# 국토교통 실험시설·장비 고도화 상세분석 및 구축계획 수립

수행기관 : 건설연구인프라운영원

2014. 02. 28

국토교통과학기술진흥원

# 제 출 문

국토교통과학기술진흥원장 귀하

본 보고서를 “국토교통 실험시설·장비 고도화 상세분석 및 구축 계획 수립” 보고서로 제출합니다.

2014. 02. 28

**건설연구인프라운영원장 (인)**

# 국토교통 실험시설·장비 고도화 상세분석 및 구축계획 수립

2014. 02. 28

# 목 차


제 1 장 서 론 ····· 1

제 1 절 사업추진 개요 ····· 1

제 2 절 사업추진 경과 및 절차 ····· 8

제 3 절 연구의 목적 및 범위 ····· 69

제 2 장 국토교통 기술분야별 연구동향 분석 ····· 71

제 1 절 구조/재료 분야 ····· 71

제 2 절 건축/방재 분야 ····· 80

제 3 절 수공 분야 ····· 85

제 4 절 지반 분야 ····· 90

제 5 절 도로/교통 분야 ····· 95

제 6 절 소결 ····· 102

제 3 장 고도화 대상 장비 선정 ····· 104

제 1 절 평가방법 ····· 104

제 2 절 고도화 대상장비 선정 결과 ····· 105

제 3 절 기대효과 ····· 108

제 4 장 고도화 장비 상세분석 ····· 114

제 1 절 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM ····· 114

제 2 절 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대 ····· 124

제 3 절 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치 ·····135

제 4 절 허리케인 3등급(풍속 120mph) 풍력에너지 개발 바람발생 시스템 ·····143

제 5 절 대형 지반-구조물 실험을 위한 100m3급 가변형 강성토조 ·····150

제 6 절 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지 ·····163

제 7 절 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템 ·····175

제 8 절 적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량 · 대형 진동대 시스템 ·····185

제 5 장 연구장비 고도화 구축계획 ·····200

제 1 절 추진전략 및 체계 ·····200

제 2 절 실험장비 구축 세부계획 ·····203

제 3 절 주관연구기관 선정 및 평가방안 ·····209

# <표 목 차>


<표 1-1> 분야별 실험장비 도출 결과 ····· 11
<표 1-2> 분야별 산학연 전문가 명단 ····· 12
<표 1-3> 전문가 및 자문위원 회의내용 ····· 12
<표 1-4> 성능개선 대상 후보장비 1차 최종선정 및 선정이유 ····· 13
<표 1-5> 성능개선 대상 후보장비 2차 선정결과 ····· 14
<표 1-6> 성능개선 대상 후보장비 12종 ····· 15
<표 1-7> 아시아 지역의 진동대 현황 ····· 17
<표 1-8> 아시아 지역 이외 진동대 현황 ····· 18
<표 1-9> 국내 진동대 현황 ····· 19
<표 1-10> 대형 진동대 구축방법 ····· 22
<표 1-11> 고성능 다자유도 Actuator 시스템 구축 방법 ····· 25
<표 1-12> 필요 장비 및 구축 방법 ····· 30
<표 1-13> 바람발생장치 구축 방법(장비) ····· 33
<표 1-14> 바람발생장치 구축 방법(시설) ····· 33
<표 1-15> 드럼형 원심모형시험기 구축 방법(장비) ····· 37
<표 1-16> 드럼형 원심모형시험기 구축 방법(시설) ····· 37
<표 1-17> 실험실별 장비구축 계획 ····· 38
<표 1-18> 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 구축방법 ····· 41
<표 1-19> 구조 · 재료 분석 시스템 구축 방법 ····· 46
<표 1-20> 잔향실 시험장비 구축 방법 ····· 48
<표 1-21> 국내 고성능 진동대 현황 ····· 49
<표 1-22> 6자유도 진동대 현황 ····· 50
<표 1-23> 국내 고성능 진동대 현황 ····· 51
<표 1-24> 최소 요구 장비 및 시설의 구축 방법> ····· 53
<표 1-25> 필요장비의 규격 및 사양 ····· 59
<표 1-26> 필요 장비 및 구축 방법> ····· 59
<표 1-27> 장비 구축 방법 ····· 65
<표 1-28> 필요 시설 및 구축 방법 ····· 65
<표 1-29> 최소 요구 시설 ····· 67
<표 1-30> 필요 장비 및 센서 구축 방법 ····· 68
<표 1-31> 기획연구의 범위 및 내용 ····· 69

<표 2-1> 미래핵심기술 “Green-up 30” 기술리스트 ····· 75
<표 2-2> 건축 환경 설비 에너지 분야의 시장규모 예측 ····· 80
<표 2-3> 건축 환경 설비 에너지 분야 주요부처 정책 동향 ····· 82
<표 2-4> 유럽에서 운전 중인 해상 풍력발전단지 현황 ····· 91

<표 3-1> 평가 전문가 성명 및 소속 ····· 104
<표 3-2> 평가대상 후보 장비 12종 ····· 104

<표 3-3> 정량적인 평가를 통한 우선순위 평가결과 ·····105
<표 3-4> 장비별 전문가 평가의견 ·····106
<표 3-5> 최종 선정 결과 ·····107

<표 4-1> 다기능 고속 대용량 구조 UTM의 세부 활용분야 및 범위 ·····116
<표 4-2> 초고속 수형하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM의 최소 요구 성능 ·····116
<표 4-3> 최소 요구시설 및 장비 ·····117
<표 4-4> 실험시설 구축 일정표 ·····122
<표 4-5> 10g급 6자유도 진동대 장비의 세부 활용분야 및 범위 ·····126
<표 4-6> 고성능 진동대 최소 추가 요구 장비 ·····127
<표 4-7> 신설 및 개선 시 추정예산 비교 ·····129
<표 4-8> 연차별 구축계획 ·····132
<표 4-9> 소요예산 상세총괄 ·····133
<표 4-10> 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 ·····134
<표 4-11> 활용분야 및 실험영역 ·····136
<표 4-12> 최소 요구 성능 ·····136
<표 4-13> 최소 요구 사양 ·····137
<표 4-14> 최소 요구 장비 ·····137
<표 4-15> 바람발생장치의 세부 활용분야 및 범위 ·····143
<표 4-16> 최소 요구 장비 및 기능 ·····144
<표 4-17> 제안 최소 요구 시설 ·····145
<표 4-18> 최소 요구 장비 및 구축방법 ·····146
<표 4-19> 강성토조 시스템의 기능 ·····152
<표 4-20> 실험동 사양 ·····152
<표 4-21> 반력벽 사양 ·····153
<표 4-22> 지반조성용 최소 요구사양 ·····155
<표 4-23> 유압가력 장치 및 컨트롤 시스템 최소사양 ·····156
<표 4-24> 기타 장비 최소 요구사양 ·····157
<표 4-25> 1단계 실험시설 장비 성능개선 대상(보고서 226p. 표 3.5-72) ·····158
<표 4-26> 시설 · 장비 구축 방법 ·····158
<표 4-27> Drum 원심모형시험기 특징 ·····164
<표 4-28> 최소 요구 성능 ·····166
<표 4-29> 최소 요구 시설 ·····167
<표 4-30> 최소 요구 장비 ·····176
<표 4-31> 고성능 다자유도 Actuator 시스템의 세부 활용분야 및 범위 ·····177
<표 4-32> 장비의 규격 및 사양 ·····180
<표 4-33> 장비 구축 방법 ·····182
<표 4-34> 실험장비 구축일정표 ·····189
<표 4-35> 대형 진동대로의 성능개선에 필요한 최소 요구사항 ·····192
<표 4-36> 대용량 · 대형 진동대 구축 방법 ·····192
<표 4-37> 대형진동대로 개선에 필요한 최소 추가 요구 시설 ·····192
<표 4-38> 대형진동대로의 성능개선에 필요한 최소 추가 요구 장비 ·····193

<표 4-39> 대용량 · 대형 진동대 시스템 신설 및 기존 진동대 시스템 성능향상 시 추정예산 비교 ·195
<표 4-40> 대형진동대로 개선에 필요한 최소 추가 요구 시설 ·····196
<표 4-41> 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 ·····199

# [그 림 목 차]

〔그림 1-1〕 중점추진분야 및 전략 프로젝트 ····· 6
〔그림 1-2〕 국토해양 R&D 발전 추진전략 ····· 7
〔그림 1-3〕 성능개선 사업 추진 경과 ····· 9
〔그림 1-4〕 연구추진체계 ····· 70

〔그림 2-1〕 부산 신항만( '06) ····· 71
〔그림 2-2〕 세계 건설시장 성장전망 및 유망분야별 기술경쟁력 ····· 72
〔그림 2-3〕 Green-up 30 내 구조분야 관련 기술 일부 ····· 76
〔그림 2-4〕 시멘트 생애주기 이산화탄소 발생량 ····· 77
〔그림 2-5〕 설계법 발전과정 ····· 78
〔그림 2-6〕 스마트 구조물의 개념도 ····· 79
〔그림 2-7〕 G7 국가의 건축설계, 엔지니어링 산업 - 업체 1개 당 매출실적 ····· 81
〔그림 2-8〕 국내 물관리 기술별 투자현황, '건설교통기술연구개발사업 중장기계획('12) ····· 86
〔그림 2-9〕 미국 USGS의 레이더 사용 비접촉 시스템 ····· 89
〔그림 2-10〕 EGS(Enhanced Geothermal System) 지열발전 모식도 ····· 92
〔그림 2-11〕 해상풍력발전 기초구조물 개념도 ····· 93
〔그림 2-12〕 국내 CO2 저장 유망 지역 ····· 93
〔그림 2-13〕 WIPP 연구시설 조감도 ····· 94
〔그림 2-14〕 차세대 녹색도로 교통운영기술 ····· 99

〔그림 3-1〕 MATS (Multi Axis Testing System) ····· 115
〔그림 3-2〕 기존 반력구조물 제원 ····· 117
〔그림 3-3〕 초고속 수형하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM(MATSU) 위치도 ····· 118
〔그림 3-4〕 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM의 구성도 ····· 119
〔그림 3-5〕 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM 설치 위치도 ····· 121
〔그림 3-6〕 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 설치 평면도 ····· 131
〔그림 3-7〕 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 상세도 ····· 131
〔그림 3-8〕 지진방재연구센터 고성능 진동대 설치(안) ····· 131
〔그림 3-9〕 반력벽 실험 예 ····· 153
〔그림 3-10〕 강사장치 ····· 154
〔그림 3-11〕 지반시험용 부대장비 ····· 155
〔그림 3-12〕 유압가력 장치 및 컨트롤 시스템 ····· 156
〔그림 3-13〕 현물 투자된 구조실험동 전경 ····· 160
〔그림 3-14〕 토조 위치 및 공간배치 모식도 ····· 160
〔그림 3-15〕 영국 Broadbent 사에서 제안한 드럼채널 형태 및 주변환경 ····· 169
〔그림 3-16〕 프랑스 Actidyn 사에서 제안한 드럼 센트리퓨지 단면 및 부대장치 ····· 170
〔그림 3-17〕 1단계 기 구축 실험시설 개요 및 실험동 평면도 ····· 171
〔그림 3-18〕 장비 이동 및 설치를 위한 공간확보와 건축공사 평면도 ····· 171
〔그림 3-19〕 기존 반력구조물 제원 ····· 179

〔그림 5-20〕 6자유도 고성능 Actuator 시스템 구성도 ·····180
〔그림 5-21〕 진동대 주요성능 지표 ·····187
〔그림 5-22〕 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 설치 평면도 ·····190
〔그림 5-23〕 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 상세도 ·····190
〔그림 5-24〕 지진방재연구센터 확장플레이트 설치(안) ·····190
〔그림 5-25〕 지진방재연구센터 확장플레이트(안) ·····191
〔그림 5-26〕 SUNY Buffalo의 확장플레이트 설치 사례 ·····191
〔그림 5-27〕 보관시설 공간배치 계획 ·····192
〔그림 5-28〕 확장플레이트 설치형식 ·····193
〔그림 5-29〕 공간배치 계획 ·····196

〔그림 6-1〕 실험장비 성능개선사업 추진체계도 ·····201

# 제 1 장 서 론

## 제 1 절 사업추진 개요

### 1. 사업추진 배경

□ 범부처 차원에서 국가대형연구시설의 전략적 구축 및 운영·지원 관리체계 마련으로 최첨단 과학기술 연구개발을 선도

o 연구시설·장비의 전략적 확충, 체계적 운영 및 공동활용 제고를 통한 R&D 사업 투자 효율화 도모

- 최근 연구시설·장비 투자는 총 4조7,583억원(34,201점, '05년~'11년)으로 매년 R&D 사업 투자액의 6.1%(6,798억원)를 차지

- 연도별 구축액은 '07년(8.5%, 8,140억원)을 기점으로 '09년(6.5%, 8,094억원), '11년(4.4%, 6,483억원)으로 감소하는 추세임

o 대형연구시설 중심의 산학연 연구 연계 강화 및 과학문화 확산을 통한 국가과학기술 인프라 경쟁력 제고

- 연구 역량 강화 및 공동연구 지원을 위해 대형연구시설 및 지역별 집적시설을 구축하여, 연구 활성화 및 산업 육성 지원

□ 선진국에서도 전략적 지원과 효율적 관리, 창조적 공유와 다학제 활용 등을 통한 국가 연구 인프라의 체계적 구축 및 효율성 제고 노력 강화

o (미국) 연구시설·장비 구축비로 매년 R&D 예산 중 평균 2.8%(약 5조원) 수준 유지하여 안정적·체계적 구축 및 운영 지원

※ 연구시설·장비를 위한 별도의 계정(대형연구시설·장비(MREFC), 장비운영·관리(R&RA, EHR 등)) 마련을 통해 연구장비의 전략적 구축 및 효율적 운영 지원

※ 건설교통 R&D 예산의 50% 규모 투자, NEES(Network for Earthquake Engineering Simulation) 센터 구축

o (일본) '10년 대형연구시설계획 로드맵 구축 및 향후 10년간 43개 시설에 대해 2조 1,100억원 예산투자 예정

o (EU) 2002년부터 Grid 응용기술 발전 및 산업화 촉진을 위해 GRIDSTART 프로그램 추진 중

□ 국토교통부에서도 기술 환경 변화 및 미래 연구 수요, 연구개발의 특성을 고려한 연구시설 장비 구축 및 활용을 통해 국토교통 R&D 사업의 질적 도약 기반을 마련

o 국내는 건설교통 R&D 인프라 구축을 위해 '04~'10년까지 '1단계 건설연구인프라

실험시설'을 구축하고, 2단계 건설연구인프라 구축사업을 추진하여 국가 건설연구의 첨단화, 공동활용 기반 구축

o 구축된 실험시설과 사이버인프라의 통합 운영관리 및 고도화로 건설분야 연구 역량을 강화하고, 건설연구개발 성과의 산업화, 실용화를 위한 가교역할을 수행, 우리나라 건설산업의 국제경쟁력 향상에 크게 기여

□ 다양한 실험 및 기술개발 등의 수요와 미래지향적 기술개발을 위한 연구시설·장비 확충의 필요성 증대로 산학연 전문가의 수요조사를 통한 결과, 신규실험시설 구축과 일부 장비 고도화로 효율적인 실험시설장비 구축 가능

o 1단계 기획이후 10년이 지나온 시점에서 건설교통 분야 시설물 등이 대형화·첨단화 됨에 따라 활용 기업 및 연구자들로부터 시설장비의 성능 향상 및 업그레이드에 대한 요구 증대

- 초고층빌딩, 초장대교량, 원전 및 해양플랜트 등 초대형 극한환경에 대한 성능검증 및 대응기술 개발 증가

o EU, 미국, 중국 등 주요국에서도 실증시험장 및 대형 연구시설의 지속적 확충과 성능 향상을 통해 대형화, 첨단화되고 있는 차세대 SOC 인프라 구축 중

- 미국 : MREFC(Major Research Equipment and Facilities Construction) 프로젝트 추진('08년, 19개 시설 약 4,450억원 예산 편성)

- 영국 : 첨단 SOC 실증단지(Innov ITS-ADVENCE) 건립 중('09년 착수, 약 540억원)

- 중국 : 도로포장, 첨단도로시스템 등 성능평가 위한 시험장 건립('98년, 80만평 규모)

o 다양한 기술개발 수요를 반영한 미래지향적 건설교통 연구인프라 확충을 통한 글로벌 기술경쟁력 확보

- 세계 선진국의 기술수준과 동등한 수준 이상의 연구개발과 산업적 성과 창출을 위해 세계 최고수준의 연구인프라를 구축하고, 효율적인 개방형 운영체계를 갖춰 국내외 연구자들의 실험수요에 능동적으로 대응

## 2. 사업추진 목적

### 가. 목적

□ **신성장 미래기술 선도를 위한 다양한 실험시설, 장비의 수요로 새로운 니즈를 효율적으로 활용하기 위한 방안으로 기존 실험시설의 장비 고도화**

- o 1단계 건설연구인프라 실험시설 장비고도화를 통해 세계적 수준의 국토교통 실험시설 인프라 구축
- o 급변하는 첨단 국토교통 기술환경 변화에 대응하고, 산업계 니즈 해결 및 미래 국가 성장을 이끌 산업기술 개발에 능동적으로 대처
- o 건설교통 R&D사업의 효율적 추진과 기술혁신체계 구축을 위한 실험시설 인프라 기반 확충

□ **연구실험시설 인프라 활용성 강화를 통한 국토교통 산업의 글로벌 경쟁력 강화**

- o 기존 연구인프라에서 수행하기 어려웠던 고도의 실증실험 및 실용화 연구, 제품 및 신기술의 검·인증, SOC시설의 안전성 평가 수행으로 산업 혁신기반 강화
- o 국가 전략적 차원에서의 연구시설·장비의 중복 투자 방지 및 활용도 제고로 연구시설장비 이용 효율성 증대
- o 국가 R&D 및 기술경쟁력이 약한 중소기업의 연구개발 성과에 대한 활용확산 체계 강화로 연구개발과 실용화로 연계되는 선순환적 혁신체계 확립

### 나. 기대효과

o **최첨단 건설교통 실험시설의 구축 및 운영을 통한 성능검증, 기술개발로 건설교통분야 기술선진국 진입 촉진**

- 첨단화, 대형화되고 있는 연구수요에 대응이 가능한 실험시설 인프라 보완으로 다양한 R&D 검증실험, 실용화 및 건설신기술 개발 지원이 가능하여 관련분야 기술경쟁력 제고에 기여

- 기존 인프라 시설장비로 미흡했던 건설교통분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제적 기술선도 가능
- 성능개선을 통한 양적, 질적 연구역량 강화로 해외 기술검증에 대한 실험수요를 유치할 수 있어 건설분야의 국제적 위상 제고

o **첨단 국가실험인프라 성능개선을 통한 학문적·기술적 성과 향상으로 추가적인 경제적 가치 창출**

- 국내 실험시설 부족으로 기존에 해외에서 수행되던 중요 실험들을 국내로 추가 유치함으로써, 국가적으로 중요한 기술과 외화의 해외유출 방지
- 기존 실험시설 및 2단계로 구축되는 실험시설과의 연계활용성 제고로 국가 연구시설·장비의 중복 투자를 방지하고 공동활용을 통한 이용 효율성을 증대
- 대형실험시설을 기반하는 국제협력연구를 활성화하여 미래 첨단기술의 국내 도입과 국내 기업체의 국제적 기술력 확보를 통한 해외 건설시장 진출 확대에 기여

o **R&D 인프라 및 기술검증 인프라 기반 강화로 국가 성장동력 창출과 국가 R&D 전략의 효과적인 추진 지원**

- 1단계 연구실험시설과 더불어 건설교통분야의 연구기반을 강화하여 연구개발 활성화 기대
- 국토교통분야 국가연구시설·장비 확충 및 운영관리 시스템에 대한 구축 완비성 제고로 국가 과학기술 하부구조 고도화 정책에 기여
- 분산되어 있는 대형실험시설을 거점으로 구축된 지역 건설연구 혁신역량 제고 및 산업 기술력 향상으로 균형적인 발전을 촉진

## 3. 사업추진 근거

□ **'건설연구인프라 운영고도화 사업'의 일환으로써, 연구장비 성능개선 과제는 '과학기술법,' '제5차 건설기술진흥기본계획,' '국토해양 R&D 발전전략,' '연구연구시설장비운영활용고도화계획,' '제2차 건설교통 R&D 중장기계획' 등에서 추진 근거를 찾을 수 있음**

□ **과학기술기본법**

o 과학기술기본법 중 연구개발에 필요한 시설·장비(이하, 시설장비)의 확충·고도화 및 공동활용의 추진과 관련 기관지원에 대한 법령은 연구실험시설장비 개선의 근거가 됨

o 과학기술기본법은 과학기술발전을 위한 기반을 조성하여 과학기술의 혁신 및 국가경쟁력의 강화를 목적으로 하고 있음

- (법 제28조 연구개발 시설장비의 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 시설장비의 고도화 추진) 관계 중앙행정기관의 장은 연구개발 시설·장비현황을 주기적으로 조사한 결과를 반영하여 계획을 수립하고, 국가연구개발 사업에 대한 중장기계획에 반영함

  • 관계 중앙행정기관 장이 수립해야 하는 계획은 관련 연구개발 사업에 필요한 연구개발 시설장비의 확충 계획, 연구개발 시설장비의 운영 및 공동 활용계획, 연구개발 시설장비의 고도화계획임

## □ 건설기술관리법

o 건설기술관리법에 의하면 국토교통부장관은 건설기술 연구·개발(이하, 연구개발)에 필요한 시설장비에 지원이 가능하므로 연구실험시설장비 개선의 법적 타당성을 확보할 수 있음

o 건설기술관리법은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 건설기술을 효율적으로 이용·관리함으로써 건설기술 수준의 향상과 건설공사의 적정한 시행을 이루고 건설공사의 품질과 안전을 확보하는 것을 목적으로 함

o 제16조의6 (연구시설 및 장비의 지원 등) 국토교통부장관은 건설기술의 연구기반을 확충하기 위하여 연구기관의 연구시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원하거나 필요한 시책을 수립·추진할 수 있음[개정 2013.3.23 제11690호(정부조직법)] [본조신설 2009.12.29] [[시행일 2010.12.30]]

## □ 제3차 과학기술기본계획('13년~'17년)

o 제3차 과학기술기본계획은 '창조과학기술로 여는 희망의 새시대'를 비전으로 경제부흥과 국민행복을 위한 5개의 추진전략 하에 19개 분야 78개 과제를 추진하고 있음

o 국가연구개발 투자 확대 및 효율화 사업을 통해 연구시설장비, 빅데이터 등 과학기술 인프라의 개방과 공유 활성화

o 국가연구시설장비 확충 및 공동활용 촉진

- 연구과제 종료 후 장비활용방안 제출 의무화, 유휴·불용장비 이전촉진을 위한 규정 개정, 노후장비 성능향상 지원 등

o 중소기업 기술혁신 인프라강화를 통한 공공기관 소유 연구장비 활용 지원, 중소기업 정책정보시스템 개선

□ 제5차 건설기술진흥기본계획('13년~'17년)

o 6대 추진전략 수립

① 글로벌 시장을 겨냥한 역량 결집, ② 시장친화·미래형 교육훈련 확대, ③ 건설정보 표준화 및 ICT 융복합 연구 촉진, ④ 건설정보체계 공유·확산 및 환류 강화, ⑤ Green & Smart 건설기술 개발, ⑥ 건설기술 실용화 촉진

- 건설 프로세스의 지능화·효율화 건설기술의 표준화 해외진출 인프라 조성 등을 통한 글로벌 경쟁력 확보

□ 제2차 건설교통 R&D 중장기계획('13년~'17년)

o 건설교통R&D 인프라 강화

- 중점추진과제 : 기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화

| 중점추진분야 | 전략프로젝트 | 중점과제 | 스타과제 (★) | |
|---|---|---|---|---|
| 건설교통 R&D 인프라 강화 | 수요지향형 전문인력 양성체계 구축 | 고부가가치분야별 전문인력 양성프로그램 등 5개 중점과제 추진 | 고부가가치분야별 전문인력 양성프로그램* | |
| | 기술검증을 위한 장비 및 시설 인프라 강화 | 극한상태 구조특성 실험시설 구축과제 등 10개 중점과제 추진 | 극한상태 구조특성 실험시설 구축 | |
| | 글로벌 시장개척을 위한 국제협력 네트워크 구축 | 시장개척형 국제공동연구 지원 프로그램 등 3개 중점과제 추진 | 시장개척형 국제공동연구 지원 프로그램 | |

[그림 1-1] 중점추진분야 및 전략 프로젝트

□ 국가연구시설장비운영활용고도화계획('13년~'17년)

o 연구시설장비의 전략적 확충, 체계적 운영 및 공동활용 제고를 통한 R&D 사업 투자 효율화 추진

o 매년 연구시설장비의 수요는 증가하고 있으나, 중복구매, 공동활용 미흡 등 비효율화 문제가 발생하고 있어 이에 대한 개선이 필요

- 최근 6년간('05년~'10년) 국가 R&D사업 중 연구시설장비 투자는 총 4조 4,429억원(27,969점)으로, 이는 연평균 R&D투자의 7.0%(7,405억원)를 차지

- 효율적이고 균형있는 R&D사업 추진을 위하여 범부처적 협력에 기반한 연구시설장비 확충 및 고도화 계획 수립 요구

□ 국토해양 R&D 발전전략('10년)

o 국토해양 R&D의 신성장동력화 16개 실천과제 설정

- R&D 투자 효율성 및 성과창출을 극대화하기 위한 4대 추진전략 제시
- R&D 성과창출 및 인프라 구축 추진전략의 실천과제로서 기술성과 검증 인프라 확충 설정
- 기술성과 검증을 위한 R&D 성과확률 제고를 위해 실물크기 현장실험이 가능한 대규모 복합실험장 및 분산공유 2단계 사업 추진
- (성과활용) 기술검증·인증체계 미비, 성과활용의 제도적 기반 미비, 개발기술의 정보공유 부족으로 R&D 개발기술의 실용화 실적 미미
- (R&D인프라) 기술검증 인프라 부족, 국토해양분야 R&D 연구인력 부족, 국제공동연구 미흡

[그림 1-2] 국토해양 R&D 발전 추진전략

# 제 2 절 사업추진 경과 및 절차

## 1. 사업추진 경과

### 가. 건설연구인프라구축 추진경과

□ 건설교통분야의 국가 경쟁력을 확보하고, 연구개발 기반조성 및 정보인프라를 접목하여 새로운 국가 연구환경 패러다임 조성

o 건설교통 분야의 최첨단 실험시설을 세계적 수준으로 전국 6개 대학에 분산 구축

o 대형 연구시설을 국가과학기술연구망으로 연결하여 연구자들이 언제 어디서나 실험에 참여하고 데이터를 공유할 수 있는 사이버 인프라를 구축하여 국가 연구장비의 공동활용 선도

□ 1단계 6종 실험시설 구축

o 2004년 건설연구인프라구축사업추진연구단이 출범하여 1단계 6종 실험시설 구축사업 착수

o '09년 5종의 실험시설, '11년 9월에 해안항만 실험센터 구축 등으로 6종의 실험시설을 최종 구축 완료

□ 건설연구인프라 연구장비시설 공동활용 및 전담 운영관리를 위한 건설연구인프라운영원 설립('09.06)

o 국토부 '분산공유형 건설연구인프라 구축사업'으로 '09년 전국의 6개 대학에 분산 건설된 실험시설의 통합·관리 운영

o 건설연구인프라운영원과 각 실험시설의 유치기관은 별도 공동운영협약을 통해 공동활용 70%, 유치기관 자율사용 30%로 운영

□ 2단계 6종 실험시설 구축 사업 추진

o '11년 2단계 사업추진을 위한 기획연구, 상세연구를 통해 추진계획 정립

o ‘13년 극한상태 구조특성 실험시설, 기후변화 대응 다환경 실험시설 유치기관 선정 및 구축사업 착수

o ‘14년 이후 4종 실험시설 선정 및 구축 예정

□ 건설교통연구인프라 2단계 구축관리 및 운영고도화 연구단 출범

o 효율적인 2단계사업 구축관리 및 연구시설장비 운영고도화를 위한 연구 수행

o 국토교통분야 R&D 연구역량 강화 및 연구시설인프라 발전방안 수립 등 사업추진의 총괄적 기획

- 장비시설인프라 확충을 위한 건설연구인프라 2단계 실험시설 구축

- 기존 1단계 실험시설에 대한 운영고도화 추진

## 나. 1단계 연구시설인프라 장비고도화 추진경과

□ ‘1단계 분석 및 2단계 기획(연구)’에서 1단계 연구시설인프라에 대한 장비고도화 니즈와 사업추진의 방향성을 정립

□ ‘2단계 기본설계’를 통해 성능개선 필요 장비 후보(안) 12종을 선정

□ ‘1단계 연구시설인프라 운영고도화 연구’에서는 성능개선 필요 장비 후보(안)에 대한 우선순위 도출 및 보완연구를 거쳐 8종을 최종 확정하고, 세부적인 추진계획을 마련

[그림 1-3] 성능개선 사업 추진 경과

## 2. 세부 추진절차 및 내용

### 가. 1단계 분석 및 2단계 기획

□ 수요조사

o 조사개요

- 다양한 실험장비 파악을 건설교통 분야의 연구원, 산업체의 기술 및 연구개발 담당자를 대상으로 산학연 전문가 수요조사 실시
- 수요조사 결과로 국토건설기술의 미래를 위한 연구, 해외 건설시장에서 경쟁력 강화에 필요한 1단계 성능개선 실험장비 구축 니즈를 확인하고, 연구분야별 성능개선 장비수요 및 핵심 요소 도출

o 조사방법

- 국토교통과학기술진흥원 및 건설연구인프라운영원의 메일링 시스템을 활용하여 전문가 및 기업체 수요조사 실시
- (전문가 수요조사) 건설교통분야의 연구원들을 대상으로 1단계 실험시설에 운영성과와 2단계 실험시설 수요 및 정책추진방향에 대해서 조사
- (기업체 수요조사) 연구소, 설계 및 시공분야의 주요기업을 대상으로 기업에서 필요로 하는 실험에 대해서 조사

o 조사내용

- 1단계 실험시설에 대한 인지도, 성능개선 수요에 대한 조사내용으로 구성

o 주요 조사결과 요약

- 실험 수요조사 결과, 대형실험시설의 신규 구축과 별도로 기존 실험시설에 실험장비를 추가 도입하여 해결할 수 있는 실험수요가 매우 높은 것으로 나타남
- 교량, 건축물 등이 대형화 되면서 케이블, 내진관련 장치 등도 대형화 되고 있어, 이들 장치에 대한 실증검증을 위해서는 장비의 극한성능까지 검증할 수 있는 고용량 유압가력기와 대형의 진동대 등의 확충이 요구됨
- 마이크로콘크리트와 같은 첨단 재료의 개발로 미세구조 분석을 위한 실험과 이에 따른 첨단 연구장비가 요구되고 있음
- 신재생에너지 개발을 위한 풍력, 해상에너지 개발 관련 실험 요구가 증가하고 있어 관련 실험장비 도입이 요구됨

o 1단계 실험시설 성능개선 필요장비 도출결과

- 수요조사에서 도출된 연구분야별 실험장비 리스트는 다음의 표 내용과 같음

<표 1-1> 분야별 실험장비 도출 결과

| 분야 | 장비명 |
|---|---|
| 구조재료분야 | 고성능 Actuator |
| | 대용량 UTM(조립식 고속 대용량 UTM) |
| | 대형 진동대 |
| | 건설재료(콘크리트) 유동 및 미세구조 실험장비 |
| | 항온항습실 |
| | 해양 강구조물 용접 실험장비 |
| | 기존 구조체용 이동 실험장비 |
| | 온도성층 풍동 실험 |
| | 대용량 낙교 방지 장치 실험장비 |
| | 케이블 교량 풍동 실험장비 |
| 수공분야 | 레이저를 이용한 비접촉식 계측 장치 |
| | 정밀 DGPS 하천 환경 및 유속 측정 장비 |
| | 이동형 하상 변동 관측 실험장치 |
| | 선박 조정 시뮬레이터 |
| | 변위계 및 사면측정기 |
| | 파고계 및 파압계 |
| 지반 | 첨단지반재료 시험장비 |
| | 대규모 지하공동구착 시험장비 |
| | 대형모형토조실험 시험장비 |
| | 선박충돌원심모형실험 시험장비 |
| | 지반동적거동 시험장비 |
| | 흙막이 구조물실험 시험장비 |
| | 무인해저지반조사 시험장비 |
| 도로교통 | 시뮬레이터 |
| | 시험주로 |
| | 고속충돌시험기 |

## □ 성능개선 장비선정 전문가 평가

o 전문가 선정 및 인원 / 분야별 전문가

- 성능개선 대상 후보장비를 선정하기 위한 산학연 전문가 선정 및 운영

<표 1-2> 분야별 산학연 전문가 명단

| 구조/재료 | 건축/방재 | 수공 | 지반 | 도로교통 |
|---|---|---|---|---|
| 권승희(명지대)<br>길흥배(도로공사)<br>김영진(대우건설)<br>김재홍(대림산업)<br>서주원(현대건설)<br>신수봉(인하대)<br>심창수(중앙대)<br>임윤묵(연세대)<br>장봉석(K-Water)<br>조재열(서울대) | 김영섭(GS건설)<br>권영진(호서대)<br>여명석(서울대)<br>윤영호(LH공사)<br>원종서(대림산업)<br>이한승(한양대)<br>정상화<br>(한국건설생활환경<br>시험연구원) | 여홍구(건기연)<br>윤병만(명지대)<br>이승오(홍익대)<br>이종국(DataPCS)<br>전경수(성균관대) | 이준환(연세대)<br>정문경(건기연)<br>조성한(GS건설)<br>최항석(고려대)<br>황대진(삼성물산) | 고승영(서울대)<br>권수안(건기연)<br>길흥배(도로공사)<br>김인태(명지대)<br>박제진<br>(도로교통연구원)<br>한상진<br>(한국교통연구원) |
| 10명 | 7명 | 5명 | 5명 | 6명 |

o 평가진행

- 전문가 및 자문회의 등을 통한 성능개선 대상 후보장비 선정평가 진행

<표 1-3> 전문가 및 자문위원 회의내용

| | 구분 | 날짜 | 회의명 | 회의내용 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 전문가<br>회의 | 2011.03.04 | 수요조사 검토<br>및 실험시설<br>우선순위 평가<br>방법 결정 | - 수요조사 결과 검토<br>- 실험시설 우선순위 평가를 위한 전문가 배정<br>- 분야 별 실험시설에 대한 평가항목 및 배점 검토 |
| 2 | 전문가<br>회의 | 2011.03.08<br>-2011.03.09 | 분야별 각<br>실험시설<br>우선순위 평가 | - 구조분야 실험시설 평가서 작성<br>- 건축분야 실험시설 평가서 작성<br>- 수공분야 실험시설 평가서 작성<br>- 지반분야 실험시설 평가서 작성<br>- 도로교통분야 실험시설 평가서 작성 |
| 3 | 자문<br>회의 | 2011.03.10 | 전문가 회의<br>결과 보고 | - 전문가회의를 통한 분야 별 실험시설 우선순위 평가 결과 보고<br>- 분야 별 실험시설 우선순위 평가<br>- 2단계 구축 대상 실험시설 및 장비에 관한 의견 취합 |
| 4 | 전문가<br>회의 | 2011.04.07 | 실험시설<br>상세분석 중간<br>보고회 | - 실험시설 상세분석 중간 검토 회의(분야별로 발표 및 보고서의 내용, 범위, 깊이 등에 대한 일관성 있도록 조정) |
| 5 | 전문가<br>회의 | 2011.04.21 | 실험시설<br>상세분석 결과<br>보고회 | - 분야별 실험시설 상세분석 결과 발표회 및 전문가 검토 |
| 6 | 자문<br>회의 | 2011.05.02 | 실험시설<br>상세분석 결과<br>보고 및 우선<br>순위 도출 | - 12개 실험시설 및 실험장비 상세분석에 관한 발표회<br>- 2단계 실험시설 및 실험장비에 대한 우선 순위 도출 |

o 성능개선 대상 후보장비 1차 최종선정

- 최근의 기술변화와 실험수준이 장비의 고사양화를 요구하고 있는 점을 감안하여, 대형진동대 성능개선, 고성능 다자유도 Actuator 시스템, 조립식 고속 대용량 UTM 등 6종의 실험장비를 선정

<표 1-4> 성능개선 대상 후보장비 1차 최종선정 및 선정이유

| 장비명 | 선정이유 |
|---|---|
| 대형 진동대 성능개선 | - 원전이나 교량분석에 필요한 장비로 생각됨<br>- 사회기반시설의 내진설계 필요성 증가에 유지관리가 필요한 장비이기 때문임 |
| 고성능 다자유도 Actuator 시스템 | - 국내 실험구조실험에서 누락되어 있는 실험을 수행할 수 있는 장비로 인식됨<br>- 일반적 규모의 진동대 실험장비는 실 규모의 모형실험이 불가능하나 다자유도 장비는 성능평가가 가능하기 때문임 |
| 조립식 고속 대용량 UTM | - 고속재하를 실험할 수 있는 최적의 장비로 생각됨<br>- 다른 장비와의 조합이 가능하여, 다양한 분야의 수요를 충족시킬 수 있는 장비로 인식됨 |
| 해양에너지 개발장치 | - 기존의 해양항만센터에 바람을 발생시킬 수 있는 장비를 추가함으로써 해양풍력, 조력 등의 실험을 가능케 하는 장비로 판단됨<br>- 국내외 해상풍력발전의 연구검증 및 개선에 필요한 장비로 인식됨 |
| 구조재료 분석 시스템 | - 국가 연구인프라 기반 구축에 필요한 장비로 판단됨<br>- 건설폐기물 재활용 기술개발과 구조물의 생애주기 평가에 도움이 될 수 있는 장비이기 때문임 |
| 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 | - 도로 및 활주로와 같은 포장 구조체의 비파괴 성능평가에 반드시 필요한 장비이기 때문임<br>- 정확한 지반조사를 통해 건설 시공시에 발생할 수 있는 붕괴 문제를 예방할 수 있는 장비로 인식됨 |

## 나. 2단계 기본설계

□ ‘건설연구인프라 2단계 기본설계’를 통해 건설연구 실험수요 분석 및 센터별 성능개선 필요도 분석을 통해 연구장비 리스트를 확보하여 자문위원회 및 연구진의 협의를 통해 6종의 성능개선 장비 추가 선정

o ‘건설연구인프라 구축과제인 1단계분석 및 2단계 기획연구’에서 성능개선 실험장비 후보군 외 추가적으로 필요한 성능개선 장비 발굴

o ‘2단계 기본설계’에서 사전 도출된 장비에 대해 타당성 검토 및 건설연구 정책적 차원에서의 필요성을 확인하는 자문위원회를 개최

□ 성능개선 대상 후보장비 2차 선정결과

<표 1-5> 성능개선 대상 후보장비 2차 선정결과

| 장비명 | 선정이유 |
|---|---|
| 드럼형 원심모형시험기 | - 기존 실험장로 하기 어려운 연약지반 관련 실험을 할 수 있는 장비로 판단됨<br>- 모형실험분야에 중요한 연구기반을 제공할 수 있는 장비이기 때문임 |
| 신재생에너지 실험시스템 | - 신재생에너지 연구분야 활성화에 도움이 줄 수 있는 장비로 생각됨<br>- 풍력에너지 발전에 기여할 수 있는 장비로 판단됨 |
| 대용량 낙교방지장치/면진받침 실험장비 | - 지진, 가뭄, 홍수 등 다양한 분야에서 활용될 수 있는 실험장비로 판단됨<br>- 다양한 분야의 성능실험 수행에 도움이 되는 장비이기 때문임 |
| 고성능 진동대 | - 기기의 내진검증 또는 고진동수 응답규명에 필요한 장비로 판단됨<br>- 원자력발전소 안정성 확보에 필요한 장비로 인식됨 |
| 대형지반 구조물 실험시스템(강성토조) | - 현장시료를 사용한 실물 및 축소 구조물의 정량적 모사실험에 필요한 장비로 인식됨<br>- 다양한 경계조선을 적용하여 반복실험을 할 수 있는 장비로 판단됨 |
| ISO 잔향실 시험장비 | - 아파트 층간소음 개선, 고소음 건설장비의 소음저감기술개발에 에 필요한 장비이기 때문임<br>- 자재 흡음률 성능평가에 필요한 장비로 인식됨 |

## 다. 성능개선 후보 장비 개요

□ 성능개선 대상 실험장비 선정후보 12종 목록은 다음과 같음

o 1단계 분석 및 2단계 기획에서 1차 6종 선정

o 건설연구인프라 2단계 기본설계에서 2차 6종 선정

<표 1-6> 성능개선 대상 후보장비 12종

| NO | 실험장비명 | 1단계 분석 및 2단계 기획 | 2단계 기본설계 |
|---|---|---|---|
| 1 | 대형 진동대 성능개선 | ○ | |
| 2 | 고성능 다자유도 Actuator 시스템 | ○ | |
| 3 | 조립식 고속 대용량 UTM | ○ | |
| 4 | 해양 에너지 개발장치 | ○ | |
| 5 | 구조재료 분석 시스템 | ○ | |
| 6 | 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 | ○ | |
| 7 | 드럼형 원심모형 시험기 | | ○ |
| 8 | 신재생에너지 실험시스템 | | ○ |
| 9 | 대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비 | | ○ |
| 10 | 고성능 진동대 | | ○ |
| 11 | 대형지반 구조물 실험시스템(강성토조) | | ○ |
| 12 | ISO 잔향실 시험장비 | | ○ |

## 3. 고도화 검토 대상 장비 (12종)

### 가. 대형진동대 성능개선

□ 배경 및 필요성

o 현재, 국가연구시설장비로 등록(www.ntis.go.kr)되어 공동 활용이 가능한 진동대 장비 중 단일 기기로서 국내 최대 규모의 실험이 가능한 장비는 지진방재연구센터에서 보유하고 있는 다지점가진대용량 지진모사 실험장비임

o 건설연구인프라구축사업에 의해 2009년 설치가 완료된 이 장비의 실험체 설치 가능 면적은 25㎡(5m×5m)이며, 최대 가속도 수준에서 60ton 하중의 구조물에 대한 실험이 가능함

o 장비 설치 이후 다수의 대규모 실험 모델에 대한 진동대 실험이 수행 되었으나 대부분 아래 그림들과 같이 구조 요소 및 제한된 경우의 실대형 구조물에 대한 실험 또는 과도한 상사비를 적용한 축소모형실험이 대부분임

<공공건축물 내진성능평가를 위한 진동대 실험>

<1/15 scale 25층 탑상형 공동주택 지진실험>

o 구조물의 상사비를 결정하고 실험체를 설계하는 단계에서 지진방재 연구센터 진동대의 크기 및 적재하중용량의 제한으로 인하여 실제 목표 하였던 구조물에 비하여 층수를 낮추어 설계하여야만 하였고 질량비를 조정하여 왜곡된 축소모델에 대한 상사비를 적용하여 실험을 수행할 수밖에 없었음

o 진동대 규모가 크지 않으면, 실제 구조물에 대한 축소모형 실험이 어려우며, 진동대 규모를 고려하여 상사비를 크게 하는 경우에는 실험체를 구성하는 재료 및 부재를 제작하거나 수급하기 어려움

o 관련 연구자 및 전문가들로부터 상사비를 적정 수준으로 유지하며 실험이 가능한 대형 진동대에 대한 요구가 증대되고 있음

□ 국내외 시설/장비 현황

o 해외 현황

- 지진모사 실험에 대한 국제적 관심이 높아지고, 인프라 또는 건축 구조물의 내진 성능에 대한 관심이 커지면서, 해외에서도 진동대의 신규 구축 또는 장비의 개선 등이 활발히 이루어지고 있음

- 아시아 지역에서 보유, 운용 중인 진동대를 나타내고 있으며, 주로 지진다발 지역인 일본에서 많은 수를 보유 중. 이 중 가장 큰 용량의 진동대는 일본 NIED에서 운용중인 plate 크기 20m×15m에 최대 설치 구조물 중량이 1,200ton인 6자유도 진동대 장비임

<표 1-7> 아시아 지역의 진동대 현황

| Region | Country | Location | Size ($m^2$) | Payload (metric tonnes) | DOF |
|---|---|---|---|---|---|
| Asia | China | China Academy of Building Research, Beijing | 37.21 | 60 | 6 |
| Asia | China | Nanjing University of Technology | 15 | 15 | 3 |
| Asia | China | Tongji University, Shanghai | 16 | 25 | 3 |
| Asia | Japan | Central Research Institute of Electric Power Industry | 25 | 60 | 1 |
| Asia | Japan | NIED 'E-Defence' Laboratory, Miki City | 300 | 1200 | 6 |
| Asia | Japan | Fujita Corporation | 16 | 25 | 1 |
| Asia | Japan | Hazama Corp Ltd. | 24 | 80 | 3 |
| Asia | Japan | Hitachi Engineering Corp | 16 | 20 | 1 |
| Asia | Japan | Ishikawajima Harima Heavy Ind Corp. | 20.25 | 35 | 6 |
| Asia | Japan | Kajima Corp. Ltd. (1 of 2) | 25 | 50 | 6 |
| Asia | Japan | Kajima Corp. Ltd. (2 of 2) | 16 | 20 | 2 |
| Asia | Japan | Kumagai-Gumi Corp Ltd | 25 | 64 | 6 |
| Asia | Japan | Kyoto University | 15 | 14 | 6 |
| Asia | Japan | Ministry of Construction | 48 | 100 | 2 |
| Asia | Japan | National Research Institute of Agriculture Engineering | 24 | 45 | 3 |
| Asia | Japan | NIED(Nat. Inst. for Disaster Prevention) (1 of 2) | 218 | 500 | 1 |
| Asia | Japan | NIED(Nat. Inst. for Disaster Prevention) (2 of 2) | 300 | 1200 | 3 |
| Asia | Japan | Nishimatsu Construction Corp | 30.25 | 65 | 6 |
| Asia | Japan | Nuclear Power Engineering Corporation | 225 | 908 | 2 |
| Asia | Japan | Obayashi-Gumi Corporation | 25 | 46 | 3 |
| Asia | Japan | Port and Airport Research Institute | 11.56 | 55 | 2 |
| Asia | Japan | Public Works Research Institute (PWRI) | 64 | 300 | 6 |
| Asia | Japan | Sanryo Heavy Industries Corporation | 36 | 90.7 | 3 |
| Asia | Japan | Shimizu Corporation | 16 | 20 | 3 |
| Asia | Japan | Taisei Corp Ltd | 16 | 20 | 2 |
| Asia | Japan | Tobishima Corp Ltd | 16 | 20 | 2 |
| Asia | Japan | Toshiba Electric Co. | 25 | 20 | 2 |

- 미주, 아프리카, 유럽에서 운용 중인 주요 진동대로서, 최대 용량의 진동대는 UC San Diego에서 운용중인 1자유도 진동대임(구조물 설치면적은 평균 43.4m2, 최대 중량은 평균 154.5ton)
- 이러한 결과는 진동대 가진 가속도 및 운영 자유도(가진될 수 있는 진동대 방향)를 고려하지 않은 것이나, 국내 최대 수준인 지진방재연구센터의 진동대 실험 장비의 규모(25m2)도 국제적 수준에서는 크지 않으며 실험 가능한 구조물의 중량(60ton) 역시 부족한 것으로 판단됨

<표 1-8> 아시아 지역 이외 진동대 현황

| Region | Country | Location | Size ($m^2$) | Payload (metric tonnes) | DOF |
|---|---|---|---|---|---|
| Canada | Canada | University of British Columbia (EERF Lab) | 16 | 30 | 6 |
| Europe | France | CEA, Commissariat a L'Energie Atomique (1 of 2) | 36 | 91 | 3 |
| Europe | Germany | KFA Juelich | 25 | 25 | 3 |
| Europe | Greece | National Technical University of Athens | 16 | 10 | 6 |
| Europe | Italy | Ansaldo Meccanica Nucleare | 12.25 | 6 | 3 |
| Europe | Italy | ENEA | 16 | 10 | 6 |
| Europe | Italy | European Centre for Training & Research in Earthquake Engineering (EUCENTRE) | 39.2 | 5 | 1 |
| Europe | Macedonia | University of St. Cyril and Methodius (1 of 2) | 25 | 40 | 2 |
| Europe | Netherlands | European Space Agency (ESA) ESTEC Test Centre | 30.25 | 22.5 | 6 |
| Europe | Portugal | Laboratorio Nacional de Engenharia Civil (LNEC) | 31.36 | 40 | 3 |
| Europe | Russia | Hydroproject Research Institute | 25 | 50 | 3 |
| India | India | IITRoorkee | 12.25 | 20 | 2 |
| India | India | SERC, Chennai (1 of 2) | 16 | 30 | 3 |
| South America | Mexico | Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)[33] | 16 | 20 | 5 |
| USA | Alabama | NASA | 13.5 | 1 | 6 |
| USA | USA | Civil Engineering Research Lab U.S. Army | 12.96 | 45 | 3 |
| USA | New York | University at Buffalo (State University of New York) (2 identical tables of 3) | 12.96 | 50 | 6 |
| USA | New York | University at Buffalo (State University of New York) (3 of 3) | 13.69 | 50 | 5 |
| USA | California | University of California at Berkeley | 37.21 | 45 | 6 |
| USA | California | University of California at San Diego | 92.72 | 2000 | 1 |
| USA | Illinois | University of Illinois at Urbana / Champaign | 13.69 | 5 | 1 |
| USA | Nevada | University of Nevada at Reno (3 identical tables) | 19.35 | 45 | 2 |
| USA | USA | Wyle Laboratories (1 of 3) | 33.55 | 27 | 2 |

o 국내 현황

- 진동대 크기 및 실험 가능 중량을 고려한 국내 주요 장비 현황은 아래 표와 같음

<표 1-9> 국내 진동대 현황

| 지역 | 취득년도 | 보유처 | Size (㎡) | Payload (metric tonnes) | DOF |
|---|---|---|---|---|---|
| 대전 | 1989 | 한국기계연구원 | 16 | 30 | 6 |
| 경기 | 2009 | 한국철도기술연구원 | 16 | 30 | 6 |
| 경기 | 1998 | 현대건설기술연구원 | 15 | 30 | 1 |
| 경남 | 2009 | 부산대학교 | 25 | 30 | 3 |
| 경남 | 2009 | 부산대학교 | 25 | 60 | 3 |
| 경남 | 2009 | 부산대학교 | 16 | 30 | 6 |
| 대전 | 2004 | 전력연구원 | 9 | 10 | 1 |
| 대전 | 2004 | 전력연구원 | 6.25 | 2 | 6 |

