핵심적으로 활용될 것으로 판단된다.

⇒ 노반 및 도상 거동에 대한 신뢰성 높은 기술자료 제공

⇒ 노반 관련 문제점 발생시 원인 분석 및 대안 도출

⇒ 효율적 설계, 재해 방지 관련 기준 정립 및 유지 관리 방안 도출

⇒ 국내 개발 궤도 하부 구성 신재료의 신뢰성 검증

⇒ 신공법 적용 여부에 대한 정책결정자료 제공




<그림 5-3-2> 활용방안 : 노반분야

## 3. 구조물분야

▪ 고속 중량의 열차하중에 의한 철도교량의 거동특성은 도로교량과 크게 다르며 일정간격에 의한 축하중에 의해 공진의 위험에 노출되어 있어 철도교량의 동적거동은 정밀하게 분석되어야 하는 사항임. 특히 국내의 경우 철도 특성화된 전용 대형 시험장비의 부재로 인하여 기술개발상의 한계점이 노출되고 있는 상황임. 이러한 측면에서 철도구조물분야 전용 시험장비의 구축은 안정적이고 정밀한 환경에서 현장조건의 모사를 가능하게 하는 바, 중장기적인 측면에서 볼 때 철도구조물과 관련된 모든 기술개발에 있어서 핵심적으로 활용될 것으로 판단된다.

⇒ 철도구조물의 해석/설계 기술개발

⇒ 철도구조물의 성능평가/유지관리 기술개발

⇒ 국내 개발 신기술 및 신공법의 신뢰성 검증

▪ 또한 철도운영기관과 산업체를 기준으로 시험장비의 활용성은 다음과 같다.

⇒ 국외 철도구조물 신기술 및 공법 도입 시 적용성 평가

⇒ 구조물 현장의 애로사항 발생 시 원인분석 및 대안도출




<그림 5-3-3> 활용방안 : 구조물분야

## 4. 환경분야

▪ 철도차량의 국외수출을 위한 친환경성의 확보는 현재 환경분야에 대한 국내외적인 인지도 및 대응현황을 고려할 때 최우선적으로 고려되어야 할 사항이라고 말할 수 있다. 이러한 측면에서 철도 차량의 환경성을 체계적으로 분석·평가할 수 있는 철도차량 실내환경시험기 및 엔진 친환경성능시험기는 중장기적인 측면에서 볼 때 철도환경과 관련된 기술개발에 있어서 핵심적으로 활용될 것으로 판단된다.

⇒ 철도차량 실내 공기질 및 쾌적성 향상 기술개발

⇒ 공조설비 성능 조건 DB 구축 및 설계 기술 개발

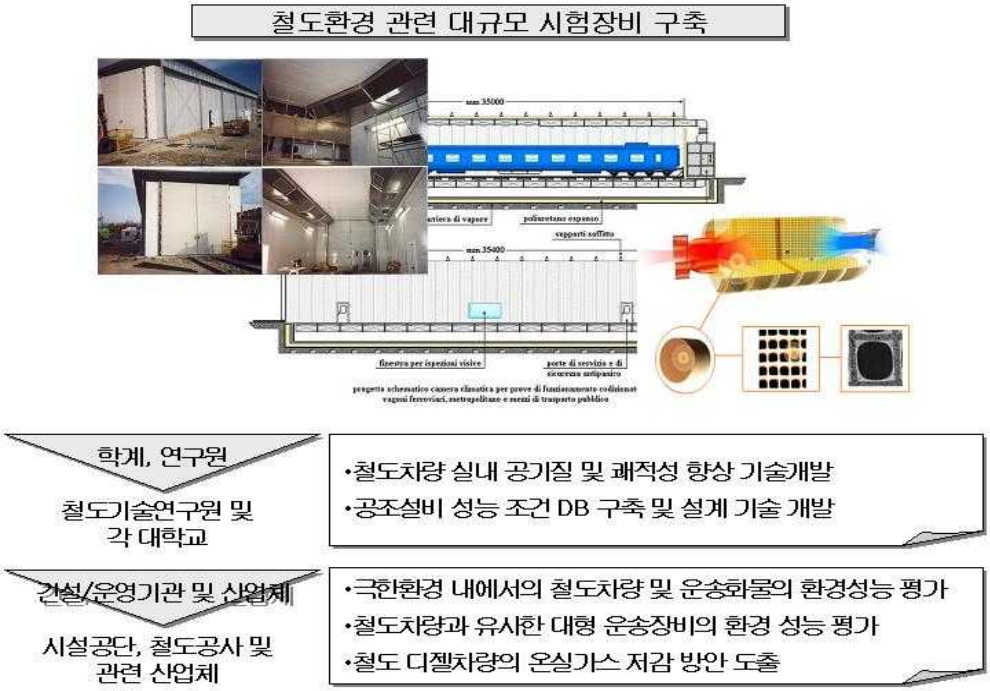
⇒ 철도 디젤차량 성능평가·유지관리 기술 개발

▪ 또한 철도운영기관과 산업체를 기준으로 시험장비의 활용성은 다음과 같다.

⇒ 극한환경 내에서의 철도차량 및 운송화물의 환경성능 평가

⇒ 대형 운송장비의 환경 성능 평가

⇒ 철도 디젤차량의 온실가스 저감 방안 도출



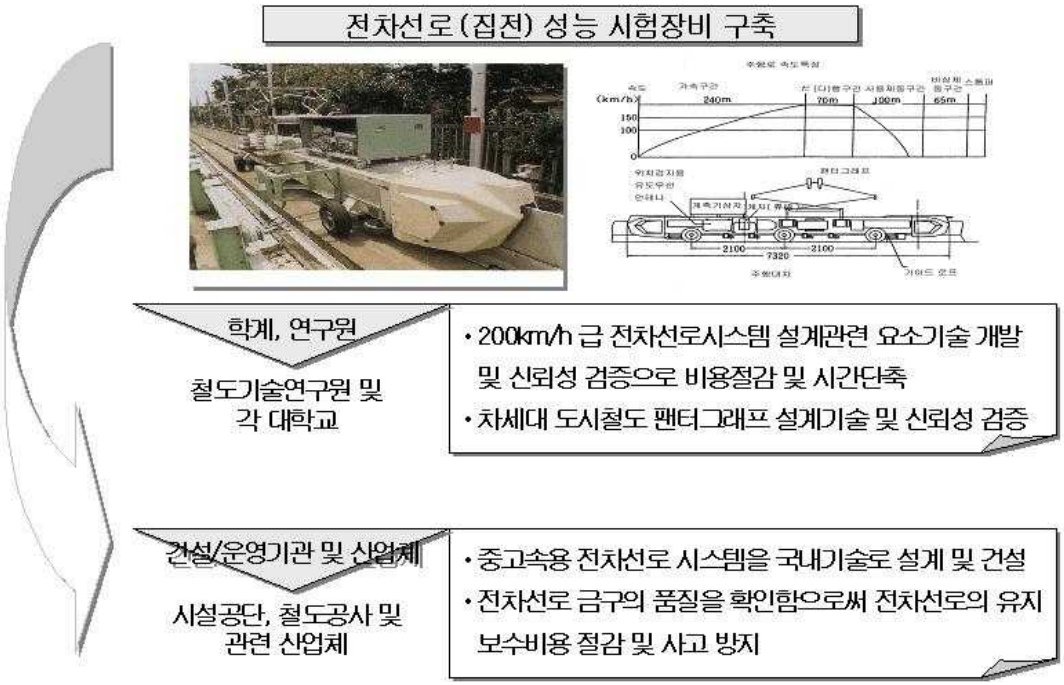

<그림 5-3-4> 활용방안 : 환경분야

## 5. 전철분야

- 국토해양부에서 추진중인 철도표준화와 관련하여, 본 시험설비를 활용하여 새로 개발하는 200km/h급 전차선로 시스템의 성능검증 및 신뢰성 검증이 가능함.
- 또한 현재 열차의 속도향상을 위하여 금구의 경량화가 필요하나 영업노선에서의 성능 검증이 어려워 금구의 개량에 어려움이 있음. 본 시험설비를 활용하면 열차 운행에 지장을 주지 않고 고속용 전차선로 금구에 대한 객관적인 성능검증이 가능하므로 금구의 경량화 및 적용 촉진이 가능함.
- 차세대 도시철도 시스템의 핵심 구성요소인 액티브제어형 팬터그래프에 대한 성능검증에 본 시험설비를 활용함으로써 개발비용과 시간소요를 단축할 수 있음.

