

건설연구인프라 2단계 기본설계

(발췌: 도로주행 시뮬레이터 실험시설)

2013. 8. 28

주관연구기관 / 건설연구인프라운영원
공동연구기관 / (주)날리지웍스

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

국토교통부 장관 귀하

이 보고서를 “건설연구인프라 2단계 기본설계” 과제의 최종 보고서로 제출합니다.

2013. 08. 28.

주관연구기관명 : 건설연구인프라운영원

주관연구책임자 : 김철영

연구원 : 안광기

” : 박영석

” : 한종욱

” : 정대성

” : 최선아

” : 정태형

” : 이유미

” : 이미영

공동연구기관명 : (주)날리지웍스

공동연구책임자 : 조승철

연구원 : 이철원

” : 이재희

” : 봉선학

” : 임정희

” : 금소현

” : 남범우

” : 김희진

” : 유승재

” : 이성관

” : 김준성

” : 여성구

” : 윤은영

” : 구민정

보고서 요약서

과제고유번호	13CTAP-C06 4999-01	해당단계 연구기간	2013.03.29.~ 2013.08.28	단계구분	(1단계) / (1단계)
연구사업명	중사업명	건설교통기술촉진연구사업			
	세부사업명				
연구과제명	대과제명	건설연구인프라 2단계 기본설계			
	세부과제명				
연구책임자	김철영	해당단계 참여 연구원수	총 : 22명 내부 : 10명 외부 : 12명	해당단계 연구비	정부 : 959,000천원 기업 : 천원 계 : 959,000천원
		총연구기간 참여 연구원수	총 : 22명 내부 : 10명 외부 : 12명	총연구비	정부 : 959,000천원 기업 : 천원 계 : 959,000천원
연구기관명 및 소속부서명	건설연구인프라운영원 기술연구소		참여기업명		
국제공동연구	상대국명 :		상대국연구기관명 :		
위탁연구	연구기관명 :		연구책임자 :		
요약(연구결과를 중심으로 개조식 500자 이내)				보고서면수	545
<p>본 연구는 건설교통기술촉진연구사업 중 장비시설인프라 분야로 건설연구인프라 2단계 5종 실험시설 구축을 위한 기본설계(상세분석 및 구축계획 수립)를 수행하고, 5종 실험시설별 유치기관 공모를 위한 RFP 및 평가기준(안) 등을 도출함. 여기서, 건설연구인프라 2단계 5종 실험시설은 충돌 및 폭발을 모사할 수 있는 실험장비 및 시설, 극한온도 환경을 구현할 수 있는 챔버 및 역학실험 장비 등을 갖춘 극한상태 구조특성 실험시설, 주요 기후요소(온도, 습도, 일사, 강우, 강설 등)의 인공적 발생 및 제어 시설을 갖춘 기후변화대응 다환경 실험시설, 대형유사순환 수로와 성층구조 대형수조 등을 갖춘 초연결형 대형 수리모형 실험시설, 악천후 상황 재현이 가능한 기상환경 재현 도로교통 성능평가 실험시설, 가상현실기법을 이용하여 실제 운전상황을 모사할 수 있는 도로주행 시뮬레이터 실험시설을 말함.</p>					
색인어 (각 5개 이상)	한글	건설연구인프라, 분산공유, 실험시설, 기본설계, 최소요구사항			
	영어	Construction R&D Infrastructure, Distribution and Collaboration, Testing Facility, Concept Design, Minimum Requirement			

요 약 문

I. 제목: 건설연구인프라 2단계 기본설계

II. 연구개발과제의 개요

본 과제는 건설교통기술촉진연구사업 중 장비시설인프라 분야로 추진되는 건설연구인프라 2단계 5종 실험시설 구축을 위한 기본설계(5종 실험시설에 대한 상세분석 및 구축계획 수립)를 수행하고, 5종 실험시설별 유치기관 공모를 위한 RFP 및 평가기준(안) 등을 도출하는 과제다.

건설교통기술촉진연구사업은 건설교통 R&D 리더십 확보를 위한 글로벌 건설교통기술개발 기반 강화를 목적으로 추진되는 국토교통R&D 사업으로 글로벌 시장개척을 위한 국제협력 네트워크 구축, 기술이전 및 사업화 지원시스템 구축, 기초·원천, 창조모험형 등 신수요 창출, 기술실증을 위한 장비시설 인프라 강화 건설생산성 향상, 해외진출기반 마련의 5대 분야로 나뉜다. 본 과제는 기 구축된 건설연구인프라 1단계 실험시설(6종)에 이어 2단계 실험시설 구축을 위한 기본설계를 수행하는 것으로서, 실험시설 유치기관 공모를 위한 기본설계 자료와 해당 실험시설 및 장비의 최소요구조건 등을 제시하기 위한 사전기획 성격의 과제이며 실험시설 구축 직전 단계에 해당한다.

1단계 실험시설은 2009년도에 전국 6개 대학에 구축되어 현재 실험서비스를 제공 중이며, 본 과제에 앞서 수행된 기획연구 과제에서는 국내 국토교통분야 연구자를 대상으로 실험시설장비 수요조사 및 우선 순위 평가를 통해 2단계 5종 실험시설(안)이 도출되었다.

'13년 국토교통과학기술진흥원의 국토해양연구개발시행계획(진흥원, 2013)에 의하면 2개 실험 시설 구축 및 운영고도화 사업이 예정되어 있으며, 그 내용은 다음과 같다.

- “건설연구인프라 2단계 기본설계” 추진
- “극한상태 구조특성 실험시설”, “기후변화대응 다환경 대형 실험시설” 구축 추진
- “건설연구인프라 운영고도화” 추진

III. 2단계 실험시설 구축의 필요성

2단계 실험시설 구축의 필요성을 분석하기 위해 정책적 필요성, 산업·경제적 필요성, 기술적 필요성을 분석하였다.

과학기술기본법, 건설기술관리법 등 관련 법률과의 연계성, 박근혜정부 국정과제, 제2차 과학기술 기본계획 등 국가 상위계획과의 연계성, 국토해양 R&D 발전전략, 제5차 건설기술진흥기본계획, 2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획, 건설교통 R&D 중장기계획 등 국토교통부 정책과의 연계성과 국내 대형실험시설 구축현황을 분석하여 정책적으로 2단계 실험시설의 구축이 필요함을 확인하였다.

또한, 건설산업을 다양한 관점으로 분석하고 각 실험시설과 관련된 시장 동향을 조사 및 분석하여 경제적 필요성을 확인할 수 있었다. 2단계에서 구축하고자 하는 각 실험시설과 관련된 기술수준 분석, NTIS를 통한 국가연구개발과제의 동향 분석, Thomson Reuter의 Web of Science를 활용한 SCI급 논문 분석 등을 통해 기술적 필요성을 확인할 수 있었다.

IV. 2단계 실험시설 기본설계

극한상태 구조특성 실험시설

극한상태 구조특성 실험시설은 일상적인 범주의 설계하중을 초과하는 하중에 대한 구조물의 성능 평가가 요구됨에 따라 극한상태 하중 즉, 충돌, 폭발, 충격, 극한온도, 극한압력 등에 대한 구조물의 성능평가 및 재료/소재 단위의 개발을 위한 소재시험이 가능하여 극한환경의 해외 건설 기술검증 등에 활용할 수 있는 충돌 및 폭발을 모사할 수 있는 실험장비 및 시설, 극한온도와 극한압력 환경을 구현할 수 있는 챔버 및 역학실험 장비 등을 갖춘 대형 구조특성 실험시설이다. 충분한 관련 연구동향과 국내외 실험시설 현황 분석을 통해서 해당 실험시설의 최소요구성능을 도출하였다. 충돌분야의 자유낙하 실험시설, 중고속 충돌 실험시설, 급속재하실험시설, 폭발분야의 폭발실험시설, 극한온도 분야의 극한온도실험시설, 고압/진공분야의 고압/진공실험시설이 이에 해당한다. 구축 시급성과 활용수요의 우선순위를 평가하여 국가 예산사정과 유치기관 대응자금 규모에 따라 선별 구축할 수 있도록 제안하였다. 해당 실험시설은 시장관점에서의 경제성과 사회적 편익 발생 관점에서의 경제성이 모두 우수한 실험시설로 분석되었다.

기후변화대응 다환경 실험시설

기후변화대응 다환경 실험시설은 국내 기후변화 대응 요구 및 다양한 기후환경(고온다습, 고온건조, 한랭건조, 극냉, 극서 등)의 해외 건설 시장 진출 필요성이 급증함에 따라 실물 규모 시설의 종합성능(Overall Performance) 평가, Mock-up 시험체 규모 시설 및 부재 단위(Component scale) 성능 평가, 자재/건축설비/기기의 특정 성능 평가 실험이 이루어질 수 있도록 주요 기후요소(온도, 습도, 일사, 강우, 강설 등)의 인공적 발생 및 제어 시설을 갖춘 다환경 멀티 실험시설이다. 충분한 관련 연구동향과 국내외 실험시설 현황 분석을 통해서 해당 실험시설의 최소요구성능을 도출하였는데, 거시 자연 기후환경 모사를 위한 기후환경 실험시설, 미시 특정환경 모사를 위한 특정성능평가 실험시설, 수직 고층환경 모사를 위한 타워실험시설이 이에 해당한다. 해당 실험시설은 시장관점에서의 경제성도 우수하지만, 사회적 편익에 기여가 우수한 공익적 차원에서의 필요성이 요구되는 실험시설로 분석되었다.

대형수리모형 실험시설

대형수리모형 실험시설은 하천분야 국제 경쟁력확보 및 다양한 목적(소류력, 유사, 성층 등)을 만족시킬 수 있는 실험시설의 필요성이 대두되어 기존에 구현이 불가능했던 첨단 기초수리실험시설, 소류력 검증(호안안정성 평가)실험시설, 대형 유사순환 수로, 성층구조 재현 수조 등 다양한 성능을 보유한 초연결형 실험인프라를 구축함으로써 세계적 수준의 실험연구가 가능한 미래지향적인 대형 하천(수리) 실험시설이다. 충분한 관련 연구동향과 국내외 실험시설 현황 분석을 통해서 해당 실험시설의 최소요구성능을 도출하였는데, 기초수리분야의 기초수리실험수로, 소류력 분야의 고정식 급경사수로, 가변식 하도실험수로, 유사분야의 대형 유사순환수로, 소형 유사순환수로, 성층구조 분야의 호소성층 및 온배수 실험수조, 준설성능분야의 준설기계 등 성능검증 시설이 이에 해당한다. 해당 실험시설은 사회적 편익이 큰 공익적 성격을 갖는 실험시설로 분석되었다.

기상환경 재현 도로교통 성능평가 실험시설

현재까지 기상환경 재현 도로교통 성능평가 실험시설은 주로 도로의 정상적인 상황에서의 안전시설 및 운전자 반응 등의 현상을 분석하여 도로설계 및 운영, 유지관리 기준 등을 설정하였다. 그러나, 최근에는 악천후 상황이나 다양한 기하구조에 대한 실제 실험을 통한 도로 관련 기준 재정립과 ITS등의 첨단 기술 등이 개발되고 있어 실증실험에 대한 수요가 증가함에 따라 다양한 조건을 구현한 실험을 통해 도로 관련 기준을 재정립하고 있다. 이에 첨단 기술 등을 접목한 새로운 개발 기술의 테스트 베드를 구현할 수 있도록 악천후 상황 재현 등이 가능한 시설을 구비함으로써 실제적인 종합도로시험장이 될 수 있도록 기획하였다. 실험시설에 대한 충분한 관련 연구동향과 국내외 실험시설 현황 분석을 통해, 해당 실험시설의 최소요구성능을 도출하였는데, 악천후 재현분야의 강우/강설 실험시설, 강풍 실험시설, 안개/야간 실험시설이 이

에 해당한다. 국내 타 연구기관과의 중복성을 검토하여 차별성을 확보(중복 기능 배제)하였고, 부지와 시험주로 구축비용의 규모가 매우 커서 이들을 기 확보하고 있는 기관에서 해당 실험시설을 유치하여 국가 출연금을 최소화 하면서 활용도를 높일 수 있는 방안을 제안하였다. 해당 실험시설은 시장관점에서의 경제성과 사회적 편익 관점에서의 경제성이 모두 우수한 실험시설로 분석되었다.

도로주행시뮬레이터 실험시설

도로주행시뮬레이터 실험시설은 실제 도로주행 실험이 곤란한 교통사고 상황의 재현 등 실차 실험으로 수행할 수 없는 다양한 도로·교통 환경 하에서 운전자-차량-도로의 상호관계 분석에 대한 필요성이 대두됨에 따라 운전자의 안전에 위협을 주지 않으면서 다양한 도로·교통 환경을 재현하여 도로계획 및 설계, 경관, 교통운영 및 안전, ITS, Human Factor 등의 분야에서 연구, 개발, 검증 등에 활용할 수 있는 가상 현실(Virtual Reality)기법을 이용하여 실제 운전상황을 모의하는 가상주행 실험시설이다. 충분한 관련 연구동향과 국내외 실험시설 현황 분석을 통해서 도로계획, 도로설계, 도로경관, Human Factor, 교통운영, 교통안전, ITS분야의 실험을 위해 시뮬레이터의 최소요구성능을 도출하였다. 해당 실험시설은 다른 실험시설과 유사하게 시장관점에서의 경제성도 우수하지만, 사회적 편익 관점에서의 경제성이 우수한 공익적 성격이 강한 실험시설로 분석되었다.

V. 2단계 실험시설 구축 RFP 및 유치기관 선정기준(안)

연구진과 참여전문가의 연구에 의해 도출된 초안을 바탕으로 자문위원들의 자문의견과 공청회를 통한 다양한 의견들을 반영하여 기준안을 작성한 후, 전문기관과의 협의를 통해 각 실험시설의 유치기관을 공모하기 위한 RFP(안)을 도출하였다. 같은 방식으로 2단계 실험시설 유치기관에 대한 신청자격 및 조건(안)과 선정절차 및 평가기준(안)을 도출하였다.

목 차

제출문	i
보고서 요약서	iii
요약문	v
제1장 연구개발과제의 개요	1
제1절 개요 및 필요성	1
1. 과제 개요	1
2. 추진배경	2
제2절 목표 및 범위	4
1. 연구개발 최종목표	4
2. 연구범위 및 내용	7
제3절 추진체계 및 수행방법	9
1. 추진 체계	9
2. 수행방법	15
제2장 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 필요성	25
제1절 정책적 필요성	25
1. 관련 법률과의 연계성	25
2. 국가 상위계획과의 연계성	26
3. 국토교통부 정책과의 연계성	33
4. 국내 대형실험시설 구축현황	44
제2절 산업·경제적 필요성	47
1. 산업적 필요성	47
2. 극한상태 구조특성 실험시설 관련 시장동향	56
3. 기후변화 대응 다환경 실험시설 관련 시장동향	60
4. 대형 수리모형 실험시설 관련 시장 동향	63
5. 종합도로시험장 실험시설 및 도로주행 시뮬레이터 실험시설 관련 시장동향	67
제3절 기술적 필요성	69
1. 기술수준	69
2. 국가연구개발과제 분석	73
3. 논문 분석	77

제3장 실험시설 기본설계	83
제5절 도로주행 시뮬레이터	83
1. 실험시설 정의	83
2. 연구동향 및 실험시설 현황	85
3. 실험시설 최소요구성능	123
4. 실험시설 구축계획	144
5. 소요예산(안)	164
6. 경제성 분석	167
제4장 2단계 실험시설 구축 RFP 및 유치기관 선정/구축기준(안)	179
제1절 2단계 실험시설 유치기관 공모를 위한 RFP(안)	179
1. 도로주행 시뮬레이터 RFP(안)	179
2. 유치기관 지원 관련 서식	192
제2절 유치기관 신청자격 및 선정/구축 평가기준(안)	194
1. 유치기관의 신청자격 및 조건(안)	194
2. 선정절차 및 평가기준(안)	195
3. 시설/장비 구축 중간성과 점검 및 평가 기준	201
4. 최종성과 점검 및 평가 기준	203
제3절 건설사업관리(CM) 계획	204
1. 추진 계획	204
2. 용역비용 산정(안)	204
제5장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도	205
제1절 연구개발 성과 달성도	205
제2절 연구개발 기대효과	206
제6장 연구개발결과의 활용계획	208
제1절 추가연구의 필요성	208
제2절 타 연구에의 응용	208
제7장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보	209
제4절 도로주행 시뮬레이터 실험시설	209
참고문헌	211

제1장 연구개발과제의 개요

제1절 개요 및 필요성

1. 과제 개요

본 과제는 건설교통기술촉진연구사업 중 장비시설인프라 분야로 추진되는 건설연구인프라 2단계 5종 실험시설 구축을 위한 기본설계임

- 5종 실험시설에 대한 상세분석 및 구축계획을 수립함
- 5종 실험시설별 유치기관 공모를 위한 RFP 및 평가기준(안)을 도출함

<표 1-1> 건설연구인프라 1단계 구축시설 및 2단계 구축 예정 시설

1단계(기 구축 시설)	2단계(계획)
하이브리드구조실험센터(명지대)	극한상태 구조특성 실험시설
지오센터리퓨지실험센터(KAIST)	기후변화대응 다환경 실험시설
지진방재연구센터(부산대)	대형 수리모형 실험시설
첨단건설재료실험센터(계명대)	기상환경 모사 도로성능 실험시설
대형풍동실험센터(전북대)	도로주행시뮬레이터 실험시설
해안항만실험센터(전남대)	

※ 건설연구인프라 실험시설 1단계 6종 시설구축은 '04.06~'09.06까지 「분산공유형 건설연구인프라 구축사업」으로 기 완료되어 운영중에 있음.

건설교통기술촉진연구사업은 건설교통 R&D 리더쉽 확보를 위한 글로벌 건설교통기술개발 기반 강화를 목적으로 추진됨

- 건설교통 R&D 성과의 사업화 촉진 및 수요대응형 지속가능 인프라 구축 등 5대 분야별 목표를 달성하기 위해 건설교통기술개발 기반 강화

<표 1-2> 건설교통기술촉진 연구사업 분야별 목표

국제기술협력	기술사업화 지원	원천·모형 연구 지원	장비시설 인프라	공공기반기술
글로벌 시장개척을 위한 국제협력 네트워크 구축	기술이전 및 사업화 지원시스템 구축	기초·원천, 창조모형형 등 신수요 창출	기술실증을 위한 장비시설 인프라 강화	건설생산성 향상, 해외진출기반 마련

2. 추진배경

본 과제는 기 구축된 건설연구인프라 1단계 실험시설(6종)에 이어 2단계 실험시설 구축을 위한 기본설계를 수행하는 것으로, 본 과제에 앞서 사전 기획연구가 수행되었음.

- 1단계 실험시설은 2010년 전국 6개 대학에 구축 완료되어 운영중임



[그림 1-1] 건설연구인프라 1단계 실험시설



[그림 1-2] 건설연구인프라 1단계 추진경과 및 2단계 추진계획

- 본 과제에 앞서 수행된 사전 기획연구 과제에서는 국내 건설교통분야 연구자 대상의 수요조사 및 우선순위 평가를 통해 2단계 5종 실험시설(안)이 도출됨

	개요	활용영역
극한상태 구조특성 실험시설	<ul style="list-style-type: none"> 충격, 충돌, 폭발 등의 극한하중에 대한 시설을 성능평가실험이 가능한 시설 	<ul style="list-style-type: none"> 초장대교량, 초고층 복합빌딩 등의 안전성 확보 원전, 해양플랜트 등의 안전성 확보 방호/방폭 분야 연구 및 시장점유 확대 테러/재난으로부터 국민생활안전 확보
기후변화대응 다환경 대형 실험시설	<ul style="list-style-type: none"> 각종 기후요소를 인공적 발생 제어하여 기후변화에 따른 건축물의 영향평가 및 전체 성능평가가 가능한 시설 	<ul style="list-style-type: none"> 극한/극서지 건축시공기술 개발 및 해외 건설시장 확대 건축물의 Overall 성능평가 기후변화에 따른 건축물 및 기간시설의 기준 등 정책수립
대형 수리모형 실험시설	<ul style="list-style-type: none"> 하천/수자원 관리를 위한 수리실험 및 상하수도/다양한 하천시설물에 대한 실험을 수행할 수 있는 대형 실험시설 	<ul style="list-style-type: none"> 기후변화에 대응한 수공구조물 설계기준 개정 4대강 수자원 관리 및 구조물의 개보수 하천관리 선진화 및 홍수방어 친환경 수리구조물 기술개발 및 확보
중합도로시험장 실험시설	<ul style="list-style-type: none"> 도로구조, 포장 및 도로 안전 시설물 등의 실규모 성능평가와 인증을 종합적으로 수행할 수 있는 실험시설 	<ul style="list-style-type: none"> 탄소중립형 도로 연구(도로 포장, 수송 분야의 온실가스 저감) 도로 기하구조 시험 및 ITS시설/조명 성능평가 도로 교통운영 및 제어기술 확보 악천후 조건 재현 실험 및 인증
도로주행 시뮬레이터 실험시설	<ul style="list-style-type: none"> 도로의 3차원 가상주행을 통해 도로를 개선/평가하며 도로나 안전시설물에 대한 인간공학적 안전성 분석이 가능한 실험시설 	<ul style="list-style-type: none"> 도로 선형개선을 통한 안전성 증대 도로 설계 및 시공 시 공기단축 및 예산 절감 교통사고원인 분석 및 대책 수립 도로관리 및 운용계획 수립 및 사고 대응지침 도출

[그림 1-3] 건설연구인프라 2단계 실험시설 사전기획(안)

● '13년 국토교통과학기술진흥원의 국토해양 연구개발시행계획(진흥원, 2013)에 의하면 본 기본설계 과제와 2개 실험시설 구축 및 운영고도화 사업이 예정되어 있음

- “건설연구인프라 2단계 기본설계” 추진
- “극한상태 구조특성 실험시설”, “기후변화대응 다환경 실험시설” 구축 추진
- “건설연구인프라 운영고도화” 추진

<표 1-3> 장비시설인프라 분야 '13년 주요 추진사항 및 예산

(단위: 백만원)

구분	내용	'13 예산	'14 이후 잔여 사업비	계
건설연구인프라 2단계 기본설계	2단계 5종 실험시설 기본설계	1,000	-	1,000
극한상태 구조특성 실험시설 구축	실험시설 유치기관 선정 및 실시설계	1,800	15,400	17,200
기후변화 대응 다환경 대형실험시설 구축	실험시설 유치기관 선정 및 실시설계	1,800	16,180	17,980
건설연구 인프라 운영고도화	공동 연계활용을 위한 통합 Networking 및 Grid 시스템 구축 등	1,400	8,300	9,700
계		6,000	39,880	45,880

※ 3종 실험시설은 '14년부터 구축 시작 예정

제2절 목표 및 범위

1. 연구개발 최종목표

가. 최종목표

본 연구는 2단계 건설연구인프라 실험시설(5종) 구축을 위한 최소 및 권장요구성능을 제시하기 위한 기본설계 과제임

대상 실험시설들이 세계적 수준의 규모와 성능을 갖추면서 국내 유사 실험시설과의 차별성을 확보할 수 있도록 다음과 같은 연구목표와 범위를 설정함

- 비전: 건설교통분야 세계 최고수준(국내 최대)의 국가 대형실험시설 구축
 - 목표: 도시건축, 수자원, 도로교통 핵심기술 연구와 병행하여 연구성과를 실제 규모로 검증할 수 있는 건설교통 대형실험시설(5종) 구축을 위한 기본계획 수립
 - 연구성과 범위
 - 개별 실험시설에 대한 기본설계 도면, 최소 부지 및 건축면적, 시설·장비의 최소 요구사항, 예산 등 구축계획 제시
 - 실험시설별 유치기관 공모를 위한 제안요구서(RFP) 및 평가기준(안) 작성
 - 연구성과 수준
 - 관련 분야 세계 Top Class 수준(국내 최고 또는 최대)
 - 국내 기존 실험시설과의 차별성 확보
 - 미래 국가 R&D 기술수준을 제고시킬 수 있는 시설·장비 성능 확보
 - 실험 수요를 확보하고 활용도를 높일 수 있는 설계 지향
 - 국내 타 주요 실험시설과의 연계 활용이 가능한 수준의 설계 지향
 - 실험시설 기본설계 및 최소요구성능에서 지향하는 목표 수준 제시
- ※ 연구성과의 수준은 실제 수행 가능한 분야에 집중하여 세계 TOP 수준의 실험시설이 구축되고 운영될 수 있도록 과제 진행과정에서 활용분야와 기술수요 분석 등을 통해서 제시함
- ※ 사전 기획연구('11) 결과를 참고하되 기술수준 및 물가상승 등을 반영하여 필요한 시설·장비를 재검토하여 상세 구축계획 및 예산계획이 수립되어야 함

나. 최종목표의 성격 및 설정근거

본 연구의 최종성과물은 R&D 기반인프라인 국가 대형실험시설 구축을 위한 기본설계 자료 제시 및 구축계획을 수립하는 것으로 기획연구의 성격이 강함

- 건축설계의 설계 흐름은 크게 ‘기획설계(Concept Design)’와 ‘계획설계(Schematic Design)’로 이루어짐
 - ‘계획설계(Schematic Design)’는 ‘기본설계(Design Development)’와 ‘실시설계(Construction Documents)’의 세부 단계로 진행됨
- 본 연구의 최종목적은 향후 유치기관 선정시 공모에 참여하는 유치기관들이 참고할 수 있도록 최소 및 권장요구조건과 시설에 대한 개념을 제시하기 위한 것으로 Concept Design의 비중이 높음
- 향후 본 과제가 공고되면 유치기관이 대응자금을 투입하여 사업계획서에 Schematic Design을 제시하고 이를 평가하여 최종 유치기관을 선정하게 될 것으로 판단되어 본 과제에서의 설계는 기획설계+기본설계의 형태를 갖추어 제시하도록 함(Space Zoning + 실별 Space Program)

<표 1-4> Concept Design, Schematic Design 비교

Concept Design	Schematic Design
<ul style="list-style-type: none"> ● 건축규모 및 Space Program(Zoning 개념) 검토 ● 기획안 규모에 관한 협의 ● 기획설계안 도출 <ul style="list-style-type: none"> - Space Zoning 도출 - 개략적인 Lay-Out 및 단면도 도출 ● 시설별 기능 이해를 위한 CG도출 <ul style="list-style-type: none"> - 내부 CG 중심 도출(애니메이션 제외) ● 추정 예산공사비 산정 	<ul style="list-style-type: none"> ● 설계개요 도출 ● 실별 Space Program 도출 ● 계획설계안 도출 ● Design Development 및 Construction Documents 발주를 위한 Schematic Plan/Section/Elevation 도출 ● 설계 Minimum Requirements 규정 <ul style="list-style-type: none"> - 마감 및 기타 요구사항 도출 ● 추정 예산공사비 검토 및 추정공사비 산정

- 유치기관이 선정된 후 각 시설의 유치기관에서 실제 구축 부지에 대한 지반조사 등을 통해 최종 실시 설계(안)을 작성하고 2단계 사업추진연구단(가칭) 및 전문기관의 승인을 받아 구축을 진행하게 됨
- 따라서 본 기본설계 과제에서는 유치기관 공모를 위한 시설 및 장비의 최소 및 권장요구사항을 제시하고 건축물 기본설계 및 구축계획을 제시하는 것을 최종목표로 설정하였음
- R&D 인프라의 경우, 미래 R&D 기술을 선도하고 개발된 기술의 검증과 실용화 촉진 측면이 강하기 때문에 선제적 투자가 필요함. 막대한 국가 예산이 투입되는 사업이므로 기본계획 단계에서는 미래 지향적이며 연구자들의 실험수요를 충족하면서 확장성 등 다양한 측면을 반영한 설계가 이루어져야 함

- 따라서 기 수행된 기획연구 결과와 R&D 중장기 발전전략을 토대로 5종 실험시설에 대한 건축물과 실험장비에 대한 자세한 검토가 필요하며 소요예산 설계를 통해 정부 예산의 투자계획 수립이 요구됨
 - 본 연구과제의 최종목표를 설정한 근거는 아래와 같음
 - 총 연구기간은 13년도에 실험시설 구축과제 시행을 감안하여 5개월간으로 설정함
 - 본 과제의 성격이 건설교통분야 국가 대형실험시설 구축을 위한 기본설계 작성 과제임을 고려하여 정부출연금율 100%로 구성함
 - 총 연구비는 9.59억 원으로, 연구원 인건비, 국외여비 및 정보수집(해외 실험시설장비 벤치마킹), 전문가활용, 실험시설 5종에 대한 컴퓨터그래픽(CG) 제작, 건축물에 대한 기본설계 Lay-out 도면 작성 등에 소요
 - 연구책임자 및 참여연구원은 현재 1단계 건설연구인프라 실험시설을 관리, 운영하고 있으며 2단계 실험시설 구축을 위한 기획연구를 수행한 경험이 있음
 - 연구시설장비 관련 연구 역량과 다양한 경험을 바탕으로 2단계 실험시설이 갖추어야 할 성능 및 규모와 기술적인 추진전략 제시가 가능함
 - 대상 실험시설별로 건축물 기본설계와 기능, 실험장비의 최소/권장 요구성능 등을 제시하기 위해서는 국내외 관련 실험시설 및 장비에 대한 추가 자료수집이 필요함
 - 특히 해외 선진국의 유사 실험시설에 대한 벤치마킹이 매우 중요하며, 필요시 관련분야 전문가 활용을 통해 다양한 자료 수집이 이루어져야 함
 - 본 기본설계 연구의 과업범위는 다음 사항을 포함해야 함
 - 실험시설(건축물 및 실험장비)의 개념 정립
 - 2단계 5종 실험시설에 대한 국내외 관련시설 및 장비 조사 분석(실험시설의 위치, 규모, 필요한 설비, 실험동 및 장비 현황, 장비 및 시설의 활용도 등)
 - 주요 장비별 최소/권장 요구성능 분석 및 배치안
 - 추정공사비, 장비 구입비, 유지관리비 등 예산안과 공사기간
 - 실험시설 유치기관 공모를 위한 실험시설별 Lay-out 도면 등 기본설계 자료
 - 대상 실험시설별 기능을 설명할 수 있는 컴퓨터그래픽 이미지(CG)
- ※ 사전 기획연구에는 2단계대상 실험시설 선정 및 계략적인 소요예산(안)이 제시되어 있으나 상세 소요예산 분석이 이루어지지 않았기 때문에 본 기본설계의 시설·장비의 종류, 규모 및 구축예산 등은 기획연구 결과와 다를 수 있음

2. 연구범위 및 내용

가. 연구범위

본 과제의 목표는 실험시설·장비에 대한 개념정의, 기본설계 및 구축계획 수립과 유치기관 공모를 위한 RFP 및 평가기준(안)을 도출하는 것임



[그림 1-4] 건설연구인프라 2단계 기본설계 연구 수행범위 및 방법

본 과제를 통해 산출된 최종 성과물은 2단계 실험시설 기본설계 보고서, 2단계 실험시설 경제성분석 보고서, 2단계 실험시설 RFP 및 선정/구축 평가기준(안)임

	1 2단계 실험시설 기본설계	2 2단계 실험시설 경제성 분석 (기술동향 조사 포함)	3 2단계 실험시설 RFP 및 선정/구축 평가기준(안)
정의	<ul style="list-style-type: none"> 실험시설 부지, 시설 및 장비 등에 대한 최소 요구성능의 도출 	<ul style="list-style-type: none"> 실험시설 관련 국내외 현황/기술수준 조사 및 실험시설 구축의 경제적 타당성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 실험시설 유치기관 공모를 위한 제안요구서 및 선정/구축 과정의 각 단계별 평가기준(안)
목적	<ul style="list-style-type: none"> 각 실험시설 별 최소 요구사항 및 예산/구축계획을 제시하여 유치기관 공모에 활용 	<ul style="list-style-type: none"> 기존 실험시설과의 차별성 도출, 미래 실험수요 충족 및 예산 미확보 실험시설의 예산 확보 지원 	<ul style="list-style-type: none"> 각 실험시설에 대한 유치기관 공모 및 선정 후 시설 구축 과정의 평가에 활용
내용	<ul style="list-style-type: none"> 세계 최고수준의 실험시설 요구성능 실험시설 별 건축 설계도면 (Layout 도면) 각 실험시설의 완성 모습 CG 자료 중요 실험장비에 대한 사양, 성능 및 배치계획 실험시설 구축 계획(일정, 예산 등) 	<ul style="list-style-type: none"> 선진국 대형 실험시설 현황조사/분석을 통한 벤치마킹 국내 관련 실험시설 현황조사/분석을 통한 문제점 도출 최신 연구/기술개발 환경변화 분석을 통한 미래 실험수요 예측 실험시설 별 활용기술 분야 도출 실험시설의 경제성 분석 	<ul style="list-style-type: none"> 실험시설의 특성을 고려한 최적 공모방법 제시 5종 실험시설별 RFP 도출 실험시설 유치기관 선정평가 기준(안) 도출 실험시설 구축단계 평가기준(안) 도출
성과담당 책임기관	(주관)건설연구인프라운영원	(공동)날리치웍스	(주관)건설연구인프라운영원

[그림 1-5] 건설연구인프라 2단계 기본설계 최종 성과물

나. 연구목표 및 내용

연차	연구목표	주요연구내용
1차년도 (5개월)	실험시설 상세분석, 기본설계 및 구축계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> ● 국내외 관련 실험시설의 규모, 성능 및 최신 기술동향 조사, 분석 <ul style="list-style-type: none"> - 선진국의 관련 대형실험시설 현황 조사 및 분석 - 국내 관련 실험시설 현황 조사 및 분석 - 최신 연구/기술개발 환경변화 분석 - 각 실험시설별 최소 요구성능 및 활용기술 분야 제시 - 건설교통분야 실험시설 구축 로드맵 제시
		<ul style="list-style-type: none"> ● 실험시설별 정의(개념 정립) <ul style="list-style-type: none"> - 실험시설의 용도 정의, 구축목표 및 활용 범위 제시 - 기 구축 또는 구축 중인 실험시설(대학, 연구소 등)과의 차별성, 우수성 등 제시
		<ul style="list-style-type: none"> ● 각 실험시설별 시설·장비에 대한 상세분석 및 기본설계 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 실험시설별 최소 부지 및 건축면적 제시 - 실험시설별 필수 장비의 종류와 최소 요구사항 제시(세계 Top class의 시설·장비성능 제시하되 국내 기존시설과의 차별성 확보) - 실험시설별 기본설계 도면 작성 <ul style="list-style-type: none"> · 건물규모 및 스페이스 프로그램(Zoning 개념) 검토 · 기획설계안(Concept Design) 제시: Space Zoning, 개략 Lay-out Plan, 개략 단면 등 - 실험시설별 개념도 작성 <ul style="list-style-type: none"> · Computer Graphic은 실험시설별 3~4컷 · 각 조감도 1컷, 내부투시도(실험전경) 2~3컷 - 실험시설별 소요예산 작성 <ul style="list-style-type: none"> · 개략 lay-out을 기초로 추정공사비 산정 · 건축공사비 예산 산정(토목 및 부대공사는 부지조건이 결정되지 않아 계약산정 반영) · 중요 장비 및 센서 등 장비 도입 예산 산정
유치기관 공모를 위한 RFP, 평가기준(안) 등 작성	<ul style="list-style-type: none"> ● 각 실험시설별 상세 구축계획 수립 <ul style="list-style-type: none"> - 연차별 구축계획 제시(구축일정 및 연차별 예산 계획) - 실험시설 추진 점검을 위한 연차별 측정지표 제시 - 실험시설 구축 과정에 대한 연차별 성과목표 및 지표 제시 ● 실험시설별 유치기관 공모를 위한 제안요구서 및 평가기준(안) 작성 <ul style="list-style-type: none"> - 실험시설별 유치기관 공모 RFP 제시 - 유치기관 선정평가 기준 제시 - 실험시설 구축 중간 점검 및 최종평가를 위한 평가기준(안) 제시 	

※ 본 과제에서 제시되는 최종 시설·장비의 종류, 규모 및 구축예산 등은 사전 기획연구 결과와 다를 수 있음

제3절 추진체계 및 수행방법

1. 추진 체계

1단계 실험시설을 운영중인 건설연구인프라운영원이 주관연구기관으로 과제를 수행하였으며, 국가연구개발과제 기획에 전문성이 있는 날리지웍스가 공동연구기관으로 참여함



[그림 1-6] 건설연구인프라 2단계 기본설계 추진체계

가. 연구진 및 실험시설별 전문가 구성

연구책임자 및 참여 연구진은 선행과제인 ‘건설연구인프라 구축과제 1단계 분석 및 2단계 기획’과제에 참여했던 인력 위주로 구성함

- 기존 기획과제의 참여인력은 기존과제 도출 결과와 본 과제와의 연계성 확보 및 사업의 이해도 측면에서 본 연구과제의 성공적 수행에 적임임
- 공동연구기관 역시 기획과제에 공동으로 참여하여 본 사업에 대한 이해도가 높으므로 경제성분석, 기술/정책 분석에 적합함

실험시설별 전문가 그룹은 각 실험시설별 책임전문가 1인과 5명 내외의 참여전문가로 구성하였으며, 연구기간 동안 연구수행에 직접 참여함

- 각 실험시설별 책임전문가는 연구·실험 관련 경험이 풍부하고 명망 있는 연구자이며, 다양한 전문가의 의견을 공정하게 반영할 수 있는 연구자로 선정함

- 참여전문가는 실험시설의 유치 의사가 있는 기관의 전문가를 적극 참여시켜 기본설계 단계부터 연구 결과의 실효성을 높였음
 - 참여전문가는 과제 협약 후, 공정성과 전문성 확보를 위해 진흥원의 Pool을 이용하여 공개 모집함
- 각 실험시설별 참여전문가 그룹 구성은 다음과 같음

<표 1-5> 극한상태 구조특성 실험시설 전문가그룹

구분	속성	소속기관	성명	직급/직위
책임	학	인하대학교	신수봉	교수
간사	학	서울대학교	조재열	교수
전문가A	연	한국건설기술연구원	곽종원	연구위원
	학	충남대학교	김규용	교수
	학	상지대학교	노병철	교수
	학	중앙대학교	심창수	교수
전문가B	산	GS건설(주)	조성한	상무
	산	삼성물산(주) 건설부문 기술연구센터	김태훈	수석
	산	씨티씨(주)/한국해양대학교	정지영	상무/겸임교수
	산	한국토지주택공사(LH)	이선용	차장
	학	건국대학교	이태형	부교수
	학	단국대학교	이경구	조교수
	학	부경대학교	김정태	교수
	학	부산대학교	최형석	연구교수
	학	서경대학교	김지상	교수
	학	서울과학기술대학교	김성근	교수
	학	서울과학기술대학교	강계명	정교수
	학	서울대학교	김호경	부교수
	학	서일대학교	박우진	교수
	학	선문대학교	윤기용	교수
	학	성균관대학교	박승희	조교수
	학	안동대학교	이상열	조교수
	학	중앙대학교	최해진	부교수
	학	충남대학교 건축공학과	윤현도	교수
	학	한국교통대학교	윤승조	교수
	학	한국교통대학교	서수연	교수
학	한국교통대학교	이건철	조교수	

<표 1-6> 기후변화대응 다환경 실험시설 전문가그룹

구분	속성	소속기관	성명	직급/직위
책임	학	이화여자대학교	송승영	교수
간사	학	아주대학교	김선숙	교수
전문가A	연	한국에너지기술연구원	조수	책임연구원
	연	한국건설생활환경시험연구원	김용길	책임연구원
	학	부경대학교	정근주	교수
	학	한밭대학교	윤종호	교수
	학	서울대학교	여명석	교수
	학	숭실대학교	김수민	교수
전문가B	산	KCC	신승철	부장
	산	LG하우시스	변용근	부장
	산	삼부토건(주) 기술연구실	여규권	부장/실장
	산	씨티씨(주)	이희현	대표이사
	산	(주)벽산	김한봄	과장
	연	한국건설기술연구원	이윤규	연구위원/실장
	연	한국건설기술연구원	구호본	선임연구위원/팀장
	연	한국건설생활환경시험연구원	조재구	책임
	연	한국항공우주연구원	김민현	책임급/팀장
	학	경기대학교	양근혁	정교수
	학	고려대학교 건축사회환경공학부	이종구	부교수
	학	대전대학교 건축학과	전영훈	부교수
	학	부산대학교 건축공학과	안영철	부교수
	학	우석대학교	유성원	교수
학	한양대학교 ERICA	이한승	교수	

<표 1-7> 대형 수리모형 실험시설 전문가그룹

구분	속성	소속기관	성명	직급/직위
책임	학	명지대학교	윤병만	교수
간사	학	홍익대학교	이승오	교수
전문가A	학	인제대학교	김영도	교수
	연	한국건설기술연구원	여홍구	박사
	연	K-Water 연구원	황만하	박사
전문가B	산	리버택연구소	김창완	소장
	연	한국건설기술연구원	강준구	수석
	연	한국건설기술연구원	김창성	연구원
	학	강릉원주대학교	백중철	부교수
	학	경기대학교	윤세의	교수
	학	단국대학교 토목환경공학과	김동수	조교수
	학	부산대학교	추태호	부교수
	학	창원대학교 토목공학과	류시완	부교수
	학	충남대학교 토목공학과	손민우	조교수
	학	한국교통대학교	장창래	부교수

<표 1-8> 종합도로시험장 전문가그룹

구분	속성	소속기관	성명	직급/직위
책임	학	명지대학교	이의은	교수
간사	연	한국건설기술연구원	김영록	수석연구원
전문가A	산	교통안전공단	이재완	박사
	연	한국과학기술원	서인수	교수
	연	한국건설기술연구원	남정희	연구위원
	학	인천대학교	김응철	교수
전문가B	산	한국종합기술	박민수	전무
	산	한국종합기술	장재남	부장
	연	첨단건설재료실험센터	정용욱	초빙교수
	연	한국건설기술연구원	정준화	선임연구위원
	연	한국건설기술연구원	이석기	수석연구원
	연	한국건설기술연구원	김기현	전임연구원
	학	계명대학교	권오균	교수
	학	계명대학교	김태권	교수
	학	단국대학교	박성완	부교수
학	인하대학교	정진훈	교수	

<표 1-9> 도로주행 시뮬레이터 전문가그룹

구분	속성	소속기관	성명	직급/직위
책임	학	서울시립대학교	이수범	교수
간사	학	서울시립대학교	홍지연	연구교수
전문가A	연	자동차부품연구원	유시복	센터장
	산	한국도로공사	박제진	책임연구원
	학	서울시립대학교	이동민	조교수
	산	(주)이노시뮬레이션	조준희	사장
전문가B	산	도로교통공단	류준범	박사
	산	한국도로공사	강정규	박사
	산	한국도로공사 도로교통연구원	남궁성	2급갑/실장
	연	자동차부품연구원	이수영	박사
	연	자동차부품연구원	김문식	박사
	연	한국건설기술연구원	권수안	선임연구위원/팀장
	연	한국건설기술연구원	김종민	박사
	연	한국표준과학연구원	박세진	박사
	학	국민대학교	이운성	교수
	학	성균관대학교	서명원	교수
	학	원광대학교	남궁문	교수

나. 자문위원회 구성

자문위원회는 건설교통 전 분야에 있어서 학식이 뛰어나며 R&D에 대한 인식이 높은 학(7名)/연(5名)/산(6名) 분야 전문가들로 구성함

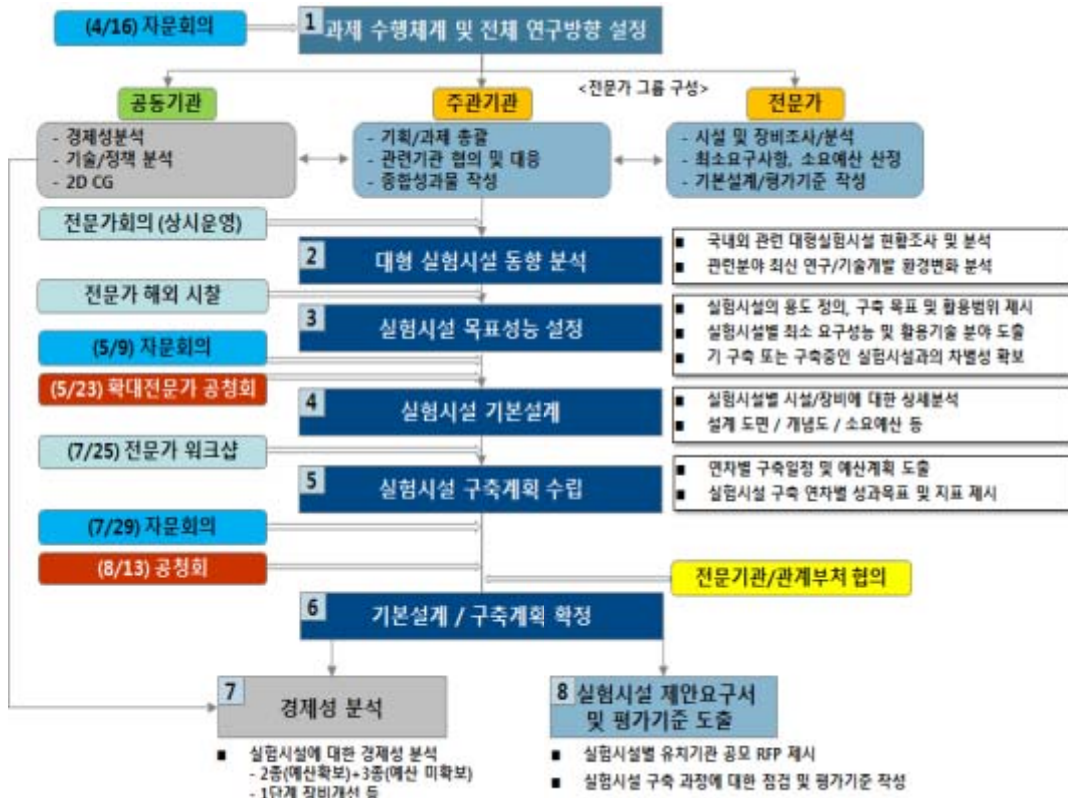
- 본 과업의 전반적인 진행 및 최종 성과물에 대한 자문을 수행함

<표 1-10> 자문위원회 구성

구분	성명	소속	부서(직급)
학 (7名)	고승영	서울대학교	건설환경공학부
	고일두	서울과학기술대학교	건축공학과
	김문겸	연세대학교	토목환경공학과
	김재관	서울대학교	건설환경공학부
	윤세의	경기대학교	토목공학과
	이종세	한양대학교	건설환경공학부
	조균형	수원대학교	건축공학과
연 (5名)	김병석	한국건설기술연구원	SOC성능연구소
	남궁성	도로교통연구원	도로연구실
	윤영호	토지주택연구원	도시건축연구실
	이상엽	한국과학기술기획평가원	평가분석본부
	채효석	K-Water연구원	수자원연구소
산 (6名)	김영진	대우건설	기술연구원
	김용인	(주)나우설비기술	(사장)
	김재홍	대림산업	(상무)
	김창세	도화엔지니어링	(부회장)
	서정우	GS건설	(본부장)
	윤만근	삼영엠텍	(부사장)

2. 수행방법

건설연구인프라 2단계 기본설계는 다음과 같은 과정을 통해 수행되었음



[그림 1-7] 건설연구인프라 2단계 기본설계 수행방법

- 연구 시작과 동시에 자문회의를 통해 과제 수행체계 및 전체 연구방향 설정
- 각 실험시설별 전문가 그룹을 구성하여 실험시설 동향분석 → 목표성능 설정 → 기본설계 → 구축계획 수립 단계로 진행
- 확대 전문가 공청회를 거쳐 실험시설별 목표성능 설정
- 실험시설별 기본설계, 도면 및 소요예산 작성
- 자문회의와 공청회를 통해 외부 의견 반영
- 전문기관 협의를 통해 최종 기본설계 / 구축계획 확정

가. 주요 연구추진 경과

2013.03.29. 전문기관 - 주관연구기관 협약

- 3월 20일 평가 후, 평가위원 의견을 반영한 연구개발계획서 보완 및 전문기관 협의 후 협약 완료

2013.04.04. 전문가/사용자 그룹 공개모집

- 국토교통과학기술진흥원 DB 활용(868명)(연구참여 외부전문가의 공정성/객관성/전문성 확보)
- 대한토목학회, 건축학회, 도로학회, 교통학회를 통한 전문가 모집 공고 게재 및 E-mailing 병행
- 전문가/사용자 그룹 Pool 구성(일부는 참여전문가로 연구과정에 직접 참여)

2013.04.09. 주관연구기관 - 공동연구기관 협약

- 주관연구기관인 건설연구인프라운영원과 공동연구기관인 (주)날리지웍스의 협약 완료

2013.04.10. 연구진회의

- 전반적인 연구진행 계획 검토
- 성과물 범위 검토

2013.04.10. 실험시설 책임전문가 회의

- 각 실험시설별 연구진행 계획 검토
- 성과물 범위 제시
- 참여전문가 신청자 선정 검토
- 연구비 집행 원칙 안내
- 국외 시찰 대상 실험시설 검토 및 계획 수립

2013.04.10. 설계사 용역 입찰 공고

- 조달청 나라장터 홈페이지를 이용한 입찰공고 및 제안서 교부

2013.04.13. 제1차 1단계 장비개선 자문회의

- 1단계 실험시설 장비 성능개선 수요조사 자료 검토

- 향후 '14년도 예산요구자료 작성을 위한 계획 및 일정 수립

2013.04.16. 전체 전문가 회의

- 과제 세부내용 소개

- 과제 추진의 주안점 당부

- 기획과제 결과 및 관련된 기존시설의 철저한 재검토 요청
- 공정성과 객관성 확보 필요
- 다양한 전문가의 의견 수렴 및 적극적 반영
- 기본설계의 정의
- 연구성과 도출의 시급성 당부
- 성과물 범위 제시

2013.04.16. 제1차 자문회의

- 평가위원 지적 사항에 대한 추가 보완 및 자문

- 자문회의를 통한 연구과제 진행 방향 검토

- 설정 목표 및 성과지표 자문의견 수렴

- 성과물 범위에 대한 자문의견 수렴

2013.05.06. 주관기관-설계사 협약

- 주관연구기관인 건설연구인프라운영원과 (주)범창종합기술간 외주용역 협약 체결

2013.05.09. 제2차 1단계 장비개선 자문회의

- 도출된 1단계 실험시설 장비 성능개선 후보 검토 및 우선순위 설정

- 우선순위가 상위 후보의 논리적 타당성 검토 및 보완

2013.05.23. 제1차 공청회

- 실험시설별 용도, 활용범위, 최소요구성능, 유사실험시설과의 차별성

- 유치기관 자격조건 및 선정기준(안) 제시

● 다양한 전문가의 의견 수렴 및 반영

2013.06.27. 책임 및 간사 회의

● 구축 필요성 구체화 논의

● 최종보고서 초안 검토 및 보완사항 논의

● 소요예산(안) 및 도면 초안 검토

2013.07.25. 전문가 워크샵

● 실험시설별 기본설계(안) 및 도면(안) 구체화

● 실험시설별 최소요구성능의 우선순위 검토

● 실험시설별 경제성 분석 범위 확대

● 유치기관 자격조건 및 선정기준(안) 검토

2013.07.29. 제2차 자문회의

● 유치기관 자격조건 및 선정평가기준(안), 실험시설별 상세 요구성능 등 전반적인 의견 수렴

● 대응자금 정량적 평가 / 부지 소유 형태 / 중복유치 등에 대한 방안

● 실험시설 구축 소요예산(안) 검토

2013.08.13. 제2차 공청회

● 『건설연구인프라 2단계 기본설계』 과제 개요 설명

● 실험시설별 기본설계(안), 유치기관 자격조건 및 선정기준(안) 제시

● 다양한 전문가 및 공청회 참여자의 의견 수렴 및 반영

2013.08.28. 과제 종료

나. 해외 실험시설 시찰

2013.05.08. OWI Lab (Large Climatic Test Chamber), 벨기에 - 신수봉

2013.05.18.~05.19. 우지가와 개방실험실(교토대학 방재연구소), 일본 - 윤병만 외 2명

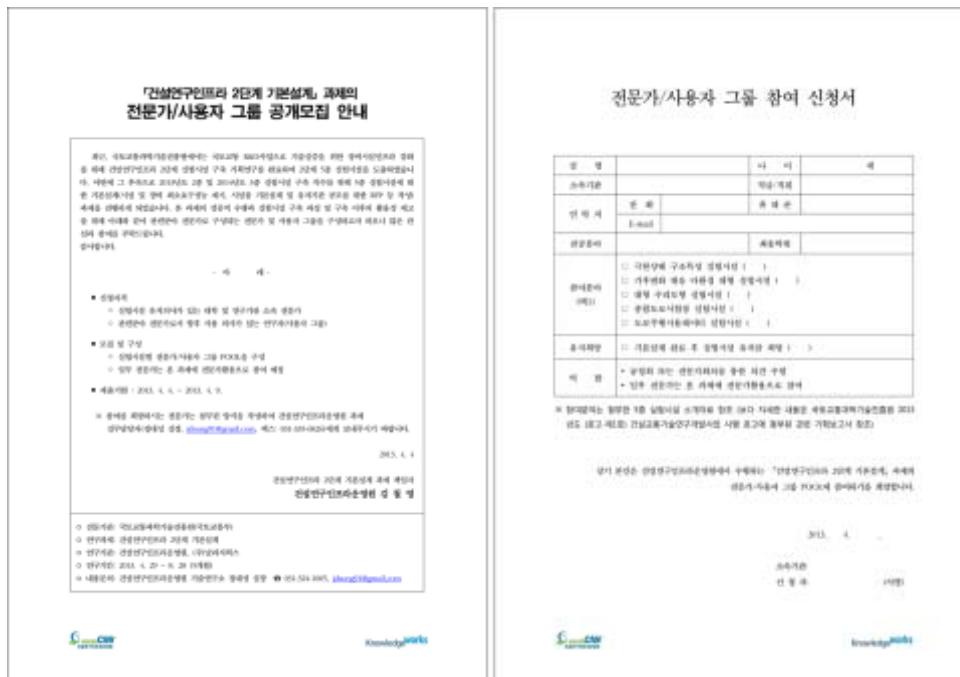
- 2013.05.30. Hopsinson Bar at JRC, Ispra Italy - 김철영
- 2013.05.30.~06.01. Tongji High performance Driving Simulator, 중국 - 이수범 외 5명
- 2013.06.20. 일본 방위대 - 김규용 외 2명
- 2013.07.01.~07.02. Blast Chamber (Univ. Pardubice & OZM), 체코 - 신수봉, 심창수
- 2013.07.03.~07.04. C-FER, Univ. of Alberta - 박영석, 신수봉, 조재열
- 2013.07.11. 일본 Hazama Ando 기술연구소 - 송승영 외 7명
- 2013.07.19. NEES 방문(미국, 라파에트) - 안광기, 최선아
- 2013.07.19. Purdue H2O Lab (Univ. Purdue) - 안광기, 최선아
- 2013.07.20. Structural Testing Lab (Univ. Illinois) - 안광기 최선아
- 2013.07.23. Shock Tube Testing Facilities (Univ. Ottawa) - 안광기, 최선아
- 2013.07.24. EEEF/NRC Canada (Ottawa) - 안광기, 최선아

다. 상세 추진 내용

(1) 전문가/사용자 그룹 공개 모집

4월 3일 국토교통과학기술진흥원 DB를 활용하여 868명의 전문가 Pool 취합

4월 4일 대한토목학회, 대한건축학회, 대한교통학회, 한국도로학회를 통한 전문가 모집 공고 게재 및 e-mailing 실시

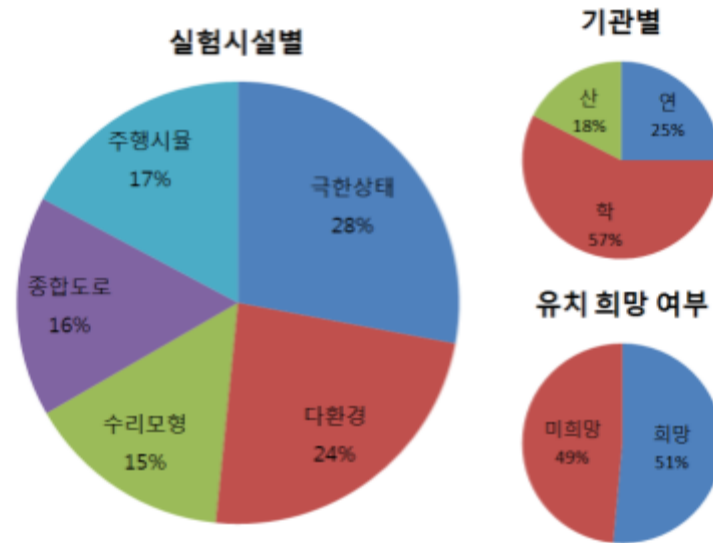


[그림 1-8] 전문가/사용자 그룹 공개모집 안내문

전문가 모집 현황

● 전체 신청자: 93명

- 극한상태 구조특성 실험시설: 26명
- 기후변화대응 다환경 실험시설: 22명
- 대형 수리모형 실험시설: 14명
- 기상환경 모사 도로성능 실험시설: 15명
- 도로주행 시뮬레이터 실험시설: 16명



[그림 1-9] 전문가 신청자 현황 통계

(2) 제1차 자문회의

일시: 2013년 4월 16일(화) 오후 5:30 ~ 8:30

회의 내용

- 평가위원 지적 사항에 대한 추가 보완 및 자문
- 자문회의를 통한 연구과제 진행 방향 검토
- 설정 목표 및 성과지표 자문의견 수렴
- 성과물 범위에 대한 자문의견 수렴

(3) 제2차 자문회의

일시: 2013년 7월 29일(월) 오후 4:00 ~ 8:30

회의 내용

- 유치기관 자격조건 및 선정평가기준(안), 실험시설별 상세 요구성능 등 전반적인 의견 수렴
- 대응자금 정량적 평가, 부지 소유 형태, 중복유치 등에 대한 방안
- 실험시설 구축 소요예산(안) 검토



(4) 제1차 공청회

일시: 2013년 5월 23일(화) 오후 3:00 ~ 6:20

회의내용

- 실험시설별 용도, 활용범위, 최소요구성능, 유사실험시설과의 차별성
- 유치기관 자격조건 및 선정기준(안) 제시
- 다양한 전문가의 의견 수렴 및 반영



(5) 제2차 공청회

일시: 2013년 8월 13일(화) 오후 3:00 ~ 6:20

회의내용

- 『건설연구인프라 2단계 기본설계』 과제 개요 설명
- 실험시설별 기본설계(안), 유치기관 자격조건 및 선정기준(안) 제시
- 다양한 전문가 및 공청회 참여자의 의견 수렴 및 반영



제2장 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 필요성

제1절 정책적 필요성

1. 관련 법률과의 연계성

가. 과학기술기본법

‘과학기술기본법’ 중 연구개발에 필요한 시설·장비의 확충·고도화 및 공동 활용의 추진과 관련 기관 지원에 대한 법령은 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축의 추진 근거가 됨

‘과학기술기본법’은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술의 혁신 및 국가경쟁력의 강화를 목적으로 함

● **(법 제28조 연구개발 시설·장비의 고도화)** 정부는 효율적이고 균형 있는 연구개발을 추진하기 위해 연구개발 시설과 장비 등을 늘리고 현대화하기 위한 시책을 세우고 추진해야 함