- 1989년 한국기계연구원에서 4m×4m 크기의 30ton 중량 구조물에 대해서 실험이 가능한 6자유도 진동대를 도입한 이후 현대기술연구소, 전력연구원, 부산대학교, 철도기술연구원에서 차례로 대형 장비를 도입함
- 이 중 부산대학교 다지점 가진 대용량 지진모사 실험시설에서 단일 용량으로는 국내에서 가장 큰 용량을 가진 진동대를 보유하고 있으며, 총 3대의 진동대가 동일 장소에 설치되어 동시에 다지점 지진모사가 가능한 장점을 보유하고 있는 것으로 조사됨
- 지진방재연구센터에서 보유하고 있는 3기의 진동대 실험장비는 각각의 단일 장비 규모로서는 국외 장비 현황 조사결과의 평균 수준에 미치지 못하지만 구축되어 있는 장비가 동시에 가진이 가능한 점을 고려하면 실험가능 면적으로 국제적인 수준을 확보하고 있는 것으로 판단됨
- 그러나 지진방재연구센터 장비는 다지점 가진을 고려하여 설계된 것으로 단일 진동대 상에서 대형 구조물의 실험에는 한계가 있는 것으로 보임

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 최소 사양

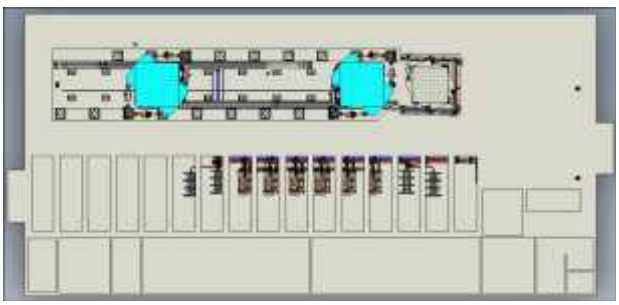
| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 확장플레이트 | Expansion plate | • Area : 15m×5m<br>• Structure Type : Truss |
| | Base plate 및 연결 bolt 구조 | • 실험체와 확장플레이트의 연결을 위한 Base plate 필요<br>• 확장플레이트와 Base plate의 체결을 위한 bolt 구조 필요 |
| 진동대 A 성능향상 | Actuator 교체 | • 진동대 B와 동일한 성능의 Actuator 설치<br>• MTS 469D Controller upgrade |
| | Accumulator bank | • Maximum performance 향상을 위한 accumulator bank 추가 설치 |
| Multi Table 제어프로그램 | MTS 469D software | • MTS 진동대 Software upgrade |
| | STEX Pro | • 진동대 data acquisition 및 test execution software upgrade |

o 장비의 요구 시설

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 확장플레이트 보관용 Subspace | Subspace | • Area : 30m×20m<br>• 방수 및 방풍 |
| | 보관용 Jig | • 플레이트 하단 버팀용 Jig |
| | 장비이동용 Crane | • 확장플레이트 및 장비 이동용 Crane |

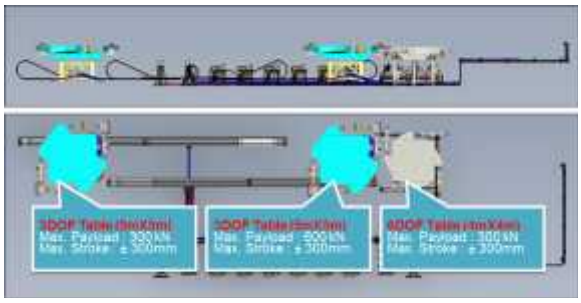
o 구축 방법

- 상기 국내 진동대 시설 및 장비구축 현황 조사결과에 의하면 지진방재연구센터에 구축된 실험장비의 최대 실험가능 면적은 국제적 수준을 갖고 있는 것으로 나타남
- 지진방재연구센터에 기 설치된 진동대 장비의 유압공급 장치와 반력 기초를 적절히 활용할 수 있다면 효율적으로 대형 진동대 장비의 구축이 가능할 것으로 판단됨
- 지진방재연구센터에서 보유한 진동대 시스템은 총 3기의 진동대와 이들 모두를 최대 하중 수준에서 1g 가속도로 가진하기에 충분한 유압공급 시스템이 구축되어 있음



<다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 설치 평면도>

- 4m×4m 크기의 6자유도 진동대는 고정설치 되어 있으나 5m×5m 크기의 3자유도 진동대 2기는 4m 간격으로 이동하여 설치하는 것이 가능함
- 구축된 진동대 제어시스템은 2기 이상의 진동대를 동일한 운동을 하도록 제어하는 것이 가능함
- 이동이 가능한 3자유도 진동대 2기를 연결하여 동시에 가진하는 것이 가능하다면 최대90 ton 용량의 실험이 가능한 것으로 판단됨



<다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 상세도>

<지진방재연구센터 확장플레이트 설치(안)>

- 30ton 용량으로 설치된 진동대를 60ton으로 업그레이드 하는 경우 최대 120ton 하중구조, 75m2 이상의 면적을 갖는 실험체에 대한 내진실험이 가능함
- 장비 업그레이드는 추가적인 유압공급장치 및 반력 기초 시설이 요구되지 않아 상대적으로 저 예산으로 고효율의 장비설치를 가능하게 하며, 국내에 세계적 수준의 대형 진동대 실험장비를 보유하는 것이 가능하게 할 것으로 판단됨
- 지진방재연구센터 기존 장비를 활용하는 이러한 방법은 이미 미국의 SUNNY Buffalo에서 6자유도 진동대 2기를 이용하여 하나의 진동대와 같이 활용한 사례가 있어 기술적으로 달성이 가능함

(a) SUNY Buffalo 6자유도 진동대 2기

(b) SUNY Buffalo 확장플레이트

<국외 확장플레이트 설치 사례>

- 기존 진동대 장비 중 30ton 용량의 장비를 60ton으로 업그레이드 하여야 하며, 2기의 진동대를 연결하여 75m2이상의 실험면적을 확보하기 위한 확장플레이트가 설계, 제작되어야 함

- 묶여진 2기의 진동대를 제어하기 위한 추가적 제어기 및 프로그램이 설치되어야 하며, 대형 진동대가 사용되지 않는 경우 확장플레이트를 보관하기 위한 시설 구축이 요구됨
- 기존 장비 및 시설을 고려한 구축방법은 아래 표와 같음
- 연차별 구축계획은 총 24개월의 구축기간이 소요됨

<표 1-10> 대형 진동대 구축방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 유압 공급 장치 및 냉각장치 | MTS 502 HPU, Piping | 기 보유 |
| | Water Cooling Tower | 기 보유 |
| 확장플레이트 | Expansion plate | 신규 구입 |
| | Base plate | 신규 구입 |
| | Bolt 연결 구조 | 신규 구입 |
| 진동대 성능향상 | Actuator, Controller upgrade | 기존장비개선 |
| 통합 Controller | MTS 469D | 기존장비개선 |
| | STEX Pro. | 신규 구입 |
| 확장플레이트 설치 공간 | 진동대 주변 설치공간 | 기 확보 |
| 확장플레이트 보관용 구조물 | 구조물 | 신규 구입 |
| | 보관용 Jig | 신규 구입 |
| | 장비이동용 Crane | 신규 구입 |

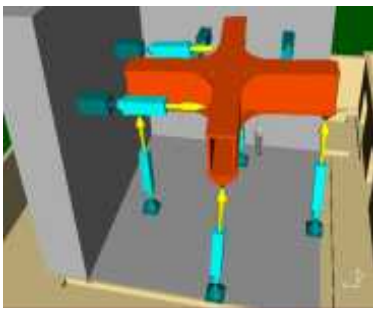
## 나. 고성능 다자유도 Actuator 시스템

□ 배경 및 필요성

- 최대 8채널의 유압가력기를 연동하여 다자유도 실험을 수행하는 실험 시스템임
- 컨트롤러에 최대 16채널 이상의 외부 신호 입출력 포트 내장으로 외부 센서 및 장비의 연동 실험에 활용
- 고속의 저하중 피로실험을 주로 하는 기계분야와 소재 실험을 주로 하는 재료분야뿐만 아니라 건축물 등의 다자유도 실험에 활용

□ 국내외 시설/장비 현황

o 해외 현황

| 장 비 명 | A System for Multi-axial Subassemblage Testing(MAST) |
|---|---|
| 보유기관 | University of Minnesota |
| 장비 사양 | • Lat. (Long.) Force : ± 880 kips (± 3,900 kN) in two actuators<br>• Lat. (Long.) Disp. : ± 16 in. (± 406 mm)<br>• Vertical Force : ± 1,320 kips (± 5,900 kN) in four actuators<br>• Vertical Disp. : ± 20 in. (± 508 mm)<br>• Ancillary Actuators : 4 with ± 220 kips (± 980 kN) and ±16 in. (± 440 mm) each<br>• Specimen Lat. (Long.) Clearance : 20 ft (6.1 m)<br>• Specimn Vertical Clearance : 16-25 ft (7.6 m) |
| 장비 사진 |  |

o 국내 현황

| 장 비 명 | (6DOF)Vertical Excitation system |
|---|---|
| 보유기관 | 한국기계연구원(KIMM) |
| 장비 사양 | • 최대 시료 무게 : 20 kN<br>• 운용 주파수 범위 : 0.01 ~ 100 Hz<br>• 수직축 최대 가속도(최대무게 시료 시험시) : 9 G<br>• 가로축 최대 가속도(최대무게 시료 시험시) : 6 G |
| 장비 사진 | |

| 장 비 명 | 호남고속차량 220량 단부객차 대차 정하중시험기 |
|---|---|
| 보유기관 | 현대로템 |
| 장비 사양 | • Actulator 4ea와 다수 유압잭 |
| 장비 사진 | |

□ 주요 장비 구성 및 구축방법

o 장비의 최소 사양

| Capacity(kN) | Servo Valve(gpm) | Stroke(mm) | 개수 |
|---|---|---|---|
| 50 | 15, 90 | 500 | 2 |
| 100 | 15, 90 | 500 | 2 |
| 250 | 15, 180 | 500 | 2 |
| 500 | 15, 180 | 500 | 2 |

- 고성능 Actuator를 운영하기 위해서는 대용량의 유압펌프와 유압호스(또는 하드라인) 및 컨트롤러와 재하프레임 및 반력벽도 건설해야 하지만, 하이브리드구조실험센터에서는 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 이미 이러한 시설 및 장비들을 보유하고 있음
- 고성능 Actuator 및 다자유도 재하 블록만을 신규로 구입하고 이를 운영하는데 필요한 제반 시설 및 장비는 기존의 것을 활용함

<표 1-11> 고성능 다자유도 Actuator 시스템 구축 방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 고성능 Actuator | 50kN Dynamic Actuator (2ea) | 신규 구입 |
| | 100kN Dynamic Actuator (2ea) | |
| | 250kN Dynamic Actuator (2ea) | |
| | 500kN Dynamic Actuator (2ea) | |
| 유압 공급 시스템 | Accumulator | 신규 구입 |
| | 720 GPM 유압펌프 | 기 보유 |
| 유압 분배 시스템 | 720 GPM 유압호스 또는 하드라인 | 기 보유 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 기 보유 |
| | 해석 소프트웨어 | 기 보유 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 기 보유 |
| 재하시스템 | 5,000kN 재하프레임(Loading Frame) | 기 보유 |
| | 3,000kN 축력도입 Actuator | 신규 구입 |
| | 반력바닥(Strong Floor) | 기 보유 |
| | 반력벽(Strong Wall) | 기 보유 |
| | 다자유도 재하 블럭 | 신규 구입 |

## 다. 조립식 고속 대용량 UTM

□ 배경 및 필요성

- 최근 건설되고 있는 장대교량 및 고층빌딩 등에 사용되는 대형 부재 및 구조물 등의 대용량 강도실험 뿐만 아니라 단방향의 고속 재하실험에 사용하는 유압가력시스템임
- 현재 국내의 케이블 교량 건설 수요에 비해 관련 실험장비가 부족한 실정이고 특수한 용도의 실험장비가 없기 때문에 관련 기술 개발을 위하여 필요함
- 케이블이나 낙교방지장치의 성능실험 뿐만 아니라 교량 교좌장치 및 신축이음, 방호시설의 충격시험 등과 같이 다양한 분야에 활용 가능함

□ 국내외 시설/장비 현황

o 해외 현황

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | 30 MN UTM System |
| **보유기관** | Academy of Building Research Institute |
| **장비 사양** | • 30 MN System<br>• Crosshead Mounted Actuator<br>• 13 Meter Test Space<br>• Strong Floor Integration |
| **장비 사진** | |

| 장 비 명 | 20 MN UTM System |
|---|---|
| 보유기관 | China Academy of Sciences, China |
| 장비 사양 | • 20 MN System<br>• Crosshead Mounted Actuator<br>• 10 Meter Test Space<br>• Strong Floor Integration |
| 장비 사진 | |

| 장 비 명 | 15 MN Dynamic UTM System |
|---|---|
| 보유기관 | Laboratorio Generalitat, Spain |
| 장비 사양 | • 15 MN Dynamic Capacity<br>• Crosshead Mounted Actuator<br>• Strong Floor Integration to 10 Meter Specimen Length<br>• 8 Meter Vertical Test Space |
| 장비 사진 | |

o 국내 현황

| | |
|---|---|
| 장 비 명 | 10 MN Universal Testing Machine |
| 보유기관 | 포항산업과학연구원 강구조연구소(RIST) |
| 장비 사양 | • 최대능력 : 압축 10 MN, 인장 10 MN, 휨 ±2 MN<br>• 시험범위 : 압축 7 m, 인장 5 m, 휨 35 m<br>• Max Stroke : 1,000 mm<br>• Piston Speed : 100 mm/Min<br>• Column 간격 : 1.5 m X 3 m |
| 장비 사진 | |

| | |
|---|---|
| 장 비 명 | 30 MN Cable Fatigue Testing Machine |
| 보유기관 | 포항산업과학연구원 강구조연구소(RIST) |
| 장비 사양 | • 최대능력 : 인장 30 MN, 피로 18 MN<br>• 주 파 수 : ±5 mm 1 Hz (Under loading)<br>• 시험범위 : 길이 5 m, 직경 0.53 m<br>• Max Stroke : 500 mm |
| 장비 사진 | |

| 장 비 명 | 15 MN Cable Leak-tightness Testing Machine |
|---|---|
| 보유기관 | 포항산업과학연구원 강구조연구소(RIST) |
| 장비 사양 | • 수직력 : 최대 15 MN<br>• 수평력 : 최대 ±500 kN, Stroke ±150 mm<br>• 온도조절장치 : 온도범위 70°C (수직 수두 3 m)<br>• 시험체 크기 : 길이 5 m, 직경 0.43 m |
| 장비 사진 | |

| 장 비 명 | 5 MN Universal Testing Machine |
|---|---|
| 보유기관 | 명지대학교 하이브리드구조실험센터(Hystec) |
| 장비 사양 | • 최대능력 : 압축 5 MN, 인장 5 MN<br>• 시험범위 : 압축 5 m, 인장 4 m, 휨 30 m<br>• Max Stroke : 400 mm<br>• Piston Speed : 40 mm/Min (±10 mm 5 Hz)<br>• Column 간격 : 1.5 m X 0.75 m |
| 장비 사진 | |

□ 주요 장비 구성 및 구축방법

o 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 성능 |
|---|---|---|
| 대용량 UTM | Nominal Static Load Rating | • ±20,000kN |
| | Nominal Dynamic Load rating | • ±10,000kN |
| | Nominal Single Shot Load rating | • ±10,000kN |
| | One Shot Test Speed 40 mm/second at 10MN loading | |
| | Total Stroke capabilities | • 500mm(±250mm) |
| | 1,500 LPM(400 GPM) ServoValve | |
| | 로딩프레임 고정방식 | |

- 대용량 UTM을 운영하기 위해서는 대용량의 유압펌프 및 유압호스(또는 하드라인)와 컨트롤러, 그리고 대용량 UTM을 설치하여 운영하는데 필요한 주요 시설물 및 장비인 반력시스템과 재하프레임이 필요한데, 하이브리드구조실험센터에서는 이러한 시설 및 대부분의 장비들을 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 보유하고 있음
- 고속의 조립식 대용량 UTM을 구성하는데 필요한 대용량 유압가력기와 어큐뮬레이터를 신규로 구입하고 그 외 필요한 제반 시설과 장비는 기존의 것을 활용함

<표 1-12> 필요 장비 및 구축 방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 조립식 고속 대용량 UTM | Max. 20,000kN Actuator | 신규 구입 |
| 유압 공급 시스템 | 720 GPM 유압펌프 | 기 보유 |
| | Accumulator | 신규 구입* |
| 유압 분배 시스템 | 720 GPM 유압호스 또는 하드라인 | 기 보유 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 기 보유 |
| | 해석 소프트웨어 | 기 보유 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 기 보유 |
| 재하시스템 | 재하프레임(Loading Frame) | 일부 보강 |
| | 반력바닥(Strong Floor) | 기 보유 |
| | 반력벽(Strong Wall) | 기 보유 |

* 고성능 다자유도 Actuator 시스템 구입 시 동일 장비의 공유를 통해 추가 비용이 발생하지 않음

## 라. 해양에너지개발장치(바람발생장치)

□ 배경 및 필요성

o 대형 바람발생장치

- 기후변화협약에 따라 온실가스감축부담을 극복할 수 있는 청정재생 해양에너지의 수요가 증대하고 있음
- 해상풍력발전 장치 등의 성능 검증과 인증 등을 통해 해양에너지 관련 산업의 조기 활성화와 국내 및 해외시장 진출 및 선점을 통한 국가 경제의 녹색성장 견인에 기여할 수 있음
- 해상풍력발전 기술개발을 위한 실험 및 연구 인프라 확보, 해양에너지 개발을 위한 설계기준 제정 및 구조물 통합 설계, 시공, 유지관리 기술 확보 및 보급, 해양에너지 기기 인증 및 프로젝트 인증 능력 보유, 경제적이고 효율적인 신형식 해양에너지 구조물 개발 등에 광범위하게 활용됨
- 현재 해상 풍력발전 관련 다수의 연구과제가 진행 중이거나 추진 중에 있으나, 파랑-흐름-바람의 상호작용에 대한 연구개발 및 연구 성과 등의 검증에 필요한 실험시설이 국내에는 부재인 상태이기 때문에 시설구축의 필요성이 제기되고 있음

o 회류 및 조파장치

- 조류 및 파력발전 장치 등의 성능 검증과 인증 등을 통해 해양에너지 관련 산업의 조기 활성화와 국내 및 해외시장 진출 및 선점을 통한 국가 경제의 녹색성장 견인에 기여
- 조류 및 파력발전 기술개발을 위한 실험 및 연구 인프라 확보, 해양에너지 개발을 위한 설계기준 제정 및 구조물 통합 설계, 시공, 유지관리 기술 확보 및 보급, 해양에너지 기기 인증 및 프로젝트 인증 능력 보유, 경제적이고 효율적인 신형식 해양에너지 구조물 개발 등에 광범위하게 활용
- 본 실험시설의 성능을 향상시킴으로서 지진해일(쓰나미) 대책기술 개발 등과 같은 고파랑이 요구되는 연구의 수행이 가능함
- 국내에서 기 보유하고 있는 실험시설로는 소규모의 파랑만이 재현 가능하기 때문에 연구 성과의 신뢰도 향상 등을 위해서는 실험시설의 추가/개선이 요구됨

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 주요 기능

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 | • 수조규모 : 40m × 40m<br>• 재현파고(규칙파 기준) : 50cm 이상<br>• 재현주기(규칙파 기준) : 0.5~6.0sec 범위<br>• 다양한 불규칙파 스펙트럼(TMA, Johnswap, Bretschneider-Mitsuyasu 등) 재현 가능 |
| | 바람발생장치 | • 풍속 5m/sec 이상(정속성 확보) / 변동풍 재현 가능 |
| 2차원 단면수로 | 조파기 | • 수조규모 : 100m × 2m × 3m<br>• 재현파고(규칙파 기준) : 100cm 이상<br>• 재현주기(규칙파 기준) : 0.5~8.0sec 범위<br>• 다양한 불규칙파 스펙트럼(TMA, Johnswap, Bretschneider-Mitsuyasu |
| | 바람발생장치 | • 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보) / 변동풍 재현 가능 |
| | 흐름발생장치 | • 유속 1m/sec 이상(정류성 확보) / 변동류 재현 가능 |

o 나. 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 3차원 수조 | • 40m × 40m × 1.5m / 방수기능 확보 |
| | 제어실 | • 25㎡ 이상 |
| 2차원 단면수로 | 2차원 수로 | • 100m × 2m × 3m / 방수기능 확보 |
| | 제어실 | • 25㎡ 이상 |
| 연구실 및 회의실 등 | 연구실 | • 100㎡ 이상 |
| | 회의실 | • 50㎡ 이상 |
| | 장비보관실 | • 100㎡ 이상 |
| | 모형제작실 | • 50㎡ 이상 |

o 장비의 요구 시설

| 내용 | | 비고 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 | 폭 30m 이상(일방향 조파기 또는 다방향 조파기) |
| | 바람발생장치 | 폭 5m 이상 |
| 2차원 단면수로 | 조파기 | 구동장치 : 전기서보모터<br>유효 Stroke : 1.5m 이상 |
| | 바람발생장치 | 단면수로 상부 밀폐형 구조 추가 |
| | 흐름발생장치 | 순방향 및 역방향 가능 펌프 / Guide vane 및 정류장치 |
| 계측기 | 파고계 / 파압계 | (파고) 40 sets / (파압) 10 sets |
| | 유속계 | 3차원 유속계 5 sets<br>2차원 유속계 10 sets<br>1차원 유속계 5 sets |
| | 파력계 | 2 sets |
| | 풍속계 | 1차원 10 sets<br>2차원 10 sets |
| | 에너지 생성 측정장치 | 1 set |
| | 기타 관련 계측 장비 | 1 set |
| 중장비 | 포크레인 | 1 set |
| | 스키더로우 | 1 set |
| | 지게차 | 1 set |

o 구축 방법

- 최소 요구 장비 중 3차원 평면수조 및 2차원 단면수로 일부분이 이미 해안항만실험센터에 구축되어 있음
- 바람발생장치 및 흐름발생장치를 설치 할 수 있는 주요 시설물인 3차원 평면수조 및 2차원 단면수로가 이미 구축되어 있음
- 해양에너지 개발 분야를 구축하는데 필요한 장비 및 시설의 구축방법을 아래 표에 요약함

<표 1-13> 바람발생장치 구축 방법(장비)

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 | 기 보유 | - |
| | 바람발생장치 | 신규 구입 | 국산 도입 |
| 2차원 단면수로 | 조파기 | 장비 개선 | 국산 도입 |
| | 바람발생장치 | 신규 구입 | 국산 도입 |
| | 흐름발생장치 | 장비 개선 | 국산 도입 |
| 계측기 | 파고계 | 신규 구입 | 국산 도입 |
| | 파압계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 유속계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 파력계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 풍속계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 에너지 측정장치 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 기타 관련 계측 장비 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| 중장비 | 포크레인 1식 | 기 보유 | - |
| | 스키드로우 1식 | 기 보유 | - |
| | 지게차 1식 | 기 보유 | - |

<표 1-14> 바람발생장치 구축 방법(시설)

| 시설명 | | 비 고 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 3차원 수조 | 기 보유 |
| | 제어실 | 기 보유 |
| 2차원 단면수로 | 2차원 수로 | 기 보유 |
| | 제어실 | 기 보유 |
| 연구실 및 회의실 등 | 연구실 | 기 보유 |
| | 회의실 | 기 보유 |
| | 장비보관실 | 기 보유 |
| | 모형제작실 | 기 보유 |

## 마. 드럼형 원심모형시험기

□ 배경 및 필요성

o 드럼형 원심모형시험기

- 빔(Beam) 형식의 원심모형시험기에서는 토조 크기가 제한적이므로 강우, 홍수 등에 의해 발생하는 사면 및 제방 안정성, 토석류(debris-flow) 등과 같이 활동 영역이 긴 현상을 모형실험으로 수행하기 어려움
- 또한, 넓은 모형 지반의 확보가 가능하여, 동일한 조건의 모형 지반의 조성이 어려운 점토지반의 경우, 효율적으로 동일 조건에 대한 매개변수 연구가 가능한 장점이 있음
- 국내에 아직 도입되지 않은 드럼(Drum) 형식의 원심모형시험기를 추가 보유하면 해양(Offshore) 및 대심도 지반, 연약점토 지반과 같이 장시간의 거동을 실험적으로 검증할 수 있으며 기 보유하고 있는 빔(Beam) 형식 원심모형시험기의 단점을 보완할 수 있을 것으로 판단
- 드럼형 원심모형시험기는 아직까지 국내에 도입되지 않았으며, 현재 대우건설 기술연구소, 카이스트 및 수자원공사 연구원(K-water)에 빔(Beam) 형식의 원심모형시험기가 설치, 운영되고 있음
- 드럼형 원심모형시험기는 이와 같은 토조 크기의 제약을 극복하며 빔(Beam) 형식보다 2배 이상의 중력장을 안정적으로 구현할 수 있어, 해외에서도 많은 기관에서 보유하고 있으며, 특히, 원심모형실험 선도기관인 영국 Cambridge 대학, 호주 UWA COFS에서 빔 형식과 함께 드럼형 원심모형실험기를 함께 보유하고 있음

o 가력장치 업그레이드

- 현재 보유하고 있는 가력장치는 한정된 가용 범위로 인하여 원심모형시험 중 위치 조절이 필요한 경우 원심모형시험기를 멈춘 후에 다시 가동해야 하는 불리함이 있음
- 드럼형 원심모형시험기는 “대형 흙-구조물 상관관계 실험”을 실내에서 모형모델을 대상으로 수행할 수 있는 실대형 실험 대비 경제적인 실험시설임
- 강우, 홍수 등에 대한 실대형 지반 실험 시설이 없는 상황임. 따라서, 강우, 홍수 등에 의한 사면 안정, 토석류 등의 현상 및 원인을 실험적으로 분석하기 위하여 원심모형실험을 이용한 모형 실험이 필요함

□ 국내외 실험시설/장비 현황

o 해외 현황

Beam Centrifuge, 10m Beam
(University of Cambridge)

Drum Centrifuge, 0.72m (Dia.)
(University of Cambridge)

Beam Centrifuge, 1.8m Beam
(University of Western Australia, COFS)

Drum Centrifuge, 1.2m (Dia.)
(University of Western Australia, COFS)

<원심모형실험 선도기관의 드럼 센트리퓨지 보유 현황>

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 주요 기능

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| Global Top 10 규모와 성능 | • 16×106 m3 용량 이상의 대규모 지반을 구현 (Length 1445m, Width 130m, Depth 85m) 이상<br>• 이상의 높은 중력장 구현 |
| Twin Concentric Shaft technology (TCS) | • 원심모형시험기의 토조 회전 중 계측 및 관입장치 교체<br>• Main centrifuge drive shaft 와 second central shaft 의 분리 |
| 다채널 DAQ | • 32ch 400G Drum Tool Table |
| 위치 조절 가능한 가력 장치 | • 현재 보유하고 있는 일축 Actuator의 Stroke 가용 범위는 0~250mm 로 한정적, 실험 전 고정한 자리에서만 수직 운동 가능<br>• 토목구조물의 대형화 및 열악한 환경조건의 진출로 다양한 형태의 하중조건 모사가 필요한 실정임 |

o 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 원심모형시험기<br>(Centrifuge) | 드럼형<br>원심모형시험기<br>(Drum Centrifuge) | • Maximum Acceleration : 600g at 0.7m radius<br>• Drum channel volume : 0.42$m^3$<br>(4.4m circumferential, width 0.35m, depth 0.27m)<br>• Capacity : 750kg at 600g, 450 g-tonne<br>• Twin Concentric Shaft technology (TCS) |
| 기존 가력 장치<br>업그레이드<br>(MODEL P72)<br>Upgrade) | Stroke Upgrade | • Inspection, dismantling and stroke increase from 250mm to 400mm |
| DAQ System Software<br>업그레이드 | Bloomy DAQ<br>software | • Software Bug Fix & Version up |

<Drum Centrifuge(Thomas Broadbent)>

o 장비의 요구 시설

| 내용 | | 비고 |
|---|---|---|
| 설치 공간 | | • 드럼형<br>• 4m x 4m 여유 공간 (토조 이동 공간 보유)<br>• 철근콘크리트 바닥 사용 |
| 부대장치 | 크레인 | • 기존 실험 공간과의 시료 및 실험 토조 이동 |
| | 미니 백호<br>또는 지게차 | • 1 ton |
| | 기타 공구 | • 기본 소요 공구 |
| 컨트롤 시스템 | DAQ<br>Hardware | • 데이터 처리 장비 및 컨트롤러 Computer |
| | 자료 수집 및<br>네트워크 | • DAQ system을 통한 계측 자료의 수집, 분석, 저장<br>• DAQ 제어 컴퓨터와 연결된 네트워크 장비를 통하여 각종 계측정보 공유 가능 |

o 구축 방법

- 드럼형 원심모형시험기를 설치하는데 필요한 건축물 및 기반시설이 이미 구축되어 있음. 필요한 장비 및 시설의 구축방법은 아래의 표 내용과 같음
- 최소 요구 장비 중 가력장비의 일부분이 이미 지오센트리퓨지실험센터에 구축되어 있으며, 업그레이드하여 사용 가능
- DAQ 시스템의 Hardware가 이미 구축되어 있으며 이를 활용하기 위한 프로그램의 업그레이드 필요

<표 1-15> 드럼형 원심모형시험기 구축 방법(장비)

| 구분 | 장비명 | 구축방법 |
|---|---|---|
| 원심모형시험기<br>(Centrifuge) | 드럼형 원심모형시험기<br>(Drum Centrifuge) | 신규 구입 |
| 기존 가력 장치 업그레이드<br>(MODEL P72) Upgrade) | Stroke Upgrade | 신규 구입 |
| DAQ System Software | Bloomy DAQ software | 신규 구입 |
| 컨트롤 시스템 | DAQ Hardware (NI) | 기 보유 |
| | Network system | 기 보유 |

<표 1-16> 드럼형 원심모형시험기 구축 방법(시설)

| 시설명 | | 비고 |
|---|---|---|
| 설치공간 | | 기 보유 시설 보강 |
| 부대장치 | 크레인 | 신규 설치 |
| | 미니 백호 또는 지게차 | 기 보유(1톤 지게차) |
| | 기타 공구 | 기 보유 |

## 바. 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치

□ 배경 및 필요성

- 첨단건설재료실험센터 구축 시 암석 및 지반관련 장비는 장비구축 계획(첨단건설재료실험센터 사업계획서)에서 추천장비로 포함되어 있었으나, 예산부족으로 구축하지 못하였음

<표 1-17> 실험실별 장비구축 계획

| 실험실 | 필 수 장 비 | 보유 | 구입 | 추 천 장 비 | 보유 | 구입 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 콘크리트/암석 실험실 | • 5MN 압축시험기 (Concrete용)<br>• 시멘트 재료시험 (압축 300kN, 벤딩10kN 일체형)<br>• 시편준비장치<br>• 자동 vicat 응결시험장치<br>• Differential calorimeter for cement / concrete<br>• Auto air permeability tester<br>• 동탄성계수측정기 | ◎<br><br><br><br><br><br>◎ | ○<br>○<br><br>○<br>○<br>○<br>○<br>○ | • 다양한 성능의 UTM<br>• 소형 용량의 재료시험기<br>• 암석시험용 3축압축 시험기<br>• 직접전단 시험기<br>• 암석용 마모저항 시험기<br>• 암석 시편제작기 | ◎<br>◎ | <br><br>○<br>○<br>○<br>○ |
| 강재/복합 재료 실험실 | • 강재용 600kN UTM (인장, 압축, 피로시험용)<br>• 강재용 150kN 피로시험기 (철근, cable, connector,.etc)<br>• 복합재용 100kN UTM (인장, 압축, 피로시험용) | ◎ | ○<br><br>○<br><br>○ | • Specimen handling system<br>• Torsion test machine<br>• 자기공명식 피로시험기<br>• Hardness Test<br>• Pendulum impact tesing machines | ◎ | |
| 장기 거동 실험실 | • 항온항습기 (중성화 시험용 항온항습기, 동결융해 촉진시험기)<br>• 대형항온항습실<br>• 소형항온항습실(4개)<br>• 항온수조(5기이상) → 10기 구입 | | ○<br><br>○<br>○<br>○ | • 단열온도상승시험장치<br>• 촉진중성화시험장치<br>• AAR측정장치<br>• 건습반복시험기<br>• 내후성시험기 | | ○ |
| 미세 구조 분석실 | | | | • SEM (Scanning Electron Microscope)<br>• XRD(X-Ray Diffraction)<br>• XRF(X-Ray Fluorescence)<br>• Porosimeter<br>• EPMA<br>• 입도분석<br>• Transmision Electron Microscope | ◎ | <br>○<br>○<br>○ |
| 센서/비파괴 실험실 | | | | • Optical Spectrum Analyser 등<br>• Infrared thermography, Acoustic Emission | | ○<br>○ |
| 대형 재료 실험실 | • 대형구조재료시험기 (5MN 용량의 자체반력구조형 구조/재료 시험기)<br>• 콘크리트 제작실<br>• 강재 시편제작실 | | ○ | • 정적 데이터로거 시스템(2set)<br>• 정적 데이터로거 시스템(1set)<br>• 믹서, 연마기, 공구셋트<br>• 전동지게차 | ◎ | |
| 구조 실험실 | | | | • 3면 반력 시험기<br>• 진동테이블<br>• 동결융해시험기<br>• 구조재료시험기(2MN)<br>• 크레인(0.1MN, 8×31.3m)<br>• UTM(1MN, 3MN)<br>• MR시험기 | ◎<br>◎<br>◎<br>◎<br>◎<br>◎<br>◎ | |
| 한국건자재시험연구원 대구・경북 지원 | | | | • 만능재료시험기(1MN)<br>• 동결융해시험기 등 콘크리트, 아스팔트, 골재 시험용 148종 | ◎<br>◎ | |

◎ : 보유장비, ○ : 구비예정

- 암석 특성치 실험 시스템은 지반-구조물 상호 관계의 검증을 위한 시설 중에서 암반 지반에 대한 특성치 산정을 위한 실험시설에 해당
- 불포화 지반 실험 시스템은 불포화토 함수특성과 투수성을 동시에 측정하는 수리특성 시험장비와 모관흡수력 조절 불포화토의 직접전단시험 장비를 이용하여 지반-구조물 상호 관계의 검증을 위한 실험시설에 해당

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 주요 기능

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| 하중재하 및 변위 제어 | • 단계별 하중 재하<br>• 하중 속도<br>• 변위량 제어 |
| 암석의 압축강도 측정 | • 파괴응력(failure stress) 측정<br>• 변형율 게이지(strain gage)를 이용한 변형률 측정 |
| 암석의 간접인장강도 측정 | • 파괴응력(failure stress) 측정<br>• 변형율 게이지(strain gage)를 이용한 변형률 측정 |
| 암석의 탄성파 측정 | • 탄성파인 P파와 S파의 전파 속도<br>• 송신자로부터 시험편을 거쳐 수신자에 이르는 데 소요된 시간 |
| 암석의 팽창성 측정 | • 흡수팽창<br>• 팽윤현상 |
| 암석의 풍화에 대한 저항력 측정 | • 건조, 습윤 반복<br>• 중량측정, 초기함수비, 시료의 성형과 공시체의 치수 |
| 암석의 삼축압축시험 | • 강도 파괴포락선을 이용한 내부마찰각과 점착력 산출 |
| 불포화토 실험 시스템<br>(함수특성과 투수성을 동시에 측정) | • Measuring the soil-water retention curve (SWRC) and hydraulic conductivity function (HCF) of unsaturated soils simultaneously<br>• The SWRC and HCF are measured along either wetting or drying paths<br>• The system is operated in either steady-state mode or transient mode and is applicable for all major soil types, including sand, silts, and clays |
| 불포화토 실험 시스템<br>(모관흡수력 조절 불포화토의 직접전단시험 장비) | • Normal force and displacement<br>• Shear force and displacement<br>• Pore air for unsaturated systems and pore water pressures |

o 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 암석의 압축강도 및 간접인장강도 측정 | • 압축 시험 | • Loading capacity : 200ton<br>• Ram stroke : 300mm |
| | • Brazilian시험을 통한 일축인장강도의 간접적 측정 | • 압축강도 측정 시험기 사용<br>• Half ball bearing<br>• Guide pin |
| 암석의 탄성파 측정 | • P파, S파 속도 측정 | • P wave : 500kHz<br>• S wave : 100kHz |
| 암석의 팽창성 측정 | • Swelling | • 수침장치<br>• 지압판<br>• 변위계 |
| 암석의 풍화에 대한 저항력 측정 | • Slaking | • 회전형 드럼<br>• 건조장치<br>• 수침장치 |
| 삼축압축시험 | • 내부마찰각 및 점착력 산출 | • 원도우 실행 프로그램<br>• 장비 교체 |
| 암석시료 절단기 | • 시험용 공시체 제작 | • ϕ200 mm, ϕ150 mm<br>• 50 × 650 × H 300 mm / 25 kg |
| 암석표면 연마기 | • 시험용 공시체 제작 | • ϕ300 mm<br>• 800 ×600 × H 800 mm / 80 kg |
| 코어링기 | • 시험용 공시체 제작 | • ϕ50 mm |
| 데이터 수집장치 | • 데이터 수집 | • 29채널 |
| 불포화토 시험장비 | • 불포화토 함수특성과 투수성을 동시에 측정 | • Flow cell with integrated high-air-entry base (>200 kPa)<br>• Bubble trap system to account for diffused air volume<br>• Control panel for dual-range air-pressure (< or > 15 kPa or equivalent) control<br>• Vacuum control for in-situ sample and HAE disk saturation<br>• Pore-fluid reservoir<br>• Available to undisturbed or remolded specimen for dimensions of 5-14 cm (diameter) x 5-10 cm (height)<br>• Completion of both wetting and drying SWCC and HCF within one week or equivalent |
| | • 모관흡수력 조절 불포화토의 직접전단시험 장비 | • Shear box with integrated high-air-entry base (>200 kPa)<br>• Bubble trap system to account for diffused air volume<br>• Control panel for dual-range air-pressure (< or > 15 kPa or equivalent) control |

o 필요한 장비 및 시설의 구축방법을 아래 표에 요약함

<표 1-18> 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 구축방법

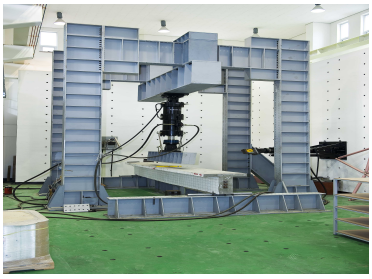
| 구분 | 장비명 | 구축방법 |
|---|---|---|
| 암석의 압축강도 및 간접인장강도 측정 | • 강도시험기 | • 기존장비 활용 및 구입 |
| 암석의 탄성파 측정 | • Sonic Viewer 170 | • 기존장비 활용 |
| 암석의 팽창성 측정 | • Swelling 시험기 | • 구입 |
| 암석의 풍화에 대한 저항력 측정 | • Slaking 시험기 | • 구입 |
| 삼축압축시험 | • 삼축시험기 | • 장비 및 실행 프로그램 upgrade |
| 암석시료 절단기 | • Cutting Machine | • 기존장비 활용 |
| 암석표면 연마기 | • Grinding Machine | • 구입 |
| 코어링기 | • Coring Mechine | • 구입 |
| 데이터 수집장치 | • TDS-602 | • 기존장비 활용 |
| 불포화토 시험장비 | • 불포화토 함수특성과 투수성을 동시에 측정하는 수리특성 시험장비 | • 구입 |
| | • 모관흡수력 조절 불포화토의 직접전단시험 장비 | • 구입 |
| 장비 설치(건축) | | • 기존시설 이용 |
| 안전장치 | | • 구입 |

## 사. 구조·재료 분석 시스템

□ 배경 및 필요성

o 이동형 2축 실험을 위한 컨트롤러 시스템

- 이동형 2축 실험을 위한 컨트롤러 시스템은 기 현물 투자된 장비 개선으로 지역 소형 재료실험 시편의 제공과 실험센터의 실험수익 증대 및 연구자에게 신뢰성 있는 실험데이터를 제공하고자함
- 기 구축된 5,000kN 대용량 UTM은 순폭 3.0m, 높이 5.0m의 다양한 건설 재료의 압축 및 휨시험이 가능하지만, 정적 1축 압축장비로 다양한 소형 재료실험 등에 요구되는 이동형 2축 실험장비가 필요



<현물 투자된 구조실험동 전경>

<5000kN UTM 전경>

o 미세구조 분석시스템 및 입도분석기

- 마이크로 콘크리트와 같은 첨단 재료의 개발로 미세구조 분석을 위한 실험과 이에 따른 첨단 연구장비가 요구되고 있음
- 첨단건설재료의 입도분석 측정에 필요한 장비이며, 건설자재 뿐만 아니라 조선, 해양 항만 등에서도 필요한 장비로 뛰어난 분해성능과 해상도를 이용하여 건설신재료의 미세구조 분석

<입도분석기>

o 염화물확산계수측정기(Chloride ion penetration meter)

- 염해환경에 건설되는 콘크리트 구조물은 염소이온과 같은 유해이온이 외부로부터 콘크리트 중으로 침투, 확산하여 철근을 부식시킴으로써 구조물의 내구성을 크게 저하시키기 때문에 구조물의 내구성 평가 또는 설계시 중요한 고려사항이 되고 있음
- 내구성 설계의 주요변수인 확산계수를 측정하여 콘크리트의 장기수명 예측가능
- 건설재료의 내구성 평가는 동결융해, 중성화, 염해 등으로 크게 구분 할 수 있음. 실험센터내 건설재료의 내구성능 측정장비로 동결융해시험기, 촉진중성화시험기는 기구축하고 있으나 염화물확산계수측정기는 없는 상태로 건설재료의 내구성능 시험의뢰시 원스톱 시험이 가능할 수 있도록 염화물확산계수측정기를 구축하고자 함

<염화물확산계수측정기>

o 단열온도상승시험기(Multi Micro Caloriemeter)

- 건설재료에 사용되는 콘크리트 및 모르타르는 시멘트 수화반응에 의한 온도상승으로 중심부와 표면부에 온도차가 발생하며, 그 상태에서 경화가 진행되면 내·외부 온도차에 의한 관통 균열 등 열화현상이 발생됨. 이러한 균열을 사전에 방지하기 위하여 단열온도상승측정 등의 사전 실험을 통한 수화열 해석으로 재료적 배합조정 등이 이루어지고 있음
- 최근 구조물의 장대화 및 대형화로 콘크리트 재료에서의 수화균열은 내구성능 뿐만 아니라 콘크리트 품질확보를 위해서도 중요하며, 최근 실험의뢰 등 사용성이 증대되고 있는 실정임

<단열온도상승시험기>

o 동탄성계수 측정

- 동탄성계수 측정장비는 진동을 자동으로 가변하고 더불어 1차 공명진동수의 자동관찰기능 측정의 자동화로 개인오차 영향을 최소화하고, 시험의 능률 향상에 기여 할 뿐만 아니라 Alkali 골재 반응, 동결융해 등의 내구성능 실험 후 비파괴적 방법에 의하여 열화 발생량 측정 가능

<동탄성계수 측정기>

o 3000kN 인장시험기

- 최근 건설기술의 발달로 초고층화 및 초장대화 됨에 따라 고강도 철근 및 강재료의 사용 증가하고 있어 첨단 건설재료의 인장 시험이 가능한 장비가 필요함
- 2012년 철근콘크리트 구조기준 개정에서도 인장철근 및 압축철근의 설계기준강도 증가로 연구 R&D분야에서 고사양 인장시험기의 수요 증가
- 철근, 강재 등 복합재료의 기계적 성질 시험을 위한 범용 인장 시험기를 구축하고자 함
- 2012년 철근콘크리트 구조기준의 압축철근 및 인장철근의 상한선이 500MPa, 600MPa로 상향 되었고, 설계기준강도 700MPa 이상의 철근에 관한 연구 R&D 시험이 활발히 이루어지고 있음
- 건설산업에서 초고층 빌딩, 초장대 교량의 시공으로 고강도 철근 및 강재사용과 조선업계에서 선박 제조 시 사용되는 용접기술의 발달로 고사양의 인장시험기의 수요가 요구되고 있음

- 또한, 초장대 교량인 사장교와 현수교에 사용되는 강연선케이블은 고하중 및 고신뢰성 실험이 필요하지만 관련 실험장비가 부족한 실정임
- 코어암석의 경우 공시체의 면적이 작으며 급격한 취성파괴가 일어나므로 스트레인게이지의 사용이 어려우며, 국내의 암석관련 푸와송비 측정기기 사용가능한 곳이 부족함

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 이동형 2축 실험을 위한 컨트롤러 시스템 | 콘트롤러 및 프로그램 | • MTS 494 Series Hardware<br>• Channel - 3 Station<br>• MTS Flex Test Handset<br>• Transdecer Interface Card<br>• Uninterruptible Power Supply<br>• 793 System Software |
| | 펌프 및 부대장비 | • Actuator(Capacity : 500 kN, 1000 kN, Stroke : ±250 mm)<br>• Model 505.90 Hydraulic Power Unit<br>• 293.22 Hydraulic Service Manifold(100 GPM)<br>• Hydraulic Hardline<br>• Hose Set |
| | 기타 장비 | • Static Strain Measuring Equipment : Data Logger(TDS-630-30)<br>• Dynamic Strain Measuring Equipment : Ethernet Module(DS-GATE) |
| 미세구조 및 내구성 분석 시스템 | 입도분석기 | • 분석범위 : 40nm ~ 2500 ㎛<br>• 130만 화소 CCD Detector<br>• Mean, Median, Modal, Std Dev, Kurtosis, Skewness, Dxx등의 결과산출<br>• 전자동 Process를 이용한 다양한 용매의 사용<br>• 시료 전처리용 항온항습기 : -35℃ to 120℃, 25%RH to 98%RH |
| | 염화물 확산계수 측정기 | • Time of Shipment : Within 3.5 Months after receipt of L/C<br>• 측정점수 : 최고 6점<br>• 검출제 : 서모모듈 약 53mV/℃<br>• 교정열량공급 : $25\mu W \sim 0.36W$ 연속가변 |
| | 단열온도 상승시험기 | • 채널수: 10ch<br>• 정전압 range : DC 0~100 V (10 mV)<br>• 정전류 range : 0~5 A (5 mA)<br>• 온 도 Range : -50℃ ~ 120℃<br>• 수동, 자동으로 Setting 가능 |
| | 동탄성계수 측정기 | • Frequency Range 1～100kHz<br>• Resolution : Difference depended on each frequency range<br>• Display : 20 Characters×4Line |
| 3000kN 인장시험기 | 3000kN 인장시험기 | • Max Capacity : 3000kN<br>• Max grip span(㎜) : 1150<br>• Max. compression plate span(㎜) : 1000<br>• Loading speed(㎜/min) : 40, 50 max.<br>• Column span(㎜) : 1000 |
| | 푸아송비 측정기 | • 적용 공시체 사이즈 : $\Phi$10×20cm<br>• 표점거리 : 100㎜<br>• 용량 : 50000×$10^{-6}$Strain |

o 장비의 구축 방법

- 구조·재료 분석 시스템의 구축방법을 아래 표에 요약함

<표 1-19> 구조·재료 분석 시스템 구축 방법

| 시설명 | | | 비고 |
|---|---|---|---|
| 이동형<br>2축 실험을 위한<br>컨트롤러 시스템 | 프레임 | | 기 보유 |
| | 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 기 보유 및 신설 |
| | | 소프트웨어 | 신설 |
| | 부대장치 | 크레인 | 기 보유 |
| | | 지게차 | 기 보유(2.5톤 지게차) |
| | | 데이터 로그 | 기 보유 및 구입 |
| | | 기타 공구 | 기 보유 |
| 미세구조 및 내구성<br>분석 시스템 | 입도분석기 | | 신설 |
| | 염화물확산계수측정기 | | 신설 |
| | 단열온도상승시험기 | | 신설 |
| | 동탄성계수 측정기 | | 신설 |
| 3000kN 인장시험기 | 3000kN 인장시험기 | | 신설 |
| | 푸아송비 측정기 | | 신설 |

## 아. ISO 잔향실 시험장비

□ 배경 및 필요성

- 자재의 흡음률 및 음향파워레벨의 측정은 ISO 및 KS 규격 공히 일정 체적 이상의 Pentagonal type을 권장하고 있으며 유럽 등에서는 Rectangular Type도 보유하고 있으나 확산음장의 특성상 교정에 어려움이 많아 국내에서는 거의 없음
- 국내 대부분의 대형 잔향실은 15년 이상된 시험실로서 필요 이상의 긴 잔향시간 때문에 오히려 측정 상 어려움이 있어 흡음재를 내부에 부착하여 측정함으로써 검증되지 않은 Data를 활용하고 있는 실정
- ISO 에서는 자재의 투과손실, 천장재의 차음 특성 및 바닥 충격음 특성 측정은 소형(50M3 이상) 시험실에서 사용을 명시하고 있음에 따라 조선기자재 연구원, 금강고려화학 중앙 연구소 및 건설기술원에서는 최신 ISO 규격에 따라 소형 차음 시험실을 새롭게 구축하였으며, 기타 연구원 및 일반 기업체에서도 ISO 시험실의 필요성을 실감하고 계획 중인 곳이 증가하고 있는 실정임