⇒ 신규 개발 전차선로 시스템의 객관적 성능검증

⇒ 신규 개발 금구의 경량화 및 적용 촉진




<그림 5-3-5> 활용방안 : 전력분야

# 4절 구축장비별 활용계획

## 1. 레일체결장치 다축 시험시스템

• 기존 상용 및 신규 개발 국내·외 레일체결장치의 객관적 성능 검증

• 신규 개발 국내 레일체결장치의 성능 개선 및 보완
  -고속철도 자갈도상궤도용 레일체결장치의 성능 시험, 연 50일
  -고속철도 콘크리트궤도용 레일체결장치의 성능 시험, 연 50일
  -도시철도 자갈도상궤도용 레일체결장치의 성능 시험, 연 50일
  -도시철도 콘크리트궤도용 레일체결장치의 성능 시험, 연 50일

• 궤도구성품 정/동적 성능시험 및 피로시험

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계
  ⇒ 차량궤도 상호작용을 고려한 연직궤도틀림 추정기법개발(기본사업, 2008~2009, 3억)
  ⇒ 차세대 고속철도 기술개발 사업(국토해양부, 2007~2011, 약 1000억)
  ⇒ 고속철도 체결장치 적정 교환주기 산정을 위한 연구(철도시설공단, 2007~2009 4.6억)

## 2. 실대형 철도시설물 통합성능시험 시스템

• 신규 활용도

- 기존 상용 및 신규 개발 국내·외 궤도시스템의 성능검증
- 신규 개발 국내 궤도시스템의 성능 개선 및 보완 (연 90일 이상)
- 도상 및 노반 보강공법의 개발 및 성능 검증 (연 90일 이상)

  ⇒ 도상안정 공법 효과 시험

  ⇒ 연약노반 보강공법 효과 시험

  ⇒ 구조물-토공 접속부 설계단면 검증 시험
- 대형 철도구조물의 신공법 및 구조시스템 개발 연구체계 수립
- 개발된 신형식 교량 및 기존구조물의 동적성능평가 (연 150일 이상)
- 고속철도, 일반철도 및 도시철도 교량의 동적성능 평가 시험
- 대차 등 열차구성품의 지그제작에 의한 피로실험

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계

- 선로구축물 핵심기술 연구 (국토부)

  ⇒ 선로구축물의 열차가진특성 모사에 의한 동적거동 분석
- 유지보수 성능향상 기술지원 연구 (국토부)

  ⇒ 피로성능 평가에 의한 유지보수 및 보수보강 시설물 실험
- 차세대 고속철도 기술개발 사업, 선로구축물 유지보수 기술개발 (국토부, 2007-2013(예정), 94.36억)

  ⇒ 고속하중 작용 진동모사에 의한 궤도구성품의 동적실험
- 도시형 자기부상열차실용화사업, 선로구축물 성능개선 과제 (국토부, 2007-2012, 126억)

  ⇒ 자기부상열차 가이드웨이 궤도 구성품에 대한 동적거동 분석

<표 5-4-1> 소요 일수 산정 근거 (06년도 현대건설기술연구소 시험 내용)

| 실험 대상 | 소요일수 | 소요금액(원) |
|---|---|---|
| RC 구조물 내진성능평가 실험 | 2개월 | 7,000,000 |
| 격납건물 벽체-기초 접합부의 파괴거동 검증 | 8개월 | 50,000,000 |
| 프리캐스트 슬래브 궤도 패널 성능 평가 시험 | 4개월 | 29,150,000 |
| 송전철탑 내풍보강 마찰형댐퍼 성능평가 실험 | 4개월 | 45,000,000 |
| PSC I 거더 성능평가 시험 | 5개월 | 94,000,000 |
| 전동대차 피로시험 (2005년도) | 4개월 | 142,380,000 |
| 복합구조 피로시험 | 2개월 | 자체연구 |

## 3. 고속 레일/차륜 접촉시험기

- 국토해양부의 “차세대 고속철도기술개발” 사업의 초고속 궤도재료 열화저감 기술 및 유지보수 지침 개발 과제 중 레일의 열화손상의 수행에 활용
- 본 장비를 활용할 과제는 장비가 구축되고 난 이후에나 계획이 가능하기 때문에 현재까지는 본 장비를 활용하기 위한 과제가 많지 않지만 차륜과 레일의 접촉에 관한 문제는 향후 철도유지관리의 주요사안이 될 것이므로 본 장비를 활용한 과제의 도출이 이어질 것으로 예상됨
- 철도공사 및 각 지자체의 도시철도 관련기관, 대학과 공동 활용

- 차륜의 마모, 점착 특성 분석 등에 공동 활용
  -기존철도 차륜/레일 접촉특성 평가, 연 50일
  -도시철도 차륜/레일 접촉특성 평가, 연 50일
  -고속철도 차륜/레일 접촉특성 평가, 연 50일

## 4. 도상골재용 대형진동 3축압축 시험기

▪ 기존선/신설 노반 및 도상 골재의 강성, 변형계수 평가, 4000만원
  -틸팅/고속/도시철도 노반 성능평가 시험, 연 30일 (2000만원)
  -다양한 지반조건 및 응력조건에 대한 시험 연 30일 (2000만원)
▪ 조립 재료의 노반에 대한 동적 물성치 평가 시험, 연 20일, 2000만원
▪ 조립 지반 재료의 액상화 평가, 연 20일, 2000만원
▪ 재생혼합토, 순환골재 등 개발 신재료 특성 분석 시험, 연 20일, 2000만원
▪ 하중 및 함수비 조건에 따른 노반 침하특성 분석, 연 30일, 2000만원
▪ 고하중 작용조건 시 노반 및 도상자갈 파쇄 실험, 연 30일, 2000만원
▪ 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계

## 5. 6자유도 진동대

• 철도구조물의 내진성능 평가 및 보강기법 검증, 6천만원
  - 도시철도 시설물(개착구간, 역사)의 내진성능 시험, 연 60일 (4천만원)
  - 철도교량의 내진성능 시험 연 30일 (2천만원)

• 신규 내진보강방법 개발 및 기존 공법 성능개선 및 보완, 연 50일, 3천만원
  -내진받침 성능시험, 연 20일 (1천만원)
  -교각성능 보강 및 신소재를 이용한 내진보강시험 연 30일 (2천만원)

• 지반/구조물 상호작용 관련 내진성능 실험, 연 20일, 2천만원
• 신형식 교량 및 교량부속물의 내진성능 실험, 연 30일, 2천만원

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계
  ① 도시철도 시설물 표준화 연구(국토부, 2007-2013, 350억)
    - 지하철 개착구간 및 역사의 내진성능시험

- 내진보강 후 성능향상 검증
- 신규 내진보강법 개발 및 검증실험
- 도시철도 표준화를 위한 내진설계 지침서 작성

② 철도시스템 성능향상 기술개발(과기부, 2008~2009, 6억)
- 철도교량의 내진보강 전/후 성능검증

③ 차세대 고속철도 기술개발 사업(국토부, 2007~2012, 6.7억)
- 지진시 선로구축물의 안전성 검토

④ 도시형 자기부상열차 실용화 사업(국토부, 2007~2012, 7.2억)
- 지진시 선로구축물의 안전성 검토

⑤ 추후 연구 개발 과제
- 신규 내진보강방법 개발 및 기존 공법 성능개선 및 보완
- 기존 철도 교량/역사/도상 구조물의 내진성능 검증
- 각종 노반 및 말뚝기초의 진동실험
- 지반-구조물 상호작용을 고려한 지진모사 실험
- 신형식 교량의 내진성능 예측 및 설계지침 보완