– 정부는 연구개발 시설·장비의 고도화를 추진하기 위해 시행령 제42조에 따라 지원할 기관을 지정하고 운영에 필요한 경비를 지원할 수 있음

● **(시행령 제42조 연구개발 시설·장비의 고도화 추진)** 관계 중앙행정기관의 장은 연구개발 시설·장비 현황을 주기적으로 조사한 결과를 반영하여 계획을 수립하고, 국가연구개발 사업에 대한 중·장기계획에 반영해야 함

– 관계 중앙행정기관 장이 수립해야 하는 계획은 관련 연구개발 사업에 필요한 연구개발 시설·장비의 확충 계획, 연구개발 시설·장비의 운영 및 공동 활용 계획, 연구개발 시설·장비의 고도화계획임

– 관계행정기관장은 대학, 연구기관 및 기업에 연구개발 시설·장비의 확충 및 운영에 필요한 경비의 전부 또는 일부를 지원할 수 있음

나. 건설기술관리법

‘건설기술관리법’에 따르면 국토교통부장관은 건설기술 연구·개발에 필요한 시설·장비에 지원이 가능하므로 건설연구인프라 2단계 실험시설은 법률적 추진 타당성을 확보함

‘건설기술관리법’은 건설기술의 연구·개발을 촉진하고 건설기술을 효율적으로 이용·관리함으로써 건설기술 수준의 향상과 건설공사의 적정한 시행을 이루고 건설공사의 품질과 안전을 확보하는 것을 목적으로 함

- 이 법의 대상이 되는 건설공사는 ‘건설산업기본법 제2조2제4호’에 명시된 토목공사, 건축공사, 산업설비공사, 조경공사, 환경시설공사 등으로 건설연구인프라 2단계 기본설계의 5종 실험시설 분야가 모두 포함됨
- (법 제16조의6 연구시설 및 장비의 지원 등) 국토교통부장관은 건설기술의 연구기반 확충을 위해 연구기관의 시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원하거나 필요한 시책을 수립·추진할 수 있음

2. 국가 상위계획과의 연계성

가. 박근혜정부 국정과제¹⁾

‘박근혜정부 국정과제’(이하 국정과제)는 ‘국민행복과 국가발전이 선순환하는 새로운 패러다임의 시대’라는 국정비전 하에 4대 국정기조, 14대 추진전략, 140대 국정과제를 수립함

- 4대 국정기조 및 14대 추진전략은 다음과 같음

<표 2-1> ‘박근혜정부 국정과제’ 4대 국정기조 및 14대 추진전략

국정기조	추진전략
경제 부흥	1. 창조 경제
	2. 경제 민주화
	3. 민생 경제
국민 행복	4. 맞춤형 고용·복지
	5. 창의 교육
	6. 국민 안전
	7. 사회 통합
문화 육성	8. 문화참여 확대
	9. 문화·예술 진흥
	10. 문화와 산업의 융합
평화통일 기반구축	11. 튼튼한 안보
	12. 한반도 신뢰 프로세스
	13. 신뢰 외교
	14. 신뢰받는 정부

1) 박근혜정부 국정과제, 관계부처 합동, 2013

140대 국정과제 중 9개의 과제에 건설연구인프라 2단계 실험시설이 기여할 수 있음



[그림 2-1] '박근혜정부 국정과제'와의 연계성

(10. 교통체계·해운 선진화 및 건설·원전산업 해외진출 지원) 세부과제인 '교통체계 및 해운·물류 선진화', '해외건설·플랜트 및 원전산업 진출 지원'에 2단계 실험시설이 연계됨

- '교통체계 및 해운·물류 선진화' 세부과제의 '교통체계 선진화' 추진계획은 도시혼잡도로 지원 확대, 교통수요관리 강화 및 도시교통체계 개선을 추진함
 - '기상환경 모사 도로성능 실험시설'의 기하구조 실험시설을 통해 도로시설 종합평가, 도로 시설들의 실험시험이 가능하므로 교통체계 개선에 기여할 수 있음
 - '도로주행 시뮬레이터 실험시설'을 통해 실제 주행환경 재현이 가능하므로 보행자 위주의 도로 및 교통시설의 설계를 통한 교통체계 개선에 기여할 수 있음
- '해외건설·플랜트 및 원전산업 진출 지원' 세부과제의 '해외건설 5대강국 진입을 위한 기반 마련' 추진계획은 R&D를 통한 원천기술 확보 및 아프리카/중남미 등 해외시장 진출 강화를 추진함
 - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 충돌/폭발 상황에 대비한 설계기술 연구 및 원천기술 확보가 가능하므로 해외건설시장 진출을 위한 고부가가치 기술 확보에 기여할 수 있음
 - '기후변화대응 다환경 실험시설'을 통해 해외 기후환경을 모사하여 건축재료 연구 수행이 가능하므로 국내 건설기업의 해외 진출에 기여할 수 있음

(11. 해양수산업의 미래산업화 및 체계적 해양영토 관리) ‘해양 신성장 동력 창출 및 체계적 해양영토 관리’ 세부과제의 ‘경제영토개척’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘경제영토개척’ 추진계획은 남극 장보고기지 건설, 북극 항로개척, 극지에서의 기초·응용 연구확대 등을 추진함

- ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 극한(寒)온도 상태에서 실험 수행이 가능하므로 극지환경에 적용 가능한 건물의 구조/재료 개발에 기여할 수 있음

- ‘기후변화대응 다환경 실험시설’을 통해 극저온 환경에서의 건축물/건설자재의 성능평가가 가능하므로 극지환경에 효율적인 건축물/공조기기 등의 연구에 기여할 수 있음

(13. 우주기술 자립으로 우주강국 실현) ‘한국형 발사체 개발을 통한 인공위성 자력발사 능력 확보’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘한국형 발사체 개발을 통한 인공위성 자력발사 능력 확보’ 추진계획은 1.5t급 실용위성을 지구저궤도에 발사할 수 있는 한국형 발사체 독자개발, 한국형 발사체를 활용한 달 궤도선과 달 착륙선 자력발사를 추진함

- ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 온도변화환경 및 진공환경 조성이 가능하므로 우주환경에 적용할 수 있는 구조/재료의 개발에 기여할 수 있음

(16. 국가 과학기술 혁신역량 강화) ‘국가 R&D 투자규모 확대와 효율성 제고를 위한 투자전략 정비’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘국가 R&D 투자규모 확대와 효율성 제고를 위한 투자전략 정비’ 추진계획은 ‘기초연구에 집중/융합·공공기술 개발/사업화연구’와 ‘중소·중견기업 R&D에 대한 지원 강화’를 추진함

- 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 기초/융합/사업화 연구에 필요한 실험 인프라가 제공되어, 중소·중견기업 자체적 수행이 어려운 실험 연구 수행 및 이를 통한 R&D역량 강화와 사업화 확대가 가능함

(83. 총체적인 국가 재난관리체계 강화) ‘재난·안전 관리체계 강화 및 안전문화운동 확산’, ‘유비쿼터스형 국민중심 안전망 구축’, ‘홍수·산사태 등 재해 걱정 없는 안심국토 실현’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘재난·안전 관리체계 강화 및 안전문화운동 확산’ 추진계획은 예방적·선제적 재난관리로의 전환을 위한 맞춤형 재난·안전 R&D 기능 강화를 추진함

- ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 충돌/폭발 등을 유발하는 재난/재해에 내구성을 갖는 구조/재료 개발이 가능하며, 이를 통해 예방적 재난관리에 기여할 수 있음

- ‘유비쿼터스형 국민중심 안전망 구축’ 추진계획은 GPS를 이용한 신고자 위치확인 등 U-119 신고서비스 환경개선, 현장 중심의 U-안전관리시스템 구현을 추진함
 - ‘기상환경 모사 도로성능 실험시설’을 통해 교통사고 발생 시 자동 신고 및 상황정보 전달 연구를 수행하여 교통 안전 체계를 구축하는 데 기여할 수 있음
 - ‘홍수·산사태 등 재해 걱정 없는 안심국토 실현’ 추진계획은 도시에방적 토지이용체계 확립, 도시 하천유역 종합치수계획 마련, 비탈면 정비, 침수로부터 안전한 하수도 인프라 확충 및 산림재해 안전망 구축을 추진함
 - ‘대형 수리모형 실험시설’의 급경사 수로 및 대형 수조를 이용하여 치수계획 수립, 도시 침수피해 예방, 도시 저류시설 평가, 급경사지 재해발생 시 방지 대책 등에 기여할 수 있음
- (84. 항공, 해양 등 교통안전 선진화)** ‘스마트하고 안전한 도로 구현 및 안전인프라 확충’, ‘차량 안전도에 대한 소비자 알권리 강화 및 안전기술 확산’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨
- ‘스마트하고 안전한 도로 구현 및 안전인프라 확충’ 추진계획은 도로 취약시설 개선, C-ITS 도입, 위험도로 개선사업 등을 추진함
 - ‘기상환경 모사 도로성능 실험시설’을 도로 시설물 및 ITS 실험을 수행함으로써 도로 안전인프라 확충 및 ITS 적용 확대에 기여할 수 있음
 - ‘도로주행 시뮬레이터 실험시설’을 통해 의 모의주행을 통해 다양한 도로환경을 시뮬레이션함으로써 위험도로 환경의 개선에 기여할 수 있음
 - ‘차량 안전도에 대한 소비자 알권리 강화 및 안전기술 확산’ 추진계획은 차선유지·자동비상 제동장치 등 첨단안전장치 보급 및 신기술 안전성 평가기술 개발을 추진함
 - ‘기상환경 모사 도로성능 실험시설’을 통해 실제 도로상황을 재현하여 자동차의 첨단안전장치 실증 실험 수행 및 기술개발에 기여할 수 있음
- (90. 기상이변 등 기후변화 적응)** ‘기후변화 감시·예측 능력 확보 및 이상기후 대응능력 강화’, ‘지속가능한 물순환 체계 구축’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨
- ‘기후변화 감시·예측 능력 확보 및 이상기후 대응능력 강화’ 추진계획은 기후변화 감시·예측능력 강화, 이상기후 위험요인에 대응한 환경영향평가체계 구축을 추진함
 - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’은 다양한 기후조건 하에서 건물에 의해 발생하는 탄소배출량 등 환경에 영향을 주는 요인들을 측정해 환경영향평가체계 구축에 필요한 정보들을 얻는 데 기여할 수 있음

- ‘지속가능한 물순환 체계 구축’ 추진계획은 개발사업 추진 시 환경 저영향개발기법 적용/빗물 이용 시설/중수도 등의 확대를 추진함
 - ‘대형 수리모형 실험시설’의 대형 저수조 시설 등을 활용하여 친환경적인 도시 우수 저장기술의 연구개발이 가능하므로 빗물 이용시설 확대에 기여할 수 있음
- (91. 안정적인 에너지 공급 및 산업구조 선진화) ‘에너지 수요관리 강화’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨
- ‘에너지 수요관리 강화’ 추진계획은 에너지 절약형 건물 확대, 연비향상 등 시스템형 절약정책을 추진함
 - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’을 통해 건축물의 단열성능/에너지효율에 대한 Overall 평가가 가능하므로 에너지 절약형 건물 확대에 기여할 수 있음
- (93. 환경서비스 품질수준 제고) ‘건강한 물환경 조성’ 추진계획에 2단계 실험시설이 연계됨
- ‘건강한 물환경 조성’ 추진계획은 오염사고 예방을 위한 완충저류시설 확대 설치, 복개하천에서 생태하천으로의 복원을 추진함
 - ‘대형 수리모형 실험시설’을 통해 효과적인 저류시설 설계 및 유사수리 연구가 가능하므로 하천 오염 예방 및 복원에 기여할 수 있음

나. 제3차 과학기술 기본계획

‘제3차 과학기술기본계획’은 ‘창조적과학기술로 여는 희망의 새시대’를 비전으로 경제부흥과 국민행복을 위해 5개의 추진전략 하의 19개 분야 78개 과제를 추진함

<표 2-2> '제3차 과학기술 기본계획' 5개 추진전략 및 19개 분야

추진전략	분야
R&D 투자 확대	1. 국가 R&D투자 확대 및 효율화
국가전략기술 개발	2. IT 융합 신사업업 창출
	3. 미래성장 동력 확충
	4. 깨끗하고 편리한 환경 조성
	5. 건강장수 시대 구현
	6. 걱정없는 안전사회 구축
중장기 창의역량 강화	7. 창의적 기초연구 진흥
	8. 창의·융합형 인재 양성·활용
	9. 국가발전의 중추거점으로 출연(연) 육성
	10. 과학기술 글로벌화
	11. 새로운 지역혁신체계 구축
	12. 창의적 과학문화 조성
신산업 창출 지원	13. 중소·벤처기업 기술혁신 지원
	14. 지식재산 생태계 조성
	15. 기술이전·사업화 촉진
	16. 신시장 개척 지원
과학기술 기반 일자리 확대	17. 창업 주체별 지원체계 구축
	18. 기술창업 생태계조성
	19. 새로운 과학기술 일자리 창출

78개 추진과제 중 건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 과제는 총 5개임

- **(1-5 과학기술 인프라의 개방과 공유 활성화)** 국가연구시설·장비의 확충 및 공동 활용을 촉진하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨
 - 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 실험시설·장비를 연구기관·대학과 공유하는 것이 가능함
- **(2-4 스마트 교통·물류 시스템 구축)** 세부 기술인 지능형교통시스템 기술, IT기반 친환경 도로기술을 개발하는데 2단계 실험시설이 연계됨
 - '기상환경 모사 도로성능 실험시설시험장'을 통해 첨단기술을 접목한 테스트베드를 구현하는 등의 신개념 도로시설에 대한 연구가 가능하므로 도로기술 개발에 기여할 수 있음
- **(3-4 우주·항공·국방의 성장동력화)** 세부 기술인 미래형 유인 항공기기술, 우주발사체 개발기술, 우주비행체 개발 및 관제 운영기술, 차세대 가속기 기술을 개발하는데 2단계 실험시설이 연계됨
 - '극한상태 구조특성 실험시설'을 통해 극한 환경에 적용 가능한 재료·소재 단위의 개발을 위한 소재시험이 가능하므로 우주환경에 적용 가능한 시설물 개발에 기여할 수 있음

- **(3-5 해양·수산의 미래산업화)** 세부 기술인 해양플랜트 실용화 기술 개발에 2단계 실험시설이 연계됨
 - ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 극한온도·압력에 대한 구조물의 성능평가 및 재료 소재 단위의 개발을 위한 소재시험이 가능하므로 해양 플랜트의 실용화 기술 개발에 기여할 수 있음
- **(4-3 생활공간 편의성 향상)** 세부 기술인 고효율 에너지 빌딩기술, 슈퍼 건설재료 및 자재기술, 초고층 건물 건설기술 개발에 2단계 실험시설이 연계됨
 - ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 극한상태 하중에 대한 구조물의 성능평가와 소재시험이 가능하므로 슈퍼 건설재료 및 자재, 초고층 건물 건축 기술을 개발하는 데 기여할 수 있음
 - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’을 통해 건축물의 에너지분야 종합성능 평가 및 건축부재 단위의 개별성능 평가가 가능하므로 고효율성 빌딩을 구축하는 기술개발에 기여할 수 있음
- **(6-2 사회적 재난 대응체계 확보)** 세부 기술인 기반시설 기능유지 및 복구·복원기술 개발에 2단계 실험시설이 연계됨
 - ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 극한 압력, 충돌에 대한 기반시설의 성능평가가 가능하므로 도로, 교각 등의 기반시설의 기능이 장기간 유지되도록 하는 기술 개발에 기여할 수 있음
 - ‘대형 수리모형 실험시설’을 통해 방재수리 실험이 가능하므로 댐 등의 기반시설의 기능을 유지하는 기술개발에 기여할 수 있음
 - ‘기상환경 모사 도로성능 실험시설’을 통해 도로 악천후 재현 및 도로 기하구조 성능 실험이 가능하므로 도로의 기능이 장기간 유지되도록 하는 기술 개발에 기여할 수 있음
- **(7-2 세계적 수준의 기초연구 거점 조성)** 중이온 가속기, 핵융합연구장치 등 세계적 수준의 초대형 연구시설 확충 및 이에 기반한 글로벌 협력을 강화하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨
 - 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 대형 실험시설들이 마련되고 세계적 수준의 실험시설을 바탕으로 글로벌 협력의 확대가 가능함
- **(10-3 전략분야 국제공동연구 추진)** 기후변화, 에너지 등 전지구적 문제해결을 위한 협력 강화와 우주·항공·해양 등 거대과학분야 대규모 국제공동연구 참여하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨
 - ‘극한상태 구조특성 실험시설’을 통해 우주·해양 환경에 적용 가능한 구조물의 성능평가 및 소재시험이 가능하므로 우주·해양과 관련된 연구에 기여할 수 있음
 - ‘기후변화대응 다환경 실험시설’을 통해 다양한 기후조건에 맞는 건축물 성능평가 및 구조물의 에너지 성능시험이 가능하므로 기후변화·에너지 등 전지구적 문제해결에 기여할 수 있음
- **(11-2 지역수요에 기반한 기술개발 지원)** 자연재해, 오염 등 지역체감형 연구개발사업 기획을 추진하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

- ‘다환경 수리모형 실험시설’을 통해 방재수리 분야의 실험이 가능하므로 자연재해 관련 연구에 기여할 수 있음

- (13-2 중소기업 기술혁신인프라 강화) 공공기관 소유 연구장비 활용을 지원하려는 목표에 2단계 실험시설이 연계됨

- 건설연구인프라 2단계 구축을 통해 중소기업의 연구개발에 필요성은 있으나 자력으로 구축하기 어려운 실험환경을 제공하여 중소기업의 연구개발에 기여할 수 있음

3. 국토교통부 정책과의 연계성

가. 국토해양 R&D 발전전략²⁾

국토교통부(구 국토해양부)는 국토해양 R&D의 비전·목표를 재설정하고, ‘저탄소 녹색성장’에 부합하는 발전전략을 마련하여 제2의 도약을 추구하기 위해 국토해양 R&D 발전전략을 수립함

- (비전) 품격높은 국토해양공간을 창조하는 Green Growth Leader
- (목표) 선진국 대비 녹색기술수준 90%, 세계 1위기술 10개, 해외시장 점유율 7%, 사회경제적 비용 5% 절감, 글로벌 대표기업 5개

‘국토해양 R&D 발전전략’에서는 4대 전략 및 16개 실천과제를 설정하였으며, 이 중 기술성과 검증을 위한 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 계획이 포함됨

- R&D 성과창출 및 인프라 구축과제의 기술성과 검증 인프라 확충 실천과제에 실물크기 현장실험이 가능한 대규모 복합실험장 및 분산공유 2단계(건설연구인프라 2단계) 추진계획이 포함됨

추진 전략	R&D 거버넌스 개선	R&D 사업구조 개선	관리 프로세스 혁신	R&D 성과창출 및 인프라 구축
실천 과제	<ul style="list-style-type: none"> ■ 국토해양 R&D 운영규정 개정 ■ 공공기술협의체 구성 및 운영 ■ 전문기관 조직개편 ■ PD제도 도입·운영 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 사업구조 개편 ■ 미래핵심기술 기획연구 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기획타당성 검토위원회 구성 ■ 맞춤형 평가모델 구축 ■ 평가위원 Pool 제정 ■ 생플링 정상제도 및 사전 예고제 도입 ■ 전문기관 R&D 콜센터, 연구 자원팀 신설 ■ 사업단 관리체계 정비 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기술 Inventory 구축 ■ 이노베이션 코칭 도입 ■ 인력육성 및 국제 협력 ■ 기술성과 검증 인프라 확충
	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> ■ 기술성과 검증을 통한 R&D 성공확률 제고를 위해 실물크기 현장실험이 가능한 대규모 복합실험장 및 분산공유 인프라 2단계 사업 추진 - '11년중 사전기획을 거쳐 사업추진 세부내용을 마련하고 추진 타당성 검토 추진 예정 </div>			

[그림 2-2] ‘국토해양 R&D 발전전략’과의 연계성

2) 국토해양 R&D 발전전략, 국토해양부, 2010

나. 제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017)³⁾

국토교통부(구 국토해양부)는 향후 5년('13~'17)간 신정부와 함께 할 건설기술정책 로드맵과 미래 건설기술 발전 청사진의 제시가 필요함에 따라 제5차 건설기술진흥 기본계획(이하 기본계획)을 수립함

- (비전) “건설기술 한류”로 여는 5대 건설강국
- (목표) 건설ENG 해외수주비율 5%('16년), 건설기업 설계 경쟁력 10위('16년)

기본계획에서는 3대 주요전략 및 13대 중점추진과제를 설정하였으며, 중점추진과제 중 하나인 건설기술 실용화 촉진 과제의 추진방안으로써 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축을 제시함

- 대형 실험 인프라를 구축하여 건설 신기술 시험에 공동 활용하는 것을 지원하는 방안으로 건설연구인프라 2단계 실험시설과 SOC 실증연구센터 구축을 제시함
 - 제시된 2단계 실험시설은 극한상태 구조특성 실험시설, 기후변화대응 다환경 실험시설, 대형수리모형 실험시설, 기상환경 모사 도로성능 실험시설, 도로주행시뮬레이터 등임

주요 전략	글로벌 시장을 겨냥한 역량 결집	건설 단계별 '소프트' 역량 강화	건설기술 경쟁력 기반 구축	
중점 추진 과제	<ul style="list-style-type: none"> ■ 전방위적 건설 ENG 해외진출 지원체계 구축 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 기술력 중심 발주·심의제도 강화 ■ Global·User 지향 설계 시공기준 정비 ■ 현장 밀착형 건설 품질·안전관리 ■ 녹색체질이 강화된 건설공사 구현 ■ LC기반의 시설물 유지관리 확립 ■ 선제적·국민체감형 시설물 안전관리 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 글로벌 산업환경에 맞는 기술인력 관리 ■ 시장친화·미래형 교육훈련 확대 ■ 건설정보 표준화 및 ICT 융복합 연구 촉진 ■ 건설정보체계 공유·확산 및 원유 강화 ■ Green & Smart 건설기술 개발 ■ 건설기술 실용화 촉진 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 건설교통기술 대형 실험 인프라를 구축 <ul style="list-style-type: none"> - 인프라 운영원의 '분산공유형 실험시설 구축 사업(R&D)' 및 'SOC 실증연구센터'추진 ■ "국토해양 기술사업화 예산"확대 <ul style="list-style-type: none"> - 민간이 개발한 기술의 사업화 촉진 목적 ■ 정부주도로 신기술 품셈을 지속확충 <ul style="list-style-type: none"> - 신기술 공사비(공사원가) 신뢰 부족으로 인한 발주처의 사용기피 해소 목적 ■ 교육실시 및 신기술 지정효과 등에 대한 홍보 강화 <ul style="list-style-type: none"> - R&D 연구자를 대상으로 신기술 제도 이해 증진 목적

[그림 2-3] '제5차 건설기술진흥기본계획'과의 연계성

3) 제5차 건설기술진흥기본계획(2013~2017), 국토해양부, 2012

다. 2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획

‘2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획’에서는 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축을 위한 예산 계획을 수립하였음

- 건설교통기술촉진연구사업의 장비시설인프라 구축 일환으로, 건설연구인프라 2단계 실험시설 중 2개 실험시설에 대한 1차년도 구축 예산계획이 수립됨

- 예산계획이 수립된 2개 실험시설은 극한상태 구조특성 실험시설과 기후변화 대응 다환경 대형실험시설임

구분	'09	'10	'11	'12	'13
국제기술협력	0	0	0	1,250	1,250
기술사업화 지원	5,960	4,240	4,100	4,000	3,060
원천·모험연구 지원	0	0	0	0	39,730
장비시설인프라	0	0	0	0	6,000
공공기반기술	32,980	6,070	5,000	2,960	3,429
정책개발	1,328	690	800	500	0
합계	39,260	11,000	9,900	8,710	53,469
구분	내용	'13	'14이후 예산		
건설연구인프라 2단계 기본설계	2단계 5종 실험시설 기본설계	1,000	-		
극한상태 구조특성 실험시설 구축	실험시설 유치기관 선정 및 실시설계	1,800	15,400		
기후변화 대응 다환경 대형실험시설 구축	실험시설 유치기관 선정 및 실시설계	1,800	16,180		
건설연구 인프라 운영고도화	통합 Networking 및 Grid 시스템 구축 등	1,400	8,300		
합계		6,000	39,880		

[그림 2-4] “2013년도 국토해양기술 연구개발사업 시행계획”과의 연계성

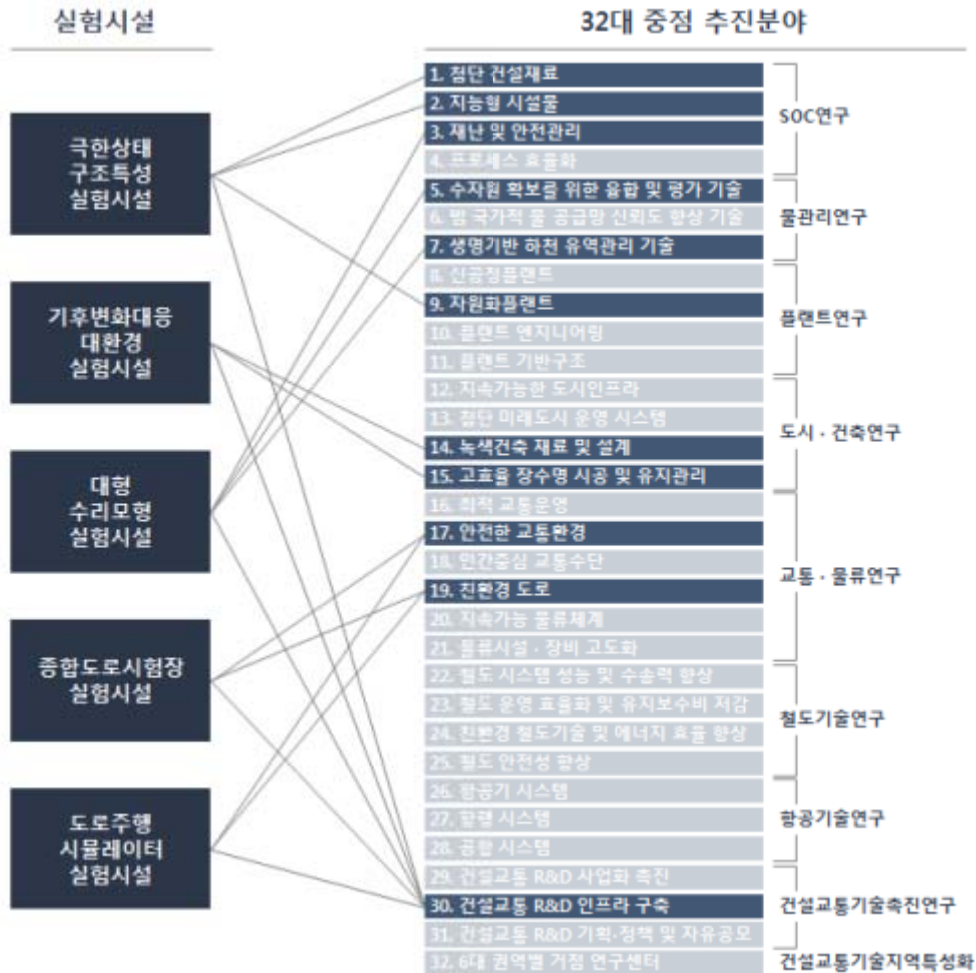
라. 건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)⁴⁾

국토교통부(구 국토해양부)는 미래 여건변화에 대응하고 현행 과학기술정책 및 녹색성장 기조에 부합하는 효과적인 건설교통 R&D 수립 필요성이 대두됨에 따라 ‘건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)’(이하 중장기계획)을 수립함

- (비전) 인간중심의 미래가치를 창조하는 건설교통 Smart Leader
- (목표) 에너지·자원의 효율적 이용, 인간중심 사회 및 도시구현, 미래 경제가치 창출, 융복합 첨단기술 확보, 위험으로부터의 안전한 사회 실현

4) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

중장기계획에서는 5대 목표 달성을 위한 32대 중점추진분야를 설정하였으며, 이 중 11개 중점추진분야에 건설연구인프라 2단계 실험시설이 기여할 수 있음



[그림 2-5] '건설교통 R&D 중장기계획'과의 연계성

극한상태 구조특성 실험시설은 32대 중점추진분야 중 4개 분야의 연구에 기여할 수 있음

- '건설교통 R&D 인프라 강화' 분야의 전략프로젝트인 '기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화'와 연계됨
 - 건설연구인프라 2단계 5개 연구실험시설 구축이 세부 계획이며, 5개 실험시설 중 극한상태 구조 특성 실험시설이 포함됨
- '첨단 건설재료' 분야의 전략프로젝트인 '극한조건 대응 건설재료 기술', '세계 선도형 콘크리트 구조물 혁신기술' 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
극한조건 대응 건설재료 기술	방호·방폭 섬유보강 복합재료 / 극한조건 대응 강재 및 구조	'13~'17	방호·방폭·원전구조물용 강재 및 설계·제작기술 극한조건 전용 강재 및 접합재료	충돌 실험시설 폭발 실험시설 극한온도 실험시설 고압/진공 실험시설
	극한지 에너지 플랫폼용 강재	'13~'17	극한지 에너지 플랫폼용 강재	극한온도 실험시설 고압/진공 실험시설
세계 선도형 콘크리트 구조물 혁신기술	고성능 지하구조물 방호·방폭 시설물 개발	'14~'16	맞춤형 UHOC 적용 지하 구조물 및 방호·방폭 시설물의 설계·제작 핵심기술	충돌 실험시설 폭발 실험시설

● ‘지능형 시설물’ 분야의 전략프로젝트인 ‘해양 횡단 기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
해양 횡단 기술	해저터널 건설 기술	'13~'17	해저 지질·지반 평가 / 탐사 및 시추기술 해저터널 설계·시공·유지관리 기술	고압/진공 실험시설

● ‘자원화 플랜트’ 분야의 전략 프로젝트인 ‘미개척 극한지 자원이송 기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
미개척 극한지 자원이송 기술	극한지 자원 이송망 설계 및 시공기술	'13~'17	550MPa급 배관구조재료 관망/기반구조 설계·시공 기술 관망 원격감사·진단기술	극한온도 실험시설
	극한지 자원 이송망 진단 및 보수보강 기술	'14~'18	극한지 관망 진단 장비 및 능동보강기술	극한온도 실험시설
	극한작업용 자동화 시스템 설계·운용기술	'15~'18	극한지 작업로봇 자동화 시공시스템 원격 감시·운용기술	극한온도 실험시설

기후변화대응 다환경 실험시설은 32대 중점추진분야 중 3개 분야의 연구에 기여할 수 있음

- ‘건설교통 R&D 인프라 강화’ 분야의 전략프로젝트인 ‘기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화’와 연계됨

- 세부계획인 건설연구 인프라 구축(2단계)의 최종 성과물을 극한상태 구조특성 실험시설 등 5개 연구실험시설로 설정하였음

- ‘녹색건축 재료 및 설계’ 분야의 전략프로젝트인 ‘세계 선도형 콘크리트 구조물 혁신기술’, ‘주거복지 구현기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
세계 선도형 콘크리트 구조물 혁신기술	고성능 다기능 경량 건축구조 부재 개발 및 조립가변형 건축물 실현	'14~'16	기존 대비 30%이상 가벼운 고성능 콘크리트 패널 제품 경량 패널을 이용한 환경친화 및 가변형 건축물 설계·시공 기술	대형 인공 기후 시설 온열환경 모사시설
주거복지 구현기술	한국형 목조건축 기술 개발	'13~'17	한국형 목조건축 및 지원제도	대형 인공 기후 시설 온열환경 모사시설
	한옥 기술 개발	'11~'14	한옥 부재 라이브러리 한옥 부재	대형 인공 기후 시설 온열환경 모사시설

- ‘고효율 장수명 시공 및 유지관리’ 분야의 전략프로젝트인 ‘제로에너지 그린홈 건축재료 및 정책 개발’, ‘건축물 에너지 제어 및 유지관리’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
제로 에너지 그린홈 건축재료 및 정책개발	능동형 그린빌딩 선도기술 개발	'13~'17	패시브 공동주택의 외단열 ·열교저감기밀화 기술 자연채광 및 일사조절 기술	대형 인공 기후 시설
	제로에너지 그린홈 건축기술 개발	'13~'17	고성능 고효율 통합 신재생 에너지 시스템	대형 인공 기후 시설
건축물 에너지 제어 및 유지관리	시장 수요기반 녹색 건축물 실용화 연구	'11~'15	건물에너지 관리 및 최적화 기술	대형 인공 기후 시설
	건축물 부위별 ·요소별 에너지 성능 진단 및 최적 관리 기술	'14~'18	건축물 능동형 유지관리 시스템 IBS 연계형 커미셔닝 기술	대형 인공 기후 시설
	지능형 건물에너지 관리 시스템 및 능동 제어 기술	'15~'18	건물에너지 관리시스템 Open BIM 기반 에너지 평가 및 예측 시스템	대형 인공 기후 시설

대형 수리모형 실험시설은 32대 중점추진분야 중 4개 분야의 연구에 기여할 수 있음

- ‘건설교통 R&D 인프라 강화’ 분야의 전략프로젝트인 ‘기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화’와 연계됨

- 세부계획인 건설연구 인프라 구축(2단계)의 최종 성과물을 극한상태 구조특성 실험시설 등 5개 연구실험시설로 설정하였음

- ‘재난 및 안전관리’ 분야의 전략프로젝트인 ‘자연재해 대응 기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
자연재해 대응기술	산사태, 토석류 저감 기술	'14~'18	한국형 토석류 재해 예측지도 토사피해 위험도 분석 피난대피 기술 위험도 평가 및 감지기술	토석류 실험시설

- '수자원 확보를 위한 융합 및 평가기술' 분야의 전략 프로젝트인 '기후변화대응 기후-물-환경 융합 기술' 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
기후변화 대응 기후-물-환경 융합기술	댐 위험도 해석기법 / ICT 융합기술 개발	'11~'13	댐 위험도 해석기술 수자원 융합형 태양광발전 시스템 모델 개발	다목적 대형실험 수조
	수문모니터링 기술 및 통합 수문해석 모형 개발	'14~'18	토양함수량, 증발산량 모니터링 시스템과 운영 매뉴얼 및 수재해 전망기술	대형 급경사 수로
	자연순환형 하천유지유량 관리기술 개발	'14~'18	환경개선 및 하천유지 용수를 확보할 수 있는 기술 개발	대형 급경사 수로
	수문환경 변동 감시기술 개발	'16~'18	수문사상의 영향 분석 매뉴얼 수재해 모니터링 시스템 및 대응 체계	대형 급경사 수로

- ‘생명기반 하천유역 관리 기술’ 분야의 전략프로젝트인 ‘대도시 통합 수해 방어체계 기술’, ‘자연친화적 하천공간 확보 및 복원 기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
대도시 통합 수해 방어체계 기술	차세대 홍수방어기술 개발	'11~'12	치수능력 증대 기술 유역통합 홍수 대응 기술 국가 홍수관리시스템 구축	대형 급경사 수로
	내외수를 연계한 도시하천 내배수 시스템 선진화	'13~'17	내배수시설 통합운영시스템 매뉴얼	침/투수 실험토조
	도시 지하방수로 설계 및 운영기술 개발	'14~'18	지하방수로 위치, 규모 결정 및 설계방법 제시	침/투수 실험토조
	홍수량 증가에 대비한 하천 홍수방어시설 성능개선기술 개발	'16~'18	홍수방어시설 설계 지침과 홍수대응 제내지 조성 매뉴얼	대형 급경사 수로
자연 친화적 하천공간 확보 및 복원기술	하천 유사수지 및 하상변동 분석기술 개발	'14~'17	토사 동태도 작성·평가·관리 기술	대형 급경사 수로 유사순환 수로
	하천환경 변동 예측 및 해석기술 개발	'16~'18	하천환경평가 매뉴얼 및 가이드라인	대형 급경사 수로
	하천 구조물 최적설계 및 유지관리 기술 개발	'17~'18	친환경 하천시설 설계 지침 및 기준	대형 급경사 수로

종합도로시험장 실험시설은 32대 중점추진분야 중 3개 분야의 연구에 기여할 수 있음

- ‘건설교통 R&D 인프라 강화’ 분야의 전략프로젝트인 ‘기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화’와 연계됨
 - 세부계획인 건설연구 인프라 구축(2단계)의 최종 성과물을 극한상태 구조특성 실험시설 등 5개 연구실험시설로 설정하였음
- ‘안전한 교통환경’ 분야의 전략프로젝트인 ‘교통약자 도로교통 안전향상 기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
교통약자 도로교통 안전향상 기술	도로 및 안전시설물 개선 기술 개발	'16~'18	고령자의 통행특성을 고려한 도로 및 안전시설물 설계 및 운영안	실물충돌 실험시설

- '친환경 도로' 분야의 전략프로젝트인 '지속가능 도로시설기술 개발', '자원 순환형 도로포장기술', '지속가능 도로시공 및 유지관리 기술', '지속가능 도로설계기술' 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
지속가능 도로시설기술 개발	중차량 대응형 진동감쇄 및 공명주파 복합포장	'14~'17	진동감쇄 연성 포장체 재료 및 공명기 원리 적용 저소음 포장체 설계와 시방서	포장가속 실험시설
자원 순환형 도로포장기술	사용자 중심의 도로환경 개선 포장 시스템 개발	'14~'18	지역/사용자/환경을 고려한 도로포장 지침서 및 시방서	포장가속 실험시설
	폐플라스틱 골재 및 폐 아스팔트 활용 포장 혼합물 개발	'14~'18	재활용 아스팔트 혼합물 배합설계/물성 해석 기술	포장가속 실험시설
	바이오 오일을 이용한 화석연료 대체 아스팔트 재료 개발	'14~'18	바이오 오일 생산시설 개발 및 바이오 아스팔트	포장가속 실험시설
	첨단소재를 활용한 발열 도로포장 표층재료 개발	'14~'18	카본나노튜브 및 탄소나노튜브를 첨가한 콘크리트 제조기술	포장가속 실험시설
	미래형 도로포장에 적합한 고성능 하부구조 시스템 기술	'13~'17	미래형 고성능 도로포장의 하부기반 시스템	포장가속 실험시설
지속가능 도로시공 및 유지 관리 기술	교통 지체 최소화를 위한 도로포장 유지보수공법	'13~'16	롤러블 포장 재료의 물성해석 기술 및 시공장비/공법	포장가속 실험시설
	이상기후 대응 친환경 도로포장 유지보수공법	'16~'18	신재료 특허/장비/시방서	포장가속 실험시설
지속가능 도로설계기술	운전자 시환경 고려한 터널 진입부 및 내부 조명설계 기술	'14~'18	터널 시각 순응시설물 설치 및 기준/표준안	약천후 재현 실험시설

도로교통시뮬레이터는 32대 중점추진분야 중 3개 분야의 연구에 기여할 수 있음

- ‘건설교통 R&D 인프라 강화’ 분야의 전략프로젝트인 ‘기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화’와 연계됨

– 세부계획인 건설연구 인프라 구축(2단계)의 최종 성과물을 극한상태 구조특성 실험시설 등 5개 연구실험시설로 설정하였음

- ‘안전한 교통환경’분야의 전략프로젝트인 ‘교통약자 도로교통 안전향상 기술’ 연구에 기여할 수 있음

전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
교통약자 도로교통 안전향상 기술	도로 및 안전시설물 개선 기술 개발	'16~'18	고령자의 특성을 고려한 도로 및 안전시설물 설계 및 운영안	시뮬레이터
	고령자 운전 적합성 평가 및 운전교육용 프로그램 개발	'16~'18	고령자 운전 적합성 평가 시스템	시뮬레이터

- ‘친환경 도로’ 분야의 전략프로젝트인 ‘지속가능 도로설계기술’ 연구에 기여할 수 있음

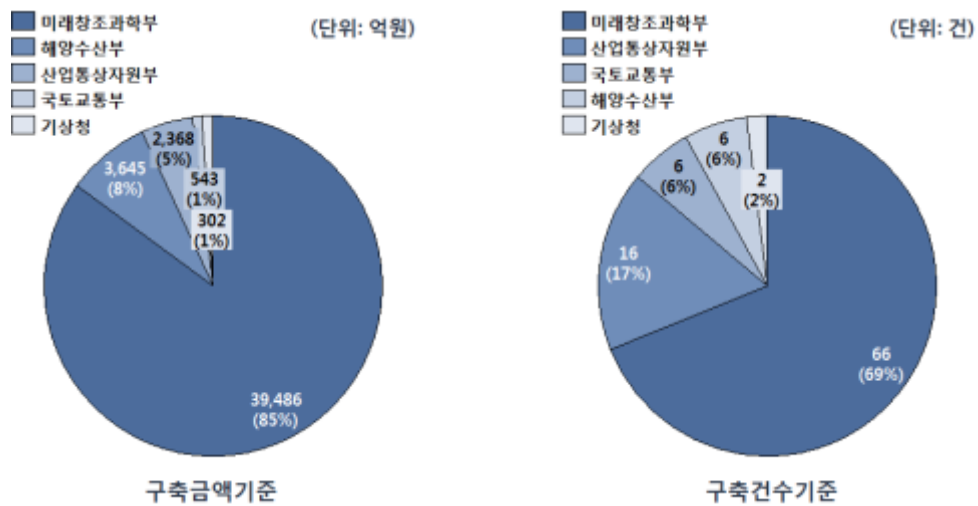
전략 프로젝트	과제명	연구기간	최종성과물	연계 세부시설
지속가능 도로설계기술	고품질 도로건설을 위한 한국형 도로설계 기준 개발	'14~'18	도로선형 설계 편람 한국형 도로 설계기준	시뮬레이터
	상층기반 도로 안전성 평가시스템 개발	'14~'18	상층기반 도로 안전성 평가시스템	시뮬레이터
	인간중심 지역맞춤형 도로설계 기술 개발	'14~'18	교통 정온화 도로 설계기술 및 도로경관 설계기술	시뮬레이터
	교통사고 재현 및 도로안전성 평가기술 개발	'14~'18	교통사고재현 및 도로안전성 평가 기술	시뮬레이터

4. 국내 대형실험시설 구축현황

국가연구시설장비관리서비스의 대형연구시설 DB를 활용하여 국내 대형실험시설의 구축현황을 파악함

- 1990년 이후 구축된 대형연구시설에 대하여 분석 수행하였으며, 대형연구시설의 기준은 구축비용이 50억 원 이상 투자된 실험시설로 설정함

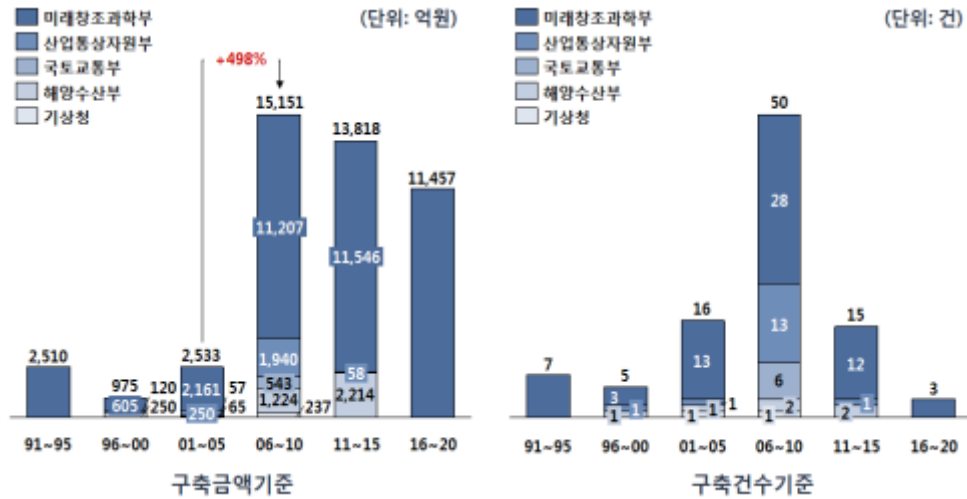
대형실험시설에 대한 투자는 미래창조과학부, 해양수산부, 국토교통부 등에서 이루어지고 있으며, 이중 미래창조과학부의 비중이 상대적으로 높고 국토교통부의 비중은 매우 낮음



[그림 2-6] 부처별 대형실험시설 구축현황

- 부처별 대형실험시설 구축현황(금액, 건수)으로 판단할 때, 미래창조과학부에서 대형실험시설의 투자 비중이 타 부처 대비 상대적으로 높음
- 미래창조과학부 뿐만 아니라 해양수산부, 산업통상자원부, 국토교통부, 기상청에서도 대형실험시설에 대한 투자가 이루어짐
- 국토교통부의 대형실험시설 투자비중은 총 구축금액 대비 1% 비율을 차지함

연도별 구축현황(부처별) 분석결과 구축된 대형 실험시설 축적 금액 및 건수가 '06~'10년 기간 동안 급격히 증가하였으며, '11년 이후에는 실험시설 당 구축금액이 높은 특징을 나타냄

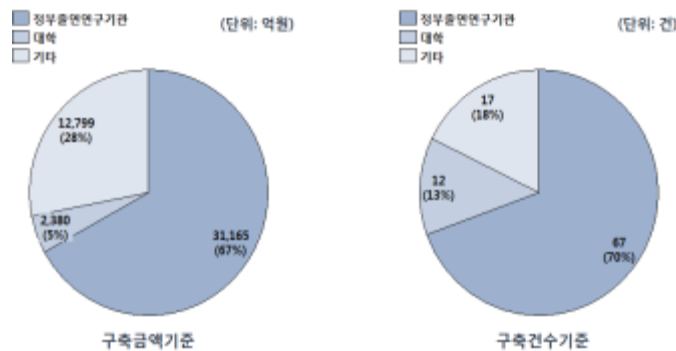


[그림 2-7] 구축연도별 대형실험시설 구축현황(부처별)

- '06~'10년 사이에 '98~'07년까지의 많은 정부연구개발 예산을 바탕으로 한 대형실험시설의 완공이 이루어져 전기('01~'05)대비 높은 증가율을 보임
 - 우리나라 정부연구개발 예산은 대통령의 강력한 과학기술투자 확대의지가 정책에 반영되어 급격하게 증가됨
 - 특히, '98~'07년(김대중, 노무현 정부) 까지 정부연구개발예산의 연평균 증가율이 12%로 동기간 정부예산의 연평균 증가율 5.3%보다 2.3배가 높음
- '11년 이후 기초과학분야에서 실험시설 당 구축금액이 높은 기초분야의 대형실험시설이 구축(예정)되었음
 - '11~'15년 동안에는 중이온가속기('15완공, 4600억), 양성자가속기('12완공, 3075억) 등이 구축(예정)임
 - '16~'20년 사이 대형연구시설 투자는 국제핵융합실험로('19완공, 8767억), 의료용중입자가속기('16완공, 1950억), 거대마젤란망원경('18완공, 740억)으로 구성됨

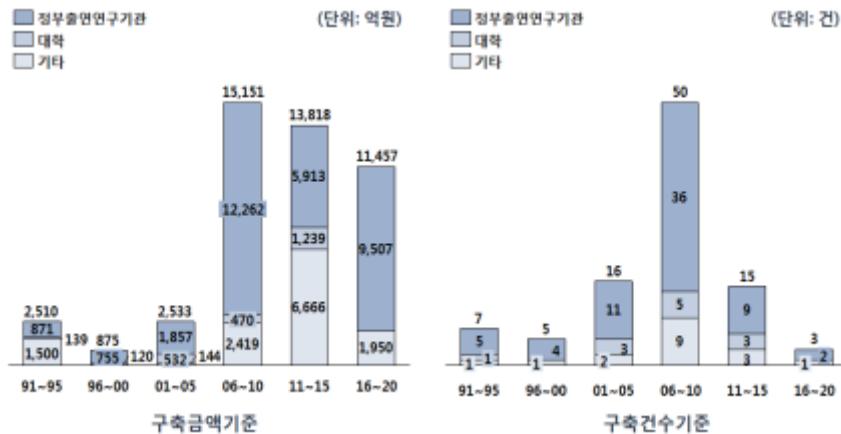
각 부처에서 투자된 대형연구시설은 대부분 정부출연 연구기관에 설치되었으며, 정부출연 연구기관 중 한국원자력 연구원과 한국항공우주연구원의 비중이 타 출연(연)대비 높은 편임

- 정부출연 연구기관에 전체건수대비 70%에 해당하는 총 67건의 대형실험시설이 구축됨
- 정부출연 연구기관에 전체금액대비 67%규모에 해당하는 31,165억원의 금액이 대형실험시설 구축에 사용됨
- 총 96개의 대형실험시설 중 한국원자력 연구원(16건)과 한국항공우주연구원(12건)의 비율이 29%를 차지함



[그림 2-8] 관리기관별 대형실험시설 구축현황

- '11~'15년 사이에 기초과학연구원의 중이온가속기 완공으로 인해 구축금액의 기타항목 비율이 증가함5)



[그림 2-9] 구축연도별 대형실험시설 구축현황(관리기관별)

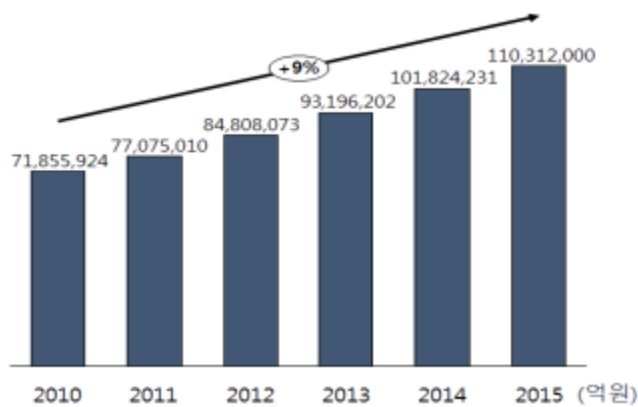
5) '11~'15년 기타항목은 중이온가속기('15완공, 4600억, 기초과학연구원), 포항방사광가속기('11완공, 1000억, 포항가속기연구소), 남극장보고과학기지('14완공, 1066억, 극지연구소)로 구성됨

제2절 산업·경제적 필요성

1. 산업적 필요성

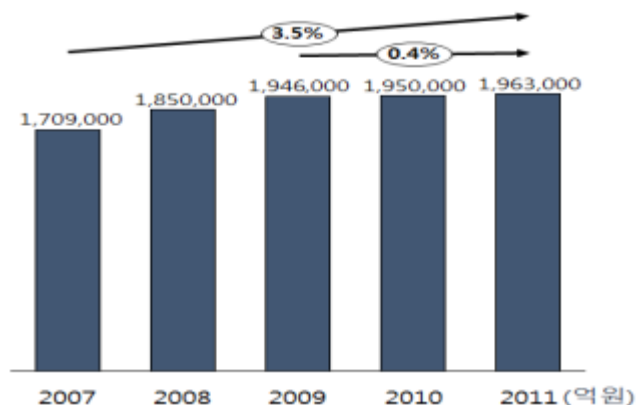
전세계 건설시장은 향후 꾸준한 성장세를 나타낼 것으로 예상되나, 국내 건설시장은 성장률이 둔화되어 정체되어 있는 실정임

- 2010년 기준 전세계 건설시장은 7,185조원 규모로 추정되며 향후 연평균 9% 수준으로 성장할 것이 예상됨⁶⁾



[그림 2-10] 전세계 건설시장 규모(1\$=1,000W 으로 산정)

- 국내 건설투자는 2011년 기준 196조원 수준으로 '07년 이후 연평균 3.5% 성장하였으나, '09년 이후 건설투자 규모는 정체되어 있음⁷⁾



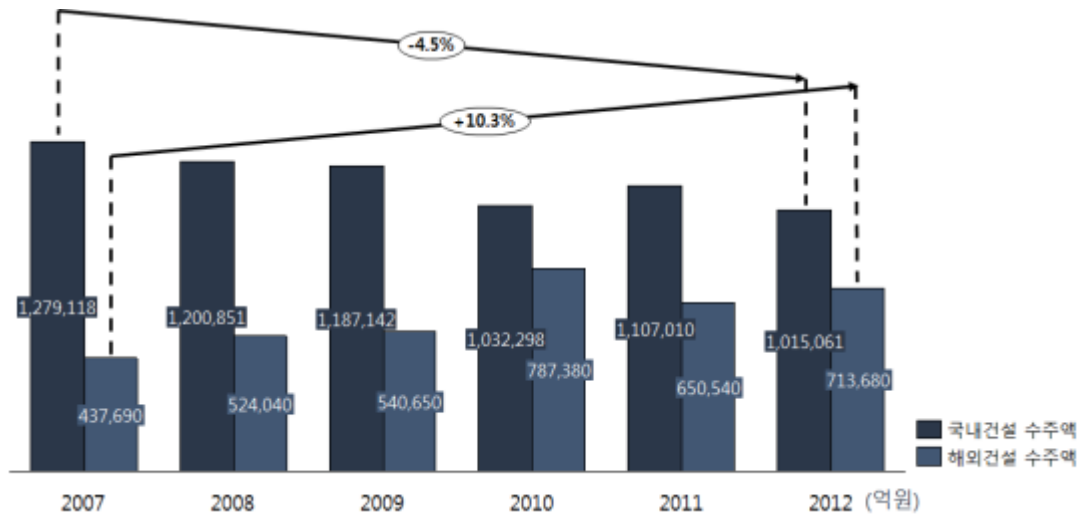
[그림 2-11] 국내 건설투자 규모

6) Global Construction Outlook 2011, Global Insight, 2011

7) 주요건설통계 2012. 4/4분기, 대한건설협회, 2012

국내 건설기업의 국내시장 건설 수주액은 감소세에 있는 반면 해외시장 건설 수주액은 증가세에 있어 해외시장의 중요성이 점차 증대되고 있음

- 국내시장에서의 건설 수주액은 '12년 기준 101조원 규모로 '07년 이후 연평균 4.5% 감소하였음
- 해외시장에서의 건설 수주액은 '07년 기준 71조원 규모로 '07년 이후 연평균 10.3% 증가하였음

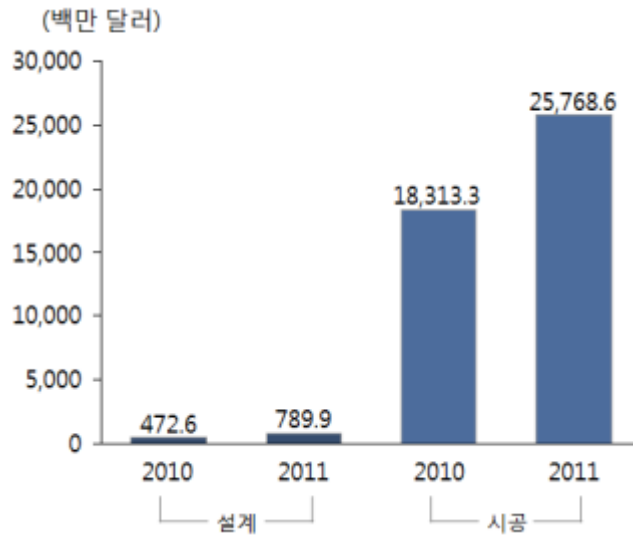


[그림 2-12] 국내 건설기업 국내/해외 수주액(1\$=1,000원으로 산정)

국내 건설 산업의 해외 설계 및 시공 매출 상위기업 검토 결과 우리나라의 해외건설 매출 비중이 낮은 수준이며, 시공 분야 대비 설계 분야의 경쟁력이 낮음

- 국내 건설기업의 해외설계로 인한 매출액은 2011년 4억 7,260만 달러에서 2012년 7억 8,990만 달러로 증가하였으며, 해외시공으로 인한 매출액은 2011년 183억 1,330만 달러에서 2012년 257억 6,860만 달러로 증가하였음⁸⁾

8) McGraw Hill에서 발간된 ENR(Engineering News-Record) 보고서



[그림 2-13] 2010년~2011년 국내기업의 해외 설계/시공 매출액

● 세계 200대 설계기업 중 국내기업의 비중은 3.63%('11) 수준이며, 세계 225대 시공기업 중 국내기업의 비중은 5.33%('11) 수준임

- 세계 200대 설계기업 중 국내 기업의 수는 2010년 6개, 2011년 7개 수준임

- 세계 225대 시공기업 중 국내 기업의 수는 2010년 11개, 2011년 12개 수준임

<표 2-3> 2010년~2011년 설계분야 해외 매출액 상위 기업

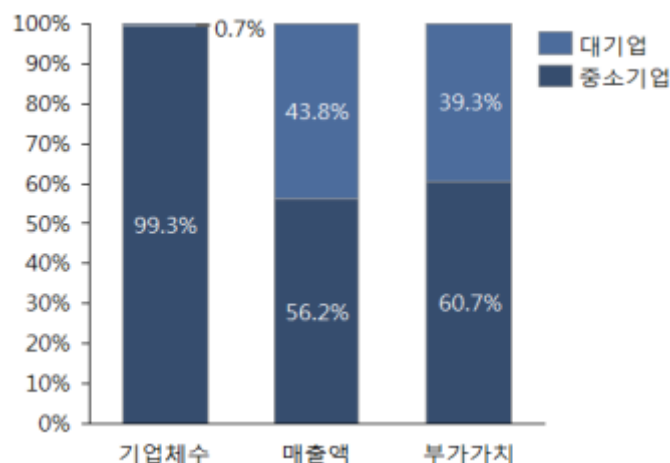
2010년			2011년		
회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위	회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위
현대엔지니어링(주)	243	54	현대엔지니어링(주)	289.3	47
한국전력기술	107.1	83	SK건설	237.8	55
SK건설	65.7	104	한국전력기술	190.8	67
포스코건설	22.6	173	포스코엔지니어링	27.3	157
(주)대우건설.	19.3	183	(주)삼우종합건축사사무소	15.2	189
희림종합건축사사무소	14.9	199	포스코건설	14.8	192
-	-	-	도화엔지니어링	14.7	193
소계	472.6		소계	789.9	

<표 2-4> 2010년~2011년 시공분야 해외 매출액 상위 기업

2010년			2011년		
회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위	회사명	해외 매출액	해외 매출액 순위
현대건설	4,308.9	23	삼성엔지니어링(주)	5,907.3	15
삼성엔지니어링(주)	3,070.0	34	현대건설	4,248.9	25
대림산업(주)	2,383.0	41	GS건설	3,300.0	32
GS건설	1,969.4	48	대림산업(주)	2,704.0	40
삼성물산	1,625.2	56	SK건설	2,433.9	45
대우건설	1,612.2	57	대우건설	2,170.9	50
SK건설	1,434.8	63	삼성물산	1,571.5	63
쌍용건설	669.4	106	포스코건설	1,549.4	66
포스코건설	574.4	123	한화건설	771.2	101
한화건설	501.6	132	쌍용건설	462.0	134
대우엔지니어링	164.4	221	두산건설	332.3	163
-	-	-	포스코엔지니어링	317.2	170
소계	18,313.3		소계	25,768.6	

대기업 대비 경쟁열위에 있는 중소 건설기업의 경쟁력 강화를 위해서는 연구개발투자가 필요하나, 중소기업이 연구개발에 필요한 시설 및 장비구축을 자체적으로 대응하기에는 어려운 실정임

- 전체 건설업체 중 중소 건설업체의 업체수의 비율은 99.3%인데 비해 매출액은 전체의 56.2%, 부가가치 생산비중은 60.7% 수준으로 대기업 중심으로 시장이 점유되고 있음⁹⁾



[그림 2-14] 기업규모별 매출액, 부가가치 비중 (2011년)