□ 국내외 실험시설/장비 현황

o 국내 현황

| 보유기관 | 사양 및 용도 | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 체적(M3) | 측정하한 주파수(Hz) | Type | 용도 | |
| 한국기술 표준원 | 1실 323M3<br>2실 155M3<br>3실 121M3 | 100Hz이하 | Pentagon Shape | • 건자재음향특성 (자재의 흡음률, 투과손실, 바닥충격음) | KS |
| 한국표준 과학 연구원 | 1실 291M3<br>2실 250M3<br>3실 210M3 | 100Hz이하 | Pentagon Shape | • 건자재음향특성 (자재의 흡음률, 투과손실, 바닥충격음) | KS |
| 건설기술 연구원 | 1실 256M3<br>2실 160M3 | 100Hz이하 | Pentagon Shape | • 건자재음향특성 (자재의 흡음률, 투과손실, 바닥충격음) | KS |
| | 1실 55M3<br>2실 65M3 | - | Rectangular Shape | • 천정재 차음특성 | ISO |
| (재)조선 가자재 연구원 | 1실 220M3 | 100Hz 이하 | Pentagon Shape | • 건자재 및 선박재의 흡음률 및 음향파워레벨 측정 | KS |
| | 1실 52M3<br>2실 60M3 | - | Rectangular Shape | • 자재의 음향투과손실 (차음) | ISO |
| | 1실 67M3<br>2실 74M3 | - | Rectangular Shape | • 천장재의 차음특성 | ISO |
| 방재시험 연구원 | 1실 269M3<br>2실 196M3<br>3실 217M3 | 100Hz 이하 | Pentagon Shape | • 건자재음향특성 (자재의 흡음률, 투과손실, 바닥충격음) | KS |

| 보유기관 | 사양 및 용도 | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|
| | 체적(M3) | 측정하한 주파수(Hz) | Type | 용도 | |
| 금강고려 화학중앙 연구소 | 1실 246M3 | 100Hz 이하 | Pentagon Shape | • 건자재의 흡음률 | KS |
| | 1실 50M3<br>2실 58M3 | - | Rectangular Shape | • 자재의 음향투과손실 (차음) | ISO |
| | 1실 64M3<br>2실 75M3 | - | Rectangular Shape | • 천장재의 차음특성 | ISO |
| 대우건설 기술 연구소 | 1실 325M3<br>2실 249M3<br>3실 220M3 | 100Hz 이하 | | • 건자재음향특성 (자재의 흡음률, 투과손실, 바닥충격음) | KS |
| (재)부산 테크노 파크 | 1실 152M3 | 150Hz 이하 | Pentagon Shape | • 자재의 흡음률 및 기자재 음향파워레벨 측정 | KS |

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| ISO 잔향실 시험장비 | 차음 시험실 1 Pair, 준비실, 제어실 | • 시험실 유효 크기 : 음원실 55M3<br>• 수음실 : 63 M3 이상 |
| | 부대설비 | • 간접 공조설비, CCTV, 차음시료 설치대 (Cassette 등), 크레인, 측정 및 분석 장비<br>• 일반 상온, 상습 하에 측정할 수 있도록 간접 공조설비 필요(직접 공조는 불가하며, 준비실에 설치하여 하기, 동기에도 측정 가능하도록 함) |

o 장비의 구축 방법

- 기존 구조실험동 공간과 기 구축된 층간소음 측정 장치를 활용하며 구축방법을 아래 표에 요약함

<표 1-20> 잔향실 시험장비 구축 방법

| 시설명 | | 비고 |
|---|---|---|
| 음원실 | | 신설 |
| 수음실 | | 신설 |
| 준비실 | | 신설 |
| 제어실 | | 신설 |
| 부대장치 | 간접공조설비 | 기 보유 |
| | CCTV | 신설 |
| | 차음시료 설치대 | 기 보유 |
| | 측정 및 분석장비 | 기 보유(층간소음측정) 및 구입 |
| | 크레인 | 기 보유(10톤) |
| | 지게차 | 기 보유(2.5톤 지게차) |
| | 기타 공구 | 기 보유 |

## 자. 고성능 진동대 구축

□ 배경 및 필요성

- 원자력 발전소에 적용되는 기기 또는 초고층 빌딩에 설치되는 주요기기와 같이 내진성능의 평가가 반드시 이루어져야 하는 경우, 해당 기기가 설치요건과 동일한 조건으로 설치하여 해당 기기에 적용될 위치에서의 진동을 고려한 내진성능을 검증하여야 함
- 이 경우 기기가 설치된 층이 올라감에 따라 각 층의 기준 가속도는 신울진 원전 1,2호기의 각 층에 따른 TRS와 같이 원 지진파에 비하여 증폭되는데, 이러한 층응답 진동을 모사하기 위하여 고성능 진동대가 요구됨
- 현재, 국가연구시설장비로 등록(www.ntis.go.kr)되어 공동 활용이 가능한 6자유도 진동대 장비 중 5g이상의 실험이 가능한 장비는 한국표준과학 연구원, 한국전력공사 및 창원대학교에서 보유하고 있으나, 해당 장비들에 적용이 가능한 시료의 무게는 최대 2톤 이하이며, 설치면적이 2.5m×2.5m를 초과하는 장비가 없어 그 용량 혹은 설치면적이 실제 원자력 발전소에 설치되는 기기나 초고층 빌딩에 설치되는 기기들의 무게와 부피에 비하여 충분하지 못함

<표 1-21> 국내 고성능 진동대 현황

| 지역 | 설치 | Location | Size (m) | Payload (metric tonnes) | Acceleration ($m/s^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 대전 | 2004 | 전력연구원 | 6.25 | 2 | 88 |
| 경남 | 2004 | 창원대학교 | 3.15 | 1 | 77.5 |
| 대전 | 2001 | 한국표준과학연구원 | 1.44 | 0.5 | 98 |

- 발전소 및 일반 구조물에 반드시 설치되는 배전반의 경우, 평균 중량이 약 1.6ton이나 1기의 배전반이 별도 배치되는 경우는 적으며, 수 개에서 십 수개의 배전반이 열반되어 함께 배치됨
- 특히, 원자력 발전소에 설치되는 E1급 배전반의 경우, 설치조건에 맞추어 내진성능 검증을 실시하여야 하나, 국내 실험 요건의 제약 등으로 인하여 개별 내진성능검증을 실시하고 있는 실정이며, 그 중에서도 부피가 크거나 무거운 시료의 경우는 부품별로 내진성능을 검증하는 것으로 대신하고 있는 실정임

□ 국내외 실험시설/장비 현황

o 국외 현황

- 초고층 빌딩 및 원자력 발전소의 시장 및 수요가 증가하고, 지반가속도에 비하여 증가되는 층응답가속도의 구현에 대한 관심이 커지면서, 해외에서도 진동대의 신규 구축 또는 장비의 개선 등이 활발히 이루어지고 있음

- 진동대는 그 자체의 가진되는 성능으로 평가되기보다는 설치 면적, 설치되는 중량, 자유도, 구현 가속도 등에 의하여 종합적으로 평가됨
- 국외 6자유도 진동대 현황으로부터 6자유도 진동대 실험 장비의 구조물 설치 면적은 평균 27.4㎡ 이었으며, 최대 설치 중량은 평균 74.6ton 인 것으로 조사되었으나, 이 중 고성능 진동대라 할 수 있는 구현가속도 5g이상인 진동대의 평균 구조물 설치 면적은 19.625㎡이며, 최대 설치 중량은 평균 19.75ton으로 조사됨
- 국내 최대 수준의 고성능 진동대인 한국전력공사 전력연구원의 전력설비 내진검증용 6자유도 진동대의 성능인 구조물 설치 면적 6.25㎡, 최대 설치 중량 2ton으로 국제 수준에 비해 부족한 것으로 판단됨

<표 1-22> 6자유도 진동대 현황

| Region | Country | Location | Size (m) | Payload (metric tonnes) | Acceleration ($m/s^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Africa | Algeria | CGS Laboratory(inconstruction) | 6.1 x 6.1 | 60 | ±10 |
| Asia | China | China Academy of Building Research, Beijing | 6.1 x 6.1 | 60 | ±15 |
| Asia | China | Guangzhou University | 3 x 3 | 20 | ±26 |
| Asia | India | CPRI Bangalore, Karnataka | 3 x 3 | 10 | ? |
| Asia | India | IISc, Bangalore | 1 x 1 | 0.5 | ±30 |
| Asia | India | SERC, Chennai(3of3), TamilNadu | 3 x 3 | 10 | ? |
| Asia | India | Indira Gandhi Centre for Atomic Research(IGCAR), Chennai, Tamil Nadu | 3 x 3 | 10 | ±14.715 |
| Asia | Japan | NIED'E-Defence'Laboratory, MikiCity | 20 x 15 | 1200 | ±9 |
| Asia | Japan | Ishikawajima Harima Heavy Ind Corp. | 4.5 x 4.5 | 35 | ±15 |
| Asia | Japan | JDC Corp. | ? | 20 | ±10 |
| Asia | Japan | Kajima Corp.Ltd.(1of2) | 5 x 5 | 50 | ±20 |
| Asia | Japan | Kumagai-Gumi Corp Ltd | 5 x 5 | 64 | ±30 |
| Asia | Japan | Kyoto University | 5 x 3 | 14 | ±10 |
| Asia | Japan | Kyoto University Disaster Prevention Research Centre | 3.5 diameter | ? | ? |
| Asia | Japan | Nishimatsu Construction Corp | 5.5 x 5.5 | 65 | ±20 |
| Asia | Japan | NYK Corporation | 2.6 x 2.6 | 20 | ±20 |
| Asia | Japan | Okumura Corp. | ? | 60 | ±30 |
| Asia | Japan | Penta-Ocean Construction Co. Ltd.(1 of 2) | ? | 60 | ±5 |
| Asia | Japan | Penta-Ocean Construction Co. Ltd.(2 of 2) | ? | 60 | ±10 |
| Asia | Japan | Public Works Research Institute(PWRI) | 8 x 8 | 300 | ±20 |
| Asia | Japan | Tobishima Corp Ltd | ? | 20 | ±10 |
| Asia | Japan | Tokyu Const. Corp. | 4 x 4 | 30 | ±10 |
| Asia | Malaysia | Sabah University | 1.5 x 1.5 | ? | ? |

| Region | Country | Location | Size (m) | Payload (metric tonnes) | Acceleration ($m/s^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| Asia | Taiwan | National Center for Research in Earthquake Engineering | 5 x 5 | 50 | ±10 |
| Canada | Canada | University of British Columbia(EERF Lab) | 4 x 4 | 30 | ? |
| Europe | France | Commissariatàl 'Energie Atomi queetaux Energies Alternatives(CEA), AZALEE(1of3) | 6 x 6 | 100 | ±10 |
| Europe | Greece | National Technical University of Athens | 4 x 4 | 10 | ±20 |
| Europe | Italy | ENEA | 4 x 4 | 10 | ±30 |
| Europe | Italy | Enel. Hydro S.p.A.; business unit ISMES (1 of 3) | 4 x 4 | 60 | ±30 |
| Europe | Macedonia | Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology(IZIIS), University of SS. Cyriland Methodiusin Skopje(2of2) | 1.4 x 2.5 | 8 | ±20 |
| Europe | Netherlands | European Space Agency(ESA) ESTEC Test Centre | 5.5 x 5.5 | 22.5 | ±50 |
| Europe | UK | University of Bristol(EERC) | 3 x 3 | 17 | ±60 |
| Asia | Pakistan | Earthquake Engineering Center, University of Engineering & Technology Peshawar | 6.0 x 6.0 | 60 | ±14.7 |
| USA | Alabama | NASA | 3 x 4.5 | 1 | ? |
| USA | California | University of California at Berkeley | 6.1 x 6.1 | 45 | ±15 |
| USA | New York | University at Buffalo (State University of NewYork) (2identical tables of 3) | 3.6 x 3.6 | 50 | ±12 |
| USA | Nevada | University of Nevada at Reno(6axis table) | 2.75 x 2.75 | 50 | ±20 |
| USA | Nevada | Dynamic Certification Laboratories | 2.0 diameter | 4.5 | ±98 |

o 국내 현황

- 국가연구시설장비관리서비스(NTIS)에 등재된 고성능 진동대라 할 수 있는 구현 가속도 5g이상의 진동대의 크기 및 실험 가능 중량을 고려한 국내 주요 장비 현황은 아래 표와 같음

<표 1-23> 국내 고성능 진동대 현황

| 지역 | 설치 | Location | Size(m) | Payload (metric tonnes) | Acceleration ($m/s^2$) |
|---|---|---|---|---|---|
| 대전 | 2004 | 전력연구원 | 2.5×2.5 | 2 | 88 |
| 경남 | 2004 | 창원대학교 | 1.5×2.1 | 1 | 77.5 |
| 대전 | 2001 | 한국표준과학연구원 | 1.2×1.2 | 0.5 | 98 |

- 2001년 한국표준과학연구원에서 1.2m×1.2m 크기의 0.5ton 중량 구조물에 대해서 실험이 가능한 6자유도 고성능 진동대를 도입한 이후 창원대학교와 전력연구원에서 고성능 진동대 장비를 도입함
- 현재 국내에서 보유중인 고성능 진동대 중 창원대학교의 6자유도 진동내구성 평가 시험기는 단독활용만 가능하도록 되어 있으며 공동활용이 가능한 장비는 한국전력공사 전력연구원의 전력설비 내진검증용 6자유도 진동대와 한국표준과학연구원의 6-자유도 진동제시장치장비뿐임
- 이중 한국표준과학연구원의 장비는 시료설치 면적이 1.2m×1.2m에 불과하여 배전반 1기의 시험도 어려울 수 있으며, 전력연구원의 고성능 진동대 또한, 그 용량이 2ton으로 고성능 진동대의 용량의 국제수준인 20ton의 1/10에 불과하여 충분한 용량과 성능이 확보된 고성능 진동대의 도입이 시급히 필요하며 할 수 있음

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 유압펌프<br>및 배관설비 | MTS 502 HPU<br>(또는 동등성능 이상의 것) | • 150GPM 이상의 HPU<br>• Flexible 호스 연결에 의한 이동가능<br>• 펌프냉각장치 포함 |
| 고성능 진동대 | Shaking Table | • 면적 : 2m×2m<br>• 용량 : 10ton payload |
| Controller &<br>Software | MTS 469D<br>controller and software | • MTS 진동대 controller |
| | STEX Pro | • 진동대 data acquisition 및 test execution software upgrade |

o 장비의 요구 시설

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 쟝비설치공간 | 진동대 설치공간 | • Area : 32m×25m<br>• 방수 및 방풍<br>• 면진 |
| | HPU 설치공간 | • 5m×5m, 철근콘크리트바닥 |
| | 냉각장치 설치공간 | • 확장플레이트 및 장비 이동용 Crane |
| Control Room | 진동대 operating 시설 | • Area : 10m×5m |
| 부대설비 | 실험공간 | • 32m×25m 이상의 작업공간 |
| | 부대장비 | • 20ton 이상 overhead crane 설치 |
| | | • HPU 냉각장치 |

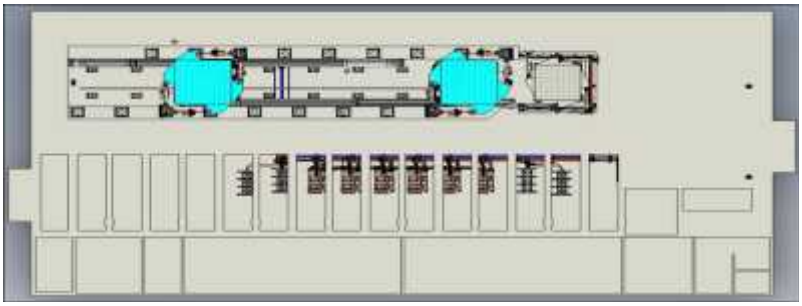
o 장비의 구축 방안

- 고성능 진동대 장비와 제어용 소프트웨어를 구입, 설치하여야 함
- 기존 장비 및 시설을 고려한 구축방법은 아래 표와 같음

<표 1-24> 최소 요구 장비 및 시설의 구축 방법>

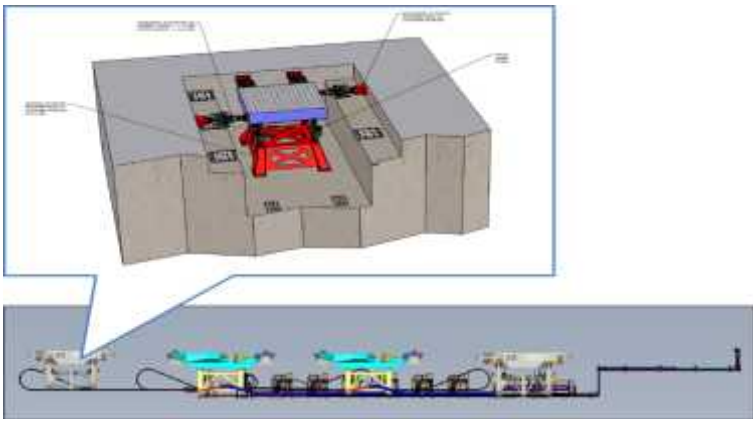
| 구분 | 장비명 | 구축방법 |
|---|---|---|
| 유압펌프장치 | MTS 502 HPU | 기 보유 |
| 유압배관장치 | Hydraulic Line | 기 보유 |
| 고성능 진동대 | Shaking Table(2m×2m, 10ton payload) | 신규 구입 |
| Controller & Software | MTS 469D | 신규 구입 |
| | STEX Pro | 신규 구입 |
| 냉각설비 | 수냉식 쿨러 | 기 보유 |
| 장비설치공간 | 진동대 | 기 보유 |
| | 유압펌프 | 기 보유 |
| | 냉각장치 | 기 보유 |
| Control Room | 진동대 operating 시설 | 기 보유 |
| 부대설비 | 실험공간 | 기 보유 |
| | 시료 이동용 Crane | 기 보유 |
| | 부대 장비(지게차 등) | 기 보유 |

- 진동대는 유압에 의해 작동되는 가력기(Hydraulic servo actuator)를 사용하게 되고 장비와 실험체를 가진하기 위하여 대규모의 유압펌프 및 발생 진동에 안전하기 위해서는 견고하면서 무거운 지반 또는 반력 기초 구조물(reaction mass)에 설치되어야 함
- 따라서 기존 연구시설의 유압펌프 및 배관 등 유압공급시스템과 대형 진동대 반력 기초를 활용할 수 있다면, 상대적으로 적은 예산으로도 효과적인 고성능 진동대 실험장비 구축이 가능할 것임
- 국내 진동대 보유시설 중 지진방재연구센터에 구축된 진동대 설비는 추가적인 진동대의 설치가 가능한 장비의 유압공급 장치와 반력 기초 및 설치 공간를 보유하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이를 적절히 활용할 수 있다면 효율적으로 고성능 진동대 장비의 구축이 가능할 것으로 판단됨
- 지진방재연구센터에서 보유한 진동대 시스템은 총 3기의 진동대와 이들 모두를 최대 하중 수준(30~60ton)에서 1g 가속도로 가진할 수 있도록 충분한 유압공급시스템이 구축되어 있음



<지진방재연구센터 다지점 가진 대용량 지진모사 실험장치 설치 평면도>

- 4m×4m 크기의 6자유도 진동대는 고정설치 되어 있으나 5m×5m 크기의 3자유도 진동대 2기는 4m 간격으로 이동하여 설치하는 것이 가능함
- 이동이 가능한 3자유도 진동대 2기를 이동하고 고성능 진동대의 설치 공간을 마련한다면, 별도의 추가설비 없이 고성능 진동대의 구축이 가능한 것으로 판단됨



<지진방재연구센터 고성능 진동대 설치(안)>

- 기존의 진동대와 연계하여 다지점 가진 기능을 향상시킬 수 있어, 3경간 연속교의 모형실험까지도 가능함
- 고성능 진동대의 구축에 있어 추가적인 반력 기초 시설 및 유압공급장치의 설치가 요구되지 않아 상대적으로 저 예산으로 장비설치를 가능하게 하며, 국내에 세계적 수준의 고성능 진동대 실험장비를 보유하는 것이 가능하게 할 것으로 판단됨
- 총 24개월의 구축기간이 소요될 것으로 판단됨

## 차. 대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비

□ 배경 및 필요성

- 교량 및 건축 구조물뿐만 아니라 최근 큰 이슈가 되고 있는 원자력 구조물 등의 내진설계에 사용되는 면진장치 및 지진 시 교량 상부구조의 낙교를 방지하기 위한 장치의 성능실험에 사용되는 시스템임
- 실험용량 증가 추세에 따른 최대 20MN 정적 재하실험에 필요함
- 후판 강재 및 케이블 등의 최대 10MN 피로실험에 필요함
- 면진장치 등의 설계기준에서 제시하는 온도 환경을 동시에 구현하여 성능을 검증하는데 필요함

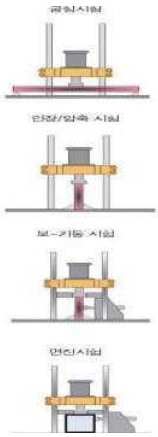
o 국내외 시설/장비 현황

o 해외 현황

| | |
|---|---|
| 장 비 명 | 10 MN Horizontal Frame |
| 보유기관 | Exxon, Houston |
| 장비 사양 | • 10 MN Horizontal Frame<br>• Pipe and Cable Testing<br>• Self Reaction Frame Design<br>• Tension, Compression and Bending |
| 장비 사진 | |
| | |

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | 10 MN Horizontal Frame |
| **보유기관** | US Bureau of Mines |
| **장비 사양** | • 10 MN Horizontal Capacity<br>• Cable Testing<br>• Self Reaction Frame Design<br>• Tension and Compression |
| **장비 사진** | |

o 국내 현황

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | Universal Railway Structure Testing Machine |
| **보유기관** | 한국철도기술연구원(KRRI) |
| **장비 사양** | • Vertical Loading 2.5 MN Actulator<br>(Stroke 150 mm, ±1.5 mm 5 Hz)<br>• Horizontal Loading 10 MN Actulator<br>(Stroke 100 mm, ±5 mm 5 Hz) |
| **장비 사진** |  |

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | 30 MN 납면진받침시험기 |
| **보유기관** | 유니슨이앤씨(주) |
| **장비 사양** | • Vertical Loading 30 MN Actulator<br>• Horizontal Loading Actulator |
| **장비 사진** | |

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | 2 MN 피로시험기 |
| **보유기관** | 유니슨이앤씨(주) |
| **장비 사양** | • 2 MN 수직재하 Dynamic Actulator |
| **장비 사진** | |

| | |
|---|---|
| 장 비 명 | ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE |
| 업 체 명 | 동일고무밸트(주) |
| 장비 사양 | • Vertical Loading 30 MN Actulator<br>(Stroke 800 mm, Max Speed 4.7 mm/s)<br>• Horizontal Loading 10 MN Actulator<br>(Stroke 800 mm, Max Speed 10 mm/s)<br>• Maximum Specimen Size: 2 m(W) x 2 m(D) x 1 m(H) |
| 장비 사진 | |

| | |
|---|---|
| 장 비 명 | TRIAXIAL ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE |
| 업 체 명 | 동일고무밸트(주) |
| 장비 사양 | • Vertical Loading 2 MN Actulator<br>(Stroke 300 mm, Max Speed 64 mm/s)<br>• Horizontal Loading 750 kN Actulator<br>(Stroke 600 mm, Max Speed 64 mm/s)<br>• Vertical Loading 200 kN Actulator<br>(Stroke 20 mm, Max Speed 64 mm/s) |
| 장비 사진 | |

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 최소 사양

<표 1-25> 필요장비의 규격 및 사양

| 구분 | 내용 | 성능 |
|---|---|---|
| 조립식 고속 대용량 UTM | Nominal Static Load Rating | • ±20,000kN |
| | Nominal Dynamic Load rating | • ±10,000kN |
| | Nominal Single Shot Load rating | • ±10,000kN |
| | One Shot Test Speed 40 mm/second at 10MN loading | |
| | Total Stroke capabilities | • 500mm(±250mm) |
| | 1,500 LPM(400 GPM) ServoValve | |
| | 로딩프레임 고정방식 | |
| | Total 5,000kN axial force hydraulic system | |
| | 계절별, 지역별 온도를 고려하여 실험할 수 있는 온도 챔버 구성 | |
| | 온도 챔버 조절범위 : -50 ℃ ~ +80 ℃ | |
| 부대 장비 | 시험체 고정용 힌지블럭 | • 20,000kN |
| | 대용량 강재 베이스 블럭 | • 20,000kN |

o 장비의 구축 방법

- 대용량 낙교방지장치 실험 장비를 구축하는데 필요한 유압가력기와 유압공급 장비는 조립식 고속 대용량 UTM에서 사용되는 장비들과 공유하고, 부대장비만을 신규로 구입하면 상당히 경제적으로 최고 성능의 실험장비를 구축할 수 있음
- 면진받침 실험 장비를 운영하기 위해서도 대용량의 유압펌프와 유압호스(또는 하드라인) 및 유압가력기가 필요한데, 이에 필요한 제반 시설 및 장비들을 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 하이브리드구조 실험센터에서 기구축하여 운용 중에 있으므로 기존의 시설·장비를 최대한 활용하여 경제적으로 구축할 수 있음

<표 1-26> 필요 장비 및 구축 방법>

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 조립식 고속 대용량 UTM | Max. 20,000kN Actuator | 신규 구입* |
| 유압 공급 시스템 | 720 GPM 유압펌프 | 기 보유 |
| | Accumulator | 신규 구입** |
| 유압 분배 시스템 | 720 GPM 유압호스 또는 하드라인 | 기 보유 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 기 보유 |
| | 해석 소프트웨어 | 기 보유 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 기 보유 |
| 재하시스템 | 재하프레임(Loading Frame) | 기 보유 |
| | 반력바닥(Strong Floor) | 기 보유 |
| | 반력벽(Strong Wall) | 기 보유 |
| 축력 도입 장치 | Max. 1,000kN Hydraulic Ram (5ea) | 신규 구입 |
| 온도조절장치 | 온도 챔버 | 신규 구입 |
| 부대 장비 | 시험체 고정용 힌지블럭 | 신규 구입 |
| | 대용량 강재 베이스 블럭 | 신규 구입 |

* 조립식 고속 대용량 UTM 구입 시 공유 가능
** 고성능 다자유도 Actuator 시스템 구입 시 공유 가능

## 카. 대형 지반구조물 실험 시스템(강성토조)

□ 배경 및 필요성

- 대형 지반구조물 실험 시스템(일명 강성토조라 함)은 지반과 구조물의 상호작용(외력이 작용하는 구조물의 거동에 대한 지반의 반응이나 거동에 따른 구조물의 상호 복합적인 거동)을 실험적으로 규명하기 위한 실험장비 시스템임
- 강성토조는 현장시료를 사용한 실물 및 축소 구조물의 정량적 모사 실험을 위해서 필요함
- 대형 지반구조물 상호작용을 평가할 수 있는 실험시설은 대형 토조(강성, 연성)와 함께 반력벽 시스템 및 진동대 시스템이 있어야 하므로, 기존 1단계 해당 실험시설에 대형 토조만 추가하면 예산을 절감하면서 실험 수요를 만족시킬 수 있음

□ 국내외 실험시설/장비 현황

o 해외 현황

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | Geotechnical Laminar Box |
| **보유기관** | Structural Engineering and Earthquake Simulation Laboratory at Buffalo |
| **장비 사양** | • 5 meters long X 2.75 meters wide<br>• Maximum capacity of 82.5 cubic meters<br>• Two 110 kips dynamic actuators<br>• A level ring for assembling and testing a vertical soil column<br>• A sloped ring that allows the testing of a soil column with a 2-degree incline |
| **장비 사진** | |

o 국내 현황

| | |
|---|---|
| **장 비 명** | 대형토조시스템 |
| **보유기관** | 대우건설기술연구소(DICT) |
| **장비 사양** | • 모래 지반 작성기<br>• 공기압 시스템<br>• 진공압 시스템<br>• 토조: 2D & 3D 사각토조, 원형토조<br>• 부속장비: 모래 및 자갈 호퍼, 가력장치, 인발장치 등 |
| **장비 사진** | <br> <br> |

| 장 비 명 | 조립식 토조 박스(Laminar Shear Box) |
|---|---|
| 보유기관 | 부산대학교 지진방재센터(SESTEC) |
| 장비 사양 | • Container Mass: 960 kg (40 layers, 24 kg/layer)<br>• Volume of soil That can be contained: 3.87 ㎥<br>• Max. mass of soil That can be contained: 7,740 kg<br>• 3D Rectangular<br>• Size: 1.9 m(W) x 1.1 m(D) x 1.8 m(H) |
| 장비 사진 | |

## 타. 주요 장비 구성 및 구축 방법

□ 장비의 주요 기능

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| Global Top 10 규모와 성능 | • 125m$^3$ 용량의 대규모 토조<br>• 세계 3위 규모의 지반구조물시스템 실험시설 |
| DAQ System | • 다수의 Data(Contact, non-contact) 수집 및 처리<br>• Lab VIEW를 활용한 통합형 측정 시스템 구축 |
| 배수조건 제어 | • 투수 시 지반-구조물 상호작용 연구<br>• 동적하중 작용 시 배수조건별 지반-구조물 거동 특성 연구 |
| 원격제어 시스템 | • 원격제어 실험수행 가능 |
| 정·동적 하중 제어 | • 구조물 기초의 복합하중에 의한 지반의 거동특성 규명<br>• 동적하중 하의 지반거동에 의한 구조물 영향 정도의 정량적 평가 |
| 가변형 토조 시스템 | • 다양한 조건(토질, 크기)에 적합<br>• 사용목적에 맞는 경제적 시험 수행 |

□ 장비의 최소 사양

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 유압가력 장치 (Actuator) | Static Actuator | • Capacity : 0 ~ 2000 kN<br>• Stroke : ±300 mm<br>• 개수 : 5개 |
| | Dynamic Actuator | • Capacity : 0 ~ 300 kN<br>• Stroke : ±100 mm<br>• Amp. Frequency : 0 ~ 100 Hz<br>• 개수 : 5개 |
| 모래시료 조성장치 | 자동 낙사 장치 및 다짐 장비 | • 토조 상부 크레인을 통해 수평 이동 가능<br>• 개폐율 및 낙사고를 조정하여 35~80% 사이로 상대 다짐도 조정<br>• 더 조밀한 다짐을 원하는 경우 인력 및 소형 다짐 장비 사용 가능 |
| 점토시료 조성장치 | 슬러리 믹싱기 | • 용량 : 0.2$m^3$ |
| | 배수판 | • 상·하부 1개씩 총 2개 |
| 기타 장비 | LVDT | • ±100 ~ 500 mm<br>• 구조물 또는 지반의 수평 및 수직 변위 측정용 |
| | Static Strain Measuring Equipment | • Measuring Speed: 1000 Channel per second<br>• Data processing using Built-in Functions |
| | Dynamic Strain Measuring Equipment | • Simultaneous Data Sampling Rate: 100 Hz max<br>• LAN interface. FFT Analysis, Histogram, X-Y graph |
| | Force Transducer | • ±0 ~ 2000 kN<br>• 전단 하중 및 수직 하중 측정 |
| | Pore Pressure | • 0 ~ 300 kPa |
| | Accelerometer | • 0.1 ~ 1000 Hz |

□ 장비의 요구 시설

| 내용 | | 비고 |
|---|---|---|
| 반력벽 | | • L 자형<br>• 7m x 2m x 8m , 10m x 2m x 8m<br>• 반력 바닥과 일체형<br>• Actuator 설치용 Hole 보유<br>• 철근콘크리트 사용 |
| 토조 벽체 | 이동식벽체 | • 5m x 0.1m x 5m<br>• 반력벽에 롤러 고정<br>• 고정된 반력벽의 수평 방향으로 이동하며 토조 크기 변화 가능 |
| | 조립식벽체 | • 1m x 0.1m x 1m(최소)<br>• 5m x 0.1m x 5m(최대)<br>• 최소 규모의 벽체를 볼트 접합하여 다양한 규모의 벽체 조립 가능 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | • Actuator 컨트롤 장비 및 유압 컨트롤 판넬 |
| | 해석 소프트웨어 | • 데이터 처리 프로그램 및 PC |
| | 자료 수집 및 네트워크 | • DAQ system을 통한 계측 자료의 수집, 분석 및 저장<br>• DAQ 제어 컴퓨터와 연결된 네트워크 장비를 통하여 각종 계측정보 공유 가능 |
| 부대장치 | 크레인 | • 20, 50, 100ton<br>• 토조 상부에서 수평 방향 이동이 가능 |
| | 미니 백호 또는 지게차 | • 1 ton |
| | 기타 공구 | • 조립식 벽체 접합용 볼트, 접합판 및 기본 소요 공구 |

□ 구축 방법

o 최소 요구 장비 중 대부분의 유압가력장비와 강성 토조를 설치하는데 필요한 주요 시설물 및 장비인 반력벽과 재하프레임도 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 기 보유하고 있음

o 모래시료 조성장치와 점토시료 조성장치만 신규로 구입하고 그 외 제반 실험장비는 기존의 실험 장비를 활용함

<표 1-27> 장비 구축 방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 유압가력 장치(Actuator) | Static Actuator | 기 보유 |
| | Dynamic Actuator | 기 보유 |
| 모래시료 조성장치 | 자동 낙사 장치 | 신규 구입 |
| | 다짐장비 | 신규 구입 |
| 점토시료 조성장치 | 슬러리 믹싱기 | 신규 구입 |
| | 배수판 | 신규 구입 |
| 기타 장비 | LVDT | 일부 구입 |
| | Static Strain Measuring Equipment | 기 보유 |
| | Dynamic Strain Measuring Equipment | 기 보유 |
| | Force Transducer | 일부 구입 |
| | Pore Pressure | 신규 구입 |
| | Accelerometer | 일부 개선 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 일부 개선 |
| | 해석 소프트웨어 | 일부 개선 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 일부 개선 |
| 부대장치 | 크레인 | 기 보유 |
| | 미니 백호 또는 지게차 | 기 보유 |
| | 기타 공구 | 기 보유 |

<표 1-28> 필요 시설 및 구축 방법

| 시설명 | | 비고 |
|---|---|---|
| 반력벽 | | 기 보유 |
| 토조 벽체 | 이동식벽체 | 신규 구입 |
| | 조립식벽체 | 신규 구입 |

## 파. 신재생에너지 실험시스템 구축

□ 배경 및 필요성

- 최근 풍력발전은 단위 면적당 전력생산량 증가와 발전단가의 저감을 위해 발전기가 대형화되고 있고, 이와 같은 발전기의 대형화로 인해 육상 풍력발전에서 해상풍력발전으로 전환되고 있음
- 국내 해양에너지 개발과 관련된 많은 연구 및 상용화가 해상풍력발전 위주로 진행되고 있으며, 해상풍력발전단지의 경우 수심에 대한 제약이 따르므로 평균 수심 5~24m인 영광, 신안 해안으로부터 2~20km 떨어진 위치에 건설하는 방안이 계획되고 있으며, 육상풍력발전단지는 영광, 신안, 무안 일원에 건설될 예정임
- 2012년부터 의무할당제(RPS)가 시행 예정됨에 따라 해상풍력에 대한 연구 및 개발도 더욱 활발해지고 있으며, 전 세계적으로 2008년말 기준으로 해상풍력발전단지의 설비용량은 총 27,000MW이고, 2020년까지 200~250GW 용량의 설비가 설치될 예정임
- 100대 국정과제 중 신재생에너지 산업 육성, 과학기술 기본계획 577전략 중 신재생에너지 기술(태양, 풍력, 바이오)단지 조성 기술, 국토해양 R&D 발전전략 (Green-up 30, 2013~2020) 중 해상에너지 복합단지 조성 기술
- 전 세계적으로 탄소저감과 관련하여, 조력, 태양열, 풍력발전에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이들 새로운 에너지 기반 발전 기지를 구축하는 기술의 개발이 시급한 실정임

□ 국내외 실험시설/장비 현황

o 국내 현황

| 장 비 명 | 풍력기(Wind Generator) |
|---|---|
| 보유기관 | 한국건설생활환경시험연구소(KCL) |
| 장비 사양 | 최대 35m/s, Steel propeller guard, 8-cylinder engine<br>Fan diameter : 3500mm, Remote control(15m 이내)<br>전체 장비 무게 : 1.5톤 이하<br>시료설치용 대형 스틸 챔버(Test Chamber) |
| 장비 사진 | |

o 해외 현황

| | |
|---|---|
| 장 비 명 | Wall of wind generator |
| 보유기관 | Florida International University |
| 장비 사양 | 12 electric fans,<br>Maximum flow : 240,000 CFM at 700HP (only 1 fan)<br>2,880,000 CFM at 8000HP (12 fans)<br>category 5 hurricane<br>Open return, subsonic wind tunnel facility<br>Grand Opening date : Aug 21st. 2012<br><br>6 electric fans,<br>Maximum flow : 131 to 155 mph<br>category 3-4 hurricane |
| 장비 사진 | |

□ 주요 장비 구성 및 구축 방법

o 장비의 주요 기능

<표 1-29> 최소 요구 시설

| 내용 | 비고 |
|---|---|
| 풍동 시험부 | • 경계층 풍동(해상 풍속 프로파일 모사)<br>• 충분한 유로 길이 확보 및 시험부 크기(폭 12m, 길이 40m, 대규모 풍력발전 단지 모사를 위한 큰 규모 필요)<br>• 대규모 턴테이블(풍향 모사) |
| 신재생 에너지 실험 시스템 | • 128채널 다점풍속계(대규모 Wind farm 풍력발전기 풍동실험 가능)<br>• 모형에 최대한 가깝게 설치가 가능하고, 최대 2000Hz 속도로 측정 가능한 3차원 풍속 및 난류강도 측정 시스템(Cobra Probe)<br>• 풍압측정 시스템 512 채널 추가(기존 512 채널 기 구축 완료)<br>: 실험시간 단축 및 효율을 높여 실험시설의 가동율 극대화<br>• 유동장 가시화 장비 고도화(풍력발전기 배치에 따른 그림자 효과 등을 눈으로 확인 가능) |

o 장비의 구축 방법

- 기존의 대형풍동실험센터에서 보유한 저속시험부는 길이 40m, 폭 12m의 대규모 풍력발전단지 배치 실험을 위해서는 추가적인 시설 확장이 필요 없이 추가적인 센서 구입으로 곧바로 대응가능한 장점이 있음(풍동 유로의 길이를 고려한 시험부 면적은 세계 최대 규모)
- 대규모 풍력발전단지의 도입으로 약 100여기 이상의 풍력발전기가 밀집되어 설치되고 있으며, 향후 보다 큰 풍력발전 단지가 설치될 예정임, 이를 대응하기 위해서는 약 128채널의 다점풍속계(동시측정)가 필요
- 기존의 유동장 가시화 장비의 고도화를 통한 풍력발전기 배치 조건에 따른 유동장의 변화 및 기류 흐름의 분석, 기류의 속도에 따른 3차원 계측, 영상계측 및 분석을 통해 눈으로 직접 확인이 가능하여 실험성능의 질 향상 및 신뢰성 확보에 활용
- 풍력발전 단지의 풍력에너지 평가를 위한 시설 및 센서는 아래 표에 나타나 있음

<표 1-30> 필요 장비 및 센서 구축 방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 대규모 실험 시설 | 대형풍동 저속시험부(폭 12m, 길이 40m) - 세계 최대 규모 | 기 보유 |
| 신재생에너지 실험 장비 및 계측기기 | 다점풍속계(128채널) 측정 시스템 구축 | 장비 개선 (시스템구축) |
| | 압력측정장치 시스템구축 | |

# 제 3 절 연구의 목적 및 범위

## 1. 연구목적

o 본 연구는 건설연구인프라 1단계 실험시설장비 성능개선을 위한 상세추진계획을 작성하는데 목적이 있음

- 국토교통분야 R&D 기술수준 발전과 국가 대형실험시설 인프라의 활용성 제고를 위해 필요한 연구/실험 인프라 성능개선 필요성 부각
- 1단계 실험시설 장비 성능개선에 필요한 상세 장비 요구 분석과 세부 사업추진체계 등 사업시행을 위한 기본계획 수립을 목표로 함
- 본 과업은 '건설연구인프라 운영고도화' 연구과제의 일환으로 수행됨

## 2. 연구범위

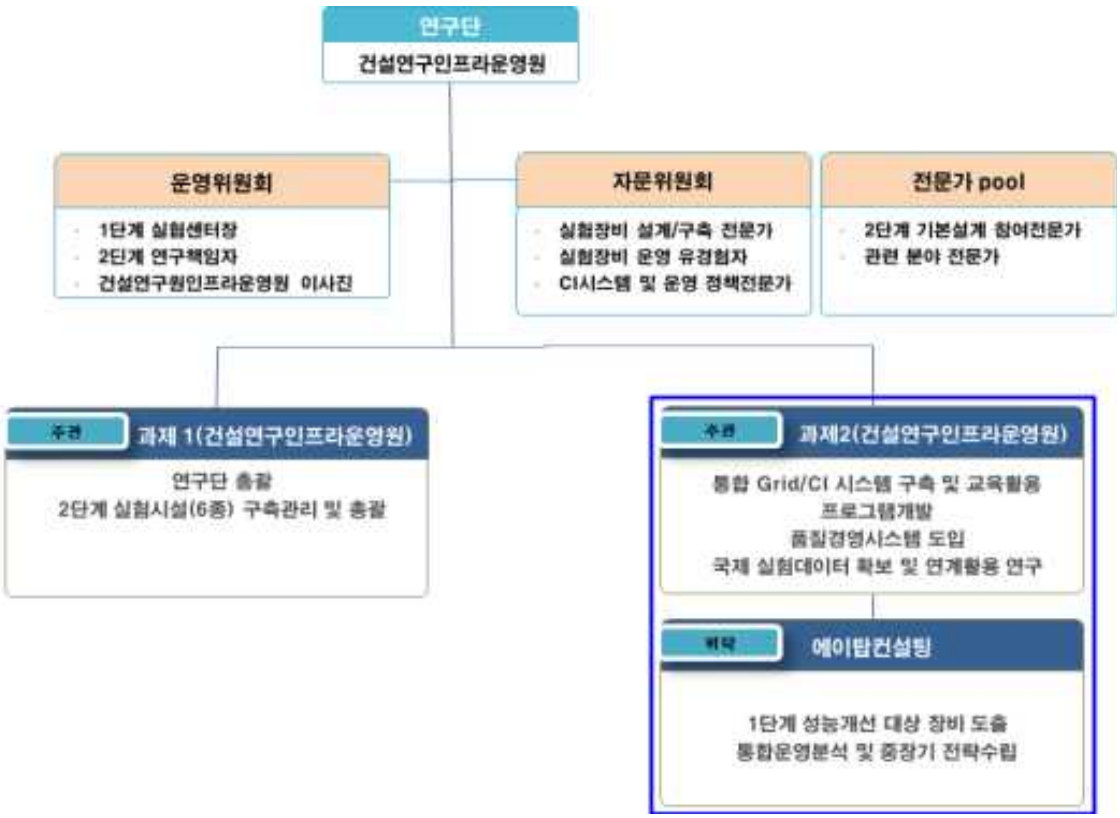
<표 1-31> 기획연구의 범위 및 내용

| 연구범위 | 내용 |
|---|---|
| 1단계 실험장비 구축 및 활용 현황 | - 센터별 실험장비 구축현황<br>- 1단계 실험시설 활용 현황 |
| 국토교통 연구분야별 동향 | - 구조/재료 분야<br>- 건축/방재 분야<br>- 수공 분야<br>- 지반 분야<br>- 도로/교통 분야 |
| 장비고도화 대상 선정 | – 평가방법 및 대상장비<br>– 고도화 대상장비 선정<br>– 고도화 대상장비별 기대효과 |
| 성능개선 장비 상세분석 기획 | – 성능개선 대상 장비 상세분석 |
| 장비 성능개선 구축계획 | – 추진전략 및 체계<br>– 실험장비 구축 세부계획<br>– 주관연구기관 선정 및 평가방안 |

## 3. 연구추진체계

o 건설연구인프라운영원 주관, '건설연구인프라 운영고도화 연구'는 하기의 그림과 같이 2개의 과제로 추진되고 있음

- '1단계 실험시설장비 성능개선 상세분석 및 구축계획 수립' 연구는 '건설연구인프라 운영고도화' 연구과제의 일환이며, 주관기관인 건설연구인프라운영원과 위탁기관인 에이탑컨설팅이 수행




[그림 1-4] 연구추진체계

# 제 2 장 국토교통 기술분야별 연구동향 분석

## 제 1 절 구조/재료 분야

### 1. 산업동향

#### 가. 국내

□ 구조/재료 분야 관련 건설기술 관심도 증대 및 구조물 용도 적용 확대

o 구조/재료 분야의 전반적인 산업동향은 플랜트, 초고층 건축물, 초장대 교량, 구조물의 방재, 에너지 개발 및 신에너지 개발과 관련된 건설기술을 중심으로 분석이 이루어지고 있음

o 부유식 구조물에 대한 기술연구는 이미 많은 발전이 이루어졌기에 기존의 구조물 용도도 석유시추 및 저장에서 벗어나, 해상부유식 LNG 플랜트(Green-up 30), 해상 에너지 복합단지 조성기술(Green-up 30), 공항, 항만, 군사기지 등으로 활용도가 매우 높고, 건설시장 또한 크게 확장될 것으로 보임

- 부산시는 광안리에 9,000톤급 무동력 바지선에 건립하고 있는 고래 모습의 해상 관광 호텔을 조성하고, 해양 관광시설로 활용하고 있으며, 해양테마 체험관, 영화관, 컨벤션홀, 테마공간 등이 마련됨

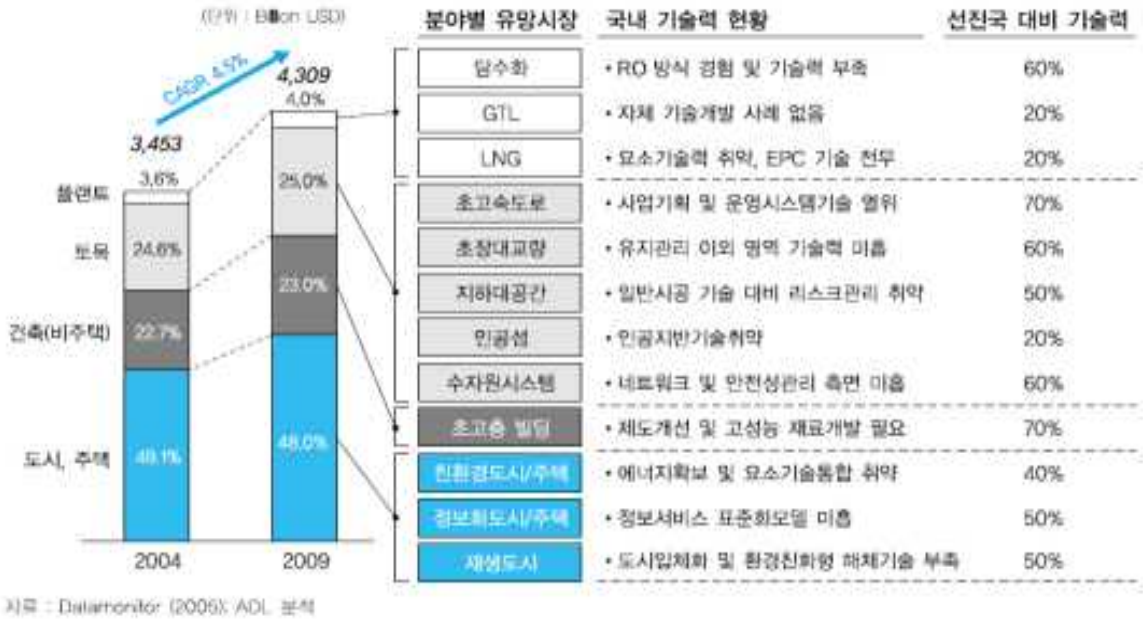
- 이외, 화성시, 안산시, 시흥시는 공동으로 2019년까지 반달섬 프로젝트를 추진하여 시화호 북측 간척지에 상업용지 17만㎡를 이용해 리조트와 호텔, 마리나 시설 등 초대형 문화관광복합타운을 건설할 계획이며, 반달섬 내에는 여의도 63빌딩과 같은 250m 높이의 500실 규모의 해상호텔이 건설될 예정임

[그림 2-1] 부산 신항만('06)

□ 구조/재료 기술발전에 따른 성능 향상 평가 필요 증대

o 초고층 건축물, 초장대 교량, 원자력발전소를 비롯한 플랜트, 부유식 구조물은 상당 부분 상용화 단계에 있으며, 현 수준에서의 기술발전을 위해선 보다 정밀한 성능평가가 실험적으로 이루어질 필요가 있음

o 따라서 실제 크기 구조부재 및 구조물을 실험할 수 있는 대형 실험시설, 실제 하중을 모사할 수 있는 실험시설(다축, 진동, 고속 또는 충격 하중, 화재), 기존 건설재료가 저탄소 건설재료로 대체되었을 때의 성능평가 및 외부환경 영향 파악을 위한실험시설이 필요함




[그림 2-2] 세계 건설시장 성장전망 및 유망분야별 기술경쟁력

## 나. 국외

□ 건축기술의 수요증대 및 시장성장

o 초고층건축물의 공급이 활성화되기 시작한 90년 이후 전 세계에 공급된 높이 200m 이상 초고층건축물 중 아시아(중국, 중동 포함)대륙에서 공급하는 2010년까지는 55% 전후였으나 '12년도에 40동(53%), '13년에 62동, '14년도에 53동(약 42%) 등 총 155동을 공급하는 등의 사유로 '11년~'14년도의 경우 약 46%로 다소 저하되는 것으로 나타났으나 여전히 세계 초고층건축물의 최대시장임

o 2008년 글로벌 금융위기 이후 전 세계적인 경기불황 속에서도 초고층건축물에 대한 수요는 지속적으로 이루어졌으며 향후 전통적인 아시아시장 이외에도 중남미, 아프리카, 인도 등에서도 초고층건축물시장 전망은 최대 560조, 2020년에는 1,696억 달러에 달할 것으로 전망하는 등 긍정적으로 전망됨

## 2. 정책동향

### 가. 국내

□ 박근혜 정부 '140대 국정과제' 및 '국가재정 운영계획'

o (국정과제) 과학기술을 통한 창조 산업 육성, 산·학·연·지역 연계를 통한 창조산업 생태계 조성, 국가 과학기술 혁신역량 강화, 환경유해물질 관리 및 환경 피해구제 강화, 에너지공급 시설의 안전관리 강화 등

o (운영계획) 기초·원천연구 투자 지속 확대, 신성장동력 및 녹색기술 투자 확대, 원전·고속철도 등 글로벌경쟁력 제고 및 세계시장 선점을 위한 소재분야 지원 강화, 연구장비 공동활용 촉진, 저탄소 녹색교통 확충, 4대강 살리기, 항만의 국가경쟁력 강화, 시장이 하기 어려운 핵융합, 우주개발 등 대규모 국책사업 지원

