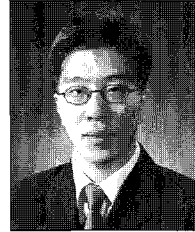
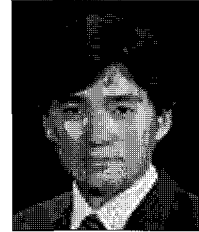


철도 시설의 현장 응답특성 모사를 위한 전용 연구시험장비 구축 (철도기술 선진화 연구기반 조성 사업 소개)

Establishment of Real Scale Testing Facility for the Research & Simulation of Response Characteristics of Railroad Infra Structures



김 태 욱*



이 준 석**

* 한국철도기술연구원 차륜궤도연구실 선임연구원

** 한국철도기술연구원 차륜궤도연구실 책임연구원

1. 서 론

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 차원에서 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 철도기술 전반에 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 시험

시설 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 철도기술 연구시험시설과 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, 2006년 현재 차량, 전력 관련 대형 시험장비 7종의 구축과 함께 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 대형 시험동의 건설을 진행중에 있다. 그러나 이러한 성과에도 불구하고 IMF 이후 “철도종합연구시설 건설 기본계획” 계획예산의 삭감 등으로 인해 원래 계획되었던 부분에서 전체 철도

시스템 기술의 핵심이라고 말할 수 있는 궤도/노반/구조/환경 등 철도 시설물과 관련된 시험장비 부분이 누락된 상태로 전체 사업이 진행되어 온 바, 이 부분에 대한 해결을 위해 “철도기술 선진화 연구기반 조성 사업”이 2005년 5월부터 건설교통부 신규 연구개발사업으로서 기획 및 수행되기에 이르렀다.

“철도기술 선진화 연구기반 조성사업”의 전체적인 개요는 다음과 같으며, 본고는 본 사업의 현재까지의 진행현황, 향후 계획 등을 소개하고자 하는 차원에서 작성되었다.

- 사업명 : 철도기술 선진화 연구기반 조성
- 사업기간 : 2005. 05. 13 ~ 2009. 12.31 (총 4년 7개월)
- 사업예산 : 총 예산 381.28억원
- 주관기관 : 한국철도기술연구원
- 사업목표 : 궤도/노반/구조/환경/전철 관련 전용연구시험장비 10종 구축

2. 국내외 현황

철도 선진국인 미국, 일본, 중국 등의 경우에는 1970년대 초반 이래 정부의 전폭적인 지원과 주도 하에 대규모 현장선로 및 시험장비의 구축 등이 진행되어 왔으며, 구축된 시험장비의 적극적인 활용을 통해 철도기술의 개발, 보완, 실용화 등이 반복적으로 진행되어 왔음을 확인할 수 있다. 반면, 국내의 경우에는 철도기술연구원에서 보유하고 있는 일부 장비(철도안전성능연구시설건설 1단계 사업의 일환으로 구축된 장비 등)를 제외하고는 철도 특색화된 대형 시험장비가 거의 없는 상황이며, 철도시설공단, 서울도시철도공사, 한국철도공사, 기타 산업체 등의 경우, 소형장비를 다수 보유하고 있으나 현재 및 향후의 기술발전 속도에 상응하기에는 어려운 상태라고 말할 수 있다. 따라서 철도와 관련된 국내외 기술 및 환경적 변화상황 등을 고려했을 때 선진국 수준과 동등한 시험장비의 구축 및 확보가 절실하게 요구되는 것으로 판단된다.