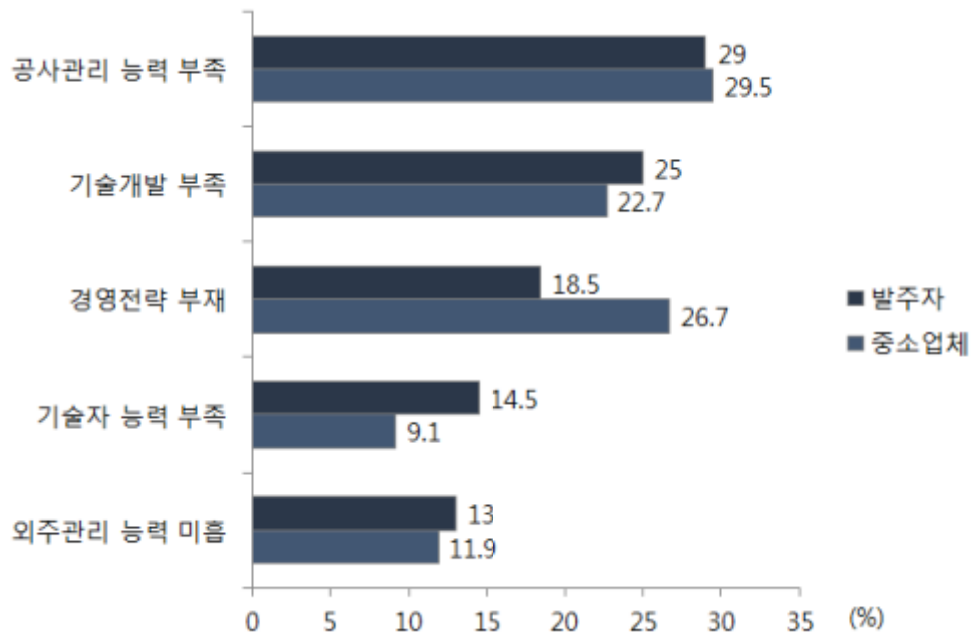
9) 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012

● 대기업 대비 중소기업의 상대적 경쟁력 또한 평균 54%수준으로 낮은 실정임 10)

<표 2-5> 대기업 대비 중소 건설업체의 상대적 경쟁력 수준

구분		중소기업 경쟁력 수준 (평균) (대기업=100)
건축공사	주택	55.9
	비주택	55.6
토목공사	일반토목(도로, 철도 등)	59.1
	기타 토목(상하수도, 조경 등)	58.7
영업력		48.6
구매조달 능력		51.1
공사수행 능력		62.3
견적 능력		55.3
금융 능력		43.7

● 건설관련 산업 종사자 설문 결과 대기업에 비해 중소기업의 경쟁력이 낮은 이유로 중소건설업체 임직원의 25%, 발주기관 실무자 22.7%가 기술개발 부족을 지적함¹¹⁾



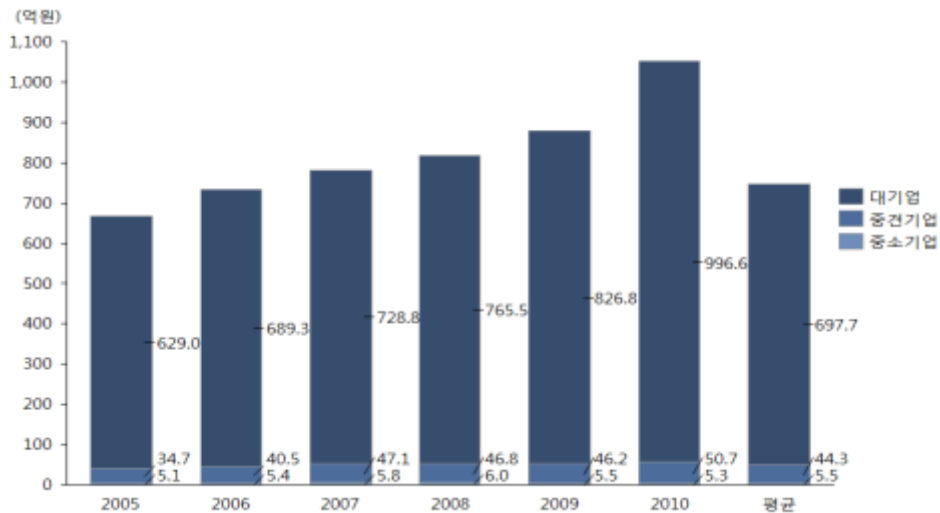
[그림 2-15] 대기업 대비 중소건설업체의 경쟁력 부족 사유

10) 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012

11) 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012

● 중소기업의 경우 기업당 연구개발비는 대기업·중견기업에 비해 낮으며, 이 중 연구시설장비 투자액은 매우 미약한 수준임

- 중소기업의 기업당 연구개발비는 2005년~2010년 평균 5.5억원으로 대기업697.7억원, 중견기업 44.3억원에 비해 매우 낮음¹²⁾



[그림 2-16] 기업당 평균 연구개발비 추이

- 중소기업의 연구개발비 중 시설 및 장비구축에 투자하는 비용은 기업 당 4,744만원 수준으로 실증 실험이 가능한 연구시설을 확보하기에는 투자규모가 부족한 수준임¹³⁾

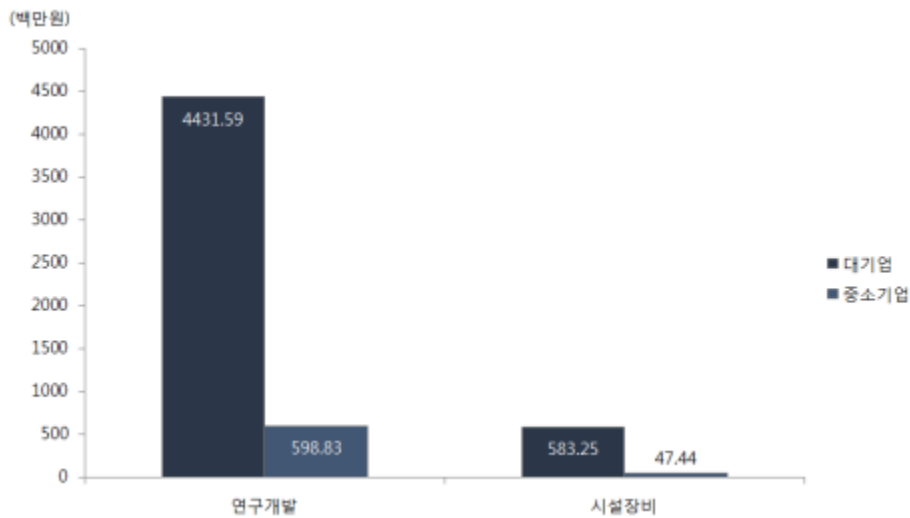
<표 2-6> 연구개발/시설장비 투자액 비교

분야	구분	연구개발비 투자액 (백만원)	시설장비 투자액 (백만원)	기업수	기업당 연구개발비 투자액 (백만원/기업)	기업당 시설장비 투자액 (백만원/기업)
건설	대기업	430,353	62,009	101	4,260.92	613.95
	중소기업	167,750	12,634	299	561.04	42.25
교통	대기업	345,175	40,059	74	4,464.53	541.34
	중소기업	116,696	9,901	176	663.05	56.26
합계	대기업	775,528	102,068	175	4,431.59	583.25
	중소기업	284,446	22,535	475	598.83	47.44

12) 지속가능성장을 위한 중소기업 R&D 현황 및 투자 지원 방향, 한국과학기술기획평가원, 2012

13) 국토교통기술연구개발활동조사, 국토해양부, 2011

연구개발비 구분은 연구개발예산의 목적별 사용현황을 기준으로 함(정책/기획, 기존기술 개선, 신기술/신공법개발, 시설 및 장비구축, 인력 양성 및 국제협력, 기술표준화, 기타)



[그림 2-17] 기업규모별 연구개발/시설장비 투자액 비교

건설분야 R&D 성과의 설계단계 적용 시 비용절감효과가 기획/시공/유지관리 등의 단계에 적용 시에 비하여 높아 설계기술 개발에 따른 경제적 효과가 높음

- 설계분야 기술개발로 인한 현장비용절감액은 현장당 평균 80억원, 기획분야는 현장당 14억, 시공분야는 현장당 9억원의 절감효과가 있음¹⁴⁾

<표 2-7> 기술적용 프로세스 단계별 현장당 비용 절감액

기술적용 프로세스	비용절감액 (백만원)	적용현장수 (개수)	현장당 비용절감액 (백만원/개소)
기획	50,396	35	1,440
설계	1,395,454	173	8,066
시공	76,835	86	893
유지관리	180	14	13
기타	359,911	315	1,143
합계	1,882,776	623	3,022

14) 건설R&D성과의 경제적 파급효과 분석, 한국건축시공학회 논문집, 2010

국내 건설기술의 해외 의존도가 높고 이로 인한 외화 유출 또한 상당하므로, 국내 건설의 독자적 기술 확보를 위한 투자가 필요함

- 국내 기업들이 해외로 기술을 판매한 건수는 '08~'10년 동안 총 7건인 반면 해외에서 구매한 기술은 동기간 동안 총 55건으로 판매건수에 비해 약9배 수준임¹⁵⁾

<표 2-8> 연도별 기술 판매/도입 건수

구분	2008	2009	2010	합계
기술 판매 (건수)	5	2	0	7
기술 구매 (건수)	9	0	46	55

- 국내 건설관련 연구기관, 대학, 기업들이 연구개발을 위해 해외에 지출한 금액은 총 99억원임¹⁶⁾
 - 기관별 연구개발예산 해외지출 규모는 연구기관이 8억 3400만원, 대학이 9억 6100만원, 기업이 81억 500만원으로 나타남

<표 2-9> 연구개발 주체별 연구개발예산 해외지출 현황

구분		해외 지출(백만원)
연구기관		834
대학		961
기업체	대기업	7,796
	중소기업	309
	소계	8,105
합계		9,900

- 해외건설 수주의 70% 이상인 플랜트의 경우 고부가 가치 분야인 기자재의 높은 해외의존도로 인해 외화 가득률이 30%로 선진국(40~45%)에 비해 낮은 수준임
 - 플랜트의 경우 기자재 비용이 총 계약금액의 52~67%로 높은 비중을 차지하므로 국산 기자재를 사용할 경우 수익성 증가할 수 있음¹⁷⁾
 - 플랜트 분야의 기자재 산업의 국산화율은 60.4%이고, 회전기계와 패키지류의 국산화율이 저조함¹⁸⁾

15) 국토교통기술연구개발활동조사, 2011

16) 국토교통기술연구개발활동조사, 2011

17) 플랜트 기자재 국산화 방안, 대한기계학회

18) 플랜트 기자재 국산화 방안, 대한기계학회

<표 2-10> 플랜트 전체 가격 중 기자재의 비중

구분	Oil & Gas	해양	정유	석유화학	발전담수	평균
엔지니어링비	9.0	4.1	10.4	12.3	9.8	9.2
현지공사비	35.0	43.7	32.8	35.3	23.0	33.1
기자재비	56.0	52.1	56.8	52.4	67.2	57.7

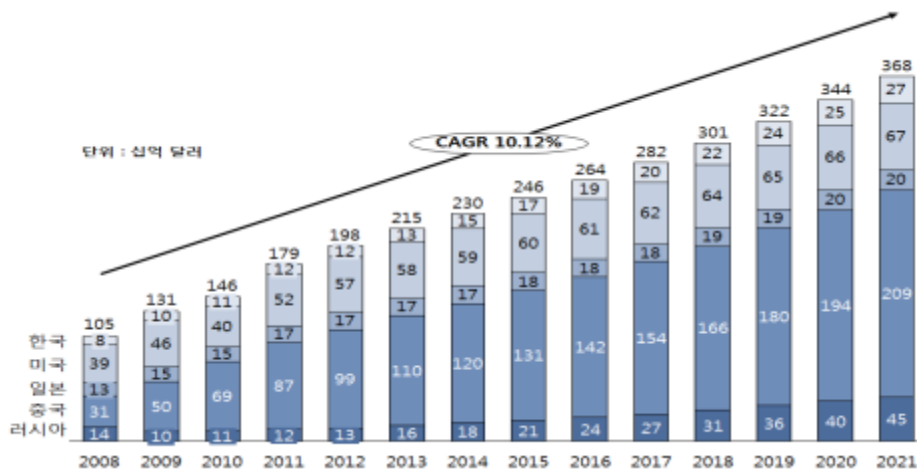
<표 2-11> 플랜트 기자재 종류별 국산화율

구분		기자재 비중 (%)	국산화율 (%)
기계	고정장치	22.7	74.5
	회전장치	15.6	36.1
	패키지류	11.0	38.7
배관	밸브	6.5	51.3
	벌크	14.0	70.4
전기		10.2	78.0
계장		9.4	68.5
기타		10.7	66.4
국산화율 평균			60.4

2. 극한상태 구조특성 실험시설 관련 시장동향

가. 발전소

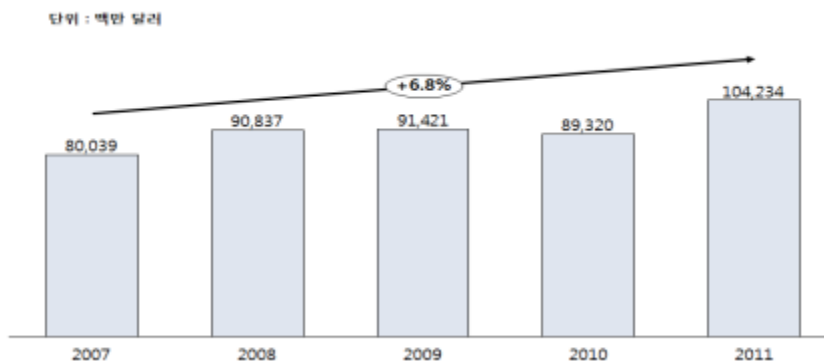
BMI의 2012년 각국 인프라시설 분석보고서에 의하면 주요 5개국(한국, 미국, 일본, 중국, 러시아)의 발전소 시장규모(해외수주 및 국내건설)은 2008년에 1,050억 달러에서 2021년 3,680억 달러로 연평균 10.12% 성장할 것으로 전망함¹⁹⁾



[그림 2-18] 주요5국(한국, 미국, 일본, 중국, 러시아) 발전소 시장 동향(BMI)

나. 석유화학 플랜트

세계 225대 건설 기업들의 석유화학공장 해외수주는 2007년 800억 달러 규모에서 2011년 1,042억 달러 규모로 연평균 6.8% 성장함²⁰⁾



[그림 2-19] 석유화학 플랜트 해외건설 수주 추이

19) BMI Infrastructure Report, Businessmonitor, 2012

20) THE Top 225 International Contractor, ENR, 2008-2012

산유국 중심의 산업설비 확충과 에너지플랜트 수요확산이 지속되고 있음²¹⁾

- 대규모 인프라 투자와 오일 및 가스 다운스트림 분야에 대한 투자확대 등 주요 산업설비의 지속적 발주 예상
 - 사우디아라비아의 경우, “2020 프로젝트”를 통해 2020년까지 석유화학제품의 세계시장 점유율을 15%로 확대할 계획
- 2009~2011년 기간 중 중동지역의 플랜트 발주규모는 약 5,000억 달러에 육박

<표 2-12> 중동지역 플랜트 발주규모

국가명	2009~2011년 누계(백만 달러)
사우디아라비아	152,040
UAE	105,699
이란	90,112
쿠웨이트	61,335
카타르	34,213
이라크	22,423
오만	22,061
바레인	4,445
총 계	492,328

- 부문별로는 오일가스 분야가 2,767억 달러로 전체의 56%를 차지하고, 발전설비 864억 달러, 석유화학설비 861억 달러, 담수설비 102억 달러 순임

글로벌 경기침체의 영향으로 경기침체 및 유가변동 등에 영향을 덜 받는 신흥시장의 중요성이 증대되고 있음²²⁾

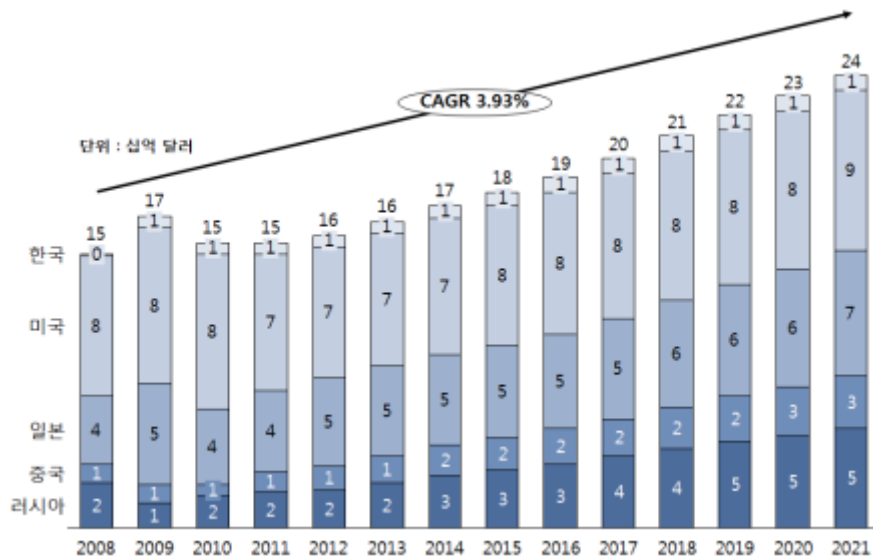
- 중동 플랜트 시장의 1999~2008년 연평균성장률이 12.7%이고, 에너지 수요가 커지면서 오일&가스 및 담수 플랜트 중심으로 성장할 것으로 예상됨
- 러시아와 기타 동유럽권역 플랜트 시장의 1999~2008년 연평균성장률은 29.4%이고, 자원과 관련이 있는 다운스트림 분야를 중심으로 시장이 확대되고 있음
- 아프리카 플랜트 시장의 1999~2008년 연평균성장률이 10.2%이고, 아프리카 플랜트 시장은 에너지 수요 증대로 인해 오일&가스 및 담수 플랜트 중심의 성장이 예상됨

21) '플랜트산업의 기초분석' - 성장동력산업실

22) '플랜트산업의 기초분석' - 성장동력산업실

다. 공항

BMI의 2012년 각국 인프라시설 분석보고서에 의하면 주요 5개국(한국, 미국, 일본, 중국, 러시아)의 공항건설 시장 규모는 2008년에 146억 달러에서 2021년 241억 달러로 연평균 3.93% 성장할 것으로 전망함²³⁾



[그림 2-20] 주요5국(한국, 미국, 일본, 중국, 러시아) 공항건설 시장 동향(BMI)

라. 초고층빌딩²⁴⁾²⁵⁾

초고층빌딩이란 건축법령상 50층이거나 높이 200m 이상의 건축물을 말함

- 구조설계·시공재료·녹색기술 등의 첨단기술의 집합체이고, 민간사업이나 글로벌도시의 Landmark, 일반건물 여러 개를 대체가능하고 국가발전의 심벌로서 공공 성격도 많음

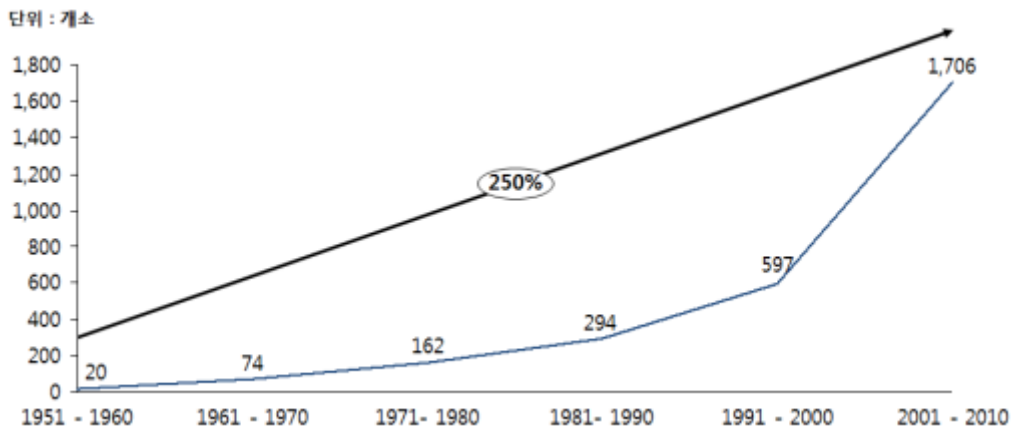
1960년대 이후부터 2000년대까지 50년간 초고층 건축물의 증가율을 분석한 결과, 연평균 250%의 증가율을 보이고 있음²⁶⁾

23) BMI Infrastructure Report, Businessmonitor, 2012

24) 초고층 건설 기술개발 추진현황과 과제, RIST 연구위원 이필원, 2010

25) 랜드마크 국토교통지식정보센터

26) Georges Binder/Marshall Gerometta



[그림 2-21] 초고층빌딩 개수 (1950 - 2010년)

- 2001~2010년에 준공된 초고층 건축물 1,706개에 50년간 초고층 평균증가율인 250%를 적용하면, 2011~2020년간 4,282개의 초고층 건축물이 건설될 것으로 예상됨

한국건설산업연구원에 의하면 2015년까지 초고층 건물 건설에 약 560조원이 투입될 전망이다

마. 초장대교량²⁷⁾

장대교량 시장은 2010년대에는 약 50조원(439억 달러) 규모의 시장이 형성될 것으로 보이며, 유럽이나 북미보다는 한국·일본·중국 등 동북아시아를 중심으로 성장하여, 동북아시아에서만 약 20조원(176억 달러)의 시장이 형성될 것으로 전망함

주경간 200m 이상의 장대교량으로서 국내 시장규모는 1990년대에 8,000억 원 규모에 불과했으나, 2000년대에는 4조 5,000억 원 규모로 성장하였고, 2010년대에는 6조 7,000억 원 규모로 성장할 것으로 전망함²⁸⁾

- 2000년 이후 장대교량 건설이 증가한 원인은 정부가 국토 가용면적 확대와 낙후지역 개발을 위하여 서남해안 개발 사업을 추진하고 있어 서남해안 도서를 연결하는 연육교 및 연도교의 발주 개수가 증가하고 있기 때문임

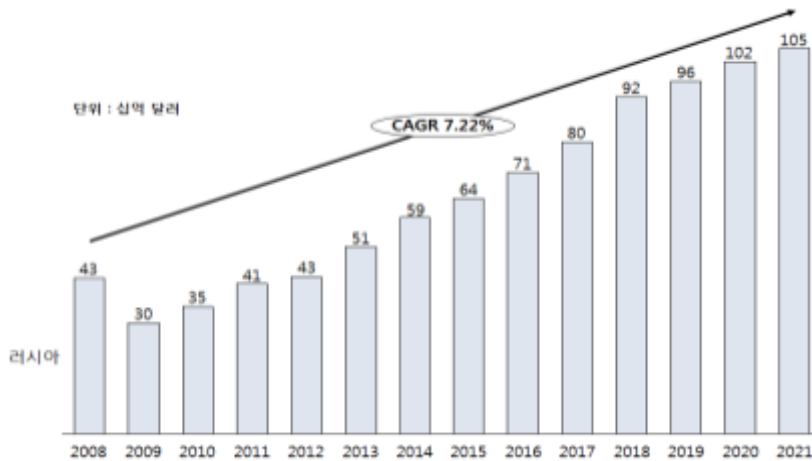
27) 초장대교량사업단

28) 장대교량 해외시장과 기술동향, 국토연구원 문정호, 2009

3. 기후변화 대응 다환경 실험시설 관련 시장동향

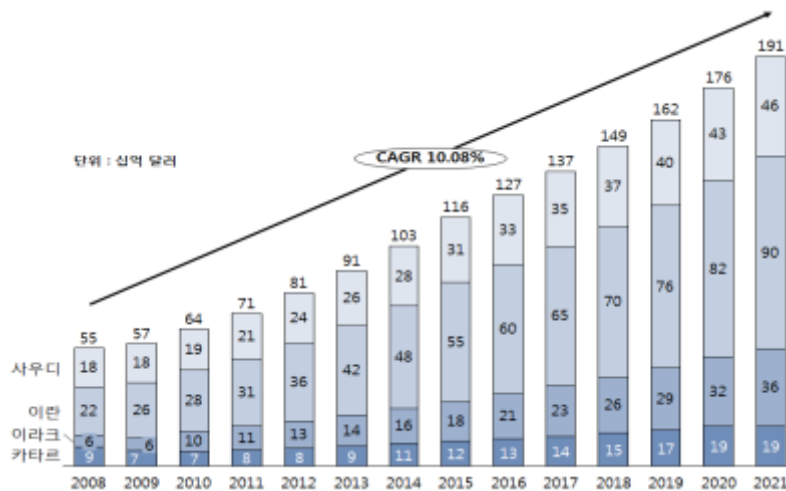
가. 기후별 시장동향²⁹⁾

(극한기후) 러시아는 2014년 소치 동계올림픽, 2018년 피파월드컵 등을 준비하면서 건설시장이 성장하고 있으며, 호텔, 숙박시설 등의 건축시장은 2008년 430억 달러에서 2021년 1,050억 달러 규모로 연평균 7.2% 성장할 것으로 전망됨



[그림 2-22] 러시아 건축시장(2008 - 2021년)

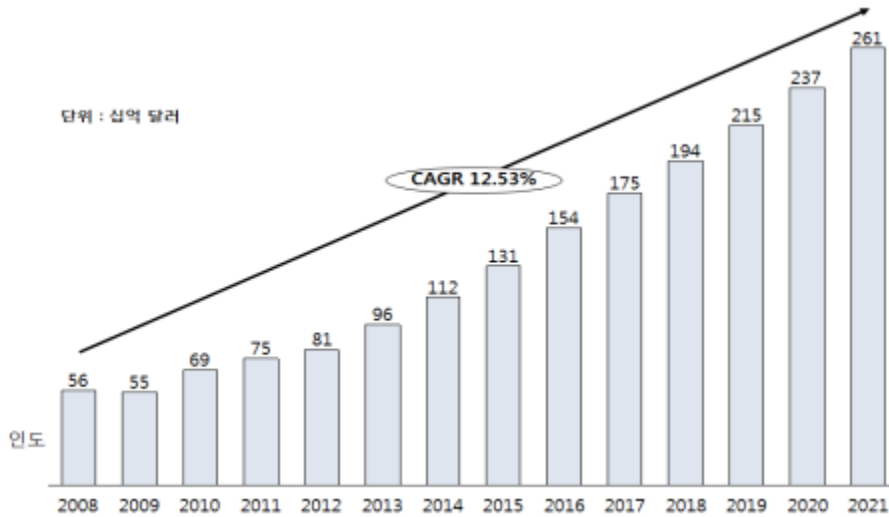
(고온건조기후) 중동 국가인 사우디·이란·이라크·카타르의 건설시장은 오일머니를 바탕으로 빠른 속도로 성장 중이며, 주택·학교·병원 등의 건축 시장은 2008년 550억 달러에서 2021년 1,910억 달러 규모로 연평균 10.08% 성장할 것으로 전망됨



[그림 2-23] 중동 건축시장(2008 - 2021년)

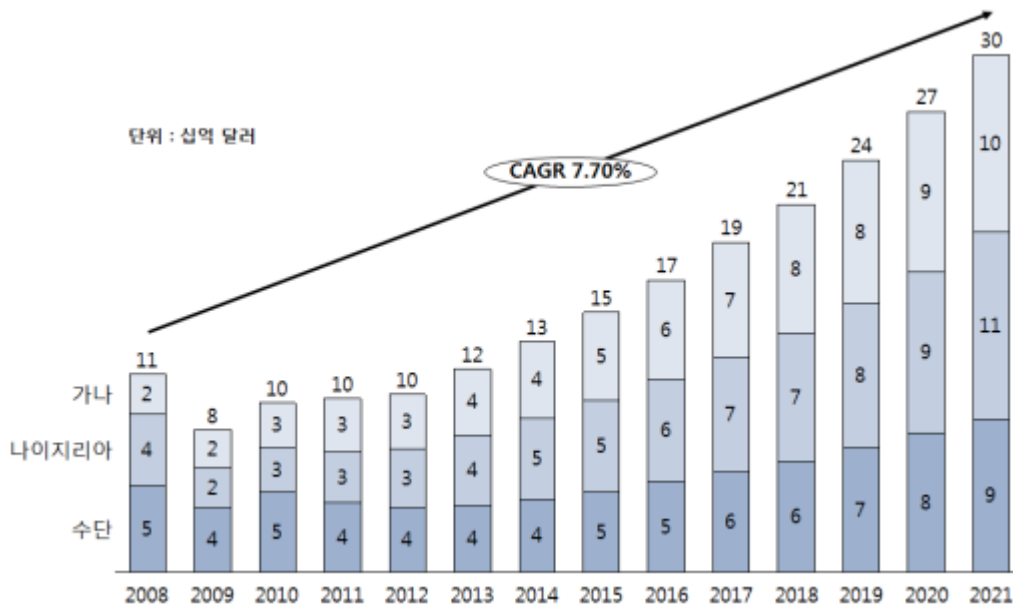
29) BMI Infrastructure Report, Businessmonitor, 2012

(열대몬순기후) 인도는 세계에서 2번째로 인구가 많은 국가이고 인구수가 꾸준히 증가하고 있어, 주택 시장의 성장속도가 빠르며, 2008년 560억 달러에서 2021년 2,610억 달러 규모로 연평균 12.53% 성장할 것으로 전망됨



[그림 2-24] 인도 건축시장(2008 - 2021년)

(극서기후) 가나나이지리아수단과 같은 중앙아프리카 국가들은 천연자원의 수출이 증가함과 동시에 경제 성장이 이루어지고 있으며, 대부분의 건물들이 낡고 열악하여 신축 시장이 성장하고 있는데, 2008년 110억 달러에서 2021년 300억 달러 규모로 연평균 7.7% 성장할 것으로 전망됨



[그림 2-25] 중앙아프리카 건축시장(2008 - 2021년)

나. 건축자재 시장 동향³⁰⁾

세계 건축자재 시장규모는 2010년 약 2조 7천억달러, 그린 건축자재 시장은 2013년 5,710억달러로 추정함

- 주요 건축 자재로는 유리, 기능성 도료 및 석고보드 등이 있음
- 그린 건축자재 시장은 세계 경제침체에도 불구하고 경제적, 정책적 구동력으로 지속적인 성장 중
- 2008년 4,600억달러에서 매년 5% 성장하여, 2013년 5,710억달러로 예측함

2012년 국내 건축자재 시장규모는 약 5조원이고, 2008~2012년까지 연평균 0.9%로 성장 중

- 건설시장 침체에 따른 수요부진 및 중국산 저가 물량공세에 따른 경쟁 심화로 당분간 큰 폭의 상승세는 없을 것으로 전망됨



[그림 2-26] 국내 건축자재 시장 추이

30) 글로벌 건축소재 시장동향 및 전망, 한국세라믹기술원, 2011

4. 대형 수리모형 실험시설 관련 시장 동향³¹⁾³²⁾

가. 물산업 시장 동향

(세계) 물시장은 지속적으로 성장하여 2009년 기준으로 5,000억 달러 규모로 형성되어 있으며, 이후에도 연평균 5.6%의 성장이 전망되고, 2025년에는 약 8,700억 달러로 성장할 것으로 예상됨³³⁾

- 이 중 상하수도 분야는 전체 물시장의 약 85%를 차지하고 있으며, 2025년에는 약 6,430억 달러의 시장 규모가 예상됨

(일본) 정부와 민간기업 간 긴밀한 협력 하에 적극적 물시장 육성

- 2009년 1월 일본 정부와 도래이, 미즈비시 상사 등 28개 민간기업이 수자원 사업을 일본의 수출 산업으로 성장시키기 위한 컨소시엄 구성함
- 경제산업성은 ‘물펀드’를 조성 예정이고, 자금 조성 목표는 1,000억 엔(10억 달러)임
- 2025년 해외 물시장의 6%(약 180억 달러)를 점유한다는 목표 설정함

(중국) 세계 최대 물시장으로의 성장이 예상되고 있는 중국은 1990년대 후반 시장이 형성되어 10여 년의 발전기를 거쳐 성숙단계에 들어서는 시점

- 2020년 기준 상하수도 인프라 시장 480억 달러 규모 전망함
- 초창기에는 베올리아, 수에즈, 템즈워터 등 글로벌 물기업이 주도적 역할을 했으나, 중국기업들이 활발히 참여하기 시작하였으며, 로컬 기업들은 2020년까지 총 91억 달러를 투자할 계획임

(동남아시아) 하수도 보급률이 낮아 투자 잠재력이 큰 시장이며, 국가별로 민영화를 통한 투자유치가 일부 진행 중이거나 개방 준비단계에 있음

- ASEAN 5개국(인도네시아, 태국, 베트남, 말레이시아, 필리핀)의 물시장은 2007년 약 30억 달러에서 2025년에는 약 70억 달러까지 성장할 것으로 전망

(한국) 우리정부는 2010년 10월, 물시장 원천기술 개발과 전문 물기업 육성을 내용으로 하는 「물산업 육성전략」을 수립해 2020년까지 약 3조 4,609억 원(34억 달러)의 예산을 투입할 예정

- 2012년 5월 4일 한국수자원공사는 중국 인촨시에 하천관리 기술과 노하우를 수출함

31) 블루골드 물산업, 유망 사업 분야 및 진출전략, 2010, 한국무역협회 장현숙 연구원

32) 물산업 동향과 전망, 2011, 한국정책금융공사 산업분석팀

33) '블루골드 물산업, 유망 사업 분야 및 진출전략', 한국무역협회, 2010-'Global Water Intelligence' 인용함

- 전 세계적으로 홍수와 가뭄 등 기후변화로 인한 하천관리의 중요성이 커지고 있고, '4대강 살리기 사업'이 기후변화 등에 대비한 성공적 하천관리 모델로서 벤치마킹 대상이 되고 있음

나. 댐 시장 동향

(세계) 시장조사 전문기관인 Visiongain에 따르면, 세계 신규 수력발전 프로젝트는 2011년 기준 565억1천만 달러로 추정되고, 수력발전은 전 세계 전력의 1/6을 담당하고 있고 지속적인 시장 확대와 댐 건설 증가 및 크기 확대가 예상된다³⁴⁾

(한국) 국토교통부는 10년 동안(2012 - 2021년) 3조 원의 예산을 들여 전국에 총 14개의 댐을 건설하는 내용의 '댐 건설 장기 계획'을 확정함³⁵⁾

- 국토부는 수자원 확보와 홍수 예방을 위해 2021년까지 한강·낙동강·금강 등 수계에 중소규모 댐 6개와 지자체가 건의한 소규모 댐 8개를 신규로 건설할 예정

- 4개의 다목적댐을 건설해 연간 1억 900만m³의 용수를 확보할 방침

- 2개의 홍수조절댐을 건설해 4개의 다목적댐과 함께 총 2억 3,700만m³의 홍수조절 능력을 확보할 계획

- 국토부는 환경 파괴와 사업부지 부족 문제 등을 감안해 대규모 신규 댐 건설은 최소화하고 4대강 살리기 사업의 혜택을 받지 못해 홍수·가뭄이 예상되는 곳을 중심으로 후보지를 선정함

- 4대강 살리기 사업에서 중규모 다목적 댐인 송리원댐과 보현댐 건설에 1.7조원이 투입됨³⁶⁾

- 다목적댐 건설을 통해 용수공급용량 및 홍수조절능력 확대를 도모할 예정임

(미국) 지난 2008~2009년 미국 연방 에너지규제위원회(FERC, Federal Energy Regulatory Commission)는 500개가 넘는 수력발전 건설을 위한 예비허가서를 발급했으며 2012년까지 122개의 건축 허가를 발급하였고, 댐 건설도 증가추세임³⁷⁾

- 미국 내에는 수력발전 전력을 생산할 수 있는 총 13만여 개 시설이 설치됐으며, 2025년까지 2만3천 MW의 전력이 개발될 것으로 추산됨

- 앵커리지(Anchorage)와 페어뱅크스(Fairbanks) 중간에 세워질 700피트 높이의 서시트나 리버 댐(Susitna River dam)은 오는 2023년 완공될 예정으로, 이 사업은 45억 달러 규모의 프로젝트임

34) 미국 수력발전 지속 성장 예상, 워터저널, 2012.05

35) 댐 건설 장기계획, 국토해양부, 2011

36) 4대강살리기사업이 건설업과 후방산업에 미치는 영향 분석, 하나금융경영연구소, 2010

37) 세계는 댐 해체, 한국은 4대강 '박차', Economy Insight, 2011.11

(중국) 전력의 약 17%가 수력 에너지를 사용하고 있고, 2013년 기준 길이 14미터 이상인 댐만 5만개 이상이고, 2020년까지 수자원 기반 시설에 6,350억 달러를 투자하여 이의 약 33%를 댐과 저수지 건설에 사용할 계획임³⁸⁾

- 최고 높이 203미터, 총 저수용량이 15억m³, 설비용량이 1,900MW 규모인 후양딩 수력발전소 크기의 대규모 댐을 2015년까지 7개 건설할 예정임

(알제리) 국가개발 장기비전인 SNAT 2025(Schema National d'Amenagement du Territoire 2025)을 통해 지속가능한 수자원의 활용을 위한 물부족 해소· 지역간 수자원 불균형 해소·수질개선·합리적 수자원 분배·물관리 체계 개선 등 5대 액션플랜을 수립하여 추진 중³⁹⁾

- 안정적인 수자원 공급을 위한 13개의 댐건설을 통해 약 20억 t의 수자원을 확보할 예정

(모잠비크) 전력을 수입하고자 하는 국가(남아공, 말라위, 짐바브웨)의 전력 수요가 빠르게 증가하고 있어, 미개발된 수자원을 활용하여 발전용량을 증설하는 댐 건설을 계획하고 있음⁴⁰⁾

- Lupata, Boroma, Ressano 등 8군데에서 댐 건설을 계획하고 있음

- Cahora Bassa North의 수력발전소는 2017년까지 1,245MW가량 전력생산량을 늘릴 예정임

(앙골라) 2012년 2억7900만 달러 규모의 60MW급 고브 댐 발전소 건설을 시작함⁴¹⁾

- 앙골라 정부는 전체 앙골라 인구 가운데 30%만 전기를 공급받고 있어, 2016년까지 발전소와 송배선 분야에 170억 달러를 투자할 예정임

(일본) 1997년 하천법을 개정해 생물의 다양한 서식 환경 확보와 물순환 확보, 강과 지역주민의 관계 재구축 등의 하천정책으로 댐 건설 사업 중지, 댐 제거 등을 진행함⁴²⁾

- 2009년 기준 2845개의 댐이 있는데, 대부분의 댐이 건설한지 30~50년 가량됐고 환경과피 등의 이유로 신규 댐 건설보다는 기존 댐의 활용 극대화과 수명 연장이 주된 과제임

다. 보 건설 시장 동향

(한국) 4대강사업에서 16개의 보 설치에 투입되는 비용은 1.5조 원으로, 1개의 보 공사 당 평균 약 1,000여억원 소요

38) BIM모델 기반 디자인 : 중국 댐 건설사업 가속화, 국토일보, 2013.05

39) 떠오르는 북아프리카 물시장, 김남희 한국환경산업기술원, 2010

40) 모잠비크의 전략적 가치 및 유망사업, 전홍민 경제개발실장 KDS, 2012

41) 해외건설동향_앙골라, 건설경제, 2012.08

42) 세계는 댐 해체, 한국은 4대강 '박차', Economy Insight, 2011.11

(오스트리아) 다뉴브강(350km)에는 10여개의 댐과 보 건설로 친수환경 조성으로 조류, 어류, 야생동물의 서식처 증대

(독일) 2009년 뮌헨(Izar강 33km)시에도 33개의 보를 통해 하천복원

라. 준설 건설 시장 동향⁴³⁾

준설이란 하천이나, 항만 내 부두 및 항로의 적정 수심을 확보하기 위하여 물밑의 토사, 암석을 파내는 것으로, 이 작업을 하는 이유는 보를 설치할 경우 물의 수위가 높아져 범람할 우려가 있기 때문에 바닥 높이를 낮추기 위한 목적임

(세계) 준설시장 규모는 2007년 약 170억 달러이며, 지역별로 보면 중동이 33%, 유럽 18%, 중국 16% 등 약 67%를 차지하고 있고, 목적별로 보면 환경관련 하천·호소 준설이 19%를 차지함

- 최근 중동·BRICS의 경제개발이 가속되면서 시장규모는 2000년 대비 거의 두 배가량 커졌고, 향후 준설시장은 해운운송의 지속적인 증가와 지구온난화로 인한 해수면 상승 및 에너지사업 증가에 의해 지속적인 성장세가 전망됨

(한국) 4대강사업에서 준설공사에 투입되는 사업비가 5.2조원으로 총 사업비 중 24%에 달해 가장 큰 비중을 차지함

(네덜란드) “Room for the River” 사업으로 홍수터 및 주수로 준설로 홍수방어 능력 증대

(일본) 요도가와는 하천복원사업('08년)으로 하상토(최대 4m) 준설과 하폭확장(120m→300m)으로 홍수에 대응

마. 투수성 포장재⁴⁴⁾

빗물유출 억제시설의 의무화에 따라 국내 포장공사는 투수성 포장재 활용의 확대되고 있으며, 국내 투수성 포장재 시장규모를 보면 2009년 기준 약 4,500억 원임

- 대형건물, 공장, 목욕탕 등 공공시설물에서 대량의 지하수 사용에 따라 지하수가 고갈되어 지반의 변형이 예상되고, 불투수성 포장재에 의해 도심의 폭우 시 우수 등의 유입에 따른 하천범람 등이 우려되어 투수성 포장재의 사용이 급증하고 있음

43) 국내의 준설의 현황 및 미래, Korea Water Resources Association, 2010

44) 투수콘크리트 현장품질관리 지침서 개발에 관한 연구, 한국건축시공학회, 2009

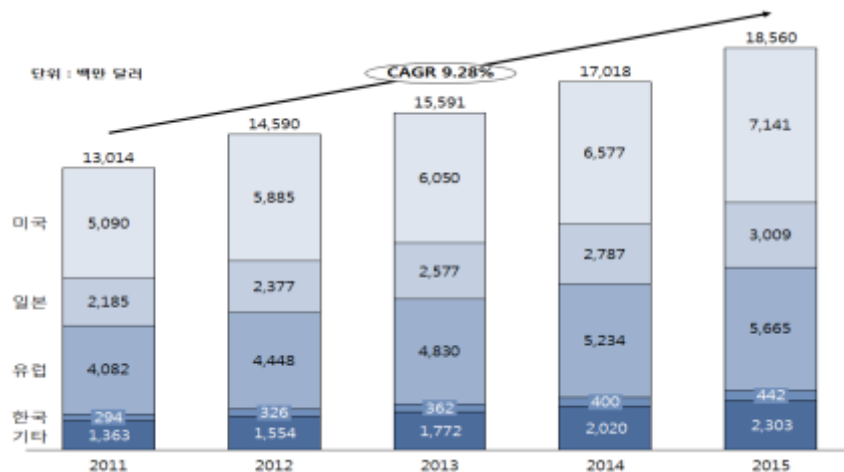
5. 종합도로시험장 실험시설 및 도로주행 시뮬레이터 실험시설 관련 시장동향

가. ITS⁴⁵⁾46)

교통수단 교통시설에 전자제어 및 통신 등 첨단교통기술과 교통정보를 개발 및 활용함으로써 교통체계의 운영 및 관리를 과학화·자동화하고, 교통의 효율성과 안전성을 향상시키는 교통체계를 말함

- 교통상황에 따라 실시간 대응하는 신호운행을 통해 차량 지체를 최소화해 교통혼잡을 개선
- 각종 교통 법규 위반 단속 및 위험요소에 대처할 수 있는 경고 시스템을 통해 교통안전을 개선
- 교통소통개선 및 과속운전방지 등을 통해 에너지 소비 및 배기가스를 감소시킴으로써 교통환경을 개선

글로벌 ITS 시장 규모는 2011년부터 2015년까지 연평균 9.3%의 성장률을 기록하며 185억 6,100만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망함⁴⁷⁾



[그림 2-27] ITS 시장규모 (2011- 2015)

- 한국은 글로벌 시장 연평균 성장률보다 높은 10.7%의 성장률을 기록하면서 2015년 4억 4,200만 달러의 시장을 형성할 것으로 전망됨
- 글로벌 ITS 시장은 미국, 일본, EU 등 선진국들이 주도할 것으로 전망되지만, 중국이 동 기간 연평균 18%의 성장률을 기록하면서, 새로운 ITS 강국으로 발돋움할 전망이다(5.74억 달러 → 11.14억 달러)

45) ITS/텔레매틱스 관련표준기술 및 시장동향 - 한국과학기술정보연구원 박세환

46) 국내외 지능형 교통 시스템 시장 현황 및 전망 - 한국방송통신전파진흥원 - 2012

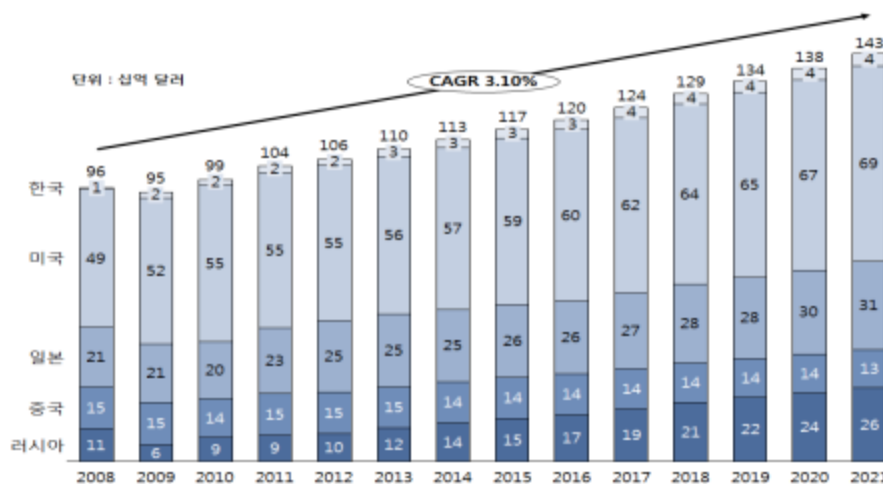
47) Global Industry Analysts, Inc. - 2010

글로벌 ITS 시장은 각 국가의 정책적 지원과, 스마트폰 보급 확대, 녹색성장에 대한 관심 고조, 새로운 교통수단의 출현, 개발도상국가들의 ITS 투자 활성화 등에 힘입어 지속적인 성장세를 이어갈 전망이다

- 글로벌 주요 국가들은 국가적 차원의 투자와 민간 기업과의 협업을 통해서 적극적으로 ITS 구축 프로젝트를 진행하고 있음
- 최근에는 중국, 인도, 러시아 등의 BRICs 국가들의 ITS 구축이 활발히 진행되고 있고, 통신 기술이 기하학적으로 발전하고 있음에 따라, ITS 시장의 성장 속도는 가속화될 전망이다

나. 도로 및 교량

BMI의 2012년 각국 인프라시설 분석보고서에 의하면 주요 5개국(한국, 미국, 일본, 중국, 러시아)의 도로 및 교량 건설 시장규모는 2008년에 960억 달러에서 2021년 1,430억 달러로 연평균 3.10% 성장할 것으로 전망함



[그림 2-28] 도로 및 교량 시장현황

제3절 기술적 필요성

1. 기술수준

국내 건설교통 분야 기술수준은 전반적으로 낮은 실정이며, 엔지니어링 분야의 핵심기술인 원천기술 및 기본설계기술의 경쟁력이 취약함

- 국내 건설교통 기술수준은 궁극기술 대비 평균 61.8%이며, 최고기술보유국 대비 기술격차는 16.6%(4.8년)임⁴⁸⁾
- 엔지니어링 분야 최고기술국(미국=100%) 대비 원천기술 수준은 72.8%, 기본설계기술 수준은 73.4%로 취약하며, 유럽·일본에 비해서도 다소 열등한 수준임⁴⁹⁾

<표 2-13> 경쟁국과의 건설기술수준 비교 (미국 = 100%)

(단위: %)

국가	원천기술	기본설계 기술	상세설계 기술	기자재	시공관리
EU	92.3	91.1	91.3	87.1	88.2
일본	90.3	88.4	89.1	87.2	88.2
한국	72.8	73.4	85.0	81.5	82.6

극한상태 구조특성 실험시설과 관련된 건설기술 분야의 기술수준은 최고기술국 대비 평균 70% 이하 수준임

- ‘원전 안전조치 및 방재기술’ 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국의 기술수준은 70.4%임⁵⁰⁾
- ‘초고층빌딩 친환경방재안전 기술’ 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국의 기술수준은 67.9%임⁵¹⁾
- ‘미개척 극한지 자원이송 설계기술’ 분야의 한국 기술수준은 65%임⁵²⁾
- ‘해저생산 플랜트 설계 안전성 평가 및 심해 설치기술’ 분야의 기술 선도국은 미국/노르웨이이며, 한국의 기술수준은 70% 이하임⁵³⁾

48) 제5차 건설기술진흥 기본계획, 국토해양부, 2012

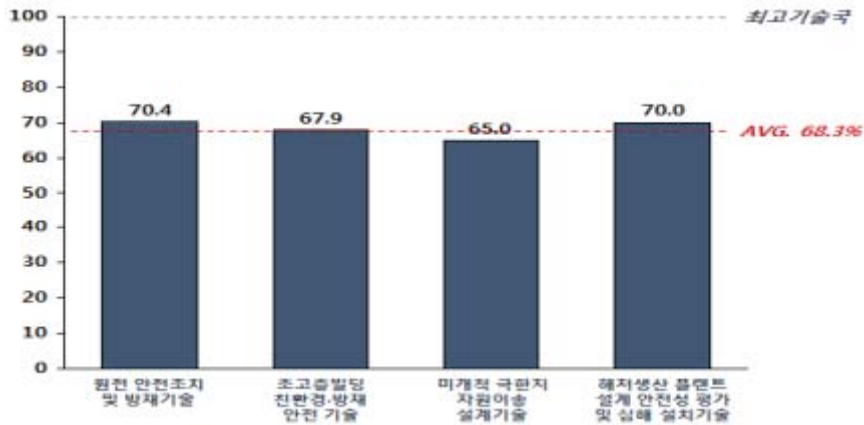
49) 엔지니어링플랜트기술센터, 2011 / 제5차 건설기술진흥 기본계획, 국토해양부, 2012

50) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

51) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

52) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

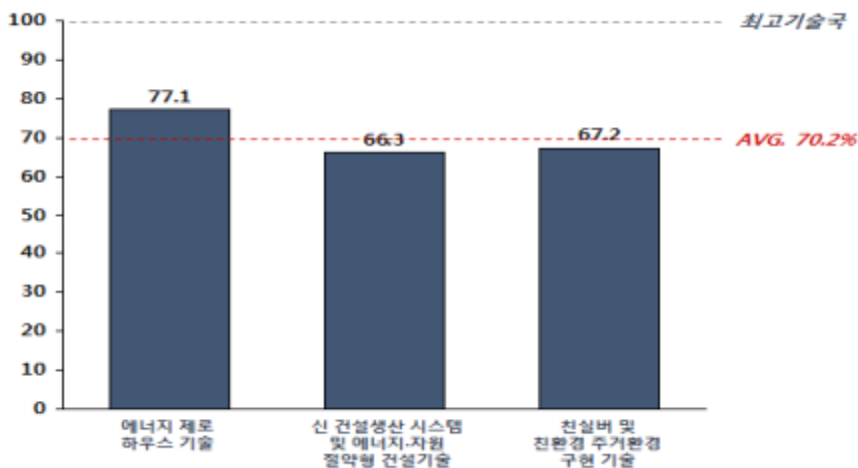
53) 해저생산 플랜트 설계 안정성 평가 및 심해 설치기술 개발 특허동향, 특허청, 2009



[그림 2-29] 극한상태 구조특성 실험시설 관련 기술수준

기후변화대응 다환경 실험시설과 관련된 건설기술 분야의 기술수준은 최고기술키오 대비 평균 70% 수준임

- ‘에너지 제로 하우스 기술’ 분야의 최고기술키오는 EU이며, 한국의 기술수준은 77.1%임⁵⁴⁾
- ‘신 건설생산 시스템 및 에너지·자원 절약형 건설기술’ 분야의 최고기술키오는 미국이며, 한국의 기술수준은 66.3%임⁵⁵⁾
- ‘친실버 및 친환경 주거환경 구현 기술’ 분야의 최고기술키오는 EU이며, 한국의 기술수준은 67.2% 임⁵⁶⁾



[그림 2-30] 기후변화대응 다환경 실험시설 관련 기술수준

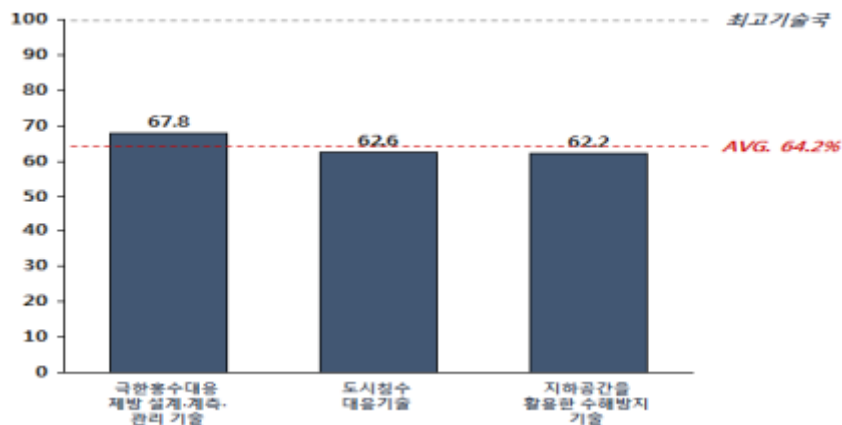
54) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

55) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

56) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

대형 수리모형 실험시설관 관련된 건설기술 분야의 기술수준은 최고기술국 대비 평균 64% 수준임

- ‘극한홍수대응 제방 설계·계측·관리 기술’ 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국의 기술수준은 67.8%임⁵⁷⁾
- ‘도시침수대응기술’ 분야의 최고기술국은 일본이며, 한국의 기술수준은 62.6%임⁵⁸⁾
- ‘지하공간을 활용한 수해방지 기술’ 분야의 최고기술국은 일본이며, 한국의 기술수준은 62.2%임⁵⁹⁾



[그림 2-31] 대형 수리모형 실험시설 관련 기술수준

종합도시시험장 실험시설과 관련된 건설기술 분야의 기술수준은 최고기술국 대비 평균 79% 수준임

- ‘지능형 차량시스템 통합관리 및 성능 평가 기술’ 분야의 최고기술국은 일본이며, 한국의 기술수준은 80.9%임⁶⁰⁾
- ‘ITS 기술’ 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국의 기술수준은 96.1%임⁶¹⁾
- ‘안전지향형 교통 환경 개선 기술’ 분야의 최고기술국은 EU이며, 한국의 기술수준은 71.6%임⁶²⁾
- ‘교통연계 시스템 기술’ 분야의 최고기술국은 EU이며, 한국의 기술수준은 81.5%임⁶³⁾
- ‘인간중심 교통수단’ 분야의 최고기술국은 미국이며, 한국의 기술수준은 66%임⁶⁴⁾

57) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

58) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

59) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

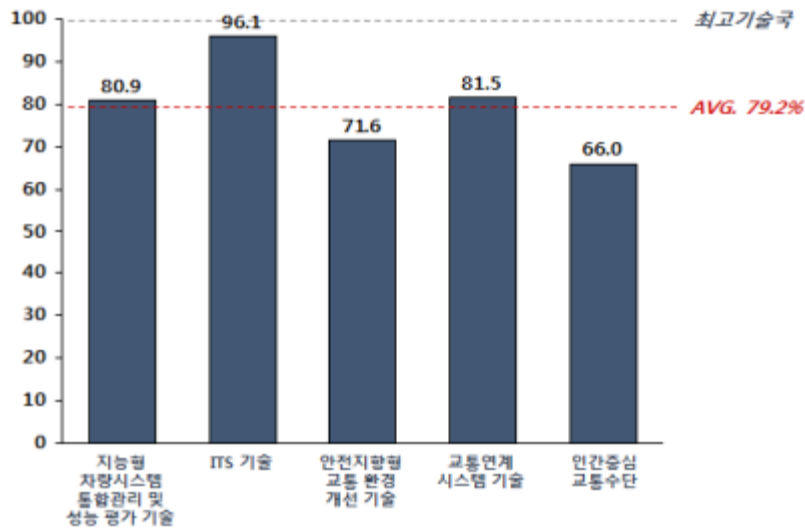
60) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

61) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

62) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

63) 기술수준평가 보고서, KISTEP, 2010

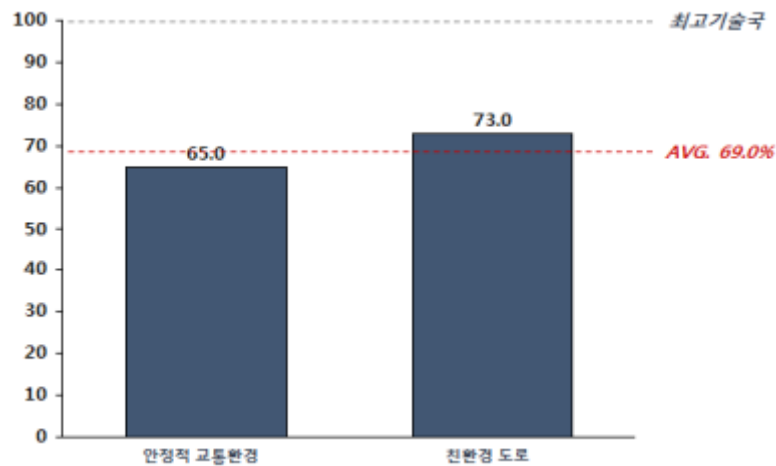
64) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012



[그림 2-32] 종합도로시험장 실험시설 관련 기술수준

도로주행 시뮬레이터 실험시설과 관련된 건설기술 분야의 기술수준은 최고기술품국 대비 평균 69% 수준임

- ‘안정적 교통환경’ 분야의 최고기술품국은 미국/일본/EU이며, 한국의 기술수준은 65%임⁶⁵⁾
- ‘친환경 도로’ 분야의 최고기술품국은 미국/일본/EU이며, 한국의 기술수준은 73%임⁶⁶⁾



[그림 2-33] 도로주행 시뮬레이터 실험시설 관련 기술수준

65) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

66) 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2012

2. 국가연구개발과제 분석

가. 분석방법

최근 3년(2010~2012) 동안 수행된 국가연구개발 과제 중 건설연구인프라 2단계 실험시설과 연관성을 갖는 과제에 대하여 분석을 수행함

- 국가연구개발과제 DB는 국가과학기술지식정보 서비스인 NTIS⁶⁷⁾ DB를 활용함
- 실험시설 별 주요 키워드가 과제명에 포함된 과제 중 실험시설과 연계성을 갖는 과제 목록을 도출함
 - 키워드는 각 실험시설 전문가 그룹에서 도출함
 - 과제명에 최소 1개의 키워드가 포함되어 있는 과제를 대상으로 1차 List를 도출함
 - 1차 List에 대하여 실험시설 별 전문가 그룹에서 실험시설과의 연계성을 검토하여 최종 List를 도출함
- 도출된 과제 목록에 대하여 연구개발 수행 주체별(출연연구소, 중소기업, 대기업, 대학, 국공립 연구소, 기타)로 연도별 총 과제 수 및 총 연구비를 분석함