□ 건설교통 R&D '중장기 계획(2013~2017)' 및 '혁신로드맵(2006-2015)'

o (중장기) 지속가능 성장과 녹색건축 실현을 위한 건축물 에너지 저감 기술 고도화, 친환경 설계·시공·유지관리를 통한 환경부하 저감, 탄소저감형 건설재료 기술 개발, 시간제어형 생분해성 건설자재 개발, 고층 구조물 외벽 유지관리용 지능형 로봇 시스템 개발 등

o (혁신로드맵) 스마트 하이웨이, 초장대교량, 생산성·안전 향상, U-도시 기반기술, 생태도시 기반기술, 지하공간 개발, 해저터널, 인공섬 조성, 초고층 복합빌딩 시스템, 사회적 약자를 위한 주거모델 개발

□ '국토해양 R&D 발전전략(Green-up 30, 2013~2020)'

o 첨단 무탄소도시 조성 기술, 순환형 도시자원 복합 플랜트, 능동형 녹색빌딩 기술, 탄소저감형 건설재료, 해저터널 기술, 지능형 친환경 교량, 해상 부유식 LNG 플랜트, 대도심 교통·물류 네트워크 구축 기술, 자원순환형 항만 기술, 해상에너지 복합단지 조성 기술

□ '기후변화대응 종합대책'

o 주요 업종별 감축목표 설정, 에너지효율향상 의무화제도 도입, 기후변화 R&D 투자 확대, 융합녹색기술개발 추진, 핵심분야 선도적 기술 확보, 그린홈 100만호 조성사업, 조력·조류·파력 등 해양에너지 개발, 원전설비·기술용역 수출 확대, 수도권 도시간 종합적 대중교통망 확충 및 경전철 등 신대중 교통수단 확대, 건물부분 에너지절약 설계 기준 강화, 에너지 순환형 기반시설 설치 확대

## 나. 국외

□ 미국

o 구조물에 성능기반 내진설계법이 도입되어 사용 중이며, 성능 설계법은 큰 지진시 구조물의 붕괴도 방지할 뿐 아니라 작은 지진에서도 기능수행에 관한 성능 요구조건을 충족하도록 설계

o 공동주택의 리모델링은 정부가 저소득층을 위해 분양을 하거나, 임대 저소득층을 위한 공동임대주택에 보다 초점을 맞추고 있으며, 세금우대프로그램, 주택과 커뮤니티의 현대화를 위한 지원프로그램(종합 개량 프로그램과 종합 보조금 프로그램)을 시행

o 건축물의 모든 분야에서 특정 성능을 향상시킴을 목적으로 건축물의 특정 성능에 대한 평가항목 및 기준을 개발·적용

□ 일본

o 고베 지진 이후 이전의 한 단계 지진하중에 대한 내진설계로부터 두 단계 지진하중에 대한 내진설계로 내진설계기준을 개정하였으며, 또한 주택에 초점을 맞추고 중고 주택시장거래의 활성화와 리폼활성화의 두 가지 구체적 과제를 설정

o 부족한 주택 공급의 양적목표 달성 후 재고주택의 유효한 활용을 위해 증·개축, 유지·수선 증 주택개량 촉진 및 관련사업의 육성을 도모하고자 '도시기반정비단'이라는 공공기관에서 선도적으로 시범 리모델링을 시행

o 1995년 고베 대지진 후 안전분야에 대한 대대적인 제도상의 정비, 보완을 건축정책의 근간으로 설정하였으며, 노후화된 건축물의 리모델링이 급격히 증가함에 따라 유지관리 실효성을 높이기 위한 정기보고제도 등 도입

□ 유럽

o 기초구조물의 교량 설계 시 Eurocod 7(하부구조편)을 채택

o 유럽공동체에 공동으로 적용할 수 있는 설계기준인 유로코드를 1990년부터 개발

o 주거건물의 환경요소를 종합적으로 검토하여 건강하고 쾌적한 주거단지 건설과 주거수준의 질적 향상을 유도하기 위해 유지관리 규정인 HQI(Housing Quality Indicators) 운영

## 3. 기술동향

### 가. 국내

□ 교육부의 경우는 원천기술분야, 미래부와 농림축산식품부의 경우 원자력발전소 및 하천개발계획과 같은 현재 시급히 요구되는 기술에 대해 투자 계획

o 국토부의 경우 2012년부터 2020까지의 연구개발 계획인 “Green-up 30”을 준비하고 있으며, 본 계획에「탄소저감형 건설재료」가 포함되었으며, 이와 관련된 연구가 앞으로 상당기간 집중적으로 수행될 전망

<표 2-1> 미래핵심기술 “Green-up 30” 기술리스트

| 분야 | 에너지 고효율·$CO_2$ 저감 | 공공 및 성장동력 창출 |
|---|---|---|
| 건설 (12) | · 탄소저감형 건설재료 | · 네트워크 기반 SOC시설물 관리기술 |
| | · 첨단 무탄소도시(Smart Green City) 조성기술 | · 지능형 친환경 교량(Intelligent Green Bridge) |
| | · 순환형 도시자원 복합 플랜트 | · 첨단 수자원 관리 기술 |
| | · 능동형 녹색빌딩(Active Green Building) 기술 | · 해저터널 기술 |
| | · 하이브리드 담수화플랜트 기술 | · 해상부유식 LNG플랜트(LNG-FPSO)기술 |
| | · 하천관리 선진화 기술 | · 차세대 국토해양 공간정보 기술 |
| 교통 (9) | · 차세대 녹색도로교통운영기술 | · 미래형 개인용 항공기(PAV) 종합운용체계 기술 |
| | · 그린카(Green Car) 인프라 기술 | · 친환경 화물운송수단 |
| | · 철도운영 효율화를 위한 차량개발 및 친환경 인프라구축 기술 | · 대심도 교통·물류 네트워크 구축 기술 |
| | · 탄소중립형도로(Carbon Neutral Road) | · 차세대 항공시스템 친환경 선도기술 |
| | · 에너지 절감형 물류시설/장비 및 운영기술 | |
| 해양 (9) | · 친환경 해양장비 및 기반기술 | · 해양재난재해 대응기술 |
| | · 그린쉽(Green Ship) 기술 | · 자원순환형 항만 기술 |
| | · 해양바이오(Ocean Bio) 기술 | · 항만물류 시설/장비 고도화 |
| | · 해양 녹색 금속자원(Ocean Green Metal) 추출 기술 | · 극한지 탐사로봇 및 장비개발(탐사로봇) |
| | · 해상에너지 복합단지(Ocean Energy Farm) 조성기술 | |

o 한편, 선진국과 달리 새로운 건설재료 개발에 관한 실험인프라(재료의 미세구조 관측 및 미세구조 특성 측정 장비, SEM, AFM, MIP, XRD, FTIP, NMR, UAFM, FBRM 등)가 부족한 실정이며, 원천기술을 확보하는 혁신적 기술개발을 위해서는 이에 대한 대비가 필요할 것으로 판단됨

□ “Green-up 30”의 새로운 설계 및 시공기술이 필요한 분야

o 첨단 무탄소도시 조성 기술

o 능동형 녹색 빌딩 기술

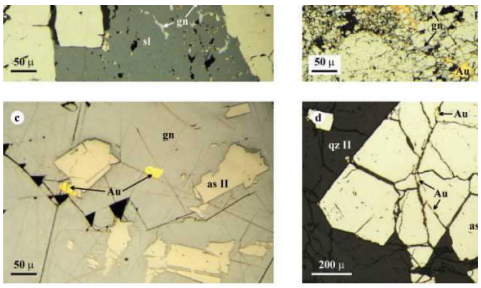
o 탄소저감형 건설재료

o 해저터널 기술

o 지능형 친환경 교량

o 탄소중립형 도로

o 대심도 교통·물류 네트워크 구축 기술 등




[그림 2-3] Green-up 30 내 구조분야 관련 기술 일부

□ 구조물의 실제 성능, 즉, 안전성, 내구성, 사용성 등을 사전에 예측하는 기술이 필요하며 특히 미래에 계획되고 있는 구조물에 대해서는 경험과 지식이 부족한 상황임

o 구조물에 대한 경험과 지식의 부족으로 인해서 성능 예측에 있어 실제와 많은 차이를 나타나고 있는데, 이는 수학적 해석기법에 의한 것이라기보다는 구조물을 이루는 재료의 실제 특성을 정확하게 반영하지 못한 결과라고 해석할 수 있음

o 따라서, 실험을 통해 이러한 성능을 정확히 파악하는 것이 매우 중요하며, 안전성능을 평가하기 위해서는 여러 가지 극한상태를 모사할 수 있는 실험시설이 필요함

□ 사용성능 및 내구성능을 평가하기 위해서는 장기간 실제 환경변화의 영향을 재현할 수 있는 대규모 옥외(또는 폭로) 실험시설, 재료의 내구성 미세분석 실험시설 등이 필요함

o 이러한 실험시설이 확보되어야 정확한 성능평가가 가능하며 위에서 언급하고 있는 미래 전략 기술의 설계 및 시공에 대한 성공가능성이 크게 향상될 것임

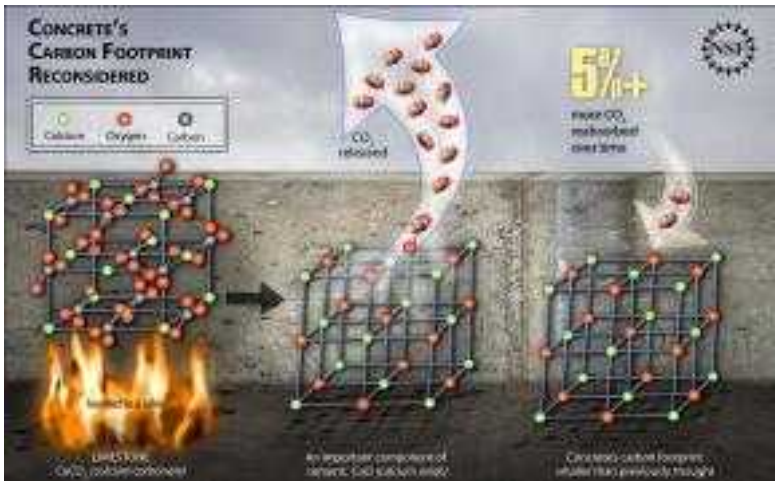
o 스마트 구조기술은 구조물의 사용중 사용성능과 내구성능을 실시간으로 파악하고, 외부환경변화(지진, 날씨, 충동, 폭파 등)에 구조물이 적극적으로 또는 자체적으로 대응할 수 있는 일련을 시스템을 구축하는 기술임

o 구조물의 유지관리 분야에 필요한 실험시설로는 대규모 기후모사 시설시설(Large Scale Climate Simulator), 비파괴 실험시설, 실제 크기 구조물 실험이 가능한 대규모 야외 실험시설이 있음

## 나. 국외

□ 구조용 건설재료뿐만 아니라 건축 내·외장재를 포함한 모든 재료에서 이산화탄소를 최소화할 수 있는 방안이 모색되고 있음

o 시멘트 생산량은 매년 5%의 신장률을 보이고 있으며(IEA의 보고), 2050년경에는 현재의 2배 수순인 56억ton의 시멘트가 필요할 것으로 추정되고 있는 가운데, 시멘트에서 발생하는 이산화탄소를 획기적으로 줄이기 위한 新건설재료 개발연구가 전 세계적으로 활발히 추진되고 있음




[그림 2-4] 시멘트 생애주기 이산화탄소 발생량

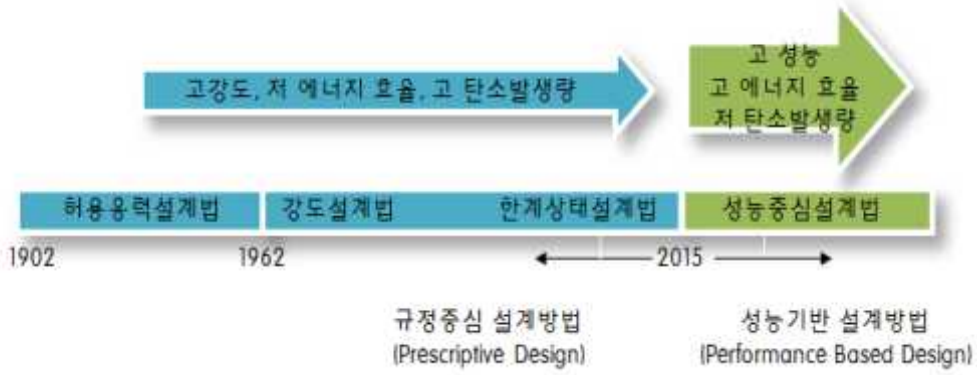
□ 1995년 세계무역기구(World Trade Organization)의 설립으로 교역에 있어 국제 표준의 중요성이 부각되고 있음

o 현재 세계 교역량의 80%가 이러한 국제표준에 영향을 받는 것으로 파악되고 있으며, 또한 국제 표준에 관하여 세계무역기구는 "참여국들이 성능 관점에서 상품의 요구 조건에 관한 기준을 정하여야 한다."라고 규정하고 있음

o 이것은 참여국들이 어떤 상품에 대하여 제작방법 및 절차가 아닌 성능에 기초한 요

구 조건을 기준으로 교역을 해야 한다는 것을 의미하며, 건설시장 역시 이러한 성능중심의 상품시장으로 간주하고 있는 것으로 해석됨

- 따라서, 기존의 규정중심 설계방법(prescriptive design method)을 성능중심 설계방법(performance based design method)[1]으로 변경해야 하는 상황임




[그림 2-5] 설계법 발전과정

□ 탄소저감과 관련하여, 조력, 태양열, 풍력 발전에 대한 수요가 급격히 증가하고 있으며, 이들 새로운 에너지 기반 발전 기지를 구축하는 기술개발의 시급성 대두

o 많은 선진국들이 해상 풍력기지, 해상 부유체를 이용한 태양열 발전 등 지금까지 경험하지 못한 새로운 구조물 건설에 대해 대비하고 있음

□ 구조·재료 시공과 관련하여 BIM(Building Information Modeling), 건설로봇 기술 등을 활용한 시공자동화 기술개발이 활발하며 스마트 기술이 광범위하게 적용될 전망

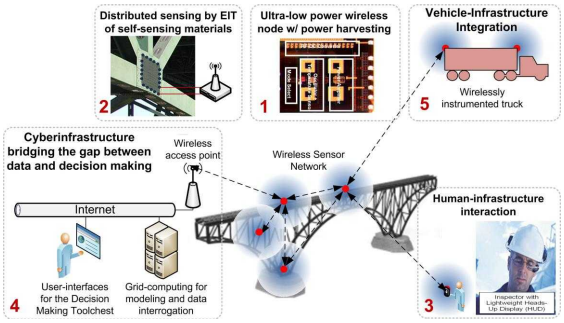
o 시공자동화 기술 적용을 통해 시공관리 및 건설노무비를 획기적으로 줄일 수 있을 것이며, 유지관리와 관련하여 스마트 구조기술[2]이 매우 광범위하게 적용될 것으로 보임

- NSF 토목·기계분야(Civil and Mechanical Systems)에서는 연간 5백만불 이상을 센서 및 관련기술의 개발을 위해 투자하고 있으며, NSF에서 제안하고 있는 스마트 센서 기술로, ① 구조물의 모니터링 및 건전성 평가를 위한 분산 센서 시스템, ② 시공비용과 유지관리비용의 균형적인 계획을 위한 해석적 기법, ③ 생체모방기술을 이용한 센서 기술, ④ 유비쿼터스 컴퓨팅 환경을 능동적으로 활용한 센서기술 등을 들 수 있음

- 향후 이루어질 스마트 재료를 도입한 시설물의 경우에는 그 특성을 정확하게 반영할 수 있는 새로운 이론에 의한 해석프로그램이 개발 되어야 하며, 시설물의 현 상태를

1) 성능중심 설계란 구조물이라는 상품이 소비자가 생산자에게 요구한 성능을 발휘하도록 설계한다는 것을 의미함
2) 스마트 구조기술이안 외부의 자극을 감지, 판단하여 구조물의 반응을 능동적으로 제어할 수 있게 하는 기술임

평가, 즉 Diagnosis와 이를 반영한 향후 성능에 대해 예측하는, 이른바 Prognosis를 위한 해석은 스마트 구조기술과 관련된 해석분야의 과제라 할 수 있음




[그림 2-6] 스마트 구조물의 개념도

o 이러한 스마트 구조해석은 개발된 스마트 재료 및 센서기술과 이를 활용한 스마트 구조물의 진동제어, 모니터링, 평가를 연결시켜주는 기능을 수행할 것으로 보여짐

□ 스마트 구조기술의 모니터링 증가 및 융합 시도성을 통한 기술적용의 일반화 필요성 대두

o 스마트 구조기술은 구조물의 전생애 주기 동안 이산화탄소발생량을 모니터링하고 평가할 수 있는 기술도 포함하고 있으며, 이산화탄소 발생을 최소화하기 위한 핵심 기술 중 일부로 평가되고 있음

o 스마트 구조물과 관련해서는 센싱기술, 로보틱스 및 메카트로닉스 기술과 융합이 시도되고 있음

# 제 2 절 건축/방재 분야

## 1. 산업동향

### 가. 국내

□ 건물 내부 환경 분야의 외피 시스템 시장은 2015년까지 외피면적 17백만㎡을 기준으로 약 5.0조원의 시장을 형성할 것으로 예상됨

o 건물 에너지 분야에서는 재생에너지 시장이 부각되고 있는데, 경우는 공공 건축물에서 전체 공사비의 5%이상을 재생 에너지 분야에 사용하고 있어 초고층 분야에만 2015년까지 약 7조원의 시장 규모가 예상됨

o 건축 설비 분야에서는 저에너지형 내부환경 조절설비 관련 시장이 부각되고 있는데, 이 중 TABS(Thermally Active Building System) 시장이 확대되고 있으며, 이 시스템은 초고층 건물이 늘어남에 따라 수요가 증가할 것으로 보임

<표 2-2> 건축 환경 설비 에너지 분야의 시장규모 예측

| 구분 | | 시장규모 예측 | | |
|---|---|---|---|---|
| | | 10년 후 | 15년 후 | 근거 |
| 하이테크 외피시스템 | | 48조 | 77조 | 기술개발완료시점(2015년)의 시장성장률이 현 70%로 예상됨 (LG 경제 연구소 분석 자료(2007)) |
| 신재생에너지 | | 180조 | 207조 | EU energy policies에 의하면 향후 20년간 한해 평균 17%이상의 성장률을 보임 |
| 저에너지형 내부환경 조절설비 | 오피스용 슬래브 시스템 | 2.2조 | 3.5조 | Earth Tech Canada, 2002, New Approaches to Economical Energy Efficient Buildings |
| | 주거용 HVAC 시스템 | 3.2조 | 6.6조 | Freedonia, 2006, World HVAC Equipment |

□ 건축 방재 분야에서는 기후변화에 따른 재난재해에 대하여 과학기술 기본계획 577 전략과 저출산 고령화문제에 따른 기후변화 대응종합정책 필요성 대두

o 기후변화와 관련한 가장 큰 이슈는 PBD기반의 피난안전설계 기술로써, 본 기술은 대부분 외국계 엔지니어링 회사(SOM, FPF, IEEE)에서 독점하고 있음

o 한편, 국내 건축물의 피난설계 및 계획은 외국 설계엔지니어링에서 담당하고 있어, 국내기업의 시장점유율은 매우 낮은 상황임

## 나. 국외

□ 미국/일본

o 미국, 일본 등 주요국의 건축설계, 엔지니어링 산업의 생산성이 우리나라의 약 2배에 달하고 있으며, 특히 미국의 경우 종사자 1인당 매출규모가 우리나라보다 2.4배 높고, 일본의 경우 1.9배 높은 수준임

o 건축설계, 엔지니어링 분야 중 '건축 환경 설비'와 관련된 산업은 미국, 서유럽, 일본 지역에서 84%를 차지하고 있으며 최근에는 아시아와 남미 지역의 환경 시장이 급격히 성장하고 있음

o '건축 환경 설비 에너지 분야'에서 외피시스템의 경우, 10년 후 48조, 15년 후 77조의 시장이 형성될 것으로 예측되며, 대체에너지의 경우, 전 세계적으로 미국의 시장규모가 가장 큼

□ 유럽

o EU energy policies에 의하면, 향후 20년간 한해 평균 17%이상의 성장률을 보일 것으로 예상됨

- 건축 설비 분야의 저에너지형 내부환경 조절설비 중 TABS는 10년 후 2.2조, 15년 후 3.5조의 시장이 형성, 주거용 HVAC시스템은 15년 후 6.6조에 달하는 시장규모가 예측됨

o 건축 방재 분야의 화재 및 피난안전성설계와 평가에 관한 기술은 현재 초고층 건축물의 E/V피난방법과 연기의 성상을 고려한 설계 및 계획에 기술 초점이 있음

- 주요선도업체는 KONE(독일), SOM(미국), KPE(미국), Arup Associate(미국), IEEE가 전체적인 E/V 기술을 활용한 피난안전성기술을 개발중에 있음

[그림 2-7] G7 국가의 건축설계, 엔지니어링 산업 - 업체 1개 당 매출실적

## 2. 정책동향

### 가. 국내

□ 건축/방재 분야는 현재 신재생 및 청정에너지를 활용한 그린빌딩을 중심으로 정책을 추진하고 있음

o 세계 각국의 에너지 효율 개선노력에도 불구하고, 향후 20년간 총 에너지 소비량이 약 50% 증가될 전망에 따라 우리나라는 건축물 에너지 성능인증제도, 저에너지, 제로에너지 건물 프로그램 및 제도를 적극적으로 추진하고 있음

o 한편, 초고층빌딩은 기존 초고층빌딩 대비 규제완화, 특별건축구역지정, 용적률 완화 등 별도의 정책추진을 준비하고 있음

□ 한편, 화재발생위험도와 소실위험도의 관계 등을 중심으로 한 화재위험성평가 중심의 정책추진에 필요한 연구가 진행되고 있음

- 그러나 복잡한 도시화재 성상을 예측할 수 있는 도시화재 물리적 성상 예측 모델이 필요하며, 이를 위한 용도별 화재하중의 정량화가 필요하고, 도시화재 연소확대 매커니즘에 따른 다양한 실험이 필요함

- FREM외에 QRA(정량적 위험성 평가)를 도입되어 CFD(Computational Fluid Dynamics)를 활용한 해석방식이 접근되고 있으나, 실험적인 결과가 부족하여 이를 구체적으로 평가해줄 수 있는 열 및 연기의 실규모 실험이 요구되고 있음

<표 2-3> 건축 환경 설비 에너지 분야 주요부처 정책 동향

| 주관 부처 | 연구 목표 | 연구내용 |
|---|---|---|
| 국토부 | 초고층 건축물 건설기술 개발 | ① 하이테크 외피 시스템, 재생에너지 활용기술, 저에너지형 내부환경 조절 설비기술의 개발이 이루어지고 있음<br>② 각 세부에서 개발된 기술은 엔지니어링 Test Bed와 기술구현형 Test Bed에 적용되어 초고층 건물의 에너지와 환경 문제의 해결, 초고층 걸물의 공간 활용성 제고 및 에너지 효율 향상, 초고층 핵심기술 자립화 및 브랜드 창출을 통한 기술 선점의 목적을 가짐 |
| | 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 | 통합형 바닥복사 냉난방 시스템 구성 및 제어방안 연구, 바닥복사 냉방 시스템과 결합 가능한 보조냉방 장치의 성능 연구, 바닥복사 냉방의 결로 방지를 위한 제습 제어 알고리즘 보완, 고온수 냉방을 위한 열원측 에너지 절감량 분석, 계절에 관계없이 냉난방 실험을 수행하기 위한 부하 시뮬레이션 기법 연구가 진행되고 있음 |
| | 노후공동주택 구조 및 설비성능 개선 기술 개발 | 시편실험을 통한 경량패널의 열성능(열유속, 온도분포 및 단열성능) 분석, 경량패널의 설계 변수 영향력 평가, 경량패널의 방열 모델 검증 및 시뮬레이션과의 비교 검증, 복사냉난방 시스템의 패널 설계 프로세스 정립 연구가 진행중 |
| 교육부 | 건물의 에너지 효율 향상을 위한 SMART Energy Balancing 기법 개발 | Site-itself 열원의 열발생 추이를 예측하는 Load profile 연구, 건물 시뮬레이션 모델링 방법론 연구, Terminal system 모듈 개발 및 성능평가 기법 도출, Storage system의 미활용 에너지 저장 방법 고찰, 냉난방 부하가 동시에 발생하는 경우의 Energy Balancing 기법 연구가 진행되고 있음 |

## 나. 국외

o (미국) DOE는 Grid 2030 Vision을 발표하고 Smart Grid 구축을 위한 GridWise 계획을 발표하고, 정부, 민간 공동체인 CEE(Consortium for Energy Efficiency)를 구성하여 에너지 효율화 프로젝트에 자금을 지원하고 있음

- 피난설계/안전성 확보기술은 화재성장곡선의 플래시오버 이전단계에서 인명의 안전을 최소화하기 위한 기술 피난안전성 확보기술은 연기유동과 상관성이 크며, 대피요소로서 최근 엘리베이터(E/V)를 활용한 피난안전기술과 연기의 유동을 고려한 설계가 진행되고 있음

- 화재실험 동에서는 Large Cone Calorimeter(10~20MW)의 실물 실험장치를 사용하여 실 시설물에 대한 연기발생량, 열방출량, 화재온도 등에 대한 종합적인 평가를 수행하고 있으며, 시설물 구성자재의 화재안전성 평가를 위해서 Lab Cone Calorimeter, SBI, Room Calorimeter, 케이블 Test 및 구조재료의 열특성 평가시설 및 소방설비 평가 시설 등을 활용하고 있음

o (일본) 일본건축연구소(BRI)는 화재풍동실험 동을 운영함으로써, 도시화재의 연소성상이나 광역피난장소의 유효성을 모형레벨에서 해명하거나, 건물간의 연소나 고층빌딩 등의 화재 확대 및 방연대책에 미치는 바람의 영향 예측 등을 연구

- 터널을 많이 보유하고 있어 관련 지하공간의 내화 및 연기 등의 영향을 고려한 연구개발을 수행함으로서, 피난과 연계되는 복합적인 설계를 준비하고 있음

o (유럽) 유럽은 2020년까지 에너지 소비 20%를 줄이고자 '20% Energy Saving by 2020'을 슬로건으로 걸고 구체적인 Action Plan을 작성하여 에너지 공급 확보, 경쟁력 강화, 환경 보호를 달성하기 위한 수단으로 에너지 소비 절감을 추진하고 있음

- 유럽은 2005년 5월에 국민들에게 건강한 실내공기에 대한 권리를 보장하기 위해 UN헌장의 "인간은 누구나 건강한 실내공기를 호흡할 권리가 있다(The Right of Healthy Indoor Air)"는 선언문을 채택함

# 3. 기술동향

## 가. 국내

□ 능동형 녹색건축, 도시자원 순환, 건축물 테러 저감 기술 등은 미국 및 일본 등과 비교하여 기술수준에 차이가 많이 나고 있어 기술개발이 필요한 상황임

o 능동형 녹색건축 기술의 경우 최고기술을 보유한 유럽(60.0%)과 우리나라(45.4%) 간 기술수준 차이는 14.6%임

o 지속가능한 도시를 위한 공간 구축 및 에너지 관리 시스템 기술의 경우, 최고 기술을 보유한 유럽(52.6%)과 우리나라(36.6%) 간의 기술수준 차이는 16.0%임

o 도시자원 순환 기술의 경우, 최고 기술을 보유한 일본(57.3%)과 우리나라(40.2%) 차이는 17.1%임

o 건축물 테러 저감 기술, 화재 예측/시뮬레이션/대응 기술, 자연재해 예측/시뮬레이션 대응 기술, 재난 피난 시스템 기술의 경우 최고 기술을 보유한 미국과 차이는 35% 정도임

## 나. 국외

□ 미국

o 미국 연방지리정보위원회(FGDC)에서 국가 기본 지리정보를 구성하여 국가공간정보기반(NSDI)의 Clearing house 구축을 통해 기본지리정보를 서비스함

□ 일본

o 일본 도쿄대학의 TRON프로젝트에서 출발하여 지능형 빌딩, 지능형 주택, 지능형 도시 등 응용프로젝트가 활발하게 진행되고 있음

o 에너지 절약형 건축시스템 설계 및 시공기술에 많은 기술개발 실적을 보유하고 있으며, 특허의 비중은 80% 이상임

□ 유럽

o 독일은 에너지 소비량을 일반주택의 10% 수준까지 낮춘 패시브 하우스 개발 중

o EU Santander는 도시전역에 걸쳐 12,000여개의 센서를 배치하여 WSN(Wireless Sensor Network)을 테스트 하고 있으며, 다른 도시들의 인프라와 연결됨

# 제 3 절 수공 분야

## 1. 산업동향

### 가. 국내

□ 세계 물 산업시장 확대에 따른 해외진출 증대

o 국내 물 산업은 상하수도, 폐수, 생수, 정수기 등으로 구분되며, 가장 큰 비중을 차지하는 것은 상하수도 부문으로 전체의 80% 이상을 차지

o 세계 물 시장의 확대와 해외 물사업 수주 실적 증가로 물산업에 신규 진출하는 국내 기업이 늘어나고 있으며 국내 건설업계의 해외진출도 증가 추세

- 국내 기업의 해외 진출 희망 지역으로는 상대적으로 사업 경험이 많고, 재정적으로 건전한 중동지역을 공통된 목표로 하고 있으며, 해외진출을 위해 전략적 제휴의 확대, 기존 사업의 확장, 차별화 전략 등 다각적으로 사업전략을 구사하고 있음

o 중동국가 및 지중해 연안국의 해수담수화 설비에 대한 수주가 증가하고 있어 최근에는 두산중공업이 사우디아라비아 담수청(SWCC)과 1억 2천 400만 달러 규모의 세계 최대 해수담수화 설비 증설 계약을 체결함

### 나. 국외

□ 미국

o 홍수재해 방지를 위해 연간 30억 달러 이상의 예산을 사용하고 있으며, NWSRFS(NWS River Forecast System), 통합홍수재해관리시스템인 HAZUS, 도시홍수재해관리시스템인 SIMS를 개발, 활용 중임

□ 일본

o 치수사업에 대한 투자를 GNP 대비 0.45%한 결과, 홍수피해/복구비가 치수사업 투자 비용의 1/4정도로 감소함

o 제조업체와 산업체는 정부의 지원 아래 물 인프라 해외시장 공략에 적극적으로 나서고 있으며, 또한 정부출자 투자기관인 산업혁신기구가 공동출자형식으로 해외 물 자원기업의 M&A를 지원하고 있음

□ 유럽

o EU는 Action Program on Flood Risk Management를 시행하여 이를 통해 홍수위험도 매핑, 홍수관리방안 및 향후 유역단위 홍수계획수립 등이 이루어지고 있음

## 2. 정책동향

### 가. 국내

□ 박근혜 정부 '140대 국정과제' 및 '국가재정 운용계획'

o (국정과제) 국가 과학기술 혁신역량 강화, 기상이변 등 기후변화 적응, 신재생에너지 보급 확대 및 산업 육성, 해양환경 보전과 개발의 조화, 자원·에너지의 낭비를 줄여 자원순환사회 실현 등

o (운용계획) 항만의 경쟁력을 제고할 수 있는 내실있는 시설투자 추진, 4대강 살리기를 통한 국민의 삶의 질 제고, 친수공간·생태공간 조성을 위한 하천정비사업 지속투자, 재해예방과 구조구급 활동 강화를 위한 지원 확대

□ '건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)' 및 '혁신로드맵(2006~2015)'

o "물 복지 창출을 위한 물관리 선진화" 비전을 달성하기 위해 '수자원 확보를 위한 융합 및 평가 기술,' '범국가적 물공급망 신뢰도 향상 기술,' '대도시 통합 수해 방어체계 구축 기술 개발 기술(Climate-Aegis)' 등 3대 중점추진분야로 진행중

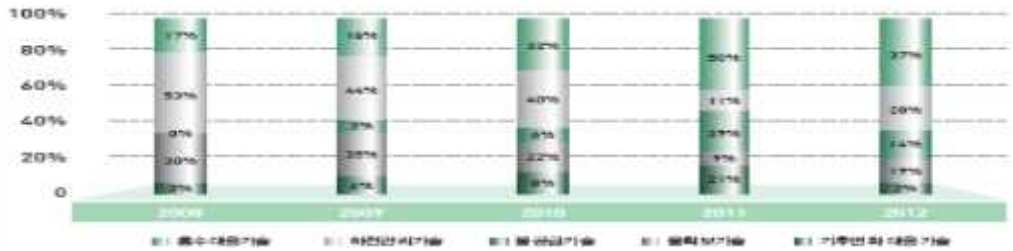
o 홍수방어 및 관리기술, 미래 하천정보 기술(U-River), 차세대수도시설 구축기술, 하천복원 및 관리기술, 친환경 수리구조물 확보기술

□ '국토해양 R&D 발전전략(Green-up 30, 2013~2020)'

o 네트워크 기반 SOC 시설물 관리기술, 첨단 수자원 관리 기술, 하천관리 선진화 기술, 하이브리드 담수화플랜트 기술, 해양재난재해 대응 기술, 해상에너지 복합단지 조성 기술

□ '기후변화대응 종합대책'

o 조력·조류발전소 건설, 기후변화 영향에 따른 취약성 평가 및 대응전략 마련, 기후변화를 고려한 수자원장기종합계획 수정, 극한홍수 대비 댐 치수능력 증대사업 추진, 해수면 상승에 대비한 연안보전 강화




[그림 2-8] 국내 물관리 기술별 투자현황, '건설교통기술연구개발사업 중장기계획('12)

## 나. 국외

□ 미국

o 상하수도, 공업용수, 설비시장 중심으로 형성된 기존 물산업은 기후변화에 대비한 유역종합개발, 신규 수자원 확보, 대규모 홍수 예방, 친수공간 및 유역종합 개발 등 물순환 체계 전 과정을 포괄하는 종합서비스 산업으로 발전

o 빗물 관리의 접근 방식은 공통적으로 발생한 강우를 그 지역 내에서 관리하는 개념 도입으로 분산식 빗물관리를 통해 하천으로 방류하는 빗물을 최소화하고 수량과 수질을 동시에 관리, 이용하고 있으며 수자원조사는 각국이 기준 및 지침 등 표준화된 절차를 마련과 측정장치의 개발에 R&D 집중

o 첨단기술 개발을 위한 기초 연구 사업과 대규모 시설 지원을 위하여서는 3대 핵심 연방정부기관(국립과학재단(NSF), 에너지과학부(DOE SC), 국립표준기술연구원(NIST))의 연구 예산을 2006년부터 2016년까지 10년 동안 97억 달러에서 195억 달러로, 2배로 확대

□ 일본

o 자국의 강점(ODA, 기술력, 지자체 운영능력 등)을 활용한 범정부차원의 해외진출 활성화 지원정책을 본격 추진하여 2010년 호주, 칠레 등 해외 물 기업 인수와 M&A를 통해 현지거점 확보

o 기후변화 등으로 인한 수재해 피해를 줄이기 위해 국토교통성 수자원부를 중심으로 2008년부터 '종합적수자원관리(IWRM)'를 추진하고 있음

□ 유럽

o 프랑스는 자국 기업의 해외진출 지원에 중점을 두고 지원전략을 수립하며, 자국 물 기업 서비스의 국제 표준화를 통해 해외 물시장 점유 확대를 도모하고 있음

o 수재해에 대비하기 위해 수자원 시설의 설계기준을 강화하고 기후변화 적응 프로젝트로 2007년부터 2015년까지 총 20억 유로 규모의 대단위 기후변화 적응 프로젝트인 'Room for the River'를 시행 중에 있음

# 3. 기술동향

## 가. 국내

□ 정부는 2012년 물 관련 R&D 규모를 2017년까지 2배 수준으로 확대하여 물산업의 글로벌 경쟁력 확보, 원천기술 및 핵기술 기술 상용화 추진 예정

o 국토부는 물산업 강국으로 도약할 수 있는 원천기술 또는 선도기술 개발을 위해 물

이용 및 관리 연구의 3대 중점 추진 분야별 5대 전략 프로젝트에 향후 5년간 총 2,526억 원을 투자할 계획[3)]

o 환경부는 3대 핵심수처리기술, 통합하천관리 및 수생태복원기술, 지능형 물관리기술 등의 연구개발을 통한 핵심기술개발로 글로벌 경쟁력을 확보할 예정이며, 이를 위해 환경부는 2020년까지 "차세대 에코이노베이션 기술개발사업"을 추진중

□ IT 산업의 발달로 국내에서도 다른 분야의 경우 첨단기술이 발달되어 있는 상황이나 하천정보에 대한 기술적용은 미미한 상황

o 국토부는 이상홍수 대비 수공구조물 설계기준 개선과 이상기상 대비 구조물의 내풍 설계 기준 정비 및 개발을 중심으로 연구를 수행하고 있음

□ 선진국 대비 수공 분야 핵심기술 수준의 차이 존재

o 전반적 용수이용 및 관리 기술 수준은 최고 기술보유국 기술 수준 대비 평균 70% 이하이며, 인프라 건설시공, 상·하수도, 해수담수화, 먹는 샘물 등은 선진국과 경쟁 가능한 수준이며, 신소재 막 분야 등은 핵심기술에서 기술 차이가 존재함

o 시설물별 건설 기술수준에서는 플랜트 분야의 기술 수준이 가장 높은 것으로 조사되었으며, 상하수도, 하천, 댐 분야가 타 시설물에 비해 낮은 것으로 파악됨

## 나. 국외

□ 미국

o 기후변화와 관련한 과학과 기술부문의 연구에 연간 2조 원에 달하는 예산을 투입하고 있으며, 또한 인공위성을 이용하여 증발산량, 가뭄 등을 예측하고 있음

o USGS에서는 극초단파(UHF) 레이더, 마이크로파 레이더(Microwave Radar), 지표투과레이더(GPR : Groun-Penetrating Radar) 등의 표면유속장치를 개발 적용

- USGS의 Office of Surface Water(OSW) Hydroacoustics에서는 수중음파장치 관련 정보를 제공하고 있으며, 프랑스의 Groupe Doppler는 ADCP 사용자들을 위한 포럼을 실시하여 기술동향을 공유하고 있음

- 신뢰성 있는 수문자료를 지속적으로 수집하여 정확한 물순환 과정을 규명하고 각종 수문조사기기 및 보조장비를 적용하여 적합성을 검증하고 측정방법을 개선하기 위하여 시험유역(미국 : 500개, 일본 : 115개)을 운영하고 있음

3) 국토해양부 "건설교통기술연구개발사업 중장기계획수립연구" (2012) 인용

[그림 2-9] 미국 USGS의 레이더 사용 비접촉 시스템

□ 일본

o 원격탐사와 레이더를 홍수예측에 활용하고 있으며, 도시에서의 대규모 수해피해를 방지하기 위해서 대심도 터널을 이용한 우수유출저감시설로 적극 활용하고 있음

o 전국 하천변 15,000㎞에 광통신망을 매설하여 양방향 대용량 정보전송 시스템을 구축하고(2009년 3월 기준), CCTV, 하천정보표시장치 등을 이용한 멀티미디어 예보 시스템을 구축하여 재해에 대비하고 있음

o 국토교통성은 지구 온난화에 수반하는 기후변화로 인해 예상되는 홍수 피해를 대응하기 홍수 조절 시설의 정비 등을 기본으로 하는 치수정책에 중점을 두고 있음

□ 유럽

o 프랑스는 물 관련 다국적기업 중 하나인 Veolia를 통해 수자원 확보 및 관리 등 R&D 프로그램을 집중 운영 중임

o 영국은 템즈강의 친수공간을 지속가능한 개발 모델로 모든 사람을 고려한 개발 추진하고 있으며, 환경 보호와 자연자원의 신중한 이용을 목표로 제시하고 있음

# 제 4 절 지반 분야

## 1. 산업동향

### 가. 국내

□ 우리나라는 국가 온실가스 배출량에서 높은 비중을 차지하고 있는 건축물(25%), 교통부분(17%)에 대해 2020년 배출전망치 대비 30% 이상의 감축을 목표로 하고 있음

o 2009년 국내 신재생에너지 보급현황은 228.75 Mtoe로 전년도 대비 0.8% 증가를 보이며, 이 중 풍력은 전체 신재생에너지 공급비중 중 2.42%, 지열은 0.36%를 차지함

o 지열발전 기술개발에 구체적인 진행한 사례는 없지만, 국내 기술진이 1990년대 인도네시아 지열발전소(다라자트 Ⅰ, Ⅱ)에 대한 설계와 시공을 수행한 경험이 있음

□ 국내 원자력 발전소 현황은 총 20기의 원전이 17,716 MW를 전기를 생산하고 이는 총 국내 발전량 중 34.1% 점유함

o 한국전력 컨소시엄이 총 400억 달러(약 47조원) 규모의 아랍에미리트연합(UAE) 원자력발전 사업을 수주하였는데, 이는 NF쏘나타 100만대 또는 30만 ton급 초대형 유조선 180척 수출효과와 같은 것이며, 또한 10년간 11만명의 고용창출효과 발생

□ 현재, 지열발전과 이산화탄소 지중 저장의 상업용 이용에 관련된 국내 프로젝트는 전무하며, 향후 본격적인 자본 투자를 위한 원천기술 개발에 관련된 R&D 사업이 진행 중에 있음

### 나. 국외

o 덴마크, 스웨덴 및 네덜란드 등 북유럽 국가들은 2003년 기준 12개의 해상풍력발전단지를 운영하고 있으며, 현재, 2개 해상풍력발전단지를 건설 중에 있음

- 설치장소는 주로 유럽의 북부해역이며, 2015년까지 유럽국가들의 해상풍력발전 목표는 총 37,441 MW임

o 세계 최초 지열발전소는 1904년 이태리의 라델레로(Lardarello)에 250kW 용량으로 지열증기를 이용하여 건설되었고, 1960년에 세계에서 강장 큰 규모의 지열발전소인 미국 가이저(Geyser)가 Pacific Gas & Electric사에 의해 가동되어 11MW의 순수출력을 생산하면 40년 이상 성공적으로 가동되고 있음

- 2050년 전세계 지열발전 시설은 약 140 GW에 이를 것이며 이는 천연가스에 비해 약 5억톤의 이산화탄소 감축효과가 기대됨(IPCC, 2008)

<표 2-4> 유럽에서 운전 중인 해상 풍력발전단지 현황

| 국가 | 단지명 | 발전기수 (모델명) | 총용량 (MW) | 발전 개시년 | 해안으로부터의 거리(km) | 수심(m) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 덴마크 | Vindeby | 11(Bonus 450kW) | 5 | 1991 | 1.5 | 2-10 |
| | Tuno Knob | 10(Vestas 500kW) | 5 | 1995 | 6 | 3-5 |
| | Middelgrunden | 20(Bonus 2MW) | 40 | 2000 | 1 | 8.5 |
| | Horns Rev | 80(Vestas 2MW) | 160 | 2002 | 14 | 6-12 |
| | Samso | 10(Bonus 2.3MW) | 23 | 2003 | 3.5 | 20 |
| | Fredenrikshavn I | 1(Vetas 3MW)<br>1(Bonus 2.3MW) | 5.3 | 2003 | 0-0.8 | 1 |
| 스웨덴 | Bockstigen | 5(Wind World 550kW) | 2..75 | 1998 | 4 | 5.5-6.5 |
| | Utgrunden | 7(Enron Wind 1.425MW) | 10 | 2000 | 8 | 7-10 |
| | Yttrs Stengrund | 5(NEG Micon 2MW) | 10 | 2001 | 5 | 6-10 |
| 네덜란드 | Lely | 4(NedWind 500kW) | 2 | 1994 | 0.8 | 5-10 |
| | Irene Vorrink | 28(Nordtank 600kW) | 16.8 | 1996 | 0.02 | 5 |
| 영국 | Blyth | 2(Vestas 2MW) | 4 | 2000 | 1 | 8.5 |

## 2. 정책동향

### 가. 국내

□ 박근혜 정부 '140대 국정과제' 및 '국가재정 운영계획'

o (국정과제) 온실가스 감축 등 기후변화 대응, 환경과 조화되는 국토개발, 환경서비스 품질수준 제고, 원자력 안전관리체계 구축, 환경유해물질 관리 및 환경 피해구제 강화 등

o (운영계획) 미래 핵융합에너지원 개발, 태양광, 풍력, 원자력 등 청정에너지 기술개발 투자, 신재생에너지 보급기반 확충을 위한 그린홈 100만원 건립, 저탄소 녹색성장을 뒷받침하는 철도부분 중점 투자, 폐기물처리 및 재활용 시설

□ '건설교통 R&D 중장기계획(2013~2017)' 및 '혁신로드맵(2006~2015)'

o 국민 삶의 질 향상을 위한 시민 친화형 주거복지 구현, 그린오션 분야 탈추격형 플랜트 원천기술 확보 등

o 스마트 하이웨이, U-도시 기반기술, 지하공간 개발, 해저터널, 인공섬 조성

□ '국토해양 R&D 발전전략(Green-up 30, 2013~2020)'

o 첨단 무탄소도시 조성 기술, 순환형 도시자원 복합 플랜트, 능동형 녹색빌딩 기술, 해저터널 기술, 자원순환형 항만기술, 해상에너지 복합단지 조성기술

□ '기후변화대응 종합대책'

o 에너지 절약형 건물 개발 보급, 자원 순환형 인프라 구축, 대형 풍력발전기

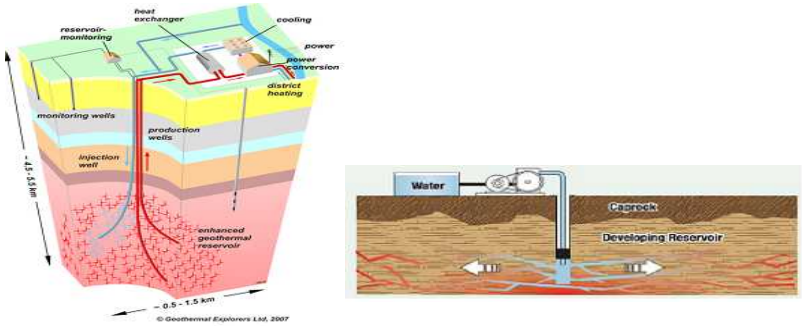
2000MW-그린홈 100만호 사업과 연계, 수도권 도시간 종합적 대중교통망 확충 및 경전철 등 신대중 교통수단 확대, $CO_2$ 포집 및 저장(CCS), 신재생에너지 보급률 제고, 원자력 설비비중 2030년까지 41% 확대, 폐기물 에너지화 시설-매립가스 에너지화, 포장재 경량화

## 나. 국외

□ 미국

o 1970년대 중반부터 Sandia Lab이 중심이 되어 지열발전에 관한 연구를 활발히 수행하고 있음

- DOE는 CCS 최신 매뉴얼을 통해 잠재적인 이산화탄소 저장 부지를 평가하는 최적의 방법을 소개하였음
- 국립에너지기술연구소(NETL)가 개발한 매뉴얼[4]은 프로젝트 개발자 및 정부 관계자에게는 잠재적 이산화탄소 저장부지 조사에 있어 최적의 방법 제시하고 있음




[그림 2-10] EGS(Enhanced Geothermal System) 지열발전 모식도

□ 일본

o NEDO를 중심으로 Sun-Shine 계획의 일부로 개발연구를 수행하고 있음

# 3. 기술동향

## 가. 국내

□ 2010년 국토부 중점 연구추진계획에는 $CO_2$ 등 온실가스 저감을 위한 과제, 스마트하이웨이 사업단, U-Eco City 사업단, 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 연구단 등 저탄소 녹색성장 페러다임에 부합하는 연구과제가 주로 포함되어 있음

o 이중 <스마트하이웨이 사업단>은 온실가스를 감축하고 신재생에너지 활용을 미래

4) (Site Screening, Site Selection and Initial Characterization for Storage of $CO_2$ in Deep Geologic Formations)

도로설계 및 시공에 적요하고 있고, <대심도-대수심 지반조사, 말뚝설계, 시공기술 및 장비개발>과제는 해상풍력발기 지지구조인 해상기초와 연관이 있음

[그림 2-11] 해상풍력발전 기초구조물 개념도

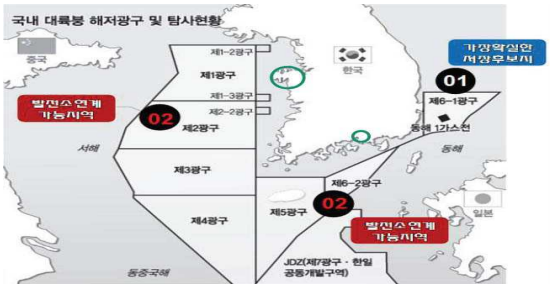
□ 신재생에너지기술개발 및 원자력발전기술개발사업 상용화를 통한 세계 시장 확보

o <신재생에너지기술개발사업>은 수소에너지와 지열, 풍력 등 재생에너지 기술개발을 위한 사업이며, 2010년 하반기에 'MW급 지열발전 상용화 기술개발'과제를 발주함으로 국내 최초 지열발전 R&D 사업이 시작되었음

o <원자력발전기술개발사업>은 원전 증설 및 선진화를 통한 안정적 전력공급과 원전 해외진출을 모색하고 있으며, <방사성폐기물관리기술개발사업>은 중저준위 방사성 폐기물 처분시설의 안전운영 및 사용 후 핵연료의 높은 열과 방사능에 대한 장기 안전관리를 도모하기 위함임

o <원자력기술개발사업>은 미래 원자력시스템 개발 장기 추진계획에 따라 원자력 기술 경쟁력 제고 및 세계 원전시장을 주도할 핵심기술 확보를 목표로 하고 있음

o 에너지자원기술개발사업 내에 <온실가스처리기술개발사업>을 통해 온실가스처리를 위한 CCS(carbon capture & storage) 기술 중점 추진 중에 있음