• 기존 구조물의 내진성능 검증 및 신소재를 이용한 내진보강기법 검증에 활용 ⇒ 연구원 및 국가장비 등록 후 공동 활용 수행

## 6. 철도구조물 성능평가시험기

• 철도구조물 구성품에 대한 정밀 구조성능 평가
• 신재료에 대한 재료성능 평가
• 열차하중 모사 동적시험 시스템 및 다자유도 가진 진동대 실험과 연계
-철도구조물 구성품에 대한 성능평가시험, 연 60일
-철도구조물 피로성능시험, 연 60일
-신재료 재료성능평가 시험, 연 30일
-첨단 철도구조 동적실험과 연계, 연 60일

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계

⇒ 차세대 고속철도 기술개발 사업 (국토해양부, 2007~2011, 약 1000억)

⇒ 철도차량 탈선 안전성능 평가 및 사고방지 기술 개발 (국토해양부, 2005~2009, 약 80억)

## 7. 철도 환경실험용 클린룸

• 환경부의 실내공기질 관리 중장기 기본 계획에 따른 실내환경오염물질 및 대중교통수단 실내공기질 관리기준 적용 및 평가

• 철도차량 및 철도역사 실내공기질 개선을 위한 청정시스템 성능평가

- 객실 공기질 개선을 위한 청정시스템 성능시험. 연 30일
- 지하역사 공기질 개선을 위한 청정시스템 성능시험. 연 30일

• 공기질 정화용 촉매시스템의 성능 평가

• 항균필터 항균성 평가 및 성능시험

• 환경모니터링 센서의 검교정 시험

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계

⇒ 기존 차세대 객차용 청정시스템 개발 연구 연계

⇒ 기존 철도시설 및 안전구축 과제의 공기질 기준설정 연구 연계

⇒ 기존 차량용 기능성 그린내장재 개발 연구 연계

⇒ 추후 실내환경 공기질 개선방안 연구 예정 (환경부)

⇒ 추후 지하역사 공조기용 프리필터 개발 연구 예정

## 8. 전차선로/집전계 주행특성 시험기

- 새로 개발하는 「250km/h급 한국형 전차선로 시스템」을 비롯한 전차선로 시스템의 신뢰성 검증 → 새로 개발하는 전차선로의 신뢰성을 본선 시험 대신에 본 시험설비를 활용하여 확인하게 되면 개발 비용과 시간을 단축할 수 있음

- 전차선로 금구 시험 → 본 시험설비를 활용하여 전차선로 금구의 품질을 확인함으로써 전차선로의 유지보수비용 절감, 사고 미연 방지

- 호남선 고속 신선 등에 거론되는 350km/h급의 전차선로 설계 및 성능검증에 활용 가능

- 우리나라 철도기술의 국제화 시장 진출의 밑거름 역할 및 기술적 바탕 데이터 확보로 인한 자신감 획득

- 개발 및 연구 과정에서 필요한 인위적이고 가혹/최악 조건의 시험이 가능하여 효과적인 개발 시험 가능

## 9. 철도차량 실대형 환경챔버

- 철도차량 실내공기질 평가시험 : ISO-16000-26, VDA 276, JAMA (실차실내공기질), JASO (차량부품), KS (도출 중) 규격 시험
  - 철도차량의 실내공기질 측정 및 평가시험
  - 철도차량의 유해물질 방출시험
  - 객실의 온열환경 및 쾌적성 평가시험

- 철도차량 및 철도역사 내장재의 유해물질 방출시험

- 소형챔버시험 : EN13419-1, ISO/DIS16000-9, ASTM E1333, JIS A1901, KS M1998-2 등
- 대형챔버시험 : EN717-1, ASTM D5116, JIS A1911 등

① 철도차량 내장재 및 부품의 유해물질 방출시험

② 철도역사 내장재 및 가구류의 유해물질 방출시험

③ 전기·전자제품 및 사무기기의 유해물질 방출시험

• 철도차량 냉·난방 공조장치의 성능시험 : UIC code 553, 553-1, ISO 7726, EN 13129-1,2 , EN 14750-1,2, EN 14813-1,2

- 객실내 온도분포 시험
- 객실내 습도분포 시험
- 객실내 기류분포 시험
- 철도 차량용 HVAC/기능성 덕트/필터 기술 개발 및 시험

• 철도차량 공기청정시스템의 성능시험

- 미세먼지 저감장치의 성능시험
- 이산화탄소 저감장치의 성능시험
- 부유세균 저감장치의 성능시험
- 휘발성유기화합물 저감장치의 성능시험
- 포름알데하이드 저감장치의 성능시험

<표 5-4-2> 철도차량 실대형 환경챔버의 예상 연간시험수수료

| 시험항목 | 항목내역 | 시험비용 (천원) | 연간시험 수행 건수 | 연간시험수수료 (천원) |
|---|---|---|---|---|
| 철도차량 실대형 환경챔버 방출시험 | 차량 내장재 및 부품의 방출 | 3,000 | 30 | 90,000 |
| | 차량 실내공기질 측정 | 5,000 | 10 | 50,000 |
| | 건축 내장재 및 가구류의 방출 | 3,000 | 10 | 30,000 |
| | 전기, 전자 및 사무기기의 방출 | 3,000 | 10 | 30,000 |
| 실내공조 성능시험 | 온도(분포) 모니터링 | 1,000 | 20 | 20,000 |
| | 습도(분포) 모니터링 | 1,000 | 20 | 20,000 |
| | 기류(분포) 모니터링 | 2,500 | 20 | 50,000 |
| 연간 총액 | | | | 290,000 |

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계

⇒ 기존 공공기술연구회 일반사업 “USN 환경기반의 철도시스템 개발” 과제 연계 철도역사 및 철도차량 객실 내부의 악취 및 유해오염물질의 전파특성 평가 및 센서의 보정 (과학기술부, 2007.1-2010.12, 34억)

⇒ 기존 “도시철도 시설물 표준화 연구” 과제 연계 도시철도 역사 및 시설물용 내장재의 유해물질 방출 기준 연구, 도시철도 시설물의 실내공기질 개선기술 평가 (국토해양부, 2007.1-2011.12)

⇒ 기존 “틸팅열차 환경성 진단평가연구” 과제 관련 틸팅열차의 실내 쾌적성 평가 (국토해양부, 2007.1-2010.12)

⇒ 추후 객실 실내환경 기준 및 평가방법 연구 예정 (정부 및 민간수탁, 2008-2011)

• 공동활용계획

- 국가장비 등록 후 공동 활용
- 친환경 부품, 자재, 소재 여부 평가시험 의뢰에 대응 가능. 역사 및 차량의 친환경 자재 도입에 기여
- 역사 및 차량의 실내 공기질에 대한 공동 연구 수행 (한국철도공사, 한국철도시설공단, 서울메트로 등의 운영처)

## 10. 오염토양 정밀조사용 Geo-probe

• 토양환경보전법에 따른 국내 철도토양 오염부지의 정밀조사 평가
• 토양관련 전문기관으로의 인증자격 취득을 통해 오염토양 정밀조사 및 오염물질 분석시험 대행