표 1 국내외 철도관련 시험장비 보유기관 비교

미국 교통기술연구센터(TTCI)	일본 철도종합기술연구소(RTRI)	한국철도기술연구원(KRRI)
		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ 총면적 135.2km² ▪ 77km의 대규모 시험선로 보유 ▪ 시설 관련 시험장비 다수 보유 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 본원 총면적 198,000m² ▪ 6개의 독립 시험소 보유 ▪ 세계 최고 수준의 시험장비 보유 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ RTRI 대비 1/30 규모 ▪ 97년 설립 이래 지속적 발전 ▪ 시설 관련 시험장비 구축 진행중

표 2 철도 시설관련 전용시험장비 연차별 구축 계획

구분	내용	상세
1차년도 2005.05.13 ~ 2006.05.12	기본계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 철도기술 중장기 기술계획 수립 ▪ 구축대상 시험장비 목록 설정 ▪ 시험장비 기본설계 및 구매사양서 작성 ▪ 국내외의 시험장비 현황 조사 ▪ 구축대상 시험장비 우선순위 설정
2차년도 2006.05.13 ~ 2007.05.12	시험장비 구축 구축장비 목록 재검토	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 우선순위 의거, 선구축장비 구축 착수 ▪ 1차년도 연구결과인 구축대상 장비목록 재검토 <ul style="list-style-type: none"> - 필요성/중복성/활용도 등에 대한 상세 재검토 - 구축대상 장비 목록 재설정
3차년도 2007.05.13 ~ 2008.05.12	시험장비 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 구축 착수장비 구축지속 및 일부장비 구축 완료 ▪ 잔여구축장비 구축 착수
4차년도 2008.05.13 ~ 2009.12.31	시험장비 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 구축대상 장비 구축 완료 ▪ 국가공인시험 및 국제공인시험 항목 도출 ▪ 시험인프라 구축성과 홍보

3. 철도 시설관련 전용시험장비 구축 진행현황

철도 시설관련 전용시험장비의 구축과 직결되는 “철도기술 선진화 연구기반 조성사업”의 연차별 추진계획은 표 2와 같고, 특히 1차년도에 수행되었던 국내외 현황조사~구축대상 목록설정 과정~구축우선순위 설정 과정 등을 표 3에 요약하였다.

제한된 국가예산 내에서, 기존 및 차세대 철도기술의 연구적인 측면과 시험인증적인 측면을 종합적으로 고려하여 2차년도 연구를 통해 최종 구축대상장비 목록을 10종으로 확정하였으며, 구축대상 장비 및 2009년 04월을 기준으로, 각 장

비의 구축현황은 표 4와 같다. 2009년 12월 말을 최종기한으로 잔여장비 구축이 활발하게 진행중이며, 10종 장비중 4종이 현재 구축완료된 상태이고, 3종은 제작중, 3종은 계약과 관련된 입찰행정이 진행중임을 확인할 수 있다.

4. 구축대상 장비 상세

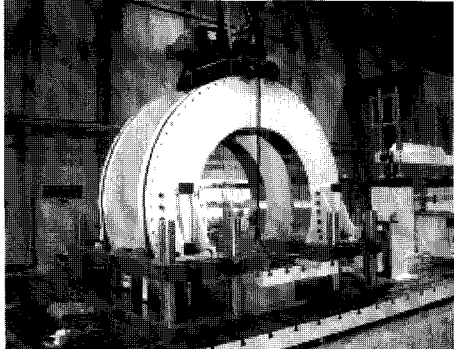
“철도기술선진화연구기반조성사업”의 진행을 통해 철도기술연구원에 구축예정인 각 장비 상세는 다음과 같다. 지면상의 제한으로 인해 각 장비별로 간략한 사항만을 약속하였다.