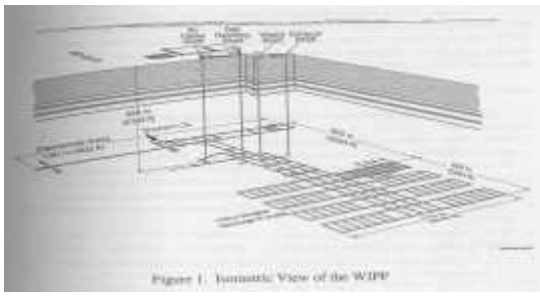

[그림 2-12] 국내 CO2 저장 유망 지역

## 나. 국외

□ 미국

o 알라바마주 모빌 카운티(Mobile County)의 Citronelle에서 원유 추가 채취(EOR : enhanced oil recovery)에 대한 사전 조사의 일환으로 이산화탄소 주입이 진행되고 있음

o 알라바마 대학교가 이끄는 연구팀이 이산화탄소 주입을 실험하고 있으며, 7500톤의 이산화탄소를 주입한 연구 결과를 바탕으로 고갈된 유층 안의 EOR과 $CO_2$ 저장 용량에서 산출될 석유의 양을 추정할 수 있음




[그림 2-13] WIPP 연구시설 조감도

□ 유럽

o 프랑스는 고준위 폐기물 관리에 대한 특별법에 따라 지난 15년간 (1991~2006) 고준위 폐기물 처분에 관한 연구를 수행해 오고 있음

o 2002년부터 화강암반 층을 대상으로 지하 490m에 지하 연구시설을 건설하였으며 점토층 대상의 지하 연구시설은 대상 부지 선정에 실패하여 건설을 유보하였음

# 제 5 절 도로/교통 분야

## 1. 산업동향

### 가. 국내

□ 국내 지능형자동차 시장 규모는 2010년 약 88억 달러 규모로 형성되었으며 2019년에는 138억 달러에 달할 것으로 전망되어 평균 성장률 약 4.2%로 세계시장 성장률에 비하여 다소 낮지만 지속 성장 예상

o 국내 도로의 총 연장은 105,565km, 평균 포장률은 79.8%이며 자동차 1인당 도로연장은 증가하고 있으나 자동차 1대당 도로연장은 감소추세에 있음

- 도로 포장에 적용하고 있는 가열 아스팔트 포장은 160～170℃의 고온에서 생산되는 가열 아스팔트 혼합물이 일반적으로 사용되고 있어, 석유의존도 및 이산화탄소 배출 등의 환경적인 측면에서 부정적인 인식이 있음

- 연간 약 3천만톤의 아스콘 생산 과정 중 골재가열을 위해 약 2억6천만ℓ(2008년 기준) 벙커-C유 등 석유계 연료 사용

- 이 과정에서 약 800,000톤의 $CO_2$와 더불어 유해 온실가스인 질소산화물(NoX), 황산화물(SoX) 등 다량 발생

o 2005~2009년 사이 도로부문이 차지하는 여객 분담비중은 74.6~74.8%로 철도부문의 분담비중(25.0~25.2%)을 앞서는 실정임

o 2005~2010년 동안 자동차 보유대수는 연평균 3.1% 증가함

□ 정부는 2009년 1월 대통령훈령 제239호로 '녹색성장위원회의 설립 및 운영에 관한 규정'에 따라 '녹색성장위원회' 구성하고 녹색성장 연구개발, 녹색산업 육성, 법제도 정비 등을 수행 중

o 저탄소 녹색성장을 효율적·체계적으로 추진하기 위해 '저탄소 녹색성장 기본법'을 2010년 4월에 시행하여 에너지 소비량을 줄이고 녹색 생산 및 소비문화의 확산을 유도하고 있음

### 나. 국외

□ 미국

o 특정 운송수단에 집중하기 보다는 교통계획을 토지이용 계획과 연계하여 수립하고 교통수단간 복합적 영향을 고려하여 인프라를 확충함

o 미국토목학회(ASCE : American Society of Civil Engineers)에서 2013년도 발표한

"Report card for America's infrastructure"에 의하면, 미국의 모든 공공 사회기반 시설에 대한 평균점수는 D+로 나왔으며, 2020년까지 예상되는 투자요구액은 $3.6 trillion에 달할 것으로 예상

□ 일본

o 일본의 대도시는 6차로 이상 도로의 비율이 낮지만 교통문제를 해결하기 위해 확장이라는 물리적 방법을 택하는 대신 기존의 도로기능을 보다 높이기 위한 노력을 하고 있음

o 신호교차로의 구조개선, 신호현시의 조정, 우회도로 기능을 강화하기 위한 네트워크 구축과 함께 인간을 중시하는 도로를 위해 정책의 전환을 꾀하고 있음

o 도로 신설 및 개축과 같은 막대한 시설투자비용이 요구되는 경우나, 특정사유가 인정될 경우에는 국가가 도로관리자가 아닐지라도 사업의 일부분을 지원 및 보조할 수 있도록 규정

□ 유럽

o 유럽은 자동차 업체는 매년 차세대 차량 개발에 260억 유로를 투자하기로 함

o 유럽의 항공운송분야는 310만개의 일자리로 EU GDP의 2.6%를 차지하고, 지상운송분야는 1,600만명을 고용하여 EU GDP의 11%를 점유하나, 운송은 또한 EU에서 배출하는 모든 이산화탄소의 25%를 발생시킴

o 영국은 도로상태를 개선하고, 지역 대중교통의 통합으로 인한 연결성과 접근성을 향상시켜서 자동차의 이용을 억제함으로써 도로정체를 해소할 수 있도록 유도함

o Australian infrastructure report card(2010)는 사회기반시설들의 등급을 연도별(1999년, 2001년, 2005년, 2010년) 그리고 8개 주별로 등급을 세분화함

## 2. 정책동향

### 가. 국내

□ 정부의 도로정책 추진방향이 기존 '건설 및 개발'에서 '효율성 및 환경/안전'으로 패러다임이 전환됨에 따라 친환경 교통정책과 함께 교통안전에 대한 중요성이 강조되고 있음

o '안전한 생활환경'과 관련하여 교통사고의 획기적 감소를 위한 운전습관 개선, 위험도로 전면 개선, 자동차 안전성 강화 등이 제시되고 있으며, 국민 일상생활의 불편을 개선하기 위한 교통약자 서비스, 전국 단일 콜택시, 에코드라이브 확산 등의 정책이 실현될 예정임

o 현 정부의 국정과제인 '출퇴근 교통난 완화'와 관련하여 대중교통 육성 및 수요관리정책, 출퇴근 교통망 확충, 택시산업 선진화 등을 추진할 예정임

□ 최근 교통 및 물류화, 유비쿼터스화 관련 기반기술에 대한 사회적 요구가 증대됨에 따라 ITS(지능형교통체계)[5] 수요가 증가하고 있어 ITS 서비스 정책 추진이 필요

o 세계 ITS 장치 시장규모는 2010년 240억 달러규모에서 연평균 2.2% 성장하여 2015년에는 650억 달러에 이를 것으로 전망됨

- 국내 교통체계 효율화를 위한 ITS 시장규모는 2007년 8.59억 달러에서 연평균 13.8% 성장하여 2020년 55억 달러에 이를 것으로 전망됨

- 미국, 일본, 유럽 등에서는 도로·차량간, 차량간의 협조시스템이 여러 프로젝트에 의해 추진되고 있음

## 나. 국외

□ 미국

o 고속도로의 안전성 증대와 대중교통을 개선하는 대규모 육상 교통개선사업을 지원하기 위해 SAFETEA-LU법[6] 제정('05)

- (목적) 교통안전 증대, 형평성, 교통정체의 완화, 효율성 향상, 환경유지 및 보호

o 청정에너지·안보법안에서는 2030년까지 교통부문 온실가스 배출량 40% 감축을 목표로 설정하고 다양한 온실가스 감축 정책 실시

- 주요 추진정책 : ITS를 활용한 혼잡완화, 온실가스 저배출 자동차 기술에 관한 R&D 육성 등

o 최근에는 도로, 철도, 항공 인프라를 개선하고 확대하는 계획을 중심으로 하는 '교통 부분의 미래 버전(Renewing and Expanding America's Roads, Railways and Runways)' 발표

- 향후 6년간('11~16) 기존 교통인프라를 혁신하며, 부족한 교통인프라에 대해서는 신규 투자

□ 일본

o 2000년대 이후 고령자 교통정책이 활발히 시행중이며, 고령 보행자·자전거 이용자·승용차 운전자 안전대책 수립을 중점적으로 추진

- 특히 교통사고가 빈번한 지역을 중심으로 '안심 보행지구'로 지정 운영

---

5) ITS(Intelligent Transportation System) : 교통시설에서 전자, 정보, 통신, 제어 등의 첨단기술과 교통정보를 접목시켜 교통체계의 운영·관리를 과학화하고, 효율성과 안정성을 향상시키는 교통체계를 말함

6) SAFETEA-LU : Safe, Accountable, Flexible and Effcient Transportation Equity ACT - A Legacy for Users

o 2015년까지 사망자수를 3,000명으로 줄이기 위한 도로교통 안전대책 수립

- 고령자 및 어린이, 보행자 및 자전거, 생활도로 및 간선도로 안전 확보에 중점

o 최근 기후변화에 따라 소통중심의 교통정책에서 환경을 고려한 교통정책으로 발빠르게 대응

- 2020년까지 2005년에 비해 온실가스 14% 감소를 목표로 종합물류시책대강('09~'13), 그린 물류 파트너십 회의, 녹색교통을 위한 세제 지원 등의 정책 추진

□ 유럽

o EU는 녹색도로와 관련한 유럽의 에너지 절감 목표를 설정하여 단계별로 관련 정책을 추진

- 기후와 에너지 통합법(EU승인)에서 2020년 까지 EU 전체 온실가스 배출량 20% 감축 목표 설정(시행제도 : 탄소배출권 거래제, Green road에 대한 통행세 징수 제도)

o 프랑스는 장애인을 포함한 모든 국민에게 '교통권'[7]이라는 새로운 권리를 인정하고 사회권의 하나로서 명기하고 실현을 강조하는 교통 복지 추진(교통기본법 : LOTI)

- 신빈곤층·서민을 위한 교통정책 시행, 교통 분야를 총괄하는 최상위 법 제정

o 최근 유럽 각국의 도로 연구기관 포럼인 FENRL(Forum of European National Research Laboratories)에서 21세기 유럽도로의 건설 및 운영방안에 대한 혁신적인 개념 및 비전 제시

- 관련 기술의 융합과 전유럽의 전문성 활용을 통해 새로운 세대의 도로를 계획(2025년 전면 적용)

o 차량과 도로간 정보연계를 통해 교통사고를 예방하는 연구 프로그램(CVIS, Safe Spot, COOPERS)을 적극 지원하여 차세대 교통안전 및 정보 관련 연구 수행

## 3. 기술동향

### 가. 국내

□ 우리나라 교통부문의 온실가스 배출량의 연평균 증가율은 6.2%(1990~2000년)로 OECD 국가 중 가장 높은 증가세이며, 이에 도로교통부문에 있어 온실가스를 저감하기 위한 대책 및 기술개발에 대한 연구가 국내는 물론 전 세계적으로 활발하게 이루어지고 있음

o 온실가스 감축 잠재력이 비교적 큰 수송부문, 특히 도로부문에서의 에너지 및 온실가스 저감을 위한 기술개발은 조속히 추진해야할 국가 정책 과제임

7) 교통권 : 국민들이 보편적으로 교통서비스를 제공받고, 편리하고 안전하게 교통수단을 이용하여 이동할 수 있는 권리

□ 도로건설에서의 환경에 저해되는 재료를 신개념 친환경 재료로 대체하고 도로구조물의 슬림화를 통한 재료사용을 줄이며 도로선형 및 노면 개선을 통하여 배출가스를 최소화는 연구를 시작하는 단계에 있음

o 국내 도로 포장의 약 95% 이상을 차지하는 아스팔트 포장의 시공 과정에서 소요되는 석유연료와 이산화탄소 등 유해물질의 배출을 대폭 저감시킨 도로 포장 재료 및 이를 그린도로 건설에 활용하는 기술을 개발하고 있음

o 도심지 도로의 역할을 수행할 수 있는 기능성 도로포장 (열섬저감, 저소음, 등) 기술의 개발이 진행되고 있음

□ 저탄소 도로 포장은 기존의 가열 아스팔트 포장과 동일한 내구성 및 품질을 가지는 저에너지 소비형 도로 포장 공법으로서, 중온 아스팔트 포장 공법이 유럽 및 미국을 중심으로 다수 개발되어 활용 중임

o 한국건설기술연구원에서는 저탄소 저비용 아스팔트 포장 공법의 체계적인 개발을 위해 기본연구과제로 2009년부터 5년간 대규모 연구사업 시행 중

o 도로포장에 소비되는 석유계 소모량 및 CO2 배출량을 30% 이상 절감하기 위해 도로의 에너지 효율성 향상을 위한 중온 아스팔트 상용화 기술 등 친환경 도로포장기술을 개발하고 있으며, 도로건설시 배출되는 온실가스 양을 산정하기 위한 고속도로 건설공사 온실가스 배출량 산정프로그램 개발 등도 함께 진행되고 있음

o 그린 IT 기술을 접목하여 지능형 교통체계를 통하여 도로교통수단간 운영을 효율화하고 도로교통부문의 탄소배출을 통합·관리하는 운영기술을 개발하는 "차세대 녹색도로 교통운영기술" 과제도 "Green-up 30"에 포함되어 녹색 교통시스템 운영방법에 대한 연구가 진행되고 있음

[그림 2-14] 차세대 녹색도로 교통운영기술

□ 대중교통서비스의 질 향상을 위한 새로운 안전자동차 기술로 졸음경보시스템, 전방장애물 충돌방지시스템, 전후방 감지카메라, 전방충돌 방지 지원장치, 차량간격 자동제어시스템 등의 기술개발 및 상용화가 진행중임

o 교통사고 방지를 위한 기술로서 안개도로 안전운전지원 시스템 기술 및 겨울철 강설과 결빙 대비를 위한 융설액 자동 분사시스템을 개발중임

□ 교통운영 및 정보관리 분야에서는 서울시, 도로공사, 경찰청 등 다양한 교통정보 운영주체들이 교통 정보제공 모바일 애플리케이션을 개발하고 있으며, 실시간 교통정보를 바탕으로 한 교통상황 예측 기술이 개발되고 있음

o 대중교통 및 연계환승체계 분야에서는 환승센터 설계기준, 접근교통관련 설계지침, 보행자도로 및 대기공간 서비스수준 평가 등의 개발이 이루어지고 있으며, 이용자 서비스 제공을 위한 위치측위 응용시스템도 개발중임

o 교통안전 기술과 관련하여 국토부와 미래부의 연구개발사업으로 스마트 하이웨이, 스마트카 기술, 교통사고 분석시스템, 도로안전시스템 및 부대시설들이 개발중임

o 교통약자 안전 기술과 관련하여 국토부의 연구개발사업으로 보행자 친화적 첨단안전차량, 고령자 친화형 자동차, 자전거 이용자를 위한 교차점 안전알리미 시스템, 스쿨존 통행안전 통합시스템, 중형 저상버스 등이 개발되고 있음

o 교통환경 기술과 관련하여 국토부와 미래부의 연구개발사업으로 차세대 전기차 기반 그린수송시스템, 비접촉 전력전달방식 온라인 전기버스, 배터리 자동 교환형 전기버스, 탄소중립형 도로 기술, 교통부문 온실가스 관리시스템 등이 개발되고 있음

## 나. 국외

□ 미국

o 미국 NSTC(National Science and Technology Council) 위원회는 미래의 교통 R&D 분야를 다음같이 4가지로 정리하여 21세기형 도시부 도로 설계기준 작성방향에 사용할 것을 권장하고 있음

- 교통에 대한 물리적 인프라(Physical Infrastructure for transportation)
- 교통에 대한 정보 인프라(Information infrastructure for transportation)
- 차세대 교통수단(The next generation of vehicles)
- 시스템 성과 : 측정, 모니터링, 특성 및 모델링 뿐만 아니라 교통시스템에 있어서 행동과학 및 인적 성과(System performance : measurement, monitoring, chracterization, and modeling, as well as behavioral science and human performance in transportation systems

□ 일본

o 친환경 전기자동차 기술력을 확보하고 1회 충전으로 최대 1,000km 운행 가능한 전기자동차용 2차 전지를 개발(TOYOTA)

o 집중호우 등 재난 발생 시 대응 기술 개발(세키스이 아쿠아로드 개발)

o 자동차 진동을 이용한 에너지 하비스트 기술 개발(고시키지쿠라 대교)

□ 유럽

o EU는 FP7의 성공과 더불어 FP8을 추진하기 위해 R&D 협업을 통해 차량간, 사용자간, 구조물간의 기준 통일과 도로의 첨단 기술에 대한 실패 위험도를 줄이고자 노력하고 있음

o EU는 차세대 운송수단의 개발을 위해 산업부문을 2014년 시작되는 FP8에서는 참여시키고자 함

## 제 6 절 소결

□ 기본적인 구조실험 장비는 국내에도 충분한 규모와 사양이 갖추어져 있는 것으로 나타남 그러나 국외에 비교해 보았을 때 보다 큰 규모의 시설, 보다 정확한 거동을 측정할 수 있는 첨단 장비, 실제 극한 하중을 모사할 수 있는 특수장비에 대해서는 확충할 필요가 있음

□ 각 연구소는 미래의 기술수요를 예측하여 발 빠르게 연구 테마 및 그에 필요한 장비와 시설을 구축하고 있으며 이를 정부뿐만 아니라 산업계, 학계 등이 유기적으로 필요한 예산 및 역할을 분담하여 성공적으로 센터를 유지시켜 나갈 필요가 있음

□ 전체적으로 건설 각 분야의 실험 시설이 국외에 비해 규모가 작고 전통적인 토목분야에서 벗어나지 못하고 있으며 미래에 부각될 패러다임에 대한 준비를 할 수 있는 연구시설이 부족하며 각 연구시설간의 원활한 네트워킹을 통한 효율 극대화를 위한 노력이 필요함.

□ 각 실험시설 장비 고도화 관련하여 각 분야별로 다음과 같이 나타냄.

| 분야 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 구조/재료 | • 구조분야의 기술발전 동향, 국제 건설시장 동향, 국내 기술정책 동향 등을 면밀히 살펴 장기적인 안목에서 국가 경쟁력에 보탬이 될 수 있는 새로운 실험시설이 필요한 시점임<br>• 2008년 글로벌 금융위기 이후 전 세계적인 경기불황 속에서도 초고층 건물에 대한 수요가 지속적으로 이루어졌으며, 앞으로도 증가할 것으로 보임<br>• 지금까지 지어진 초고층 건축물의 1/2(약 1,000개)에 해당하는 수의 건축물이 현재 건설 중이거나 앞으로 건설될 예정이므로 건축물 내진 등을 위한 실험장비 필요<br>• 실제크기 구조부재 및 구조물을 실험할 수 있는 대형실험시설, 실제 하중을 모사할 수 있는 실험시설(다축, 진동, 고속 등), 기존 건설재료가 저탄소 건설재료로 대체되었을 때의 성능평가 및 외부환경 영향 파악을 위한 장비 필요 | |
| 수공 | • 수공관련 실험시설은 국외 실험시설에 비해 대규모 실험시설의 수가 적었으며, 자체연구보다는 수탁연구에 대한 비중이 큰 것으로 나타남<br>• 국내 실험시설의 경우 수리모형실험 위주의 연구가 수행되고 있으며 수치모형의 개발은 미흡한 실정임<br>• 국외의 설립된 역사가 오래된 수공관련 실험시설의 경우 다년간 구축된 연구결과를 토대로 수치모형을 개발하는 추세이며, 수리모형실험은 수치모의를 사용할 수 없는 경우에만 수행하고 있음<br>• 국외 실험시설의 경우 대학의 실험실 및 타 연구소와의 유기적인 공유가 활발하여 연구에 대한 효율적 운용이 가능함 | |

| | | |
|---|---|---|
| | • 현재 조류발전 및 파력발전 관련 다수의 연구과제가 진행 중이거나 추진 예정에 있는 연구개발 및 연구성과 등의 검증에 필요한 실험장비 필요<br>• 최근, 화석연료에 비해 신재생에너지의 효율이 낮아 파력, 풍력, 조류 및 모조력 등을 조합한 하이브리드형 발전 기술개발이 세계적인 추세임을 고려할 때, 파랑, 조류, 바람을 동시에 고려할 수 있는 장비 필요 | |
| 지반 | • 기본적인 지반관련 장비는 국내에도 충분한 규모와 사양이 갖추어져 있는 것으로 나타남. 그러나 국외에 비교해 보았을 때 보다 큰 규모(Mega size)의 시설, 실제 극한 하중을 모사할 수 있는 특수장비에 대해서는 확충이 필요함<br>• 방사성폐기물 장기 거동예측을 위한 연구시설이나 효율적인 온실가스 저장을 실험시설이 국외에 비해서 국내는 전무한 실정임<br>• 강우, 홍수 등에 의한 사면 안정, 토석류 등의 현상 및 원인을 규명하기 위한 실험장비 필요<br>• 정밀을 요구하는 물성값 평가와 재료불확실성에 대한 설계규정 마련 DB 구축 등의 건설재료의 정밀한 물성값을 측정할 장비 필요 | |

# 제 3 장 고도화 대상장비 선정

## 제 1 절 평가방법

□ 평가방법

o 평가방법 : 사전 연구에서 제시된 12종의 장비에 대한 상세분석 자료를 바탕으로 전문가평가 실시

o 평 가 자 : 산학연 전문가(9명)

<표 3-1> 평가 전문가 성명 및 소속

| NO | 성명 | 소속 | 직위(직급) |
|---|---|---|---|
| 1 | 김 규 한 | 관동대학교 | 교수 |
| 2 | 김 윤 석 | TE솔루션 | 대표 |
| 3 | 김 재 관 | 서울대학교 | 교수 |
| 4 | 김 지 상 | 서경대학교 | 교수 |
| 5 | 성 택 룡 | RIST | 본부장 |
| 6 | 윤 기 용 | 선문대학교 | 교수 |
| 7 | 이 윤 수 | GS건설 | 상무 |
| 8 | 정 상 섭 | 연세대학교 | 교수 |
| 9 | 정 철 헌 | 단국대학교 | 교수 |

□ 후보 장비(12종)

o 기존 2단계 실험시설 기획연구 과제에서 실험시설 신규구축과 함께 장비 단위의 구축으로 제시된 6종 및 2단계 기본설계 과제에서 최근의 실험수요를 고려하여 추가 도출된 장비 6종을 포함하여 총 12종을 대상으로 함

<표 3-2> 평가대상 후보 장비 12종

| 순번 | 실험장비명 | 도출 근거 |
|---|---|---|
| 1 | 대형 진동대 성능개선 | 건설연구인프라 구축사업 1단계 분석 및 2단계 기획연구 |
| 2 | 고성능 다자유도 Actuator 시스템 | |
| 3 | 조립식 고속 대용량 UTM | |
| 4 | 해양 에너지 개발장치 | |
| 5 | 구조재료 분석 시스템 | |
| 6 | 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 | |
| 7 | 드럼형 원심모형 시험기 | 건설연구인프라 2단계 기본설계 |
| 8 | 신재생에너지 실험시스템 | |
| 9 | 대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비 | |
| 10 | 고성능 진동대 | |
| 11 | 대형지반 구조물 실험시스템(강성토조) | |
| 12 | ISO 잔향실 시험장비 | |

## 제 2 절 고도화 대상장비 선정 결과

□ 정량적인 평가

o 12종의 후보장비를 대상으로 각 분야별 전문가들이 ‘수요대응성,’ ‘국가전략성,’ ‘파급효과,’ 경제성,’ ‘시급성’ 등을 고려하여 우선순위 평가

o 6가지의 평가항목을 통해 각 성능개선 대상 장비에 대하여 정략적인 평가 수행

| 평가항목 | 매우 낮음 낮은 편 보통 높은 편 매우 높음 |
|---|---|
| 국가 연구인프라(장비)로서의 구축 필요성(공익성 및 공공성) | ①--------②---------③---------④---------⑤ |
| 국토교통분야 연구장비로서의 구축 시급성 | ①--------②---------③---------④---------⑤ |
| 국토교통 R&D 공동활용(실험수요 확보) 가능성 | ①--------②---------③---------④---------⑤ |
| 산업체 기술·제품 개발 검·인증 활용(실험수요 확보) 가능성 | ①--------②---------③---------④---------⑤ |
| 중복성 배제 및 특성화 | ①--------②---------③---------④---------⑤ |
| 해외실험 대체 가능성 | ①--------②---------③---------④---------⑤ |

o 12종의 대상 장비를 6가지 항목으로 정량적 평가한 결과, 1순위의 ‘조립식 고속 대용량 UTM’을 비롯하여 12순위까지 선정

o 3종의 장비에 대해서는 타 기관 및 기업체에 이미 구축되어 있어 중복성 문제야기, 차별성 부족 및 수요가 낮아 성능개선 대상 장비에서 제외 → 총 9종 장비 선정

<표 3-3> 정량적인 평가를 통한 우선순위 평가결과

| 우선순위 | 장비명 | 비고 |
|---|---|---|
| 1 | 조립식 고속 대용량 UTM | 구축 추진<br>(일부장비 통합) |
| 2 | 고성능 다자유도 Actuator 시스템 | |
| 3 | 고성능 진동대 | |
| 4 | 대형진동대 성능개선 | |
| 5 | 해양 에너지 개발장치 | |
| 6 | 대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비 | |
| 7 | 신재생에너지 실험시스템 | |
| 8 | 대형지반 구조물 실험시스템(강성토조) | |
| 9 | 드럼형 원심모형 시험기 | |
| 10 | 구조재료 분석 시스템 | 구축 제외<br>(중복성↑, 수요↓) |
| 11 | 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 | |
| 12 | ISO 잔향실 시험장비 | |

□ 전문가 평가의견 및 합의에 의한 도출사항

o 공통(다수)의견

- 최근·미래 실험수요에 대한 대응, 신규 실험시설 구축에 따른 예산 절감 및 국가 연구장비의 공동활용 측면에서 기존 건설연구인프라 1단계 실험시설에 구축하는 것이 타당
- 기존 실험센터의 설비 및 전문인력을 최대한 활용하고 예산을 절감할 수 있도록 대상장비를 실험센터에 지정하여 구축 필요
- 장비명이 너무 포괄적이므로 성능 및 용도를 반영한 장비명 개명 필요

o 장비별 평가의견

<표 3-4> 장비별 전문가 평가의견

| 순위 | 장비명 | 주요 평가의견 |
|---|---|---|
| 1 | 조립식 고속 대용량 UTM | • 고속재하 실험에 필수, 국내실험의 해외의뢰 지양 및 해외실험수주 효과<br>• 설치·해체 불편 및 계측의 신뢰성 저하로 고정식이 바람직<br>• 대용량 낙교방지장치와 통합 구축 |
| 2 | 고성능 다자유도 Actuator 시스템 | • 최신의 하이브리드실험에 필수<br>• 다양한 구조실험의 활용도가 높고 명실상부한 하이브리드실험 구현가능 |
| 3 | 고성능 진동대 | • 기기의 내진검증 및 고진동수 응답규명에 필수<br>• 국토교통분야를 넘어 다양한 분야에 적용 가능, 높은 성능개선 대상<br>• 해당 성능의 국내 실험시설이 없어 꼭 필요한 장비 |
| 4 | 대형진동대 성능개선 | • 현재 용량 부족, 실대형 실험체 실험 가능 → 성능개선 시급<br>• 기존 보유 역량의 효율적 극대화 가능, 원전/교량분야 시급한 시설<br>• 실물크기의 구조성능시험 요구 증가 → 대형실험장치 보유 절실 |
| 5 | 해양 에너지 개발장치 | • 현재 장비로 어려운 실험이 많아 검토가 요구됨<br>• 고정식 해양구조물 안정성 실험에 필수(풍력과 파력의 동시 상황 묘사)<br>• 향후 신재생에너지 등의 기술개발에 기여도가 큼 |
| 6 | 대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비 | • 독자적인 활용은 용도가 협소<br>• 조립식 고속 대용량 UTM과 연계하여 활용 필요 |
| 7 | 신재생에너지 실험시스템 | • 국내 활용 가능한 시설과의 중복성 검토 → 성능개선의 시급성 낮음<br>• 국토부/지경부 등의 풍력구조/발전 기술개발 연계 필요<br>• 기존의 시설과 연계한 좋은 활용 아이디어 |
| 8 | 대형지반 구조물 실험시스템(강성토조) | • 현장조건을 고려한 지반 구조물 재현 실험용으로 필요<br>• 유지관리 측면이 다소 어려움, 활용도 측면에서 세밀한 계획 필요<br>• 독창성이 높고 기존시설 활용도가 높음 |
| 9 | 드럼형 원심모형 시험기 | • 기존 센트리퓨지로 어려운 연약지반 관련 실험 가능<br>• 성능개선·고도화 측면에서 좋은 아이디어<br>• 다양한 변수 실험이 가능, 활용도는 보통 수준 |
| 10 | 구조재료 분석 시스템 | • 기 보유 실험시설과 연관성 낮음, 독창성 부족<br>• 국가 연구장비로서의 특성화 어려움, 미세구조 및 내구성분석은 대학 및 연구소 등에서 용이하게 수행 가능. 차별성이 관건 |
| 11 | 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치 | • 시급성이 떨어짐, 국가연구인프라로서 차별성 및 특성화 어려움<br>• 암석관련 실험은 다른 연구실에 대부분 있음<br>• 성능개선 취지에 맞지 않음 |
| 12 | ISO 잔향실 시험장비 | • 국내 실험설비로 해결할 수 없는 설비, 장비로서의 의미를 찾을 수 없음.<br>• 국내의 타 시설과 중복, 독창성이나 대체 실험효율이 낮을 것으로 판단.<br>• 성능개선 취지에 적합도와 매우 낮고, 기존시설과 연관성이 없는 것으로 판단. |

o 전문가 협의에 의한 결정사항

- 장비의 특성과 활용도 측면에서 우선순위로 올라온 2종의 장비(조립식 고속 대용량 UTM, 대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비)는 통합하여 추진
- 단, 고성능 다자유도 Actuator 시스템은 우선순위는 높으나 앞서 대용량 UTM과 면진받침 실험장치를 통합하여 추진할 경우 2~3자유도 실험이 가능하므로 다자유도 Actuator 시스템은 후순위로 조정
- 필요성과 활용도가 매우 높게 평가된 고속 UTM을 우선순위로 추진, 단, 대용량 UTM 성능개선은 특성화 및 필요성은 높으나 비슷한 성격 실험장비의 전체 예산이 상대적으로 높아 예산사정을 고려하여 후순위로 추진하는 것으로 조정

□ 고도화 장비별 실험센터 지정 & 장비명 개명

o 정량적 평가 및 전문가 협의에 의한 조정을 통해 최종적으로 선정된 8종의 장비에 대해서는 예산 사정을 고려하여 순차적으로 추진

o 1단계 실험시설로 구축되어 있는 6개의 실험센터와 부합 여부에 따라 각각의 장비를 해당 센터에 지정하여 장비고도화가 이루어질 수 있도록 성능개선 대상을 선정

o 장비고도화 목적, 취지에 부합하도록 장비명을 세분화 하여 장비명 개명

<표 3-5> 최종 선정 결과

| 우선순위 | 장비명 | 센터명 | 예산(백만원) |
|---|---|---|---|
| 1 | 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM | 하이브리드구조 실험센터 | 5,000 |
| 2 | 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대 구축 | 지진방재 연구센터 | 5,100 |
| 3 | 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치 | 해안항만 실험센터 | 1,900 |
| 4 | 허리케인 3등급(풍속 120mph)풍력에너지 개발 바람발생 시스템 | 대형풍동 실험센터 | 2,390 |
| 5 | 대형 지반-구조물 실험을 위한 100㎥급 가변형 강성토조 | 첨단건설재료 실험센터 | 2,370 |
| 6 | 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지 | 지오센트리퓨지 실험센터 | 2,070 |
| 7 | 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템 | 하이브리드구조 실험센터 | 3,200 |
| 8 | 적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량·대형 진동대 시스템 | 지진방재 연구센터 | 3,600 |
| 계 | | | 25,630 |

## 제 3 절 기대효과

### 1. 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

□ 본 장비를 신규로 갖추기 위해서는 약 105억원 이상의 예산이 소요될 것으로 추정되는 반면, 구축된 기존의 시설과 장비를 최대한 활용하여 개선할 경우에는 약 54억원의 예산으로도 가능할 것으로 추정되며, 개선 시에는 신설 대비 절반 이상의 예산절감 효과를 기대할 수 있음

□ 고성능 대용량 UTM을 이용해야만 수행할 수 있는 구조부재 및 구조물 성능실험에 대하여 지금까지 많은 부분을 외국에 의존했기 때문에 실험에 필요한 직접비 외에도 운송, 검수 등의 각종 부대비용에 대한 부담이 컸으나, 본 실험 장비를 기존 실험센터에 추가 구축함으로써 해외 물류비용 등의 부대비용을 상당 부분 절감할 수 있음

□ 최첨단의 고성능 실험 장비를 확보함으로써 자체 개발한 우리나라의 건설기술을 후진 개발도상국들에 수출하는 경제적 효과와 지금까지 우리가 해외 선진국에서 실험한 것과 같이 개발도상국들의 관련 실험을 우리나라에서 수주하여 진행함으로써, 경제적 효과 창출 및 부가가치가 높은 기술 수출에도 기여함

### 2. 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대 구축

□ 유사 규모의 진동대 실험시설을 신규로 구축하기 위해서는 약 87억의 연구비가 소요되는데 반하여 기존 실험장비를 활용하는 경우 약 56억이 소요되어, 약 36%의 예산절감 효과가 예상됨

□ 기 구축된 실험시설·장비를 활용하여 고성능 진동대를 구축하는 이러한 방안은 상대적으로 적은 예산으로도 고성능 진동대의 확보가 가능하며, 5 ton 이상의 시험체 중량에도 5g 이상의 가속도 발현이 가능하여 고성능 진동대의 수요 문제를 다소간 해결할 수 있어 국내 고성능 진동대 실험의 신뢰도를 향상 시킬 수 있을 것으로 판단됨. 또한, 시료의 면적 및 무게의 제한으로 인하여 불가피하게 해외 실험 시설의 이용을 고려했던 실험들에 대해서도 국내 실험이 가능할 것임

□ 일반적으로 비구조 요소의 진동내구성검증에는 IEEE Std 693과 ICC-ES AC156 등의 기준이 적용되며 통신용 장비에는 IEC 60068-2-57와 Telcordia GR-63-CORE 등의 기준이 적용됨. 현재 국내시설이 보유하고 있는 6자유도 진동대 장비는 IEC

60068-2-57, ICC-ES AC156 등의 최고수준의 내진성능검증 실험을 수행하지 못하며 재한적인 내진성능검증이 가능한 실정임. 그러나 10g급 6자유도 진동대가 구축되면 일반적인 비구조 요소분야 국제기준에 대한 대응할 수 있는 환경을 구축할 수 있음

□ 대형 비구조 요소의 실험적 내진성능검증을 위하여 시제품을 제작하여 검토하여야 하므로, 해당 기기들을 해외에서 검증하고자 할 경우 물류비용이 추가될 뿐만 아니라 검증을 위한 이동기간이 추가로 소요될 수 있음. 따라서 6ton 이상의 10g급 진동대의 확보는 해당 비용의 해외유출을 절감할 수 있는 방안이 될 수 있음

□ 지진위험이 높은 지역이나 내진검증시험이 체계화 되어있는 유럽 및 북미시장으로의 진출을 위해서는 반드시 내진성능을 검증해야 하며 본 기관으로 도입되는 6톤이상 10g급의 6자유도 진동대 장비는 본기관의 연구기술 인력과 연계되어 중전기기 등의 전력설비, 공조기, 산업용펌프 등의 대형 비구조 요소를 제작/판매하는 국내기업의 기술경쟁력 확보를 위한 훌륭한 환경을 제공할 것임

□ 국내 업체들이 중전기기, 공조시스템, 펌프 등의 시장에서 10%의 점유율을 유지한다고 가정 하였을 때 614억 달러의 매출을 올릴 수 있으며 내진성능검증비용이 1%라고 가정하면 6억 달러가 됨. 해외기관대비 성능검증 비용이 1/5이로 두면 4.9억 달러수준의 기술비용을 절약할 수 있을 것으로 예상됨

## 3. 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치

□ 본 실험장비를 신규로 구축하게 되면 약 130억이상의 과다 경비가 지출되나 기존의 시설을 활용하여 일부분의 장비만 구축하면 약 25억정도 예산이 소요될 것으로 보여, 80% 이상의 예산 절감효과가 기대됨

□ 해상풍력, 조류 및 파력발전 기술개발을 위한 실험 및 연구 인프라 확보, 해양에너지 개발을 위한 설계기준 제정 및 구조물 통합 설계, 시공, 유지관리 기술 확보 및 보급, 해양에너지 기기 인증 및 프로젝트 인증 능력 보유, 경제적이고 효율적인 신형식 해양에너지 구조물 개발 등에 광범위하게 활용될 것임

□ 해상풍력, 조류 및 파력발전 장치 등의 성능 검증과 인증 등을 통해 해양에너지 관련 산업의 조기 활성화와 국내외 시장 진출 및 선점에 기여할 것임

## 4. 허리케인 3등급(풍속 120mph)풍력에너지 개발 바람발생 시스템

□ 기존의 실험시설·장비를 최대한 활용하여 개선하는 경우에는 23.9억원의 예산이 소요될 것으로 추정되어, 개선 시에는 신설 대비 약 53%의 예산절감 효과를 기대할 수 있음

□ 구축하고자 하는 장비는 향후 풍동 유로 내에 열선 추가 설치 등이 이루어질 경우 온도성층에 따른 영향 평가 등의 다른 분야의 환경영향 평가 등에도 다양한 분야에 활용이 가능함

□ 폐쇄율 등의 영향으로 극히 제한된 범위에서 수행되던 풍력발전기 출력성능실험의 한계를 뛰어넘어 산업분야에서 필요로 하는 니즈에 상당부분 대응이 가능하며, 다양한 형식의 풍력발전기 성능 개선과 개발에 기여할 수 있음

## 5. 대형 지반-구조물 실험을 위한 100㎥급 가변형 강성토조

□ 선진 외국의 실질적인 실험규모에 비해 우리나라는 매우 작은 규모로 주로 축소모형 실험을 하고 있는 실정임. 토조의 벽면이 강성체(rigid wall)인 경우 토조의 크기 효과의 제약을 줄일 수 있는 대형 강성 토조의 구축으로 실제 현장조건을 최대한 고려할 수 있는 실험 결과를 산출하여 설계 및 시공에 보다 안정적이고 경제적인 자료를 제시 할 수 있음

□ 대형 지반구조물 상호작용 평가 실험시설을 신설하기 위해서는 약 70.9억원의 예산이 소요될 것으로 추정되는 반면에 기존의 실험시설과 장비를 최대한 활용하여 개선할 경우에는 약 23.7억원의 예산이 소요될 것으로 추정되며, 개선 시에 신설대비 66.5%의 예산절감 효과가 있음

## 6. 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지

□ 대형 지반구조물 상호작용 평가 실험시설을 신설하기 위해서는 대략 29억원의 예산이 소요될 것으로 추정되는 반면에 기존의 실험시설과 장비를 최대한 활용하여 개선하는 경우에는 약 20억원의 예산이 소요될 것으로 추정되는 바 약 29%의 예산절감 효과가 있음

o 대규모 실험을 축소하여 실험을 실시할 수 있어 실험에 드는 비용을 절감

o 하나의 모형지반에 반복실험이 가능해져 불필요한 인력소모를 줄일 수 있음

o 기존 장비에 비해 운용이 간편해 동기간 내 실험 수행률이 높아짐

□ 국내 최초 드럼형 원심모형시험기의 도입으로 그간 해외 주도적으로 수행되어 온 연구 과제를 국내에서 자체적으로 수행함으로써 국내 기술의 세계적 경쟁력을 갖출 수 있으며, 국내 건설기술의 검증을 통한 기술력의 제고와 경쟁력 향상으로 해외 시장 진출용이

o 해외 원심모형실험 관련 연구과제의 유치를 통한 국내 연구개발 능력 신장

□ 기존 Beam형 원심모형실험시설과의 실험데이터 비교 및 상호 연계를 통해 건설 관련 기초분야의 연구 및 기술개발 속도를 극대화 시킬 수 있음

o 실험 센터의 활성화로 다방면의 실험 수행 기법을 습득하고, 이를 통해 의뢰기관의 요구조건에 맞는 실험이 가능해짐

□ 제한된 실험의 확장

o 기존의 Beam 원심모형실험에서 수행하기 어려웠던 실험들이 가능해 짐으로써 국내 건설 관련 연구 분야의 폭을 넓힐 수 있음

o 중장기 거동 평가가 필요한 연약지반관련 실험이 용이해짐으로써 압밀 프로세스를 동반하는 지반개량과 같은 연구를 수행할 수 있음

o 조성된 지반의 면적이 크고, 원심모형실험 중 실험장치의 교체가 가능해져 다양한 Parametric 실험을 수행할 수 있음. 이를 통해 동일 모형에 대해 구조물-지반 간의 거동 영향인자를 좀 더 명확히 확인할 수 있고, 특히, 해양 구조물과 같이 다양한 외부하중을 받는 시설물에 대한 실험적 검증이 용이

o 긴 사면의 파괴나 지반 내 오염물 침출수 흐름과 같이 대단위 면적에서 발생하는 지반관련 제반 문제에 대한 연구수행이 용이해 짐

o 홍수 시 발생하는 토석류의 거동에 대한 연구가 가능

o 제방의 축조 공정이나 기초 설치 과정 등을 실험적으로 모사할 수 있어 공정에 따른 해석 기법과 설계 기술 확보 가능

o 다양한 구조물 형식의 극한하중에 대한 해석 기법 검증이 용이해 짐

□ 신기술 개발 및 검증 강화

o 최근 수요가 증가하고 있는 초고층, 초장대 교량과 같은 대형 구조물의 기술 개발 검증 실험이 용이해져 국내 기술 개발을 강화

o 신재생에너지 사업과 같이 새로운 건설 기술 페러다임에 맞춰 다양한 연구가능

## 7. 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템

□ 6자유도 고성능 Actuator 시스템을 운영하기 위한 제반 실험시설과 부대 실험 장비를 신설로 갖추기 위해서는 약 85억원(제경비 포함)의 예산이 소요될 것으로 추정되는 반면에, 기존의 실험시설과 장비를 최대한 활용하여 개선할 경우에는 약 32억원(제경비 포함)의 예산만으로도 가능할 것으로 판단되며, 개선 시에는 신설 대비 약 62%의 예산절감 효과를 기대할 수 있음

□ 고성능 Actuator 시스템으로 해야 하는 구조물 성능 실험에 대하여 지금까지 많은 부분을 외국에 의존하여 실험에 필요한 직접비 외에도 운송, 검수 등의 각종 부대비용에 대한 부담이 컸으나, 본 실험 장비를 하이브리드구조실험센터에 추가 구축함으로써 해외 물류비용 등의 부대비용을 상당 부분 절감할 수 있음

□ 최첨단의 고성능 실험 장비를 확보함으로써 자체 개발한 우리나라의 건설기술을 후진 개발도상국들에 수출하는 경제적 효과와 지금까지 우리가 해외에서 실험한 것과 같이 개발도상국들의 관련 실험을 우리나라에서 수주하여 진행함으로써 경제적 효과 창출 및 부가가치가 높은 기술 수출에도 기여함

## 8. 적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량 대형 진동대 시스템

□ 신설 실험시설 구축비용이 구축되는 부지에 대한 비용을 제외하고도 약 150억인데 비하여 기존실험 시설을 활용하여 구축할 경우 약 36억으로써, 기존실험 시설을 활용할 경우 약 80%의 예산절감 효과가 있음

o 국내 업체가 개발된 관련기술에 대하여 성능을 인증받고 시험을 수행하기 위하여 외국의 시설을 이용할 경우 소요되는 비용을 절감할 수 있으며, 실제 2013년 지진방재연구센터에서 수행한 외국검증 대체 실험의 경우 관련비용을 1/5 수준으로 줄여 실험업체가 비용을 절감하는 효과를 얻은 바가 있음

□ 국내 유일의 실구조물에 준하는 대형 내진실험이 가능하며 국가·민간 R&D 실험지원, 정부 정책 마련에 활용이 가능함

o 1970~90년대 주로 건축되었던 저층 주택/건물 등의 실대형 실험 가능

o 목조구조물(문화재)등의 실대형/낮은 축소 비율 모형 실험이 가능

o 고층구조물의 scale비율을 낮출 수 있어, 보다 정확한 실거동 예측가능

o 원자력 발전소 격납구조물 및 각 종 대형 제어기기와 설비에 대한 검토 가능

o 파급효과

o 지진에 취약한 건물(1970~90년대 건축구조물, 문화재 건축물)들의 내진 취약도 산정 및 보강에 대한 직접적 연구 가능

o 해외 실험시설에 의존 하거나, 해석에 의존하던 내진성능평가를 국내에서 실험데이터를 확보함으로써 data base구축 가능

o 원자력 발전소 사업 경쟁력 확보가능

o 기존 및 신규 구조물의 지진 안전성 평가 및 내진 대책 수립

o 재해 시나리오에 기반한 현실성 있는 지진재해 대책 수립 가능

o 기존 구조물의 지진 안전성 평가에 따른 재해 시나리오 마련

□ 저비용·고효율의 대용량·대형 진동대 시스템 구축으로 내진설계 분야의 선도기술 확보와 진동대 성능향상 기술의 노하우 축적

o 지진재해 대비 시설물의 평가 및 관련 설계기술 확보 가능

o 대형 구조물에 대한 상사법칙 적용을 최소화한 실구조물 수준의 모형을 통한 동적 거동 분석으로 구조물에 대한 이해증진 및 실증자료 확보 가능 및 한계상태설계에 대비한 설계 및 해석 기술의 발전에 기여

o 국내 유일의 세계 4위권 대용량·대형 진동대 시스템 구축을 통한 내진분야의 기술 경쟁력 제고 기반 마련 및 국내 기술자립

o 실험 가능한 실대형 실험체의 적재하중이 100ton 이상으로 증대됨으로서 실험 가능한 구조물의 범위가 매우 확대됨

o 두 기의 동일한 진동대를 연결하기 위한 확장플레이트를 설계 및 제작하고, 두 기의 진동대에서 발생하게 되는 부가 하중을 산정함에 있어, 장비제조사의 해외 기술력을 참고하여 국내 기술을 선진화할 수 있을 것으로 예상됨

o 제품개발 관련 국외 성능시험을 국내에서 수행하고 대체할 수 있는 시험분야의 인정기술을 확보할 수 있는 바탕을 마련함으로서 관련 시험분야 기술력 확보와 그에 따른 국내 많은 개발업체의 검증비용을 절감할 수 있는 기회를 제공할 수 있음

# 제 4 장 고도화 장비 상세분석

## 제 1 절 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

### 1. 시설·장비의 개요

#### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM은 축방향 압축실험과 인장실험 및 피로실험을 주로 하는 일반 동적 UTM(Universal Testing Machine)에 초고속의 반복적인 수평력을 작용시킬 수 있는 3MN급의 고속 Actuator를 일체화한 장비를 의미하며, 대용량의 축력과 고속의 수평력을 동시에 작용시킬 수 있는 일체화된 UTM임

- 일체형 UTM은 최대 20MN의 수직하중을 가한 상태에서 초고속(약 300mm/sec)의 수평 반복하중을 작용시켜 다자유도의 성능실험이 가능한 첨단 UTM임
- 일체형의 UTM을 구성하고 있는 20MN급 UTM은 정적 20MN, 동적 12MN의 수직하중을 작용시킬 수 있는 국내 최대 용량의 실험 장비이며, 지금까지 이러한 용량의 장비가 필요한 실험들은 모두 외국의 실험시설에 의존함
- 또한 9m 높이의 실험체를 실험할 수 있는 국내 최대 규모의 실험 장비로써 지금까지 외국의 실험시설에 의존했던 대형 부재 및 구조물의 실험들을 국내에서도 수행할 수 있는 실험 장비를 구축하고자 함
- 현재 우리나라의 구조실험용 UTM은 정적 실험용으로는 10MN, 동적 실험용으로는 5MN이 최대 용량임. 하지만 건설 분야를 비롯한 여러 산업분야의 구조실험 수요는 점점 더 대용량의 장비를 요구하고 있으며, 이러한 실험을 뒷받침하기 위해서는 최소 본 장비 이상의 성능을 가진 UTM이 필요함
- 수평방향의 3MN Actuator는 속도 의존성이 강한 구조체의 성능실험을 위하여 초고속의 성능을 구현할 수 있는 장비이며 현재 세계적으로 5개국 정도에서 보유하고 있으며 우리나라에서는 최초로 도입되는 장비임
- 일반적인 UTM(Universal Testing Machine)의 일축방향 하중제어와 더불어 수평방향의 하중을 동시에 작용시킬 수 있는 초고속의 유압가력기(Actuator)를 조합하여 수직방향과 수평방향의 하중을 동시에 도입함으로써 일반적인 일축방향의 UTM으로는 구현할 수 없는 다자유도의 실험을 비교적 쉽고 간단하게 수행할 수 있음

□ 목적

o 수직하중과 수평하중을 동시에 작용시켜 첨단의 다자유도 성능실험을 수행할 수 있는 세계 최고수준의 일체화된 UTM 구축

o 건설 분야의 고강도 구조부재 및 실모형 대형 구조체에 대한 강도와 내구성 평가 및 내진성능 평가를 위한 초고속의 실험장비 구축

o 원자력, 중공업, 철도, 기계분야 등 다양한 산업분야의 고강도 부재 및 구조체에 대한 기계적인 강도평가 및 내구성을 평가할 수 있는 실험장비 구축

o 기존의 소형 구조 UTM에서 수행하지 못하여 외국의 대형 실험시설에 의존했던 실험들을 국내에서도 비교적 간단하고 쉽게 할 수 있는 효과적인 실험장비 구축

o 초기에 많은 투자비용이 소요되는 일체형 초고속 대용량 UTM의 시스템 전반에 대한 신규구축보다는 기존의 대용량 유압펌프와 하드라인 및 부대시설을 활용하여 경제적으로 성능개선을 도모함으로써 효율을 극대화 할 수 있는 최고의 일체형 UTM 구축