• 기존 및 추후 철도기술 연구개발 과제와의 연계
⇒ 환경부, '토양·지하수 오염방지기술개발사업(GAIA Project, 2008-2017, 1,397 억)' 4개 분야(사전예방, 오염조사, 오염정화, 사후관리) 중 해당사업 참여
⇒ 한국철도공사, 주요 역사(예: 용산역 민자사업 대상부지 정화 시 약 140억 예상, 대전역 한국철도공사 및 한국철도시설공단 본사 건물 공사부지 다량의 오염토양 발생) 및 선로분기기 주변 오염토양(윤활유에 의한 오염 심각) 정화사업 및 2단계 사업추진 계획과의 연계
⇒ 기본사업, '철도선도기술개발-복합오염 철도토양 정화공법 개발(2007. 1 - 2011. 12, 29억)' 과제 수행 시 중금속 및 유류 동시 오염된 부지의 정화방법 현장적용을 위한 조사 및 개발기술 적용에 활용
⇒ 국토부 미래철도사업 '철도친환경기술개발'의 중점과제로 '복합토양 오염복원 기술개발' 과제 추진과의 연계
⇒ 철도오염토양 분석 및 복원기법 개발 관련 대형화 과제 추진

# 부록 : 구축장비 소개자료

# 부록 : 구축장비 소개자료

## Large scale test facilities of KRRI

### Background

- 1st stage : 8 facilities (5yrs, 20 billion won)
- 2nd stage : 10 facilities (5yrs, 40 billion won)




### 1st stage facilities : Rolling stock & electricity


Bogie dynamic simulator


Brake performance tester


Propulsion equipment performance tester


Traction motor tester


Tester for ATC system


Driving gear tester


Spring tester


Pantograph tester

# Large scale test facilities of KRRI

## 2st stage facilities





1. Integrated test system for infrastructure
2. High speed wheel/rail contact simulator
3. 6DOF seismic table
4. 2500KN UTM
5. Geoprobe
6. Multi axial testing system for track components
7. Triaxial testing system for railroad ballast
8. Clean room / Emission chamber
9. Environmental chamber
10. Catenary-current collection tester



















# Multi axial testing system for track components

## Features

- Static & dynamic evaluation of track components such as rail, fastener & sleeper
- Simulation of extreme climatic conditions
- Multi-tasking operation

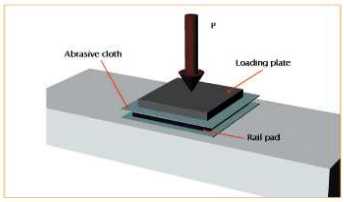
## System overview



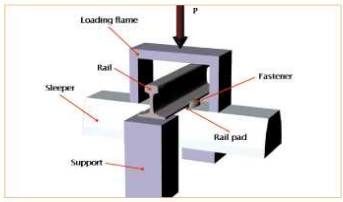




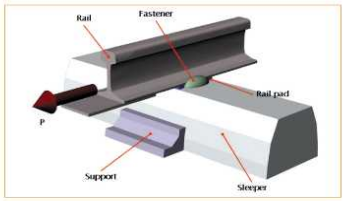
## Test examples



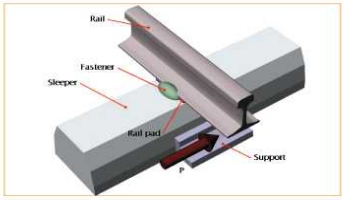

Vertical spring coefficient



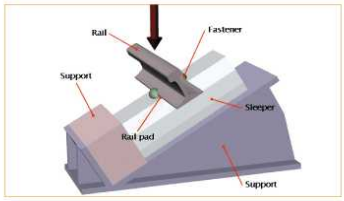

Initial clamping force



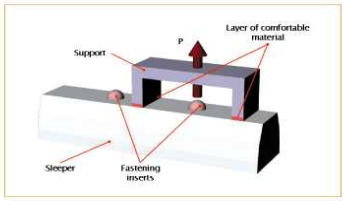

Longitudinal resistance




Torsional resistance




Fatigue loading




Pullout resistance

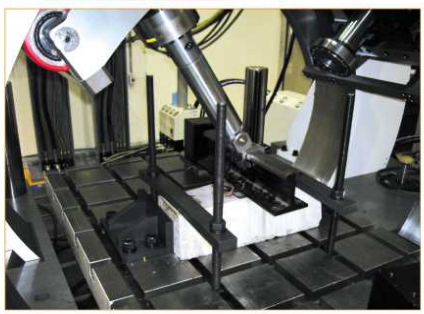
# Multi axial testing system for track components

## Components & specifications

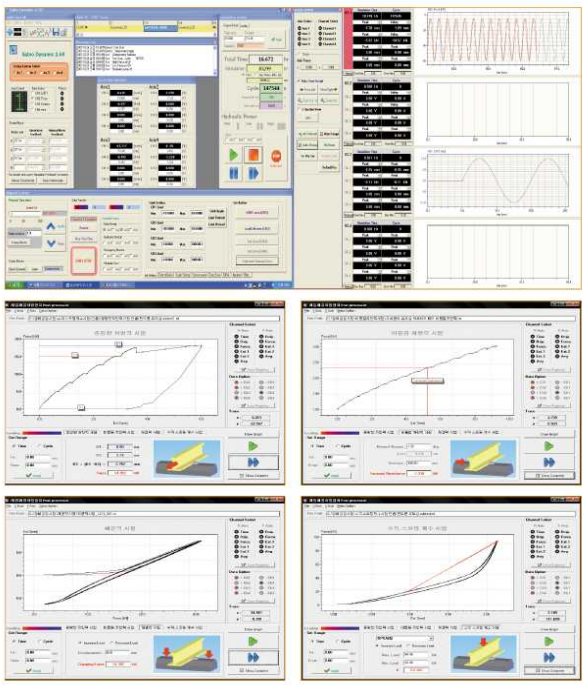
| Item | Details |
|---|---|
| Test bed | FCD40, 5m(W)x10m(L)x0.2m (t), 0.35m T-slot |
| U-shape frame | Up & down to 0.5m, actuator position to 0~90deg. |
| Portal frame | Available space 1.84m(W)x2.6m(H) |
| Actuators | 250KN 2ea. 100KN 2ea. 50KN 1ea. 25KN 1ea. each has 150mm stroke, 1.5mm at 20Hz |
| Hydraulic power system | 3 sets of HPU, each has 117lpm |
| Environmental chamber | 1.4m(W)x1.0m(L,H), temperature & humidity control (-20~100deg. & 30~98%) |

## Typical results





Repeated loading test



Input control

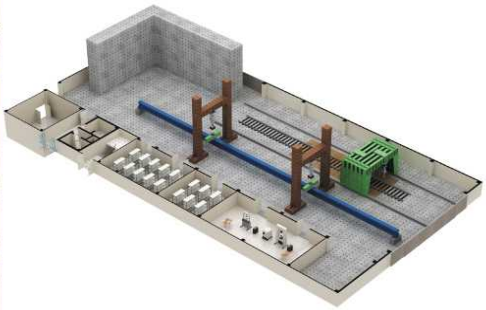
# Integrated test system for railroad infrastructure

## Features

- High performance static & dynamic test of real-scale specimens
- Real time hybrid simulation
- Railway track tests using Rail Load Simulator (RLS)