<표 2-14> 국가연구개발과제 분석에 이용된 실험시설별 키워드

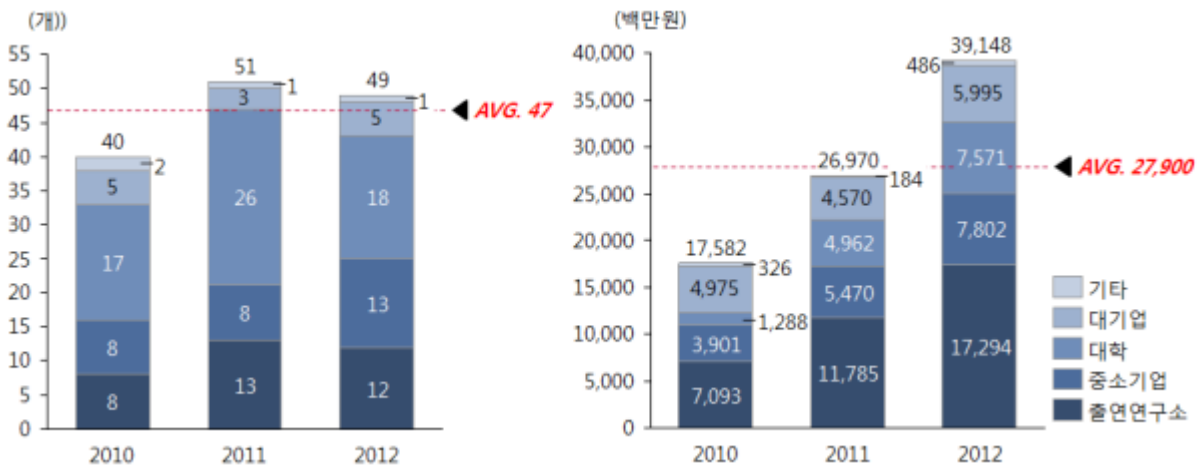
구분	키워드
극한상태 구조특성 실험시설	충격, 충돌, 폭발, 극한, 극저온, 극고온, 고압, 진공, 우주, 극지, 심해, 해저
기후변화대응 다환경 실험시설	기후, 공조, 냉방, 난방, 단열, 에너지절감, 에너지절약, 그린홈, 녹색빌딩, 실내공기질, 외장재, 내장재, 창호, 배관, 덕트, 에너지효율, 에너지성능, 기밀, 열교, 열환경, 환기, 열교환기
대형 수리모형 실험시설	수리, 치수, 하천, 저수지, 호안, 댐, 제방, 토석류, 산사태, 침수, 홍수, 범람, 준설, 저류, 탁수, 성층, 수리모형, 수공구조물, 부정류 공급장치, PIV, ADV, LDA, ADCP, LSPIV
종합도로시험장 실험시설	도로, 교통, 주행, ITS, 포장가속시험, 교통안전, 악천후재현, 충돌실험
도로주행 시뮬레이터	도로, 교통, 주행, ITS, 시뮬레이터, 시뮬레이션, 도로시설물, 주행실험, 가상주행실험, 운전자특성, 운전자행태, 인간공학, 운전자반응시간

67) www.ntis.go.kr

나. 분석결과

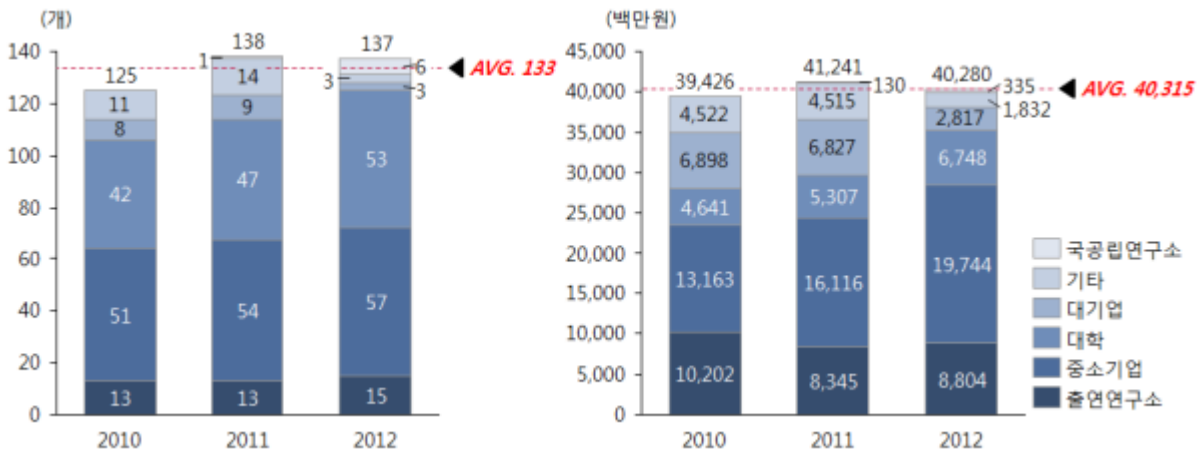
실험시설이 구축되기 전임에도 불구하고 실험시설 관련된 연구가 상당수 진행되고 있어, 건설연구인프라 2단계 실험시설의 활용 수요가 있음을 확인함

- ‘극한상태 구조특성 실험시설’ 관련 분야의 국가연구개발과제를 평균 47건 수행하고 있으며, 연구비는 매년 평균 279억 투자하고 있음



[그림 2-34] ‘극한상태 구조특성 실험시설’ 관련 국가연구개발과제의 연도별/연구수행주체별 과제수(좌) 및 총 연구비(우)

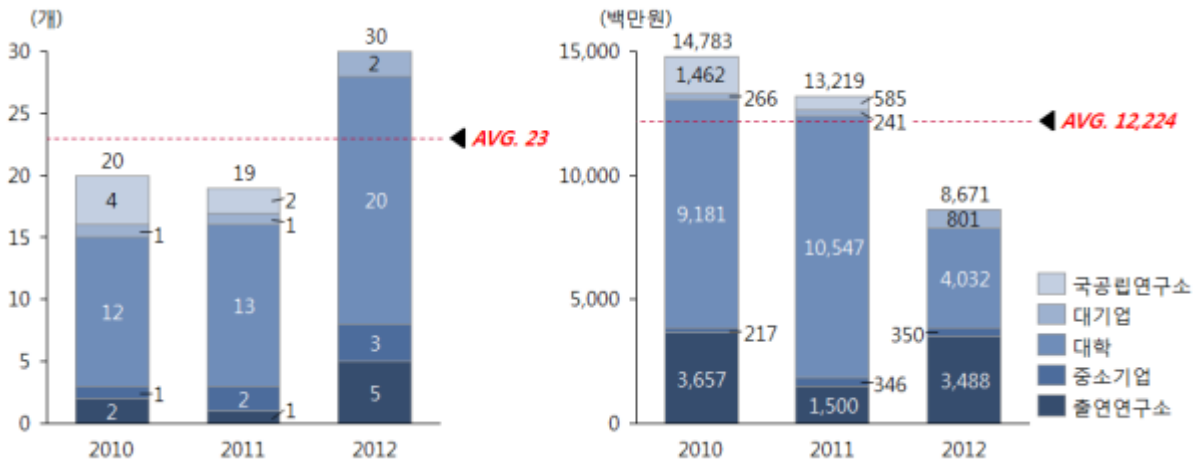
- ‘기후변화대응 다환경 실험시설’ 관련 분야의 국가연구개발과제를 평균 133건 수행하고 있으며, 연구비는 매년 평균 403억 1,500만원 투자하고 있음



[그림 2-35] ‘기후변화대응 다환경 실험시설’ 관련 국가연구개발과제의 연도별/연구수행주체별 과제수(좌) 및 총 연구비(우)

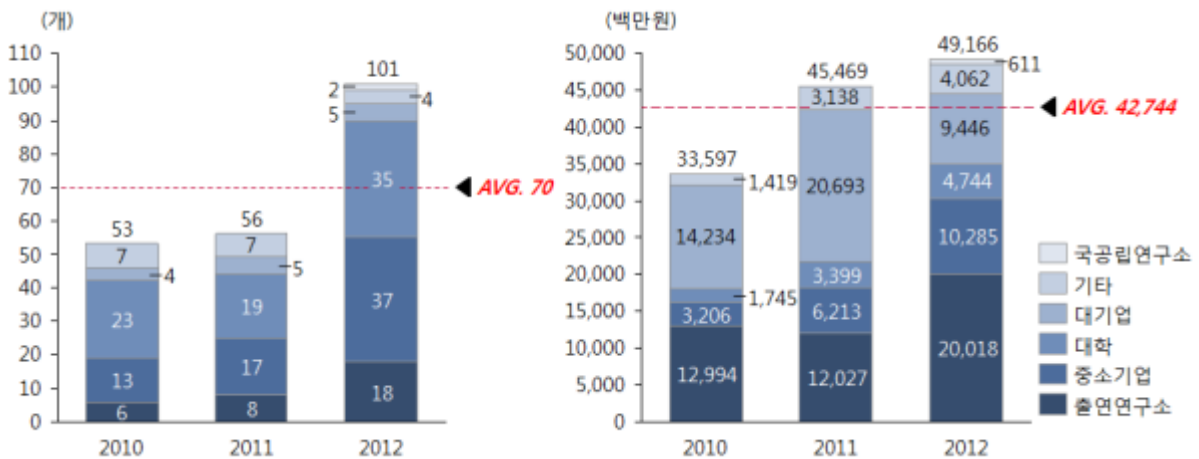
● ‘대형 수리모형 실험시설’ 관련 분야의 국가연구개발과제를 평균 23건 수행하고 있으며, 연구비는 매년 평균 122억 2,400만원 투자하고 있음

- 국공립연구소에서 수행하는 과제가 2011년에 모두 종결되고 대기업에 투자되었던 연구비가 감소하면서 연구비의 총액은 감소추세를 보임



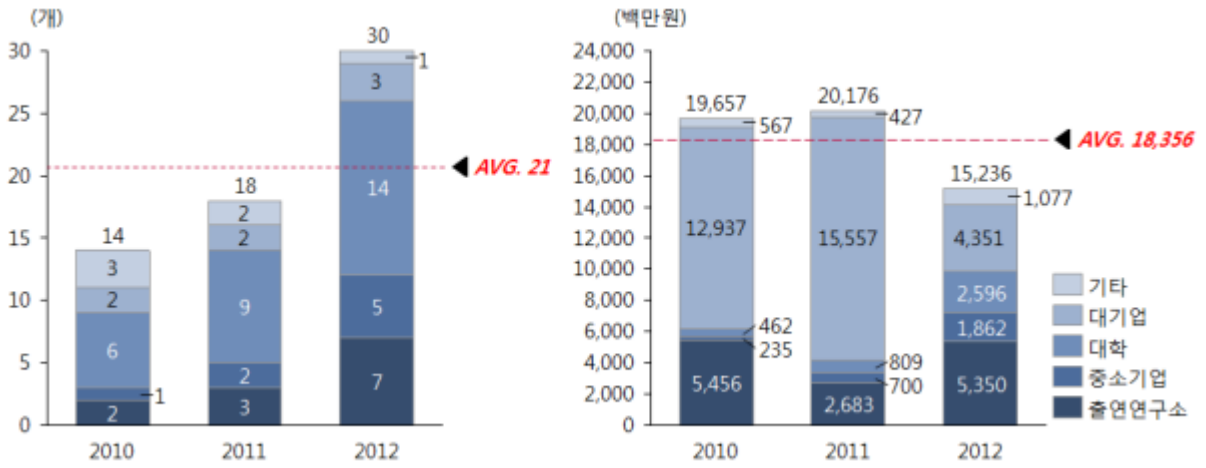
[그림 2-36] ‘대형 수리모형 실험시설’ 관련 국가연구개발과제의 연도별/연구수행주체별 과제수(좌) 및 총 연구비(우)

● ‘종합도로시험장 실험시설’ 관련 분야의 국가연구개발과제를 평균 70건 수행하고 있으며, 연구비는 매년 평균 427억 4,400만원 투자하고 있음



[그림 2-37] ‘종합도로시험장 실험시설’ 관련 국가연구개발과제의 연도별/연구수행주체별 과제수(좌) 및 총 연구비(우)

● ‘도로주행 시뮬레이터’ 관련 분야의 국가연구개발과제를 평균 21건 수행하고 있으며, 연구비는 매년 평균 183억 5,600만원 투자하고 있음



[그림 2-38] ‘도로주행 시뮬레이터 실험시설’ 관련 국가연구개발과제의 연도별/연구수행주체별 과제수(좌) 및 총 연구비(우)

3. 논문 분석

최근 5년(2008~2012년) 동안 국내외 SCI급 저널에 실린 논문들 중 건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 논문에 대하여 분석을 수행함

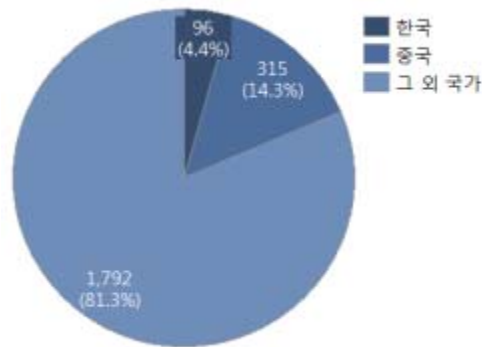
- 논문 분석은 Thomson Reuter사의 Web of Science DB를 활용함
- 각 실험시설별 키워드는 실험시설 별 전문가 그룹이 도출하였으며, 도출된 키워드를 조합한 검색식을 통해 관련 논문을 추출함
- 각 실험시설과 관련된 학문분야를 필터링하여 결과의 신뢰성을 높임

<표 2-15> 논문분석에 이용된 실험시설별 검색식 및 학문분야

구분	검색식	학문분야
극한상태 구조특성 실험시설	(extreme or abnormal or critic*) and (state* or load* or temperature* or pressure or vacuum or coldest and heat or impact or shock or crash* or collision or blast or explosion) and (damage or destruct* or deform* or performance* or behavior) and (structure or material*)	Engineering Construction Building Technology
기후변화 대응 다환경 실험시설	(building or indoor) and (energy or temperature* or thermal* or air) and (consumption or conservation or efficien* or effect* or performance* or green or qualit*) and (heat* or cool*)	Engineering Construction Building Technology Architecture
대형 수리모형 실험시설	(river* or reservoir* or shore*) and (flow or flood* or discharg* or dredg* or bank* or protect* or control* or system*) and (stratif* or physical* or hydraulic* or unstead*) and (model* or structure*)	Engineering Water resource
종합도로시험장 실험시설	(road or street* or roadscape or streetscape or traffic* or driv* or human or facilit* or utilit* or restraint* or capac* or flow* or its) and (behav* or character* or safety* or crash* or geometric* or weather*) and (proving near ground or track* or testbed)	Enginerring Transportation
도로주행 시뮬레이터	(road or roadscape or streetscape or human near factor or driving* or drive* or driver) and (facilit* or utilit* or traffic or behavior* or character* or safet*) and (simulation or simulator)	Enginerring Transportation

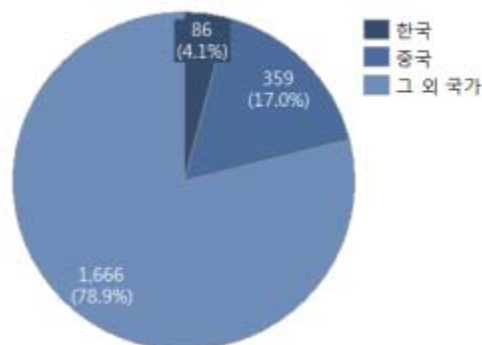
건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 전체 논문 중 국내 학술지에 게재된 논문의 비중은 매우 낮음

- 전체 논문 중 국내 학술지 논문의 비중은 2~5% 수준이며, 이는 중국에서 발표된 논문의 비중인 10~16%에 비해서도 낮은 수준임
- 극한상태 구조특성 실험시설과 관련된 2,203개의 논문 중 국내에서 발표된 논문은 96개(4.4%)이고, 중국에서 발표된 논문은 315개(14.3%)임



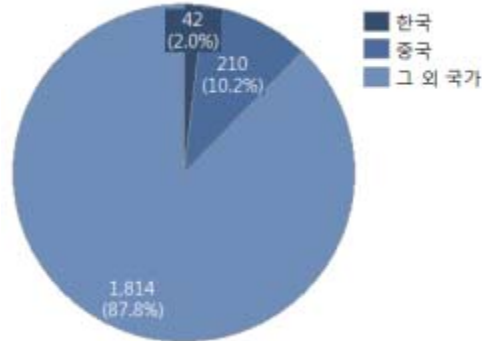
[그림 2-39] 극한상태 구조특성 실험시설 관련 국내외 논문 수 (2008년~2012년)

- 기후변화대응 다환경 실험시설과 관련된 2,111개의 논문 중 국내에서 발표된 논문은 86개(4.1%)이고, 중국에서 발표된 논문은 359개(17%)임



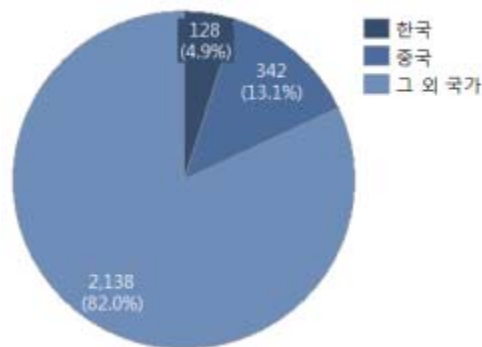
[그림 2-40] 기후변화대응 다환경 실험시설 관련 국내외 논문 수 (2008년~2012년)

- 대형 수리모형 실험시설과 관련된 2,066개의 논문 중 국내에서 발표된 논문은 42개(2%)이고, 중국에서 발표된 논문은 210개(10.2%)임



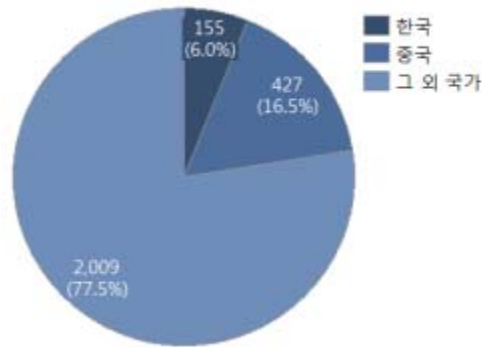
[그림 2-41] 대형 수리모형 실험시설 관련 국내외 논문 수 (2008년~2012년)

- 종합도로시험장 실험시설과 관련된 2,608개의 논문 중 국내에서 발표된 논문은 128개(4.9%)이고, 중국에서 발표된 논문은 342개(13.1%)임



[그림 2-42] 종합도로시험장 실험시설 관련 국내외 논문 수 (2008년~2012년)

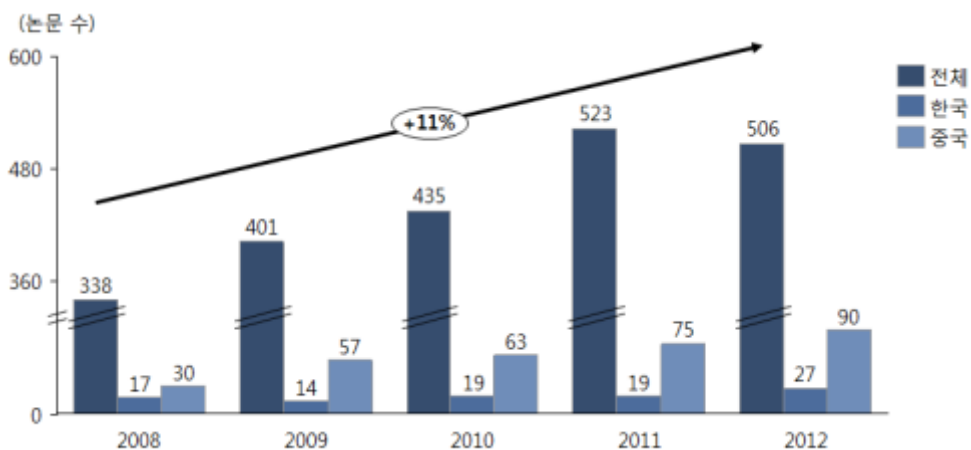
- 도로주행 시뮬레이터 실험시설과 관련된 2,591개의 논문 중 국내에서 발표된 논문은 155(6%)이고, 중국에서 발표된 논문은 427개(16.5%)임



[그림 2-43] 도로주행 시뮬레이터 실험시설 관련 국내의 논문 수 (2008년~2012년)

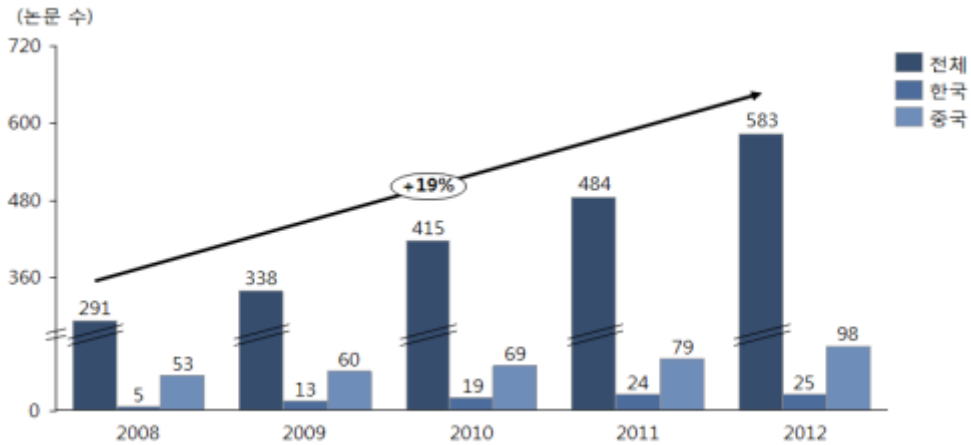
건설연구인프라 2단계 실험시설과 관련된 분야의 논문의 수는 지속적으로 증가하고 있어 관련분야의 학술적 중요성이 점차 증대됨을 확인할 수 있음

- 극한상태 구조특성 실험시설 관련 국내의 논문은 2008년 338개에서 2012년 523개로 연평균 11% 증가하였음



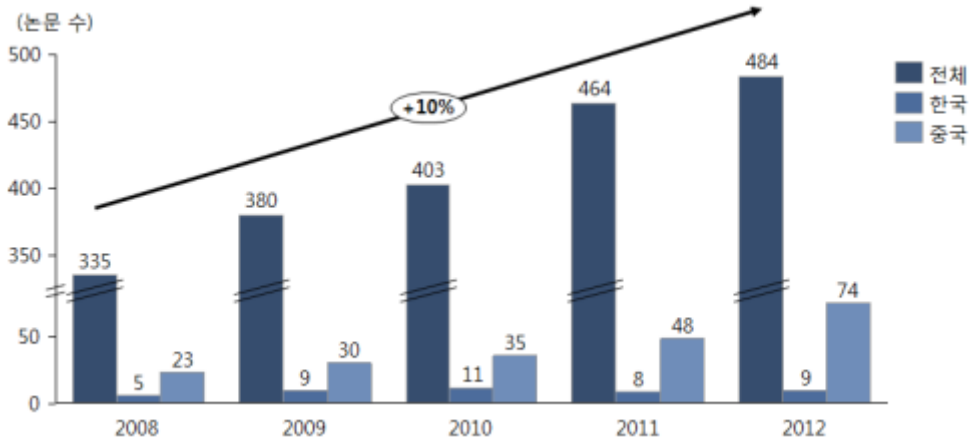
[그림 2-44] 극한상태 구조특성 실험시설 관련 논문 수 추이

- 기후변화 대응 다환경 실험시설 관련 국내의 논문은 2008년 291개에서 2012년 583개로 연평균 19% 증가하였음



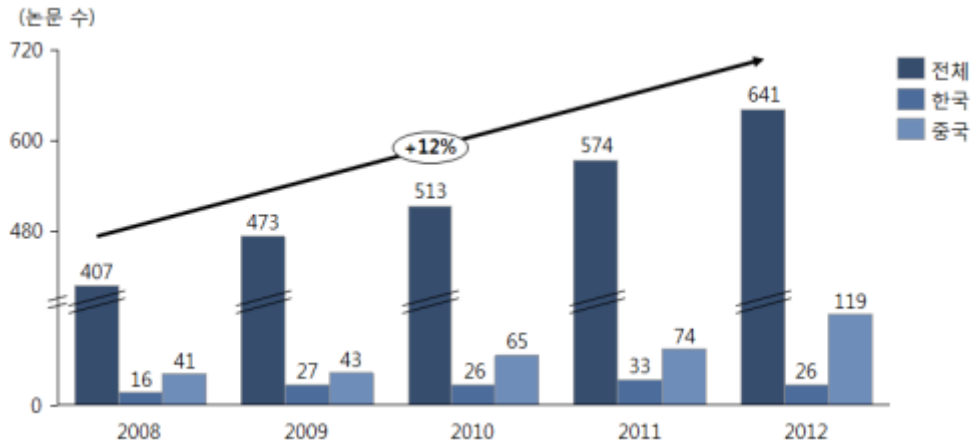
[그림 2-45] 기후변화대응 다환경 실험시설 관련 논문 수 추이

- 대형 수리모형 실험시설 관련 국내의 논문은 2008년 335개에서 2012년 484개로 연평균 10% 증가하였음



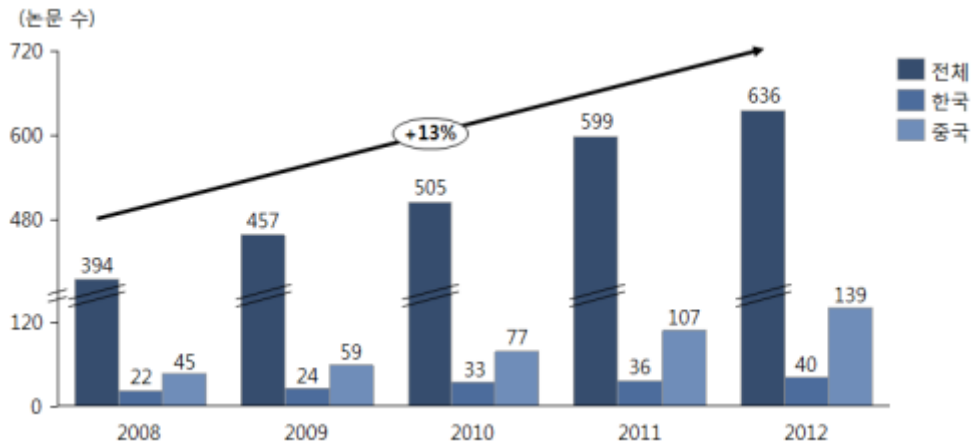
[그림 2-46] 대형 수리모형 실험시설 관련 논문 수 추이

- 종합도로시험장 실험시설과 관련 있는 국내외 논문은 2008년 407개에서 2012년 641개로 연평균 12% 증가하였음



[그림 2-47] 종합도로시험장 실험시설 관련 논문 수 추이

- 도로주행 시뮬레이터 실험시설과 관련 있는 국내외 논문은 2008년 394개에서 2012년 636개로 13% 증가하였음



[그림 2-48] 도로주행 시뮬레이터 실험시설 관련 논문 수 추이

제3장 실험시설 기본설계

제5절 도로주행 시뮬레이터

1. 실험시설 정의

기본설계를 통해 도출한 도로주행 시뮬레이터의 정의는 다음과 같음

- **(Needs)** 실제 도로주행 실험이 곤란한 교통사고 상황의 재현 등 실차 실험으로 수행할 수 없는 다양한 도로·교통 환경 하에서 운전자-차량-도로의 상호관계 분석에 대한 필요성이 대두됨에 따라,
- **(Purpose)** 운전자의 안전에 위협을 주지 않으면서 다양한 도로·교통 환경을 재현하여 도로계획 및 설계, 경관, 교통운영 및 안전, ITS, Human Factor 등의 분야에서 연구, 개발, 검증 등에 활용할 수 있는,
- **(Performance)** 가상현실(Virtual Reality)기법을 이용하여 실제 운전상황을 모의하는 가상주행 실험시설
도로주행 시뮬레이터를 통해 수행할 수 있는 실험 분야는 도로계획, 도로설계, 도로경관, 교통운영, 교통안전, ITS, Human Factor의 7개 분야로 구분할 수 있음
- 도로계획 분야는 신규도로의 노선계획 및 도로규격 등을 검토하고, 최적의 도로계획 수립을 위해 운전자 주행평가 및 요구사항을 도출하는 것임
- 도로설계 분야는 신규 도로 및 기존 도로개선 사업을 위한 도로 및 부대시설에 대한 설계안을 운전자주행특성에 의해 평가하고 이용자 요구사항 도출하는 것임
- 도로경관 분야는 도로 및 교통시설이 주변 경관 등에 미치는 영향을 분석하고, 주변 지형과 도로의 조화 여부를 평가하는 것임
- 교통운영 분야는 다양한 도로 및 교통시설과 서비스 효율성을 평가하는 것임
- 교통안전 분야는 도로 및 교통시설의 교통 안전성과 사고위험이 높은 도로의 개선효과를 평가하는 것임
- ITS 분야는 첨단안전차량, 지능형 고속도로, 운전자 안전지원 시스템 등 지능형 교통시스템에 대한 운전자 행태 및 효과를 분석하는 것임
- Human Factor 분야는 도로, 교통시설, 네비게이션 장치에 대한 운전자 인지, 반응, 만족도, 위험성 등을 평가하는 것임

<표 3-17> 도로교통 시뮬레이터 실험분야 및 실험 영역

분야	실험 영역
도로계획	주변지형, 기존의 도로시설 등과 연계한 최적의 노선계획 수립을 위한 주행실험
	신규노선과 기존도로와의 효율적인 연결 방안에 대한 검토 실험
	차종 및 차량의 운동특성을 고려한 유출입 램프, 나들목(IC), 분기점(JC)의 형상에 대한 검토 실험
도로설계	신규 도로의 횡단 및 종단선형의 안전성 검토 실험
	분합류부에 대한 가감속 차로 길이 및 교차각에 대한 검토 실험
	도로부대시설 설치방안 등의 적정성에 대한 사전검토 실험
도로경관	도로기하구조에 의한 도로의 주변경관과의 조화성 평가 실험
	성토, 절토, 옹벽 등 도로시설과 주변 환경과의 조화 여부 검토 실험
	터널 내부 등의 도로에서의 조명시설 조광 특성에 따른 시인성 및 시거특성 검토 실험
교통운영	철도건널목, 주요 도로의 교차로 입체화에 따른 영향 분석 실험
	최적의 교차로 운영 및 개선안도출을 위한 주행실험
	어린이 보호구역, 버스전용차선 등의 특정교통시설의 운영효과 평가 실험
	조건에 따른 최적의 신호운영 계획수립을 위한 주행실험
교통안전	연속류 도로의 다양한 운전자행태분석을 통한 운영효율성 평가 실험
	교통사고 다발구간에서의 운전자-도로, 운전자-차량의 상호작용 분석을 통한 HCR(Human Cognition reliability) 분석 실험
	교통사고 발생원인 평가 및 도로 안전성 사전평가 실험
	수립된 다양한 사고대책(안)을 검토하고 최적(안)의 도출을 위한 주행실험
ITS	사고예방을 위해 추진될 다양한 교통정책 검토 실험
	차량-차량 통신에 의한 정체, 사고, 운전특성을 주고받는 첨단안전차량의 운전자 수용성 평가실험
	도로의 교통정보 검출 인프라에 대한 인간공학적 분석 실험
	사각지대에 대한 안전정보의 전파 등 교통정보안내 시스템, 운전자 안전지원 시스템에 대한 운전자 수용성 평가 실험
	각종 운전자 지원 장치 및 시스템에 대한 인간공학적 분석과 운전자 수용성 평가 실험
Human Factor	통합교통관리시스템의 전략 수립 및 세부 시스템 설계를 위한 이용자 수용성 평가 실험
	CVIS(Cooperative Vehicle-Infrastructure System) 설치·운영 방안을 위한 이용자측면 분석 실험
	도로 상의 터널, Sag, Crest 구간 등에 대한 운전자 행동특성 분석
	급격한 도로선형 변경구간, 차선변경 구간 등에 대한 운전자 특성분석
	도로의 합류, 분류부의 운전자행동 특성분석에 따른 속도프로파일 분석
	특정 교통시설에 대한 만족도 및 안전성 평가를 위한 주행실험
도로표지판, 도로전광표지판 등 도로 표지판에 대한 설계 평가	
네비게이션, DMB, 스마트폰 등에 대한 운전자의 주의분산 위험성 평가	

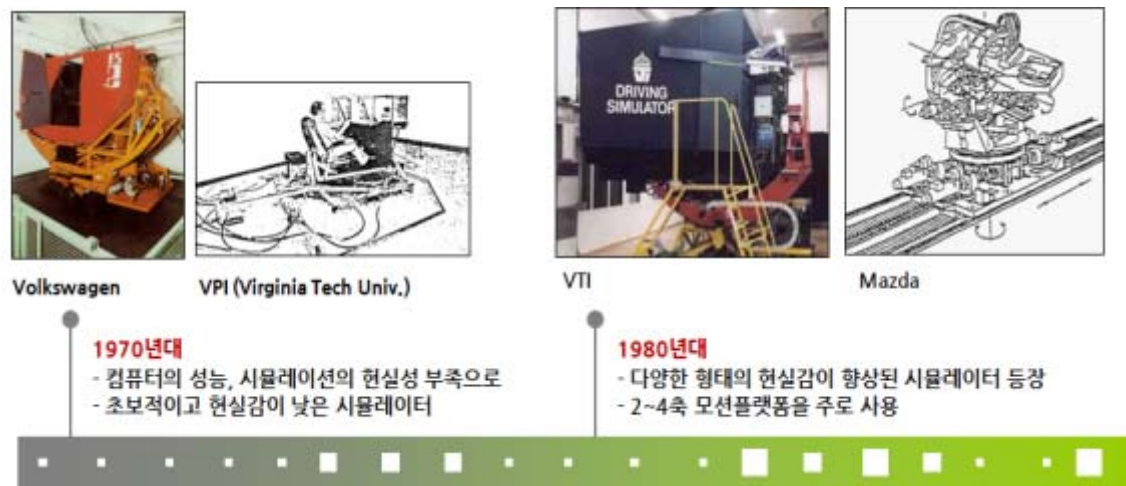
2. 연구동향 및 실험시설 현황

가. 연구동향

(1) 국외 연구동향

도로주행 시뮬레이터의 발전 동향

- 1900년대 초반부터 개발되기 시작한 항공 시뮬레이터에 그 뿌리를 두고 있는 데, 비교적 짧은 역사에도 불구하고 관련 기술의 비약적인 발달에 힘입어 고도의 현실감을 갖춘 대규모의 시뮬레이터가 속속 등장하고 있으며, 차량 시스템 개발, 운전자 요인 연구, 지능형 교통시스템 연구, 도로 설계, 교통안전 연구, 운전 연습 등의 다양한 분야에 활발하게 응용되고 있음
- 특히 인간의 반응 및 감성까지 포함하여 실차 실험과 같은 효과를 안전하고, 효율적으로 얻을 수 있는 장점으로 인해 해외에서는 매우 다양한 형태와 성능을 갖춘 시뮬레이터가 개발 응용되고 있는 추세임
- 1970년대 개발된 미국 버지니아공대(Virginia Polytechnic Institute and State University)와 독일의 폭스바겐 자동차회사가 각각 개발한 초기의 시뮬레이터는 컴퓨터 성능, 모델의 현실성, 영상 및 운동 큐의 현실성 부족으로 인해 운전자 요인 연구에만 제한적으로 활용되었음
 - 폭스바겐 시뮬레이터는 3자유도 운동을 생성하며 운전석, 콘솔 및 CRT 모니터를 장착한 짐벌에 의해 작동됨
 - 버지니아공대 시뮬레이터는 바퀴가 달린 플랫폼 형상을 하고 있으며, 횡축, 종축, 롤 및 요 방향의 4 자유도 운동을 생성하는데, 주로 시각 및 운동 큐의 영향을 연구하는 시뮬레이터의 연구 목적으로 이용되었음
- 컴퓨터 하드웨어, 컴퓨터 그래픽 및 시뮬레이션 기술의 급진적인 발달에 힘입어 1980년대 초에는 운전환경을 어느 정도 현실적으로 재현할 수 있는 시뮬레이터가 개발됨
 - 스웨덴의 국립교통연구원(VTI)과 일본의 마쯔다자동차의 시뮬레이터는 수직 및 종축 방향, 롤 방향의 진동 생성 테이블을 포함하고 있고, 롤, 피치, 횡방향의 운동을 재현하는 운동 플랫폼으로 작동됨
 - 특히, 횡방향 운동은 운동 플랫폼이 레일을 따라 움직이게 함으로써 운동범위를 크게 하였음
 - 영상 시스템은 자체적으로 개발한 그래픽 소프트웨어를 이용하여 이미지를 생성하고, 3채널의 프로젝터를 이용하여 영사하도록 구성함. 이는 주로 자동차의 핸들링, 도로와 교통안전 및 운전자 요인 연구에 이용하기 위함이며, 이 구조는 최근에 개발된 트럭 시뮬레이터에도 그대로 적용되고 있음



[그림 3-49] 도로주행 시뮬레이터 발전 동향(1970~1980년대)

- 도로주행 시뮬레이터에 대한 전 세계적인 관심을 증폭시킨 Daimler-Benz 시뮬레이터는 1980년대 초기의 첨단 시뮬레이션 기술을 집약시킨 것임
 - 운동시스템은 항공시뮬레이터에서 주로 쓰이는 6 자유도를 갖는 Stewart 플랫폼으로 구성되었으며, 유압 액추에이터에 의해 구동됨
 - 자동차의 캐빈은 플랫폼 위에 고정되어 있고, 캐빈 앞에는 컴퓨터에 의해 생성된 이미지를 영사하는 스크린이 놓여 있으며, 360도의 돔에 의해 둘러싸여 있음
 - 컴퓨터 이미지를 생성하고 영사하는 시각시스템은 현실감을 높이기 위하여 매우 복잡하고 고가인 6 채널을 갖춘 컴퓨터시스템으로 구성함
 - 1995년에는 현실감 있는 차량의 횡방향 거동 모사를 위해 레일구동장치를 추가하여 운동범위를 넓히고, 하드웨어 및 운용 소프트웨어를 개선하여 시뮬레이터의 성능을 크게 향상시켰음
 - 최근 기존 시뮬레이터의 기술적 한계를 획기적으로 극복하고 현실감이 대단히 높은 고성능의 도로주행 시뮬레이터를 개발하고 이를 실차 개발에 활용함
 - GM, Ford와 같은 자동차 회사와 Nippon-Denso(日本電装)와 같은 부품회사에서도 1980년대 후반부터 각 회사의 적용목적에 맞는 시뮬레이터를 개발하여 운용하고 있음
 - GM사의 경우 운동시스템이 없는 고정베이스와 작은 운동범위를 갖는 운동베이스가 장착된 두 대의 시뮬레이터를 개발하였으며, Nippon-Denso의 경우 Dynamo Test Bench를 활용한 고정베이스의 시뮬레이터를 개발함
 - 이러한 시스템은 차량시스템 개발 측면에서 운전자와 차량을 포함하는 폐루프시스템(Close loop system)을 구축하여 신개념의 차량시스템을 개발하고, 차량의 각종 제어장치의 알고리즘 개발 및 평가 등에 활용하고 있음

- 이외에도 선진국의 자동차업계에서는 성능의 차이는 있으나, 대부분 독자적인 시뮬레이터를 개발하여 차량시스템 개발 및 운전자 요인 연구 등에 활용하고 있음
- 미국의 Iowa 대학은 1992년에 6 자유도를 갖는 Stewart 플랫폼으로 구성된 대규모의 도로주행 시뮬레이터를 개발하고, 운전자 요인 연구, 지능형 수송시스템 및 Virtual Prototyping 등에 활용함



[그림 3-50] 1990년대 도로주행 시뮬레이터 발전 동향

● 최신 도로주행 시뮬레이터의 개발 동향

- 2000년대 들어서 PC 기술의 혁신적인 발전으로 가격대비 성능이 우수한 최적화된 시뮬레이터 시스템 개발이 크게 증가함
- 기존 시뮬레이터의 업그레이드 작업이 활발하게 추진되었으며, 매년 유럽을 중심으로 열리는 DSC(Driving Simulator Conference)를 통해 관련 기술의 정보 교류가 활성화됨
- 최근에는 시뮬레이터의 현실감을 극대화하기 위해 X-Y 레일을 포함하는 등 도로주행 시뮬레이터의 개발이 대형화되고 있는 추세이며, 선진국뿐만 아니라 중국이나 인도 등 개발도상국에서도 연구용 도로주행 시뮬레이터에 대한 관심이 급증하여 대형 도로주행 시뮬레이터를 위주로 구축하고 있음
- 미국에서는 2002년 5,000만 불의 예산을 도입하여 NADS(National Advanced Driving Simulator)를 국가적인 차원에서 개발함. 이는 6 자유도의 Stewart 플랫폼에 종방향, 횡방향 레일 및 요 방향의 360도 회전테이블을 추가하여 운동범위를 크게 넓히고, 유압 가진장치를 이용하여 20 Hz의 높은 주파수의 운동 큐도 생성하고, 360도의 시야를 확보하는 고가의 시각시스템을 이용하여 높은 현실감의 시각 큐를 생성함으로써, 기존의 시뮬레이터에 적용하기 어려운 여러 위급상황의 차량 운동을 재현하여 교통사고 예방 및 지능형 수송시스템에 관련된 연구를 수행함
- 일본의 도요타 자동차는 지난 2009년 미국 NADS 시뮬레이터 개발에 자극을 받아 360도 돔형

스크린과 8대의 고해상도 영상 프로젝터 등을 구비하고 20m×35m의 레일을 포함하는 세계 최대 규모의 도로주행 시뮬레이터를 개발함

- 특히, 효과적인 교통사고 다발 교차로의 모의실험을 위하여 실제 자동차를 시뮬레이터 돔 내부에서 회전 가능하도록 360° 요(Yaw) 테이블과 가진기를 포함하였음
- 스웨덴의 국립교통연구원(VTI)은 1980대 초반에 도로주행 시뮬레이터를 처음 도입한 이후 꾸준히 시스템을 업그레이드 해왔으며 2010년에는 기존에 보유하고 있던 VTI-III 시뮬레이터와 별개로 전기식 운동 플랫폼과 X-Y 테이블을 포함하는 VTI-IV 시뮬레이터를 새로이 구축하였음. 이는 도로주행 도로주행 시뮬레이터를 이용한 연구 수요의 증가에 기인한 것임
- BMW 자동차도 오랜 기간 도로주행 시뮬레이터를 첨단 차량 시스템 개발 및 평가도구로 사용하였는데 자동차의 빠른 동특성이 잘 모사될 수 있도록 그동안 소개되었던 일반적인 시뮬레이터보다 운동 범위가 2배 가량 큰 운동 플랫폼을 개발하여 적용하였음
- 시뮬레이터의 운동감을 생성하는 운동 플랫폼은 그동안 유압 액추에이터를 사용하는 유압식이 주를 이루었으나 최근 과학기술 발전에 힘입어 전기모터를 동력원으로 사용하는 전기식 액추에이터가 개발되어 가격 대비 성능이 우수한 운동 플랫폼이 개발되었음
- 프랑스의 Renault 자동차는 1t의 가반하중을 갖는 운동 플랫폼과 X-Y 레일 시스템을 전기식으로 개발하여 구축하고, 그 후 영국의 Leeds 대학교가 2.5tonf으로 하중 범위가 커진 운동 플랫폼을 적용하였음
- 최근 중국에서도 교통사고 저감 및 도로설계 연구를 위해 중앙정부 차원에서 도로주행 시뮬레이터 개발에 대한 적극적인 지원이 이루어지고 있음
- 중국 교통성의 도로교통연구원에서는 7.5m의 횡방향 레일, 20Hz 가진기 및 Yaw 테이블을 포함하는 중국 최대 규모의 시뮬레이터를 개발하였으며, 중국 동제대학교, 북경공업대, 칭화대학 등에서도 대규모 도로주행 시뮬레이터를 구축하고 이를 활용하여 다양한 연구 실적을 보이고 있음



[그림 3-91] 2000년대 도로주행 시뮬레이터 발전 동향

외국의 도로주행 시뮬레이터를 활용한 연구동향을 연구기관별로 살펴 보면 다음과 같음
 미국의 NADS (National Advanced Driving Simulator)

● 운전 중 주위 분산(Driver Distraction)

- Driver Distraction Relating to Wireless Voice Communication Devices

● 운전자 행동분석(Driver Behavior)

- Driver Reaction to Tread Separation Scenarios : 타이어 핑크에 따른 운전자 행동 평가
 - Young Driver Risk

● 약물복용과 운전장애(Drug and Driver Impairment)

- Vision Validation Test : 선글라스 등 안과 관련 부착물에 따른 운전자 인지반응 평가
 - Pharmaceutical Project : 투약 후 운전자 행동 분석

● 첨단차량시스템(Advanced Vehicle Systems)

- Electronic Stability Control : ESC 효과분석 및 운전자 적응도 평가, ESC의 충돌사고 감소율 평가, 일반 운전자의 ESC 수용 정도 평가
 - 충돌방지장치와 같은 첨단 차량제어 시스템의 새로운 인터페이스 운전자 적응도 평가

- Adaptive interface 시스템이 운전자와 주변 환경에 따라 충돌 경고를 조절하고 주의분산 억제
- CAS의 효과를 증가시키고 부주의에 의한 충돌을 감소시키는 정도를 평가
- 차선 변경 중 충돌방지장치 (CAS)의 운전자 적응도 평가
- 다양한 CAS의 효과 평가
- 근접경고시스템이 운전자의 위험한 행동에 영향을 미치는 조건 등을 평가

독일의 Daimler Chrysler

● BAS(Brake Assist System) 개념 평가

- 위급 제동상황시 운전자가 빨리 제동페달을 밟으나, 충분히 밟지 못함을 도로주행 시뮬레이터를 이용한 실험으로 확인
- BAS 개발의 기초자료 제공 및 개념 도입에 기여

● BAS의 보행자 보호 효과 평가 : BAS가 보행자와의 충돌사고를 48% 감소시키는 것으로 확인

● BAS PLUS 효과 평가

- 전방 레이더 센서를 이용하여 위급상황의 경우 소요 제동력을 계산하고, 운전자가 제동페달을 밟았을 경우에만 제동을 보조하는 BAS PLUS 개발
- BAS 대비 사고율 60%, 충돌속도 40% 감소

● SAS(Steering Assistant System)의 운전자 사용성 및 적응성 평가

● Drive by Wire 시스템의 운전자 사용성 및 적응성 평가

미국의 Ford 자동차 VIRTTEX (Ford's Virtual Test Track Experiment)

● FCW(Forward Collision Warning) 개발

- FCW 타이밍 결정에 필요한 기초 연구
- 충돌 상황에서 운전자의 제동 및 조향 판단 연구

● 운전 중 주의분산 연구

- 젊은 운전자가 나이 많은 운전자보다도 multi-tasking(휴대전화 걸기, 라디오 방송국 변경 등)을 제대로 수행 못함을 확인

● 졸음운전 영향 연구

- 졸음방지시스템(조향 Wheel의 진동, rumble strip 소음 재현, HUD의 붉은 LED 점멸등)의 개발

및 짧은 휴식은 졸음방지에 효과가 없음 확인

● 기타 연구

- ABS HILS 구축 및 알고리즘 개발
- 인체공학적 개념에 따른 인테리어 설계
- Prototype 개발 (4WS, Traction Control, Suspension Geometry)

스웨덴의 VTI (Swedish National Road and Transport Research Institute)

● 도로표지가 교통안전과 편의성에 미치는 영향 평가

- 중앙선, Guide post의 유무, 가시도에 따른 운전속도와 차량의 횡방향 위치의 차이 평가

● Transition 커브가 운전자의 안전도에 미치는 영향 평가

- 커브길에서 Transition 커브의 유무에 따른 운전속도의 차이 평가

● 실제 차량과 시뮬레이터 운전시 인식부하와 시각부하의 영향 평가

- 실제 차량과 시뮬레이터를 이용하여 시각과 인식의 분산이 운전능력에 미치는 영향 평가

● 피로한 운전자들에게 Rumble Strip이 미치는 영향 평가를 통한 Rumble Strip의 설계 및 설치

● 도로 홈(Rut) 등 노면의 상태가 운전자 행동에 미치는 영향 평가

프랑스의 Renault 자동차

● Interactive Headlight Simulation 활용

● NVH 시뮬레이션 활용

● Adaptive Cruise Control 개발

● 음주 운전자 행태분석 연구

독일의 BMW 자동차

● Left Turn Assistance 개발

- 좌회전 차량과 접근 차량의 충돌방지 알고리즘 개발 및 다양한 교차로 상황에서의 시스템 평가

● Adaptive Cruise Control 개발(1995년)

● Adaptive Lighting Control 개발(1998년)

영국의 TRL 연구소

● 교통신호제어 횡단보도의 설치 가이드라인 연구

- 횡단보도의 위치, 신호주기 등에 대한 운전자의 반응, 통과/정지 결정효과 조사

● 발광도로 Stud에 대한 운전자의 반응 평가

- 발광 및 반사도로 Stud가 야간사고의 감소에 미치는 영향 조사

● 심리적 과속방지 방안 평가

- 도로 Hump와 Chicane 같은 물리적 과속방지 도구가 아닌 심리적 방안의 효과평가

● VMS 사용 확대의 효과와 안전성 평가

- VMS 정보의 종류에 따른 운전자의 반응, 경로 결정 속도 및 정확도 조사

● 기타 주요 응용분야

- Intelligent speed adaption

- Self explaining roads, Narrow lanes

- Low cost engineering, Blackspot reconstruction

- Road pricing, Bridges and Tunnels

- Roadworks at night

일본의 자동차연구소(JARI)

● 지진발생 시의 고가도로에서의 운전자 행동특성 연구 및 도로운용계획 수립

● 차선추종 지원시스템의 LKAS(Lane Keeping Assist System) 평가

● 브레이크 지원시스템의 평가

- 가속페달의 조작에 최적화 시킨 시스템(NEDO)

- 노면상태에 최적화 시킨 시스템(JST)

● 낮은 마찰계수에서의 횡방향 미끄럼방지 장치의 평가

● 차선변경, 추종주행, 합류, 분류 시의 운전자 행동에 근거한 운전자 지원시스템 개발 및 평가
기타 연구동향

● 최근 도로주행 시뮬레이터를 활용한 연구동향을 보면, 도로주행 시뮬레이터의 개발 및 운용에 적용된 융합형 정보기술(IT)의 특징을 활용하여 다음과 같이 지능형 교통체계(ITS)에 관련된 기술개발 및 평가에 응용되고 있음

- 고도교통관제시스템(ITCS : Integrated Traffic Control Systems)
- 차량운행관리시스템(MOCS : Mobile Operation Control Systems)
- 대중교통 우선시스템(PTPS : Public Transportation Priority Systems)
- 교통정보제공시스템(AMIS : Advanced Mobile Information Systems)
- 동적경로유도시스템(DRGS : Dynamic Route Guidance Systems)
- 교통공해 저감시스템(EPMS : Environmental Protection Management Systems)
- 고도영상정보시스템(IIS : Intelligent Integrated ITV Systems)
- 안전운전지원시스템(DSSS : Driving Safety Support Systems)
- 긴급통보시스템(HELP : Help system for Emergency Life saving & Public safety)
- 긴급차량지원시스템(FAST : Fast Emergency Vehicle Preemption Systems)
- 보행자지원 정보통신시스템(PICS : Pedestrian Information & Communication Systems)

(2) 국내 연구동향

도로주행 시뮬레이터를 활용한 연구들은 크게 자동차 기반의 연구와 교통시설 및 서비스 기반의 연구로 구분해 볼 수 있음

- 자동차 기반에서의 주행시뮬레이터는 일반적으로 가상현실 기반의 텔레매틱스 시험평가 도구로 개발되었거나, 차량의 각종 능동안전시스템 개발 및 평가를 위해 개발된 주행시뮬레이터를 활용한 연구 들임
 - 교통시설 및 서비스 연구 기반에서의 주행시뮬레이터는 일반적으로 교통안전 및 운전자 요인 연구를 위한 도로주행 시뮬레이터 실험시설과 운전자-도로환경 평가를 위한 도로주행 시뮬레이터로 개발되고 있음
 - 이와 같은 분야에서의 주행시뮬레이터는 일반적으로 교통시설 및 서비스에 대응하는 운전자의 행태를 분석하거나 계획 및 설계 중인 도로에 대한 사전 선호도 조사 및 문제점 분석을 위해 활용되고 있음
- 한국건설기술연구원
- 고속도로 터널경관 검토
 - 춘천~양양간 고속도로 인제터널 설계(안)에 대하여 다양한 터널환경에 대한 운전자 반응 분석
 - 터널의 조건에 따른 도로주행성 측정의 추천안 도출
 - 노면결빙구간 및 미끄럼방지포장구간에 대한 운전자 행태분석 연구
 - 노면결빙이나 미끄럼방지포장구간에서 발생하는 도로의 국부적 노면마찰력 변화에 따른 차량의 운동 재현
 - 실시간 노면결빙 안내표지의 내용에 따른 운전자행동 조사실험
 - 교차로의 미끄럼방지포장 설치로 인한 운전자행동 조사실험
 - 과속방지턱 및 Rumble Strip 설치 방안 개발연구
 - 과속방지턱과 Rumble Strip 설치구간에 대한 차량진동 재현
 - 과속방지턱과 Image Hump에 대한 운전자행동 조사실험
 - 곡선부 도로의 Rumble Strip 설치에 따른 운전자행동(차로 이탈, 중앙선 침범 등) 조사실험
 - 도로교통시설 및 서비스의 효과분석 연구
 - 도로의 감속유도 노면표시 및 신호교차로 속도 저감에 대한 Positive Guidance 효과 실험

- 악천후 및 도로주행조건에 대응하는 안전시스템 효과 검증연구
 - 안개대응시스템(안개 시 주행속도/차간거리 경고시스템) 검증실험
 - 곡선부 위험구간에 대한 내부조명식 시설의 시인성 검토실험
 - 전방교통상황 대응 경고시스템 검증실험
- 새로운 도로설계 기법 및 도로안전시설 지침 개발을 위한 운전자 행태 분석
 - 도로표지에 대한 고령운전자의 인간공학적 특성 조사실험
 - 중앙분리대 등 도로안전시설 설치 효과 조사실험
 - 조명시설 운영방식에 따른 주행안전성 실험
- 도로교통공단
- 운전행동에서 운전 분노 및 교통정체의 영향 분석
- 과속운전 의도가 과속운전 행동에 미치는 영향 분석
- 이동 중 TV시청이 차량운전에 미치는 영향 분석
- 차량시뮬레이터를 이용한 도로주행 진단평가
- 텔레매틱스 장치가 운전자에게 미치는 운전방해 영향
- 운전자 행동관련 기초연구
 - 난폭운전 행동 및 요인분석
 - 텔레매틱스 장치가 안전운전에 미치는 영향 분석
 - 노령 운전자의 운전행태 및 위험방지 방안 연구
 - 차량 시뮬레이터의 타당화, 피실험자 및 측정치 표준화 연구
 - 과속운전의 심리적 요인 분석 연구
- 운전자의 운전행동과 도로환경과의 상호작용 연구
 - 교차로 설계 및 신호등 설치구간 연구
 - 터널구간 및 급커브구간 설계 연구

- 효율적인 신호체계 고안 연구
- 과속방지턱 효과 검증 및 교통표지판 디자인
- 도로변 광고판의 안전운전 방해요인 연구
- 장대터널에서의 주행 안전성 평가 연구
- 보행환경에 따른 도로교통이용자 행태분석연구

현대자동차

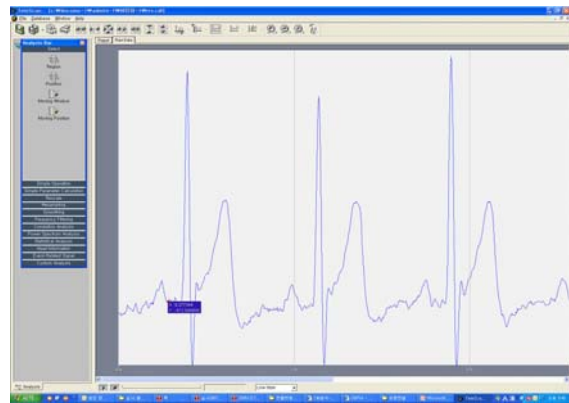
- 차량의 각종 안전시스템(ACC, Pre-Safe System) 평가 및 개발
 - 자동주차 지원시스템의 알고리즘 및 안전벨트를 이용한 운전자 경보시스템 알고리즘 개발
- 브레이크 작동 반응 실험을 통한 장애인 또는 노약자, 음주 운전에 따른 운전자 반응 연구
- 새로운 전자시스템의 HMI 평가
- Headlight 시뮬레이션을 통한 Virtual Prototyping

자동차부품연구원

- 텔레매틱스 장비 미들웨어 개발
- 네비게이션 단말기 및 데이터베이스 시험
- 첨단 안전차량 제품 HMI 최적화
- 신호체계 관련 연구
- HILS 기반 평가시스템을 구성하여 전방충돌 회피장치의 ECU 평가
- Visual Occlusion Method를 이용한 HMI 산호도 조사
 - VOM 장비를 이용하여 디스플레이 장치의 폰트크기, 색상, 경고문구 및 경고음 표시 주기 등을 평가
- EMR 운전자 부하실험
 - 음성안내 시스템이 시각정보 시스템보다 정보전달 속도가 빠르나 정보전달 정확도는 낮다는 실험 결과 도출
- Haptic 시스템 개발

- 신발 밑창에 Actuator를 장착하여 네비게이션의 경로전달 인터페이스로 활용
- 운전자의 사용성 및 적응성 평가
- TOPAZ 서비스의 사용성 평가
 - 한국IBM이 개발한 텔레매틱스 관련 콘텐츠의 사용성 평가
- ITS기반 지능형자동차 성능시험장 (대구 소재)에 대한 시험장 설계안 검증, 가상 주행도로 시험장 구축, 실차 시험절차 개발
- CIWS(교차로 경고 시스템) 국제표준 시험규격 제정을 위한 VR DS 기반의 가상 시험도로 구축, 시험 규격 및 시험절차 실험
- 센서 클러스터링 노드개발 및 VT 기반의 평가환경 구축
 - 차량 주행환경 정보제공 및 경고시스템 통합평가 기술 개발
 - VR DS와 GPS 시뮬레이터를 연계한 실내 네비게이션 단말기 개발 및 평가
 - 정보제공 단말기에 대한 HMI 개발 및 평가
 - DS를 이용한 LDWS 평가기술 개발 및 운전자 의도 판단 알고리즘 개발
- V2V 및 V2I 기반의 교차로, 스쿨존, 커브구간에 대한 VR DS 기반 HILS 연계 평가
- 차량용 위치기반 서비스 시스템을 위한 복합센서 기반의 측위 및 주행 특성화 모듈 개발에 대한 VR DS 기반 평가
- UTIS 연동 통신기술 및 도심형 교통안전지원 서비스 시스템에 대한 VR DS 기반의 HILS 연계 평가 및 서비스 시나리오 개발
- 차량-IT 기반 서비스 및 SW 플랫폼 개발을 위한 HILS 연계 시험 플랫폼
- 자동 발렛파킹 시스템 개발을 위한 VR DS의 HILS 연계 평가
- 운전상황/도로상황 모델링 및 분석기술 개발
- 운전자 특성분석을 통한 HVI 평가 기술 개발
- 첨단안전자동차 AEBS 및 ACC에 대한 DS 연계 평가
 - AEBS(첨단 긴급상황 자동제동 시스템; 2014년 국내 트럭 의무장착)에 대한 DS와 HILS를 연계한 CarSIM 및 TruckSIM, D-Space, 운전자 연계시뮬레이션