[그림 4-1] MATS (Multi Axis Testing System)

## 나. 활용분야 및 범위

□ 급속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM의 활용 분야는 크게 일반구조분야, 재료분야, 내진구조분야의 3분야로 분류함

o 일반구조는 건설 분야를 비롯한 다양한 산업분야의 구조 부재 및 표준 시험편 등 규모가 크지 않은 보편화된 구조실험을 의미함

o 재료분야는 각종 건설 재료들의 압축 및 인장강도 측정을 위한 실험분야를 의미하며 일반적인 UTM의 경우에 해당함

o 내진구조분야는 구조물의 면진받침 및 교량의 낙교방지장치 등 기존 구조물의 내진보강과 신설 구조물의 내진설계에 반영되는 장치 및 구조시스템을 의미하며, 지

진 시 순간적인 잠김을 유도하여 구조물의 극한상태 파괴를 방지하는 것을 의미함

<표 4-1> 다기능 고속 대용량 구조 UTM의 세부 활용분야 및 범위

| 분야 | 대표 실험 범위 |
|---|---|
| 일반구조분야 | ▪ 구조부재의 저속 정하중 실험과 고속 동적실험<br>▪ 중소형 구조물의 휨 성능 및 압축 성능 등 일반 구조성능 실험<br>▪ 강구조 용접부재의 피로실험 및 다양한 구조물의 반복 재하실험 |
| 재료분야 | ▪ 고강도 콘크리트 및 구조용 강재의 압축강도실험<br>▪ 고강도 강재의 인장강도실험<br>▪ 다양한 재료의 구조부재에 대한 휨강도 실험 |
| 내진구조분야 | ▪ 지진 시 교량의 낙교를 방지하는 낙교방지장치의 성능 실험<br>▪ 교량 받침 및 댐퍼 등의 동적 성능 실험<br>▪ 지진파를 응용한 중소형 구조부재 및 면진제품의 성능 실험 |

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구 성능

□ 목표성능수준

o 실험 장비의 목표성능은 가능한 세계 Top Class 수준을 목표로 하였으며 전문가 자문 등을 거쳐 제한된 예산범위 내에서 가장 효율적으로 구성할 수 있는 방법을 도출함

o 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM을 움직이는 유압펌프 및 하드라인 등의 동력 공급 장치도 기존에 하이브리드구조실험센터에서 보유 및 설치된 것들을 이용함

<표 4-2> 초고속 수형하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM의 최소 요구 성능

| 구분 | 항 목 | 성능 |
|---|---|---|
| 수직하중 재하용 UTM (20 MN) | Nominal static load rating | 20 MN, 275 bar |
| | Nominal dynamic load rating | 12 MN, 210 bar / 80mm/sec |
| | Actuator stroke | 750 mm |
| | Dimensions | Test Space Approx:<br>- 9.0 m (without platens) / 7.0 m (with platens)<br>Column Spacing : 1.0 m X 3.0 m (between columns) |
| | Transducer | Pressure Transducers for force measurement<br>LVDT stroke transducer |
| | Controller | Supported maker |
| | Software | Supported maker |
| | Hardline | Pressure, Return, Drain distribution between HSM and test system |
| | Hose Stand | Included |
| 수평하중 재하용 Actuator (3 MN) | Nominal max force rating | 3,000 kN |
| | Nominal max velocity | 300 mm/sec |
| | Actuator stroke | 750 mm |
| | Performance test | 10-30 cycles |
| | Durability test | 157 mm/sec for 1800 cycles |

## 나. 최소 요구 시설

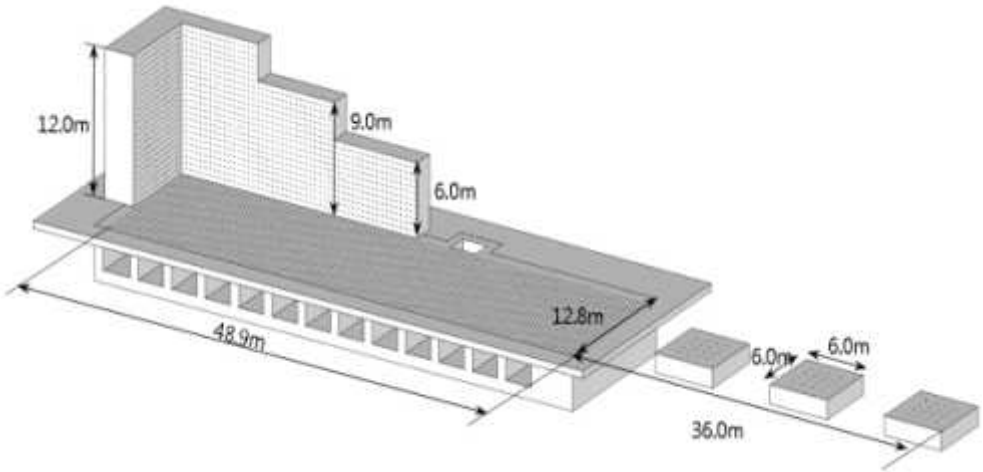
o 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM을 설치하여 운용하기 위해서는 다음의 표 내용과 같은 최소 요구시설 및 장비가 필요함

o 하이브리드구조실험센터에서는 이러한 최소 요구시설 및 장비를 이미 보유하고 있으며 그 사양을 더 자세하게 정리하면 다음과 같음

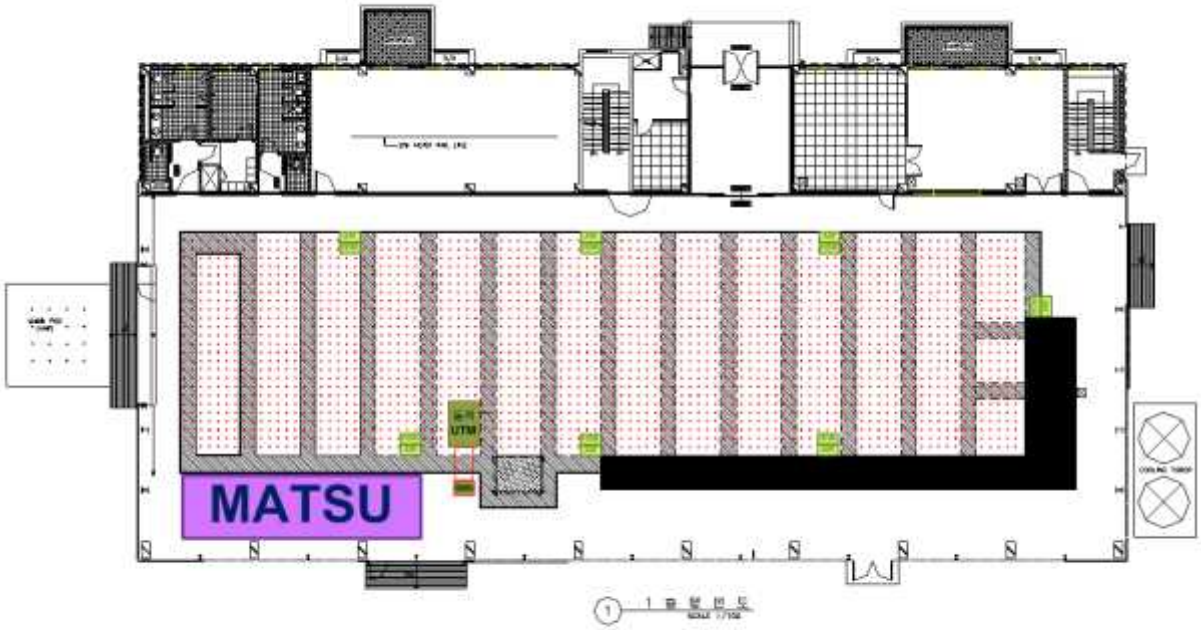
<표 4-3> 최소 요구시설 및 장비

| 구분 | 내 용 | 비고 |
|---|---|---|
| 실험장비 설치 공간 | • 실험장비 설치 공간 확보 (10mX5m 이상)<br>• 실험체의 운반 및 설치를 위한 충분한 주변 공간 | • 50mX13m의 충분한 공간 확보 |
| 유압공급시스템 | • 실험 장비의 성능을 발휘할 수 있는 충분한 용량의 유압펌프(750gpm 이상)<br>• 750gpm 이상의 유압을 전달할 수 있는 하드라인 | • 1,200gpm까지 공급할 수 있는 하드라인 확보 |
| 냉각시스템 | • 대용량의 유량을 단시간에 냉각시킬 수 있는 충분한 냉각탑 및 배관 | • 대용량 쿨링타워 2기 확보 |
| 계측시스템 | • 다채널 실험에 필요한 충분한 채널의 계측시스템(100채널 이상) | • Dynamic 320채널 확보<br>• Static 190채널 확보 |
| 운반시스템 | • 실험장비 및 실험체를 운반하고 설치할 수 있는 오버레드 크레인(100kN 이상) 등 | • 300kN 오버헤드크레인 2기 확보<br>• 지게차 및 고소작업차 등의 중장비 확보 |

o 건물 내부에는 일체형 대용량 UTM을 설치하여 폭넓게 사용하기 위한 반력바닥 구조물이 필요하며, 본 센터에서는 다음과 같은 규모의 반력바닥과 반력벽 구조물을 이미 보유하고 있어 신설 대비 상당한 경제적 효과를 얻을 수 있음




[그림 4-2] 기존 반력구조물 제원




[그림 4-3] 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM(MATSU) 위치도

## 3. 시설·장비 구축계획

### 가. 추진방법

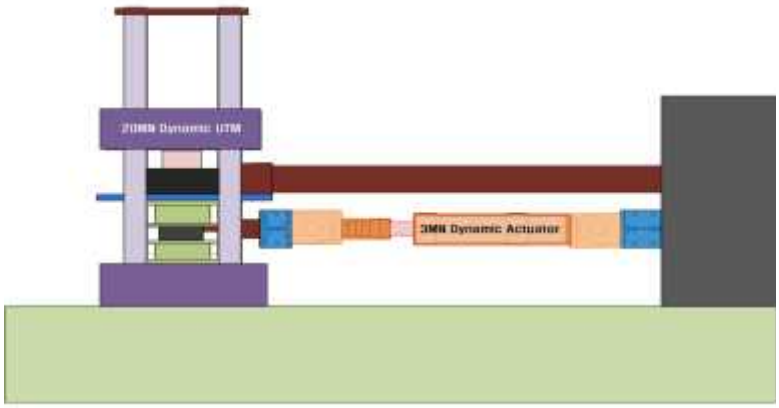
□ 장비 구축계획의 기본방향

- 연구 인프라 동향 분석을 통한 장비 요구 성능 도출
- 실수요 그룹 및 유사 실험 전문가 의견 수렴을 통한 사양 상향
- 추가 장비 도입을 통한 실험시설의 활용성 극대화 및 특성화
- 최적의 장비 배치를 통한 구축비용 절감 및 활용성 극대화
- 구입 장비의 품질, 성능보증을 위한 엄정한 계약 체결
- 국내 수요기업의 시험 요구 성능을 최우선적으로 수렴하여 장비활용 극대화
- 기 구축된 기반시설과의 연계성을 통한 추가 도입장비에 필요한 예산 최소화
- 국내 유사장비의 철저한 분석을 통한 중복성 배제
- 가능한 예산범위 내에서 성능 극대화를 통해 국내 최대·최고 용량의 장비 구축

o "건설연구인프라 구축과제 1단계분석 및 2단계 기획 보고서(2011. 06. 22)"에 선정된 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM(대용량 UTM)을 운영하기 위해서는 대용량의 유압펌프 및 유압호스(또는 하드라인)와 컨트롤러, 그리고 UTM을 설치하여 운영하는데 필요한 주요 시설물 및 장비인 반력시스템과 재하프레임이 필요함. 하이브리드구조실험센터에서는 이러한 시설 및 대부분의 장비들을 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 보유하고 있기 때문에 상당 부분의 구축비용을 절감할 수 있음

o 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM을 신규로 구입하고 그 외 필요한 유압펌프 및 하드라인 등의 부대설비는 기존의 시설을 활용함

□ 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM의 개요




[그림 4-4] 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM의 구성도

□ 제작 방안

o 본 실험장비의 국내 제작을 검토하였으나 완제품의 제작이 불가하여 일부만 국내 제작을 추진함

o 실험장비의 전체 구성품 중에서 국내 제작이 가능한 부분은 제작 후 해외 생산 부품과 국내에서 조립하여 전체 시스템을 구축할 예정임

o 본 실험장비는 독립적으로 사용할 목적으로 전체 시스템 구축을 위한 신규도입이 필요함

o 실험장비의 사용을 위한 반력벽 및 반력 Fixture는 국내에서 전체적으로 조달 가능하므로 국내 제작 및 공사 예정임

o 본 실험장비는 현재 구축된 Actuator 성능의 3배 이상이 필요한 사항으로 신규도입이 필요한 항목임

□ 기존설비 활용방안

o 실험장비의 전체 시스템 중에서 유압공급 시스템(유압공급장치, 고용량 유압배관 등)은 현재 구축된 시설을 활용할 수 있으므로, 현 시설을 최대한 활용하면 전체 시스템 구축예산 대비 최대 30% 이상의 예산을 절감할 수 있음

o 기 구축된 실험장비에서 사용하고 있는 지그 및 Accessory를 공용으로 활용할 수

있는 방안을 마련하여 추가적인 예산절감 효과를 기대함

o 기 구축된 실험장비에서 사용하고 있는 반력상 및 반력벽을 이용할 수 있기 때문에 추가적인 예산절감 효과를 기대할 수 있음

□ 구축방안

o 본 실험장비를 구축하게 되면 국내 최대 성능의 장비를 활용할 수 있다는 장점이 있기 때문에, 최소 요구 성능 보다는 계획된 성능을 구축하기 위해 기존 설비와의 호환성을 최대한 살려 가능한 예산 범위 내에서 시설 및 장비를 구축할 계획임

o 기 구축된 실험동 내부에 장비설치 공간을 확보하여 구조하중에 따른 지반공사 및 장비설치를 위한 내부공사가 병행되어야 함

o 구축 예정인 지반 상부에 실험 장비를 일체식으로 조립하기 위한 시공이 이루어져야 하며, 동하중 시험 시 장비 전복을 방지하기 위해 기존 구조물에 전복 방지 장치를 추가로 설치할 예정임

o 기 구축된 유압라인에서 증설이 필요한 부분은 사용자의 안전 및 시편 장착을 고려하여 가장 효율적인 방안을 모색하고 기존 유압라인을 최대한 활용할 예정임

□ 구매 방안

o 현재 검토 중인 예상 구매처는 기 구축된 장비를 최대한 활용하기 위하여 기존 장비 공급업체를 중심으로 검토중임

o 예상 구매처는 MTS Systems Corporation 으로 미국 Minnesota주에 소재함

o 본 실험장비의 가장 핵심적인 부품인 20MN 유압 Actuator 및 유압분배장치는 수입 제품으로 하되, Loading Frame의 구성품 중에서 Column, Base Plate 등 중량물은 수입 및 운송 방법을 고려하여 국내에서 제작하는 방안을 마련하고 있음

o 장비의 성능 확정 및 발주 후 제작기간은 약 12개월에서 14개월 정도를 예상하고 있으며 시험 수요기업의 일정 및 사업 계획상의 일정을 고려하여 조율 예정임

o 본 실험장비의 경우, 기 구축된 Actuator 제어기를 활용할 예정으로 단순 Actuator 조립품 및 유압분배기만 수입 예정임

## 나. 구축계획

□ 시설공사 계획

o 지반공사

- 본 시험장비의 총 무게는 160톤으로 예상되며, 동하중 작용 시 약 2배 이상의 동하중이 작용할 것을 고려하여 400톤 정도의 Seismic Mass를 설치해야 함

- Seismic Mass를 시공하기 위해서 소요되는 바닥면적 만큼 기존 시험실 바닥을 해체하고, PIT를 확보하여 6m(길이) x 5m(폭) x 4m(깊이)의 철근 콘크리트 구조물을 시공하고 Load Frame의 Base Plate를 Seismic Mass와 일체시키는 제반공사 시행 예정임
- 본 시험장비는 기 구축된 반력상 및 반력벽을 이용할 예정으로 추가적인 지반공사는 필요 없음

o 건축 및 전기공사

- 상기의 지반공사를 수행하기 위해서는 기 구축된 조립식 벽체 일부를 철거하고 장비 설치를 위한 바닥면적을 확보할 계획임
- 동하중 작용 시 장비전복 방지장치를 설치하기 위해서 Crane 반력 구조체 일부에 대한 보강공사가 필요할 경우, 추가 공사 예정임
- 기 구축된 유압공급장치를 활용하기 때문에 추가적인 전기설비 보강은 필요 없음
- 기 구축된 유압공급장치를 활용하기 때문에 추가적인 건축 및 전기설비 보강은 필요 없음

o 기타 고려사항

- 기 구축된 유압분배장치에서 분기되는 유압라인의 경로에 최대한 근접하게 장비를 설치할 경우, 추가적인 유압라인의 증설은 필요 없어 예산 절감이 가능함
- 기 구축된 유압라인에서 추가적인 유압분배장치를 설치하기 위한 경로를 효율적으로 배치함으로써, 추가적인 유압라인의 증설이 필요 없도록 배치할 예정임

□ 공간배치 계획

o 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM의 설치 위치

[그림 4-5] 초고속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 UTM 설치 위치도

o 기 구축장비 설치 이전

- 지반공사가 필요한 본 실험장비의 설치위치를 확보하기 위하여 기 구축된 5,000kN 정적 UTM을 이전 설치할 계획임
- 설치 이전 예정인 5,000kN 정적 UTM 장비는 지반공사가 필요 없기 때문에 실험실 내에 공간배치 조정을 통해 활용할 계획임

o 장비 설치공간 확보

- 상기의 5,000kN 정적 UTM 설치장소 및 주변공간을 추가 확보하여 지반공사를 진행하며, 기 구축된 반력상 및 Crane 반력 구조체와의 간섭이 없도록 시공 예정임
- 기 구축된 유압분배장치와의 연결을 위한 공간은 실험장비 위치를 최적으로 고려하여 주변 장치와 간섭이 발생하지 않고 안전을 확보할 수 있는 공간을 고려하여 배치할 계획임

o 기 구축 기반시설 활용

- 현재 구축된 반력상 및 반력벽을 활용할 수 있는 공간 내에서 이동설치가 가능한 형식으로 공간배치에 대한 추가적인 고려 대상이 아님

□ 구축일정

| |
|---|
| • 건축공사의 공정과 연차별 예산을 고려한 실험시설 구축 일정<br>• 단계별 실험시설 설치 일정 확립을 통한 작업 혼선의 최소화<br>• 실험시설 공간배치를 고려한 설치 순서 계획 |

<표 4-4> 실험시설 구축 일정표

| 구분 | 연구내용 | 2014년 | | | | | | 2015년 | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | |
| 1 | 지반공사 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 건축 및 전기공사 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 장비 설치 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 시험 운전 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 교육 및 완료 | | | | | | | | | | | | | |

□ 국산장비 대체 가능성 자체검토

o 지금까지 5,000KN 이상의 대용량 동하중 시험에 대해서는 전적으로 외국의 실험시설에 의존했기 때문에 대체할만한 완제품의 국산장비는 없는 것으로 파악됨

o MATSU 시스템을 구축하는데 필요한 시설공사 및 강구조물 제작, 설치에는 국산장비 업체가 참여하여 기술력을 이전받을 수 있도록 추진할 계획임

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 장비 성능개선 소요예산(안)

o (기간 · 사업비) '14~'15 / 5,000백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '14 | '15 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 5,000 | 1,300 | 3,700 |

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 20MN UTM | 별첨 견적서 참조 (설치비용 포함) | 4,784,000 ($4,600,000) | 일부 국산 | 구입 |
| 3MN 고속 Actuator | | | | |
| 일체형 강재 블럭 | | | | |
| 유압공급시스템(HPU) | 급속수평하중 동시재하 20MN급 일체형 대용량 UTM을 운영하기 위한 필수장비이며 기 보유중인 장비를 이용함. | - | | 기보유 |
| 유압분배시스템(HSM) | | - | | 기보유 |
| 반력바닥 시스템 (Strong floor system) | | - | | 기보유 |
| 반력벽 시스템 (Strong wall system) | | - | | 기보유 |
| 제경비 (통관비, 관세 등) | 장비 구입금액의 약 4.5% | 216,000 | | |
| 합 계 | | 5,000,000 | | |
| 국산화율(%) | | 50% | | |

※ 1 USD : 1,040원

### 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

< 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 >

| 구분 | 신규 시설구축 예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용(천원) |
| 20MN UTM | 별첨 견적서 참조 | 4,784,000 | 별첨 견적서 참조 | 4,784,000 |
| 3MN 고속 Actuator | | | | |
| 일체형 강재 블럭 | | | | |
| 유압공급시스템(HPU) | 기존의 해당 시스템을 구축하는데 소요된 금액을 기준으로 함. | 1,800,000 | 초고속 20MN급 일체형 UTM을 운영하기 위한 필수장비이며 기 보유중인 장비를 이용함. | - |
| 유압분배시스템(HSM) | | 1,000,000 | | - |
| 반력바닥 시스템 (Strong floor system) | | 1,000,000 | | - |
| 반력벽 시스템 (Strong wall system) | | 1,000,000 | | - |
| 소 계 | | 9,584,000 | | 4,784,000 |
| 제경비 (통관비, 관세 등) | 장비 구입금액의 약 4.5% | 216,000 | 장비 구입금액의 약 4.5% | 216,000 |
| 합 계 | | 9,800,000 | | 5,000,000 |
| 예산 절감액/비율(%) | | 4,800,000 / 49% | | |

# 제 2 절 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

## 1. 시설·장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 천정과 벽체, 전기 및 전력설비, 가스 및 상하수도 배관구조 등의 건축물 내외장 설비 및 건설기계, 철도, 조선 등의 기간산업분야 등 비구조 요소에 대한 내진성능검증 및 진동내구성 실험이 가능한 고성능의 6자유도 진동대 장비

- 건축구조물의 비구조 요소인 천정과 벽체, 소방, 배관, 덕트, 전기, 통신, 트레이설비의 내진성능 검증 및 건설기계, 철도, 조선분야의 각종 중요 기자재에 대한 진동내구성 실험을 수행할 수 있는 진동대 장비
- ICC-ES AC156 (Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components), IEEE Std 693 (IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations), IEEE Std 382 (IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating
- Stations), IEEE Std 344 (IEEE Recommended Practive for Seismic Qualification fo Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations), IEEE Std 323 (IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations) 등의 비구조 요소 관련 국제 시험 기준이 요구하는 조건을 만족할 수 있는 진동대 장비
- 적재하중 6 ton 이상의 규모를 갖는 시험대상에 대하여 가속도 10g 이상의 가진이 가능하고 최대 변위 180㎜이상, 동작주파수 50Hz이상의 6자유도 진동대 장비
- 비구조 요소의 실제 설치조건을 모사할 수 있는 시험체 설치면적 2.5m × 2.5m 규모의 6자유도 진동대 장비

□ 목적

o 지진이 빈번한 일본 및 미국, 유럽과 달리 국내에서는 아직까지 건설 분야의 비구조 요소에 대한 시험검증방법이 체계화 되어 있지 않음. 천정, 외장벽체, 공기조화설비, 창호, 출입문 등에 대한 내진성능검증 수요는 증가하고 있으나 이를 검증할 기준 및 실험장비는 충분하지 않은 실정임. 또한, 국내에서 개발되고 있는 철도 및 건설기계, 조선, 해양 분야 비구조 요소에 대한 내진동, 진동내구성 실험 수요도 증가하고 있으나 중량의 대형구조물을 시험할 수 있는 장치는 확보되고 있지 않은 실정임

o 적재하중 1~3 ton 규모의 비구조 요소에 대한 시험은 국내에 기 설치된 진동대 장비를 활용하여 시험할 수 있으나, 3 ton 이상의 대형 설비에 대한 성능검증을 위한 진동대 장비는 없음. 최근 실구조물에 대한 시험검증에 대한 수요가 증가하면서 이러한 대형 구조물을 시험할 수 있는 장비의 확충이 시급함

o 건축구조물의 소방시설, 배관, 통신 및 전력설비 등의 규모가 큰 비구조 요소에 대한 내진성능 검증, 진동내구성 실험 수요에 대한 대응이 원활하게 이루어지고 있지 않고 있으며, 특히 원자력발전소, 초고층건물 등 층응답 가속도가 높은 위치에 설치되는 대형 설비 등은 시험 가능 하중 및 가속도 부족으로 현재 국내에서 내진시험이 어려운 실정임

o 국내 8개 원전에 적용한 한국표준형 OPR1000, UAE에 수주된 경수로 APR1400, 개발 예정인 APR+에 대한 내진기술개발 및 설계기준의 안정성 검증에 대한 관련 연구가 활발히 진행 중에 있으며 또한, 원전 내진설계 기준의 상향과 국내 원자력 발전소에 적용되는 기기 검증에 대한 기준이 강화되면서 보다 높은 수준의 가속도를 요구하는 내진성능 검증에 대한 수요 증가하고 있음

o 일반적인 비구조 요소의 내진성능을 검증하기 위한 시험방법은 IEEE Std 693과 ICC-ES AC156등의 기준이 대표적이며, 발전소 특히, 원자력발전소와 관련된 비구조 요소의 내진성능 검증에는 IEEE Std 344, IEEE Std 323, IEEE Std 382와 같은 기준을 적용시키고 있음. IEEE Std 382는 가장 보수성이 높은 시험방법 중의 하나로서 sine sweeping test인 RIM test를 적용하고 있으며 기계 및 전력설비의 경우 IEEE Std 382에 의한 시험을 더 선호하는 추세임. 그러나 시험하중이 3 ton 이상인 경우에는 국내에서 이러한 시험을 수행할 수 있는 장비가 없으며, 시험하중, 가진주파수 범위 및 가속도를 하향하여 제한적으로 SGS와 한국산업기술시험원(KTL) 등에서 수행하고 있음

o 3 ton 이상의 시험체에 대해 3축(수평 2방향 및 수직 1방향)으로 내진성능 검증 및 진동내구성 검증실험을 수행할 수 있는 시설은 한국기계연구원과 한국철도기술연구원, 지진방재연구센터뿐이며 동일한 시험체에 대하여 IEEE Std 382 기준을 적용한 내진성능 검증실험을 수행할 수 있는 기관은 없는 실정임. 또한, 동일 하중 규모 이상의 시험체에 대하여 4g 이상의 충격파에 대한 시험을 수행할 수 있는 기관은 국내에는 전무한 실정임

## 나. 활용분야 및 범위

□ 10g급 6자유도 진동대 장비를 활용하여 수행 가능한 실험 분야는 크게 내진성능검증실험 및 진동내구성검증실험으로 분류할 수 있음

o 내진성능검증실험은 시료의 설치조건과 구조물에서의 위치 및 지역 등을 고려하여 해당 상황에 알맞은 진동을 입력하여 지진하중 발생 시 시료의 건전성을 검토하는 것

o 진동내구성검증실험은 건설기계, 조선, 자동차 등에 적용 가능한 실험으로 발생 가능한 진동을 장시간 입력하여 해당 장비 및 기기의 내구성을 검토하는 것

o 승차감조사는 건설기계, 차량 등의 승객이 진동으로 인하여 느끼는 불편함의 정도를 측정하는 것

.

<표 4-5> 10g급 6자유도 진동대 장비의 세부 활용분야 및 범위

| 분야 | 세부분야 | 실험영역 |
|---|---|---|
| 내진성능검증 | 비구조 요소 | ▪ 초고층 건물 및 발전소, 철도구조물 등의 기반시설에 위치한 주요 비구조 요소를 대상으로 설계지진 또는 진동의 규모와 설치위치 등을 고려하여 내진성능 및 진동내구성 평가 |
| 진동내구성검증 | 비구조 요소 | ▪ 해양플렌트, 선박 등에 적용되는 전력설비, 배관 등의 비구조 요소에 대한 진동내구성 검사 |
| | 건설기계 및 차량 | ▪ 건설기계 또는 차량 등의 주요 부품에 대한 진동내구성 검사 |
| 승차감조사 | 건설기계 및 차량 | ▪ 자동차, 건설기계의 캐빈 등에 대한 승차감 조사 |

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구성능

□ 건축설비, 전력설비, 배관구조물 등의 비구조 요소를 포함하여 건설기계, 조선, 철도 등의 산업전반에 대해서 세계최고수준의 내진성능검증 및 진동내구성 실험이 가능한 6자유도 진동대 장비

o 대형 비구조 요소의 실제 설치조건을 모사할 수 있는 시험체 설치면적 2.5m × 2.5m 규모의 6자유도 진동대 장비

o IEEE Std 382 또는 IEC 60068-2-57, ICC-ES AC156 등의 최고수준의 국제기준이 요구하는 조건을 만족할 수 있는 최대적재하중 6ton 규모를 진동대

o 세계최고수준인 최대가속도 10g 이상의 성능을 확보한 6자유도 진동대 장비

o 스트로크가 180㎜이상, 동작주파수 50Hz이상의 6자유도 진동대 장비

### 나. 최소 요구 시설·장비 성능

□ 고성능 6자유도 진동대의 신규구입.

o 국제수준인 적재하중(payload) 6ton 규모 이상의 진동내구성 실험이 가능한 고성능 6자유도 진동대 장비

o 전력설비 및 대형배관 등의 비구조 요소에 대한 내진검증 시험이 가능하도록 시험체 설치면적 2.5m × 2.5m 규모 이상의 대형 6자유도 진동대 장비

o 적재하중 6ton 정도의 규모에서 가속도 10g 이상의 성능을 확보한 고성능 6자유도 진동대 장비

□ 고성능 진동대 장비와 기존 장비를 제어하기 위한 컨트롤러 및 통합제어프로그램.

o 고성능 진동대 제어를 위한 프로그램(software) 업그레이드

o 진동대 data acquisition 및 test execution software upgrade

□ 장비성능개선을 통한 고성능 진동대 구축에 필요한 최소 추가요구 장비를 정리하면 다음의 표 내용과 같음

<표 4-6> 고성능 진동대 최소 추가 요구 장비

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 유압펌프<br>및 배관설비 | MTS 502 HPU<br>(또는 동등성능 이상의 것) | • 150GPM 이상의 HPU<br>• 기존 배관에 Flexible 호스 연결시공<br>• 기존 펌프냉각장치 이용 |
| 고성능 진동대 | Shaking Table | • 면적 : 2.5m×2.5m 이상<br>• 용량 : 6ton payload 이상 |
| Controller &<br>Software | MTS 469D controller and software | • MTS 진동대 통합 controller |
| | STEX Pro | • 진동대 data acquisition 및 test execution software upgrade |

## 3. 시설·장비 구축계획

### 가. 추진방법

o 일반적으로 고성능 진동대는 유압에 의해 작동되는 가력기(Hydraulic servo actuator)를 사용하게 되고 장비와 실험체를 가진하기 위하여 대규모 유압펌프를 필요로 함. 또한, 진동대는 진동을 발생시키는 그 운용 특성에 따라 견고하면서 무거운 지반 또는 반력 기초 구조물(reaction mass)에 설치되어야 함. 그러므로 고성능 진동대 장비를 구축하기 위해서는 진동대 규모에 대응하는 기초를 보유하는 시설 구축이 필요하게 되므로 설치에 많은 예산이 요구됨. 그러나, 지진방재연구센터는 기존 구축되어 있는 시설을 이용하므로 이 부분에 대한 예산이 필요하지 않음

o 마찬가지로 기존 실험시설의 유압펌프 및 배관 등 유압공급 시스템과 대형 진동대 반력 기초를 활용할 수 있다면, 상대적으로 적은 예산으로도 효과적인 고성능 진동대 실험장비 구축이 가능할 것임. 국내 진동대 보유시설 중 지진방재연구센터에 구축된 진동대 설비는 추가적인 진동대의 설치가 가능한 장비의 유압공급 장치와 반력 기초 및 설치 공간를 보유하고 있는 것으로 알려져 있으며, 이를 적절히 활용할 수 있다면 효율적으로 고성능 진동대 장비의 구축이 가능할 것으로 판단됨

o 지진방재연구센터에서 보유한 진동대 시스템은 총 3기의 진동대와 이들 모두를 최대 하중 수준(30 ~ 60 ton)에서 1g 가속도로 가진할 수 있도록 충분한 유압공급 시스템이 구축되어 있음. 4m×4m 크기의 6자유도 진동대는 고정설치 되어 있으나 5m×5m 크기의 3자유도 진동대 2기는 4m 간격으로 이동하여 설치하는 것이 가능할 것으로 판단됨

o 그러므로 이동이 가능한 3자유도 진동대 2기를 이동하고 6ton 이상을 적재할 수 있는 10g급 6자유도 진동대의 설치 공간을 마련한다면, 별도의 추가설비 없이 고성능 진동대의 구축이 가능한 것으로 예상됨. 또한 기존의 진동대와 연계하여 다지점 가진 기능을 향상시킬 수 있어, 3경간 연속교의 모형실험까지도 가능함. 이러한 고성능 진동대의 구축에 있어 추가적인 반력 기초 시설 및 유압공급 장치의 설치가 요구되지 않아 상대적으로 저 예산으로 장비설치를 가능하게 하며, 국내에 세계적 수준의 고성능 진동대 실험장비를 보유하는 것이 가능하게 할 것으로 판단됨

o 유사 규모의 진동대 실험시설을 신규로 구축하기 위해서는 약 86.76억의 연구비가 소요되는데 반하여 지진방재연구센터의 기존 실험장비를 활용하는 경우 약 56억이 소요되어, 약 35.46%의 예산절감 효과가 예상됨

<표 4-7> 신설 및 개선 시 추정예산 비교

| 구분 | 산출내역 | 신설 시 추정예산(천원) | 개선 시 추정예산(천원) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 공사비 | 건축공사 | 350,000 | - | 기 보유 |
| | 토목공사 | 750,000 | - | 기 보유 |
| | 기계공사 | 200,000 | - | 기 보유 |
| | 전기공사 | 100,000 | - | 기 보유 |
| 장비 및 계측기기 | 유압가력 배관장치 | 200,000 | - | 기 보유 |
| | 유압 공급 장치 및 냉각장치 | 1,170,000 | - | 기 보유 |
| | 진동대 구매 | 4,890,000 | 4,890,000 | |
| | 마운팅 설치공사 | 130,000 | 130,000 | |
| | Base weldment | 80,000 | 80,000 | |
| | 부대장치 | 500,000 | - | 기 보유 |
| 총 계 | | 8,370,000 | 5,100,000 | |

* 견적금액인 $4,500,000을 바탕으로 환율(1040원/$)과 마운팅 설치공사 등의 기타비용 및 관세, 부가세, 통관 수수료 등을 고려(4.5%로 가정)라여 산출한 가격임.

o 기존 시설 및 장비와의 호환성을 고려할 때 진동대 시스템을 MTS에서 구입하는 것이 타당할 것임

- MTS이외의 업체를 통하여 장비를 구입할 경우 기존 장비와의 호환성 등의 문제가 발생할 가능성이 있음
- 타 기업으로부터 진동대 장비를 구입하게 되면 기존장비와의 호환성의 문제로 인하여 새로운 컨트롤러 및 유압공급장치를 구비해야 할 가능성이 있으므로 도입 자금이 지나치게 증가할 가능성이 있음
- 기존의 장비와 연동된 유지관리 및 보수의 효율성을 고려할 때 기 장비의 유지관리 계약을 맺은 MTS를 선택하는 것이 경재적일 것으로 예상됨

o 마운팅 설치공사, base weldment는 설계 및 시공능력검토 후 성능에 문제가 발생하지 않을 경우 MTS와 협의하여 국내업체에 제작 의뢰할 계획임

## 나. 구축계획

□ 시설공사 및 공간배치계획

o 진동대 운용을 위한 필요 장비

- 진동대 운용에 적합한 오일의 온도를 유지하기 위한 냉각기가 필요함
- 진동대를 가동시키기 위해 유압 가력기와 유압펌프 등을 필요하며 진동대 운용시 발생하는 반력을 지지하기위하여 견고하면서도 무거운 지반 또는 반력 기초 구조물에 설치되어야 함
- 진동대 실험의 특성상 실험준비를 위하여 시료를 실험시설에서 조립 하는 경우가 많음. 따라서 시료의 보관을 위한 공간과 운반을 위한 크레인 등의 부가설비를 필요로 함

o 기존 실험시설의 장비 및 시설을 활용할 수 있다면 적은 예산으로 국외시설에서 보유하고 있는 최대가속도 5g 이상 진동대들의 평균인 7g를 초과하는 10g급의 6자유도 진동대 장비의 구축이 가능함

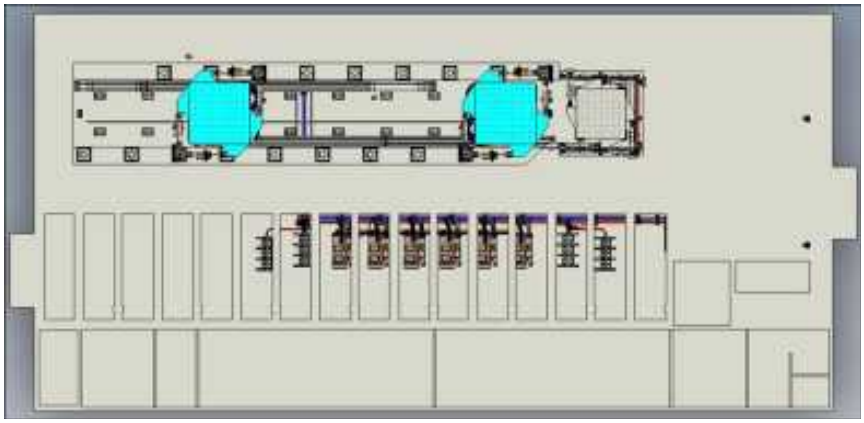
o 진동대 보유시설 중 지진방재연구센터에 구축된 진동대 설비는 추가적인 진동대의 설치가 가능한 장비의 유압공급 장치와 반력 기초 및 설치 공간을 보유하고 있음

- 기존 실험시설의 유압펌프 및 배관 등 유압공급 시스템과 대형 진동대 반력 기초의 활용이 가능함
- 기존의 3자유도 진동대 2기가 이동가능하므로 추가적인 진동대를 설치할 수 있는 공간이 있음

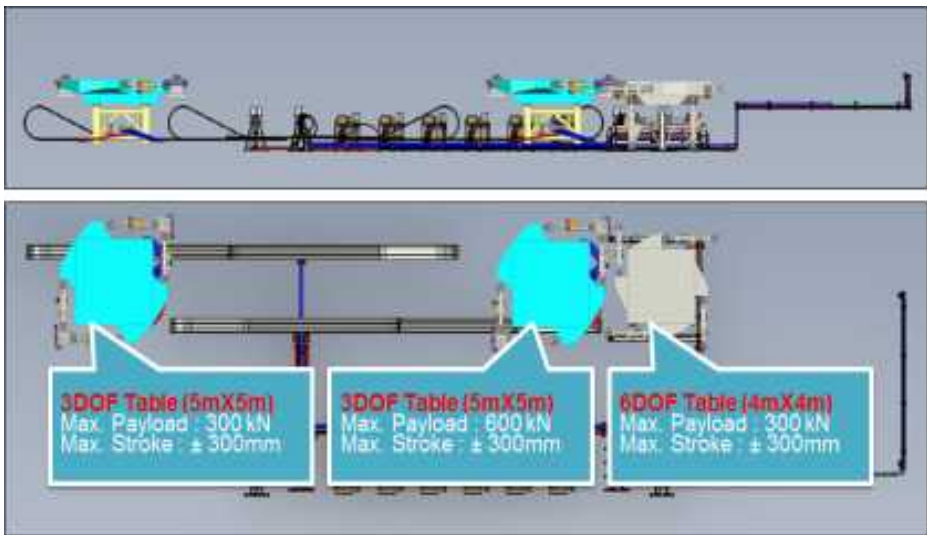
o 지진방재연구센터에서 보유한 진동대 시스템은 아래의 두 그림과 같이 총 3기의 진동대와 이들 모두를 최대 하중 수준(30 ~ 60 ton)에서 1 g 가속도로 가진 할 수 있도록 충분한 유압공급 시스템이 구축되어 있음

o 4m×4m 크기의 6자유도 진동대는 고정설치 되어 있으나 5m×5m 크기의 3자유도 진동대 2기는 4m 간격으로 이동하여 설치하는 것이 가능하므로, 3자유도 진동대 2기를 [그림 5-7]에서와 같이 이동한다면 6ton 이상의 최대적재하중을 가지는 10g급 진동대의 설치 공간을 마련할 수 있음

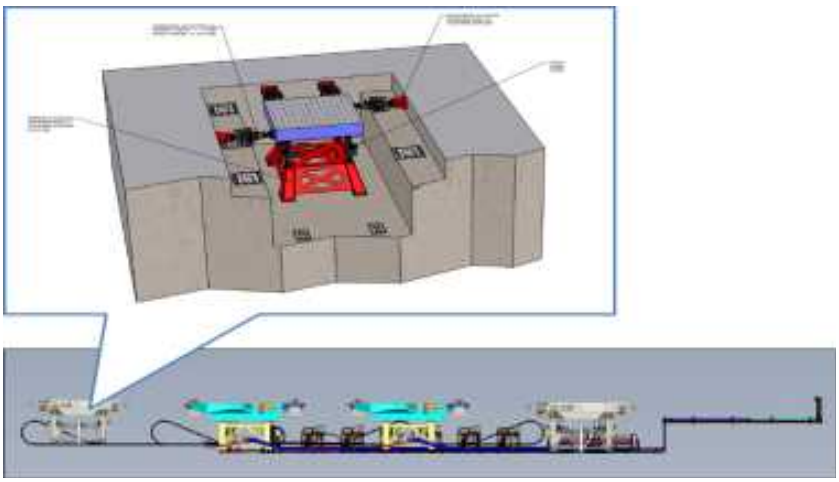
o 별도의 추가설비 없이 고성능 진동대의 구축이 가능하며 기존의 진동대와 연계하여 다지점 가진 기능을 향상시킬 수 있어, 3경간 연속교의 모형실험까지도 가능하며 추가적인 반력 기초 시설 및 유압공급 장치의 설치가 요구되지 않아 상대적으로 저 예산으로 국외시설에서 보유하고 있는 최대가속도 5g 이상 진동대들의 평균인 7g를 초과하는 10g급의 6자유도 진동대 장비의 구축이 가능함



[그림 4-6] 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 설치 평면도




[그림 4-7] 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 상세도



[그림 4-8] 지진방재연구센터 고성능 진동대 설치(안)

□ 구축일정

o 고성능 진동대 확보를 위한 구매 및 설치 등을 위하여 총 24개월의 구축기간과 약 51억원의 예산이 소요될 것으로 판단됨. 연차별 구축계획은 다음의 표 내용과 같음

<표 4-8> 연차별 구축계획

| 구축내용 | 일정 | | | | | | | | | | | | | | | | 비고 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1차년도 | | | | | | | | 2차년도 | | | | | | | | | |
| | 1/4 | | 2/4 | | 3/4 | | 4/4 | | 1/4 | | 2/4 | | 3/4 | | 4/4 | | | |
| Actuator 제작 및 배송 | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | | | | | |
| 통관 및 설치 | | | | | | | | | | | ■ | ■ | ■ | | | | | |
| 신규장비 교육 | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| 최종 테스트 및 시운전 | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | | |

□ 국산장비 대체 가능성 자체검토

| 구분 | 내용 | | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 장비명 (모델명) | 한글 | 진동대 상판 | 제작사 | 미정 | |
| | | 영문 | Shake table plate | 장비가격 (단위 : 백만원) | 미정 | |
| | 주요사양 | | 2.5m ×2.5m | | | |
| | 자체 검토의견 | | ○ 설계검토 후 국내제작이 가능할 경우 추진 | | | |
| 2 | 장비명 (모델명) | 한글 | 유압 soft/hard line | 제작사 | 미정 | |
| | | 영문 | soft/hard-line | 장비가격 (단위 : 백만원) | 미정 | |
| | 주요사양 | | | | | |
| | 자체 검토의견 | | ○ 설계검토 후 국내제작이 가능할 경우 추진 | | | |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 장비 성능개선 소요예산(안)

o MTS사의 견적금액인 $4,500,000을 바탕으로 환율(1040원/$)과 마운팅 설치공사 등의 기타비용 및 관세, 부가세, 통관수수료 등을 고려(4.5%로 가정)라여 산출한 가격임

o 마운팅 설치공사, base weldment는 설계 및 시공능력검토 후 성능에 문제가 발생하지 않을 경우 MTS와 협의하여 국내업체에 제작 의뢰할 계획임

□ 총괄(연차별예산)

o (기간・사업비) '14～'15 / 5,100백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '14 | '15 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 5,100 | 1,300 | 3,800 |

<표 4-9> 소요예산 상세총괄

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 장비 및 계측 기기 | 진동대 구매 | 4,890,000 | 외산 | 설계, 1년 품질보증, 수직・수평 액추에이터, Hardline, 컨트롤러 등 |
| | 마운팅 설치공사 | 130,000 | 국산/외산 | 설계검토 후 MTS와 협의하여 국내업체에 제작 의뢰 |
| | Base weldment | 80,000 | 국산/외산 | 설계검토 후 MTS와 협의하여 국내업체에 제작 의뢰 |
| | 계 | 5,100,000 | | |
| 합계 | | 5,100,000 | | |
| 국산화율(%) | | - (-%) | | 국산화 미정 |

* MTS사의 견적금액인 $4,500,000을 바탕으로 환율(1040원/$)과 마운팅 설치공사 등의 기타비용 및 관세, 부가세, 통관수수료 등을 고려(4.5%로 가정)라여 산출한 가격임.

## 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

o 신규로 진동대를 설치하기 위해서는 장비를 위한 시설부지 확보, 대형 유압공급 장치 설치, 초대형 철물제작, 유압배관설치 등에 많은 초기 투자비용이 필요한데 지진방재연구센터는 기존 장비를 활용 하는 방법으로 이를 해결할 수 있는 10g급 6자유도 진동대의 구축 방법을 제안하였음

o 유사 규모의 진동대 실험시설을 신규로 구축하기 위해서는 약 83.7억의 연구비가 소요되는데 반하여 지진방재연구센터의 기존 실험장비를 활용하는 경우 약 56억이 소요되어, 약 39%의 예산절감 효과가 예상됨

<표 4-10> 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교

| 구분 | 신규 시설구축 예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용(천원) |
| 시설 공사 | 건축공사 | 350,000 | 건축공사 | 기존시설 활용 |
| | 장비 및 계측기기 | 750,000 | 장비 및 계측기기 | 기존시설 활용 |
| | 기계공사 | 200,000 | 기계공사 | 기존시설 활용 |
| | 전기공사 | 100,000 | 전기공사 | 기존시설 활용 |
| | 계 | 1,400,000 | | 0 |
| 장비명 | 유압가력 배관장치 | 200,000 | 유압가력 배관장치 | 기존시설 활용 |
| | 유압 공급 장치 및 냉각장치 | 1,170,000 | 유압 공급 장치 및 냉각장치 | 기존시설 활용 |
| | 진동대 구매 | 4,890,000 | 진동대 구매 | 4,890,000 |
| | 마운팅 설치공사 | 130,000 | 마운팅 설치공사 | 130,000 |
| | Base weldment | 80,000 | Base weldment | 80,000 |
| | 부대장치 | 500,000 | 부대장치 | 기존시설 활용 |
| | 계 | 6,970,000 | | 5,100,000 |
| 합계 | | 8,370,000 | | 5,100,000 |
| 예산 절감액/비율(%) | | - (-%) | | 3,270,000 (39%) |

* MTS사의 견적금액인 $4,500,000을 바탕으로 환율(1040원/$)과 마운팅 설치공사 등의 기타비용 및 관세, 부가세, 통관수수료 등을 고려(4.5%로 가정)라여 산출한 가격임.