## System overview





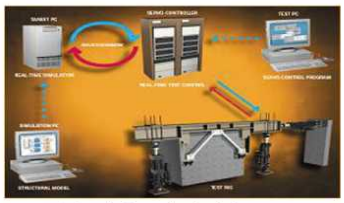
## Test examples



Dynamic load simulation



Track structure test



Real-time hybrid test



Bogie frame test



Fatigue test



Material test

# Integrated test system for railroad infrastructure

## Components & specifications

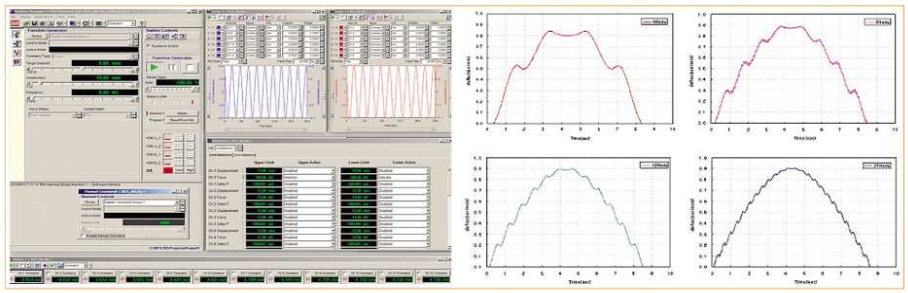
| | Capacity(KN) | Stroke(mm) | Hydraulic performance | Qty |
|---|---|---|---|---|
| Dynamic actuator | 250 | ≥250 | ±12mm at 5Hz/250KN | 12 |
| | 500 | ≥500 | ±10mm at 5Hz/500KN | 4 |
| | 250 | ≥250 | ±5mm at 50Hz/250KN | 4 |
| | 250 | ≥750 | ±80mm at 5Hz/250KN | 4 |
| Static actuator | 5000 | ≥750 | Flow rate 15gpm | 1 |
| | 2000 | ≥750 | Flow rate 15gpm | 2 |
| Material tester | 2500 | UTM 기준 | Rock & concrete | 1 |
| | 500 | UTM 기준 | Material test | 1 |
| Rail Load Simulator(RLS) | Allowable Max. vertical load 250KN x 6ea<br>Allowable Max. horizontal load 250KN x 3ea | | | 1 |
| Control | Hydraulic pump : 180gpm × 6 = 1,080gpm<br>Hydraulic service manifold : 250gpm × 12, 100gpm × 19, 50gpm × 1<br>Controller : 4ch × 4, 18ch × 1<br>Control PC, 64ch DAQ, hard line, monitoring CCTV | | | |

## Typical results

Dynamic train load simulation



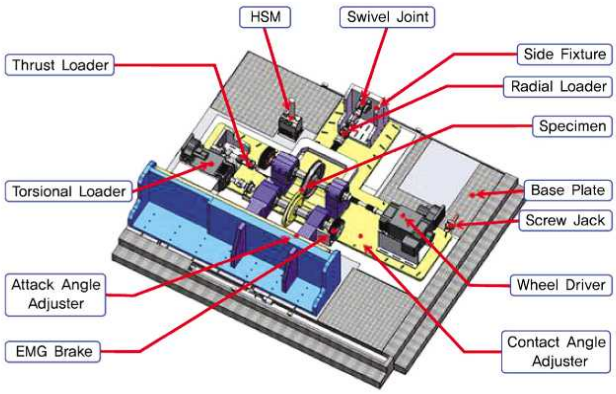
Control view



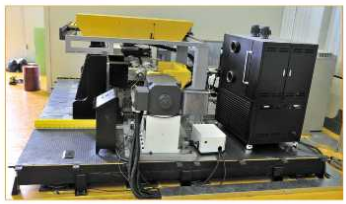
# High speed wheel/rail contact simulator

## Features

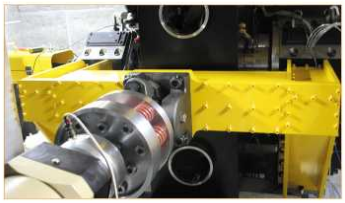
- Disk type multi-purpose test (RCF, adhesion, wear)
- Specimens of various sizes
- Max. speed of 445km/h
- Simulates various track alignment & environmental conditions

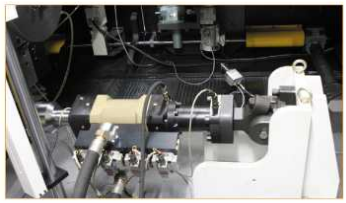










## Components

- Main system
  - Wheel driver, torsional loader
  - Attack & contact angle adjuster
  - Radial & thrust loader
- Environmental chamber & safety devices
- Hydraulic power related product & control system

# High speed wheel/rail contact simulator

## System Performance

| Item | Performance |
|---|---|
| Specimen | Wheel & rail 300~1000mm (diameter) |
| Test speed | 0 ~ 2470 RPM @ 1000mm (445km/h) |
| Radial force | Max. 180KN, ±2.5mm @ 20Hz |
| Thrust force | Max. 100KN, ±7.5mm @ 20Hz |
| Slip rate | -10 ~ +100% |
| Torque control | 1% of F.S |
| Contact angle range | 0 ~ 3° (1% of F.S) |
| Attack angle range | -3°~ +3° (1% of F.S) |
| Environment | Dry, wet, sand, oil, temperature, humidity |

## Available tests

- **Rolling contact fatigue test**
- **Wear test**
- **Adhesion / friction test**

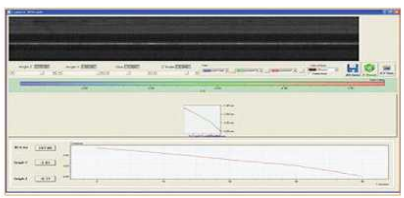
## Typical results



Input



Typical results



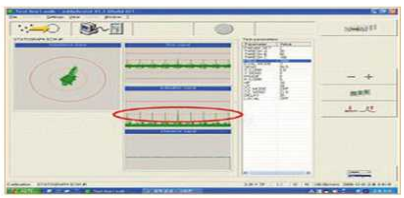
Laser scan



Defect on wheel



Defect on rail



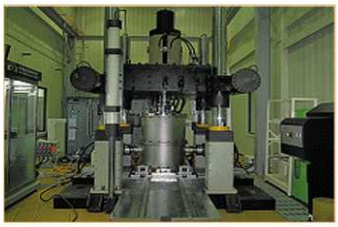
Flaw detection

# Triaxial testing system for railroad ballast

## Features

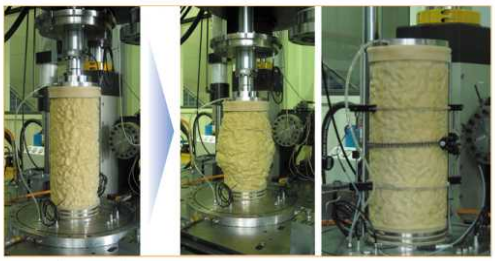
- Static/dynamic properties of large grain materials
- Various sizes of test cells available
- Optional extreme environmental conditions

## System overview

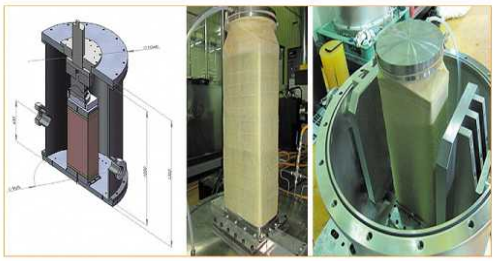




## Test examples



Static/cyclic triaxial compression test



Intermediate principal stress control test



Static triaxial extension test



Temperature control test



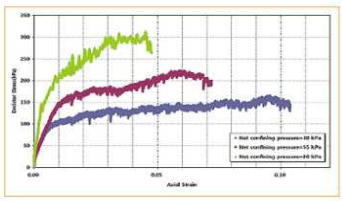
1D compression large Oedometer test

# Triaxial testing system for railroad ballast

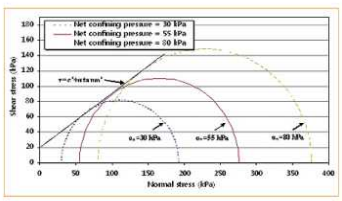
## Specifications

| Item | Description | |
|---|---|---|
| Hydraulic actuator system | 2000KN (1 set), 200KN (1 set) | |
| Frame | Frame for 2000KN static actuator and 200KN dynamic actuator | |
| Test cell | Triaxial cell | Φ500xH900 |
| | | Φ700xH1200 |
| | | Φ700xH1200 for temp. control |
| | | Φ900xH1650 |
| | | Φ900xH1650 for intermediate principal stress control |
| | Oedometer cell | Φ600xH600 |
| | | Φ1000xH600 |
| Cell and back pressure supply unit (LOOP) | | |
| Hydraulic power system | HSM, HPU, cooling system, hose, etc | |
| Multi control system | Base controller, server PC, UPS, etc | |
| Software | | |
| Accessories | Small strain sensors, compactor, temperature control system, large sieve analysis tester, etc | |