- AEBS 알고리즘, 제어 ECU, 운전자에 대한 Crashless 개발 및 검증
- 도로정보 기반의 차량제어 지원기술 개발
- VR DS 기반의 터널 설계변화에 따른 운전자 Human Factor 분석
- 음주운전 방지용 알코올 인터락 장치 개발
- 자동차 영상 사고기록장치 표준 보안기술 개발 및 인증기반 구축
- 기타
- 서울시립대학교
 - 교통정보제공 유형에 따른 이용자 측면 평가 조사실험
 - 새로운 도로시설(2+1차로 도로)에서의 운전자 행태분석 실험
 - 계획 중인 지하도로 노선별 주행안전성평가 실험
- 한국교통연구원
 - 교통사고 위험원인 및 요인 조사실험
 - 도로교통 안내표지 설치에 따른 운전자 행태분석 실험
 - 에코드라이빙 유형도출을 위한 운전행태별 에너지 소비 및 배기가스 배출조사 실험



[그림 3-92] 자동차부품연구원의 터널 설계 검증 평가, 주행 중 생체신호 분석



[그림 3-93] 자동차부품연구원 터널 실험(좌측: 실도로, 우측: 가상환경 화면)

<표 3-18> 국내·외 도로주행 시뮬레이터가 활용된 교통분야별 연구동향

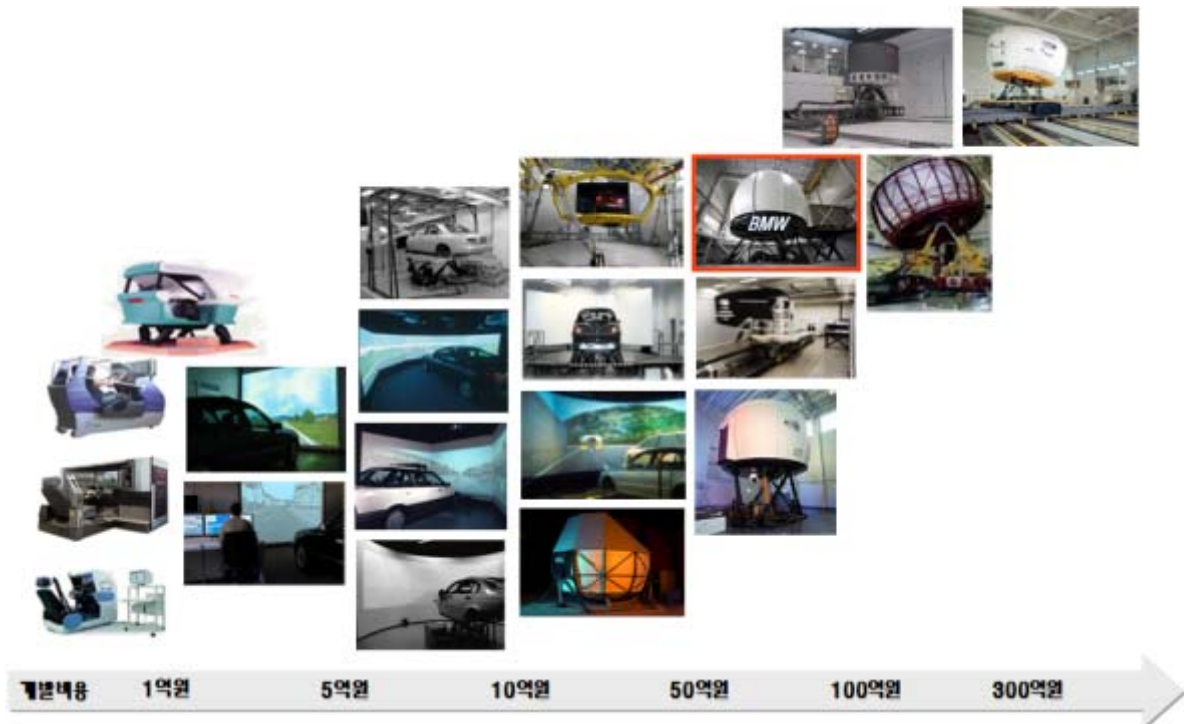
분 야	연구 동향
도로계획	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 지진발생 시의 고가도로에서의 도로운용계획 수립(일본, JARI)
도로설계	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도로표지가 교통안전과 편의성에 미치는 영향 평가(스웨덴, VTI) ▪ Transition 커브가 운전자의 안전도에 미치는 영향 평가(스웨덴, VTI) ▪ Rumble Strip의 설계 및 설치 효과분석(스웨덴, VTI) ▪ 노면의 상태가 운전자 행동에 미치는 영향 조사(스웨덴, VTI) ▪ 낮은 마찰계수에서의 횡방향 미끄러짐 방지장치의 평가(일본, JARI) ▪ 노면결빙구간 및 미끄러짐방지포장구간에 대한 실험(한국, 한국건설기술연구원)
도로경관	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 도로변 광고판의 안전운전 방해요인 연구(한국, 도로교통공단) ▪ 교통표지판 디자인(한국, 도로교통공단) ▪ 고속도로 터널경관 검토(한국, 한국건설기술연구원)
교통운영	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 교통신호제어 횡단보도의 설치 가이드라인 연구(영국, TRL) ▪ 심리적 과속방지 방안 평가(영국, TRL) ▪ VMS 정보의 종류에 따른 운전자의 반응, 경로 결정 속도 및 정확도 조사(영국, TRL) ▪ VMS 교통정보에 따른 운전자 행태연구(한국, 한국교통연구원)
교통안전	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 차량시뮬레이터를 이용한 도로주행 진단평가(한국, 도로교통공단) ▪ 교통사고 위험원인 및 요인 조사실험(한국, 한국교통연구원) ▪ 계획중인 지하도로 노선별 주행안전성 실험(한국, 서울시립대학교)
ITS	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 텔레매틱스 장치가 운전자에게 미치는 운전방해 영향(한국, 도로교통공단) ▪ CVIS(Cooperative Vehicle-Infrastructure System)설치·운영 방안을 위한 이용자 측면 연구(노르웨이, SINTEF) ▪ 충돌방지장치와 같은 첨단 차량제어 시스템의 새로운 인터페이스의 운전자 적응도 평가(미국, NADS)
Human Factor	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 타이어 펑크에 따른 운전자 행동 평가(미국, NADS) ▪ 선글라스 등 안과 관련 부착물에 따른 운전자 인지반응 평가과 운전장애 평가(미국, NADS) ▪ 근접경고시스템이 운전자의 위험한 행동에 영향을 미치는 조건 등을 평가(미국, NADS) ▪ 충돌방지장치와 같은 첨단 차량제어 시스템의 새로운 인터페이스의 운전자 적응도 평가(미국, NADS) ▪ 발광도로 Stud에 대한 운전자의 반응 평가(영국, TRL) ▪ 운전행동에서 운전 분노 및 교통정체의 영향 분석(한국, 도로교통공단) ▪ 과속운전 의도가 과속운전 행동에 미치는 영향 분석(한국, 도로교통공단) ▪ 이동 중 TV시청이 차량운전에 미치는 영향 분석(한국, 도로교통공단) ▪ 텔레매틱스 장치가 운전자에게 미치는 운전방해 영향(한국, 도로교통공단) ▪ 노령 운전자의 운전행태 및 위험방지 방안 연구(한국, 도로교통공단)

나. 실험시설 현황

(1) 해외 실험시설

도로주행 시뮬레이터는 1960년경부터 미국, 일본, 독일 등을 중심으로 인간공학 연구, 도로설계의 해석, 차량개발 등을 목적으로 비교적 규모로 개발되었음

- 그 중 1984년 Daimler Benz가 개발한 것은 당시 고가의 비행시뮬레이터에만 도입되어오던 6축 유압식 모션시스템을 사용하여 실차와 유사한 운전감각을 재현함으로써 본격적인 고성능 도로주행 시뮬레이터의 개발에 많은 영향을 주었음
- 당시 개발된 대부분의 시뮬레이터는 필름방식의 영상을 보면서 운전을 하는 방식으로 영상 필름의 열화에 의한 해상도의 저하문제로, 콘텐츠의 제작기술에 있어서 한계가 있었으나, 1990년대 이후 컴퓨터그래픽(CG)기술의 급속한 발달은 필름방식의 영상과 달리 컴퓨터가 1초에 30~60프레임의 영상을 생성하고 운전자가 의도한 대로 자유주행을 가능하게 함으로서 3차원 가상현실 기술의 토대가 되었음



[그림 3-94] 해외 도로주행시뮬레이터 개발 현황

VTI(Statens vag-och transportforskningsinstitut(국립 도로교통 교통연구원), 스웨덴)

개요 ■ 차량안전 및 첨단교통시스템 개발용 연구용 시뮬레이터

Sim-IV



VTI Simulator II



VTI Simulator III



VTI Simulator IV

장비
및
시설

분야	교통안전, 도로설계	
성능	영상시스템	시야각 : 210°×30°, 전방 6채널 프로젝터 + 후방 3-LCD 해상도 : H:5.0±0.5arc minute, V:2.5±0.5arc minute
	모션시스템	8자유도, 전기식 6축 2.5ton 운동플랫폼 + 2축 중/횡방향 레일
	캐빈시스템	Full Cabin (Volvo XC60 or Volvo FH)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.4m, ±16.5°, 0.25g, 2.5tonf, 6m×8m 레일 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 1986년 최초 개발 후(Sim-I), 2004년 VTI Simulator III 개발 및 2012년 4세대 모델 Sim-IV를 개발하여 chd 4대를 다양한 형태로 운용 중 승용차, 트럭을 전환하면서 운용가능 교통안전, 도로설계, ITS, 운전자적응성 평가 등 다양한 연구 수행 	

NHTSA(National Highway Traffic Safety Administration, 미국)

개요 ■ 교통안전 기술 및 HMI평가용 연구용 시뮬레이터

NADS



장비
및
시설



분야	교통안전	
성능	영상시스템	시야각 : 전방 360°×40°, 후방 28°×7°, 15채널 프로젝터 해상도 : F:7 arc minute, R:15 arc minute
	모션시스템	13자유도, 유압식 6축 운동플랫폼 + 360도 Yaw Table + 4채널 고주파 가진기, X-Y 테이블(20×20m)
	캐빈시스템	Full Cabin
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.8m, ±25°, 0.6g, 20m×20m 레일, 20Hz 가진기, Ø8m 돔, 10tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2001년 개발 (개발기간 총 12년) 및 약 800억원의 개발 비용 NSF(National Science Foundation) 지원 및 Iowa 대학에서 운용 중 세계최고 수준의 현실감 사고상황 및 극한 상황에서도 차량거동분석이 가능함 운용자와 피실험자의 안전을 최우선 고려 1시간 내 실험차량 교체가능 실험준비 비용 최소화 및 시뮬레이터 병 최소화 	

BMW(Bayerische Motoren Werke AG, 독일)

개요 ■ 자동차 안전기술 개발용 연구용 시뮬레이터

BMW Driving Simulator



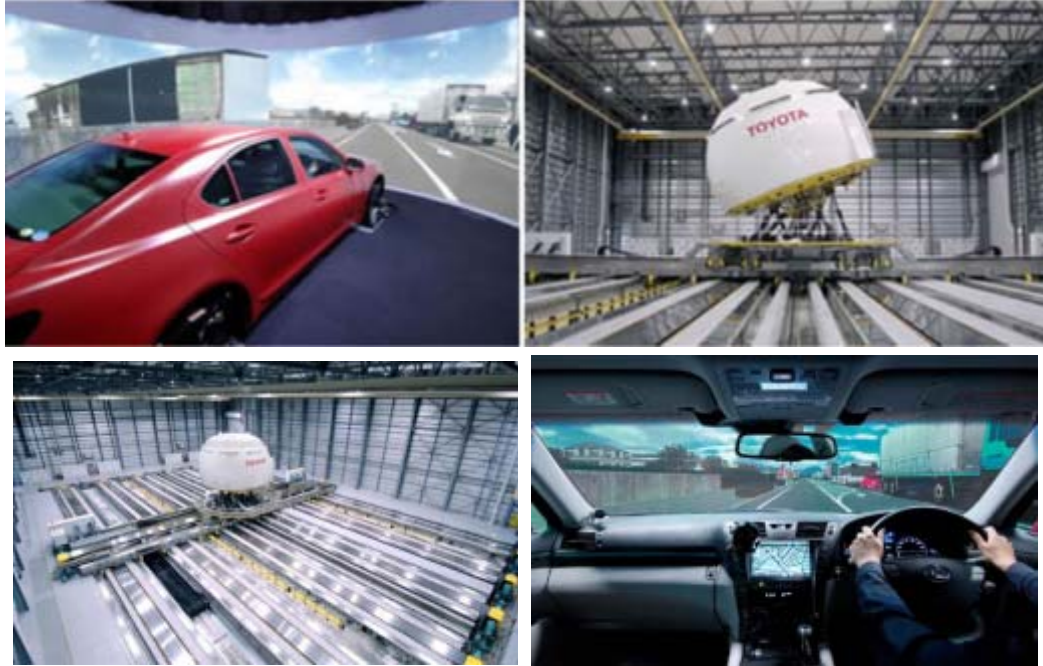
장비
및
시설

분야	자동차	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×45°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1600×1200px
	모션시스템	6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼
	캐빈시스템	Full Cabin
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.6m, ±25°, 0.6g, 8tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 개발되었으며, 레일은 없으나 대형 모션을 채용하여 현실감 향상 DLP 프로젝터가 아닌 고전적인 CRT 프로젝션 방식 적용 (Sickness 저감) DEP (Driver Eye Point) : 3.4m ADAS (Advanced Driver Assistance System) 개발에 활용 중 교차로 충돌 방지 시스템 좌회전 지원 시스템 등 	

TOYOTA 자동차 중앙연구소

개요 ■ 첨단 자동차 안전기술 개발용 연구용 시뮬레이터

TOYOTA Driving Simulator



장비
및
시설

분야	자동차	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×43°, 16채널 프로젝터 해상도 : 1600×1200px
	모션시스템	13자유도, 전기식 6축 운동플랫폼 + 360도 Yaw Table + 4채널 고주파 가진기, X-Y 테이블(20m×35m)
	캐빈시스템	Full Cabin (LEXUS LS)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.8m, ±25°, 0.6g, 20m×35m 레일, 20Hz 가진기, Ø8m 돔, 10tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2007년 12월 개발된 세계 최대의 연구용 시뮬레이터 첨단 고안전 차량시스템 개발에 최적화 교차로가 많은 일본 도로의 특성을 반영하여 돔안에 차량이 직접 회전하는 Yaw 테이블 장착하여 현실감 향상 자동차 예방안전 기술개발, 교통사고 저감 기술개발 일반적인 주행에서 발생하는 가감속도인 0.3g를 필터링 없이 그대로 재현하기 위하여 20m×35m의 레일을 선정 	

Mercedes-Benz 자동차

개요 ■ 자동차 안전기술 개발용 연구용 시뮬레이터

Benz Driving Simulator

장비
및
시설



분야	자동차	
성능	영상시스템	시야각 : F230°×45°, R58°×28° 6채널 프로젝터 해상도 : 1600×1200px
	모션시스템	8자유도, 유압식 6축 운동플랫폼+90도 Table+단방향 레일
	캐빈시스템	Full Cabin(Benz S-class)외 다수
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.8m, ±25°, 10m/s, 1.0g, 12m 레일, 12tonf, Ø7.2m 돔 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 1985년 최초의 시뮬레이터 개발 후 지속적인 업그레이드 2011년 세계최고 성능의 레일 시스템을 포함하는 시뮬레이터 신규개발 Virtual Prototyping을 위하여 차량설계 후 실물 제작 없이 시뮬레이터만으로 평가가 가능함 횡방향 거동에 관하여는 실차실험을 완벽하게 대체 가능 HMI 연구용 시뮬레이터, 인간공학 분석용 시뮬레이터 등 용도별로 다양한 시뮬레이터 구비 매일 2교대로 주야 운영 중 	

Stuttgart 대학(독일)

개요 ■ 자동차 안전기술 개발용 연구용 시뮬레이터

FKFS



장비
및
시설



분야	자동차	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1600×1200px
	모션시스템	8자유도, 전기식 6축 운동플랫폼, 중/횡방향 레일
	캐빈시스템	Full Cabin
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.4m, ±23°, 0.3g, 4tonf, 6m×10m 레일 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2012년 개발된 레일을 갖춘 전기식 모션플랫폼 중 최대 규모 첨단차량 (radar, ultrasonic devices, cameras, GPS, GSM)과 도로환경이 연계된 교통안전도 평가에 활용 	

RIOH(Research Institute of Highway, 중국)

개요 ■ 차량안전 및 첨단교통시스템 개발용 연구용 시뮬레이터

RIOH Driving Simulator



장비
및
시설

분야	교통안전, 도로설계	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×45°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,600×1,200px
	모션시스템	8자유도, 전기식 6축, 운동플랫폼, 360도 Yaw Table, 가진기, 횡방향 레일
	캐빈시스템	Full Cabin (Honda Accord)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.4m, ±23°, 0.3g, 4tonf, 7.5m 레일, 20Hz 가진기, Ø6m 돔 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2012년 설치되어 현재 최적화 작업중인 중국 최대 규모의 시뮬레이터 승용차/트럭 캐빈 교체 가능 전기식 모션에 최초로 고주파 가진기(20Hz)를 적용 돔 내부에 360도 턴테이블 적용 8대의 DLP 고해상도 프로젝터 적용 빠른 시간안에 차량 교체 가능하도록 가이드 레일을 적용 	

동제대학교(중국)

개요 ▪ 자동차 안전기술 개발용 연구용 시뮬레이터

Tongji Driving Simulator



장비
및
시설

분야	교통안전, 도로설계	
성능	영상시스템	시야각 : F180°×40°, R90°×30° 5채널 프로젝터 해상도 : 1,600×1,200px
	모션시스템	8자유도, 전기식 6축 운동플랫폼, 종/횡방향 레일
	캐빈시스템	Full Cabin
내용	▪ ±0.3m, ±20°, 0.2g, 2.5tonf, 5m×19m 레일, Ø6m 돔	
특징	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 2011년 개발 ▪ 규모는 대형급이나 가격대비 성능을 고려하여 PC급 서브시스템 채용 ▪ 전기식 레일 중 가장 긴 19m 구축 ▪ 돔 크기를 최소화하기 위하여 차량 루프에 소형프로젝터를 직접 설치 ▪ 도로시설물에 대한 운전자의 인지행동 연구 ▪ 운전자-도로-차량의 상호 작용 연구 ▪ Man-machine Interface에 따른 운전자의 심리 특성 분석 연구 ▪ 차량 충돌 등 극한상황에서의 운전자 반응 연구 	

Leeds대학교(영국)

개요 ■ 차량안전 및 첨단교통시스템 개발용 연구용 시뮬레이터

LoLDS(University of Leeds Driving Simulator)



장비
및
시설

분야	교통안전, 도로설계	
성능	영상시스템	시야각 : F250°×45°, R2-LCD, 5채널 프로젝터 해상도 : F1,024×768px, R800×450
	모션시스템	8자유도, 전기식 6축 운동플랫폼, 종/횡방향 레일
	캐빈시스템	Full Cabin (Jaguar S-type)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.4m, ±21°, 0.6g, 2.5tonf, 5m×5m 레일, Ø4.5m 돔 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 교통안전 분야에서 전기식 레일을 채택한 최초의 사례 (2010년 개발) 1/2 형태의 차량 캐빈 적용 도로주행 시뮬레이터를 이용하여 100여개가 넘는 교통관련 국가 프로젝트 수행 실적 보유 운전중 운전자 주의산만 연구 (휴대폰, 모바일장치 사용 등) 첨단 차량안전 장치가 운전자에게 미치는 영향 연구 VMS 표시방법에 따른 운전자 행동 분석 차선표시 방법에 따른 운전자 행동 분석 등 	

TRL(Transport Research Laboratory, 영국)

개요 ■ 차량안전 및 첨단교통시스템 개발용 연구용 시뮬레이터

TRL Driving Simulator



장비
및
시설



분야	교통안전, 도로설계	
성능	영상시스템	시야각 : 210°×40°, 5채널 프로젝터 해상도 : 1,600×1,200px
	모션시스템	6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼
	캐빈시스템	Full Cabin
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.4m, ±25°, 0.4g, 4tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 유럽 최초의 트럭 전용 시뮬레이터 건축물 지상고를 고려하여 스파이더 형태로 돔 구성 트럭 안전에 관한 연구 뿐만 아니라 트럭 운전자 교육도 병행 	

Ford 자동차

개요 ■ 자동차 안전기술 개발용 연구용 시뮬레이터

VIRTTEX (Virtual Test)



장비
및
시설

분야	자동차	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,600×1,200px
	모션시스템	6자유도, 유압식 6축 운동플랫폼
	캐빈시스템	Full Cabin
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±1.6m, ±20°, 0.6g, 6tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 빠르고 운동범위가 큰 플랫폼을 적용하여 레일을 대치 CRT 프로젝터를 사용하였으나 게인이 높은 코팅된 스크린 적용하여 밝기 확보 전방 3채널, 후방 2채널의 프로젝터 사용 카본 파이버 재질의 돔 스크린 적용 	

(2) 국내 실험시설

국내에서는 1997년 국민대학교에서 최초로 운전 시뮬레이터를 개발한 이후 학계의 관심을 끌기 시작하였으며, 일반에 보급되기 시작한 것은 2000년대 초반부임

- 그 이전에는 주로 군사용 특수차량의 훈련목적으로 해외에서 도입되거나 차량의 캐빈을 활용하여 실험적으로 개발된 사례가 있으나 영상장치, 모션장치, 차량동력학적 검증을 토대로 개발된 사례는 거의 없음
- 현재 국내에는 도로교통공단, 현대자동차, 한국건설기술연구원, 자동차부품연구원 등에 대형 시뮬레이터가 도입되어 있으며, 국민대학교, 부산대학교, 서울시립대학교 등 대학연구기관에서 연구용으로 개발한 시뮬레이터가 설치되어 있음



[그림 3-94] 국내 도로주행시뮬레이터 개발 현황

교통안전공단 자동차안전연구원

개요 ■ 차량시스템 평가 및 검증용 연구용 시뮬레이터

SIMREXTM PR-L-8-AW-AT-200 for TSA



장비
및
시설

분야	자동차 안전연구	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,600×1,200px
	모션시스템	7자유도, 전기식 6축 운동플랫폼 + 360도 Yaw Table
	캐빈시스템	Full Cabin(그랜저 HG)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.4m, ±25°, 0.6g, 4tonf, 360° Yaw table 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2011년 개발, 국내 최대 규모 국내 최초로 돔 내부에 설치된 Full cabin 차량이 직접 회전하는 턴테이블 적용 헤드램프 시뮬레이션 및 생체 측정장치 포함 고속주행시험로 외 가상 도로 (고속도로, 지방도, 시내도로 등) 운전자 거동 평가, 자동차 안전 안전연구, AFLS, ADAS 등 첨단차량시스템 평가에 활용 	

자동차부품연구원(KATECH)											
개요	<ul style="list-style-type: none"> 자동차 텔레메틱스 시험평가용 연구용 시뮬레이터 										
SIMREXTM PR-L-8-AW-AT-200-6X for KATECH (KAAS)											
장비 및 시설	 										
	 										
	<table border="1"> <tr> <td style="width: 10%;">분야</td> <td colspan="2">자동차 전장품 평가 및 개발</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">성능</td> <td>영상시스템</td> <td>시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,024×768px</td> </tr> <tr> <td>모션시스템</td> <td>6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼</td> </tr> <tr> <td>캐빈시스템</td> <td>Full Cabin(뉴 EF 소나타)</td> </tr> </table>	분야	자동차 전장품 평가 및 개발		성능	영상시스템	시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,024×768px	모션시스템	6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼	캐빈시스템	Full Cabin(뉴 EF 소나타)
	분야	자동차 전장품 평가 및 개발									
	성능	영상시스템	시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,024×768px								
모션시스템		6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼									
캐빈시스템		Full Cabin(뉴 EF 소나타)									
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.3m, ±25°, 0.5g, 6tonf 										
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2004년 개발, 가상현실 기반의 텔레메틱스 시험평가도구로 개발된 국내 최초의 돔형 시뮬레이터 360도 돔형 스크린 (Spherical Screen) 8채널의 DLP 프로젝터 6축 전기식 운동 플랫폼 (Payload 6t) 운전자 머리 및 눈동자 추적장치 가상현실 기반의 텔레메틱스 시험 평가 가능한 각종 전자제어 시스템 장착 운전자 거동 평가, ITS, LBS,A SV Telematics 등 HILS 평가가 가능한 전자제어시스템 도입 										

현대자동차

개요 ■ 차제 시험평가용 연구용 시뮬레이터

장비
및
시설



분야	자동차 설계 및 성능검증	
성능	영상시스템	시야각 : F180°×45°, R120°×30°, 6채널 프로젝터(3+3) 해상도 : 1,600×1,200px
	모션시스템	6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼
	캐빈시스템	Full Cabin(뉴 EF 소나타)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.3m, ±25°, 0.6g, 2.5tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2000년 최초 도입 후, 연구목적에 최적화된 파생형 시뮬레이터를 연구소 내 10여대 운용 중 자동차 회사의 보안 특성상 구체적인 응용분야에 대한 논문은 외부에 알려지지 않고 있으나, 최근 HILS 장치와 연동한 다양한 응용 실험이 진행 중임. 헤드라이트 조광특성 연구의 경우 실품 개발 없이도 Virtual Prototyping이 가능한 수준으로 활용되고 있음 운전자 거동 평가, 차량설계, 헤드라이트 조광특성 연구 및 평가, AFLS, ADAS 등 첨단차량시스템 평가 및 검증에 활용 	

한국건설기술연구원

개요 ■ 도로설계 및 인간공학 연구용 시뮬레이터

K-ROADS



장비
및
시설

분야	교통연구(도로안전성 평가, 설계검토)	
성능	영상시스템	시야각 : 360°×40°, 8채널 프로젝터 해상도 : 1,024×768px
	모션시스템	6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼 + 4축 노면 가진기
	캐빈시스템	Full Cabin(뉴 프라이드)
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.2m, ±20°, 0.4g, 1.5tonf, 4축 가진기 (4Hz) 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 인간공학적 도로안전성 분석시스템 개발사업의 일환으로 2003년 도입 구축 운전자-도로환경 평가를 위한 시뮬레이터로 활용 장대터널 내에서의 운전자 반응 분석 터널 내부 경관 디자인과 졸음운전 분석 복한 도로선형 및 터널경관에서의 운전자 감성평가 연구 등 수행 미끄럼방지포장구간 및 과속방지턱 설치 실험 탄소배출량 산정 실험 등 	

국민대학교

개요 ▪ 첨단차량시스템 개발 및 평가용 시뮬레이터

KMU-DS5



장비
및
시설



분야	차량안전 및 운전자 지원 시스템 개발용 연구용 시뮬레이터	
성능	영상시스템	시야각 : F150°×40°, R60°×30°, 4채널 프로젝터(3+1) 해상도 : 1,024×768px
	모션시스템	3자유도, 4축 노면 가진기
	캐빈시스템	제니시스 쿠페
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.1m, ±5°, 0.3g, 4축 가진기 (4Hz) 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 1997년 국내 최초 개발 후 5차례에 걸쳐 시스템 업그레이드 운전자 주의분산 모니터링 및 경고 시스템 개발 비전 카메라를 이용한 전방충돌 회피시스템 개발 졸음운전 판단 및 경고시스템 개발 음주운전이 운전자 행동에 미치는 영향 분석 등 위험운전 판단 알고리즘 개발 등 	

도로교통공단

개요 ■ 도로교통안전 및 운전자 행동 분석 연구

RTSA DS



장비
및
시설

분야	도로교통안전 및 운전자 행동 분석 연구	
성능	영상시스템	시야각 : F180°×40°, R60°×30°, 4채널 프로젝터(3+1) 해상도 : 1,024×768px
	모션시스템	6자유도, 전기식 6축 운동플랫폼 (Slide Crank Link 방식)
	캐빈시스템	레간자
내용	<ul style="list-style-type: none"> ±0.25m, ±20°, 0.4g, 1tonf 	
특징	<ul style="list-style-type: none"> 2003년에 개발 1t Payload를 갖는 6축 전기식 운동플랫폼 적용 EPS를 사용하여 조향반력 재현 운전자 눈동자 및 머리 추적장치 시스템 운영 소프트웨어로 SCANer II 적용 운전자 적성검사 소프트웨어 포함 	

다. 소결

도로주행 시뮬레이터는 운전자-차량-도로의 상호 작용을 극대화 하며, 대형화/고규격화 되어가는 추세임

- 최근 개발된 NADS와 TOYOTA 자동차 시뮬레이터는 운전자-차량-도로의 상호 작용을 극대화하여 재현할 수 있는 독창적인 기술로 전용 도로주행 시뮬레이터 실험시설로 발전되어 가고 있음
- 최근 국내의 동향을 살펴보면 6축 운동플랫폼, 종/횡방향 레일방식의 도입으로 대형화 및 고규격화 되어 가는 추세이며, 특히, 아시아권(일본, 중국)에 대형 실험시설로 고성능 도로주행 시뮬레이터의 보급이 확대되고 있음

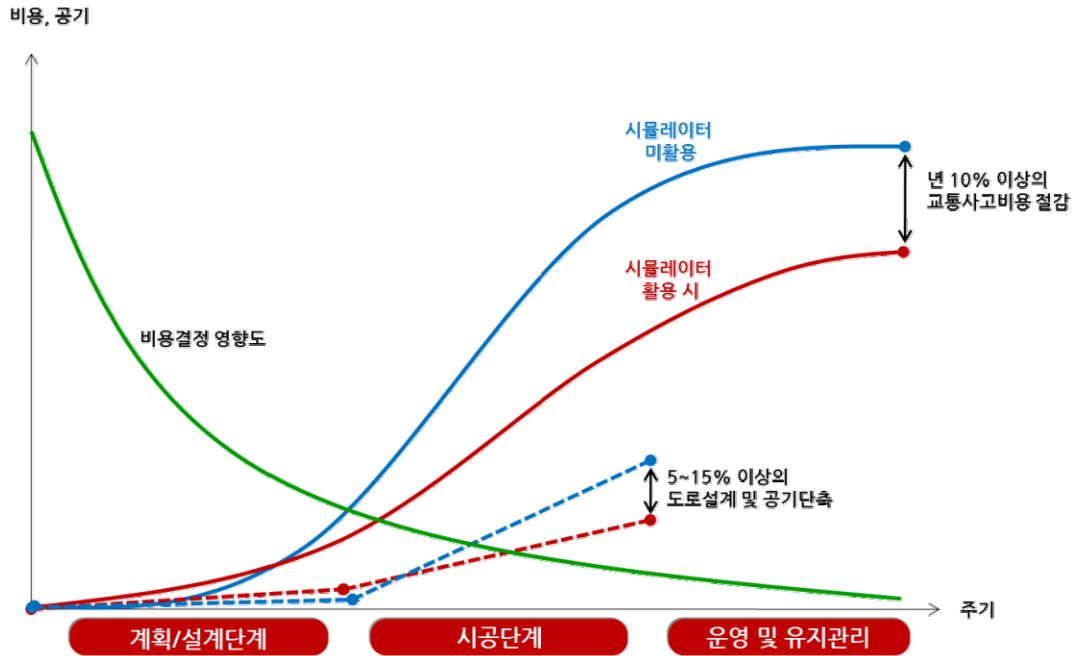
국내의 연구사례를 살펴본 바에 의하면 시뮬레이터는 다양한 도로교통분야에서 그 활용도가 높아지고 있으며, 향후 이러한 연구 분야는 확대될 것으로 보임

- 세계 각국의 자동차, 교통관련 연구기관들은 첨단교통시스템(ITS) 기술 개발, 첨단안전자동차(ASV) 및 도로안전 기준 수립, 운전자 Human Factor 연구의 핵심 연구시설로서 도로주행 시뮬레이터를 적극 도입하고 있음
- 도로계획 및 설계단계에서 운전자의 주행 쾌적성, 노선의 경제성, 주변 지형과의 조화를 고려한 미관성, 기타 도로 계상 제약변수에 대한 검토 등에 시뮬레이터를 활용한 심도 있는 검토 및 해석이 절대적으로 필요함

시뮬레이터를 활용할 경우 실제 주행상황에서 수집될 수 없는 많은 실험결과들을 도출할 수 있어 도로교통운영의 효율성과 안전성을 높일 수 있을 것으로 판단됨

- 인간공학적 도로안전성 분석, 도로안전시설에 대한 인간공학적 설치기준, 교통사고 잦은 곳 원인분석 및 개선방안 등 교통안전성 개선을 통해 교통사고비용의 최소화가 기대됨
- 기존 도로 및 설계단계에 있는 도로에 대해 실제 도로와 같은 상태에서 도로의 안전성 및 경관 해석은 물론 특수환경에 대한 사전 해석이 용이함
- 시뮬레이터를 도로건설 전/후 평가에 활용함으로써 사업시행에 따른 예산운영의 효율성 확보 및 도로건설비용의 효율적인 집행을 도모할 수 있음
 - 일본, 미국 등 교통선진국의 시뮬레이터 활용사례 보고에 따르면, 시뮬레이터를 통해 약 5~15%의 도로설계 및 공사기간의 단축 효과와 연 10% 이상의 교통사고 비용절감 효과가 있는 것으로 알려짐
- 국토교통부의 다양한 도로·교통 관련 R&D 사업 수행을 위한 효과적 지원시스템 구축이 가능함

- 다양한 교통안전시설물 설치를 위한 사전평가 시스템으로 활용가능하며, 도로설계 대안에 대한 주행 안전성/이용자 편리성의 사전 평가가 가능함



[그림 3-95] 시뮬레이터 활용 전후 비교

<표 3-19> 국내·외 실험시설 현황 비교

구분	실험시설 (명칭)	채널수 (ch)	시야각 각도(°)	Resolution Per Screen	calibration system	자유도 (DOF)	Base Platform (방식)/(축)/(tonf)	Yaw Table 각도(°)	X-Y Table 규모(m×m)	Vibration Table 채널(ch)/(Hz)
해외	NHTSA(NADS)	15	360×40 R:28×7	F:7 arc minute R:15 arc minute	Auto	13	유압식/6/10	360	20×20	4/20
	Toyota 자동차	16	360×43	1,600×1,200px	Auto	13	유압식/6/10	330	20×35	4/20
	Mercedes-Benz	6	F:230×45 R: 58×28	1,600×1,200px	Auto	8	유압식/6/12	90	횡방향: 12	-
	VTI Simulator IV(스웨덴)	6+3	210×30 R: 3-LCD	H:5.0±0.5arc minute V:2.5±0.5arc minute	Auto	8	전기식/6/2.5	-	6×8	-
	Stuttgart대학(독일)	8	360×40	1,600×1,200px	Auto	8	전기식/6/4	-	6×10	-
	RIOH 고속도로연구소(중국)	5	360×45	1,600×1,200px	-	12	전기식/6/4	360	횡방향 5	4/5
	동제대학교(중국)	5	F:180×40 R: 90×30	1,600×1,200px	Auto	8	전기식/6/2.5	-	5×19	-
	Leeds대학교(영국)	5+2	250×45 R:2-LCD	1,024×768 R:800×450	-	8	전기식/6/2.5	-	5×5	-
	BMW(독일)	8	360×45	1,600×1,200px	Auto	6	전기식/6/8	-	-	-
	TRL(영국)	5	210×40	1,600×1,200px	-	6	전기식/6/4	-	-	-
국내	Ford 자동차	8	360×40	1,600×1,200px	-	6	유압식/6/6	-	-	-
	교통안전공단 자동차안전연구원	8	360×40	1,600×1,200px	-	7	전기식/6/4	360	-	-
	자동차부품연구원	8	360×40	1,024×768px	-	6	유압식/6/6	-	-	-
	현대자동차	3+3	F:180×45 R:120×30	1,600×1,200px	-	6	전기식/6/2.5	-	-	-
	도로교통공단	3+1	F:180×40 R:60×30	1,024×768px	-	6	Link Type/6/1	-	-	-
	건설기술연구원	8	360×40	1,024×768px	-	6	전기식/6/1.5	-	-	-
	한국도로공사	3	135×25	1,600×900px	-	6	전기식/6/1	-	-	-
국민대학교	4	F:150×40 R:60×30	1,024×768px	-	3	-/4/-	-	-	-	
기존 최대 성능		32	360°×45°	1,920×1,080px	Auto	13	유압식 6축/10	360	20×35 이상	4/20

3. 실험시설 최소요구성능

가. 실험시설 구축 주안점

규모 및 성능 측면에서 Global Top 5 수준을 목표로함

- 자동차부품연구원, 현대자동차 등에서 대형 동형 시뮬레이터를 도입할 당시에는 아시아권에서 상위 수준에 있었으나, 현재는 아시아권에서도 비교 열위임

- 구축되는 도로주행 시뮬레이터는 세계적 수준의 현실감(재현성) 구현을 목표로함

도로교통 분야의 연구에 최적화된 도로주행 시뮬레이터를 개발함

- 기 구축된 주행 시뮬레이터가 자동차 연구에 편중되어 있어 도로설계, 교통안전, 교통운영, 지능형 교통시스템 연구에 활용성 높은 시뮬레이터가 부재함

- 스마트 모빌리티의 첨단 도로 시스템 연구에 적합한 장비를 포함함

다양한 주행환경에서 다양한 응용 실험이 가능하게 함

쉬운 조작/운용성과 유지보수의 용이성을 확보함

운용자와 피실험자의 안전을 최우선으로 고려함

시뮬레이터 적응증후군을(SAS : Simulator Adaptation Syndrome) 최소화함

나. 세부 설비/장비 개요⁶⁸⁾

도로주행 시뮬레이터의 세부 설비/장비는 실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템, 3차원 영상 생성 및 시현 시스템, 음향 생성 및 시현 시스템, 운동 시스템, 캐빈 및 제어힘 로딩 시스템, 운영 및 모니터링 통합 시스템으로 구성됨

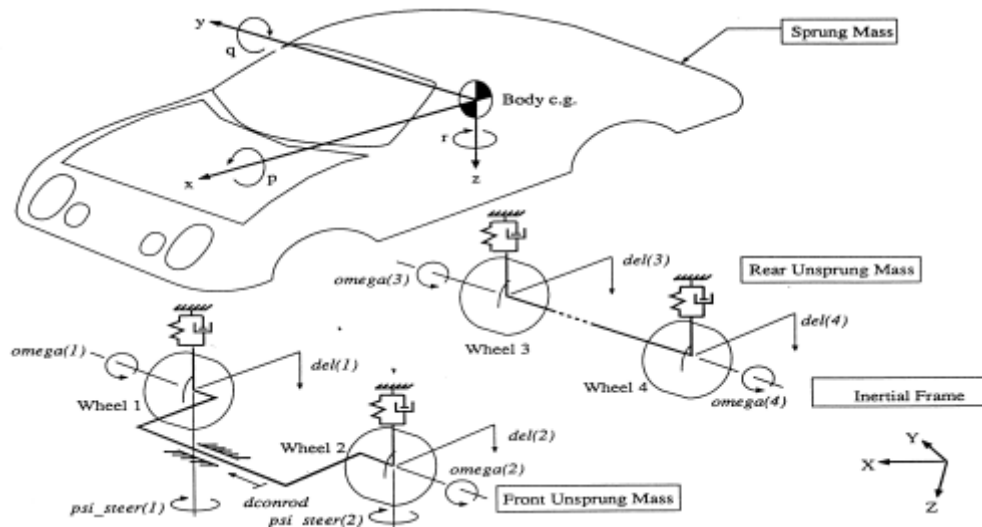


[그림 3-97] 도로주행 시뮬레이터 구성 개념도

(실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템) 시뮬레이터에 탑승한 운전자가 조작하는 조향 휠, 가속/브레이크 페달 등의 신호를 바탕으로 실시간으로 차량 운동을 연산하고, 그 결과를 영상/음향/운동 시스템을 통해 운전자에게 피드백 하는 시스템임

- 차량동역학 모델과 모션 제어시스템은 실차실험의 결과를 반영하여 개발 및 튜닝 됨으로써, 실차의 주행 특성을 최대한 반영할 수 있어야 함.
 - 차량모델은 선형과 회전운동에 관한 6자유도 운동을 하는 스프링상질량과 4자유도를 갖는 각 차륜 진행방향 회전 및 수직방향 변위, 2자유도의 킹핀축에 관한 전륜 조향각 등으로 모델링 함

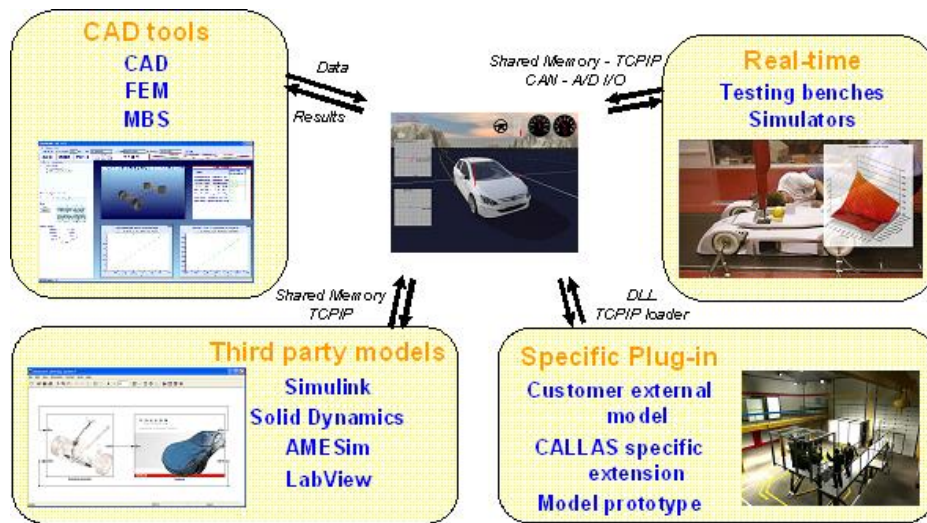
68) 도로주행시뮬레이터의 경우 세부시설이 시뮬레이터 하나이므로 후보시설 도출 및 우선순위평가 과정을 생략함



[그림 3-98] 다자유도 차량 동역학 모델

● 차량동역학 시뮬레이션 상용소프트웨어는 운전자 조작 명령부, 외부환경 입력부, 차량 기구학부, 차량 운동역학부 등 모듈구조로 구성되어 있음

- 운전자 조작 명령부는 제어 힘 로딩 시스템에 의해 입력되어진 조향, 제동 및 구동 등에 관한 운전자 조작 명령신호를 처리할 수 있도록 독립적으로 모듈화 됨
- 외부환경 입력부에서는 영상 시스템의 주행 시나리오에 의해 정의된 노면 데이터를 통해 노면이 지정되어지며, 지정된 노면은 관성 좌표계로부터 차륜 중심까지의 벡터에 의해 차륜의 회전반경을 계산함
- 차량 기구학부는 관성좌표계, 차체 고정좌표계, 차륜 회전좌표계 간의 좌표계 변환식으로 표현 되어지며, 차량 동역학부는 타이어와 현가장치의 작용력 및 제동력 등에 관련된 운동방정식으로 구성되어 있음
- 차량의 조정성, 안정성에 관련한 동역학적 모델은 조향 및 제동, 가속 등에 의해 발생되어지는 차량 서브시스템에서의 상호 작용력을 고려하여 구성됨
- 차량모델과 서브시스템간의 체계적인 신호처리와 시스템 성능 향상을 위한 확장성을 고려하여 조향, 제동, 가속, 공기역학모델 등은 독립적으로 처리함



[그림 3-99] 차량동역학 시뮬레이션 상용소프트웨어의 모듈 구성도

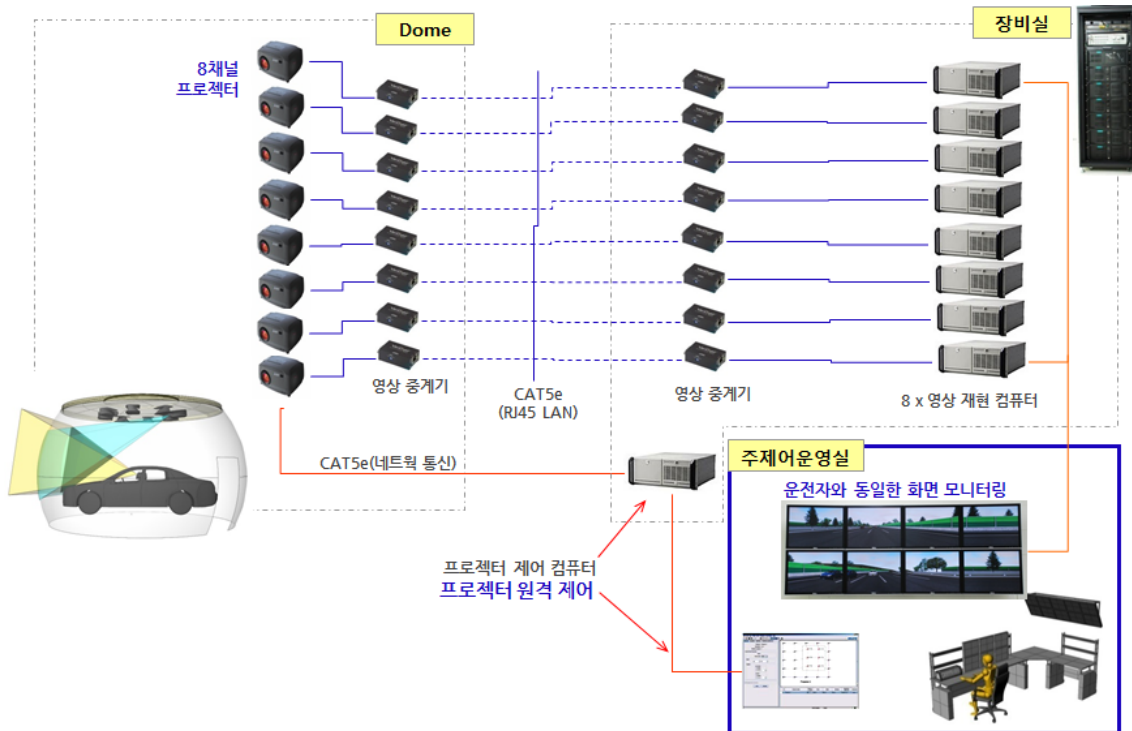
● 차량동역학 해석 컴퓨터는 실시간으로 복잡한 모델의 해석이 가능하도록 충분한 연산 능력을 확보함

- 연산과 메모리를 병렬형으로 구성하여 처리속도가 아주 빠른 수십 개 정도의 프로세서가 메모리를 공유하여 데이터를 신속하게 교환할 수 있게 함
- 성능 대 가격비를 극대화하고, 오버헤드를 최소화하기 위하여 메모리 공유 다중 프로세서가 주로 고려됨

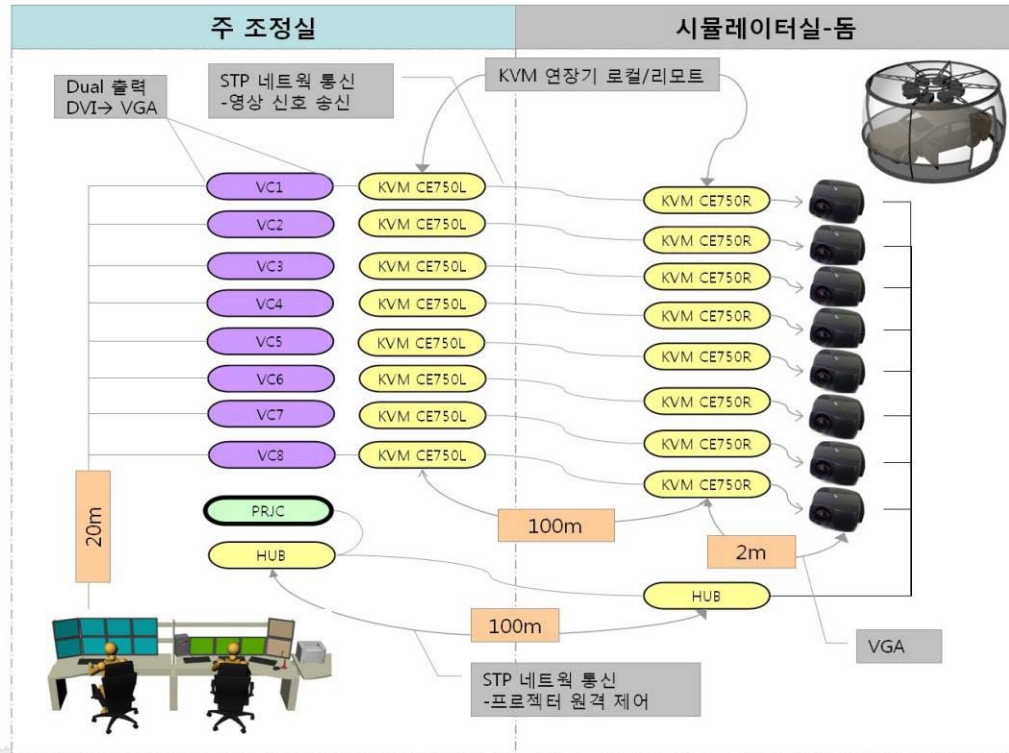
(3차원 영상 생성 및 시현 시스템) 시뮬레이터를 체험 중인 운전자가 속한 가상환경의 영상 정보를 운전자의 시각으로 직접 전달해 주는 시스템을 의미함

● 운전자가 실제적인 주행 감각을 느끼고 각 상황에 따른 정확한 반응을 유도하기 위해서는 그래픽 이미지의 연속성을 확보하는 3차원 그래픽 처리가 필수적이며, 이는 영상 생성 시스템과 영상 시현 시스템으로 나눌 수 있음

- 영상 생성 시스템은 사진 등으로 촬영된 실제 영상을 그래픽 데이터에 합성하여 현실감을 극대화한 텍스처 맵핑 기법을 적용함
- 최근 가상현실 기법으로 3차원 영상을 재현하는 기술이 상당부분 발달 및 상용화 됨
- 영상 시현 시스템은 충분한 시야각(Field of View)이 확보되어야 하며, 영사화면의 해상도나 밝기, 스크린의 종류 및 투시방법과 시스템 가격 등도 고려되어야 함



[그림 3-100] 3차원 영상 생성 및 시현 시스템 구성도



[그림 3-101] 프로젝터 제어부 구성도

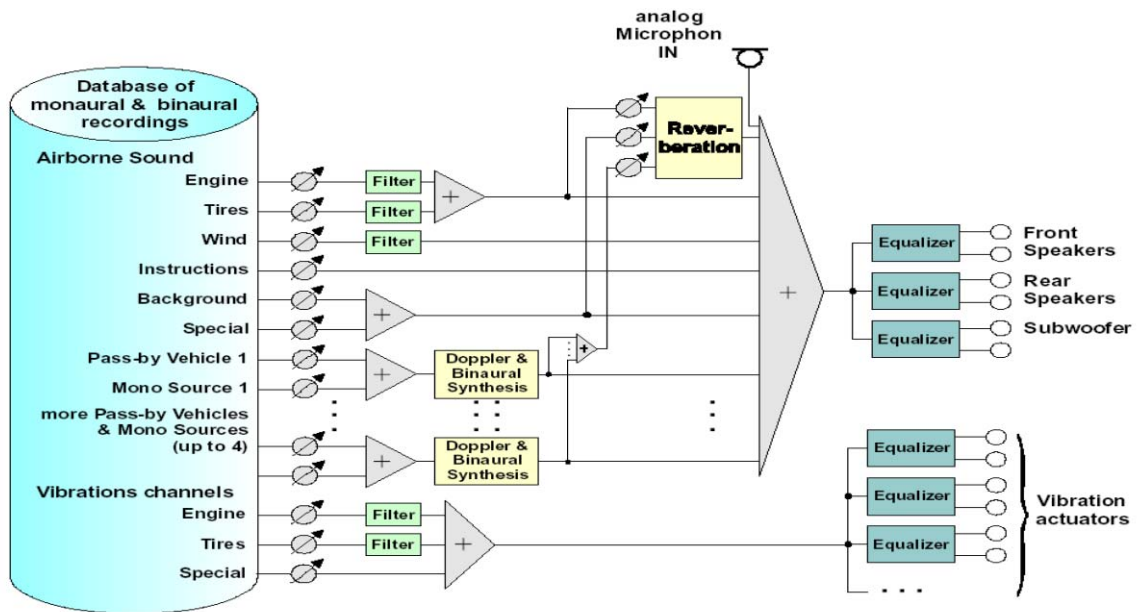


[그림 3-102] 영상 프로젝터의 시스템 구성도

(음향 생성 및 시현 시스템) 시뮬레이터에 탑재한 운전자의 기기 작동, 차량의 상황에 따른 타이어/엔진/차체/구동부 및 주변 상황의 소음을 재현하는 시스템임

● 음향 생성 및 시현 시스템은 시뮬레이터의 운용 시 큰 영향을 미치는 청각효과 구성품으로 실제 운전 시 발생하는 음향과 주변 환경음을 실제감 있게 재생하여야 함

- 각종 엔진음, 주행소음 등 현실감 있는 고품질 음향을 확보하여 차량 고유의 주행 소음 특성을 반영하도록 이를 데이터베이스화 하고, 실시간 사운드 렌더링 엔진을 적용하여야 함
- 사용자 요구에 따른 음향의 추가가 가능하도록 구성하며, 시나리오, 차량 동력학, 그래픽 DB 등 서브시스템과의 정보가 공유되도록 하여야 함
- 주행시나리오 상에서 발생하는 이벤트 음향이나, 터널 소음, 도플러 효과 등이 구현될 수 있도록 하며, 차량 내부에서 NVH 평가가 가능하여야 함



Signal processing in the acoustic system

[그림 3-103] 음향 생성 및 시현 시스템 구성도

- 음향 시현 시스템은 5.1채널로 구성하며 현실감 증대를 위해 진동 스피커를 활용함
 - 효과음을 보다 사실적으로 재현하기 위하여 차량 캐빈 내외부에 4개의 주변 스피커와 1개의 우퍼 스피커로 구성된 5.1채널 음향 시스템을 활용함
 - 운전석과 크래쉬 패드에 각각 진동 스피커를 설치하여 운전자로 하여금 현실감 있는 사운드를 체감하도록 구성하여야 함



[그림 3-104] 음향 및 진동 장치 구성도

(운동 시스템) 실시간 차량 동역학 시뮬레이션의 결과를 반영하여 운전자가 실제 차량을 운전하고 있다는 느낌을 받을 수 있도록 차량의 운동을 모사하는 시스템임

● 운동시스템의 개발에 있어서 우선적으로 고려할 사항은 기구학적 설계임

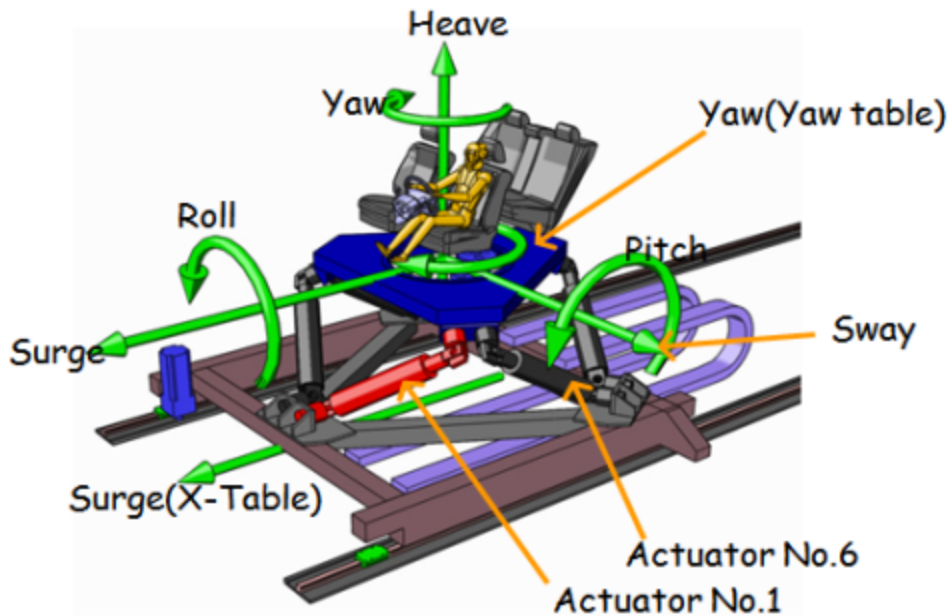
- 대규모 시뮬레이터의 경우 6 자유도 운동을 생성하는 운동 플랫폼을 토대로 레일을 이용하여 운동 범위를 넓히는 추세임
- 적용 목적에 따라 제한된 자유도를 갖는 구조의 운동 플랫폼도 이용되므로 재현하고자 하는 주행 시나리오, 운동 범위, 적용 목적에 따른 면밀한 설계가 요구됨

● 운동 플랫폼의 구동을 정확히 제어하여 제한된 운동범위 내에서도 실제와 유사한 차량 운동을 생성하고, 주행 시나리오를 정확하게 재현하기 위해서는 우수한 성능을 가진 구동로직이 필요함

- 구동로직은 운동 플랫폼의 제한된 운동영역 안에서도 실제와 유사한 차량의 구동을 운전자가 경험할 수 있도록 새로운 운동 큐를 생성하는 워시아웃(Washout) 알고리즘임
- 워시아웃 알고리즘은 운동 플랫폼의 물리적인 한계 내에서 운동을 제한하는 것과 운전자에게 전달되는 운동 큐를 운동 감지영역 내로 유지시키는 역할을 함
- 워시아웃 알고리즘으로부터 나오는 플랫폼의 목표운동을 제어하여 정확하게 재현하는 제어 알고리즘이며, 현재는 주로 선형 또는 피드백 선형화 제어 알고리즘에 기초를 두고 있으나 상태 변환을 이용한 비선형 제어도 시도되고 있음

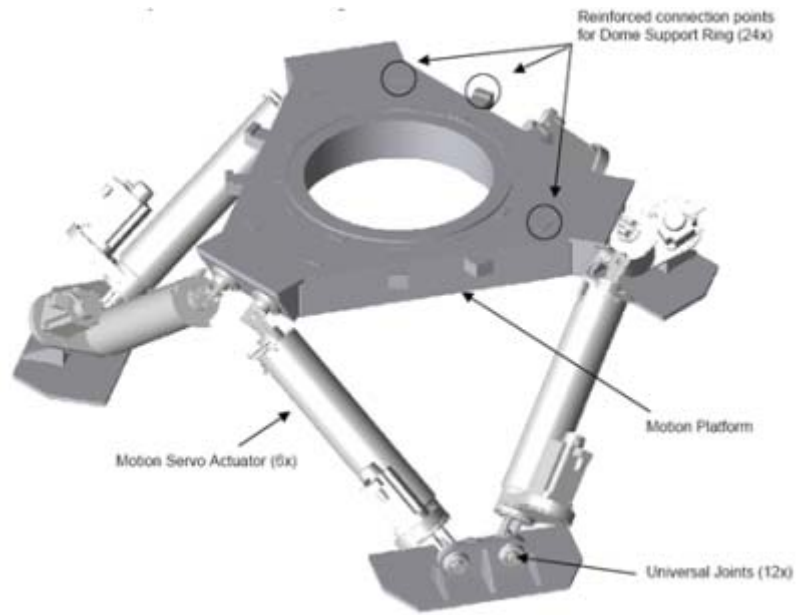
● 운동시스템 부분별 기능은 다음과 같음

- 각 액츄에이터는 AC 서버모터를 기반으로 제작되며, 전기식 제어 방식을 통해 시뮬레이터의 Roll, Pitch, Yaw, Heave, Surge, Sway 의 3차원 운동 모사함
- 운동 플랫폼 구동부는 모터의 회전운동을 직선 선형운동으로 변환하여 운동관의 3차원 운동을 구현함
- 운동 플랫폼 제어부는 운동 플랫폼 구동부가 각각의 운영 시나리오와 동기화 되어 구동될 수 있도록 입력신호를 생성하고 시스템을 제어, 관리하는 기능을 담당함
- 전원 공급부는 제어부에 구동 전압을 공급하고 필요시 입력 전원을 차단하는 기능을 담당함