# 제 3 절 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치

## 1. 시설·장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 바람발생장치는 해양에서 이용 가능한 에너지원을 이용한 청정에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 파도, 바람, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 실험 장치를 의미함

- 청정에너지 획득 및 개발은 파력, 풍력, 조력, 조류 등 해양에서 발생하는 외력을 에너지원으로 이용하여 발전하는 기술개발을 의미함

- 안정된 구조물 설계는 이러한 발전장치를 탑재하는 구조물이 다양한 외력에서 안전하게 구동될 수 있는 설계를 위해 안정성을 테스트하는 것을 의미함

o 바람발생장치는 해양에서 이용 가능한 에너지원을 이용한 청정에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 파도, 바람, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 실험 장치를 의미함

- (Needs) 화석연료 사용으로 야기되는 기후변화에 대응하기 위해 청정에너지 획득 및 개발은 파력, 풍력, 조력, 조류 등 해양에서 발생하는 외력을 에너지원으로 이용하여 발전하는 기술개발이 국가적 및 전 세계적으로 요구되는 현실임

- (Purpose) 차후 개발될 장비의 설계안과 기개발된 장치를 실해역에 배치하기 전에 성능테스트를 해야 함

- (Performance) 바람, 파도, 조류를 포함한 다양한 외력을 실제 해역의 환경에 유사하게 재현하여, 발전성능과 구조물 안정성에 대한 신뢰성 있는 검증을 할 수 있는 복합 대형 실험시설

□ 목적

o 최근 국내외에서 활발하게 진행되고 있는 해양에너지 개발 장치의 성능과 안정성에 대한 신뢰성 있는 테스트를 수행하기 위한 실험시설 구축

o 해양에너지 발생하는 다양한 외력을 고려하여 실제상황과 스케일에 가까운 실험을 수행할 수 있는 시설 구축

o 기존 시설을 활용하여 파랑 뿐 아니라 바람과 흐름을 동시에 발생하는 시설로 개선하여 최고수준의 시설 구축

## 나. 활용분야 및 범위

o 시설·장비의 활용 대상은 국내 대학, 관련 연구소, 및 에너지 개발 관련 기업체로 볼 수 있음

o 대학 및 연구소는 기초 기술연구 및 핵심 기술 개발을 위해 실험시설을 활용할 수 있음

o 기업체는 시제품 개발을 위한 성능 및 안전성 검증을 위해 활용할 것으로 예상됨

o 국내외 해상풍력발전 연구의 검증 및 개선을 위한 수리모형 실험 수행

o 풍력·파력·조류를 혼합한 하이브리드형 발전에 관련된 실험적 연구 수행

o 파력과 풍력을 동시에 고려한 해상풍력지지 구조물의 안정성에 관련된 실험적 연구 수행

o 개발된 장치의 발전 성능 검증을 위한 수리모형실험 수행

<표 4-11> 바람발생장치의 세부 활용분야 및 범위

| 분야 | 실험영역 |
|---|---|
| 발전 시스템 설계기술 | ▪ 파력, 조력, 조류, 풍력 발전 시스템 설계 최적화 기술<br>▪ 해양에서 발생하는 외력 조건의 변화에 따른 발전량 테스트 |
| 부유체 설계기술 | ▪ 파랑, 바람, 조류 등 외력 예측 및 평가 기술<br>▪ 부유체 거동해석 기술<br>▪ 계류시스템 동적해석 및 최적 설계기술<br>▪ 배열에 따른 파랑 및 구조물 상호작용 해석 기술 |
| 고정식 구조물 설계기술 | ▪ 파랑 및 풍력 하중 안정성 평가기술<br>▪ 지반 안정성 해석 기술<br>▪ 진동 및 내진, 구조체 극한강도 구조해석 기술 |
| 환경영향 평가 | ▪ 해역환경 및 연안환경에 미치는 영향 해석 기술<br>▪ 구조물 배치 및 배열에 따른 연안 환경 변화 예측 기술 |

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구 성능

o 바람발생장치의 경우 해외의 시설처럼 휴대용 팬으로 제작되면 일정한 풍향과 풍속조절이 어렵기 때문에, duct를 이용한 고정식 장치가 요구됨

o 큰 전력이 요구되는 모터를 사용하기 때문에 타 장비와의 간섭을 최소화 할 수 있는 시설 구축이 요구됨

o 실외 모터 및 blower 설치하고, 덕트를 이용해서 2차원 수로와 3차원 수조에 연결하여 공간을 최소화 하고 2차원, 3차원 실험에 적용할 수 있는 시설 확보가 요구됨

o 3차원 수조에서는 바람의 방향 조절이 가능한 시설 확보 필요

o 대형수리모형실험 수행을 위해 최대파고, 최대 풍속, 최대유속이 그에 상응하는 성능이 요구됨

o 2차원 단면 수로의 경우 최대파고 1m, 풍속 10㎧, 최대유속 1㎧ 이상이 요구됨

o 3차원 평면수조의 경우 최대파고 0.5m, 풍속 10㎧, 최대유속 0.5㎧ 이상이 요구됨

o 바람과 흐름 모두 정속성을 확보할 수 있어야하며, 변동풍 및 변동류 재현이 가능하여야 하며, 평면수조의 경우 바람의 방향을 조절할 수 있어야 함

### 나. 최소 요구 시설·장비 성능

<표 4-12> 최소 요구 장비 및 기능

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 | • 수조규모 : 50m × 50m<br>• 재현파고(규칙파 기준) : 50cm 이상<br>• 재현주기(규칙파 기준) : 0.5~6.0sec 범위<br>• 다양한 불규칙파 스펙트럼(TMA, Johnswap, Bretschneider-Mitsuyasu 등) 재현 가능<br>• 지진해일 재현 가능 |
| | 바람발생장치 | • 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보)<br>• 변동풍 재현 가능 |
| | 흐름발생장치 | • 유속 0.5m/sec 이상(정류성 확보)<br>• 변동류 재현 가능 |
| 2차원 단면수로 | 조파기 | • 수조규모 : 100m × 2m × 3m<br>• 재현파고(규칙파 기준) : 100cm 이상<br>• 재현주기(규칙파 기준) : 0.5~8.0sec 범위<br>• 다양한 불규칙파 스펙트럼(TMA, Johnswap, Bretschneider-Mitsuyasu |
| | 바람발생장치 | • 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보)<br>• 변동풍 재현 가능 |
| | 흐름발생장치 | • 유속 1m/sec 이상(정류성 확보)<br>• 변동류 재현 가능 |

<표 4-13> 제안 최소 요구 시설

| 내용 | | 비고 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 | - 폭 30m 이상(일방향 조파기 또는 다방향 조파기) |
| | 바람발생장치 | - 폭 5m 이상 |
| | 흐름발생장치 | - 순방향 및 역방향 가능 펌프 |
| 2차원 단면수로 | 조파기 | - 구동장치 : 전기서보모터<br>- 유효 Stroke : 1.5m 이상 |
| | 바람발생장치 | - 단면수로 상부 밀폐형 구조 추가 |
| | 흐름발생장치 | - 순방향 및 역방향 가능 펌프<br>- Guide vane 및 정류장치 |
| 계측기 | 파고계 | - 30 sets |
| | 파압계 | - 20 sets |
| | 유속계 | - 3차원 유속계 5 sets<br>- 2차원 유속계 10 sets<br>- 1차원 유속계 5 sets |
| | 파력계, 장력계 | - 2 sets |
| | 풍속계 | - 1차원 10 sets<br>- 2차원 10 sets |
| | 에너지 생성관련 측정장치 | - 1 set |
| | 기타 관련 계측 장비 | - 1 set |

## 3. 시설 · 장비 구축계획

### 가. 추진방법

o 장비 구축에 있어서 기존 시설을 이용함으로써 예산 절감 효과를 기대할 수 있음

o 국내 최대 시설이며 대형실험에 적합한 파랑을 조파할 수 있는 전남대학교 해안항만실험센터의 조파시설을 이용함으로써, 80%이상의 예산 절감 효과를 기대할 수 있음

o 또한, 바람발생장치를 2차원 및 3차원 수조에 모두 적용하시 위하여 덕트를 이용하여 두 수조에서 사용할 수 있게 함

o 바람 및 흐름발생장치의 경우 국산으로 구매가 가능하나 계측장비는 국내 업체가 없는 관계로 해외 수입이 불가피함

<표 4-14> 최소 요구 장비 및 구축방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 | 비 고 |
|---|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 | 기 보유 | - |
| | 흐름발생장치 | 신규 구입 | 국산 도입 |
| | 바람발생장치 | 신규 구입 | 국산 도입 |
| 2차원 단면수로 | 조파기 | 장비 개선 | 국산 도입 |
| | 바람발생장치 | 신규 구입 | 국산 도입 |
| | 흐름발생장치 | 장비 개선 | 국산 도입 |
| 계측기 | 파고계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 파압계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 유속계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 파력계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 풍속계 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 에너지 측정장치 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| | 장력계 | 신규구입 | 해외도입 |
| | 기타 관련 계측 장비 | 신규 구입 | 해외 도입 |
| 중장비 | 포크레인 1식 | 기 보유 | - |
| | 스키드로우 1식 | 기 보유 | - |
| | 지게차 1식 | 기 보유 | - |

## 나. 구축계획

□ 시설공사계획

o 기존의 조파시설에 바람발생장치를 설치하고 흐름 발생장치를 개선함

o 바람발생장치 모터 및 블로어를 건물 외부에 설치하고 덕트를 이용하여 수조에 연결함으로써 1대의 바람발생장치로 2대의 효과를 기대할 수 있음

o 기존의 흐름발생장치에 전기공사와 설비공사를 통해 정속성을 보장할 수 있는 장비로 개선함

o 시설 구축 후 해양에너지 실험을 수행하기 위한 계측장비를 도입함

□ 공간배치 계획

o 시설 확장에 대한 비용을 절감하기 위하여 공간 변화를 최소화할 수 있도록 함

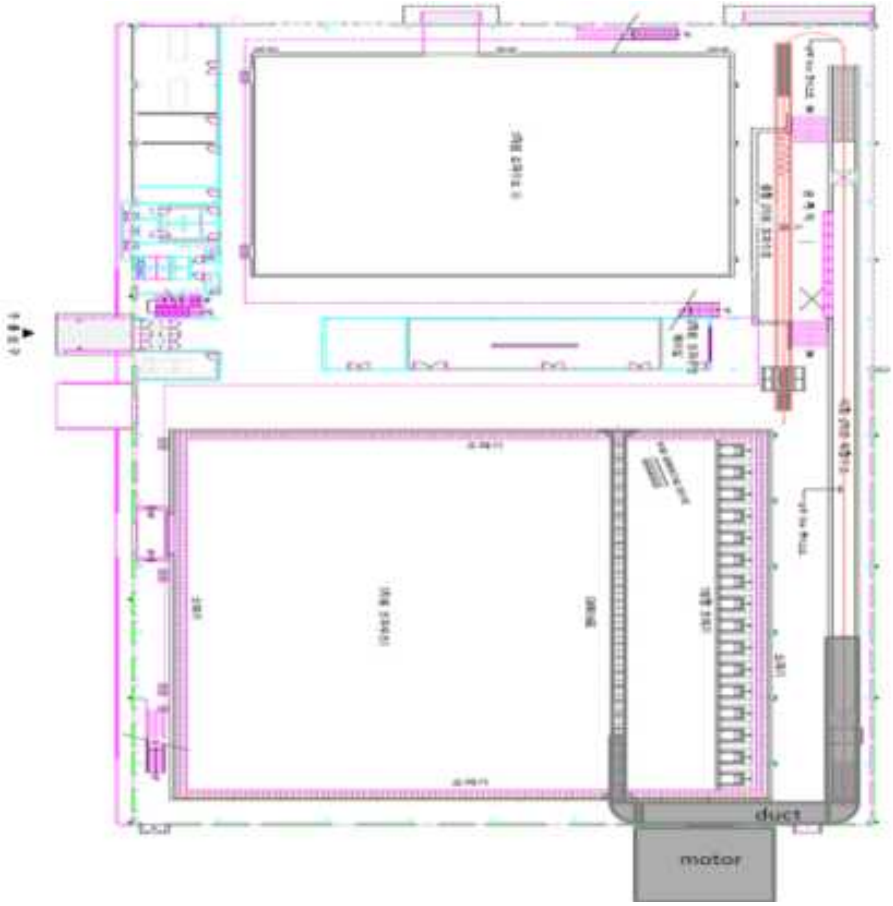
o 따라서 공간을 확장하는 대신 바람발생장치의 모터를 건물 외부에 설치하고 덕트를 이용하여 2차원 단면 수로와 3차원 평면 수조로 연결함

o 바람발생장치의 개력적인 설치 계획은 평면도에 있음

o 흐름발생장치는 기존에 설치되어 있는 2차원 대형 수로를 개선하여 정속성을 확보

함으로써, 공간 확장 없이 시설을 개선함

o 바람발생장치에 관련한 공간배치계획은 다음 페이지에 표현된 평면도와 같음




□ 구축일정

| 연차 | 연구내용 | 추진일정(월별 또는 분기별) | | | | | | | | | | | | 연구비 (백만원) | 비중 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 1차년도 | 바람발생장치/흐름발생장치 설계 | | | | | | | | | | | | | 400 | 21 |
| | 바람발생장치/흐름발생장치 시설공사 | | | | | | | | | | | | | | |
| 2차년도 | 바람발생장치/흐름발생장치 시설공사 | | | | | | | | | | | | | 1,000 | 53 |
| | 장비구매 (파압계, 파력계, 장력계, 풍속계, 전력량 측정장비, 유속계, 파고계) | | | | | | | | | | | | | 500 | 26 |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 장비 성능개선 소요예산(안)

o "건설연구인프라 구축과제 1단계분석 및 2단계 기획 보고서(2011. 06. 22)"의 해양에너지분야 실험시설을 기존의 실험시설을 이용하여 개선할 경우의 추정 소요예산은 다음과 같음

□ 총괄(연차별예산)

o (기간·사업비) '14～'15 / 1,900백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '14 | '15 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 1,900 | 400 | 1,500 |

< 소요예산 상세총괄 >

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 장비명 | 2차원 단면수로 및 조파기 | - | 외산 | 기존시설 활용 |
| | 3차원 평면수조 및 조파기 | - | 외산 | 기존시설 활용 |
| | 바람발생장치 | 1,100,000 | 국산 | 신규구입 |
| | 흐름발생장치 | 300,000 | 국산 | 신규구입 |
| | 계 | 1,400,000 | | |
| 장비명 | 파고계 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 파압계 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 유속계 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 파력계 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 풍속계 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 에너지 측정장치 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 기타 관련 계측 장비 | | 외산 | 신규 구입 |
| | 계 | 500,000 | | |
| 합계 | | 1,900,000 | | |
| 국산화율(%) | | 74% | | |

## 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

**< 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 >**

| 구분 | 신규 시설구축 예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용(천원) |
| 장비명 | 2차원 단면수로 및 조파기 | 4,000,000 | 2차원 단면수로 및 조파기 | 기존시설 활용 |
| | 3차원 평면수조 및 조파기 | 6,200,000 | 3차원 평면수조 및 조파기 | 기존시설 활용 |
| | 바람발생장치 | 1,100,000 | 바람발생장치 | 1,100,000 |
| | 흐름발생장치 | 300,000 | 흐름발생장치 | 300,000 |
| | 계 | 11,600,000 | | 1,400,000 |
| 장비명 | 파고계 | | 파고계 | 추가 구입 |
| | 파압계 | | 파압계 | 추가 구입 |
| | 유속계 | | 유속계 | 추가 구입 |
| | 파력계 | | 파력계 | 신규 구입 |
| | 풍속계 | | 풍속계 | 신규 구입 |
| | 에너지 측정장치 | | 에너지 측정장치 | 신규 구입 |
| | 기타 관련 계측 장비 | | 기타 관련 계측 장비 | 추가 구입 |
| | 계 | 800,000 | | 500,000 |
| 합계 | | 12,400,000 | | 1,900,000 |
| 예산 절감액/비율(%) | | 10,500,000<br>(85%) | | |

# 제 4 절 허리케인 3등급(풍속 120mph) 풍력에너지 개발 바람발생 시스템

## 1. 시설 장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 구축 계획중인 신재생에너지 실험 시스템은 대규모 풍력발전단지 풍력단지 효율적 배치 실험을 위한 세계 최대 규모(12m(폭)×40m(길이)) 시험부 크기를 가지는 실험 시스템임

o 기 확보된 최대 규모의 풍동실험 시설을 활용하면 적은 비용으로 대규모 풍력발전단지 효율성 평가 실험 및 풍환경 평가가 가능함

o Wall of wind 구축시 Category 5등급 수준의 허리케인 풍속 조건(120mph급)의 재현이 가능하며, 이를 활용하여 소형풍력발전기 출력 성능실험, 건물 외장재 및 창호 파괴 실험, 교통안내 표지판 안정성 평가 실험 등 다양한 산업 시설물의 대한 안정성 평가 등이 가능함

□ 목적

o 신재생 에너지(풍력)과 관련하여 개별 풍력발전기 출력성능 평가 실험 및 인증과 관련된 업무 지원 및 대규모 풍력발전단지 전체 효율 평가에 활용 가능한 실험시설 구축

### 나. 활용분야 및 범위

□ 신재생에너지(풍력) 실험시설을 통해 수행 가능한 실험 분야는 크게 출력성능평가, 단지효율평가, 안정성 평가의 3분야로 분류함

o 출력성능 평가는 개별 풍력발전기의 풍속 및 부하 조건에 따른 발전성능 평가에 관한 실험을 수행하는 것을 의미함

o 단지효율평가는 다수의 축소된 풍력발전기의 설치 간격 및 조건에 따른 전체 효율 평가 실험을 수행하는 것을 의미함

o 안정성 평가는 다양한 분야의 실물 크기의 시설물(방풍벽, CCTV, 도로표지판, 창호 및 유리 등)의 내풍 안정성 평가에 관한 실험을 수행하는 것을 의미함

<표 4-15> 활용분야 및 실험영역

| 분야 | 실험영역 |
|---|---|
| 출력성능 | - (3×3 wall of wind 구축시)<br>- 최대 직경 9m의 1:1 풍력발전기 출력 성능 평가<br>- 기동 풍속 확인 및 정격 출력 성능 평가<br>- 태풍 등 위험 풍속 조건하에서 정지 기능 평가 |
| 효율평가 | - 세계 최대 규모 실험실 규모의 풍력발전단지 효율 평가 실험 (시험부 폭 12m, 시험부 길이 40m)<br>- 풍력발전기 설치 위치의 국부 풍속 측정 및 후류 모사 실험 |
| 안정성 평가 | - 1:1 실물 산업시설물의 안정성 평가 실험<br>- 극한 내풍속 조건하에서 재료/구조 성능 평가 실험<br>- 국내 최대 규모의 안정성 평가 실험 |

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구 성능

o 축소된 모형에 대한 실험을 상사비가 클수록 실제 자연 현상 및 구조물의 동일한 상사를 만족하는 것이 어려움. 특히 풍력발전기 출력 성능 평가 및 구조물의 파괴 등과 같은 안정성에 관련된 부분은 실제 형상에 가까운 구조물을 실험하는 시설이 필요로 함

o 대형풍동실험시설의 저속시험부를 활용할 경우 부대 관련 장비를 구입할 경우 상대적으로 적은 비용으로 신재생에너지 실험시설 구축이 가능하며, 시험부 면적으로는 세계 최대 규모로 대규모 풍력발전단지 효율 평가 실험이 가능함

o 기존의 시험부를 이용하여 풍력발전단지 효율 평가 실험은 일부 수행된 사례가 있어 보다 기술적으로 달성이 가능하며, 경제성과 효율성을 고려하면 신재생 에너지 실험시설 구축을 위해서는 다음의 표 내용과 같은 사항이 최소로 요구됨

o 또한 wall of wind generator를 추가로 구축시에는 극한상태의 건축물 외장재 및 지붕의 영향 평가 및 다양한 분야에 활용이 가능하며, 실내 신재생에너지 실험시설의 결과에 대한 기술적인 백업도 동시에 가능함

<표 4-16> 최소 요구 성능

| 내용 | 비고 |
|---|---|
| 풍동 시험부 | • 경계층 풍동 (해상 풍속 프로파일 모사)<br>• 충분한 유로 길이 확보 및 시험부 크기 (폭 12m, 길이 40m, 대규모 풍력발전 단지 모사를 위한 큰 규모 필요)<br>• 대규모 턴테이블(풍향 모사) |
| 신재생 에너지 실험시설<br>(Wall of wind generator) | • 3×3 배열로 이루어진 Fan & Motor<br>• Category 4 Hurricane condition 재현 가능<br>• 극한 풍하중(태풍, 허리케인 등)상태 재현 가능<br>• 경계층 생성을 위한 부대 시설 필요 |

## 나. 최소 요구 시설·장비 성능

o 기존의 전북대학교 대형풍동실험센터에서 보유한 저속시험부는 길이 40m, 폭 12m의 대규모 풍력발전단지 배치 실험을 위해서는 추가적인 시설 확장이 필요 없이 추가적인 센서 구입으로 곧바로 대응가능한 장점이 있음(풍동 유로의 길이를 고려한 시험부 면적은 세계 최대 규모). 또한 기존 시설을 이용할 경우 약 25억원의 신규 설치 비용을 줄일 수 있음

o 추가로 Wall of wind generator를 구축할 경우 극한상태의 건축물 외장재 성능 평가 실험 및 풍력발전기 출력 성능 평가 실험 이외에도 다양한 산업분야의 니즈에 대응이 가능하며, 최소 요구 시설의 사양은 다음의 표 내용과 같음

<표 4-17> 최소 요구 사양

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| 시험부 크기 | • 12m(폭)×40(m) 길이, 13m/s<br>• 세계 4위권의 풍동실험시설 (활용 가능한 시험부 면적은 세계 최대) |
| 시험부 턴테이블 | • 11m(시험부의 폭의 90%)<br>• 시험시 바람입사각의 변화를 줄 수 있는 360도 회전 턴테이블<br>• 최대 하중 2ton |
| 신재생 에너지 실험시설 (Wall of wind generator) | • 3×3 배열로 이루어진 Fan & Motor<br>• Category 4 Hurricane condition 재현 가능<br>• 극한 상태의 풍하중 재현 가능<br>• 경계층 생성을 위한 부대시설 필요<br>• 제어를 위한 controller 별도 요구 |

## 다. 최소요구장비

o □ 신재생에너지 평가와 관련된 실험을 위해서는 대규모 풍력발전단지 모사에 따른 동시계측을 위한 부대 장비가 필요함. 측정을 위한 기본적인 장비로는 풍속, 풍압, 기류의 흐름가시화 등을 확인하기 위한 장비가 필요하며, 대규모 풍력발전단지 실험을 위한 최소 요구장비는 다음의 표 내용과 같음. 기존의 기 구축된 일부 장비와의 연동을 통해 비용을 50%이상 절감이 가능함

<표 4-18> 최소 요구 장비

| 내용 | 비고 |
|---|---|
| 신재생 에너지 실험 시스템 측정 장비 | • 128채널 다점풍속계 (대규모 Wind farm 풍력발전기 풍동실험 가능)<br>• 모형에 최대한 가깝게 설치가 가능하고, 최대 2000Hz 속도로 측정 가능한 3차원 풍속 및 난류강도 측정 시스템 (Cobra Probe)<br>• 유동장 가시화 장비 고도화(풍력발전기 배치에 따른 그림자 효과 등을 눈으로 확인 가능 등) |

## 3. 시설·장비 구축계획

### 가. 추진방법

□ 장비 구축계획의 기본방향

| |
|---|
| • 신규 실험 수요에 따른 장비 요구 성능 도출<br>• 실수요 그룹 및 유사 실험 전문가 의견 수렴을 통한 사양 상향<br>• 최적의 장비 배치를 통한 구축비용 절감 및 활용성 극대화<br>• 기존 실험시설의 장비 및 시설의 활용을 통한 성능 극대화<br>• 납품된 장비의 품질 보증을 위한 엄정한 계약 체결 |

o 본 사업의 원활한 추진을 위하여 신재생에너지 실험시설 건설을 담당할 조직으로 전북대학교내의 대형풍동실험센터를 지정함

o 사업의 효율적인 추진을 위하여 다음의 몇 가지 추진전략방침을 정하고 이를 바탕으로 진행

- 신속한 의사결정
- 독립적인 행정 및 회계 처리
- 시간계획에 따른 단계별 점검
- 전문기술이 요구되는 부분은 자문 및 외주 처리
- 국내외 자문 그룹을 활용한 사전점검 시스템 구축

### 나. 구축계획

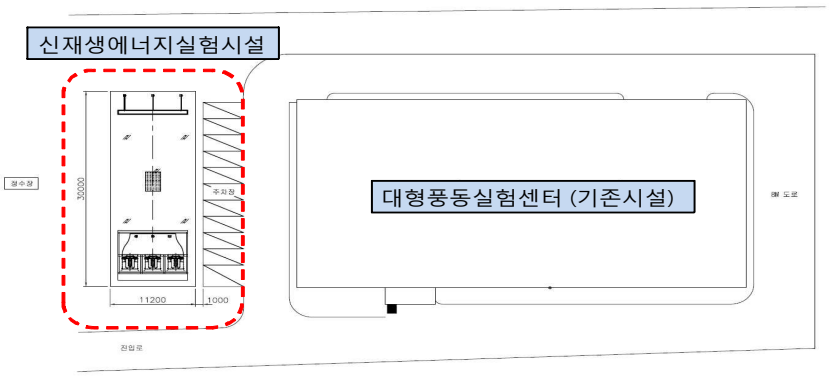
□ 시설공사계획

o □ 풍동실험시설의 부지를 확보함에 있어 아래와 같은 원칙을 적용하였음

- 기존 실험시설과 근접하여 접근성 및 공동 활용이 가능한 곳
- 주위에 실험 환경을 방해할 만한 시설이 없는 곳
- 기존 주차장 공간을 그대로 활용 가능한 곳

o □ 신재생에너지(풍력) 실험시설 배치 계획

- 기존 대형풍동실험시설 주차장을 공유하는 위치에 배치할 계획이며, 전체 시험부는 폭 11.2m 높이 30m의 규모로 구축할 예정임




□ 공간배치 계획

o 신재생실험시설의 주된 기능인 연구 및 실험이 이루어지는 공간과 이를 직접 지원해줄 수 있는 공간으로 분리하여 이에 따른 배치를 계획함

o 공간 분할 계획

- 실험구간 : 신재생에너지실험시설과 직접적으로 관련된 팬&모터, 제어실 등과 같은 공간
- 연구구간 : 연구실, 회의실, 자료실, 전산실 등과 같은 공간
- 지원구간 : 창고, 준비실, 전시실, 전기실, 기계실 등 공간

o 공간 배치 계획시 각 기능을 지닌 공간간의 중복을 방지하고, 차량과 사람들의 원할한 접근을 위한 동선을 계획

o 제한된 예산 범위를 고려하여 연구구간 및 지원구간은 기존 실험시설을 공유하여 활용을 극대화할 수 있는 공간으로 배치

o 풍력발전기 설치시 충분한 공간이 필요로 하게 되므로, 대형 장비의 운반 및 차량 및 지게차 통행 등이 직접적으로 가능하도록 공간을 배치함, 또한 하부에 고정을 위한 일정 간격의 결합부분을 염두에 두고 실험체의 결합 및 향후 확장이 가능하게 계획

□ 구축일정

| |
|---|
| ○ 건축공사의 공정과 연차별 예산을 고려한 실험시설 구축 일정<br>○ 단계별 실험시설 설치 일정을 고려하여 작업 혼선의 최소화 |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 장비 성능개선 소요예산(안)

□ 총괄(연차별 예산)

o 대형풍동 시험부 및 턴테이블은 기존의 실험시설을 이용하고(약 23.9억 추정) 신규 시스템 구축을 위한 추정 소요예산은 다음의 표 내용과 같음

o (기간・사업비) '16～'17 / 2,390백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '16 | '17 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 2,390 | 1,300 | 1,090 |

< 소요예산 상세총괄 >

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| Wall of wind generator | Fan & AC motor (9EA), 지지구조물 | 1,287,000 | 국산 | 신규 구축 |
| | Inverter box (AC 380V, 200kW) | 297,000 | 국산 | 신규 구축 |
| | Contraction body, guide frame | 165,000 | 국산 | 신규 구축 |
| | 건축 및 토목공사 바닥면적 : 13m×30m 철골 및 샌드위치 건축물 풍력터빈 지지판(SS400,30mm) | 220,000 | 국산 | 신규 구축 |
| | Control box (풍속제어반) 및 조정실, | 11,000 | 국산 | 신규 구축 |
| | 전력계 (WT1800) | 40,000 | 외산 | 신규 구축 |
| | 계 | 2,020,000 | | |
| 대형풍동 실험시설 | 폭 12m, 길이 40m | 2,000,000 | 국산 | 기존시설 활용 |
| | 턴테이블 | 500,000 | 국산 | 기존시설 활용 |
| | 계 | 2,500,000 | | |
| 부대장비 (계측기) | 다점풍속계 측정 시스템 | 262,536 | 외산 | |
| | 3축 열선풍속계(cobra probe) | 69,000 | 외산 | |
| | 유동가시화 장비 (High-speed camera, PIV software) | 247,510 | 외산 | |
| | 계 | 579,046 | | |
| 합 계 | | 5,099,046 | | |
| 국산화율(%) | | 87.9 | | |

< 신규 시설 구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 >

| 구분 | 신규 시설구축예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용(천원) |
| Wall of wind generator | Fan & AC motor (9EA), 지지구조물 | 1,287,000 | Fan & AC motor (9EA), 지지구조물 | 1,287,000 |
| | Inverter box (AC 380V, 200kW) | 297,000 | Inverter box (AC 380V, 200kW) | 297,000 |
| | Contraction body, guide frame | 165,000 | Contraction body, guide frame | 165,000 |
| | 건축 및 토목공사 | 220,000 | 건축 및 토목공사 | 220,000 |
| | Control box (풍속제어반) 및 조정실, | 11,000 | Control box (풍속제어반) 및 조정실, | 12,000 |
| | 전력계 (WT1800) | 40,000 | 전력계 (WT1800) | 40,000 |
| | 계 | 2,020,000 | 계 | 2,021,000 |
| 대형풍동 실험시설 | 폭 12m, 길이 40m | 2,000,000 | 폭 12m, 길이 40m | 0 |
| | 턴테이블 | 500,000 | 턴테이블 | 0 |
| | 계 | 2,500,000 | 계 | 0 |
| 부대장비 (계측기) | 다점풍속계 측정 시스템 | 262,536 | 다점풍속계 측정 시스템 | 132,000 |
| | 3축 열선풍속계 (cobra probe) | 69,000 | 3축 열선풍속계 (cobra probe) | 69,000 |
| | 유동가시화 장비 (High-speed camera, PIV sofeware) | 247,510 | 유동가시화 장비 (High-speed camera, PIV sofeware) | 168,000 |
| | 계 | 579,046 | 계 | 369,000 |
| 합계 | | 5,099,046 | 합계 | **2,390,000** |
| 예산 절감액/비율(%) | | 2,709 / 53% | | |

# 제 5 절 대형 지반-구조물 실험을 위한 100㎥급 가변형 강성토조

## 1. 시설·장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 건설 구조물과 지반의 상호거동을 파악하기 위한 대형 지반구조물 실험 시스템

o 실대형 실험과 소규모 모형실험 및 다양한 크기(사이즈 변형 가능)의 실험이 가능하도록 자유롭게 변화시킬 수 있는 가변형 토조 시스템

□ 목적

o 대형 지반구조물 실험 시스템분야는 사회간접자본시설(SOC : Social Overhead Capital)의 확충에 따라 필수적으로 수반되는 각종 구조물들의 기초 및 주변지반의 안정성 확보를 위해 지반의 상호거동과 특성을 연구하는 분야

o 이를 위해 각종 현장시험 및 실내시험을 통해 지반의 정적, 동적 특성치를 좀더 신뢰성 있게 산출하고 설계 시 이를 반영함으로써 최적 설계가 가능하게 되며, 특히 외부 하중에 의한 지반의 변형특성 및 하중전이 관계의 규명은 각종 구조물의 설계 및 안정성 평가분야에 필수적이나, 자연상태의 지반은 불균질성이 크고, 위치에 따라 특성이 다르기 때문에 그 거동이 대단히 복잡하여 타 분야에 비해 아직도 많은 개척의 여지가 있는 영역임

o 최근에는 차량 및 발파진동, 지진, 진동기계 등에 의한 동적응답해석 및 안전성 평가 등 다양한 분야가 연구되고 있으며, 이러한 연구결과를 토대로 각종 설계기준, 지침 등의 개정 및 수립도 아울러 수행되어야 할 것으로 판단됨

o 대형 지반구조물 상호작용을 평가할 수 있는 실험시설은 대형 토조(강성, 연성)와 함께 반력벽 시스템 및 진동대 시스템이 있어야 하므로, 분산공유형 건설연구인프라운영 기존 1단계 해당 실험시설에 대형 토조와 일부 장비를 추가하면 예산을 절감하면서 필요한 실험 수요를 만족시킬 수 있음

o 적용분야는 대단히 방대하여 모든 시설물들을 안전하게 지지할 수 있는 기초구조물과 터널, 댐, 사면, 옹벽 등 중요 지반구조물에 대한 합리적이고 효율적인 지반조사, 해석, 설계, 시공 및 유지관리 기술의 개발과 연약지반 개량, 보수 및 보강, 지반오염 등 매우 광범위함

o 절/성토, 토류벽, 기초, 터널 등 주요 지반구조물에 대한 모형실험 또는 실규모실험의 수행이 가능하도록 충분한 기반 설비를 갖춘 지반실험동과 야외 실험용 site를 제공하는 것을 목적으로 하고 있음

### 나. 활용분야 및 범위

□ 강성 토조의  제작과 일부 장비의 개선에 따른 기존의 대형 구조실험 장비를 활용함으로써 경제적인 대형 토조 시스템을 구축할 수 있음

o 지반실험 분야의 경우에는 지반구조물의 모형실험이 가능하도록 토조를 두는데 이는 형태와 모양이 변경가능하도록 구성하여야 하며, 가력장비가 토조 상부에 올 수 있도록 프레임이 구성되어 있어야 하고 흙을 나를 수 있는 운반수단이 배치되어야 함

o 기존의 3면 반력바닥 시스템을 이용하여 구성함

□ 지반실험동(대형토조)

o 절/성토, 토류벽, 기초, 터널 등 주요 지반구조물에 대한 모형시험

o 실내 실규모시험 수행을 위한 기반 설비 제공

o 지반 구조물 상호작용 모사 시험 구간(교량 및 건물 하부구조) 및 지반환경실험

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구성능

o 대형 지반구조물 실험 시스템은 지반과 구조물의 상호작용(외력이 작용하는 구조물의 거동에 대한 지반의 반응이나 거동에 따른 구조물의 상호 복합적인 거동)을 실험적으로 규명하기 위한 실험장비 시스템으로 지반 위에 건설되는 구조물의 실제 거동을 실험적으로 파악하고자 하는 경우에 꼭 필요한 장비로 현재 국내에서 구축되어 있는 장비는 대부분  3.5㎥의 작은 토조 용량으로 축소모형의 실험에 주로 사용되어지고 있음

o 대형 지반구조물 실험시설의 가장 큰 특징은 다양한 크기의 모형시험을 효율적으로 수행할 수 있는 가변형의 조립식 토조를 갖추고 있다는 점이며, 이러한 가변형 토조의 설치는 관련 연구자들이 시험대상 또는 목적에 따라 적절한 시험조건을 손쉽게 구현하는 데 큰 도움을 주게 됨. 또한 외부 기상여건 등에 영향을 받지 않는 안정된 조건하에서 전천후로 이용가능하며, 특히 기계화된 지반조성용 장비와 충분한 용량의 재하장치를 제공함으로써 각종 지반구조물에 대한 경제적이고 신속한 시험 수행이 가능하다는 큰 장점을 지니고 있음

o 대형 지반구조물 실험을 위한 토조 용량은 최소 100㎥ 이상은 되어야 하며, 다양한 조건(토질 및 크기)에 적용 가능한 가변형 토조시스템을 구축

o 대형 지반구조물 실험에 필요한 실험시스템은 그 설계를 위한 기초적인 데이터를 얻는 것을 목적으로 보강재 인발을 위한 시험 장치와 고성능, 고용량의 가력장치와 이에 적합한 반력벽이 필요함

<표 4-19> 강성토조 시스템의 기능

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| Global Top 10 규모와 성능 | • 100㎥ 용량의 대규모 토조<br>• 세계 3위 규모의 지반구조물시스템 실험시설 |
| DAQ System | • 다수의 Data(Contact, non-contact) 수집 및 처리<br>• LabVIEW를 활용한 통합형 측정 시스템 구축 |
| 배수조건 제어 | • 투수 시 지반-구조물 상호작용 연구<br>• 동적하중 작용 시 배수조건별 지반-구조물 거동 특성 연구 |
| 원격제어 시스템 | • 원격제어 실험수행 가능 |
| 정·동적 하중 제어 | • 구조물 기초의 복합하중에 의한 지반의 거동특성 규명<br>• 동적하중 하의 지반거동에 의한 구조물 영향 정도의 정량적 평가 |
| 가변형 토조 시스템 | • 다양한 조건(토질, 크기)에 적합<br>• 사용목적에 맞는 경제적 시험 수행 |

## 나. 최소 요구시설

□ 실험동

o 대형 지반구조물 실험시설은 최대 4m × 4m × 7m 규모의 시험을 동시에 수행할 수 있는 충분한 시험공간 및 준비공간을 제공할 수 있어야 하므로 최소한 넓이 30m × 20m, 높이 10m 이상의 내부공간을 갖추어야 함. 그리고, 시험을 위해 필요한 건설장비(지게차, 포크레인 등)의 자유로운 진입이 가능하도록 가로 5m, 높이 5m의 개폐형 출입구를 갖추어야 하며, 시험용 토사 및 대형 시험장비의 운반이 용이하도록 내부공간 전체를 수용할 수 있는 용량 20ton 이상의 이동식 crane을 갖추어야 함. 특히 이용자의 안전을 위해 충분한 환기시설을 갖추어야 함

o 실험동은 100㎥ 용량의 대형토조의 이동 및 설치, 유압펌프실, 시편보관실, 연구지원 시설, 크레인 등을 갖출 수 일정 면적 및 높이를 갖는 실험동이 필요함

o 유압펌프실은 유압을 사용하는 장치에 유압을 제공하는 대용량 펌프가 위치하며, 시편 보관실은 예약실험, 진행중인 실험, 종료된 실험의 실험체를 보관할 수 있는 실험실임. 연구지원시설은 연구시설 상주인원의 사무공간, 회의실, 샤워실 등으로 구성됨

<표 4-20> 실험동 사양

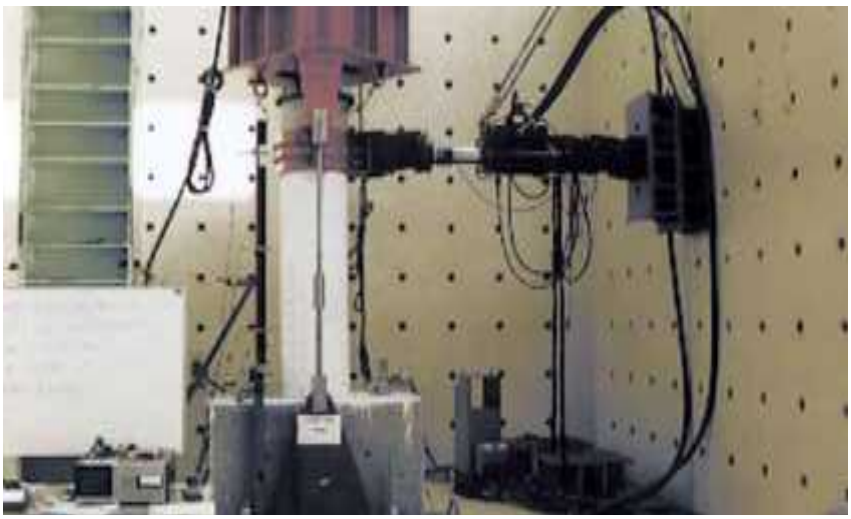
| 구분 | 사양 |
|---|---|
| 실험동 | • 건축면적 : 600㎡ 이상<br>• 건축층고 : 10m 이상<br>• 유압펌프실, 시편보관실, 연구지원 시설 등 공간 확보 |

□ 반력벽

o 반력벽은 대형 구조물 시험에서 수평가력 시 반력을 받도록 설계되어 있는 벽을 말하며, 100㎥ 용량의 강성토조 실험이 가능한 반력벽의 크기와 용량을 가져야 함

<표 4-21> 반력벽 사양

| 구 분 | 사 양 |
|---|---|
| 반력벽 | • L 자형<br>• 7m x 2m x 8m , 10m x 2m x 8m<br>• 반력 바닥과 일체형<br>• Actuator 설치용 Hole 보유<br>• 철근콘크리트 사용(2000kN 용량) |



[그림 4-9] 반력벽 실험 예

## 다. 최소 요구장비

□ 대형토조

o 실험동 내에 설치될 대형토조는 다양한 크기 및 종류의 지반구조물 모형에 대한 시험이 가능하도록 내부공간을 1m × 1m × 1m ~ 4m × 4m × 7m 까지 자유롭게 변환시킬 수 있어야 하며, 토조의 벽체는 충분한 강성을 갖추어야 한다. 따라서 본 실험시설의 토조는 단위 size의 강재프레임 블록들을 정착 조립시키는 방식으로 제작되어야 함

- 본 대형강성 토조는 시험의 조건에 맞추어서 변화를 줄 수 있는 조립식 토조로 설계 제작하며, 시험 준비를 원활히 할 수 있도록 토조는 유압 등을 이용한 이송 장치를 갖 추어야 함

- 토조의 전면은 투명창으로 제작 하여 시험에 따른 토조내의 거동 상태를 관찰이 용이하여야 하며, 투명창은 2중 구조로 제작하여 내부가 잘 보이지 않을 경우는 거칠어진 투명창의 교환으로 내부를 잘 볼 수 있도록 조립식 창으로 제작 되어야 함

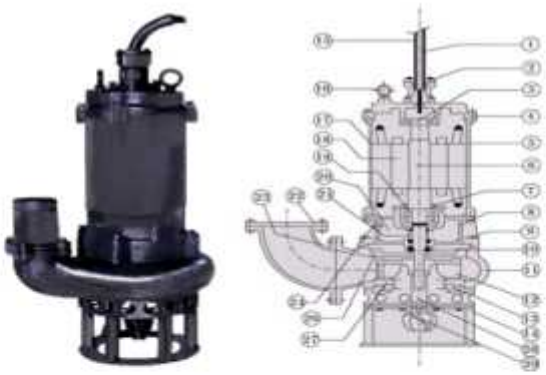
□ 지반조성용 장비

o 지반조성에 필요한 토사운반장치는 1㎥/min 이상의 이송능력을 가진 토사이송용 펌프와 이에 연결되는 이송라인으로 구성된다. 이송라인의 흡입구과 토출구는 실험동 내의 토사 임시보관구역, 강사장치, 토조 간을 상호 연결시킬 수 있어야 함

- 따라서 이에 필요한 충분한 유연성과 길이를 갖추어야 한다. 토사의 운반 및 낙하를 위한 강사장치는 3m3 이상의 용적을 가져야 하며, 낙하위치와 낙하고의 자유로운 조절이 가능하도록 이동식 크레인에 연결되어야 함
- 실험용 토사의 건조를 위한 열풍건조장비는 100,000㎉/hr 이상의 열용량을 갖추어야 하며, 실험지반의 다짐을 위한 소형 다짐장비는 1500kgf 이상의 타격력 또는 동등이상의 다짐능력을 갖추어야 함
- 강사장치는 시험 조건을 만족 할 수 있도록 강사 높이 및 강사 다짐을 일정하게 할 수 있도록 강사기의 높낮이를 조절 할 수 있어야 하며, 강사기의 이송 속도에 따른 시료의 퇴적 높이 차를 일정하게 하기 위하여 모터 구동을 이용한 강사기의 이송 방식이어야 함
- 강사기의 강사 구멍은 슬라이드 구조로 제작되어야 하며, 시료의 유실이 없도록 하여야 함

[그림 4-10] 강사장치

- 다음 그림은 각각 본 실험시설에 구비될 토사이송용 펌프와 시료건조장비 및 소형다짐장비의 대표적인 예를 보여 주고 있으며, 이러한 지반조성 관련 장비들은 현재 국내에서 상용으로 판매되고 있으므로 별다른 어려움 없이 확보할 수 있을 것으로 판단됨



(a) 모래이송용 펌프

(b) 시료건조 장비

(c) 소형다짐장비

[그림 4-11] 지반시험용 부대장비

<표 4-22> 지반조성용 최소 요구사양

| 내용 | | 최소 요구사양 |
|---|---|---|
| 토조 | 이동식벽체 | • 1m x 0.5m x 1m<br>• 반력벽에 롤러 고정<br>• 고정된 반력벽의 수평 방향으로 이동하며 토조 크기 변화 가능 |
| | 조립식벽체 | • 0.25m x 1m(최소)<br>• 4m x 7m(최대)<br>• 최소 규모의 벽체를 볼트 접합하여 다양한 규모의 벽체 조립 가능 |
| 시료 조성장치 | 자동 강사 장치 및 다짐 장비 | • 토조 상부 크레인을 통해 수평 이동 가능<br>• 개폐율 및 강사고를 조정하여 35~80% 사이로 상대 다짐도 조정<br>• 더 조밀한 다짐을 원하는 경우 인력 및 소형 다짐 장비 사용 가능 |

□ 유압가력 장치 및 컨트롤 시스템

o 토조를 이용한 모형시험시 하중재하를 위해 필요한 재하장치는 Actuator와 Loading Frame으로 구성됨. Actuator는 일반적인 용도의 시험이 가능하도록 최소 200ton 이상의 용량을 갖추어야 하며, 동적시험을 위해 10Hz까지의 진동수 제어가

가능한 동재하 기능을추가로 갖추어야 함. Loading frame은 사용되는 Actuator의 용량에 맞는 충분한 반력을 제공할 수 있어야 하며, Actuator의 탈착 및 위치이동이 가능한 형식으로 제작. 또한 사용되는 토조의 최대 크기인 4m × 4m × 7m를 충분히 수용할 수 있어야 함

o 대형 지반구조물 실험에 필요한 실험시스템은 그 설계를 위한 기초적인 데이터를 얻는 것을 목적으로 보강재 인발을 위한 시험 장치와 고성능, 고용량의 유압가력장치와 컨트롤 시스템 구축

o 100kN, 500kN, 2,000kN 용량의 정적 유압가력장치와 50kN, 500kN, 1,000 kN 용량의 고성능 동적 유압가력장치를 3축 동시시험이 가능한 3 Station System Software로 구성

(a) 고성능 액츄레이터

(b) 펌프

(c) 컨트롤러

(d) 소프트웨어

[그림 4-12] 유압가력 장치 및 컨트롤 시스템

<표 4-23> 유압가력 장치 및 컨트롤 시스템 최소사양

| 구분 | 내용 | 최소 요구사양 |
|---|---|---|
| 유압가력 장치 (Actuator) | Static Actuator | • Capacity : 100kN, 500kN, 2,000 kN<br>• Stroke : ±250~±1,000 mm<br>• 개수 : 3개 |
| | Dynamic Actuator | • Capacity : 50kN, 500kN, 1,000 kN<br>• Stroke : ±100~±1,000 mm<br>• Amp. Freque ncy : 0 ~ 100 Hz<br>• 개수 : 3개 |
| 컨트롤 시스템 | 콘트롤러 및 프로그램 | • Channel - 3 Station<br>• MTS FlexTest Handset<br>• Transdecer Interface Card<br>• Uninterruptible Power Supply<br>• System Software |
| | 펌프 및 부대장비 | • Hydraulic Service Manifold(180 GPM) |

□ 기타장비

o 실험동 내부에는 기본적인 제어와 운용을 위한 control실과 각종 자재의 보관을 위한 보관창고가 설치되어야 하며, 모형시험 및 실내 실규모시험에 필요한 하중계, 변위계, 토압계, 간극수압계, Data acquistion system 등의 각종 계측장비를 구비하여야 함. 단, 이러한 계측장비들은 구조분야의 실험시설과 공용으로 사용할 수 있으며, 시험과정의 효율적인 기록과 보존을 위해 디지털 캠코더 등의 각종 영상기기들을 추가로 구비하여야 함

o 대형 지반구조물 실험에 필요한 기타장비로는 크레인, 미니백호 및 지게차, 데이터로그 및 계측장비로 구성됨

- 크레인은 토조 상부에서 수평 및 수직방향 이동이 가능한 10ton과 20ton 용량이 필요하며, 시료조성 및 토조이동, 시험체 설치에 필요한 0.35m3 용량의 미니백호와 5ton 용량의 지게차, 고성능 데이터로그, LVDT, 가속도계 등의 정밀 계측장비가 필요함

<표 4-24> 기타 장비 최소 요구사양

| 구분 | 내용 | 최소 요구사양 |
|---|---|---|
| 기타 장비 | 크레인 | • 10, 20ton<br>• 토조 상부에서 수평 방향 이동이 가능 |
| | 미니 백호<br>또는 지게차 | • 미니 백호 : 0.35$m^3$<br>• 전동지게차 5 ton |
| | LVDT | • ±100 ~ 500 mm<br>• 구조물 또는 지반의 수평 및 수직 변위 측정용 |
| | Static Strain<br>Measuring Equipment | • Measuring Speed: 1000 Channel per second<br>• Data processing using Built-in Functions |
| | Dynamic Strain<br>Measuring Equipment | • Simultaneous Data Sampling Rate: 100 Hz max<br>• LAN interface. FFT Analysis, Histogram, X-Y graph |
| | Force Transducer | • ±0 ~ 2000 kN<br>• 전단 하중 및 수직 하중 측정 |
| | Pore Pressure | • 0 ~ 300 kPa |
| | Accelerometer | • 0.1 ~ 1000 Hz |

## 3. 시설・장비 구축계획

### 가. 추진방법

o 대형 지반구조물 상호작용을 평가할 수 있는 실험시설은 대형 토조(강성, 연성)와 함께 반력벽 시스템 및 진동대 시스템이 있어야 하므로, 기존 1단계 해당 실험시설에 대형 토조만 추가하면 예산을 절감하면서 실험 수요를 만족시킬 수 있음

o 전문가 및 자문의견 결과, 지반-구조물 실험시설의 경우에는 1단계 해당 실험시설에 필요한 장비만을 추가하는 것으로 추진

o 1단계 실험시설 장비 성능개선 수요조사 및 자문위원들의 자문결과, 아래 표와 같이 꼭 필요한 대상 장비로 조사됨

<표 4-25> 1단계 실험시설 장비 성능개선 대상(보고서 226p. 표 3.5-72)

| 구분 | 실험장비명 | 비고 |
|---|---|---|
| 1 | 구조분야 실험장비 | 고성능 Actuator, 대용량 UTM, 대형 진동대 |
| 3 | 재료분야 실험장비 | 실시간 입도 분석기 등 |
| 3 | 해양에너지 개발 수리모형실험시설 | 풍하중 발생 장치 |
| **4** | **대형 토조** | **대형 강성/연성 토조** |
| 5 | 기타 분야 | |

o "건설연구인프라 구축과제 1단계 분석 및 2단계 기획 보고서(2011. 06. 22)"에 기술된 최소 요구 시설 및 장비 중 반력벽과 재하프레임도 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 첨단건설재료실험센터에서 보유하고 있음

o 모래시료 조성장치와 점토시료 조성장치, 일부 유압가력장비만 신규로 구입하고 그 외 제반 실험장비는 기존의 실험 장비를 활용함

<표 4-26> 시설・장비 구축 방법

| 구분 | 시설 및 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 실험동 | 구조실험동 | 기 보유 |
| 반력 시스템 | 반력벽 및 프레임 | 기 보유 |
| 강성토조 | 토조 이동시스템 | 신규 구입 |
| | 가변형 강성토조 | 신규 구입 |
| 시료 조성장치 | 자동 강사 장치 | 신규 구입 |
| | 다짐장비 | 신규 구입 |
| 유압가력 장치(Actuator) | Static Actuator | 기 보유 및 신규 구입 |

| 구분 | 시설 및 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| | Dynamic Actuator | 기 보유 및 신규 구입 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 신규 구입 |
| | 해석 소프트웨어 | 신규 구입 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 신규 구입 |
| 기타 장비 | LVDT | 일부 구입 |
| | Static Strain Measuring Equipment | 기 보유 및 신규 구입 |
| | Dynamic Strain Measuring Equipment | 기 보유 및 신규 구입 |
| | Force Transducer | 일부 구입 |
| | Pore Pressure | 신규 구입 |
| | Accelerometer | 기 보유 및 신규 구입 |
| | 크레인 | 기 보유 및 일부 개선 |
| | 미니 백호, 지게차 | 기 보유 및 일부 개선 |
| | 기타 공구 | 기 보유 |

## 나. 구축계획

□ 시설공사계획

o 대형 지반구조물 실험시설은 최대 4m × 4m × 7m 규모의 두 가지 모형시험을 동시에 수행할 수 있는 충분한 시험공간 및 준비공간을 제공할 수 있어야 한다. 따라서 최소한 넓이 30m × 20m, 높이 10m 이상의 내부공간을 갖추어야 함. 그리고, 시험을 위해 필요한 건설장비(지게차, 포크레인 등)의 자유로운 진입이 가능하도록 가로 4m, 높이 4m의 개폐형 출입구를 갖추어야 하며, 시험용 토사 및 대형 시험장비의 운반이 용이하도록 내부공간 전체를 수용할 수 있는 용량 20ton 이상의 이동식 crane을 갖추어야 함. 기타 기본적인 전기시설, 급수시설, 압력시설(compressor 및 압력배관)을 갖추어야 하며, 특히 이용자의 안전을 위해 충분한 환기시설이 필요함

- 대형 지반구조물 실험에 필요한 시설은 계명대학교 첨단건설재료실험센터 현물 투자된 구조실험동을 활용할 계획으로 건축, 토목, 기계, 전기 등의 시설공사와 반력벽 등의 공사금액을 절감할 수 있음

- 하지만 기존 10ton 크레인의 용량부족과 토조의 시료조성 시 분진발생 문제를 해결하기 위한 공간의 필요에 따라 20ton 크레인의 추가설치와 토조 시료조성 공간 확보를 위한 시설보강공사 필요

[그림 4-13] 현물 투자된 구조실험동 전경

□ 공간배치 계획

o 대형 지반구조물 실험시설은 최대 4m × 4m × 7m 규모의 시험을 동시에 수행할 수 있는 충분한 시험공간 및 준비공간을 제공할 수 있어야 하며, 기타 기본적인 전기실, 유압펌프실, 장비보관실 등을 독립적으로 갖추어야 함, 특히 강사장치에 의한 토조 시료조성시 분진에 의한 이용자의 안전과 장비의 보존을 위해 환기시설을 갖추어야 함

o 본 대형강성 토조는 시험의 조건에 맞추어서 변화를 줄 수 있는 조립식 토조로 시험 준비를 원활히 할 수 있도록 토조는 유압 등을 이용한 이송 장치를 갖추어야 함.