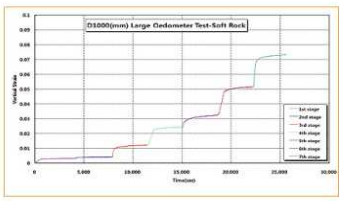
## Typical results



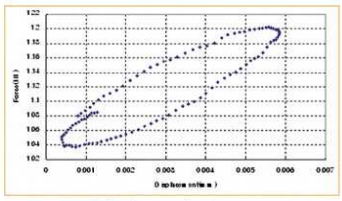
Stress-strain curve



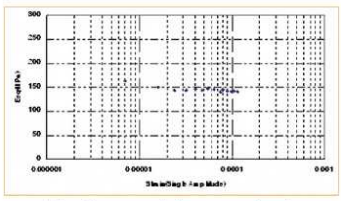
Mohr circle



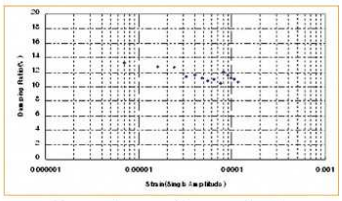
1D compression



Hysteresis loop



Elastic modulus vs strain



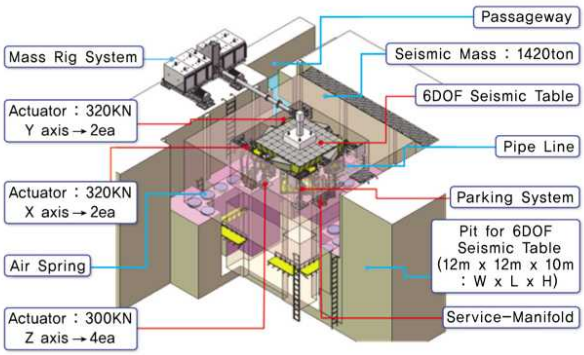
Damping ratio vs strain

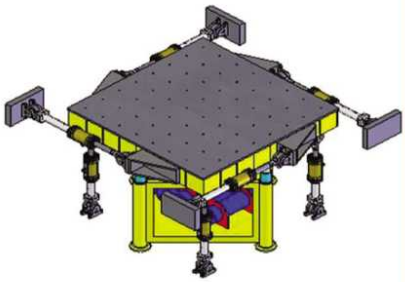
# 6-DOF seismic table

## Features

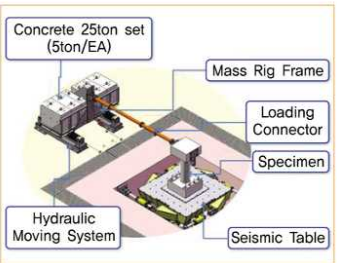
- 6 degrees of freedom, 4.1m × 4.1m shake table
- Performance test for earthquake-resistant railroad structures/components
- Multi-purpose vibration test for mechanical components
- Mass adjustable external rig system with very low friction

## Typical results



## Test examples






Earthquake-resistance test for railroad bridges



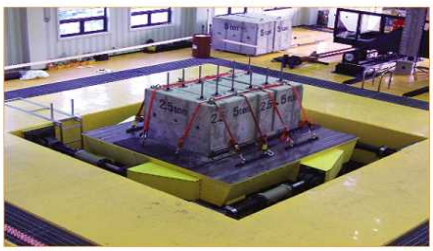
Educational 1DOF test

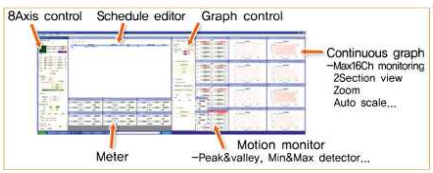
# 6-DOF seismic table

## Components & specifications

| Main specifications | | | |
|---|---|---|---|
| 1. Table size : 4.1 x 4.1 meters | | | |
| 2. Degrees of freedom : 6DOFs (3-translations, 3-rotations & DOFs combination) | | | |
| 3. Full payload : 300KN | | | |
| 4. Frequency of operation : 0.1 ~ 60Hz | | | |
| 5. Overturning moment : 1200KN-meters for lateral(or longitudinal) direction. | | | |
| 6. Center of gravity on the table : 2.5 meters | | | |
| | Longitudinal | Lateral | Vertical |
| 7. Actuator stroke | ±300mm | ±300mm | ±200mm |
| 8. Velocity at 1Hz with full payload | 1.3m/s | 1.3m/s | 1.2m/s |
| 9. Acceleration at 1Hz with full payload | 0.8g | 0.8g | 0.8g |
| 10. Velocity at 2Hz with full payload | 1.0m/s | 1.0m/s | 1.3m/s |
| 11. Acceleration at 2Hz with full payload | 1.3g | 1.3g | 1.7g |
| 12. Maximum flow rate | 4080LPM, 21MPa | | |

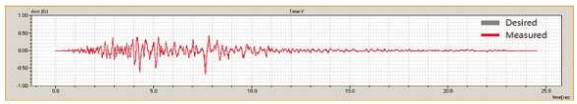
## Typical results






Control software

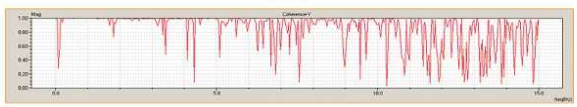
Desired & measured signal under random earthquake exctiation (200KN payload)




Time history




FFT



Coherence function

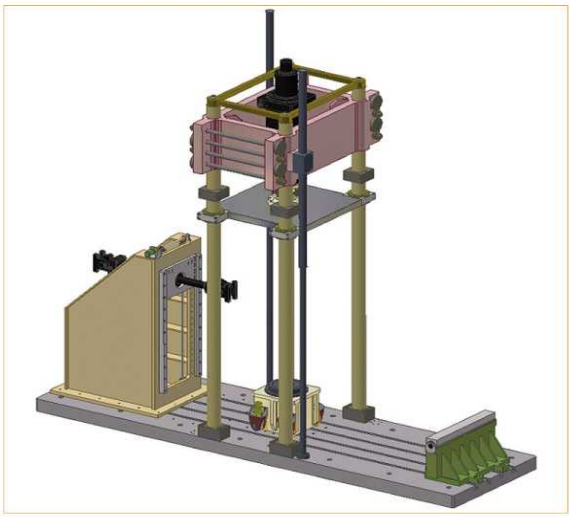
# Universal Testing Machine (UTM) for railway structure

## Features

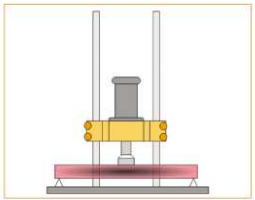
- Static & dynamic performance evaluation of key components of railway infrastructure
- Structural material test
- Total frame system for quick setting
- Biaxial synchronous actuating test