[그림 3-105] 운동 시스템의 자유도

- 6축 운동플랫폼은 Stewart-platform을 기본 구조로 하여 6개의 모터에 의해 3개의 병진운동과 3개의 회전운동을 포함하여 6개의 자유도를 가짐
 - 구동시는 역기구학 및 구동제어 알고리즘이 있는 모션제어 컴퓨터에서 신호를 통해 각각의 모터를 제어함
 - 모션제어 컴퓨터와 운동 플랫폼은 원거리에 위치하므로 통신 및 신호전달 장치인 MIC는 제어 컴퓨터와 인버터의 인터페이스 역할을 하고, 신호를 전달받은 인버터는 실제 모터를 구동하기 위한 전력제어를 수행함
 - 운동플랫폼의 상부 운동판을 구성하는 철 구조물에는 차량이 설치되며 차량의 탈부착이 가능하도록 설계하여야 함



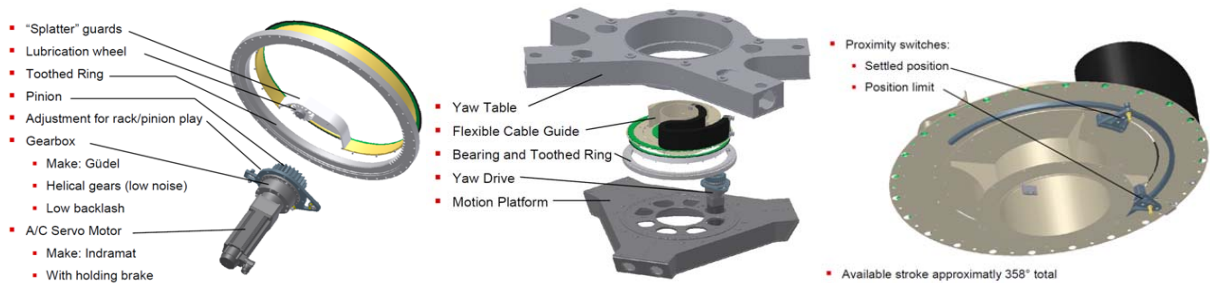
[그림 3-106] 전기식 6축 운동플랫폼의 형상

- X-Y 레일 장치를 통해 자동차의 가속이나 차로 변경 시 지속적으로 발생하는 종방향 가속도 및 회전 각속도를 현실감 있게 구현할 수 있음



[그림 3-107] 레일을 포함하는 운동 시스템의 통합 형상 및 배치도

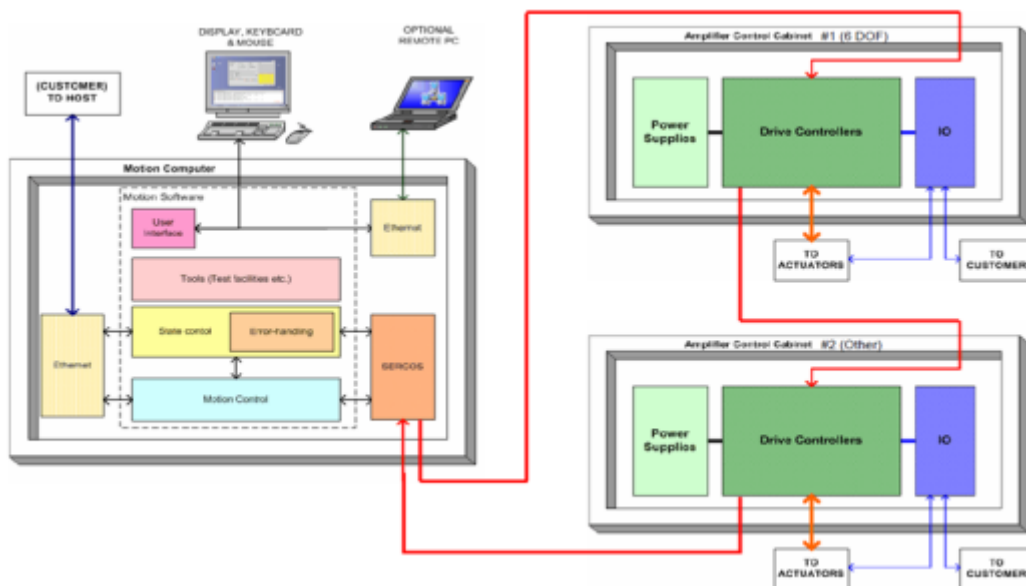
- Yaw 테이블을 통해 고속도로 램프 주행이나 차량의 사고시 주로 나타나는 스핀 운동을 현실감 있게 모사할 수 있음



[그림 3-108] Yaw Table의 기본 개념도

● 전기제어부와 관련된 세부사항은 다음과 같음

- 운동플랫폼 제어부는 제어 컴퓨터의 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 고효율 기어모터의 구동을 위한 입력 신호로 Inverter에 전달함
- SSR은 브레이크 및 Inverter의 전기적 신호를 연결하고 차단함
- Potentiometer는 SSR과 고효율 기어모터의 위치에 대한 Feedback을 수행함
- 전원 공급부는 제어부에 구동 전압을 공급하고 필요시 입력 전원을 차단하는 기능을 담당함
- 전기 제어부와 전원 공급부는 캐비닛 또는 랙에 설치되어 운동 플랫폼 주위에 설치됨
- 모션 제어 컴퓨터는 RS232C(원거리시 RS485)시리얼 통신을 통해 MIC로 모션 제어 신호를 출력함
- MIC는 모션 제어 컴퓨터로부터 신호를 입력받아 내장된 CPU의 연산을 거쳐 DA 보드를 통해 디지털 신호를 아날로그 전압신호로 변환하여 인버터로 출력함



[그림 3-109] 운동플랫폼의 제어부 구성도

(캐빈 및 제어힘 로딩 시스템) 실제 차량에서 엔진룸 등의 부품을 제거한 캐빈에 실제 차량과 동일한 조작 조건/환경을 제공하는 하드웨어인 제어힘 로딩 시스템(Control Force Loading System : CFLS)이 장착된 시스템임

- 실제 차량을 기반으로 한 차량 캐빈은 엔진을 포함하여 엔진룸의 부품은 완전하게 제거한 후 제어힘 로딩 장치 등 장비와 센서 일체가 설치되며, 운전자가 실제 탑승함
 - 승용 차량의 경우 운전석 조작부의 작동 스위치, 계기류, 램프 등 모든 기능은 실차와 동일한 기능을 유지함
 - 차량 오디오, 실내등, 시트 등 차량 내부의 장치와 편의 사양 또한 동일한 기능을 지니도록 하되 필요에 따라 일부 부품은 제거되거나 추가될 수 있음
 - CCD 카메라와 같은 모니터링 장비와 통신 장비가 추가적으로 설치되며, 사용자 편의 및 이동 장비 등의 사용을 위하여 차내에는 전원, 네트워크 라인 등이 추가됨
 - 돔 스크린과 프로젝션 빔의 간섭을 고려하여 승용 차량의 전면과 후면의 일부는 커팅되어 설치되며, 프로젝션 빔의 난 반사를 방지하기 위하여 차량의 외부는 검정색 무광으로 처리함
 - 돔 내부에 설치되는 차량에는 강성 유지를 위하여 차량의 하체를 보강하고 프레임 형태의 구조물이 설치되어야 함

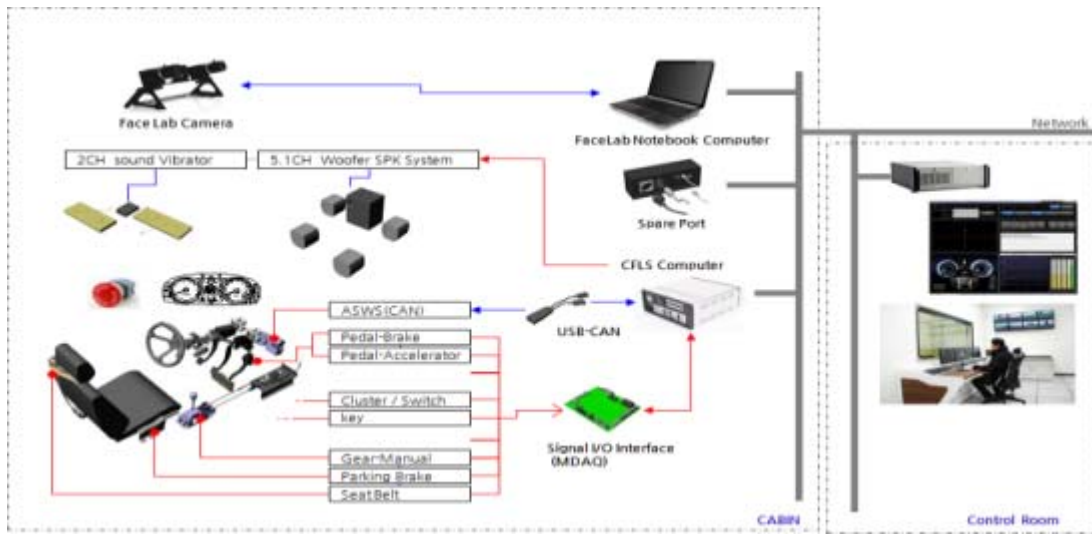


[그림 3-110] 차량 내부의 장치 배치도(예시)

<표 3-20> 캐빈 내 운전조작 장치류의 주요 기능구현 목록

기능
운전석 계기판: 램프 및 게이지 구현
조향 핸들 및 반력 시스템(Active Wheel)
안전 벨트
자동 기어 (전후진 포함)
클러치 페달, 브레이크 페달, 가속 페달
주차 브레이크
Tachometer, Speedometer 등 계기판류
Direction lights indicator
Hazard switch
Ignition key switch
Indicator light switch
Headlight switch
Function Buttons for Simple Operation

- 제어힘 로딩 시스템(Control Force Loading System : CFLS)은 실제 차량과 동일한 조건 및 환경을 제공하는 하드웨어 장치 일체를 의미함
 - 페달 등의 운전 조작 장치, 조향 반력 장치 등을 실차와 동일하게 재현하고 램프, 각종 스위치, 게이지 등의 신호를 제어 하여 실차와 동일한 기능을 구현하도록 구성됨
 - 차량에 부착된 각종 센서와 계기류는 제어장치(MDAQ)와 연결 되고, MDAQ를 통해 처리된 신호는 시리얼 통신을 통해 CFLS 컴퓨터로 전송함
 - CFLS 컴퓨터는 차량 내부에 설치되며, 네트워크 라인을 통해 주 조정실의 시뮬레이션 컴퓨터로 데이터를 전송함
 - CFLS 컴퓨터에는 CFLS 제어 프로그램이 설치되며, 주 조정실에서 원격으로 CFLS의 상태를 모니터링 할 수 있도록 구성함



[그림 3-111] 제어힘 로딩 시스템의 배치도

<표 3-21> MDAQ의 상세 사양

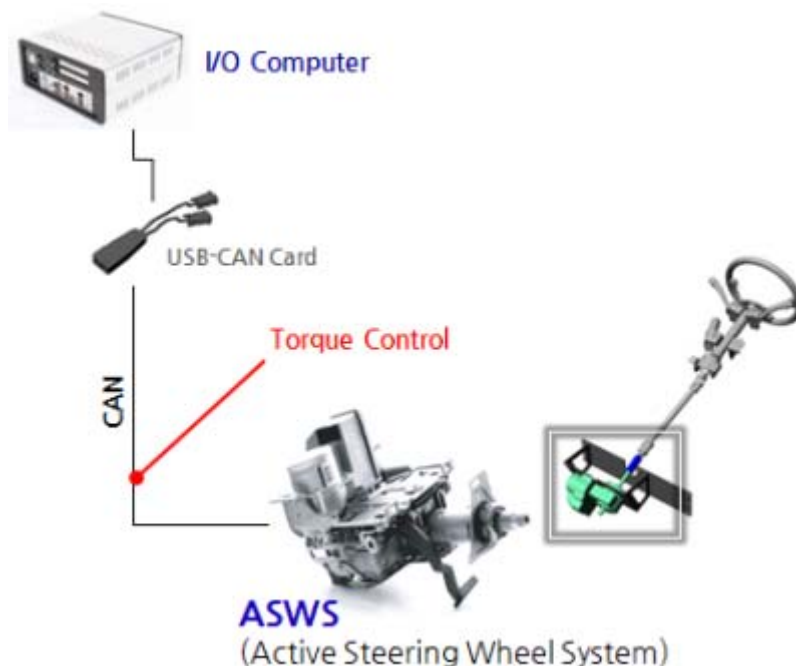
구분		사양
Analog Input	Steering Whee	12-bit ADC (N.C)
	Acceleration	10-bit ADC
	Clutch	10-bit ADC
	Foot Brake	10-bit ADC
	Parking Brake	10-bit ADC (N.C)
Analog Output	RPM Gauge	HSO (0~270Hz)
	Speed meter	HSO (0~150Hz)
	Thermometer	8-bit PWM (24kHz)
	Fuel Gauge	8-bit PWM (24kHz)
Digital Input 32ch	Key / Gear Box	2ch / 4ch
	Auto Gear	5ch
	Parking Brake	1ch
	Seat Belt / Horn	1ch / 1ch
	O/D OFF	1ch
	Light	3ch(Small , Light, Upper Light Lamp)
	Direction	2ch(left. Right Turn Signal & Emergency)
	Wiper	3ch(Low, High, Washer)
	Multi SW	5ch
Reserved Input		
Digital Output	Lamp	7ch (ENG, AIRBAG,OIL, BAT, FUEL, DOOR)
	Reserved Output	8ch
Direct Output	Back Light	1ch(Cluster)
	Left/Right Turn Light	2ch
	Lamp	3ch(Brake, Seat Belt, Upper Light Lamp)
Interface		USB 2.0/1.0-Compliant High Speed(480Mbps) USB B RS-232C : D-sub 9
Power		DC 12V . Computer power supply Acceptable
Operating System		Windows 2000/XP
Dimension		140mm×170mm

● 조향반력장치(ASWS)는 스티어링 샤프트 끝단에 설치되어 있으며, 운전 조건에 따라 실시간으로 토크를 제어하여 실제 차량에 가까운 핸들의 조향 반력을 재현함

- 전원이 투입되고 최초 운전준비를 위하여 조향 반력장치는 자가 점검을 하도록 프로그램 되어 있으며, 시뮬레이션 컴퓨터와 실시간 통신을 통해 핸들의 조향 각도와 반력 등을 제어함

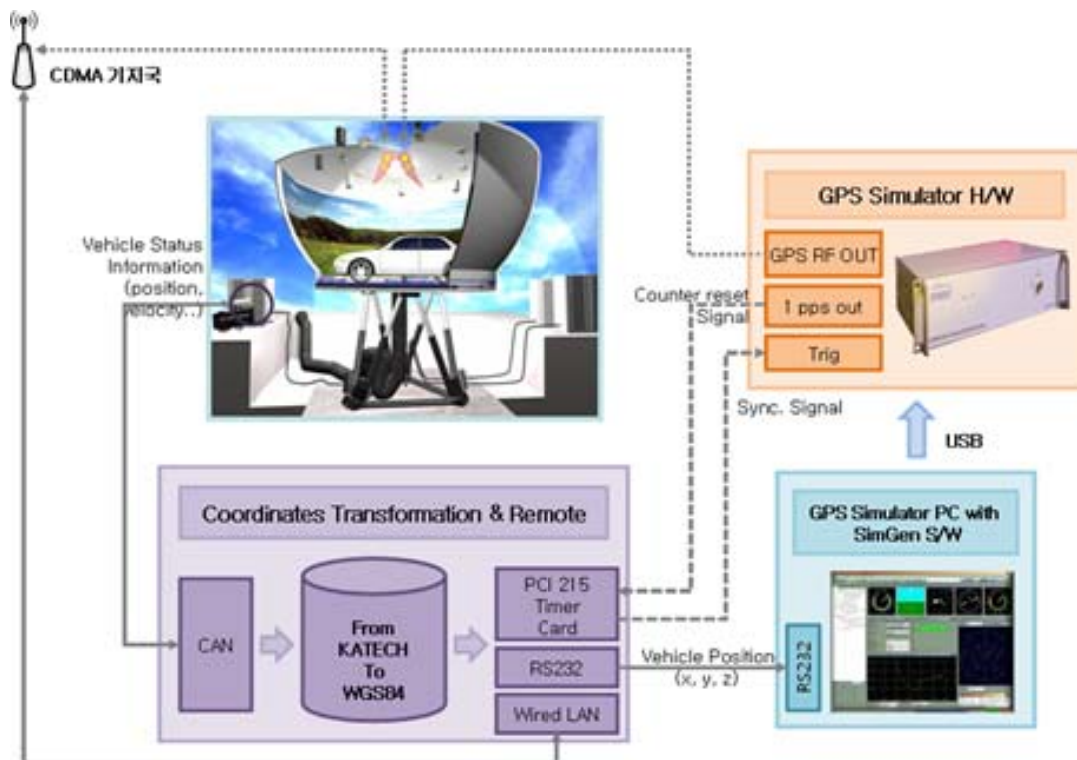
<표 3-22> 조향반력장치 사양

구분	사양
Max torque Rating	38Nm @12V
Signal Interface	CAN(500Kbit/s)
Power Supply :	12VDC(60A max)
Assistance Torque	min 38Nm @300°/sec min 20Nm @600°/sec
Sensor Data	Column Position/Velocity/Torque



[그림 3-112] 조향반력 장치 구성

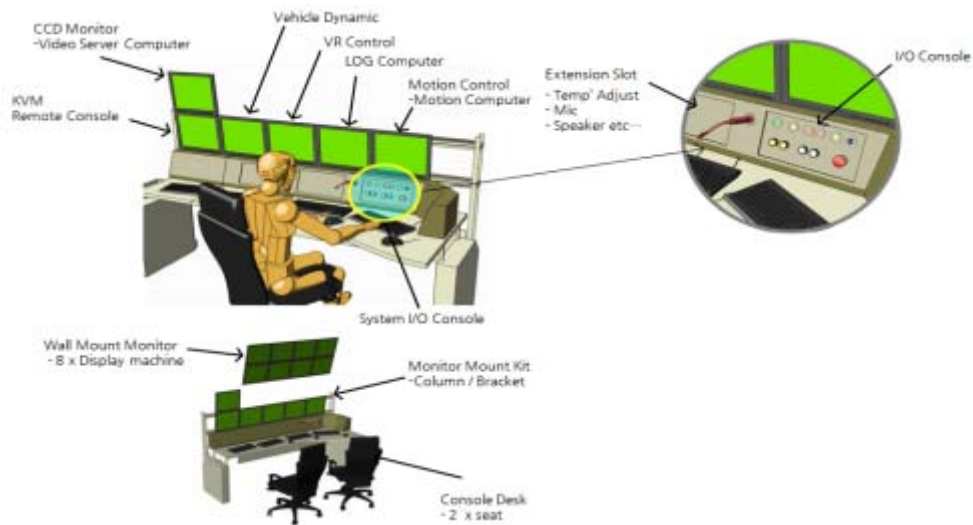
- RF 기반 GPS 연계 시뮬레이션 시스템은 차량용 네비게이션, 텔레매틱스 등 위치기반 서비스 시스템의 운전자 주의분산 등 실험을 위해 시뮬레이터에 장착됨
 - 시뮬레이터의 가상 좌표계를 실제의 경위도 좌표계로 실시간 변환하고, 이를 GPS 위성 시스템 시뮬레이션 장치에 제공함
 - 위치 좌표, 속도, 방위, 시각 등의 정보를 기반으로 GPS 위성의 위치를 실시간으로 계산하여 GPS 신호발생장치로 제공함
 - GPS 신호발생장치는 각 위성이 발생시키는 RF 신호를 모사한 신호를 발생하여, 실험 대상인 네비게이션 등에 제공함
 - RF 기반 GPS 연계 시뮬레이션 시스템의 원활한 구동을 위해, 실도로 기반의 가상환경을 포함하여야 함



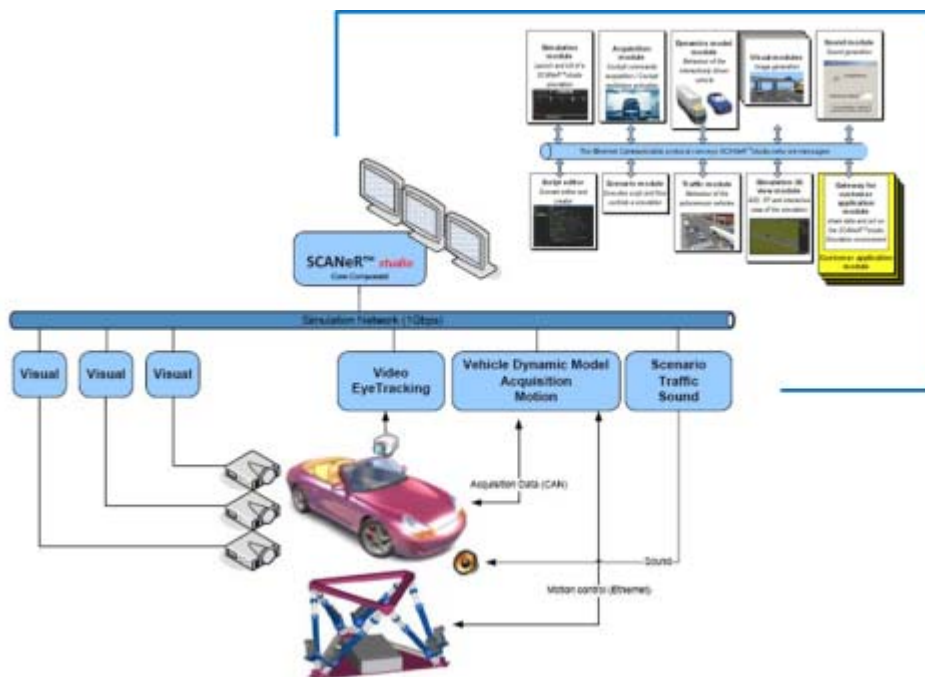
[그림 3-113] RF 기반 GPS 연계 시뮬레이션 시스템의 구성

(운영 및 모니터링 통합 시스템) 도로주행 시뮬레이터의 제어/통제를 위한 운영 및 모니터링 통합 시스템은 1인이 모든 장치를 제어하고 모니터링하며 통제할 수 있도록 시스템을 구성함

- 시뮬레이터 운영 소프트웨어는 다수의 컴퓨터에서 분산하여 구동되므로 각 기능별로 모듈화 되며 모듈화된 각 구동 프로그램은 정해진 API(Application Programming Interface)를 통하여 상호 실시간으로 데이터를 교환함



[그림 3-114] 주 제어 운영실의 레이아웃



[그림 3-115] 운영 소프트웨어 구성도

- CCD 카메라와 통신장비를 활용하여 돔 내부 상태에 대한 상시 모니터링 및 운전자와의 커뮤니케이션이 가능하게 함
 - CCD 카메라는 낮은 조도 또는 어둠속에서도 촬영이 가능한 적외선 카메라를 설치함
 - CCD 카메라의 영상은 운영실과 연결되고, 녹화 및 디스플레이 소프트웨어가 탑재된 컴퓨터를 통해 녹화 및 실시간 멀티 채널 모니터링을 수행함
 - 운영실의 콘솔 데스크에 설치된 CCD 카메라 모니터에는 최대 16개로 화면을 분할하여 CCD 화상을 디스플레이 할 수 있으며 운영자의 선택에 따라 화면 전환 및 카메라 조정 기능 등 다양한 모니터링이 가능하도록 구성되어야 함



[그림 3-116] CCD 카메라 구성도

- DVR의 설정에 따라 전체 녹화, 움직임 녹화 등 다양한 방법으로 실시간 녹화가 가능하도록 비디오 시스템을 구성함
- 운전자의 조작을 돕거나, 실험을 위해 별도의 운전 중 지령을 내릴 필요가 있을 경우 또는 시스템 에러, 비상 등의 경우에 대처한 안전한 대피를 유도하기 위해 차내에는 소형 핀 마이크와 스피커를 설치함
- 핀 마이크와 스피커는 운전자 시야에 방해되지 않도록 썬바이저와 크래쉬 패드 내부에 설치되며, 유지 보수가 용이하도록 커넥터 방식으로 연결함

다. 목표성능수준

<표 3-23> 도로주행 시뮬레이터 목표성능수준

실험 분야	세부 시설	설비/장비	주요 검토사항	최고 성능수준	국내 성능수준	목표 성능수준
도로계획 도로설계 도로경관 Human Factor 교통운영 교통안전 ITS	시뮬레이터	실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템	차량모델의 자유도	18DOF	15DOF	16DOF
			시뮬레이션 컴퓨터의 종류	전용워크스테이션	PC급	전용 워크스테이션
		3차원 영상 생성 및 시현 시스템	돔스크린의 크기(지름)	Ø8m	Ø7m	Ø7.6m
			단일 프로젝터의 영상 해상도	Full HD급 (1,920×1,080)	SD급 (1,400×1,050)	Full HD급 (1,920×1,080)
			다채널 영상의 자동 조정기능	포함	미포함	포함
			영상 컴퓨터의 종류	그래픽 전용 IG	일반 PC	그래픽 전용 IG
		음향생성 및 시현시스템	음향 장치의 종류	전용 음향발생기	일반 PC	전용 음향발생기
		운동시스템	운동감 생성의 범위	13 자유도	7 자유도	13 자유도
			지속적인 횡가속도 재현여부	35m×20m	적용사례 없음	20m×7m
			자동차의 회전운동 재현 여부	720°	360°	360°
			자동차 서스펜션 운동의 재현 여부	20Hz	4Hz	20Hz
			플랫폼의 가반하중	10tonf	4tonf	6tonf
		캐빈 및 제어힘로딩 시스템	차량캐빈의 종류 및 형태	다차종 교체가능	단일차종	다차종 교체가능
			외부 환경과의 통합 시뮬레이션	HILS 포함	HILS포함 (현대차,자부연)	HILS 포함
		운영 및 모니터링 통합시스템	외부장치와 병행운전 가능여부	2대 가능	적용사례 없음	2대 가능
			차량교체시간 (실험준비시간)	1시간 이내	적용사례 없음	1시간 이내
			도로영상 구축범위	400km 이상	30km~50km	400km 이상

라. 차별성

본 기본설계에서 제안하는 도로주행 시뮬레이터는 국내·외 유사설비의 장·단점을 철저히 검토하여 세계수준의 차별화된 실험설비를 구축하고자 함

- X-Y 레일에 의한 모션 이동성을 확보함
 - 실제 도로주행 상황에서 체감할 수 있는 종/횡방향 가속도의 85% 이상을 재현하는 것이 가능
 - 급차선 변경, 급선회 운전거동의 해석이 용이함
- 주행실험 중 운전자의 육체적, 심리적 피로를 최소화하고, 시뮬레이터 적응증후군(Simulator Sickness)을 최소화 하도록 함
- Yaw Table을 적용하여 원심가속도 재현성을 높임
 - 교차로, 급커브구간, 고속도로 분기점(JC) 등과 같이 원심가속도의 재현이 중요한 도로구간의 주행 환경을 현실감 있게 모사
 - 도로설계 및 교통안전성 검토에 활용이 가능하도록 함
- 실험 차량을 교체할 수 있도록 함
 - 실험환경에서 차종별(트럭, RV차량 등) 도로 설계요소 및 운전자 거동의 특성을 평가할 수 있도록 함
- 동일한 도로를 여러 명의 운전자가 동시에 주행 가능하도록 구성함(DIS)
 - 운전자 간의 상호작용을 평가할 수 있도록 함
- 20Hz 내외의 고주파 운동을 통해 노면상태에 따른 차량의 경미한 움직임 등의 진동을 구현하여 승차감 해석도 가능하도록 함

<표 3-24> 도로주행 시뮬레이터 실험시설의 차별성

구분	실험시설	모션플랫폼			영상시스템				기타	
		Yaw	X	Y	가진	뒀	영상 조정	전용 IG	차량 교체	DIS
국외	NADS (미국)	○	○	○	○	○ (ø8m)	○	○	○	○
	TOYOTA (일본)	○	○	○	○	○ (ø8m)	○	○	○	○
	BENZ (독일)	○	×	○	×	○ (ø7.2m)	○	○	○	○
	VTI (스웨덴)	×	○	○	×	-	×	-	×	×
	Stuttgart대학 (독일)	×	○	○	×	-	×	-	×	×
	고속도로연구소 (중국)	○	○	×	○	○ (ø6m)	×	×	○	×
	동계 대학교 (중국)	×	○	○	×	○ (ø6m)	×	×	×	○
	LEEDS 대학교 (영국)	×	○	○	×	○ (ø4.5m)	×	×	×	-
	BMW (독일)	×	×	×	×	-	×	-	×	-
	TRL (영국)	×	×	×	×	-	×	-	×	-
국내	자동차 안전연구원	○	×	×	×	○ (ø7m)	×	×	×	○
	자동차 부품연구원	×	×	×	×	○ (ø7m)	×	×	×	○
	현대자동차 (남양연구소)	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	건설기술연구원	×	×	×	×	×	×	○ (국내기술)	×	×
	도로교통공단	×	×	×	×	×	×	×	×	×
도로주행 시뮬레이터		○	○	○	○	○ (ø7.6m)	○	○	○	○

4. 실험시설 구축계획

가. 설치/배치계획

돔 스크린 구조물은 프레임의 구조 설계, 검증 등의 절차를 통해 요구되는 기능에 최적화되고 안전한 시스템으로 설계하여야 함

- 돔 스크린 설계는 프로젝터, 출입문, 교체용 도어, 차량 설치 위치, 라운드 프레임, 탑승대 구조물 등과 연계하여 상호 검증 설계 작업을 통해 충분히 검토된 이후 최종적으로 확정 설계·제작되어야 함

- 시뮬레이터의 실험조건에 따라 승용 차량은 트럭 캐빈으로 교체 될 수 있으며, 교체를 위하여 돔 스크린의 일부는 개폐식 구조로 설계되어야 함
- 돔 스크린 구조물의 외부는 와이어 텐션 조정 장치로 스크린 프레임을 'X' 형태로 연결시켜, 시스템 중량을 줄이고 각 프레임 간의 충격을 적절하게 분산 또는 흡수할 수 있도록 함
- 승용차와 트럭 등 차량의 교체를 위해 돔을 분리할 수 있도록 다수의 셀(Cell)로 분리하여 제작하고 맞이음 조립하는 구조로 제작함
- 돔 스크린(돔 구조물)의 재질은 온도, 습도의 심한 변화에도 문제없도록 열경화성 수지를 사용하여 제작하고 반드시 열처리 작업이 되어야 함
- 스크린의 중량 초과가 예상될 경우 FRP의 두께/프레임의 재질 등을 재설계하거나, 불가피한 경우, 시스템 Payload에 대한 전반적인 재검토가 필요함

- 돔 스크린 구조물 내부의 배선 및 프로젝터 고정/배치와 관련된 세부사항은 다음과 같음

- 프로젝터의 원격제어 및 셋업을 위하여 영상 컴퓨터와는 별개로 프로젝터 컨트롤 전용 소프트웨어를 탑재한 컴퓨터가 설치되고, 다수의 프로젝터와 네트워크 케이블로 연결됨
- 영상 컴퓨터와 프로젝터간의 긴 배선거리(약 100m)와 주변 노이즈(모션 플랫폼 서보 모터 및 동력 케이블)로 인한 영상 신호 훼손을 고려하여 영상 케이블을 선정하여야 함
- 돔 구조물의 일부가 분리되는 구조이므로 상부에 설치된 프로젝트의 고정 장치 및 배선 구조물 등은 일부 패널이 분리되는 경우에도 흔들림 없이 고정될 수 있도록 가볍고 특별히 강성이 유지되는 구조로 설계·제작되어야 함
- 프로젝터 및 주변 장치의 배선은 돔 외부에 설치된 플렉시블 체인 덕트를 통해 처리되며, CCD 카메라와 같은 장치는 돔 구조물에 직접 고정될 수 있도록 설계되어야 함

- 돔 스크린 구조물의 출입 도어 관련 세부사항은 다음과 같음

- 주 출입 도어는 돔 스크린의 모듈인 패널 스크린 중 하나에 설치되며, 운전자의 시야에 방해

- 가 되지 않는 사각지대에 설치됨
- 주 출입도어의 개폐는 화재 등 응급 상황 시 신속하고 안전하게 사용할 수 있도록 수동 개폐 방식을 적용함
 - 탑승자의 안전과 시스템 설비 보호를 위하여 도어의 열림/닫힘을 감지하는 센서가 부착되어 있고, 조명이 없는 상태에서도 안전하게 탈출할 수 있도록 안전표식을 설치하고 안내 표식은 야광으로 처리함
 - 주 출입 도어가 닫힌 경우 외부로 빛샘 현상이 발생하지 않도록 완전하게 밀착되도록 설계되며, 모션 플랫폼의 구동과 진동에 영향이 없도록 강건한 프레임 구조로 설계함
 - 주 출입 도어의 내부는 돔 스크린의 내부 곡률과 일치되도록 제작되지만 개폐를 위해 약 5mm 정도의 유격을 유지해야 함
- 돔 구조물에 필요한 안전설비는 시뮬레이션 구동 절차에 따른 일반 안전설비와 비상시 탈출을 위한 안전대피장치로 구분하여 적합한 설비와 장치를 갖추어야 함
- 시뮬레이션 구동 절차와 시뮬레이션 시스템의 작동은 각 모듈별(시스템별) 상호 인터록 (Inter-lock)시스템이 적용되어 순차적으로 또는 정해진 절차에 따라서만 운영 되도록 설계 하고 설비되어야 함
 - 안전설비에 대한 상세 내용은 다음과 같음

<표 3-25> 돔 구조물에 대한 안전설비

구분	일반 안전 설비	비상 안전 설비
도어	주 출입 도어의 개. 폐 장치 차량 교체용 도어의 개폐 장치	주 출입 도어의 수동 개폐 장치
전기	접지 / UPS 설비	-
조명	-	정전 대비 배터리 구동 조명 탈출 비상구 조명등
안내	일반적인 주의, 경고 안내문 각종 비상 설비의 위치 및 작동법 CCD 카메라 및 음성 통화 장치 안전벨트 착용	낙하 주의 경고
화재	소화기 -전기 화재용, 일반 화재용	화재 감지기 작동. 알람 발생, 모션 구동 자동 정지, 도어 자동 열림
탈출	-	줄 사다리 또는 비상 하강 장비, 탈출 안내 유도 표식, 휴대용 조명등

<표 3-26> 돔 구조물에 대한 안전표식

구분	표식
안내	탑승자 주의사항 안내문, 탈출 안내 유도 표시, 각종 장치의 식별 번호, 비상 탈출 안내문, 녹화 안내 경고, 비상 탈출 장치 위치도, 컨넥터류 식별 네임택, 주의/경고 안내문 및 안내 표식
주의	미끄럼 주의, 낙하 주의, 안전 장구 착용 경고, 안전벨트 착용 주의
경고	사진촬영 금지, 압착 사고 경고, 전기 안전 경고

- 돔 구조물 내부의 장비로부터 발생하는 열을 효과적으로 방출하고, 외부로부터 유입되는 공기를 적절하게 조절하기 위하여 자동화된 공조시스템이 설치되어야 함
 - 돔 구조물 상부에 설치되는 다수의 프로젝터로부터 발생하는 열은 최상부에 설치된 배기구를 통하여 방출되도록 하고, 하부에 설치된 공기 유입구는 에어컨디셔너와 직접 연결함
 - 에어컨디셔너는 소형의 패키지형으로 겐트리 프레임 상부에 독립적으로 설치되어 플렉시블 호스를 통해 돔의 공기 유입구와 연결함
 - 돔 구조물의 최상부에 설치되는 8개의 배기구는 별도의 팬이 설치되지 않는 자연순환 배기 방식이고, 외부의 먼지 등이 유입되지 않도록 빗살 커버로 제작하며, 과도한 열 발생에 대비하여 2개의 배기용 팬을 돔 상부에 설치함
- 돔 내부에 설치되는 조명은 크게 일반조명과 비상조명으로 구분하여 설치되며, 세부사항은 다음과 같음
 - 일반조명은 시뮬레이션 절차에 따라 운영실에서 원격(또는 필요에 따라 돔 내부에서도 조작 가능)으로 On/Off가 가능하도록 구성함
 - 비상조명은 일반 AC 전원을 통해 항시 충전 상태를 유지하다가 정전 발생 시 자동으로 점등되는 배터리 충전식으로 구성함
 - 조명 장치 및 설비는 돔 스크린 상부의 스크린 설치 프레임에 별도의 조립식 마운트에 설치하되 각종 AV 장치와 간섭이 발생하지 않도록 주의하여 설계되어야 하며 각종 배선을 체계적으로 정리 가능하도록 통합하여 배선 처리되도록 함

<표 3-27> 비상조명 요구사항

구분	내용
비상구 안내등	주 출입문
탈출 유도 야광 플레이트	화살표, 문구 등(시트지)
휴대용 조명등	플래쉬 1개소
시스템 에러 상태 표시등	경고, 주의, 탈출 안내표시
비상 조명등	상시 AC 전원 / 배터리 충전식 4개소

캐빈의 사용 편의성을 확보하기 위해 전원모듈, 사용자 패널, 배선의 설치는 사용자 친화적으로 설치되어야 하며, 운전자의 안전을 확보할 수 있는 장치가 마련되어야 함

- 캐빈의 전원 모듈은 실제 차량의 모든 부품을 그대로 재현하는 이유로 인해 차량 전원과 동일한 레벨의 DC 12V를 사용하도록 구성함
 - 각종 센서의 아날로그 신호와 디지털 신호를 에러 없이 검출할 수 있도록 노이즈 차폐 처리와 필터 등의 전원 보조 설비를 포함함
 - AC 전원은 UPS로부터 공급받도록 설비되어 정전인 경우에도 안전하게 시스템을 종료할 수 있도록 구성과부하 방지를 위하여 과부하 방지 전원차단기를 설치함
 - 차량 내부에는 실제 차량의 배터리가 보조 DC 공급원으로 설치되어야 하므로 배터리 충전 회로 또한 구성함
 - 향후 시스템 업그레이드 또는 확장을 위해 예비 전력을 포함한 충분한 전력이 공급되도록 설비되어야 함
- 사용자 패널을 준비하여 여러 연구실험을 위한 노트북 등 휴대용 컴퓨터와 보조 장치류가 차내에 설치되거나 임시로 거치될 수 있도록 함
 - 사용자 패널은 평상시 사용되지 않으므로 평상의 실험 중에는 운전자 조작에 간섭이 없어야 함
 - 운전 중 시선을 뺏기지 않도록 운전석 뒷 좌석 또는 의자 밑 등에 설치되어야 하고 필요에 따라 손쉽게 접근하여 연결할 수 있도록 장착함

<표 3-28> 사용자 패널의 연결 포트의 구성

구분	사양
전원 라인	4×UPS Power 220VAC Outlet
	1×DC 12V Outlet
네트워크 통신 라인	2×RJ 45 (주조정설의 네트워크 허브와 연결)

- 캐빈 시스템의 배선은 전원 모듈 구성에 따라 AC 전원 라인, DC 컨트롤 라인, 배터리 전원 및 충전 라인 등으로 구분 되어 설치함
 - 실차의 하네스를 필요에 의해 절단 하거나, 재연결할 경우 연결 부위를 완전하게 절연하여 전원 쇼트로 인한 화재 및 시스템 고장을 방지함
 - 각종 제어기 또는 시스템 장비의 부하를 고려하여 케이블 굵기를 선정하고 사양에 적합한

케이블 AC 전원 라인은 접지 처리함

- 차량의 교체에 따른 케이블 및 장비의 분리/재 연결에 대비하여 HDC(Heavy Duty Connector) 커넥터를 사용하고, 명확한 I/O 정의에 따라 배선 처리함
- 반드시 오류 삽입 방지키가 갖추어진 커넥터를 사용하고, 분해 및 연결이 쉬운 위치에 설치함

● 캐빈에 탑승한 운전자의 안전을 위한 설비가 충분히 확보되어야 함

- 에러 또는 이상 작동에 대비하여 비상정지 스위치 운전석 가까운 위치에 식별 되도록 설치하며, 주 조정실에 설치된 비상정지 스위치와 동일한 기능을 갖도록 함
- 비상정지 스위치는 다른 어떤 시스템 정지장치 보다 우선하며, 비상정지 스위치의 작동에 따라 현재 상태에서 완전하게 정지되도록 구성함
- 비상정지 스위치의 작동 시 주 조정실의 모션 컴퓨터에 알람이 표시되며, 관리자는 상황에 따른 적절한 조치를 통해 시스템을 안전하게 복귀시켜야 함
- 캐빈 내부의 실내등은 도어의 개폐에 따라 실차와 동일하게 작동, 도어의 유리창 또한 스위치 조작에 의해 실차와 동일하게 사용하도록 구성함
- 조작 스위치 및 램프 점등은 정전인 경우에도 배터리 전원을 사용하도록 배선되므로 안전하게 차내에서 탈출할 수 있도록 구성함
- 캐빈 내부에 화재 발생 시 응급 소화를 위해 차량용 소화기를 비치하도록 함
- 탑승 운전자에게 사전 안전교육을 충분히 하여, 탑승절차와 안전수칙을 준수케 하고, 비상정지 또는 에러 상황에 안전하게 대처할 수 있도록 함
- 주 조정실 또는 탑승구 등에 경고, 주의, 안내등의 표식과 안전지침을 표기하거나 부착하여 탑승자의 안전이 최우선 되도록 시스템이 운영되어야 함
- CCD 카메라와 마이크의 통신 시스템을 탑승 전에 점검하여, 불시에 발생 수 있는 안전사고에 항상 대비하도록 하여야 함

시뮬레이터실은 운동 시스템의 구동 영역을 포함함은 물론 보행자 통로 및 전원 설비, 차량 교체 설비 등을 고려한 운동 시스템 전체의 설치 및 운용을 포함 하는 공간임

● 돔 구조물을 포함하는 운동 시스템의 최대 구동범위는 20m×7m×8m이며, 이를 기준으로 전원 설비, 유비 보수 설비, 탑승장치 등의 설비가 구성되어야 함

● 시뮬레이터는 무게가 무겁고 운동시스템의 영향을 받으므로 기초 바닥은 운동 시스템의 모든 구동 조건 하에서도 하중 및 동하중을 충분하게 견딜 수 있는 구조와 안정성을 지니도록 시공

되어야 함

- 운동 시스템의 극한 구동조건 및 전체 하중(하중에 대한 중심점) 조건 등을 고려하여 기초 시공이 이루어져야 함

<표 3-29> 도로주행 시뮬레이터 기초 콘크리트 시공 조건

구분		조건
평탄도		3m 당 7mm 이하
두께		400mm 이상
콘크리트 모서리 부와 앵커 구멍 사이의 간격		210mm 이상
강도		유럽 표준 규격 ENV 206에 따르는C20/25
Cylinder compressive strength		20N/mm ²
Cubic compressive strength		25N/mm ²
바닥 마무리		에폭시 도장 (도장두께 6mm 이상)
Grouting	시공	레일 베이스 플레이트와 콘크리트 기초 면의 사이는 틈이 생기지 않도록 그라우팅을 사용하여 완전하게 처리함 바닥면과의 완전한 접합을 위하여 콘크리트 바닥면에 어떠한 도장처리도 하지 말아야 함
	Flexure Tensile Strength	approx. 40MPa
	Compression Strength	approx. 80MPa
	E-Modulus	approx. 8,500MPa
	Shrinkage	None

- 시뮬레이터 장비 출입구는 외부 운송장비를 사용한 운동 시스템 장비의 반입 및 설치작업이 용이하여야 함
 - 장비 출입구의 크기는 6m×5m 이상(개방 시 출입구 문 크기)이어야 하며, 출입구는 외부와 직접 연결되어야 함
 - 장비 출입구 앞쪽은 충분한 공간을 확보하여 돔 및 대형장비의 사전 조립 및 부품 적재에 무리가 없도록 확보(시공)되어야 함
- 전원은 운동 시스템 전원과 시스템 제어 전원으로 구분되며, 기본설계 수준에서 예상되는 사양은 다음과 같음

<표 3-30> 도로주행 시뮬레이터 전원

구분		전원 사양	용량	배전함 위치
운동 시스템		380V AC 50/60Hz 3Phase 1Ground	Min. 150Kw 230A	시뮬레이터실
시스템 제어	운영실	220V AC 50/60Hz 1Phase 1Ground	Min. 20Kw 80A	운영실
	돔-프로젝터		Min. 7Kw 30A	시뮬레이터실/돔
	돔-캐빈.조명.도어		Min. 5Kw 20A	
	돔-공조 시스템		Min. 5Kw 20A	
합계			Min. 210Kw	

- 시뮬레이터 본체 및 레일베이스 플레이트는 제1종접지로 시공되어야 하며, 전원을 사용하는 모든 랙, 제어기기의 외함은 접지선을 통하여 메인 접지 부스바에 접속되어야 함
- 아날로그 계기에 전원을 공급하는 전원공급장치, 디지털 계기에 전원을 공급하는 전원공급 장치는 각각 신호접지를 통하여 노이즈로 인한 계기의 오작동으로부터 보호되어야 함
- 메인 접지 부스바는 순도 99.9% 이상, 전도율 98%(20℃기준)의 구리로 제작되어야 함
- 접지선은 600V PVC Insulated Grounding Wire(접지용 비닐절연전선, 녹색)로 반드시 KSC 3323 또는 동등의 규격품을 사용하여야 함
- 운동 시스템의 전원 공급 및 제어를 위하여 Amplifier Control Cabinet(ACC)이 설치됨
- ACC는 운동 시스템과 근접한 위치에 설치되고 운동 시스템과 ACC간의 케이블링을 위하여 별도의 케이블링 트레이용 기초 바닥 파기 시공을 하여야 함
- 측면에는 테이블 구동을 원활하게 하기 위하여 플렉시블 케이블 가이드가 설치되며 한쪽은 운동 시스템 제어 케이블, 다른 한쪽은 모션 제어를 제외한 돔 및 영상 관련 케이블 등이 배선되어짐
- 플렉시블 케이블 가이드는 운동 시스템이 설치된 이후 케이블 가이드 마운트를 기초 바닥면에 앵커링 하는 것으로 간단하게 시공함
- 조명은 일반조명과 비상조명으로 구분되어야 하며 비상조명은 정전, 화재 등 비상시에도 관련 규정에 따라 일정시간 조명을 유지할 수 있어야 함
- 장비의 운영 및 유지/보수 시 원활한 시야를 제공하기 위하여 적절한 차광 및 조명시설이 설비되어야 하고, 유지보수 작업을 위한 충분한 조명이 확보되어야 함

- 시뮬레이터실의 조명 스위치는 운영실에서 직접 제어할 수 있도록 스위치를 운영실에 우선 설치되어야 하며, 시뮬레이터실에도 스위치를 설치하여 On/Off 가능 하도록 시공할 필요가 있음
- 정전 및 시스템 이상 등의 비상 상황 발생 시, 사용자의 안전한 대피를 위하여 피난용 등화류가 설치되어야 함
- 건물 외부의 소음은 시뮬레이터의 원활한 운용에 방해가 되는 요소이므로, 건물 외부로부터의 소음이 유입되지 않도록 적절한 방음 대책이 요구됨
- 시뮬레이터실과 인접한 장소에서는 소음 발생요소가 배제되어야 하며, 외부 소음 발생원의 특성에 따라 적절한 방음설비 또는 방음벽 등이 시공되어야 함
- 시뮬레이터실은 운동 시스템의 구동과 보관에 적합하도록 건축시공 시 적절한 공조 설비가 갖추어져야 함
- 시뮬레이터 실 내부에 조절된 공기를 지속적으로 공급하고, 발생된 열이 배출 될 수 있도록 온도 및 배기 장치가 통합된 자동 온도조절 장치가 설치되어야 함

<표 3-31> 시뮬레이터의 일반적인 동작환경

구 분	내 용	
보관 시	온도	0℃ ~ 50℃
	습도	10% ~ 90% non condensing
동작 시	온도	15℃ ~ 30℃
	습도	20% ~ 80% non condensing

운영실은 전체 시뮬레이션 전 과정을 제어 하고 모니터링 하는 관제 센터의 기능을 가지고 있음

- 운영실은 시뮬레이터 운용에 필요한 온/습도 환경을 유지하기 위하여 적절한 공조 설비가 되어야 하며, 일반 사무실 수준의 방음/채광/조명 환경을 조성함
- 운영실의 모니터와 돔에 설치된 프로젝터가 동일한 영상을 디스플레이하여 운영실에서 시뮬레이션 상황을 모니터링 할 수 있어야 함
- 영상 컴퓨터에는 듀얼 영상 출력기능을 지닌 그래픽 카드가 설치되어 있고, 운영자 콘솔 데스크 까지 배선 처리함
- 운영자 콘솔 데스크 또는 데스크 전면에 8대의 모니터가 설치되며, 그래픽 카드의 듀얼

출력 포트로부터 영상 전용 케이블을 이용하여 각 모니터에 직접 연결함

● 운영실 바닥은 각종 배선을 위해 액세스플로어로 시공함

- 장비의 이동을 위한 캐스터의 구름에 방해가 없도록 주 출입구와 액세스플로어의 단차가 없도록 시공함
- 액세스플로어는 각종 장비의 무게(장비 랙의 1개의 최대 무게: 300kg)를 충분히 견딜 수 있어야 하며, 배선작업을 위해 손쉽게 분리/조립되는 구조로 설치함
- 배선작업 중 액세스플로어의 일부 절단 등의 가공작업이 발생하므로, 강성에 문제가 없는 구조이고, 파손에 대비하여 여분의 수량이 확보되어 있어야 함
- 액세스플로어는 바닥면과 300mm 이상의 공간이 확보되어 설치되어야 하며 액세스플로어와 바닥면의 공간은 시뮬레이터실의 케이블 덕트와 연결되어야 함

● 배선, 전원 및 네트워크 관련 세부사항은 다음과 같음

- 운영실과 시뮬레이터실 사이의 벽면에는 각종 전선의 배선을 위한 배선구가 벽면을 관통하여 설치되어야 함
- 운영실에 바닥은 액세스 플로어가 설치되므로 배선 구는 액세스 플로어의 최대 설치높이를 초과해서는 안됨
- 배선구의 크기는 가로 500mm×세로 200mm 이상의 크기로 시공하고 배선구의 둘레는 커버를 고정할 수 있도록 3mm 두께 이상의 철판이 시공되어야 함
- 운영실 바닥의 액세스 플로어 상면 또는 벽면에 최소 8구역 이상(교관 통제실의 코너부)의 전원 및 LAN 아웃렛이 시공되어야 함
- 각각의 전원 아웃렛은 서로 다른 전원차단기에 의하여 분리되어 있는 것이 좋음
- 모든 전원 콘센트는 접지되어 있어야 하며, 각각의 아웃렛은 커버가 장착되어 접속부의 파손을 방지할 수 있어야 함

● 운영실은 시뮬레이션 장비 및 운용 인원의 출입이 가능한 출입구가 설치되어야 함

- 주 출입구는 장비의 반입/반출이 용이하도록 양문 여닫이 구조로 시공하며, 그 크기는 최소 2m×2m 이상이어야 함
- 주 출입구는 완전히 개방되어 벽면에 밀착될 수 있어야 함
- 운영실 출입구는 시뮬레이터 설비로의 접근이 최대한 용이한 위치에 설치되어야 함
- 출입 시 안전사고를 유발할 수 있는 구조물은 배제되어야 하며, 부득이한 경우에는 별도의 안전대책을 강구하여야 함

- 운동 시스템의 구동 상태 및 각종 절차에 따른 상태를 모니터링하고, 관리 감독하기 위하여 시뮬레이터실과 접하는 벽면에는 관측창을 설치하여야 함
- 장비실을 별도의 룸으로 격리하여, 시스템 제어 장비 및 각종 시뮬레이션 운용 컴퓨터에서 발생하는 소음과 열로 인한 운영 인력의 제어 집중도 저하를 방지함
 - 장비실의 최소 크기는 3m×5m×2.5m이며 일반 사무실과 동일한 환경으로 구성되어야 함
 - 화재 발생 시 장비보호를 위하여 하론 또는 이산화탄소 계열의 소화기를 비치함
 - 바닥은 반드시 액세스플로어로 시공하며, 바닥면과 300mm 상의 공간을 확보하고 장비의 설치 및 유지보수를 위하여 탈착이 용이하여야 함
 - 화재 발생 시 장비보호를 위하여 하론 또는 이산화탄소 계열의 소화기를 비치하여 운용함
 - 장비실은 고열을 발생하므로 적절한 동작온도를 유지할 수 있도록 항온항습 혹은 공조설비를 반드시 운용하여야 하며, 외기의 순환이 용이하여야 함
 - 장비실은 시뮬레이션 장비 및 운용 인원의 출입이 가능한 주 출입구가 설치되어야 하며, 주 출입구의 크기는 최소 2m×2m 이상을 권장함
 - 출입문은 또한 완전히 개방되어 벽면에 밀착되어야 함
 - 시뮬레이터를 관장하는 모든 분전함은 시뮬레이터 장비실 내에 집중되어 있어야 하며, 운영자가 가장 쉽게 제어할 수 있는 위치에 설치되어야 함
 - 시뮬레이터 장비실 바닥의 액세스 플로어 상면에 최소 4구역 이상(코너부)의 전원 및 LAN 아웃렛이 시공되어야 함
 - 각각의 전원 아웃렛은 서로 다른 전원차단기에 의하여 분리되어 있는 것이 좋으며, 모든 전원 콘센트는 접지되어 있어야 함
 - 각각의 아웃렛은 커버가 장착되어 접속부의 파손을 방지할 수 있어야 함

나. 시설 건축계획

설계 개요

<표 3-32> 도로주행 시뮬레이터 건축개요

구분	내용
공사명	도로주행 시뮬레이터 실험시설
규모	지상 2층
구조	철근콘크리트조 + 철골조
외부마감	샌드위치 판넬 + 알루미늄시트판넬
건축면적	1,400m ² (423평)
연면적	1,920m ² (580평)

층별 개요

<표 3-33> 도로주행 시뮬레이터 층별개요

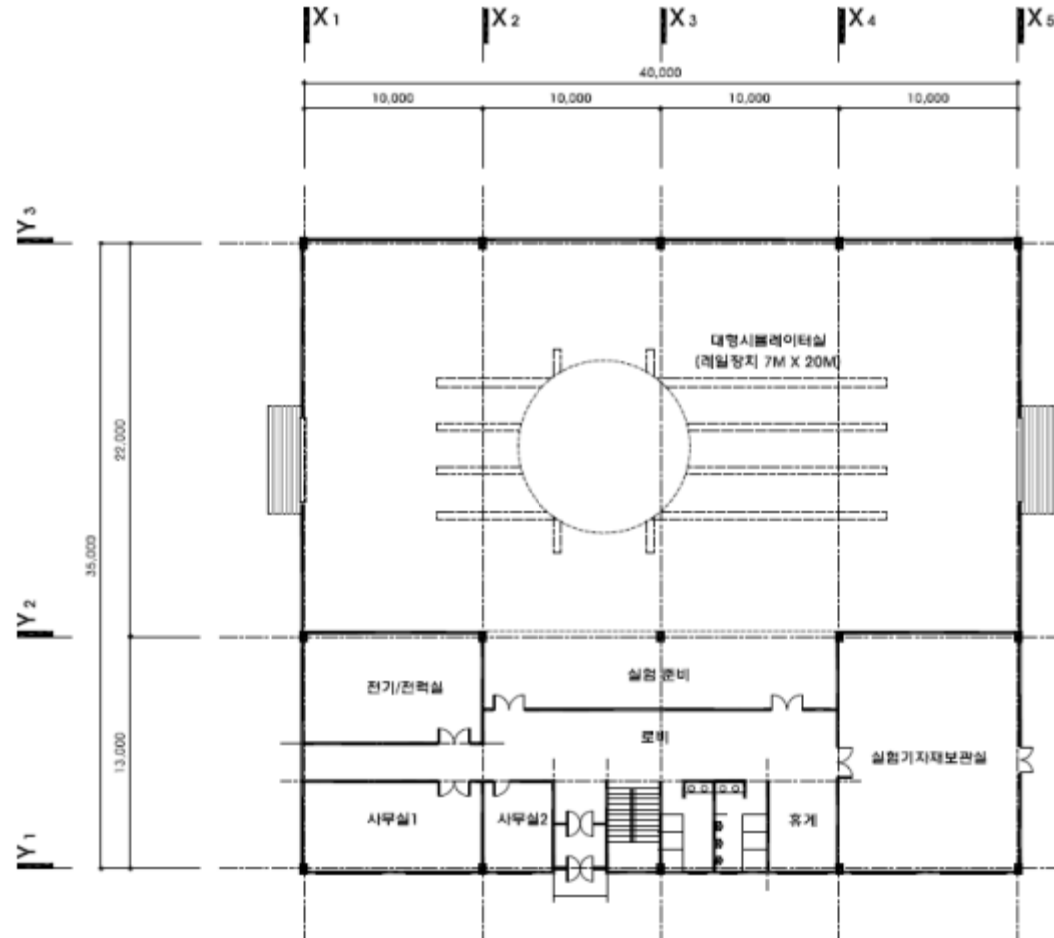
구분	면적	비고
지상 1층	1,400m ²	대형시뮬레이터실, 전기/전력실, 실험준비실, 실험기자재 보관실, 휴게실
지상 2층	520m ²	주제어운영실, 사무실, 컴퓨터 및 장비제어실, 관람자 및 회의실, 실험준비실, 보조시뮬레이터실
합계	1,920m ²	

공사 공정표(단위: 개월)

구 분	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	비 고	
인허가 설계	=====													
실시 설계		=====												
입찰 및 계약				=====										
토목 공사					=====									
가설 및 기초공사						=====								
건축 공사							=====							
설비 공사								=====						
전기 공사						=====			=====					
조경 및 외부공사										=====				
장비 설치 및 시험										=====				