표 3 철도 시설관련 전용시험장비 구축 진행현황 (1차년도)

구분	진행 현황
관련분야 국내 및 국외 시험장비 현황조사	<ul style="list-style-type: none"> 국내 현황조사 : 철도공사, 철도시설공단, 철도연 등 국외 현황조사 : 미국 TTCL, 일본 RTRI, 중국 CARS 등
구축대상 시험장비 목록 설정	<ul style="list-style-type: none"> 97년 기본계획, 03년 기획연구, 국내외 현황조사 등에 기초하여 우선순위 10종, 후순위 7종의 구축대상 목록 설정 완료 2005년 11월 외부 자문회의를 통한 타당성 검토 완료
구축대상 시험장비 구축 우선순위 설정	<ul style="list-style-type: none"> 구축 우선순위 설정을 위한 평가지표 개발 구축 우선순위 설정을 위한 원내 및 원외 설문조사 실시 평가지표에 의거한 우선순위 설정 2006년 2월 외부 자문회의를 통한 타당성 검토 완료
시험장비 기본설계 및 기본사양서 작성	<ul style="list-style-type: none"> 철도기술연구원 원내에 건설되는 시험동내 시험장비 기본배치 및 부대설비 배치 완료 시험장비 구축을 위한 기본사양서 작성 완료

표 4 구축대상 시험장비 목록 및 구축 우선순위

시험장비 명	구축순위	현황	용도
레일체결장치용 다축시험시스템	1	완료	레일체결장치 구성품/시스템의 종합성능 평가
실대형 철도시설물 통합성능시험시스템	2	완료	궤도/노반/구조 시스템의 종합성능 평가
고속 레일/차륜 접촉시험기	3	제작	차륜/레일의 접촉(피로/마모)특성 평가
도상골재용 대형 진동 삼축압축 시험기	4	완료	열차하중 재하시 도상골재의 변형특성 평가
다자유도 가진 진동대	5	제작	철도구조물 및 부재의 극한하중 거동특성 평가
철도 구조 성능평가 시험기	6	완료	철도구조물 및 부재의 재료특성 평가
철도 환경실험용 클린룸	7	입찰	환경실험 수행을 위한 클린환경 조성
전차선로 집전계 주행시험기	8	입찰	전차선로 및 급구류, 시스템의 종합성능 평가
철도차량 실대형 환경챔버	9	제작	극한환경 하에서의 철도차량 성능 평가
오염토양조사용 Geo_Probe	10	입찰	철도토양 환경오염 조사

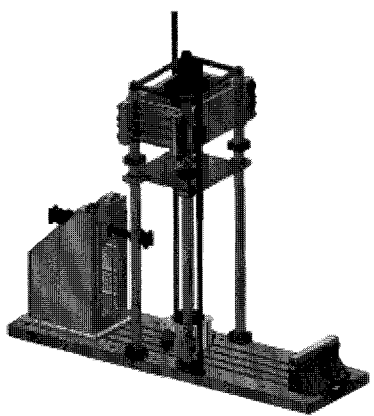
레일체결장치 다축시험시스템	
	용도 - 열차하중 재하상태에서의 궤도구성요소 거동특성 모사
	주요 시험 - 레일체결장치 성능평가 (EN에서 규정하는 6개 시험)
	구성품 및 용량 - 정반 - U Frame/Portal Frame - 액츄에이터 6식(2~20ton, 20Hz, ±1.5mm) - 환경챔버(-20~100℃, 0~98%)

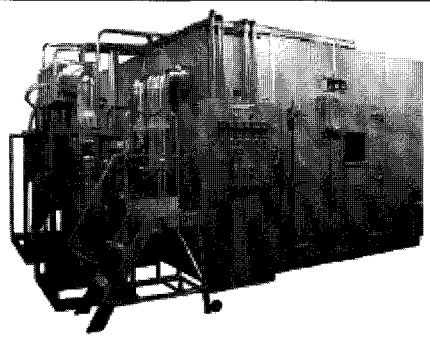
실대형 철도시설물 통합성능시험시스템	
	<p>용도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 열차하중 재하상태에서의 실물크기 시설물 거동특성 모사
	<p>주요 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실물크기 궤도/노반/구조체 및 차량대차 등의 정/동적 시험
	<p>구성품 및 용량</p> <ul style="list-style-type: none"> - 반력벽, 반력상 - 이동하중모사프레임 - 재료시험기 2식 - 정적액추에이터 3기(500ton 등) - 동적액추에이터 24기