## System overview

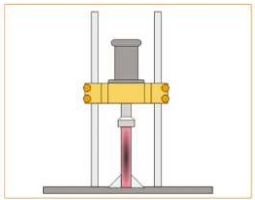




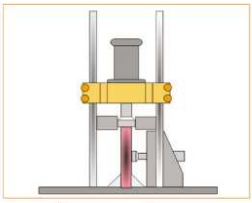
## Test examples



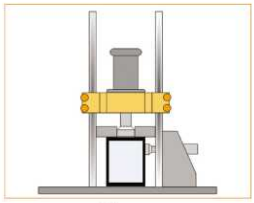
Bending test
/ fatigue test



Compressive
/ tensile test



Beam-column
test



Shear
test

# Universal Testing Machine (UTM) for railway structure

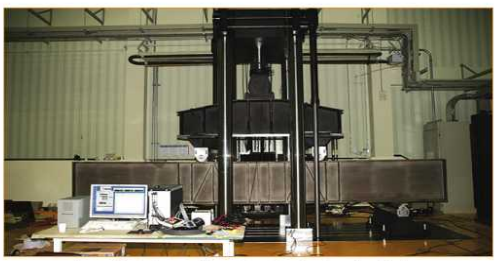
## Components & specifications

| Item | Details |
|---|---|
| Test bed | 1.5m(W) × 0.5m~3.5m(H) × 7m(L), 0.3m T-slot |
| Actuators | Crosshead mounted actuator : 250ton, ±150mm, 5Hz/±3mm<br>Side actuator: 50ton, ±100mm, 5Hz/±10mm |
| Hydraulic power system | 3set HPU, each has 217lpm |
| Controller & software | MTS 793.00 standard software<br>PRC Pro drive file development & test software<br>793.10 multi purpose testware<br>FlexTest 60 |
| Accessory | DAQ(EDX-2000A), 3 & 4 point bend fixture, wedge grip,<br>side fixture, extensometer,compression platens, UPS |

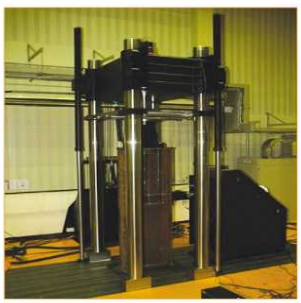
## Typical results



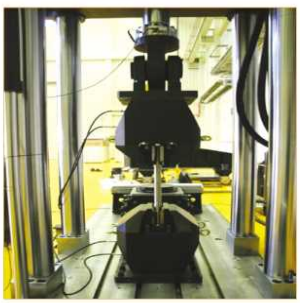
3-point bending test of steel girder



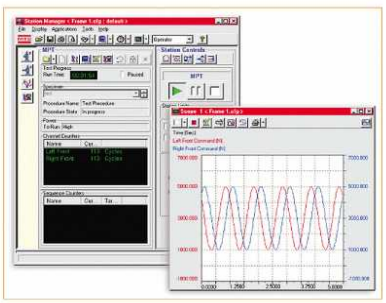
4-point bending test of steel girder



biaxial test



tension test



Input data of fatigue test

# Environmental clean room & emission chamber

## Features

- Performance test on air cleaning system
- Ventilation performance test
- Indoor air quality test
- VOCs emission test - large & small chambers

## System overview



Emission chamber and analysis room







Clean room and small emission chamber

## Instrumentation for IAQ analysis









Clean bench, UV-APS, dust spectrometer, CPC systems







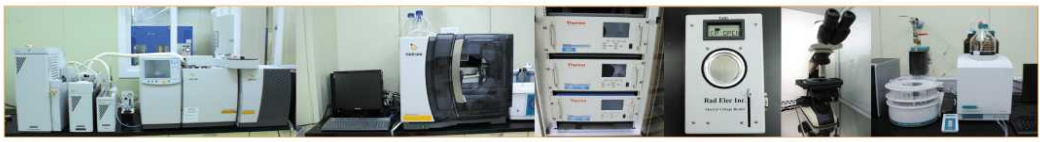




Electronic balance, microscope, incubator, sterilizer, bio-safety cabinet systems

# Environmental clean room & emission chamber

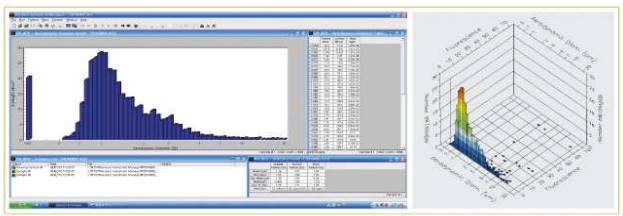
## Indoor air analysis system



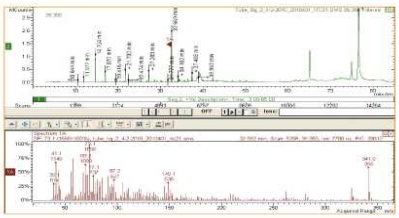
## Components & specifications

| | |
|---|---|
| Clean room | • Temperature range : 15 ~ 40℃, 23℃<br>• Temperature controllability : ＜±1℃<br>• Humidity range : 37±5℃<br>• Air volume : 4860 CHM<br>• Static pressure : 40mmAq |
| Emission chamber | • Size(mm) : 3206W × 3128D × 2406H(24$m^3$)<br>• Size(mm) : 1706W × 1550D × 1906H(5$m^3$)<br>• Inner material : Stainless steel 304<br>• Temperature : 20~35℃<br>• Relative Humidity : 20~60%<br>• Bake out temperature : 70℃<br>• Air exchange : 0.5, 1, 2 ach/h(24$m^3$) 0.5, 1~5 ach/h(5$m^3$) |
| Analysis system | • Indoor air quality : GC/MS, HPLC, Radon monitor, air quality monitor(NO/$NO_2$/NOx/$SO_2$/$O_3$),UV-Vis, Ion Chromatography, Bore scope, phase-contrast microscope(asbestos)<br>• Bio-aerosol : Biological safety cabinet, UV-APS, bio-aerosol spectrometer, incubator & sterilizer, microscope<br>• Particle : Scanning mobility particle sizer(CPC), six-stage viable sampler, electronic balance |

## Typical results



Bio-aerosol



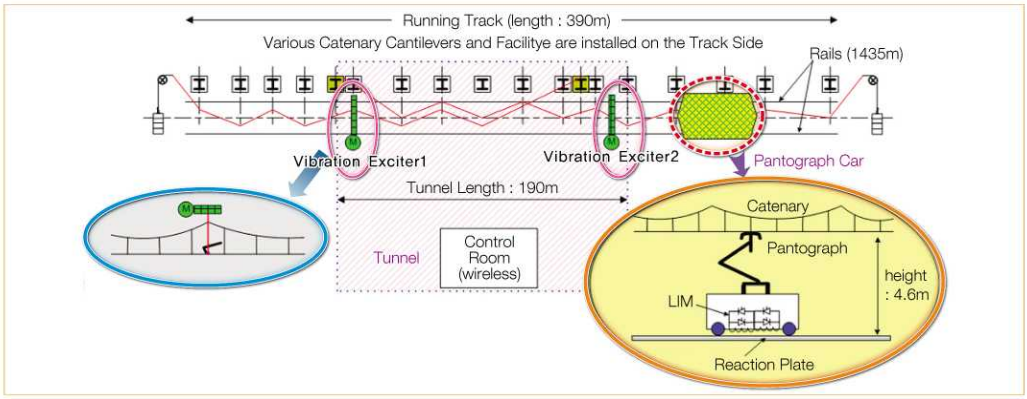
Indoor air analysis

# Catenary-current collection tester

## Features

- Test track for current collection test
- Runs up to 80km/h by LIM truck with real pantograph
- Real or scale model catenary with vibration exciters and dynamic interaction measuring devices
- Real or scale model impact factor study or performance tests on the catenary and current collection equipment