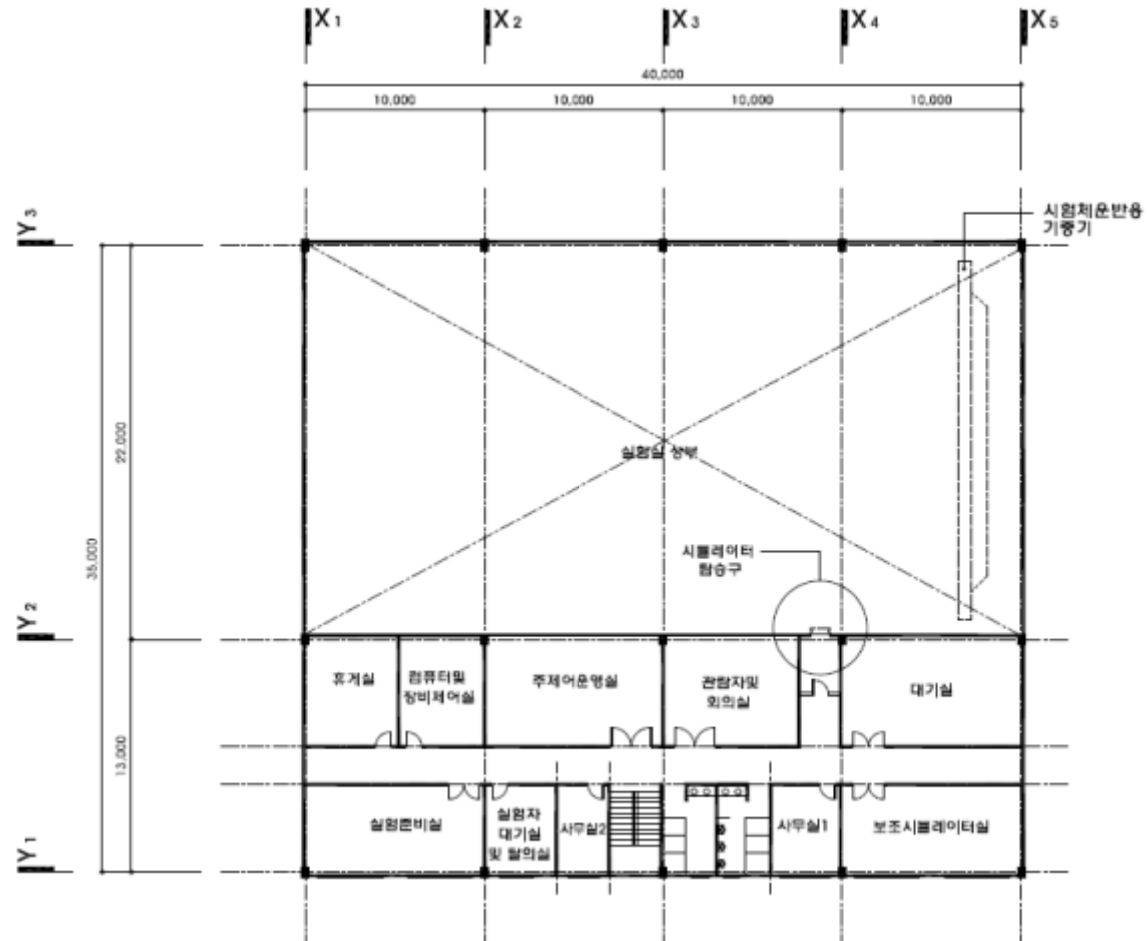
[그림 3-117] 도로주행 시뮬레이터 공사 공정표

1층 평면도



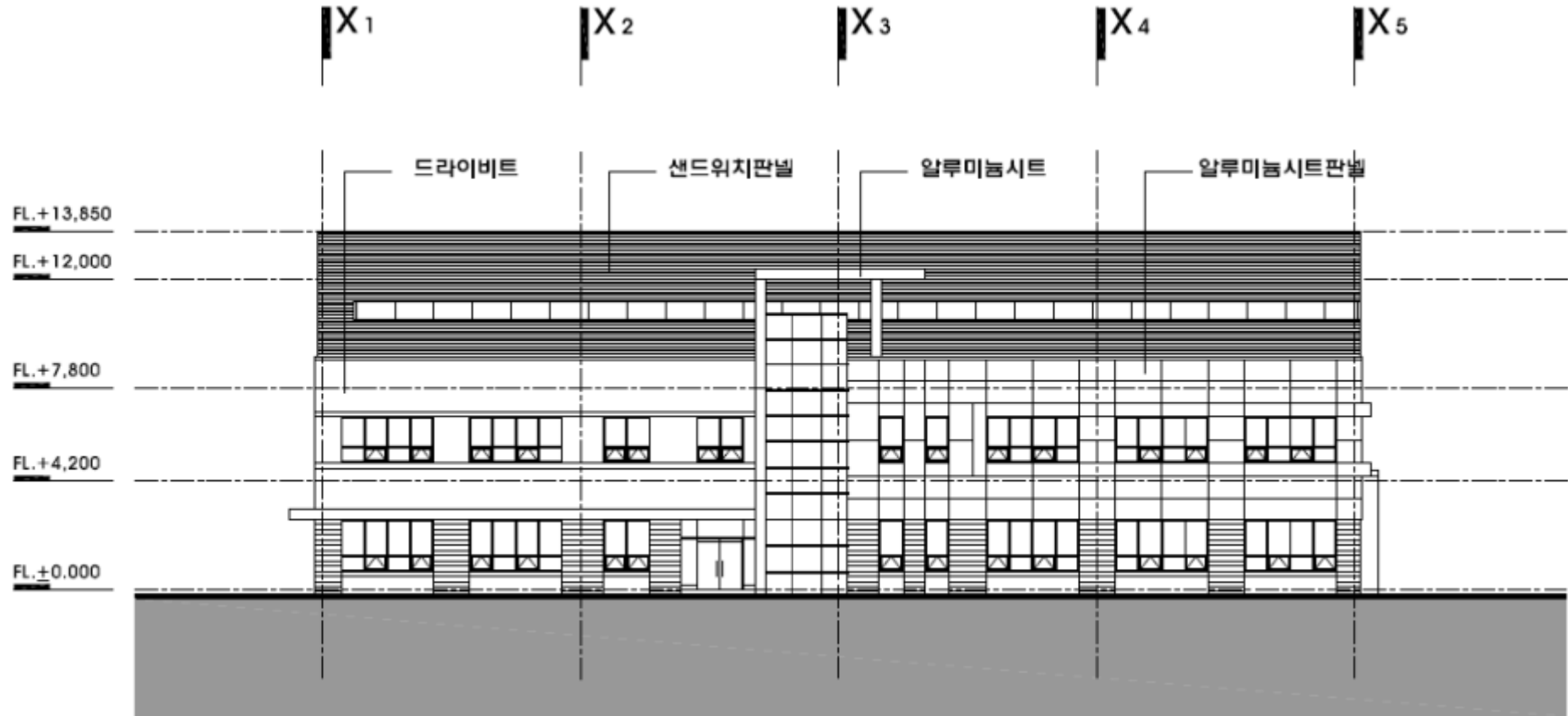
[그림 3-118] 도로주행 시뮬레이터 1층 평면도

2층 평면도



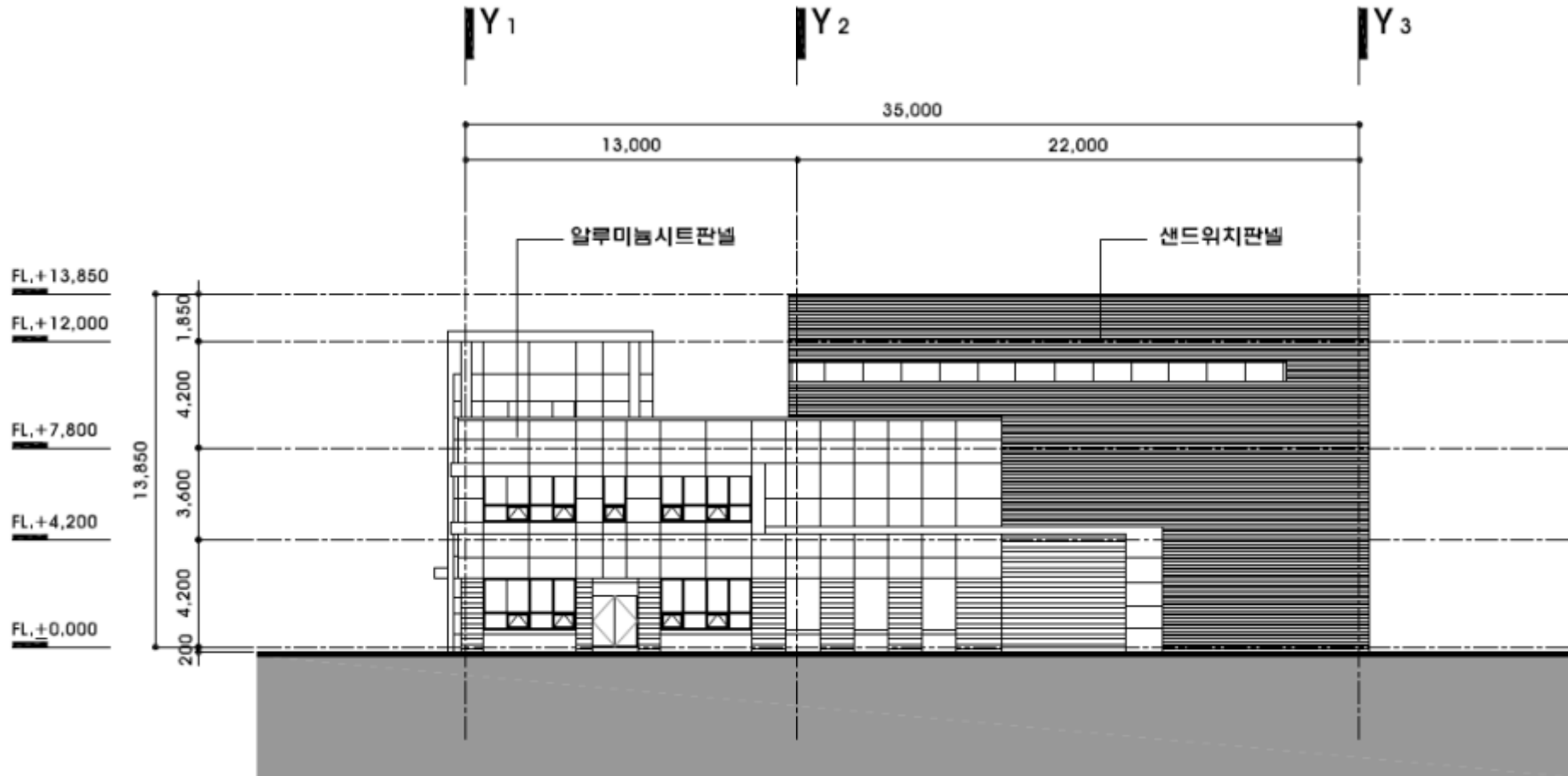
[그림 3-119] 도로주행 시뮬레이터 2층 평면도

정면도



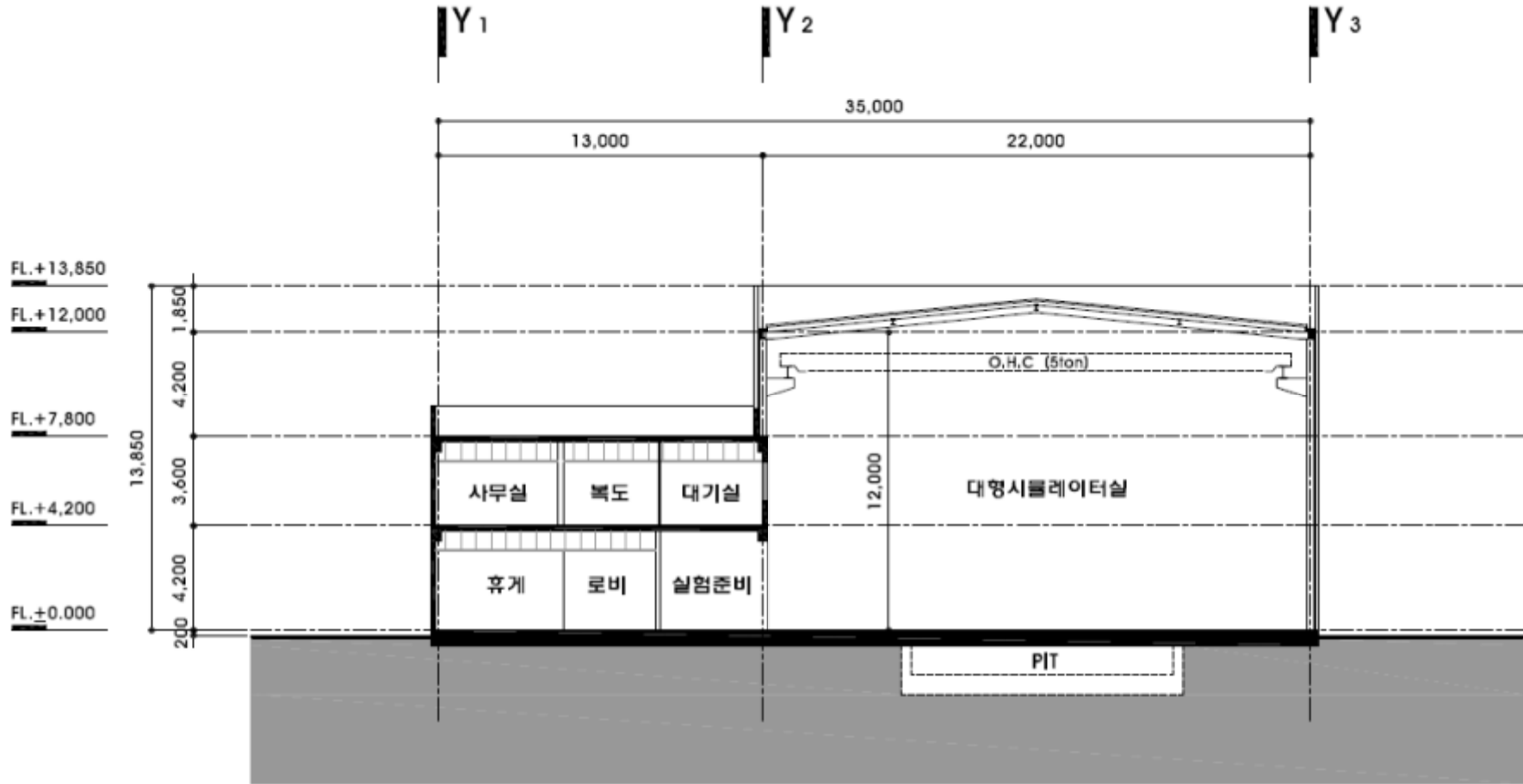
[그림 3-120] 도로주행 시뮬레이터 정면도

우측면도



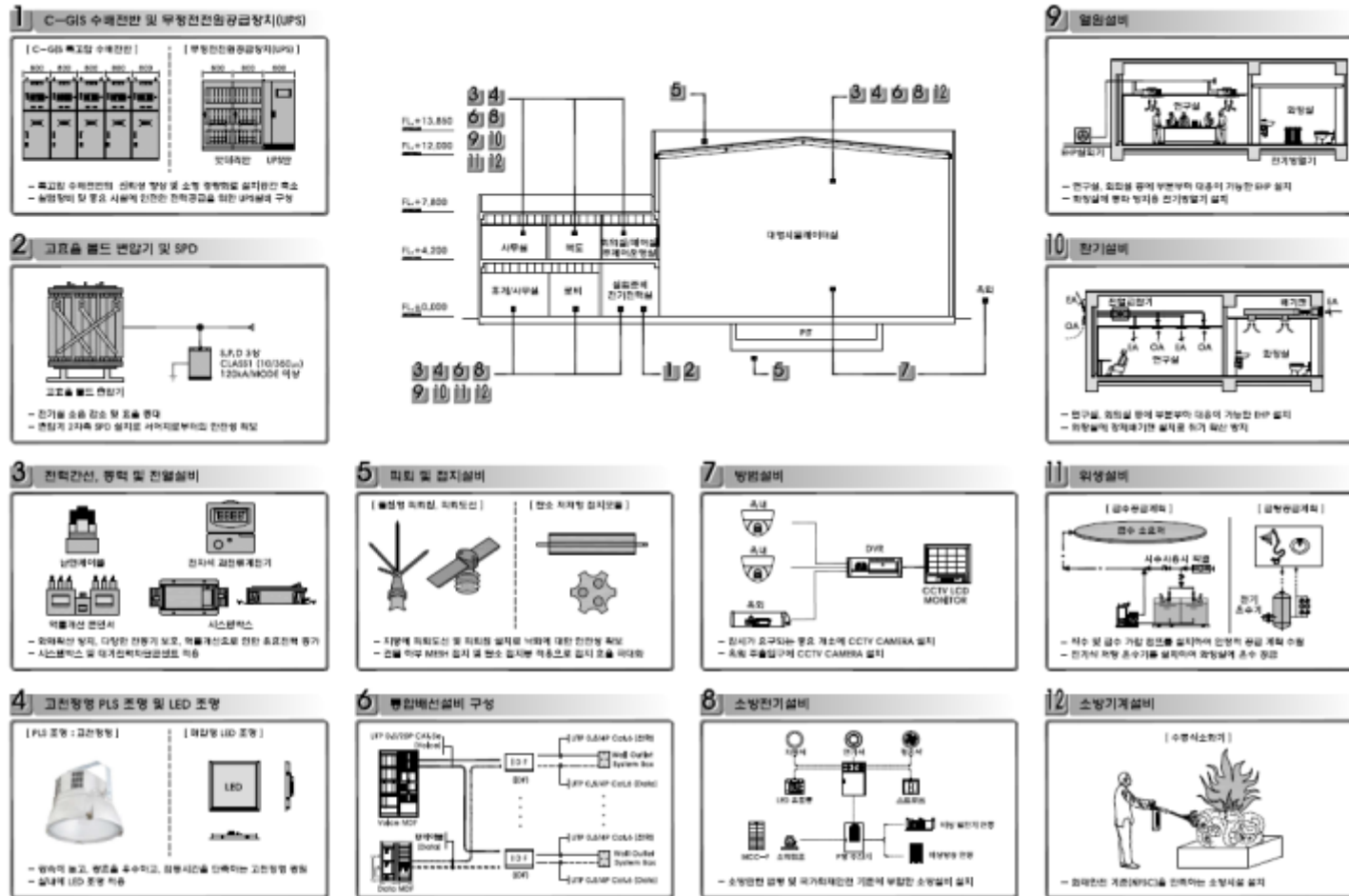
[그림 3-121] 도로주행 시뮬레이터 우측면도

주단면도



[그림 3-122] 도로주행 시물레이터 주단면도

설비계획도



[그림 3-123] 도로주행 시뮬레이터 설비계획도

조감도

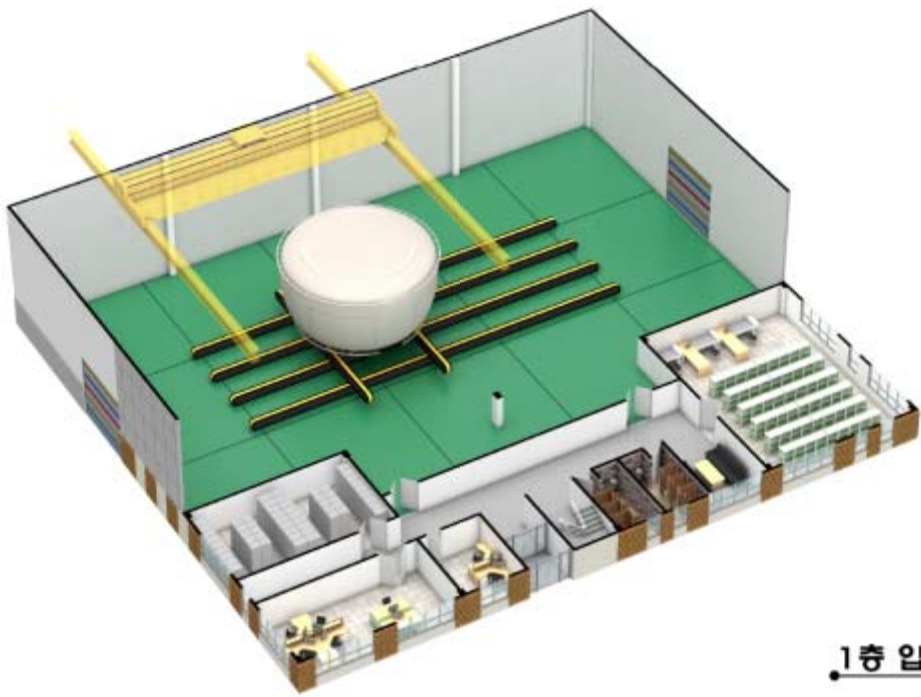


[그림 3-124] 도로주행 시뮬레이터 조감도

입체평면도



2층 입체평면도



1층 입체평면도

[그림 3-125] 도로주행 시뮬레이터 입체평면도

5. 소요예산(안)

도로주행 시뮬레이터 예산 도출을 위하여 다음의 사항이 반영되었음

- 건축비에서 대지구입비는 제외되었으며, 장비기초 파일 공사 필요시는 별도 공사비가 추가됨
- 실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템에는 검증된 상용 차량동역학 모델 및 실시간 구동 시스템을 사용하여야 하며, 중형 세단 및 SUV 실차 시험이 포함되어야 함
- 3차원 그래픽 영상생성 및 시현 시스템에는 400km 수준의 도로 데이터베이스와 영상 재현 시스템을 포함함
- 음향 생성 및 시현 시스템에는 자동차 음향 전문 솔루션과 HI-FI 3D 음향 시스템을 포함함
- 캐빈 및 제어힘 로딩 시스템에는 실차 캐빈 및 각종 제어시스템을 포함함
- 운영 및 모니터링 통합 시스템에는 제어 및 통제, 시뮬레이션 소프트웨어 등 시스템 운영 장치류를 포함함
- 보조시뮬레이터는 1/2 트럭 캐빈과 3채널 LCD 영상 시스템 포함함
- 시스템 엔지니어링 및 통합에는 시스템 엔지니어링, 통합 및 최적화, 운영기술 개발 등을 포함함

<표 3-34> 도로주행 시뮬레이터 예산(안)

구분	산출내역	세부예산 (백만원)	예산 (백만원)	
건축비	건축 공사	1,684	2,900	
	토목 공사	319		
	설비 공사	398		
	전기 공사	422		
	기타	77		
시설구 축비	실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템	차량동역학 모델링 소프트웨어	100	360
		실시간 연산장치류 및 런타임 라이선스	135	
		실차실험 및 파라미터 보정	125	
	3차원 그래픽 영상생성 및 시현 시스템	영상 생성 장치	160	2,370
		영상 프로젝터 (HD급)	760	
		램프류	18	
		프로젝터 지지구조물 및 방진장치류	109	
		자동 영상조정 장치류(제어SW 포함)	180	
		전기장치, 케이블 및 설치 조정비	68	
		돔 구조물 및 스크린	675	
		데이터베이스 구축비용	400	
	음향 생성 및 시현 시스템	음향생성 장치류 및 제어컴퓨터	26	85
		음원 데이터베이스 및 제어 소프트웨어	52	
		스피커 및 앰프류	7	
	운동 시스템	6축 운동플랫폼 (Payload 6t)	1,250	6,500
		Yaw 테이블	543	
		가진기 (20Hz)	425	
		X-Y 레일 (7m×20m)	3,800	
		전기제어부	235	
		운용소프트웨어	72	
		설치관련 부대비용	165	
	캐빈 및 제어힘 로딩 시스템	차량 구입 및 개조 (중형승용차, SUV)	86	680
		조향반력장치	35	
		제동반력장치	24	
		각종 센서 및 액추에이터	47	
		통신 장치류	23	
		전기 장치류 및 제어 컴퓨터	85	
HILS 연산장치류 및 인터페이스		190		
RF기반 GPS 시뮬레이션 장치류	190			
제어 및 통제 시스템, 운영 프로그램	주 제어 운영실 장치류	145	545	
	제어 컴퓨터 및 장치류	79		
	통신 장치류	23		
	시스템 운영 및 제어 소프트웨어	298		
보조 시뮬레이터 (실험준비, 트럭)	소형 시뮬레이터	230	480	
	병행운전(DIS) 소프트웨어	197		
	전기 장치류 및 제어 컴퓨터	53		
시스템 엔지니어링 및 통합	시스템 엔지니어링 및 상세설계비	430	1,350	
	시스템 운영기술 개발	380		
	시스템 설치, 조정 및 통합	540		
	합계		15,270	

<표 3-35> 도로주행 시뮬레이터 연차별 예산(안)

구 분	1차년	2차년	3차년	4차년	구축비용 (백만원)
건축비	500	2,400	-	-	2,900
실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템	-	235	125	-	360
3차원 그래픽 영상생성 및 시현 시스템	474	1,185	474	237	2,370
음향 생성 및 시현 시스템	-	85	-	-	85
운동 시스템	650	3,900	1,300	650	6,500
캐빈 및 제어힘 로딩 시스템	-	408	272	-	680
제어 및 통제 시스템, 운영 프로그램	-	218	218	109	545
보조 시뮬레이터 (실험준비, 트럭)	-	-	480	-	480
시스템 엔지니어링 및 통합	270	405	405	270	1,350
합계	1,894	8,836	3,274	1,266	15,270

<표 3-36> 연차별 실험시설 구축 일정

연 차	세부 구축 목표	주요 구축 내용
1차년도	시스템 상세 설계 및 건축물 시공	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 국내외 관련 연구 및 최신 동향 상세 조사 ▪ 각 서브 시스템 기능 및 사양 확정 ▪ 건축물 및 부대설비 실시 설계 ▪ 건축물 시공 착수 ▪ 시스템 통합 방안 개념설계 및 평가방안 수립
2차년도	시스템 구축	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 각 서브시스템별 시스템 구축 및 도입 ▪ 서브시스템 요소기능별 성능 평가 ▪ 시스템 설치 ▪ 건축물 준공
3차년도	시스템 통합 및 성능 최적화	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 통합 ▪ 시스템 성능 최적화
4차년도	시스템 평가 및 운영기술 확보	<ul style="list-style-type: none"> ▪ 시스템 운영기술 개발 ▪ 시스템 평가

6. 경제성 분석

가. 시장관점에서의 경제성 분석

(1) 편익 추정

‘도로주행 시뮬레이터’ 개발 편익은 실험시설을 이용하는 기업의 건설 및 엔지니어링 시장에서의 영업 이익 증대와 해외실험시설 이용 대체로 인한 비용 절감으로 인한 경제적 효과로 정의하였음

$$\begin{aligned} \text{편익} = & \{(\text{미래 시장규모} \times \text{예상 시장점유율} \times \text{영업이익률} \\ & \times \text{실험시설 기여율} \times \text{예상 실험시설 이용률})\} \\ & + (\text{해외 실험시설 이용비용 절감액}) \end{aligned}$$

- 실험시설 활용이 실험시설 이용기업의 기술경쟁력 제고에 영향을 미침으로써 해당 기업의 시장점유율 확대에 영향을 미칠 것이라는 가정 하에, 시장접근법 (Market Approach)을 사용하여 편익을 추정하였음

- 실험시설 이용을 통한 해외실험시설 이용비용 절감 편익은 비용접근법 (Cost Approach)을 사용하여 추정하였음

‘도로주행 시뮬레이터’ 활용기업은 교통 시장 전망자료를 활용하여 계산하였음

- 보수적 관점에서 모든 구조물 보다는 도로 주행과 관련이 깊은 교통(Transportation) 관련 시장 중 도로와 교각 시장만으로 한정하였음

– 교통(Transportation) 시장에는 공항, 교각, 도로, 운하, 기차길, 터널, 부두, 준설 등이 포함되어 있으나, 도로와 교각 시장만 반영함

- 시장전망 데이터는 2007년부터 2011년까지의 ENR(Engineering News-Record) 보고서의 Engineering 및 Construction 시장전망자료를 토대로 추정하였음

– ENR 보고서는 Global Top 200/225대 기업의 매출 정보를 토대로 작성된 보고서로써, 전체시장 대비 약 19.12% 수준임을 반영하여 추정하였음⁶⁹⁾⁷⁰⁾

– 2007년부터 2011년까지의 연평균성장률(CAGR)은 교통(도로) 엔지니어링 7.8% ·건설 11.1%인데 2015년까지 적용하였음

69) The Top 200 International Design Firms and The Top 150 Global Design Firms, ENR, 2008-2012

70) THE Top 225 International Contractor, ENR, 2008-2012

- Global Insight에 명시된 세계 건설/엔지니어링 시장 성장률이 2010~2015 9.0%에서 2015~2020 7.5%로 성장률이 약 16% 감소하므로, 이를 참고하여 편익발생 시작 후 시장 성장률이 약 16%씩 감소하는 것으로 반영하였음⁷¹⁾
- 도로와 교각(Road and Bridge) 시장 데이터는 한국·미국·일본·중국·영국 등 5개국 BMI Infrastructure Report의 Transportation Infrastructure 분야에서 도로와 교각이 차지하는 비중인 50.2%를 반영하여, ENR 보고서의 Transportation에 적용시켜 추정하였음⁷²⁾

<표 3-37> Transportation(도로) 세계 시장규모 예측치 (2018년~2032년)

연도	Transportation(도로)			
	엔지니어링		건설	
	시장규모 (백만원)	CAGR	시장규모 (백만원)	CAGR
2018	88,242,480	6.5%	1,547,111,753	9.3%
2019	94,011,996		1,691,047,135	
2020	100,158,737		1,848,373,530	
2021	106,707,368		2,020,336,770	
2022	113,684,164		2,208,298,592	
2023	119,927,848	5.5%	2,380,875,610	7.8%
2024	126,514,444		2,566,939,404	
2025	133,462,783		2,767,543,955	
2026	140,792,735		2,983,825,614	
2027	148,525,258		3,217,009,536	
2028	155,377,308	4.6%	3,428,191,487	6.6%
2029	162,545,470		3,653,236,568	
2030	170,044,327		3,893,054,827	
2031	177,889,136		4,148,616,058	
2032	186,095,857		4,420,953,714	

71) Global Construction Outlook 2011, IHS Global Insight, 2012

72) BMI's infrastructure Report(한국, 미국, 일본, 중국, 영국), Businessmonitor, 2012

시장점유율은 실험시설 이용기업이 중국 수준의 시장점유율로 성장할 것이라는 가정 하에 정의하였음

- 2011년도 엔지니어링 시장에서 국내기업 시장점유율은 교통(Transportation) 0.2%이며, 아시아에서 가장 높은 시장점유율을 확보하고 있는 중국은 평균 약 12% 수준임(Global Top 200기업 시장점유율)
- 2011년도 건설 시장에서 국내기업 시장점유율은 교통(Transportation) 3.1%이며, 아시아에서 가장 높은 시장점유율을 확보하고 있는 중국은 평균 약 30% 수준임(Global Top 225기업 시장점유율)

<표 3-38> Transportation(도로) 엔지니어링/건설 시장점유율 예측치 (2018년~2032년)

(단위: %)

연도	Transportation(도로)	Transportation(도로)
	엔지니어링	건설
2018	0.2	3.1
2019	3.22	9.91
2020	4.99	13.95
2021	6.24	16.82
2022	7.21	19.05
2023	8.01	20.86
2024	8.68	22.40
2025	9.26	23.73
2026	9.77	24.91
2027	10.23	25.96
2028	10.65	26.91
2029	11.03	27.78
2030	11.38	28.57
2031	11.70	29.31
2032	12	30

영업이익률은 엔지니어링 협회와 건설협회 통계자료를 이용하여 5%를 적용하였음⁷³⁾⁷⁴⁾

실험시설기여율은 실험시설 이용기업의 매출발생에 실험시설이 기여하는 수준을 의미하는 것으로, 영업이익 발생에 대한 R&D 기여율과 R&D 비용 중 ‘연구기자재 및 시설비’와 ‘시제품 제작비’의 비중을 곱한 10.1%를 적용하였음

- 기업이 시장점유율을 확대하기 위한 경쟁력 확보 시 R&D 활동의 기여율을 의미하는 ‘R&D 기여율’은 KISTEP에서 활용하는 28.1%를 적용하였음⁷⁵⁾

- R&D 활동에서 실험시설 활용이 차지하는 비중은 건설/엔지니어링 관련 기업의 ‘R&D 비용’ 중 ‘연구기자재 및 시설비’와 ‘시제품 제작비’ 비중 36%를 적용하였음⁷⁶⁾

실험시설이용률은 2011년 기준 국내 모든 건설/엔지니어링 기업 중 1단계 실험시설 활용기업 비중, 실험시설을 100%(200일) 가동한다는 가정 및 실험시설 수요조사를 바탕으로 0.032%를 적용하였음

- 국내 건설기업 총 업체수는 대한건설협회 통계자료 상의 2011년도 일반건설업 업체수인 11,545개를 적용하였음⁷⁷⁾

- 국내 엔지니어링기업 총 업체수는 한국엔지니어링협회 통계자료 상의 2011년도 업체수인 4,757개를 적용하였음⁷⁸⁾

- 건설연구인프라 1단계 실험시설 사용기업 수는 건설연구인프라운영원 성과 자료상의 2011년도 사용기업 수인 36개이고, 2단계 실험시설들은 100% 가동한다는 가정과 1단계 실험시설은 6개이고 2단계 실험시설은 5개임을 감안하여 사용기업 수를 43개로 적용하였음⁷⁹⁾

- 건설연구인프라 2단계 실험시설 수요조사에서 5개 실험시설 응답자 전체 중 ‘도로주행 시뮬레이터’ 수요 비중인 12.5%를 적용하였음⁸⁰⁾

해외실험시설 이용비용 절감 편익은 1단계 실험시설 운영성과 데이터를 참고하여 2단계 실험시설의 예상매출액과, 해외실험시설 방문에 의한 인건비 절감비용으로 추정함

- 1단계 실험시설의 가동일(가동율, 200일/1년 가동 시 가동률 100%)은 2009년부터 2012년까지 연평균 15.8% 수준으로 증가하였음

73) 엔지니어링서비스업 경영분석, 한국엔지니어링협회

74) 건설업 기업규모별 수익률 관계비율, 대한건설협회

75) 신태영, 2004

76) 신태영, 2004

77) 일반건설업 등록현황, 대한건설협회

78) 엔지니어링산업실태조사 결과보고서, 한국엔지니어링협회, 2012

79) 건설연구인프라운영원 자체 자료 참고

80) 건설연구인프라운영원 자체 자료

- 1단계 실험시설의 2012년 기준 가동일 1일 당 평균 매출액 2,066,272원임
- 보수적 관점에서 2단계 실험시설의 가동일수도 1단계 실험시설과 유사한 패턴으로 증가한다는 가정 하에, 첫째 100일(가동률 50%)로 시작하여 2023년부터 200일(가동률 100%)을 유지한다고 가정함
 - 1단계 실험시설이 1년에 일평균 0.2건 실험이 수행되었고, 2단계 실험시설도 일평균 0.2건 실험이 수행되어 첫째 20건으로 시작하여 2023년부터 40건의 실험이 수행된다고 가정함
- 보수적 관점에서 해외실험시설 방문인원은 3명, 체류기간 1주일로 가정하여 체류비 및 교통비를 산정함⁸¹⁾

<표 3-39> 연차별 해외 실험시설 이용비용 절감액 예측치

(단위: 원)

연도	2018	2019	2020	2021	2022
절감액	435,227,235	504,170,965	584,035,973	676,552,285	783,723,974
연도	2023	2024	2025	2026	2027
절감액	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469
연도	2028	2029	2030	2031	2032
절감액	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469	870,454,469

혜택기간은 건설연구인프라운영원이 실험시설을 운영하는 15년으로 설정하였음

- 1단계 운영기준에 명시된 실험시설 운영기준(15년 동안은 운영원과 유치기관이 공동운영 후 운영권/소유권을 유치기관에 이관)을 토대로 서비스 시작 후 15년으로 설정하였음
- ‘도로주행 시뮬레이터’은 2018년부터 서비스가 제공될 것이라 전제하여, 혜택기간은 2018년~2032년으로 정하였음

할인율은 KISTEP 예비타당성 수행 시 적용하고 있는 사회적 할인율 5.5%를 사용하였으며, 모든 가치를 2013년 기준 현가로 변환하여 계산하였음

81) 공무원 여비 규정, 국가법령정보센터, 2013년 개정

<표 3-40> 도로주행 시뮬레이터의 편익 추정치 (2018년~2032년)

(단위: 원)

연도	연차별 편익	연차별 편익의 현재가치
2018	512,021,374	391,765,143
2019	785,412,932	569,617,456
2020	1,017,387,356	699,389,517
2021	1,247,714,830	813,009,574
2022	1,490,524,811	920,591,738
2023	1,705,085,618	998,209,261
2024	1,836,373,376	1,019,022,871
2025	1,973,451,626	1,037,999,083
2026	2,118,124,473	1,056,013,579
2027	2,271,928,672	1,073,643,891
2028	2,418,200,788	1,083,192,050
2029	2,572,526,440	1,092,246,075
2030	2,735,871,068	1,101,041,815
2031	2,909,177,628	1,109,752,075
2032	3,093,384,064	1,118,502,891

(2) 비용 추정

‘도로주행 시뮬레이터’ 개발 비용은 국토교통기술촉진연구사업 2014년도 과제설명서에 명시된 비용(15,270백만원)을 이용하였음⁸²⁾

- 유치기관은 별도 대응자금을 부담하여 시설을 개발할 수 있으나, 이 부분은 예측도 불가능하고 정부 투자가 아님을 고려하여 비용에서 제외하였음

1단계 실험시설 성능개선 과제를 15년 동안 원활한 실험환경 제공을 목적으로 5년에 20억원씩 성능개선 비용이 투입된다고 가정하였음

<표 3-41> 도로주행 시뮬레이터의 비용 추정치 (2014년~2032년)

(단위: 원)

연도	개발 비용	개발 비용 현재가치
2014	2,000,000,000	1,895,734,597
2015	4,000,000,000	3,593,809,663
2016	5,800,000,000	4,939,359,252
2017	3,470,000,000	2,801,042,099
2018	0	0
2019	0	0
2020	0	0
2021	0	0
2022	2,000,000,000	1,235,258,523
2023	0	0
2024	0	0
2025	0	0
2026	0	0
2027	2,000,000,000	945,138,732
2028	0	0
2029	0	0
2030	0	0
2031	0	0
2032	0	0

82) 국토교통기술촉진연구사업(2014년도 지원대상 과제설명서), 국토교통과학기술진흥원, 2013.6.

(3) 경제성(B/C Ratio) 분석

도로주행 시뮬레이터의 비용편익 비율(B/C Ratio)은 1보다 낮아 시장관점에서의 경제성은 부족한 것으로 나타남

<표 3-42> 도로주행 시뮬레이터의 비용편익분석

(단위: 원)

총비용	총비용의 현재가치	총편익	총편익의 현재가치
19,270,000,000	15,410,342,866	28,687,185,055	14,083,997,021
B/C Ratio	0.914		
순현재가치 (NPV)	- 1,326,345,844		

나. 사회적편익 분석

‘도로주행 시뮬레이터 실험시설’ 개발 사회적 편익은 실험시설을 이용한 연구결과를 적용하여, 교통사고 피해 비용, 도로교통 혼잡비용, 신규 도로설계 및 건설비용 절감으로 인한 효과로 정의하였음

사회적 편익	본 실험시설을 활용하여 수행할 수 있는 사회적 편익 관련 연구
교통사고피해 감소효과	통사고 발생원인 평가 및 사고감소대책(안) 검토 연구 및 도로환경과 운전행동간의 상호작용 분석을 통한 도로안전성 확보방안 연구 등을 통한 교통사고 감소 효과 발생
도로교통혼잡 감소효과	최적의 교차로 운영개선안 도출, 최적의 신호운영계획 수립을 위한 주행실험을 통해 도로교통혼잡 감소 및 이로 인한 혼잡비용 감소 효과 발생
도로설계 및 건설 비용 절감효과	실제 도로 건설에 앞서 여러 가지 대안들을 시뮬레이터 실험시설을 통해 검토하여 최적의 설계 대안 도출 등 실제 도로건설시 발생할 수 있는 문제점을 시뮬레이터 실험으로 발견하여 도로건설 비용 절감 효과 발생

본 실험시설의 연구결과를 통한 연간 교통사고 피해비용 절감액은 94.2억원, 연간 도로교통 혼잡비용 절감액은 21.0억원, 연간 도로설계 및 건설비용 절감액은 134.0억원임

<표 3-43> 도로주행 시뮬레이터 실험시설의 사회적 편익 예측치

(단위: 원)

사회적 편익 항목	연간 사회적 편익
연간 교통사고 피해비용 절감	9,422,531,054 / 1년
연간 도로교통 혼잡비용 절감	2,103,726,479 / 1년
연간 도로설계 및 건설비용 절감	13,406,561,117 / 1년

(1) 교통사고 피해비용 절감

교통사고 피해비용 절감은 교통사고 피해비용, 실험시설 연구결과를 통한 교통사고 절감률, 전체 도로 중 시뮬레이터 실험을 수행한 거리(길이)에만 연구결과가 적용된다는 가정 하에 사회적 편익을 산출함

$$\text{편익} = \text{교통사고 피해액} \times \text{교통사고 절감률} \\ \times (\text{시뮬레이터 실험거리} \div \text{전체 도로길이})$$

2011년 교통사고 피해 비용은 12.7조원임⁸³⁾

● 교통사고 피해 비용에는 물적피해, 인적피해, 사회기관 비용 등이 있음

- 물적피해는 차량손해비용과 대물피해비용 포함됨
- 인적피해는 의료비, 휴업손해, 상실수익, 위자료, 장례비 등이 포함됨
- 사회기관비용에는 교통경찰 유지비, 자동차 손해배상대행기관 비용 등이 포함됨

교통사고 비용 절감 효과에 대한 기여율은 일본, 미국 등 교통선진국의 시뮬레이터 활용사례 보고서에서 제시한 교통사고 비용 절감효과인 10%를 적용하였음⁸⁴⁾

실험자가 도로주행 시뮬레이터 실험시설을 활용하여 1주일에 15km를 주행실험 할 경우, 연간 780km의 도로를 실험할 수 있음⁸⁵⁾

2012년 국내 전체 도로길이는 105,703km임⁸⁶⁾

본 실험시설의 연구결과를 시뮬레이터 실험거리인 780km 길이의 도로에 적용 시, 연간 약 94.2억원의 교통사고 피해비용을 절감할 수 있음

(2) 도로교통 혼잡비용 절감

도로교통 혼잡비용 절감은 도로교통 혼잡비용, 실험시설 연구결과를 통한 혼잡비용 절감률, 전체 도로 중 시뮬레이터 실험을 수행한 거리(길이)에만 연구결과가 적용된다는 가정 하에 사회적 편익을 산출함

83) 도로교통 사고비용의 추계와 평가, 도로교통공단, 2011

84) 보고서 내 '도로주행 시뮬레이터'의 연구동향 분석결과에 따른 시사점 부분 참조

85) 도로주행시뮬레이터 전문가그룹 인터뷰

86) 도로현황조사, 국가교통통계누리

$$\text{편익} = \text{도로교통 혼잡비용} \times \text{혼잡비용 절감률} \\ \times (\text{시뮬레이터 실험거리} \div \text{전체 도로길이})$$

2010년 도로교통 혼잡비용은 2.85조원임⁸⁷⁾

● 교통 혼잡비용은 환경비용, 교통사고비용 등과 함께 교통수요의 증가에 따른 사회적 비용을 뜻함

교통혼잡 비용 절감률은 교통사고 피해비용 절감률과 유사하다는 가정 하에 ‘최적의 교차로 운영 개선안 도출 및 최적의 신호운영계획 수립을 위한 주행실험연구’는 연 10% 이상의 도로교통 혼잡비용 절감 효과에 기여할 것으로 보임

교통혼잡 비용 절감률은 일본, 미국 등 교통선진국의 시뮬레이터 활용사례 보고서에서 제시한 교통 사고 비용 절감효과와 유사할 것이라는 가정 하에 10%를 적용하였음⁸⁸⁾

실험자가 도로주행 시뮬레이터 실험시설을 활용하여 1주일에 15km를 주행실험 할 경우, 연간 780km의 도로를 실험할 수 있음⁸⁹⁾

2012년 국내 전체 도로길이는 105,703km임⁹⁰⁾

본 실험시설의 연구결과를 시뮬레이터 실험거리인 780km 길이의 도로에 적용 시, 연간 약 21.0억원의 도로교통 혼잡비용 절감할 수 있음

87) 월간교통의 ‘전국 교통혼잡비용’, 한국교통연구원, 2013

88) 보고서 내 ‘도로주행 시뮬레이터’의 연구동향 분석결과에 따른 시사점 부분 참조

89) 도로주행시뮬레이터 전문가그룹 인터뷰

90) 도로현황조사, 국가교통통계누리

(3) 도로설계 및 건설 비용 절감

도로설계 및 건설 비용 절감은 시뮬레이터 활용 시 도로 건설기간이 단축되는 효과가 있으므로, 신규 고속도로 건설비용 중 건설기간에 영향을 받는 항목의 절감률이 단축되는 건설기간의 절감률과 동일하다는 가정 하에 사회적 편익을 산출함

- 도로설계 및 건설관련 연구의 적용 분야를 고속도로로만 한정된 이유는, 고속도로의 길이는 계속 증가하고 있는 반면 일반국도의 길이는 감소하고 있기에, 보수적인 관점에서 고속도로만 새로 건설 중이라 가정함

$$\text{편익} = \text{고속도로 건설투자} \times (1 - \text{건설분야 영업이익률}) \\ \times \text{건설기간에 영향 받는 원가 비중} \times \text{건설 기간 절감률}$$

2012년 국내 고속도로 설계 및 건설 투자 금액은 1.4조원임⁹¹⁾

건설분야 영업이익률은 통계자료에 따라 5%를 적용하여, 고속도로 건설투자액 중 건설기업의 영업이익을 제외한 원가 비율은 95%임⁹²⁾

건설기간에 영향 받는 원가 비중은 전체 원가 항목 중 노무비와 현장경비의 비중으로 19.5%를 적용함⁹³⁾

- 2011년 기준 건설부문 완성공사원가는 46.1억원이며, 이 중 건설기간에 영향을 받는 노무비는 2.4억원, 현장경비는 6.6억원임

도로 건설비용 절감 효과에 대한 기여율은 일본, 미국 등 교통선진국의 3차원 가상현실을 통하여 도로 계획 및 설계기간 단축 효과로 제시되었던 5%를 적용함

- 일본, 미국 등 교통선진국의 시뮬레이터 활용사례 보고에 따르면 3차원 가상현실을 통하여 도로의 계획 및 설계단계에서 약 5%의 도로설계 및 공사기간 단축 효과가 있는 것으로 알려져 있음⁹⁴⁾
- 신규 또는 기존 도로의 부대시설 설치에 앞서 적절한 시설과 설치 위치 등을 고려하여 실제 설치 시 발생할 있는 문제점 사전검토

91) 연도별 도로건설현황, 국가교통통계누리, 2013

92) 건설업 경영분석, 대한건설협회

93) 종합원가계산서, 대한건설협회

94) 보고서 내 '도로주행 시뮬레이터'의 연구동향 분석결과에 따른 시사점 부분 참조

- 도로와 부대시설의 설계(안)에 대한 운전자의 주행 안전성, 노선의 경제성, 주변 지형과의 조화 등 도로건설 전 도로이용자 측면에서 사전평가 도구로 활용하여 도로설계 대안간 비교 및 최적 대안 도출

본 실험시설의 연구결과를 신규 고속도로 건설에 적용할 시, 연간 134.1억원의 고속도로 설계 및 건설비용 절감 효과를 예상함

다. 소결

‘도로주행 시뮬레이터’는 시장관점에서의 경제성보다는, 사회적 편익 관점에서의 경제성이 우수한 공익적 성격이 강한 실험시설이라 판단됨

- 동 실험시설을 활용함으로써 얻을 수 있는 관련 기업의 편익이 정부 투자 비용에 약간 못미치는 수준으로, 시장관점에서의 경제성은 부족함
- 반면, 동 실험시설은 교통사고 피해비용, 도로교통 혼잡비용, 도로설계 및 건설비용 저감과 같은 사회적 편익 발생에 많은 기여를 할 것으로 판단됨

제4장 2단계 실험시설 구축 RFP 및 유치기관 선정/구축기준(안)

제1절 2단계 실험시설 유치기관 공모를 위한 RFP(안)

1. 도로주행시뮬레이터 실험시설 RFP(안)

연구과제명	도로주행 시뮬레이터 실험시설 구축										
1. 연구개발목표	<p data-bbox="427 887 1394 1149"> ◦ 실제 도로주행 실험이 불가능한 도로교통 환경을 가상현실 기법을 이용하여 실제 운전상황을 모의하는 가상주행 실험시설 구축 - 운전자 안전에 위협을 주지 않으면서 다양한 도로·교통 환경을 재현하여 도로계획/설계/경관, 교통운영/안전, ITS, Human Factor 등 다양한 연구, 개발, 검증에 활용 </p> <p data-bbox="695 1200 1123 1234" style="text-align: center;"> <도로주행 시뮬레이터 연구분야> </p> <table border="1" data-bbox="448 1245 1374 1899"> <thead> <tr> <th data-bbox="448 1245 596 1294">분야</th> <th data-bbox="596 1245 1374 1294">주요 연구내용</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="448 1294 596 1460">도로계획/설계</td> <td data-bbox="596 1294 1374 1460"> · 신규도로 노선계획, 도로규격, 도로경관(주변부 영향 등) 검토/평가 · 신규/기존 도로, 부대시설 설계안에 대한 운전자 주행특성 평가/분석 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1460 596 1563">교통운영/안전</td> <td data-bbox="596 1460 1374 1563"> · 도로 및 교통시설 서비스 효율성 · 도로 및 교통시설 안전성, 사고위험 평가 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1563 596 1729">ITS</td> <td data-bbox="596 1563 1374 1729"> · 첨단안전차(Enhanced Safety Vehicles), 자동차 제어알고리즘, 자율주행 시나리오 평가 · 지능형 고속도로 등 첨단기술 적용시 운전자 행태 및 효과 분석 </td> </tr> <tr> <td data-bbox="448 1729 596 1899">Human Factor</td> <td data-bbox="596 1729 1374 1899"> · 도로, 교통시설, 첨단차량, 약물 등 다양한 환경/교통상황/운전 조건에 대한 운전자 인지, 반응, 만족도, 위험성 평가 · 운전자 부주위시 첨단안전장치 장착차량 충돌 안전성 평가 등 </td> </tr> </tbody> </table>	분야	주요 연구내용	도로계획/설계	· 신규도로 노선계획, 도로규격, 도로경관(주변부 영향 등) 검토/평가 · 신규/기존 도로, 부대시설 설계안에 대한 운전자 주행특성 평가/분석	교통운영/안전	· 도로 및 교통시설 서비스 효율성 · 도로 및 교통시설 안전성, 사고위험 평가	ITS	· 첨단안전차(Enhanced Safety Vehicles), 자동차 제어알고리즘, 자율주행 시나리오 평가 · 지능형 고속도로 등 첨단기술 적용시 운전자 행태 및 효과 분석	Human Factor	· 도로, 교통시설, 첨단차량, 약물 등 다양한 환경/교통상황/운전 조건에 대한 운전자 인지, 반응, 만족도, 위험성 평가 · 운전자 부주위시 첨단안전장치 장착차량 충돌 안전성 평가 등
분야	주요 연구내용										
도로계획/설계	· 신규도로 노선계획, 도로규격, 도로경관(주변부 영향 등) 검토/평가 · 신규/기존 도로, 부대시설 설계안에 대한 운전자 주행특성 평가/분석										
교통운영/안전	· 도로 및 교통시설 서비스 효율성 · 도로 및 교통시설 안전성, 사고위험 평가										
ITS	· 첨단안전차(Enhanced Safety Vehicles), 자동차 제어알고리즘, 자율주행 시나리오 평가 · 지능형 고속도로 등 첨단기술 적용시 운전자 행태 및 효과 분석										
Human Factor	· 도로, 교통시설, 첨단차량, 약물 등 다양한 환경/교통상황/운전 조건에 대한 운전자 인지, 반응, 만족도, 위험성 평가 · 운전자 부주위시 첨단안전장치 장착차량 충돌 안전성 평가 등										



2. 연구개발 필요성 및 기술동향

□연구개발의 필요성

- 국가의 체계적인 도로교통 안전체계 마련과 국민의 삶의 질 향상을 위한 공공목적의 기술개발을 위한 연구인프라로서 국가차원의 선제적 대응 필요
 - 교통사고 예방을 위한 도로교통 안전시설물에 대한 설계기준, 성능 검증, 정부의 관련 제도 및 정책 개발을 위한 가상 시뮬레이션이 시급히 필요
 - OECD 수준 도로교통 안전확보를 위한 도로주행시뮬레이터 구축 필요
 - 도로운영 및 유지관리 단계에서의 교통사고 예방, 자동차 보험 비용 절감 등 국민의 인명피해와 경제적 손실 최소화
 - (외국) 교통부문(도로계획, 도로설계, 도로경관, 교통운영, 교통 안전 등)에 대한 학술적인 가치 및 타 분야의 연구 활용도를

	<p>높이기 위하여 도로주행시뮬레이터를 운영하고 있음</p> <ul style="list-style-type: none"> · (국내) 현대자동차, 자동차부품연구원, 한국건설기술연구원, 도로교통공단, 교통안전공단 등에서 도로주행시뮬레이터를 활용한 연구가 진행되고 있으나, 규모나 활용 면에서 차량 관련 특정분야에 한정 ◦ 기존 도로주행시뮬레이터는 주로 차량 자체 및 운전자 행동특성 연구에 집중되어 있어, 도로-운전자-차량 간의 상호작용 분석, 도로건설 전 도로이용자 측면에서 사전 평가에는 활용성이 미흡 <ul style="list-style-type: none"> - 실제 도로주행에서는 불가능한 다양한 실제 주행환경 재현을 통해 인간공학적 도로안전성 분석 및 도로안전도 향상을 위한 실증실험 필요 - 인공적인 기후변화 및 노면 상태를 조절하여 도로교통시스템과 안전 시설물에 대한 검증 및 설계 필요 ◦ 차량과 교통 흐름 위주의 기존 도로설계에서 운전자와 도심지 보행자의 안전 위주로의 도로 및 교통시설 설계 필요성 대두 <ul style="list-style-type: none"> - 국내의 경우 기존 시뮬레이터의 경우 차량분야 연구에 국한되고 공동 활용에 한계가 있으며 도로설계, 교통안전, 교통운영, 지능형 교통시스템 등 도로교통 분야의 연구에 최적화된 세계적 수준의 도로주행시뮬레이터의 개발이 절실히 요구 됨
<p>□ 관련 기술동향</p>	<ul style="list-style-type: none"> ◦ (기술동향) 컴퓨터 H/W, 그래픽, 시뮬레이션 성능발전에 따라 모션 플랫폼 및 가상현실 기술을 적용하여 도로교통분야 연구에 활용 <ul style="list-style-type: none"> - 1980년대 모션플랫폼 추가로 신뢰성 있는 자동차 거동 실시간 동력학 해석이 가능해지고, 1990년대 중·횡방향 레일 추가로 일반주행시 가감속 속도 재현 - 2000년대 이후 구축되는 시뮬레이터는 운전자-차량-도로의 상호 작용을 극대화 하며, 대형화/고규격화 추세임 ◦ (국외) 공공은 Human Factor, 교통안전, 도로계획/설계, 자동차 안전 분야에서, 민간은 자동차제작사에서 자동차 성능 시험 분야에서 구축·활용중임

<국외 주요 시뮬레이터 현황>

구분	기관명	시설 특징 및 연구 분야
공공	NHTSA (NADS) (미국, 2001)	<ul style="list-style-type: none"> · 교통안전, Human-Machine Interface 평가 · 유압식 6축 운동플랫폼, 15채널프로젝터 적용 세계 최대 고성능 시스템 · *20m×20m 중/횡방향 레일 구축 · 1시간내 차량교체 실험 가능
	VTI Simulator IV (스웨덴, 2014)	<ul style="list-style-type: none"> · 차량안전, 도로설계, ITS, 운전자 적응성 평가 등 다양한 연구개발 활용 · 전기식 6축 운동플랫폼, 전방 6채널 프로젝트, 후방 3-LCD구축 · *승용차, 트럭 전환 운용가능
	RIOH (중국, 2012)	<ul style="list-style-type: none"> · 차량안전, 도로설계 등 연구개발 활용 · 6축 운동플랫폼(횡방향 레일, 가진기 등), 15채널 세계 최대 고성능 시스템
민간	BMW (독일, 2011)	<ul style="list-style-type: none"> · 자동차 안전기술 개발 활용 · *ADAS, 교차로충돌방지, 좌회전지원 등 · 전기식 6축 운동플랫폼, 8채널프로젝터 적용
	TOYOTA (일본, 2007)	<ul style="list-style-type: none"> · 첨단 고안전 자동차 개발에 최적화 · *Active Safety, 교통사고 저감기술 · 전기식 6축 운동플랫폼, 16채널프로젝터 · *20m×35m 중/횡방향 레일 구축

- (국내) 국민대학교에서 1997년 최초로 운전 시뮬레이터를 개발한 이후, 2000년대 이후 중소형 규모 시뮬레이터가 공공/민간에 다양하게 보급되어 연구목적으로 활용중임

<국내 주요 시뮬레이터 현황>

구분	기관명	시설 특징 및 연구 분야
공공	교통안전공단 (2011)	<ul style="list-style-type: none"> · 첨단안전차(ADAS 등), 가상도로 운전자 거동 평가 · 국내 최초로 동 내부에 설치된 Full cabin 차량이 직접 회전하는 턴테이블 적용 · 헤드램프 시뮬레이션 및 생체 측정장치 포함 · 고속주행시험로 외 가상 도로 (고속도로, 지방도, 시내 도로 등) 운전자 거동 평가, 자동차 안전 안전연구, AFLS, ADAS 등 첨단차량시스템 평가에 활용
	자동차부품연구원 (2004)	<ul style="list-style-type: none"> · 가상현실 기반의 텔레메틱스 시험평가도구로 개발된 국내 최초의 동형 시뮬레이터 · 운전자 거동 평가, ITS, LBS, A SV Telematics 등 HILS 평가가 가능한 전자제어시스템 도입
	한국건설기술연구원 (2005)	<ul style="list-style-type: none"> · 인강공학적 도로안전성 분석, 운전자-도로환경 평가, 터널내 운전자 반응 분석 등 연구개발 활용 · 6축 운동플랫폼(4축 가진기 등), 8채널 프로젝트

구분	기관명	시설 특징 및 연구 분야
민간	현대자동차 (2000)	<ul style="list-style-type: none"> · 연구목적에 최적화된 파생형 시뮬레이터를 연구소 내 10여대 운용 중 · 헤드라이트 조광특성 연구의 경우 실품 개발 없이도 Virtual Prototyping이 가능한 수준으로 활용되고 있음 · 운전자 거동 평가, 차량설계, 헤드라이트 조광특성 연구 및 평가, AFLS, ADAS 등 첨단차량시스템 평가 및 검증에 활용
※ 이외에 도로공사, 국민대학교, 도로교통공단에서도 시뮬레이터 운영중으로 국내 총 7개 기관 운영중		
3. 연구개발내용		
<p><input type="checkbox"/> 실험시설 실시설계</p> <ul style="list-style-type: none"> ◦ 실시설계를 위한 전문 설계업체 선정 ◦ 시설/장비에 대한 최소 요구성능 분석 및 실시설계 <ul style="list-style-type: none"> - 국내외 대형 실험시설 조사 및 구축환경 분석 <ul style="list-style-type: none"> * 외부환경분석, 국내외 우수연구인력 및 관련 기관 참여/연계 가능성, 관련 산업과의 집적·연계강도 등 - 구축 위치, 부지면적, 시설규모, 설계도면, 장비 종류 및 사양 등 제시 <ul style="list-style-type: none"> * 실험시설 이외에 연구공간(상주 운영인력, 연구인력 포함), 지역클러스터로 공개가능한 회의공간, 교육공간을 포함 - 시설 구축, 장비 도입, 시험운영 및 준공 등 전 과정에 대한 구체적인 구축 및 관리계획 수립 - 추진일정 및 소요예산 등 제시 		
< 도로주행시뮬레이터 실험시설 권장 건축규모 >		
구분	면적	비고
지상 1층	1,400m ²	대형시뮬레이터실, 전기/전력실, 실험준비실, 실험기자재 보관실, 휴게실
지상 2층	520m ²	주제어운영실, 사무실, 컴퓨터 및 장비제어실, 관람자 및 회의실, 실험준비실, 보조시뮬레이터실
합계	1,920m ²	