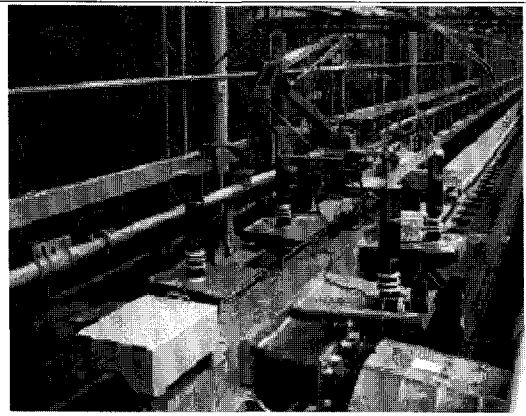
고속 레일/차륜 접촉시험기	
	<p>용도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 400kph 고속대역까지의 레일차륜접촉현상 모사
	<p>주요 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 실물크기 및 축소크기 레일/차륜 피로/마모/점착력 시험 등
	<p>구성품 및 용량</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정반 - Wheel Driver - Torsional/Radial Loader - 환경챔버(도유, 살사 등) - 공격각 및 접촉각 제한장치

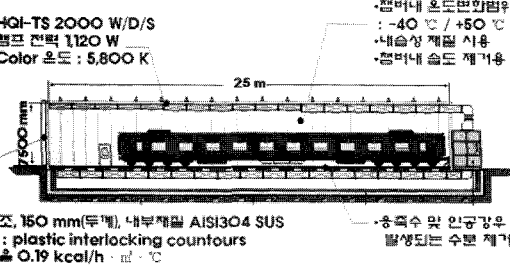
도상골재용 대형진동 3축압축 시험기	
	<p>용도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 도상골재 등 지반재료의 정동적 물성추정
	<p>주요 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정/동적 삼축시험 - 액상화평가 - 중간주응력제어시험
	<p>구성품 및 용량</p> <ul style="list-style-type: none"> - 정반 - Main Frame - 정적액추에이터(200ton, ±0.2m) - 동적액추에이터(20ton, ±10mm) - 루프시스템 - 시험용 셀 7식

6자유도 진동대	
	<p>용도</p> <ul style="list-style-type: none"> - 극한동적하중 재하상태에서 철도구조부재의 거동특성 모사
	<p>주요 시험</p> <ul style="list-style-type: none"> - 철도교량부재(교각 등)의 내진성능평가 - 대차 등 차체구조물의 동특성 평가
	<p>구성품 및 용량</p> <ul style="list-style-type: none"> - 진동대 판(4.1m x 4.1m) - Mass Rig - 액추에이터 8식 수평4, 수직4 - Pay Load 30ton

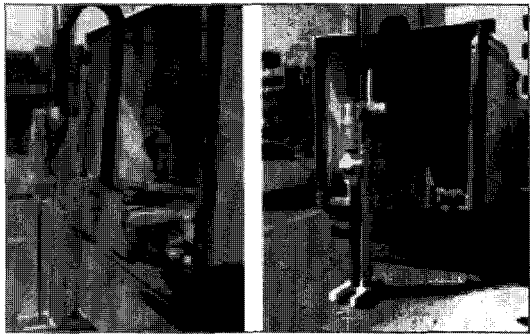
철도구조물 성능평가시험기	
	용도 - 철도구조부재의 강도특성 및 물성 분석
	주요 시험 - 콘크리트, 강, 복합소재 구조부재의 피로/압축/인장/휨/2축재하 시험
	구성품 및 용량 - 정반(2m x 7m) - Main Frame - Side Freme - 주 액츄에이터 250ton ±15cm, 5Hz/±3mm - 사이드 액츄에이터 50ton ±10cm, 5Hz/±10mm