## System overview




## Test examples



Current collection performance test



Scale down parameter test

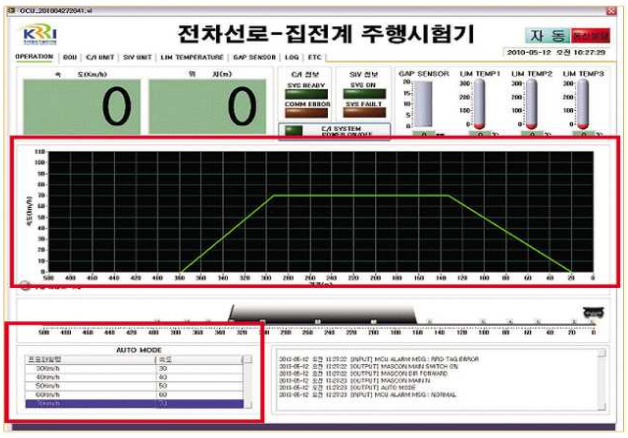
# Catenary-current collection tester

## Components & specifications

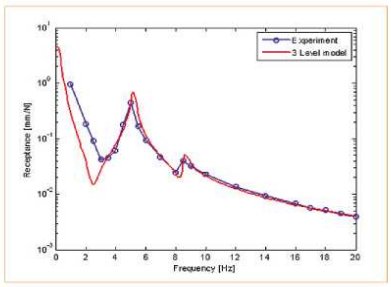
### Main specifications

1. Running track length : 390 meters
2. Maximum speed : 80km/h
3. Weight of pantograph car : 7.7 tons
4. Cantilevers and overhead contact lines : CaKo250(Korean 250km/h Catenary) & DST(Double Stack Train) tunnel brackets
5. Pantograph : 300km/h single arm pantograph (EL-YP300SL, KTX1 substitution - developed in Korea)
6. Pantograph car propulsion type : LIM(Linear Induction Motor)
7. Measuring devices : Contact wire displacement (0-200mm), dropper dynamic load(1000N), contact wire acceleration and strain, arc detector
8. Power supply for overhead contact lines : AC 850V, 500KVA
9. Overhead contact lines exciter(vibration generator): 2 sets, motor driven, 0.5~10Hz, 50~200mm amplitude
10. Motor car : 1set, 20tons, maximum speed of 50km/h

## Typical results




Pantograph car running control and data acquisition display



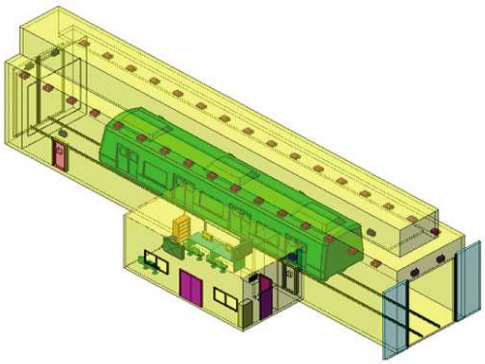

Pantograph mathematical model evaluation

# Environmental chamber for railroad passenger cabin

## Features

- Heating & air-conditioning performance test
- Indoor air quality test
- Icing
- Solar irradiation test

## System overview

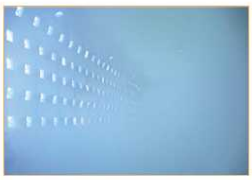


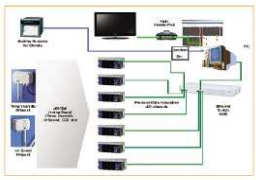




## Test examples


Heating & cooling


Humidity



Indoor air quality monitoring


Icing


Wind tunnel



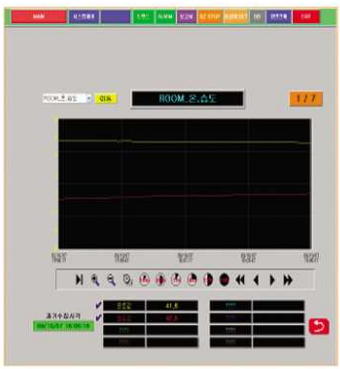
Solar irradiation

# Environmental chamber for railroad passenger cabin

## Components & specifications

| Item | Details |
|---|---|
| Chamber | 34m(L)x5.9m(W)x6.0m(H), 2 vehicle doors, 2 personal doors, 5~15km/h wind speed |
| Temperature & humidity | Temperature range : -40 ~ 60℃<br>Relative humidity range : 10 ~ 95% |
| Solar system | 600 ~ 1,200 W/m$^2$ solar irradiation (UIC 553, 553-1) |
| Icing | 10 mm thick layer of ice forms at -10℃ |
| Control room | Chamber control, 200 channel data logger |
| Measurement | 100 point temperature & 20 point humidity measurement, 2 micromanometers, 20 ultrasonic anemometers, 1 thermal imaging camera |

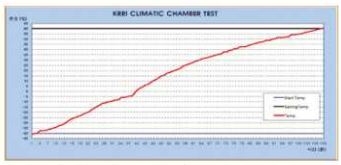
## Typical results



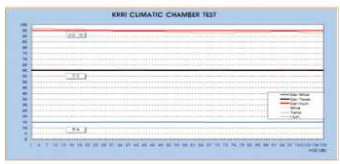
Temperature & humidity



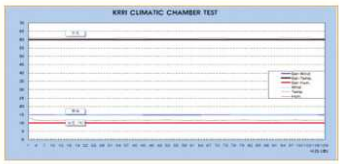
Cooling performance



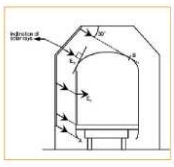
Heating performance



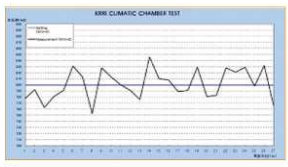
High temperature & high humidity



High temperature & low humidity







Solar irradiation





Icing

# Geoprobe for contaminated track bed

## Features

- Static close investigation of contaminated track bed and groundwater
- Simultaneous analysis of oil and heavy metal
- Verification of remediation site

## System overview





## Test examples



Soil sampling





Analysis of oil compounds



Analysis of metal compounds



Analysis of PAH compounds

# Geoprobe for contaminated track bed

## Components & specifications

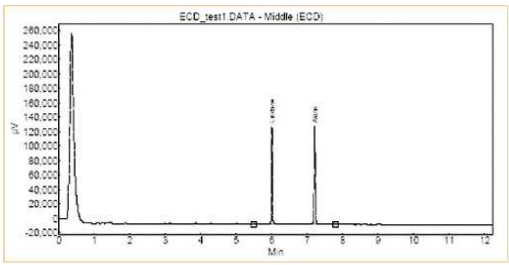
| Item | Details |
|---|---|
| Soil sampling system | Stroke 1,580~1,600mm |
| GC / ECD | Multi-injector, multi-column, multi-detector |
| GC / MS | Mass range 10~800 Da. |
| ICP | Simultaneous analysis of more than 70 kinds of inorganic compounds |
| HPLC | Wavelength range 190~900nm |

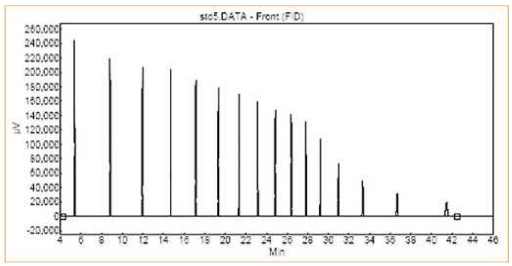
## Typical results





Soil sampling




Analysis of pollutants

**주 의 사 항**

1. 본 보고서는 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 미래철도기술연구개발사업의 4차년도 연차보고서입니다.
2. 본 보고서의 내용을 발표할 때에는 반드시 국토해양부가 출연하고 한국건설교통기술평가원에서 위탁시행 한 미래철도기술연구개발사업임을 밝혀야 합니다.
3. 국가보안 차원에서 필요하다고 인정되는 내용은 대외적으로 발표 및 공개하여서는 아니됩니다.

본 보고서와 관련하여 문의를 원하시는 분은 아래의 문의처로 연락을 주시기 바랍니다.

■ 문의처 : 한국건설교통기술평가원 TEL 031)381-6311

한국철도기술연구원 TEL 031)460-5000

R&D / 05 철도기반 B01

철도기술 선진화 연구기반 조성 4차년도 연구보고서

■ 발행일 / 2010. 09

■ 발행처 / 한국철도기술연구원 , 경기도 의왕시 월암동 360-1

TEL : 031-460-5000(대)

■ 인쇄처 / 태양문화