< 도로주행시뮬레이터 최소요구 성능 >

구분	설비/장비	최소 요구성능		
시뮬레이터	실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템	차량모델의 자유도	16DOF	
		시뮬레이션 컴퓨터의 종류	전용 워크스테이션	
		프로세싱 환경/OS	Real-time	
	3차원 영상 생성 및 시현 시스템	돔 스크린의 크기(지름)	Ø7.6m	
		단일 프로젝터의 영상 해상도	Full HD급 (1,920×1,080)	
		다채널 영상의 자동 조정기능	포함	
		영상 컴퓨터의 종류	그래픽 전용 IG	
	음향생성시스템	음향 장치의 종류	전용 음향발생기	
	운동시스템	운동감 생성의 범위	13 자유도	
		지속적인 횡가속도 재현여부	20m×7m	
		자동차의 회전운동 재현 여부	360°	
		자동차 서스펜션운동의 재현 여부	20Hz	
		플랫폼의 가반하중	6tonf	
	캐빈 및 제어힘 로딩 시스템	차량캐빈의 종류 및 형태	다차종 교체가능	
		외부 환경과의 통합 시뮬레이션	HILS 포함	
	운영 및 모니터링 통합시스템	외부장치와 병행운전 가능여부	2대 가능	
		차량 교체시간 (실험준비시간)	1시간 이내	
		도로영상 구축범위	400km 이상	

※ 상세내용은 첨부된 ‘건설연구인프라 2단계 기본설계보고서’ 참조, 제안기관은 제시된 최소 요구성능을 고려하되 과제 제안시점, 장비 구매발주 시점에 최신 시뮬레이터를 벤치마킹하여 세계 최고수준 동등 또는 그 이상으로 목표치를 상향하여 제시하여야 함

□ 실험시설 구축

- 토목 및 건축공사를 위한 전문 시공업체 선정
- 시설/장비 구축
 - 실험시설에 대한 토목 및 건축공사 실시
 - 실험장비 도입
 - 시뮬레이터 구성장비 통합

* 시뮬레이터증후군 분석(원인, 개선방안 도출, 시스템 적용 포함) 및 개선방안 적용 포함

- 시뮬레이터 소프트웨어 구축
 - * 실제 국내 도로 환경 (곡률, 제한 속도, 맵 등)의 데이터베이스화 범위를 반드시 제시할 것
 - * 지속적인 소프트웨어 최신화 및 유지관리가 가능하도록 체계(비용, 인력배치 방안 등) 포함
- 통합 Grid 및 C시스템과의 연결
 - 연계 및 공동 활용을 위한 통합 Grid시스템과의 연결
 - 연구/실험/행정 효율화를 위한 통합 C시스템과의 연결
- 시설/장비 시험운영 및 준공
 - 시설/장비 구축이 완료되는 시점에 일정기간동안의 시험운영을 통해 성능검증 및 보완
 - 시험운영 결과를 포함한 준공보고서 제출 및 승인 요청

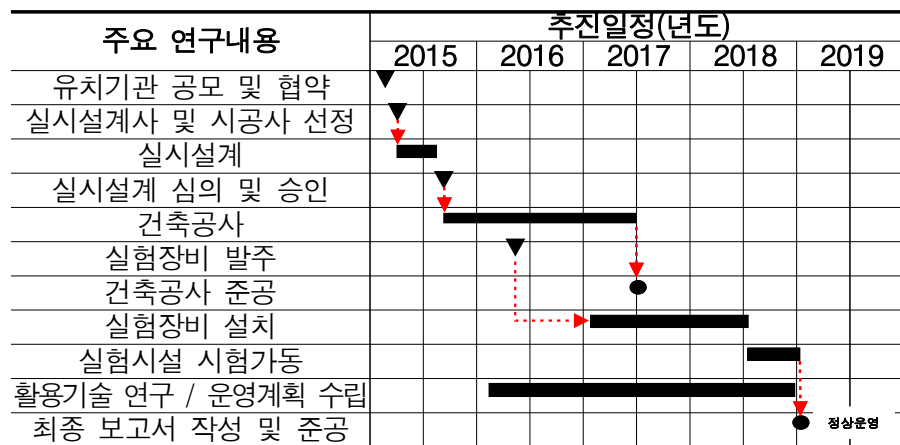
□ 실험시설 운영계획 및 중장기 발전방안 수립

- 실험시설 운영관리 계획 수립 및 시범운영
 - * 시설노후화, 진부화에 대한 대응방안, 계획 포함
 - 실험시설 시범운영을 통한 운영세부계획 수립
 - 전담인력 확보 및 유치기관 예산지원 계획
 - 실험시설 유지보수(시스템 업그레이드, 노후부품 교체 등) 및 운영관리 계획
- 실험시설 이용활성화 및 중장기 발전방안 수립
 - 이용자 확보계획(비용 타당성 및 실험시설 접근성 포함)
 - 지역 클러스터, 국내외 산업체/연구소 연계 방안
 - 국내외 산업체/연구소 협력방안 및 다학제 연구활용 방안
 - ※ 국제협력, 워크숍, 홍보 방안 포함
 - 지속가능성 확보를 위한 R&D사업 연계, 타부처 연계 방안 포함
 - ※ 국토교통R&D, 중소기업 R&D 협력방안 등
 - 실험시설 특성화 및 활용성 제고 방안 등 제시
 - 관련 국내 민간업체 참여를 통한 기술이전 확산 계획
 - 성과활용 확산을 위한 포럼, 세미나, 경진대회 등 실험시설 홍보 계획

4. 연구개발 추진방법

- 추진전략
- 본 과제제안요청서(RFP) 및 기본설계에 제시된 요구성능은 권장하는 최소 요구성능으로, 특정분야의 실험 특성화를 위하여 일부 성능은 변경할 수 있음
 - 대응자금을 부담하여 반드시 제시된 최소 요구성능 이상으로 제안할 것
 - 해외 선진 실험시설을 벤치마킹하여 세계적 수준으로 제안하되, 국산화가 가능 분야는 국내 기술 및 장비를 우선 적용
 - 기존 대형 실험시설과의 연계, 공동 활용 및 운영관리 효율성 등을 고려하여 설계에 반영
 - 해당 분야의 미래 기술수요를 고려하여 향후 확장성 등을 반영한 미래지향적 설계 수행
 - 일부 성능을 변경할 시, 성능 변경에 대한 타당한 사유를 반드시 제시하여야 함
 - 실험시설의 성공적 구축을 위한 세부 추진전략 수립
 - 계획된 연구기간 내에 목표한 실험시설 구축이 완료될 수 있도록, 구체적인 구축 일정, 예산, 시험운영, 준공 및 행정적 조치 등에 대한 추진전략 및 방법 제시
 - 연차별 연구목표를 수립하고, 그에 적합한 추진전략 및 구축계획 수립

< 추진 세부일정 >



□ 추진체계

- 실험시설의 구축 전 과정에서 2단계 추진연구단(과제명 : 국토교통 기술실험인프라 2단계 구축관리 및 운영고도화, 주관연구기관 : (재)건설연구인프라운영원)의 관리·감독을 받으며, 반드시 2단계 추진연구단을 통해 전문기관에 보고 및 승인 요청
 - 시설 및 장비에 대한 설계변경 시 반드시 보고 및 승인
 - 분기별로 시설 구축 및 장비 도입 등에 대한 추진현황 보고
- 유치기관은 협약체결 이후, 제안내용과 선정평가 결과를 반영하여 6개월 이내에 실시설계를 완료하고 승인 요청
 - 실시설계보고서를 과제 착수 후 6개월 이내에 제출하고, 전문기관 승인을 받은 후 구축 착수
 - 전문기관의 실시설계 승인 후 곧바로 시설 구축을 착공할 수 있도록 실시설계와 동시에 인허가 준비
- 토목 및 건축공사에 대한 시공관리(CM)는 2단계 추진연구단에서 수행
 - 유치기관의 실시설계 결과, 구축과정 중 발생하는 설계변경 등으로 인해 당초 계획된 CM 비용을 초과할 경우, 실험시설 구축예산에서 추가 부담
- 2단계 추진연구단에서 수행하는 통합 Grid 및 CI 시스템과의 연결을 통해, 전국에 분산 구축된 1단계 실험시설과 2단계 신규 실험시설의 네트워크 구축
- 실험시설 구축 이후의 운영관리 계획 및 중장기 발전방안은 2단계 추진연구단과 연계하여 수립
- 2단계 추진연구단에서 구성·운영하는 운영위원회(가칭)에 반드시 참여할 것
- 구축 후 운영단계에서는 전담관리기관(건설연구인프라운영원)의 관리를 받아야 하며, 전담관리기관에서 구성·운영하는 공동운영협의체(가칭)에 반드시 참여하여야 함

- 기존 1단계 실험시설 및 신규 구축되는 2단계 타 실험시설과의 통합 운영을 위해, 2단계 추진연구단 및 전담관리기관과의 긴밀한 협력체계 구축
- 관련 분야의 폭넓은 전문가 의견수렴
 - 실험시설 구축, 관리 및 활용성 제고 등을 위한 각계의 다양한 전문가 의견수렴
- 대형 실험시설의 설계, 구축, 운영 및 관리 등 관련분야 경험이 풍부한 전문가로 참여연구진 구성 필요
 - 연구진의 참여율을 높여 연구집중도 제고
- 도로주행시뮬레이터 실험시설은 가상현실, 그래픽, 프로그래밍, 실시간 시뮬레이션, 전기/전자, 기계, 메카트로닉스 등 다양한 기술분야 연구진 참여가 필요하며, 구축 후에도 주기적/지속적 업그레이드가 필요한 분야이므로 구축 후에도 관련 연구진이 지속적으로 참여할 수 있는 방안을 반드시 제시하여야 함

5. 최종성과물

주요

최종성과물

- **시뮬레이터 실험시설 1식**
 - ※ 최대 진동가속도, 진동 거동 지속시간, 국내 도로구축률, 교통환경 재연성, 사고 시나리오 수정용이성 등 질적 성과를 계량적으로 측정할 수 있는 성능 수준(목표), 측정방법을 제안서에 반드시 제시해야 함(선정평가시 적정성 검토예정)
- **실험시설 실시설계 보고서**
 - 시설/장비에 대한 실시설계 결과
 - 구축 전 과정에 대한 구축 및 관리계획, 추진일정 및 소요예산 등
- **실험시설 구축 보고서(연차 및 최종보고서)**
 - 시설/장비 구축, 통합 Grid/CI시스템 연결 및 시험운영 결과 등
 - 각종 설계변경 및 인허가 사항 등
 - 실험시설 구축 이후 운영관리 계획 및 중장기 발전방안
 - ※ 연구과제 종료시 최종보고서가 아닌 별도의 보고서로 제출

6. 기대효과 및 파급효과

- 인간공학적 도로 안전성 개선을 통한 교통사고 발생 방지
 - 도로운영 및 유지관리단계에서의 교통사고비용 예방 및 자동차 보험 비용 절감
 - 교통사고 원인 분석 및 개선 대책 마련 수립
- 도로 안전성 확보를 위한 다양한 기술개발 검증 및 기준 정비에 활용 가능
 - 도로계획/설계, 시공단계의 공기단축 및 예산절감
 - 도로건설 전후 주행환경 및 성능평가를 통한 사업시행에 따른 예산운영의 효율성 및 도로 건설비용의 효율적 집행 유도, 비용 절감 효과 도모
 - 도로안전시설에 대한 설치기준 및 정책 마련
- 시뮬레이션 활용을 통해 도로계획/설계/시공단계 공기단축 및 예산 절감을 통한 경제적 효과
 - ※ 설계 및 공사기간 약 5-15% 단축, 교통사고 비용 10% 절감 가능
- 국내 첨단 실험시설 부족으로 기존에 해외에서 수행되던 중요 실험들을 국내에서 수행함으로써, 국가적으로 중요한 기술 및 외화의 해외유출 방지 가능
- 대형 실험시설을 기반으로 한 세계 유수의 연구기관과 국제협력 연구가 가능하여 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대 가능
- 건설교통분야 첨단 실험시설을 활용한 SOC시설물의 안전성 제고를 통해, 재해·재난·사고 등으로부터 국민의 소중한 생명 보호
- 국가 연구시설·장비의 중복 투자를 방지하고, 공동활용을 통한 이용 효율성 증대

7. 연구개발기간 및 소요예산

◦ 총 연구기간/정부출연금: 3년6개월/ 14,690백만원 이내

연도	연구기간	정부출연금(백만원)
1차년도	2015. 7. 1. ~ 2016. 1.31.(7개월)	1,923
2차년도	2016. 2. 1. ~ 2017. 1.31.(12개월)	3,848
3차년도	2017. 2. 1. ~ 2018. 1.31.(12개월)	5,580
4차년도	2018. 2. 1. ~ 2018.12.31.(11개월)	3,339
총계		14,690

- ※ 유치기관은 별도의 대응자금(현금/현물)을 부담하여 예산계획 수립
 - 총 연구개발비(정부출연금 + 대응자금)의 15% 이상을 대응자금으로 부담
 - 대응자금의 10% 이상을 현금으로 부담
 - 부지는 반드시 제공하여야 하며, 해당 부지의 공시지가를 반영하여 현물로 부담(단, 총 현물의 40%까지만 인정)
- ※ 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음
- ※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소조정 가능

8. 기타

- 운영중인 1단계 실험시설은 “분산공유형 건설연구인프라구축사업 운영지침(2006.08)”에 따라 공동운영 되고 있으며, 현재 운영지침에 대한 개정중에 있음
 - 2단계 실험시설의 운영 및 관리에 관한 사항은 향후 확정되는 운영지침에 따르므로, 이를 반드시 준수할 것
- 본 공모과제의 보안등급은 “일반과제”임
- 국내외 타 실험시설과의 차별성 및 연계·활용방안을 반드시 검토하여 제시할 것
- 기타 연구목표, 내용, 주요 성과물 및 연구개발비 등은 ‘건설연구인프라 2단계 기본설계’ 최종보고서 참조
- 유치기관 공고 실험시설 운영 및 활용계획 구체적으로 제시

- 장비의 권장요구성능은 관련분야 인증시험이 가능한 장비들이며, 성능인증 관련해서는 유치기관의 활성화 계획 등에 포함시켜 추가 필요한 장비들까지 제시
- 연구개발계획서(유치제안서) 작성시 장비에 대한 견적서를 첨부하고 상세 사양 및 성능에 대해서 자세히 기술
- 구축 후 운영단계에서는 건설연구인프라운영원을 전담관리기관으로 하는 공동운영협의체에 반드시 참여하여야 함

[서식 2]

대응자금 납부확약서

본 기관이 '○○○○ ○○○○ 실험시설' 유치기관으로 선정될 경우, 동 실험시설의 성공적으로 구축을 위하여 실험시설 유치기관으로서 대응자금을 아래와 같이 성실히 납부할 것을 확약합니다.

□ 총 대응자금

(단위 : 천원)

구 분	현 금	현 물	계
1차년도			
2차년도			
3차년도			
4차년도			
계			

□ 1차년도 대응자금

(단위 : 천원)

구 분		내 용	
현금			
현물	① 부지	금 액	
		주요 내용	
	② 인력	금 액	
		주요 내용	
	③ 관련 장비	금 액	
		주요 내용	
	④ 기타	금 액	
		주요 내용	
소계			
계			

2013년 월 일

신청기관명 :

신청기관장 :

(직인)

국토교통과학기술진흥원장 귀하

제2절 유치기관 신청자격 및 선정/구축 평가기준(안)

1. 유치기관의 신청자격 및 조건(안)

유치기관

- 유치기관(주관연구기관)은 국가연구개발사업에 참여할 수 있는 기관들 중에 공공성, 공유 및 교육활용을 담보할 수 있는 기관을 원칙으로 함(단, 지역제한은 없음)
- 유치기관의 신청자격은 『국토교통부 소관 연구개발사업 운영규정』 제4조 제1항의 제1호, 제2호, 제3호, 제4호, 제8호 및 제11호에 해당하는 기관으로 제한(국가 대형 실험시설의 공유·활용 측면을 고려하여 국가연구개발사업에 참여할 수 있는 기관 중 공공기관 및 비영리기관에 한함)
- 실험시설 유치를 희망하는 단일기관(주관연구기관)으로만 신청가능(공동연구기관, 위탁연구기관 및 참여기업이 포함된 컨소시엄으로 신청 불가)
- 연구비는 정부출연금, 유치기관의 대응자금으로 구성
- 총 연구개발비의 15% 이상을 반드시 대응자금(현금/현물)으로 부담하여야 하며, 대응자금의 10% 이상은 현금으로 부담
- 정부출연금 지원비율(총 연구개발비의 85% 이하) 및 대응자금 현금 비율(대응자금의 10% 이상)을 연차별이 아닌 총 연구개발기간에 대하여 적용하는 것을 원칙으로 함
- 대응자금 중 현금의 경우, 가급적 협약체결 전 또는 총 연구개발기간 초반에 완납하는 것을 권고
 - 유치기관으로 최종 선정될 경우, 확약한 대응자금 중 현금에 대해서는 반드시 이행보증보험을 가입하여 보험증권을 협약체결 전에 제출하여야 함(단, 협약체결 전에 확약한 현금 총액을 완납하는 경우는 제외)
- 공동운영기간(구축 후 15년)까지 실험시설의 구축 및 운영을 위한 목적으로 전용(專用)할 수 있는 부지를 반드시 제공하여야 하며, 해당 부지의 공시지가를 반영하여 현물로 인정(단, 총 현물의 40%까지만 인정하며, 반드시 1차년도에 전액 계상)
- 연구기관은 참여의사확인서, 유치기관 지원확약서 및 대응자금 납부확약서 등 관련 서류(부지에 대한 등기부등본 포함)를 반드시 제출하여야 함
- 유치기관에서는 실험시설 구축 후, 실험시설사용료에서 시설/장비의 유지관리비와 감가상각비 등의 부담이 최소가 되도록 운영에 필요한 최소한의 기술인력과 행정인력의 인건비 및 전기수도 등 공공

요금을 지원하여야 함.

- 유치기관은 연구책임자를 비롯한 참여인력이 실험시설의 건설 및 운영 전 단계에서 사업에 전념할 수 있도록 하여야 함. 특히, 교육기관인 경우에는 책임 강의시수 감면 등의 지원을 하여야 함.
- 유치기관은 실험시설의 건설 및 운영 전 단계에서 재정이 독립적으로 운영될 수 있도록 지원하여야 함.
- 연구클러스터 구성 계획이나 지역 내 대학 및 산업체 등과의 협력 방안도 참여확인서나 기타 형식적인 제약 없이 자유롭게 계획할 수 있음.
- 동 사업에 참여하는 모든 기관은 ‘분산공유형 건설연구인프라구축사업 운영지침’을 준수하여야 함.

연구책임자

- 연구책임자의 자격 조건은 『국토교통부소관 연구개발사업 운영규정』에 따름

2. 선정절차 및 평가기준(안)

평가의 기본방향

- 실험시설 유치 신청기관을 대상으로 실험시설 건설계획, 장비 구축계획, 운영 및 활용 계획, 참여연구진과 유치기관의 수행능력 및 의지 등 사업 추진계획과 수행능력 전반에 대한 종합적 심층 평가를 통하여 최적의 유치기관 선정
- 실험시설 유치기관 선정의 객관성, 공정성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 전문성과 공정성을 확보한 관련분야 전문가로 평가단을 구성하고 서류검토, 발표평가, 현장평가의 다단계 평가 실시

유치기관 선정절차 및 평가기준(안)

- 선정평가 절차 및 방법
 - 실험시설별로 하나의 평가위원회가 전 평가 과정을 일괄 담당하는 것을 원칙으로 함
 - 사업계획, 수행능력 시설 및 장비 구축계획, 시설 입지 조건 등 종합적인 평가로 최적의 유치기관 선정
 - 전문성 및 공정성을 확보한 평가단을 구성하여 서류검토, 1차 발표 평가 및 2차 현장방문 평가를 통한 다단계 평가 실시
 - 평가의 공정성 확보를 위하여 단계별 평가결과 총점을 즉시 공개

<표 4-1> 유치기관 평가절차 및 평가방법(안)

평가 절차	평가방법 및 내용
신청서류 접수 및 사전검토·보완 조치	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신청기관 : 연구개발계획서(유치제안서) 등 신청서류 접수 ○ 진 흥 원 : RFP와의 부합성, 신청자격 및 신청서류 적합성 등 검토
▽	
평가위원회 평가 (1차 발표평가)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 1차 발표평가 : 실험시설 건설계획의 적합성, 운영 및 활용 계획의 우수성 등에 대한 평가(100점 만점)
▽	
1차 발표평가 결과 통보	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신청기관에 1차 발표평가 결과 통보 - 60점 이상의 기관 중 고득점 2개 기관을 2차 현장평가 대상기관으로 선정
▽	
평가위원회 평가 (2차 현장평가)	<ul style="list-style-type: none"> ○ 2차 현장평가 : 신청기관(장)의 인식 및 지원의지, 입지조건 및 연구교육 환경 등 중점평가(50점 만점)
▽	
최종 평가결과 통보 및 협약체결	<ul style="list-style-type: none"> ○ 신청기관에 최종 선정평가 결과 통보 ○ 선정된 주관연구기관과 협약체결

평가위원회별 평가위원의 평가점수 중 최고점수와 최저점수를 부여한 각 1인의 점수를 제외한 나머지 평가점수의 합을 산술평균하여 평가위원회(1차 발표평가 및 2차 현장평가) 평가점수 산정

가점은 1차 발표평가 평가위원회 평가점수에 부여하여, 1차 발표평가에 대한 종합평가점수 산정

- 1차 발표평가 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 경우, 가점 부여없이 '탈락' 처리(단, 단독응모의 경우는 70점 미만)

1차 발표평가 종합평가점수가 60점 이상인 기관 중 고득점 2개 기관을 2차 현장평가 대상기관으로 선정

- 1차 발표평가 종합평가점수가 60점 이상인 기관이 1개일 경우, 1개 기관만 2차 현장평가 대상기관으로 선정

- 2개 이상 기관의 1차 발표평가 종합평가점수가 차순위로 동점일 경우, 모두 2차 현장평가 대상기관으로 선정
 - 2차 현장평가 평가위원회 점수가 30점 미만인 기관은 ‘탈락’ 처리
 - 1차 발표평가 종합평가점수와 2차 현장평가 평가위원회 평가점수를 합산하여 최종 평가점수 산정
 - 최종 평가점수가 가장 높은 기관을 선정
- 최종 평가점수가 동점일 경우, ① 1차 발표평가 및 2차 현장평가 평가위원회 평가점수의 합이 높은 순, ② 총 연구개발비에 대한 신청기관의 대응자금(현금) 부담비율이 높은 순으로 선정
 - 관리지침 제17조에 따른 모든 가점 및 감점 기준 미적용
- 단, 지역 균형발전 촉진을 위하여 실험시설을 구축하고자 하는 부지의 소재지가 수도권(서울특별시, 경기도, 인천광역시) 이외의 지역인 경우에 한하여 가점 1점 부여
 - 가점은 1차 발표평가 평가위원회 평가점수에 합산하되, 1차 발표평가 평가위원회 평가점수가 60점 미만인 기관에 대하여는 부여하지 않음
 - ‘총 연구비에 대한 연구신청기관의 연구비 부담비율에 따른 가점’은 적용하지 않음
- 단, 최종 평가점수가 동점일 경우, 선정 우선순위 결정에 적용

유치기관 선정평가 항목 및 배점(안)

<표 4-2> 1차 발표평가 항목 및 배점(안)

기준항목		세부 평가항목	배점
실험시설 건설 계획 (40점)	건축 계획(20점)	건축 계획의 적합성/우수성 【 채점표 활용 】	20
	장비구축 계획(15점)	장비구축 계획의 적합성/우수성 【 채점표 활용 】	15
	구축 관리 계획 / 네트워크 구축 계획(5점)	시공 품질 관리, 장비 선정 및 도입 계획	3
		그리드 시스템 연계 Network구축 계획	2
실험시설 운영 및 활용 계획 (40점)	실험시설 운영계획 및 활성화 방안(20점)	조직 / 인력 / 예산 / 유지관리 계획 등	10
		실험시설 활성화 및 실험품질 확보 방안	5
		실험교육 활용 / 인력 육성 / 사용자 편의 제공	5
	연구 활용계획 및 활성화 방안(15점)	세계적 수준의 연구역량 확보방안 및 발전전략	5
		실험시설의 특성화/전문화 계획	5
		실험시설을 활용한 연구계획(국제협력 포함)	5
공동 연계 협력방안(5점)	공동운영 / 타 대학, 연구기관 및 산업체와의 연계협력	5	
유치기관 및 참여연구진의 수행능력 (20점)	유치기관의 수행능력/연구역량(5점)	관련분야 전문인력 보유현황 및 연구역량	3
		관련분야 기존 시설·장비 보유현황 및 연계활용 계획	2
	유치기관의 지원 내용(5점)	구축 및 운영단계에서의 현금, 현물(인력 포함) 등의 지원 방안	3
		연구책임자 등 참여연구진에 대한 지원 방안	2
	연구책임자의 운영능력(5점)	비전, 의지, 리더쉽, 대외활동 및 소통능력 등	5
연구책임자·참여연구원의 연구실적 및 유사 실험 수행 실적(5점)	연구책임자 및 참여연구원의 연구실적 및 유사 실험 수행 실적	5	
계			100

※ 세부 평가항목 중 ‘건축 계획의 적합성/우수성’ 및 ‘장비구축 계획의 적합성/우수성’은 해당 실험시설별 채점표를 활용하여 평가

【 별지 】 도로주행 시뮬레이터 실험시설

건축 계획의 적합성/우수성

세부 평가항목	5점 척도(A)					가중치 (B)	계 (A×B)
	1	2	3	4	5		
○ 부지계획 - 지리적 위치, 부지 면적, 접근의 용이성, 시공성 등						1.0	
○ 실험시설 공간확보 여부 - 대형시뮬레이터실 (40m×22m, 레일장치: 7m×20m)						1.5	
○ 부대설비 / 주변 환경 영향 검토 - 기전설비, 오페수 처리, 진입로 등 - 에너지 효율화 방안, 소음·공조·방음·안전 대책 등						0.5	
○ 건축면적 및 연면적 / 부속실 확보 여부 - 건축면적 1,400㎡, 연면적 1,920㎡ - 운영실, 장비실 등						0.5	
○ 공간배치의 효율성 및 실험시설의 특성화						0.5	
소계						4	

장비구축 계획의 적합성/우수성

세부 평가항목	5점 척도(A)					가중치 (B)	계 (A×B)
	1	2	3	4	5		
○ 실시간 차량동역학 시뮬레이션 시스템 - 차량모델의 자유도 (16DOF) - 시뮬레이션 컴퓨터의 종류 (전용 워크스테이션)						0.5	
○ 3차원 영상 생성 및 시현 시스템 - 돔스크린의 크기(지름) (φ7.6m) - 단일 프로젝터의 영상 해상도 (Full HD급, 1,920×1,080) - 다채널 영상의 자동 조정가능 (포함) - 영상 컴퓨터의 종류 (그래픽 전용 IG)						0.5	
○ 음향생성 및 시현 시스템 - 음향장치의 종류 (전용 음향 발생기)						0.5	
○ 운동시스템 - 운동감 생성의 범위 (13자유도) - 지속적인 횡가속도 재현여부 (20m×7m) - 자동차의 회전운동 재현 여부 (360°) - 자동차 서스펜션 운동의 재현 여부 (20Hz) - 플랫폼의 가반하중 (6tonf)						0.5	
○ 캐빈 및 제어힘로딩 시스템 - 차량캐빈의 종류 및 형태 (다차종 교체가능) - 외부 환경과의 통합 시뮬레이션 (HILS 포함)						0.5	
○ 운영 및 모니터링 통합시스템 - 외부장치와의 병행운전 가능 여부 (2대 가능) - 차량교체시간(실험준비시간) (1시간 이내) - 도로영상 구축범위 (400km 이상)						0.5	
소계						3	

<표 4-3> 2차 현장방문평가 항목 및 배점(안)

기준항목		세부 평가항목	배점
유치기관의 인식과 지원의지 (20점)	지원계획의 실현 가능성 및 구체성(10점)	실험시설 유치에 따른 기관의 발전전략	4
		부지 및 건축물의 인허가	3
		실험시설 유치기관 설립목적과의 부합성	3
	유치기관장의 인식 및 지원의지(10점)	구축 및 운영단계에서의 인력 및 예산 지원 계획 (행정 및 기술인력 / 유지관리비 / 전기·수도 등)	5
	※ 유치기관장 면담 실시	구축 및 운영단계에서의 연구책임자 및 참여연구원에 대한 지원 계획(책임과 권한 / 연구 집중도 보장 등)	5
입지조건 및 연구·교육 환경 (30점)	실험시설의 입지조건 (10점)	실험시설 접근의 용이성	4
		타기관의 공동활용 용이성	3
		인접 실험·연구시설과의 물리적 접근 용이성	3
	실험시설의 구축여건 (10점)	선정 부지의 적합성	4
		시공 용이성(연약지반 처리, 발파 등 작업 난이도 유무)	3
		지장물, 민원발생(소음, 진동 등) 등 공기지연 가능성	3
	유치기관의 관련 연구·교육 인프라 환경 (10점)	연구/교육 공간 및 환경(기존 시설 연계 등)	5
		전력 및 네트워크 등 기타 인프라	5
계			50

3. 시설/장비 구축 중간성과 점검 및 평가 기준

- 시설/장비 구축에 대한 중간성과 점검 및 평가 지표는 유치기관의 초기 연구개발계획서(유치제안서)와 실시설계 및 설계변경 사항을 반영하여 연차별 계획대비 실적을 평가
- 유치기관은 단계별 주요 연구활동을 ‘시설/장비 구축계획 수립’, ‘실시설계’, ‘인허가’, ‘실험시설 건설’, ‘장비 구축’, ‘시험운영 및 성능검토’ 및 ‘준공’ 등으로 구별하여 공정별, 연차별 계획을 상세하게 작성, 제시하여야 함

<표 4-4> 시설/장비 구축 중간성과 점검 및 평가 지표

주요 연구활동	성과점검 지표	측정방법
시설/장비 구축계획 수립	<ul style="list-style-type: none"> • 실험시설 구축 계획(공정별, 연차별, 예산 등) • 구축관리, 진도보고, 인력 계획 등 • 실험장비 도입 또는 구축 계획 	<ul style="list-style-type: none"> • 계획서 대비 시설/장비 구축계획 및 예산계획의 타당성 및 적절성 • 구축관리 계획 수립 여부 및 적합성
실시설계	<ul style="list-style-type: none"> • 설계사 선정 • 토목공사/건축공사 및 각종 설비 실시설계 • 공유연구환경(Network: 향후 Grid연결 고려) 	<ul style="list-style-type: none"> • 실시설계 보고서(전문기관의 승인 필요) <ul style="list-style-type: none"> - 부지 및 건축계획의 적절성 - 최소요구사항 만족 여부 - 실험장비/센서 등의 최소요구사항(종류, 성능) - 소요예산 및 구축계획의 타당성, 적절성 - 사용자 편의시설, 기타 부대시설의 효율성 - 통합 Grid시스템 연계성 - 사용자 접근 및 이용의 용이성 등
인허가	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 인허가 <ul style="list-style-type: none"> - 개발행위허가/실시계획인가 등(필요시) - 건축허가 ※ 인허가 기간 최소화/ 시설구축 지연 방지 	<ul style="list-style-type: none"> • 각종 인허가 여부
실험시설 건설	<ul style="list-style-type: none"> • 시공사 선정(토목, 건축) • 공사 착공(전문기관의 실시설계 승인후 진행) • 실험시설 구축관리 • 설계변경/공사대금조정(ESC) 등(필요시) <ul style="list-style-type: none"> - 설계변경 절차 및 관리계획 수립 	<ul style="list-style-type: none"> • 구축계획에 따른 분기별/연차별 관리 현황(공사기간, 공사비, 안전관리 등) • 설계변경/공사대금조정 요청의 타당성 및 적절성
장비구축	<ul style="list-style-type: none"> • 장비/센서 등 상세 설계 • 장비/센서 등 발주 • 설계변경 등(필요시) <ul style="list-style-type: none"> - 변경 절차 및 관리계획 수립 • 장비/센서 등 납품/검수, 성능점검 등 	<ul style="list-style-type: none"> • 장비/센서 등 최소요구성능 만족 여부 • 장비/센서 등 종류, 성능의 변경사항 발생시 전문기관의 승인 필요 <ul style="list-style-type: none"> - 계획대비 장비/센서 구매 변경의 적절성과 타당성(예산 고려) • 구축 여부 및 도입과정의 적절성 <ul style="list-style-type: none"> - 구매계획서, 발주서 등 - 국산외산 구매의 적절성(성능, 비용, 환률 등)

주요 연구활동	성과점검 지표	측정방법
시험운영 및 성능검토	<ul style="list-style-type: none"> • 시설/설비/장비 등 시험운영 • 성능검토 및 보완 	<ul style="list-style-type: none"> • 시험운영 결과보고서 검토 • 계획대비 성능확보 여부
준공	<ul style="list-style-type: none"> • 건축 사용승인허가 • 개발해위 준공(필요시) • 공동운영계획 수립 • 각종 운영규정 및 양식 등 구비 	<ul style="list-style-type: none"> • 실험시설 준공보고서 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 각종 인허가 및 준공 여부 • 공동운영계획 수립 여부 <ul style="list-style-type: none"> - 통합운영계획 (인력, 예산, 실험요율산정, 유지관리 등) - 연구/교육활용 계획 - 사용자 편의제공 방안, 유치기관 지원계획 등 - 타 기관 연계활용 및 국제협력 방안

4. 최종성과 점검 및 평가 기준

- 실험시설 구축사업에 대한 최종성과는 ‘실험시설 구축’, ‘장비/센서 구축’, ‘시설/장비 DB구축’, ‘연구인력 확보’, ‘유치기관 지원’ 및 ‘실험시설 운영계획’을 중심으로, 준공시점에 맞춰 초기 연구개발계획서(유치제안서)와 실시설계(설계변경 포함) 자료를 기준으로 평가함

<표 4-5> 실험시설 구축 최종 성과점검 및 평가 기준

성과항목	성과점검 지표	측정방법
실험시설 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 실험실, 연구실 등의 시설 구축 정도 및 공간 확보 여부 • 공동활용을 위한 외부 편의시설 구축 • Grid 연결 및 연계 활용가능 	<ul style="list-style-type: none"> • 연구시설 구축 및 확보된 공간의 계획대비 실적(기능, 규모 등) • Grid 연결 및 연계활용 가능 여부
장비/센서 구축	<ul style="list-style-type: none"> • 시험장비, 계측장비 및 센서 등의 연구개발관련 장비 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 계획대비 장비, 센서 등의 구축 여부 - 건수, 종류, 기능 및 성능 등
시설/장비 DB구축	<ul style="list-style-type: none"> • 연구시설, 보유장비 및 연구인력 등에 관한 체계적인 관리를 위한 DB 구축 	<ul style="list-style-type: none"> • 연구시설, 보유장비 및 연구인력 등의 DB 구축 정도 -NTIS/전문기관 등의 기준 적용
연구인력 확보	<ul style="list-style-type: none"> • 시설/장비 운용 및 관련 연구프로젝트 수행 등 인력 확보 정도 	<ul style="list-style-type: none"> • 실험서비스를 위한 기술인력/행정인력 • 실험시설/장비 관리를 위한 기술인력 (전기,소방,설비 등) • 실험시설 활용 전문 연구인력 등(학위별, 전공별 연구인력 확보 수)
유치기관 지원	<ul style="list-style-type: none"> • 유치기관의 지원 규모 -시설 구축단계 지원 규모 -운영단계의 지원 계획 	<ul style="list-style-type: none"> • 구축단계에서의 부지, 대응자금(현금 및 현물) 등의 계획대비 지원 여부 • 시설 운영단계에서의 지원 규모 및 계획(인력, 예산 등 행/재정적 지원)
실험시설 운영계획	<ul style="list-style-type: none"> • 공동운영 계획 및 중장기 발전계획 수립 • 실험시설의 독립성 확보 • 실험시설 운영 활성화 계획 및 필요한 규정/지침 등의 개발 • CI시스템(통합운영관리시스템) 활용 	<ul style="list-style-type: none"> • 전담관리기관 및 타 건설연구인프라 실험시설들과의 공동운영 및 연계활용 계획, 공동운영 협약 체결 등 • 실험시설의 공동운영을 위한 독립성 보장(별도 센터 설립 등) • 실험시설 운영에 필요한 규정류, 문서류 작성 및 운영 활성화를 위한 계획 마련 여부 • Grid/CI 시스템 활용 여부

제3절 건설사업관리(CM) 계획

1. 추진 계획

- 2단계 실험시설이 '13년 ~ '14년에 걸쳐 시차를 갖고 착공되므로, 각 실험시설별 CM업체를 별도로 선정, 관리하면 비효율적이며 용역비용 역시 크게 증가함
- 별도의 기획연구를 통해 도출된 “주택성능품질 실험시설”에 대한 CM을 포함하여 추진
- 단일 CM업체를 선정하여 전체 실험시설을 통합, 관리하고 각 실험시설의 구축일정을 고려한 효과적인 감리 인력의 배치 등을 통해 비용절감 필요(전체 CM 용역기간은 착수일로부터 50개월 예상)
- CM업체는 실험시설 유치기관이 실시설계 업체를 선정한 단계에서부터 설계감리에 참여 필요

2. 용역비용 산정(안)

- 5종 실험시설에 대한 기획연구 결과, 20억원으로 제시된 CM 비용의 예산 증액이 어려울 경우에는 실험시설 구축 과정에서 각 유치기관과 이에 대한 분담 협의 필요
- 6종 실험시설에 대한 총 공사비 대비 CM비용 산정(건설공사감리대가기준 국토교통부 고시 제2013-70호, '13.04.15)

(단위 : 억원)

구 분		산정기준 및 금액	비 고
총 공사금액		318.099	낙찰 예상 금액은 법적기준 금액의 70% 적용
CM 비용	법적 기준 금액	31.810	
	낙찰 예상 금액	22.267	

- 실험시설별 CM비용 산정(기획연구에서 제시된 20억원 기준 산정)

(단위 : 천원)

구 분	공사금액	CM비용	비 고
극한상태 구조특성 실험시설	6,000,000	377,300	실험시설별 CM 용역비는 총 CM 비용을 각 실험시설의 공사비에 비례하여 산정함
기후변화대응 다환경 실험시설	9,800,000	616,300	
기상환경재현 도로교통 성능평가 실험시설	1,740,000	109,400	
대형 수리모형 실험시설	5,413,600	340,400	
주택성능품질 실험시설	5,956,300	374,200	
도로주행 시뮬레이터 실험시설	2,900,000	182,400	
계	31,809,900	2,000,000	

※ 주택성능품질 실험시설의 순수 공사비 : 59.563억원(기획연구 결과 참조)

※ 유치기관의 제안설계, 실시설계 및 구축과정에서 설계변경 등에 의한 구축비용 상승으로 CM비용이 증가할 경우에는 해당 유치기관에서 증액분의 비용을 부담하여야 함

제5장 목표달성도 및 관련분야에의 기여도

제1절 연구개발 성과 달성도

<표 5-1> 성과목표 및 성과지표

과제명	성과목표	성과지표	달성	목표	달성도	측정방법	검증방법	가중치	해당기관	
1 질적 목표	건설연구 인프라 2단계 기본설계	1-1 건설연구인프라 실험시설 2단계 기본설계 보고서	① 전문가 의견반영 실적	3회	3회 이상	100	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	주관 기관
			② 기술 동향 조사 실적	5건	5건 이상	100	실험시설 조사 분석 실적	보고서	10	주관 기관
		1-2 실험시설 RFP 및 선정/구축 평가기준(안)	① 전문가 의견반영 실적	10회	10회 이상	100	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	주관 기관
			② 유치기관 공모를 위한 제안요구서 및 평가기준(안 작성	1건	1건 이상	100	평가기준(안 작성 건수	보고서	30	주관 기관
	1-1 실험 시설별 현황조사 및 경제성 분석	2단계 실험시설 기술동향 조사서	전문가 의견반영 실적	5회	5회 이상	100	전문가 자문 실적 건수	보고서	15	공동 기관
			① 경제성 분석 실적	5건	5건 이상	100	경제성 분석 실적	보고서	15	공동 기관
계								100%		
1 양적 목표	사업연계지표	성과지표			달성	목표	달성도	가중치	해당 기관	
		설계도면 및 사양서 개발 (1종당 최소 4개 이상)			20건	20건 이상	100	70	주관 기관	
		3D CG 5종(1종당 3컷 이상)			15건	15건 이상	100	30	주관 기관	
계								100%		

제2절 연구개발 기대효과

(과학기술적 측면) 선도적 기술개발의 투자 효율성 확보와 실험인프라를 매개로 한 견인형 기술개발을 통해 최고기술보유국과의 기술격차 단축

- 건설교통분야 대형 실험시설인프라 강화를 통해 다양한 R&D 검증실험, 실용화 및 건설신기술 개발 지원이 가능하여 관련분야 기술경쟁력 제고에 기여
- 대형실험시설을 기반으로 한 국가R&D 과제의 국내 실험 검증이 가능하여 건설교통기술의 해외 의존형(또는 도입형)에서 국내 창조형으로 기술개발 패러다임의 전환 가능
- 핵심 건설기술의 국내 자체 개발이 가능하고 기존에 해외에서 수행하던 검증실험을 국내 첨단 실험 시설에서 가능하게 되어 선진국에서의 기술도입을 감소시키고 개발기술의 해외유출을 방지
- 성능검증 및 관련분야 시험기술의 체계적 구축을 통해 건설교통분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제표준화 등을 통해 국제적 기술선도 가능
- 지역적으로 분산된 국내의 대형실험시설을 grid 네트워크로 연결하여 연구/실험 인프라의 효율적인 활용이 가능하고 연구개발 속도 극대화
- 네트워크로 연결된 특성화된 대형건설실험시설을 확보함으로써 국제 공동연구가 가능하고 해외 기술검증에 대한 실험수요를 유치할 수 있으며, 이로 인한 건설분야의 국제적 위상 제고
(사회·경제적 측면) 대형 국가실험인프라 구축을 통해 기업의 혁신 유도 및 검증과정을 통해 도출된 지식성과를 기반으로 경제적 가치 창출
- 대형실험시설을 기반으로 국제협력연구를 통해 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대 가능
- 타 기관의 실험시설에 대한 연계활용을 통한 국가 연구시설장비의 중복 투자를 방지하고 공동활용을 통한 이용 효율성을 증대
- 국내 건설기술력의 제고와 해외에서의 경쟁력 향상을 통해 해외 건설시장 진출이 활발하게 되어 국가 경상수지의 호전 기대
- 국내 첨단실험시설 부족으로 기존에 해외에서 수행되던 중요 실험들을 국내에서 유치함으로써, 국가 적으로 중요한 기술 및 외화의 해외유출 방지

- 첨단 실험시설의 확보를 통해 도시건축, 수자원 및 도로교통 분야 재해재난사고 등으로부터 시설물의 안전과 국민의 생명 보호
- 첨단 실험시설을 활용하여 도로 및 교통안전시설물의 체계적 설계와 검증이 가능하여 교통사고율을 OECD 교통선진국 수준으로 낮춤으로써, 국민의 삶의 질 제고와 눈높이에 맞춘 SOC 연구성과 달성 가능
(인적자본 형성 측면) 대형실험시설을 기반으로 한 융복합 기술분야 국제 공동연구 및 학제간 공동연구를 통해 해외 우수인력 유인 및 연구역량 확보
- 대형실험시설이 주축이 되는 교육/연구 융합 인프라 구축을 통한 전문 연구인력 양성 가능
- 국내 연구환경에 대한 인식 전환으로 해외 우수 연구인력의 유입과 세계적 수준의 기술인력 양성 가능
(정책적 측면) R&D 인프라 및 기술검증 인프라 기반 구축을 통한 국가 신성장동력 산업과 국가 R&D 전략의 효과적인 추진 가능
- 건설교통분야 하부구조 기반 강화를 통한 연구개발 활성화 기대
- 국토교통분야 국가연구시설장비 확충 및 운영관리 시스템 구축으로 과학기술기본계획의 “과학기술 하부구조 고도화”사업과 연계하여 정부의 7대 과학기술강국 진입 목표에 기여
- ‘국토해양 R&D 발전전략’의 목표 달성을 위한 기반시설 구축으로 사회경제적 비용절감 및 녹색산업 성장, 글로벌 5대 녹색강국으로 도약하기 위한 발판 마련과 국토교통 R&D 수준 제고
- 국가 R&D 지원 및 건설신기술 개발 촉진
- 지역 분산된 대형연구시설을 거점으로 지역 클러스터가 형성되어 지역의 연구능력 및 기술력 향상과 균형적 발전 기대

제6장 연구개발결과의 활용계획

제1절 추가연구의 필요성

2단계 건설연구인프라 실험시설 구축을 위한 기본자료로 활용
세계적 수준을 갖춘 국가 대형실험시설의 성공적 구축 가능
기존 1단계 실험시설과 신규 2단계 실험시설의 연계활용
국토교통 대형실험시설·장비의 공동활용 및 운영 효율화 제고
건설연구인프라 실험시설의 기능 및 역할 강화


제2절 타 연구에의 응용

국가 R&D 과제 및 민간 기업체의 특허, 신기술 제품의 성능검증 실험 지원
건설교통분야 개발기술의 검증 및 실용화 촉진
대학 기초실험교육 및 실무자 기술교육 지원
실증 실험시설과 다양한 장비의 활용을 통하여 관련 실험, 연구분야의 전문가 양성에 활용(대학, 국공립 연구소 및 기업부설 연구소 등)
국토교통분야 핵심 대형실험시설로서 위상 제고 및 역할 수행

제7장 연구개발과정에서 수집한 해외과학기술정보

제1절 도로주행 시뮬레이터 실험시설

(2013.05.30.~06.01.) Tongji High Performance Driving Simulator



**[건설연구인프라 2단계 기본설계]
해외 실험시설 시찰 보고서**

실험시설	실험시설명	Tongji High performance Driving Simulator
	소재지(국가/도시)	중국(China)상해(Shanghai)
방문계획	방문기간	2013.05.30. - 2013.06.01.
	방문자	이수현(서울시립대), 이동민(서울시립대), 박혁진(한국도로공사)
책임 실험시설 실무자	(담당) Zhichao Wu	(역할) 조교수 (연락처) 86-21-69584674

1. 실험시설 방문 목적

- 분산공유형 건설연구인프라 2단계 실험시설로 선정된 "도로주행시뮬레이터 실험시설"에 대한 기본설계를 위해 해외 실험시설 시찰을 시행하고, 최신의 실험시설 규모 및 특성 파악을 통해 국내 실험시설 확충에 적극 활용하고 함
- 아시아권역 도로주행 시뮬레이터 실험시설 중 가장 최근에 실버 확충을 한 중국 상해 동척대학교 Tongji High performance Driving Simulator 실험시설에 대한 현황시찰 및 관련 기술교류를 목적으로 함

2. 실험시설 개요

- 실험시설명 : Tongji High performance Driving Simulator
- 설립동기 및 목적
- 다양한 환경, 인공구간 가상현실 주행시나리오 요소를 통해 운전자-차량-도로 상호간의 교통 제반 분야의 연구에 활용하고자 실험시설을 확충함

- 기관 연혁
- 2009. 3. 실험시설 상세설계
- 2010. 8. 실험시설 설치완료
- 2010. 11. - 2011. 12. 실험시설 안정화 작업



그림 실험시설 설치 연구동 전경

3. 실험시설 특성

- 실험시설 위치
- University of Tongji (同济大学), School of Transportation Engineering
- 실험시설 규모
- 실험실 (건물) : Simulation room, Briefing room, Control room, Technical room



- 실험시설 현황(가장)
- 현실감 부여 : 시뮬레이션 별 피소량
- 실험준비 및 시뮬레이션 분석 후속성 제고
- 운영성 확보 : 중국 교통문화의 특수성에 맞게 구성
- 운영원의 가용성, 대응성 및 기술지원 수준 향상
- 시뮬레이터 전용 건물 구축
- 실험장비 현황(가장)
- 차량 구성요소 설계
- Standard 5 seat French car
- Force feedback in the steering wheel, 3 pedals,
- Maximum of commands and accessories working
- Air conditioning & heating
- LCD screens in the rear view mirror
- Seamless and discrete integration of all equipment in the car cabin
- Feedback motor for the steering column
- Feedback systems connected to 2 pedals
- Standard OKta Simulated gearbox
- Interface with the actual CAN network of the car (reverse engineering + new development)
- Improved sound system
- Computer network inside the car cabin



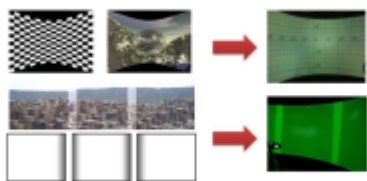


그림 차량 구성요소에 대한 복요수준

- Visual System 구성요소 설계
- Wide horizontal FoV: 250°
- Front vertical FoV: 15° down + 23° up
- Left vertical FoV: 17° down + 26° up
- Image quality: pixel size of 2.3 arc minutes
- Dynamic stability: displacement of 2 pixels under 0.6g
- Display rate of 60 Hz
- Night and day simulated environments
- Easy calibration

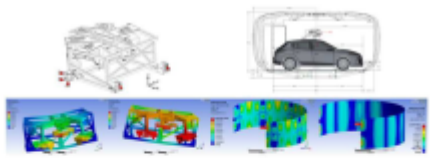


[그림 7-88] 도로주행 해외시찰 - Tongji High Performance Driving Simulator(1/2)



<그림> Visual System 구성

- Advanced design studies
 - Screen resistance to high accelerations
 - Complete structure stiffness
 - Stability of each component (gravity, transversal and/or longitudinal accelerations)



<그림> Visual System 설계도시도

- Motion System 구성요소 설계
 - Long motion system on the X and Y axes
 - Fast motion feedback on the 6 axis on small strokes
 - 20 x 5 meters XY table
 - 2.5 tons 6 DoF motion subsystem

Dimension	Velocity	Acceleration
stroke	±0.8 m/s	±0.8 m/s ²
stroke	±0.8 m/s	±0.8 m/s ²
stroke	±0.8 m/s	±0.8 m/s ²
stroke	±0.8 m/s	±0.8 m/s ²
stroke	±0.8 m/s	±0.8 m/s ²
stroke	±0.8 m/s	±0.8 m/s ²

Dimension	Velocity	Acceleration
stroke(X)	± 8000mm	± 2.0m/s ²
stroke(Y)	± 2000mm	± 2.0m/s ²

<그림> Motion System 구성

- Dome 구성요소 설계
 - Closed rigid structure
 - light weight
 - Fixed to the motion system
 - Holds the car body and the screen
 - Air management system (A/C + heating)
 - Compared results from CAD computation and real measurements OK
 - Stability of the complete system



<그림> Dome 구성

- Simulation Control 구성요소 설계
 - Full control of the simulation & monitoring
 - Data recording for the traffic, driven vehicle state
 - Data analysis
 - Debriefing with subjects
 - Additional acquisition equipment (eye tracking system, bio-pack)
 - SCAner Studio v 1.1
 - Video and sound monitoring system + recording
 - Safety in all conditions

- 시뮬레이션 결과물(사진)



4. 실험시설 운영 방식(형태)

- Shortest latency between actions on the commands and
- The visual feedback

- The motion feedback
- The feedback in commands (steering wheel)
- Fast refresh rates on large databases
- Minimum of 60 Hz on all delivered databases + included traffic and embedded logic
- SCAner Studio v 1.1 & high performance architecture (Windows 7)
- 10 computer cluster
- High performance computer hardware (graphic cards, network)

5. 실험시설 활용 현황

- 동국대학교 서울레이더 담당자인 Zhidou WU 교수에게 실험시설 활용 현황자료 (2011~2013. 5월 E-mail로 요청해 온 상태임
- 실험시설 활용 현황자료 제출이 필요할 경우 E-mail 수신 이후 추가 정리를 통해 제출 할 예정임

[그림 7-89] 도로주행 해외시찰 - Tongji High Performance Driving Simulator(2/2)

참고문헌

1. KOCED 6개 대형실험시설 기본설계 보고서, 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, 2004
2. 건설연구인프라 구축과제 1단계분석 및 2단계 기획, 명지대학교 산학협력단, 2011
3. 연구개발부문 사업의 예비타당성조사 표준지침 연구, 한국개발연구원, 2008
4. 산업기술주요통계요람, 한국산업기술진흥협회, 2013
5. NSF 2008 Facility Planb, 국가연구시설장비진흥센터, 2009
6. RCUK 2008 대형연구시설로드맵, 국가연구시설장비진흥센터, 2009
7. European Roadmap for Research Infrastructure 2008, 국가연구시설장비진흥센터 2009
8. 국토교통성 기술기본계획, 일본국토교통성, 2012
9. 제1차 국가대형연구시설 구축지도, 국가과학기술위원회, 2011
10. 제2차 국가대형연구시설 구축지도, 국가과학기술위원회, 2012
11. 국가대형연구시설총람, 국가과학기술위원회, 2012
12. 국가연구개발사업 효과분석 시스템 개발, KISTEP, 2009
13. 2010년 기술수준평가보고서, KISTEP, 2011
14. 2010 건설교통기술 연구개발 활동조사, 한국건설교통기술평가원, 2012
15. 2012년 기술수준평가보고서, KISTEP, 2013
16. 2012년 글로벌 건설경쟁력 평가, 한국건설기술연구원, 2012
17. IHS Global Insight - Global Construction Outlook 2011, Global Insight, 2011
18. Infrastructure Report, BMI, 2012
19. Construction & Engineering, Market Line, 2011
20. The Top 200 International Design Firms, ENR, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
21. The Top 225 International Contractors, ENR, 2012, 2011, 2010, 2009, 2008
22. 국토해양기술연구개발사업 시행계획, 국토해양부, 2013
23. 국토해양 R&D 발전전략, 국토해양부, 2010
24. 제5차 건설기술진흥 기본계획, 국토해양부, 2012
25. 2013~2017 건설교통 R&D 중장기계획, 국토해양부, 2013

26. 2014년도 정부연구개발 투자방향 및 기준, 미래창조과학부, 2013
27. 박근혜정부 2013년 경제정책방향, 기획재정부, 2013
28. 제3차 과학기술 기본계획, 범부처, 2013
29. 박근혜정부 국정과제, 범부처, 2013
30. 주요건설통계 2012. 4/4분기, 대한건설협회, 2012
31. 중소 건설업체 경영실태 분석 및 경쟁력 강화방안, 한국건설산업연구원, 2012
32. 지속가능성장을 위한 중소기업 R&D 현황 및 투자 지원 방향, 한국과학기술기획평가원, 2012
33. 건설R&D성과의 경제적 파급효과 분석, 한국건축시공학회 논문집, 2010
34. 플랜트 기자재 국산화 방안, 대한기계학회
35. 초고층 건설 기술개발 추진현황과 과제, RIST(이필원), 2010
36. 장대교량 해외시장과 기술동향, 국토연구원 문정호, 2009
37. 글로벌 건축소재 시장동향 및 전망, 한국세라믹기술원, 2011
38. 블루골드 물산업, 유망 사업 분야 및 진출전략, 한국무역협회 장현숙, 2010
39. 미국 수력발전 지속 성장 예상, 워터저널, 2012
40. 댐 건설 장기계획, 국토해양부, 2011
41. 4대강살리기사업이 건설업과 후방산업에 미치는 영향 분석, 하나금융경영연구소, 2010
42. 떠오르는 북아프리카 물시장, 김남희 한국환경산업기술원, 2010
43. 모잠비크의 전략적 가치 및 유망사업, KDS 전홍민, 2012
44. 해외건설동향_양골라, 건설경제, 2012
45. 국내외 준설의 현황 및 미래, Korea Water Resources Association, 2010
46. 투수콘크리트 현장품질관리 지침서 개발에 관한 연구, 한국건축시공학회, 2009
47. 국내외 지능형 교통 시스템 시장 현황 및 전망, 한국방송통신전파진흥원, 2012
48. ITS/텔레매틱스 관련표준기술 및 시장동향, 한국과학기술정보연구원 박세환
49. 해저생산 플랜트 설계 안정성 평가 및 심해 설치기술 개발 특허동향, 특허청, 2009
50. 엔지니어링산업실태조사 결과보고서, 한국엔지니어링협회, 2012
51. 도로교통 사고비용의 추계와 평가, 도로교통공단, 2011
52. 월간교통의 '전국 교통혼잡비용', 한국교통연구원, 2013
53. 플랜트산업의 기초분석' - 성장동력산업실

54. BIM모델 기반 디자인 : 중국 댐 건설사업 가속화, 국토일보, 2013.05
55. BMI Infrastructure Report, Businessmonitor, 2012
56. BMI's infrastructure Report(한국,미국,일본,중국,영국),Businessmonitor, 2012
57. DART, 금융감독원전자공시시스템
58. Georges Binder/Marshall Gerometta
59. Global Construction Materials, Research and Markets, 2012.10
60. Global Construction Outlook 2011, Global Insight, 2011
61. Global Construction Outlook 2011, IHS Global Insight, 2012
62. Global Industry Analysts, Inc. - 2010
63. McGraw Hill에서발간된ENR(EngineeringNews-Record)보고서
64. 건설교통R&D중장기계획,국토해양부, 2012
65. 건설업경영분석,대한건설협회
66. 건설업기업규모별수익률관계비율,대한건설협회
67. 건설연구인프라운영원 자체 자료
68. 공무원여비규정,국가법령정보센터, 2013년개정
69. 국가온실가스감축목표평가와시사점,한국경제연구원, 2010
70. 국토교통기술연구개발활동조사, 2011
71. 국토교통기술촉진연구사업(2014년도지원대상과제설명서),국토교통과학기술진흥원,2013.6.
72. 국토교통부보도자료,그린홈플러스
73. 국토통계누리,건축물현황
74. 기술수준평가보고서,KISTEP, 2010
75. 도로현황조사,국가교통통계누리
76. 세계는댐해체,한국은4대강'박차',EconomyInsight, 2011.11
77. 에너지통계연보,국가에너지통계종합정보시스템, 2013
78. 물산업동향과전망, 2011,한국정책금융공사산업분석팀
79. 엔지니어링서비스업경영분석,한국엔지니어링협회
80. 엔지니어링플랜트기술센터,2011/제5차건설기술진흥기본계획,국토해양부,2012
81. 연도별도로건설현황,국가교통통계누리, 2013

82. 하천정비사업및예산지원,국토교통부정책자료, 2012
83. 일반건설업등록현황,대한건설협회
84. 종합원가계산서,대한건설협회
85. 중국스펙워진국가원환지진전문가위원회자료인용,중앙일보, 2008