철도환경시험용 클린룸	
	용도 - 철도재료 방출시험 등 환경시험 수행을 위한 클린환경의 인위적 조성
	주요 시험 - 철도차량 구성품/내장재에 대한 화학물질 방출시험 - 공기질 정확용 촉매시스템 평가
	구성품 및 용량 - 클린룸(Class 1000) - 클린부스(Class 10) - 방출챔버(25/5m ³) - 에어로졸 및 가스분석설비 등

전차선로/집전계 주행성능시험기	
	용도 - 모형차량 주행상태에서의 전차선로 및 금구류 특성 평가
	주요 시험 - 전차선로 이선을 평가 - 팬토타그래프 동특성 평가
	구성품 및 용량 - 주행로 약 500m - 주행속도 약 100km/h - 주행대차 - 판토타그래프 및 집전설비 - 분석설비

철도차량 실대형 환경챔버	
 <p> *HQI-TS 2000 W/D/S *램프 전력 1120 W *Color 온도 : 5,800 K *챔버내 온도변환범위 : -40℃ / +50℃ ± 2℃ *내습성 재질 사용 *챔버내 습도 제거용 코일 설치 *본체구조, 150 mm(두께), 내부재질 AISI304 SUS *결합부 : plastic interlocking countours *열전도율 0.19 kcal/h · m² · °C *용접수 및 인공광우 모사 시 발생하는 수분 제거 </p>	용도 - 실물 철도차량 및 내부구성품의 극한환경 성능평가
	주요 시험 - 극한 온도/습도 시험 - 결빙 시험 - 태양광 복사시험
	구성품 및 용량 - 실대형 챔버 온도 제어장치(-40~60℃) 습도 제어장치(10~95%) 결빙생성장치 태양광조사장치 - 제어 및 모니터링/분석 설비

오염토양 정밀조사용 지오포프로브

	용도	- 철도토양 오염특성의 정밀조사 및 분석
	주요 시험	- TPH 분석시험 - BTEX 분석시험 - TCE/PCE 분석시험 - 중금속 분석시험
	구성품 및 용량	- Geo Probe - 분석설비 탑재 차량 - 각종 분석설비 GCMS 등

각 장비는 철도 궤도/노반/구조/환경/전철과 관련된 대형 복합시험장비로서 최신의 기계/전기/전자/제어기술의 복합체라고 할 수 있으며, 각 분야별로 국내/국의 시험규격의 구현이 가능하도록 성능사양을 확정된 상태에서 구축을 진행하고 있다. 구축과정의 특이사항은 다음과 같다.

- 고성능의 장비확보를 위한 발주사양 작성 및 전문가 컨설팅
- 구매과정의 투명성/공정성 확보를 위한 조달청 국제전자입찰 시행
- 장비성능 완벽 확보를 위한 2중 검수체계(제작사내 1회, 연구원내 1회)
- 장비성능 및 신뢰성 유지를 위한 하자보수지원기간 3년 의무화

고가 대형복합장비의 특성상 구축과정 상에서 많은 어려움이 있었던 것이 사실이나, 발주사양 작성~입찰~계약~설계~제작~부품검수~제작사내 조립검수~이송/설치~연구원내 조립검수~교육에 걸친 전 과정 상에서 각 장비 정책임자들의 적극적 참여와 희생으로 인해 현재, 당초에 계획되었던 복합장비의 성능이 완벽하게 확보된 형태로 순차적 구축이 진행되고 있다.


5. 활용성 및 기대효과

본 사업을 통해 구축완료될 예정인 철도 궤도, 노반, 구조물, 환경, 전철, 신호 관련 전용 연구시험장비들은 산/학/연 공동활용 및 국가공동활용장비로 등록될 예정이며, 크게 국내/외 철도 구성품/시스템에 대한 시험인증적 측면과, 국내 철도기술 발전을 위한 연구과제와의 연계적 측면에서 활용될 예정이다.

표 5 구축장비 활용방안 및 활용주체

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

본 사업의 정성적 기대효과는 다음과 같다.

- 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 

[담당 : 김만철, 편집위원]