[그림 4-14] 토조 위치 및 공간배치 모식도

□ 구축일정

| 연차 | 연구내용 | 추진일정(월별 또는 분기별) | | | | | | | | | | | | 연구비 (천원) | 비중 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 1차년도 | 크레인 및 보강공사 | | | | | | | | | | | | | 150,000 | 6 |
| | 토조 및 강사장치 | | | | | | | | | | | | | 400,000 | 17 |
| | 유압가력 장치 및 컨트롤러 | | | | | | | | | | | | | 810,000 | 34 |
| 2차년도 | 다짐장비 및 준비장치 | | | | | | | | | | | | | 300,000 | 13 |
| | 자료수집 및 네트워크 | | | | | | | | | | | | | 200,000 | 8 |
| | 계측용 장비 | | | | | | | | | | | | | 400,000 | 17 |
| | 부대장비 | | | | | | | | | | | | | 110,000 | 5 |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 장비 성능개선 소요예산(안)

□ 총괄(연차별예산)

o (기간・사업비) '16～'17 / 2,370백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '16 | '17 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 2,370 | 1,360 | 1,010 |

< 소요예산 상세총괄 >

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 장비명 | 토조 이동시스템 | 100,000 | 국산 | 신규 구입 |
| | 가변형 강성토조 | 200,000 | 국산 | 신규 구입 |
| | 자동 강사 장치 | 200,000 | 국산 | 신규 구입 |
| | 다짐장비 및 준비장치 | 300,000 | 국산 | 신규 구입 |
| | Static Actuator | 90,000 | 국산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | Dynamic Actuator | 220,000 | 국산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | 유압 및 하중 컨트롤러 | 400,000 | 외산 | 신규 구입 |
| | 해석 소프트웨어 | 100,000 | 외산 | 신규 구입 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 200,000 | 외산 | 신규 구입 |
| | LVDT | 30,000 | 외산 | 일부 구입 |
| | Static Strain Measuring Equipment | 100,000 | 외산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | Dynamic Strain Measuring Equipment | 150,000 | 외산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | Force Transducer | 50,000 | 외산 | 일부 구입 |
| | Pore Pressure | 50,000 | 외산 | 신규 구입 |
| | Accelerometer | 20,000 | 외산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | 크레인 | 50,000 | 국산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | 미니 백호, 지게차 | 110,000 | 국산 | 기 보유 및 신규 구입 |
| | 계 | 2,370,000 | | |
| 장비명 | Static Actuator (100kN, 500kN, 2,000kN) | - | 국산 | 기 보유 |
| | 기타 공구 | - | 국산 | 기 보유 |
| | 계 | | | |
| 시설명 | 실험동 | - | 국산 | 기존시설 활용 |
| | 반력벽 및 프레임 | - | 국산 | 기존시설 활용 |
| | 계 | - | | |
| 합계 | | 2,370,000 | | |
| 국산화율(%) | | 53.2 | | |

## 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

**< 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 >**

| 구분 | 신규 시설구축 예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용(천원) |
| 장비명 | 토조 이동시스템 | 100,000 | 토조 이동시스템 | 100,000 |
| | 가변형 강성토조 | 200,000 | 가변형 강성토조 | 200,000 |
| | 자동 강사 장치 | 200,000 | 자동 강사 장치 | 200,000 |
| | 다짐장비 및 준비장치 | 300,000 | 다짐장비 및 준비장치 | 300,000 |
| | Static Actuator | 90,000 | Static Actuator | 90,000 |
| | Dynamic Actuator | 220,000 | Dynamic Actuator | 220,000 |
| | 유압 및 하중 컨트롤러 | 400,000 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 400,000 |
| | 해석 소프트웨어 | 100,000 | 해석 소프트웨어 | 100,000 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 300,000 | 자료 수집 및 네트워크 | 200,000 |
| | LVDT | 50,000 | LVDT | 30,000 |
| | Static Strain Measuring Equipment | 150,000 | Static Strain Measuring Equipment | 100,000 |
| | Dynamic Strain Measuring Equipment | 200,000 | Dynamic Strain Measuring Equipment | 150,000 |
| | Force Transducer | 50,000 | Force Transducer | 50,000 |
| | Pore Pressure | 50,000 | Pore Pressure | 50,000 |
| | Accelerometer | 30,000 | Accelerometer | 20,000 |
| | 크레인 | 200,000 | 크레인 | 50,000 |
| | 미니 백호, 지게차 | 150,000 | 미니 백호, 지게차 | 110,000 |
| | 계 | 2,790,000 | | 2,370,000 |
| 시설명 | 실험동 | 4,000,000 | 실험동 | - |
| | 반력벽 및 프레임 | 300,000 | 반력벽 및 프레임 | - |
| | 계 | 4,300,000 | | - |
| 합계 | | 7,090,000 | | 2,370,000 |
| 예산 절감액/비율(%) | | 4,720,000 (66.5) | | |

# 제 6 절 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지

## 1. 시설·장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 원심모형시험은 인위적으로 중력가속도를 부여함으로써 실제 지반 및 구조물에 가해지는 응력상태를 재현할 수 있는 첨단 실험장비임

o 불확실성이 높은 지반공학 분야의 다양한 문제에 대한 실험적 접근과 이론적 규명이 가능하며, 국내·외 대규모 지반구조물에 대한 안정성 평가가 가능함

o 600g-tons 규모의 드럼형 원심모형 시험기는 3000㎏ 의 모형에 200g의 중력장을 적용시킬 수 있어, 활동영역이 광범위하며 장기간 거동 연구가 필요한 산사태, 토석류, 해저사면안정, 연약지반 압밀 등의 현상을 분석하는 데에 있어 최적의 실험장비임

o 드럼형 원심모형 시험기는 원주 방향의 면적을 토조로 사용하여 총 4.4m 의 길이를 모델링 할 수 있으며 이는 최대 880m (200g 적용시)의 활동 영역을 모사할 수 있음

o KOCED 1단계 구축 시 도입된 빔(Beam) 형식의 원심모형시험기는 최대 2,400㎏의 모형에 100g의 중력장을 적용할 수 있는 240g-tons 규모임에 반해 성능 개선 시 도입될 드럼형 원심모형 시험기는 600g-tons 규모로 시간 상사법칙에 의해 장기간 거동이 중요한 지반문제에 대해 실험 소요시간을 획기적으로 단축시킬 수 있음

□ 목적

o 국내에 기 구축된 바 있는 빔(Beam) 형식의 원심모형시험기에서는 토조 크기가 제한적이므로 강우, 홍수 등에 의해 발생하는 사면 및 제방 안정성, 토석류(debris-flow) 등과 같이 활동 영역이 긴 현상을 모형실험으로 수행하기 어려움

o 또한, 빔 형식 원심모형시험기의 적용 가능 중력장의 한계(100g)로 인하여 장기간 거동이 핵심적인 지반문제에 대한 적용성에 한계가 있음

o 드럼형 원심모형시험기가 설치될 경우, 기존 빔 형식 원심모형시험기와 더불어 지반 전 분야에 걸친 모형실험이 수행가능하게 되어 국내 모형실험 분야에 중요한 연구적 기반을 제공함

o 드럼형 원심모형시험기는 아래와 같이 다방면의 연구에 적용 가능함

- 100m 이상의 긴 활동영역이 필요한 제방, 사면 및 토석류의 홍수 시 안정성 평가

- 200g 의 중력장을 가하여 정규압밀 지반을 모사할 수 있는 연약지반 안정성 평가
- 100m 이상의 깊은 대수심에 대하여 최대 880m 의 지반에 대해 다양한 실험 가능

## 나. 활용분야 및 범위

□ 드럼형 원심모형시험기의 특징 및 장점

o 드럼형 원심모형시험기 도입 시 기존 시설인 빔(beam) 형식 원심모형시험기에 비해 다음 표의 내용과 같은 장점이 있음

<표 4-27> Drum 원심모형시험기 특징

| 특징 | 장점 |
|---|---|
| Beam 타입 원심모형시험기에 비해 작은 규모 | - 운용이 비교적 간편해 실험준비시간이 짧음<br>- 소규모 인력으로 실험 가능<br>- 장시간 실험이 가능하여 연약지반과 같이 장시간 압밀과정이 필요할 실험에 용이 |
| 고응력장(400g) 모사 | - 대형 구조물 모사 가능<br>- 높은 상사비로 연약지반 압밀시간 단축<br>- 높은 상사비 적용으로 넓은 실험 공간 확보 |
| 넓은 모형지반 조성 | - 긴 활동영역에서 나타나는 지반관련 문제 모사가능<br>- 동일 지반에 다수의 실험 수행가능 : 매개변수 연구 수행 가능 |
| 드라이브 Shaft 와 Central shaft의 분리 | - 장비 교체를 위한 실험 중단과정 없이 실험 수행가능 : 실험 시간 단축, 복잡한 실험 프로세스 구현, 반복실험 시 지반 균질성 확보 |

□ 지반공학 전 분야에 걸친 다양한 활용 분야

o 상기 내용을 바탕으로 드럼형 원심모형시험기의 도입으로 가능해지는 지반공학에서의 활용 분야는 아래와 같음.

- 사면, 댐 분야
  - 활동 면이 긴 사면의 파괴 거동 메커니즘 규명
  - 토석류와 같이 홍수 시 발생하는 사면활동에 대한 거동 특성 평가
  - 해저사면 파괴와 연계한 쓰나미 발생 메커니즘 연구
- 연약지반 분야
  - 중장기 실험이 필요한 압밀 및 지반개량 거동 특성 평가
  - 성토와 같은 단계적 하중 프로세스 모사 실험
  - PVD, DCM, Sand drain, Sand mat, Geogrid mat 보강 공법 등의 적용성 평가
- 기초구조물
  - 복잡한 하중을 받는 기초구조물의 설계

- 반복 하중을 받는 구조물의 설계
- 대형 구조물의 지지력 평가

- 해양 구조물
  - 심해에 설치되는 하부 기초의 거동평가
  - 복잡한 하중 프로세스 구현
  - 동일지반에 다중 실험구현이 가능하여 반복적 Parameter study
  - Suction 기초, pipeline, jack-up leg, Anchor-chain, 해저면 사면 붕괴 등
- 지반환경
  - 지반내 오염물질의 이동 및 확산거동 평가용이
  - 지반내 오염수 투수 및 확산 과정
- 폭발물
  - 주요 사회기반시설 테러 안전성 규명
- 신공법 개발
  - 새로운 설계 기법의 검증 실험
  - 신재생에너지 기술 등

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구 성능

o 원심모형시험기는 대표적인 지반 공학적인 문제를 증명하고, 교육하는 데 있어서 매우 효과적이고 경제적인 방법임

o 짧은 회전 팔과 드럼을 이용하는 작은 규모의 드럼 원심모형시험기는 상대적으로 대형 원심모형시험기보다 더욱 경제적이고, 빠르게 실험을 수행 가능

o 드럼 원심모형시험기는 상대적으로 팔의 길이가 작기 때문에 안정성 확보에 용이함

o 세계적으로 영국, 미국, 일본, 호주 등에는 최소 1대 이상의 드럼 원심모형시험기를 보유 하고 있으며, 이를 통한 연구 및 교육이 활발히 이루어지고 있음

o 드럼 원심모형시험기는 상대적으로 팔의 길이가 짧기 때문에 높은 중력장의 구현을 통해서 $16\times10^6$ ㎥ 용량 이상의 대규모 지반을 구현할 필요가 있음

o 원심모형시험 수행 시, 다양한 건설 과정 및 지반 조성 과정을 모사하기 위해서는 추가 적인 건설 기술이 필요함(Twin Concentric Shaft technology)

o 드럼 원심모형시험기 구축을 위한 최소 요구 사항은 다음의 표 내용과 같음

<표 4-28> 최소 요구 성능

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| Global Top 10 규모와 성능 | • $16\times10^6$ $m^3$ 용량 이상의 대규모 지반을 구현 (Length 1445m, Width 130m, Depth 85m)<br>• 200g 이상의 높은 중력장 구현 |
| Twin Concentric Shaft technology (TCS) | • 원심모형시험기의 토조 회전 중 계측 및 관입장치 교체<br>• Main centrifuge drive shaft 와 second central shaft 의 분리 |
| 다채널 DAQ | • 32ch 400G Drum Tool Table |

## 나. 최소 요구 시설·장비 성능

o 총 길이 1.0m이상의 드럼형 원심모형시험기의 설치를 위해서는 모델 조성 및 이동을 위한 공간을 포함하여 약 4m x 4m 이상의 여유 공간이 필요

o 드럼 원심모형시험기는 빠른 속도로 회전하는 장비로써, 시험기 하부 기초 바닥에 큰 진동이 유발 되므로 철근 콘크리트로 이루어진 단단한 바닥 조건 사용

o 드럼 원심모형시험 시 사용되는 토조는 높은 무게를 가지므로 이동 및 설치를 위해서는 크레인과 지게차의 이용이 필수적.

o 드럼 원심모형시험기의 사용을 위해서는 원격으로 장비를 조절하고, 센서의 측정값을 평가하는 연구 지원 시설 필요

o 전력 공급 장치는 실험 장비 및 시설에 전력을 공급하는 시설로 강한 동력원을 이용하는 드럼 원심모형시험의 사용 시 안정적인 전력 공급 장치 설치

o 해양 지반 등 다양한 조건의 시험을 수행하기 위해서는 물과 공기의 공급이 필수적이며, 이를 위해서 유압 펌프가 함께 설치되어야 함.

o 드럼 원심모형시험 시 문제가 발생할 경우에 많은 피해 발생이 우려되므로, 비상등을 비롯한 추가 안전시설이 요구됨

o 드럼 원심모형시험기 구축을 위한 최소 요구 시설은 다음의 표 내용과 같음

<표 4-29> 최소 요구 시설

| 내용 | | 비고 |
|---|---|---|
| 설치 공간 | | • 드럼형<br>• 4m x 4m 여유 공간 (토조 이동 공간 보유)<br>• 철근콘크리트 바닥 사용 |
| 부대장치 | 크레인 | • 기존 실험 공간과의 시료 및 실험 토조 이동 |
| | 미니 백호/지게차 | • 1ton |
| | 기타 공구 | • 기본 소요 공구 |

o 다양한 지반 공학적 문제에 대한 효과적인 연구 및 교육을 위해서는 소규모의 드럼 원심모형시험기 필요

o 최근 세계적으로 건설된 드럼형 원심모형시험기는 전체길이가 1.0m 이상으로 경제성과 활용성을 고려할 경우 총 지름 1.4m (중심으로부터의 중력장 거리 : 0.7m) 정도의 드럼 원심모형시험기 건설 필요

o 높은 중력장에서도 다양한 계측을 위해서는 안정성이 확보된 다채널 DAQ 시스템 확보 필요.

o 드럼 원심모형시험을 위한 소규모 실험 공구 및 장비 필요

o 드럼 원심모형시험기 구축을 위한 최소 요구 장비는 다음의 표 내용과 같음

<표 4-30> 최소 요구 장비

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 원심모형시험기<br>(Centrifuge) | 드럼형<br>원심모형시험기<br>(Drum Centrifuge) | • Maximum Acceleration : 600g at 0.7m radius<br>• Drum channel volume : 0.42m$^3$<br>(4.4m circumferential, width 0.35m, depth 0.27m)<br>• Capacity : 750kg at 600g, 450 g-tonne<br>• Twin Concentric Shaft technology (TCS) |

## 3. 시설·장비 구축계획

### 가. 장비구축

□ 해외도입

o 국내에는 드럼형 원심모형시험장비 및 국산대체장비가 전무한 상태임

o 드럼형 센트리퓨지 구축을 위한 관련기술이 전무한 상태임

o 이에 주요장비를 외산으로 도입하고자 함

□ 장비구축, 전체구축

o 본 드럼형 원심모형시험장비는 시스템 단위 구축 또는 일부 구축이 아닌 장비 전체 구축이 필요함

□ 신규도입

o 국내 최초로 드럼형 지오센트리퓨지를 신규 도입

o 기 구축된 빔형 원심모형실험 시설을 최대한 활용, 부대장비 및 시료를 공유함

□ 시설공사

o 1단계에서 구축된 지오센트리퓨지실험시설을 활용하여 장비만 추가 구축

o 요구되는 동일한 성능을 만족하면서 지반공학 전 분야에 걸친 실험수요에 대응

o 기존설비 활용을 통하여 구축예산은 29% 절감할 수 있음

□ 구축방법

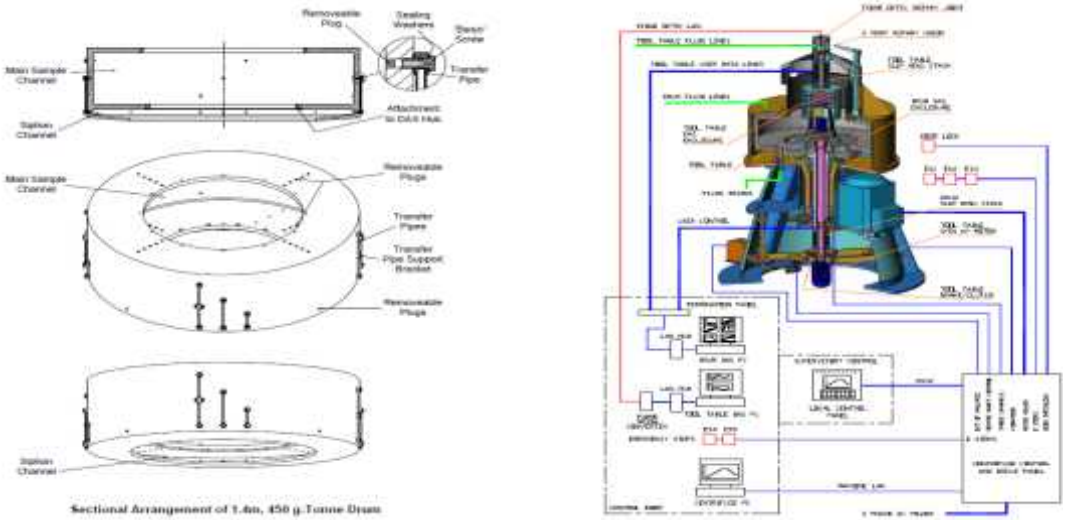
o 영국의 Broadbent 사와 프랑스 Actidyn 사는 원심모형시험 분야의 선도 연구기관의 드럼형 센트리퓨지들을 제작하고, 지속적으로 원심모형시험 기술을 발전시키고 있는 세계적 기업임

o 최소요구성능을 갖추기 위한 장비의 성능목표를 설정하고 이에 따라 위의 두 기업으로 부터 견적서 및 계획서를 제출받음

o 두 예상 구매처에서 제안한 드럼형 센트리퓨지의 기본적인 정보 및 성능, 선택사항, 견적 등을 검토함

□ 영국의 Broadbent 사 구매 및 장비 구축의 경우

o 제안한 드럼채널 형태 및 주변환경, 32채널 데이터 수집 및 처리시스템




[그림 4-15] 영국 Broadbent 사에서 제안한 드럼채널 형태 및 주변환경

o 드럼형 센트리퓨지 기본사양 및 설치조건

**GMD GT450/1.4 Performance**

| | |
|---|---|
| Maximum g-level at channel wall | 600 g |
| Channel Aspect Ratio L x H x D | 4.4 m x 0.35 m x 0.27 m * |
| Maximum Speed | 875 RPM |
| Channel Volume | 0.42 $m^3$ |
| Soil Payload: Maximum | 750 kg at 600g |
| Tool Table Max Torque | 450 Nm |
| Tool Table Payload: Maximum | 120 kg |
| Out of Balance for Channel: Maximum | 8 kg-m at 600g |
| Out of Balance for Tool Table: Maximum | 1 kg-m at 440g |
| Main Centrifuge Drive | 55 kW, 4 pole, 3 phase Induction Motor ** |
| Main Centrifuge Inverter | 55 kW, PWM non-regenerative Inverter |
| Tool Table Systems | |
| Tool Table Spin Up Motor | 2.2 kW, 4 Pole 3 Phase Induction Motor |
| Tool Table Servo Drive | 2.0 kW DC Brushless Servo |
| User Hydraulic Union | 2 ports air/water/oil, 10 bar g, 10 to 50°C |
| Electrical Slip Ring Stack: Control | 16 rings 1000v RMS at 10 A each |
| Fibre Optic Rotary Joint | Fiber Optic Rotary Union: Single Mode, rated 1000 RPM. Ethernet to Fibre Media Converters |
| Drum Systems | |
| Fluid IN Channels | 2 x Fluid Feeds to Drum |
| Fluid OUT Channel | 1 x Remote Controlled Siphon Drain |
| Electrical Slip Ring Stack: Control | 16 Rings 1000v RMS at 10A each |

<기본사양>

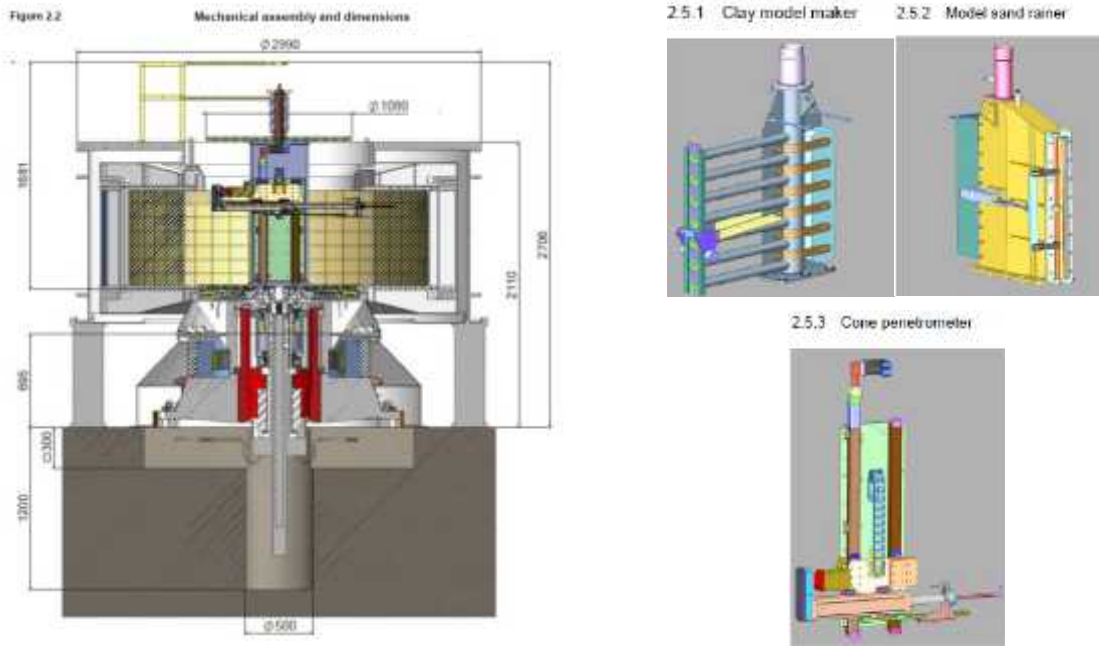
**Centrifuge Construction**

| | | |
|---|---|---|
| Fabrication | High strength structural carbon steel<br>Welds non destructively tested<br>Painted to TBS's requirements | |
| Bearings | Cylindrical roller radial bearings<br>4 point angular contact ball thrust bearing<br>Grease lubrication<br>25000 hour L10 life | |
| Drive Transmission | Multiple v belts | |
| Control and Instrumentation | Allen Bradley Micrologic 1400 PLC controller with RS485 and Ethernet communication<br>Speed measurement by proximity switch, toothed disc and frequency/current converter<br>Vibration monitoring by pedestal accelerometer<br>Motor thermistor and over current protection | |
| Works Testing | Factory Acceptance Test (FAT) including,<br>- Functional test of control and protection systems<br>- Minimum and maximum speed and payload tests<br>- 6 hour endurance run at maximum speed<br>- In flight balancing tests | |
| Site Testing (After installation and erection of enclosure) | Site Acceptance Test (SAT) including,<br>- Out of balance testing to calibrate accelerometer<br>- Functional test of control and protection system | |
| Dimensions | Base Pedestal Dia 2.0m, Height 1.25m | |
| Approximate Weights | Drum<br>Bearing Cartridge<br>Motor<br>Pedestal<br>Upper Casing<br>DAS Hub<br><br>Total (Empty) | 1300 kg<br>600 kg<br>500 kg<br>2000 kg<br>800 kg<br>300 kg<br><br>5500 kg |

<설치조건 및 계획>

□ 프랑스 Actidyn 사 구매 및 장비 구축의 경우

o 제안한 드럼형 지오센트리퓨지의 단면 및 부대장비




[그림 4-16] 프랑스 Actidyn 사에서 제안한 드럼 센트리퓨지 단면 및 부대장치

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4.1 Basic system | **Range, dimension** | | |
| | Acceleration Range, at nominal radius | 10 to 200 | g |
| | Nominal radius | 0.90 | m |
| | Radius at mounting drum surface | 1.1 | m |
| | Depth of soil in the drum | 0.4 | m |
| | Height of soil in the drum | 0.7 | |
| | Circumference of the soil model at the top | 4.4 | m |
| | Circumference of the soil model at the bottom | 6.9 | m |
| | Stress ratio to the elastic limit (min.) | 1 to 2.5 | |
| | **Centrifuge performance** | | |
| | Speed range | 30 to 450 | Rpm |
| | Acceleration stability in % of set g's | 0.5 | % |
| | Acceleration accuracy | ±0.5 | g |
| | Vibration at drum surface (max) | 0.3 | gRMS |
| | **Satellite table performance** | | |
| | Speed range | 30 to 500 | Rpm |
| | Position command resolution | 0.01 | ° |
| | Position command format | 0 to 359.99 | ° |
| | Payload max (tools) | 100 | Kg |
| | Axis torque | 80 | N.m |
| | **Payload** | | |
| | Payload at 200 g | 3,000 | Kg |
| | Acceptable imbalance | 30,000 | N |
| | g x force | 600,000 | g x kg |
| 4.2 Electrical slip rings Drum axis | Total Quantity | 36 | |
| | **Signal line** | 30 | |
| | Dielectric strength | 150 | $V_{DC}$ |
| | Intensity (max.) | 1 | A |
| | Dynamic resistance (RMS) | 10 | mΩ |
| | **Power line AC + ground** | 5+1 | |
| | Line current max. | 10 | A |
| | Line voltage max. | 410 | VAC |
| 4.3 Fiber Optic Rotary joint Drum axis | Optical passages | 2 | |
| | Network modem | Ethernet | |
| | Transmission rate | 1 | Gbit/s |
| | Number of ports | 16 | |

<기본사양>

| | | | |
|---|---|---|---|
| Installation criteria | Dimensions | | |
| | Overall diameter | 2600 | mm |
| | Overall height | 3000 | mm |
| | Inner drum diameter | 2200 | mm |
| | Usable drum height | 700 | mm |
| | System total weight | 6000 | kg |
| | Electrical mains supply | | |
| | Installed power (max.) | 35 | KVA |
| | Line voltage (other line voltage on request) | 380/410 | V |
| | Frequency | 60 to 50 | Hz |
| | Environmental | | |
| | Operating temperature | 15 to 40 | °C |
| | Relative humidity (noncondensing) | 20 to 80 | % |

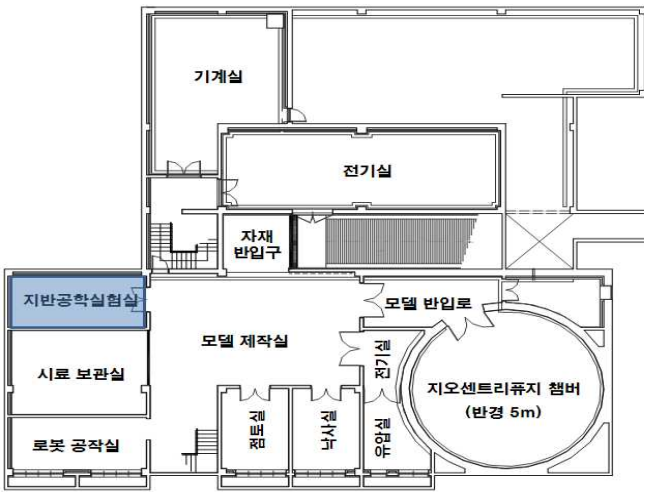
<설치조건 및 계획>

## 나. 구축계획

□ 기존시설 및 부대 장비 이용

o 드럼형 센트리퓨지는 1단계에서 구축된 지오센트리퓨지 실험센터 실험동의 지반공학실험실 (약 50 $m^2$)을 활용할 예정이며, 이를 통해 예산절감 가능

| | | |
|---|---|---|
| 개 요 | | 대 지 1,980$m^2$ (600평)<br>연면적 3,194$m^2$ (968평) |
| 규모 | | 지하 1층, 지상 5층 |
| 실험동 | | 모델 제작 및 실험 공간 |
| | | 센트리퓨지 챔버, 모델제작실 |
| 연구동 | 지하 1층 | 전기실, 공조기계실 |
| | 지상 1층 | 장비제어 및 연구 공간 |
| | | 제어실, 전산실, 자료실, 숙소 |
| | 지상 2층 | 공유 연구환경 및 교육 시설 |
| | | 강의실, 회의실, 연구실 |



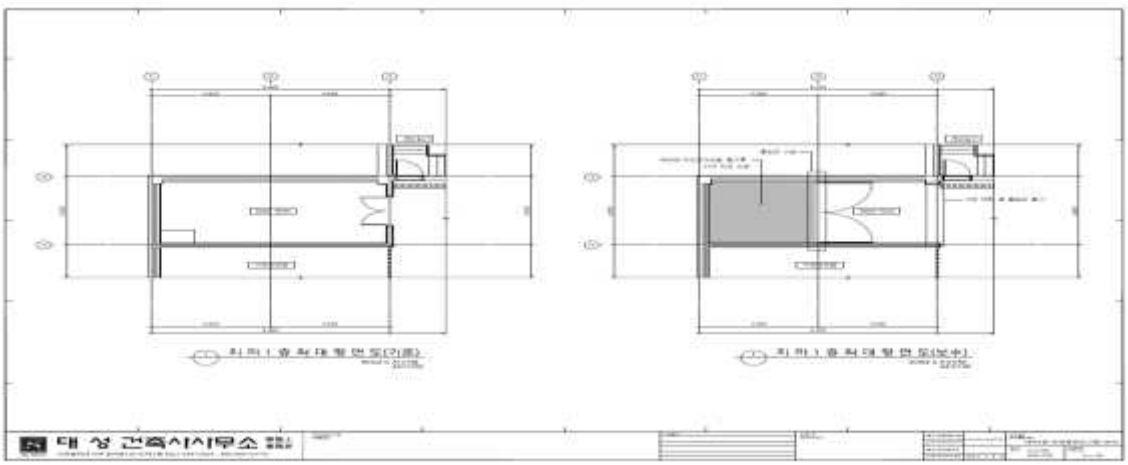

[그림 4-17] 1단계 기 구축 실험시설 개요 및 실험동 평면도

□ 장비 이동 및 설치를 위한 공간확보와 건축공사

o 지오센트리퓨지 실험센터 실험동의 지하1층, 지반공학실험실에 장비 설치 예정

o 장비의 이동 및 설치를 위해 기존 출입문과 바닥콘크리트 일부를 철거 및 마감하고, 중간방호벽 및 문을 설치함

o 소방시설 및 급수 배관시설을 이설함



[그림 4-18] 장비 이동 및 설치를 위한 공간확보와 건축공사 평면도

□ 구축일정

| 연차 | 연구내용 | 추진일정(월별 또는 분기별) | | | | | | | | | | | | 연구비 (백만원) | 비중 (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | | |
| 1차 년도 | 장비 및 시설 세부견적 | | | | | | | | | | | | | - | |
| | 기존 출입문 및 바닥콘크리트 일부철거, 마감 | | | | | | | | | | | | | 23 | |
| | 중간방호벽 설치 | | | | | | | | | | | | | 24 | |
| | 시설공사 - 소방시설 및 급수 배관시설 이설 | | | | | | | | | | | | | 17 | |
| | 장비 제작 및 납품 | | | | | | | | | | | | | 1,076 | |
| 2차 년도 | 장비 제작 및 납품 | | | | | | | | | | | | | 857 | |
| | 주요 장비 설치 | | | | | | | | | | | | | 73 | |
| | 부대 장비 설치 | | | | | | | | | | | | | - | |
| | 점검 및 시험 | | | | | | | | | | | | | - | |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 총괄(연차별예산)

o (기간 · 사업비) '16～'17 / 2,070백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '16 | '17 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 2,070 | 1,140 | 930 |

□ Actidyn (프랑스) 소요예산 견적

< 소요예산 상세총괄 >

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 장비명 | 지름 2.2m 드럼 센트리퓨지 | 1,134,000 (768,000EUR) | 외산 | 1EUR=1,476 (2014.03.11. 기준) 25% Discount (Kind Contribution) |
| | 시료 조성기 (Clay, Sand) | 65,000 (44,000EUR) | 외산 | |
| | 관입기 및 Multi-function tool | 695,000 (468,000EUR) | 외산 | |
| | 계 | 1,894,000 | | |
| 운송 및 설치 | 선박 운송비 | 39,000 (26,000EUR) | 외산 | 보험 포함 |
| | 설치비용 | 73,000 (50,000EUR) | | 주전력 케이블 제외 크레인 사용 제외 기술자 임금 제외 |
| | 계 | 112,000 | | |
| 시설명 | 시설 보강 공사비 | 64,000 | 국산 | 기존시설 활용 및 변경 |
| | 계 | 6,400 | | |
| 합계 | | 2,070,000 | | |
| 국산화율(%) | | 4.9 | | |

## 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

□ 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 - Actidyn (프랑스)

< 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 >

| 구분 | 신규 시설구축 예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용 (천원) |
| 장비명 | 지름 2.2m 드럼 센트리퓨지 | 1,623,600 (1,100,000EUR) | 지름 2.2m 드럼 센트리퓨지 | 1,134,000 (768,000EUR) |
| | 시료 조성기 (Clay, Sand) | 91,512 (62,000EUR) | 시료 조성기 (Clay, Sand) | 65,000 (44,000EUR) |
| | 관입기 및 Multi-function tool | 956,448 (648,000EUR) | 관입기 및 Multi-function tool | 695,000 (468,000EUR) |
| | 계 | 2,671,560 | 계 | 1,894,000 |
| 운송 및 설치 | 선박 운송비 | 38,376 (26,000EUR) | 선박 운송비 | 39,000 |
| | 설치비용 | 73,800 (50,000EUR) | 설치비용 | 73,000 |
| | 계 | 112,176 | 계 | 112,000 |
| 시설명 | 가설공사 | 5,000 | 가설공사 | 5,000 |
| | 토공사및 지정공사 | 4,500 | 출입문 철거 및 설치 | 20,000 |
| | 철근콘크리트공사 | 25,000 | 중간방호벽 및 문설치 | 15,000 |
| | 석공사 | 15,000 | 바닥콘크리트철거 및 마감 | 5,000 |
| | 방수공사 | 3,000 | 소방시설 위치변경 | 5,000 |
| | 금속공사 | 2,500 | 급수 및 배관이설 | 2,500 |
| | 미장공사 | 1,500 | 사대보험 | 1,500 |
| | 창호공사 | 6,000 | 기타 관리비 | 6,500 |
| | 도장공사 | 1,500 | 이윤 | 3,500 |
| | 수장공사 | 2,500 | | |
| | 지붕및 홈통공사 | 1,500 | | |
| | 부대공사 | 3,500 | | |
| | 설비공사 | 25,000 | | |
| | 전기공사 | 35,000 | | |
| | 계 | 131,500 | 계 | 64,000 |
| 합계 | | 2,915,236 | 합계 | 2,070,000 |
| 예산 절감액/비율(%) | | 845,236 (29%) | | |

# 제 7 절 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템

## 1. 시설·장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템은 건설 분야의 교량, 건축물을 비롯한 다양한 산업분야에서 6자유도 변위성분을 갖는 실구조물의 거동을 파악할 목적으로 8개의 고성능 Actuator를 동시에 가력하여 구조물의 거동을 파악할 수 있는 시스템을 의미함

- 지진발생 시 발생하는 지진파와 같은 하중을 구현하기 위해서는 빠른 속도의 고성능 Actuator가 필요함
- 구조물의 유사 동적실험(Pseudo Dynamic Test)이나 실험과 해석을 동시에 연동하여 수행할 수 있는 하이브리드구조실험에도 활용할 수 있음

□ 목적

o 6자유도의 변위성분을 갖는 실물 모형 구조물의 거동을 파악하기 위하여 실제에 가깝게 모사하여 실험할 수 있는 장비 구축

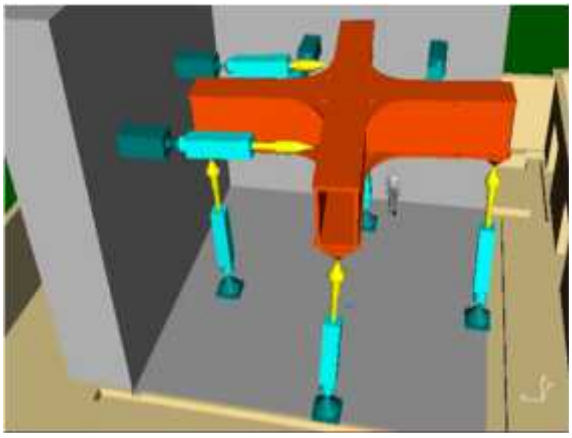
o 건설 분야 등의 축소모형 내진성능 실험뿐만 아니라 실 모형 구조물의 내진성능 평가 실험 수요에 대응할 수 있는 장비 구축

o 원자력, 중공업, 철도, 기계설비 등 전 산업분야의 대규모 시설물에 대한 기계적인 성능 검증 및 내구성 실험 수요에 대응할 수 있는 장비 구축

o 초장대 교량, 초고층 건축물 등의 중요 사회기반시설물에 대한 내구성 및 지진 발생 시 안정성 확보를 위한 실험 수요에 대응할 수 있는 장비 구축

o 초기에 많은 투자비용이 소요되는 초대형 구조실험시설 및 장비의 신규 구축에 따른 비용을 절감하고 기존 장비의 성능개선을 통하여 저비용 고효율의 장비구축

o 기존 타 구조실험시설의 장비 내구연한 도래에 따른 대체 실험장비로 활용하여 재투자 비용을 절감할 수 있는 장비 구축



<6자유도 변위제어 시스템>

<Actuator를 이용한 6자유도 구조실험 시스템>

## 나. 활용분야 및 범위

□ 고성능 다자유도 Actuator 시스템은 크게 일반 구조실험 분야와 다자유도 구조실험 및 하이브리드구조실험 분야로 분류함

o 일반 구조실험은 건설 분야를 비롯한 다양한 산업분야의 구조 부재 및 구조물에 대한 보편화된 구조실험을 의미함

o 다자유도 구조실험 분야는 여러 개의 Actuator를 조합하여 구조물의 실제 거동을 모사할 수 있는 동적 실험을 의미함

o 하이브리드구조실험 분야는 장지간 교량 및 초고층 건물 등에 발생하는 거동을 규명하기 위하여 고성능의 Actuator 여러 개를 조합한 실험 시스템과 컴퓨터 시뮬레이션을 연동하여 실시간으로 예측할 수 있는 최첨단의 실험을 의미함

<표 4-31> 고성능 다자유도 Actuator 시스템의 세부 활용분야 및 범위

| 분야 | 실험 범위 |
|---|---|
| 일반구조실험 | ▪ 구조부재의 저속 정하중 실험과 고속 동적실험<br>▪ 기존에는 교량 및 대변위 구조물의 실험에 적합한 장비들로 구성되었지만 상대적으로 변위가 작은 건축물 등의 구조성능을 평가하기 위한 실험<br>▪ 축력이 작용하는 건물 기둥 및 교각 등의 전단강도 평가 실험 |
| 다자유도 구조실험 | ▪ 실모형 기둥 또는 내진 파일의 휨 및 비틂 강성 평가 실험<br>▪ 건물의 보-기둥 접합부에 대한 구조성능 평가 실험<br>▪ 진동이나 바람 하중 등의 동적하중을 모사하기 위한 실험 |
| 하이브리드구조실험 | ▪ 장지간 교량의 지간별 원격지 실시간 구조실험<br>▪ 초고층 건물의 주요 부재에 대한 구조실험과 구조해석에 의한 실시간 하이브리드구조실험 |

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구 성능

□ 목표성능수준

o 실험 장비의 목표성능은 가능한 세계 Top Class 수준을 목표로 하였으며 전문가 자문 등을 거쳐 제한된 예산범위 내에서 가장 효율적으로 구성할 수 있는 방법을 도출함

o 고성능 다자유도 실험을 위해서 다양한 용량의 여러 대의 고성능 장비가 필요함.

o 고성능 진동대 구현 및 구조부재의 내진실험을 위해서 대용량, 고성능 장비가 필요함

<표 4-32> 장비의 규격 및 사양

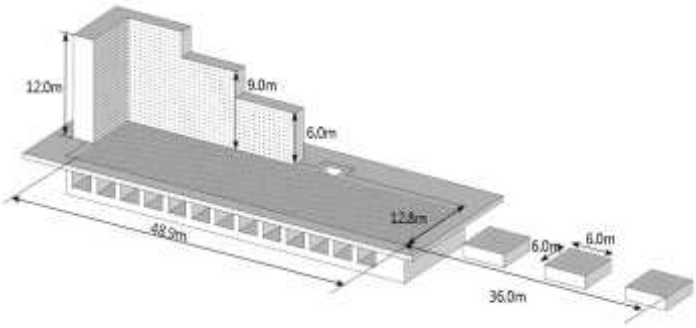
| 구분 | 성능 |
|---|---|
| 100 kN Actuator (2ea) | ▪ Fatigue rated force capacity : ±100 kN<br>▪ Double amplitude displacement, 500 mm (±250 mm)<br>▪ Type : Double Ended / Double Acting design for balaced dynamic performance<br>▪ Custom Actuator design with high performance cushions to allow dynamic testing of large components.<br>▪ Hydrostatic bearing design<br>▪ Coaxially mounted full stroke linear variable displacement transducer (LVDT)<br>▪ Non-Linearity of LVDT : 0.5% of full range<br>▪ Lifting & Pad<br>▪ 90 gpm (340 lpm) servo-valve<br>▪ 90 gpm (340 lpm) servo-valve manifold assembly<br>▪ Delta-P stabilization to improve dynamic testing capabilities on high performance long stroke actuators<br>▪ Close coupled accumulator : pressure and return line accumulators to improve the dynamic testing response and range for dynamic and real time testing applications<br>▪ Operating Pressure : 210 bar<br>▪ Type : 4 port, 3 stage |
| 250 kN Actuator (2ea) | ▪ Fatigue rated force capacity : ±250 kN<br>▪ Double amplitude displacement, 500 mm (±250 mm)<br>▪ Type : Double Ended / Double Acting design for balaced dynamic performance<br>▪ Custom Actuator design with high performance cushions to allow dynamic testing of large components.<br>▪ Hydrostatic bearing design<br>▪ Coaxially mounted full stroke linear variable displacement transducer (LVDT)<br>▪ Non-Linearity of LVDT : 0.5% of full range<br>▪ Lifting & Pad<br>▪ 180 gpm (680 lpm) servo-valve |

| 구분 | 성능 |
|---|---|
| | ▪ 180 gpm (680 lpm) servo-valve manifold assembly<br>▪ Delta-P stabilization to improve dynamic testing capabilities on high performance long stroke actuators<br>▪ Close coupled accumulator : pressure and return line accumulators to improve the dynamic testing response and range for dynamic and real time testing applications<br>▪ Operating Pressure : 210 bar<br>▪ Type : 4 port, 3 stage |
| 500 kN Actuator (2ea) | ▪ Fatigue rated force capacity : ±500 kN<br>▪ Double amplitude displacement, 500 mm (±250 mm)<br>▪ Type : Double Ended / Double Acting design for balaced dynamic performance<br>▪ Custom Actuator design with high performance cushions to allow dynamic testing of large components.<br>▪ Hydrostatic bearing design<br>▪ Coaxially mounted full stroke linear variable displacement transducer (LVDT)<br>▪ Non-Linearity of LVDT : 0.5% of full range<br>▪ Lifting & Pad<br>▪ 180 gpm (680 lpm) servo-valve<br>▪ 180 gpm (680 lpm) servo-valve manifold assembly<br>▪ Delta-P stabilization to improve dynamic testing capabilities on high performance long stroke actuators<br>▪ Close coupled accumulator : pressure and return line accumulators to improve the dynamic testing response and range for dynamic and real time testing applications<br>▪ Operating Pressure : 210 bar<br>▪ Type : 4 port, 3 stage |
| 1,000 kN Actuator (2ea) | ▪ Fatigue rated force capacity : ±1,000 kN<br>▪ Double amplitude displacement, 500 mm (±250 mm)<br>▪ Type : Double Ended / Double Acting design for balaced dynamic performance<br>▪ Custom Actuator design with high performance cushions to allow dynamic testing of large components.<br>▪ Hydrostatic bearing design<br>▪ Coaxially mounted full stroke linear variable displacement transducer (LVDT)<br>▪ Non-Linearity of LVDT : 0.5% of full range<br>▪ Lifting & Pad<br>▪ 180 gpm (680 lpm) servo-valve<br>▪ 180 gpm (680 lpm) servo-valve manifold assembly<br>▪ Delta-P stabilization to improve dynamic testing capabilities on high performance long stroke actuators<br>▪ Close coupled accumulator : pressure and return line accumulators to improve the dynamic testing response and range for dynamic and real time testing applications<br>▪ Operating Pressure : 210 bar<br>▪ Type : 4 port, 3 stage |

## 나. 최소 요구 시설

o 고성능 다자유도 Actuator 시스템을 운영하기 위해서는 [그림 5-19]와 같은 반력구조물이 필요하게 되는데, 본 제안에서는 이러한 반력구조물은 기존의 시설물을 활용하고 추가로 필요한 고성능 Actuator를 구성하고자 함

o 고성능 Actuator을 움직이는 유압펌프 및 하드라인 등의 동력 공급장치도 기존에 하이브리드구조실험센터에서 보유 및 설치된 것들을 이용하며 하이브리드구조실험에서는 기존 유압가력기와 추가로 구입하는 유압가력기를 조합하여 실험하고자 함




[그림 4-19] 기존 반력구조물 제원

# 3. 시설·장비 구축계획

## 가. 추진방법

□ 장비 구축계획의 기본방향

| |
|---|
| • 연구 인프라 동향 분석을 통한 장비 요구성능 도출<br>• 실수요 그룹 및 유사 실험 전문가 의견 수렴을 통한 사양 상향<br>• 추가 장비 도입을 통한 실험시설의 활용성 극대화 및 특성화<br>• 최적의 장비 배치를 통한 구축비용 절감 및 활용성 극대화<br>• 납품된 장비의 품질보증을 위한 엄정한 계약 체결 |

o "건설연구인프라 구축과제 1단계분석 및 2단계 기획 보고서(2011. 06. 22)"에 선정된 고성능 Actuator를 운영하기 위해서는 대용량의 유압펌프와 유압호스(또는 하드라인) 및 컨트롤러와 재하프레임 및 반력벽도 건설해야 하지만, 하이브리드구조실험센터에서는 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 이미 이러한 시설 및 장비들을 보유하고 있음

o 고성능 Actuator 및 다자유도 재하 블록만을 신규로 구입하고 이를 운영하는데 필요한 제반 시설 및 장비는 기존의 것을 활용함

[그림 4-20] 6자유도 고성능 Actuator 시스템 구성도

<표 4-33> 장비 구축 방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 고성능 Actuator | 100kN Dynamic Actuator (2ea) | 신규 구입 |
| | 250kN Dynamic Actuator (2ea) | |
| | 5000kN Dynamic Actuator (2ea) | |
| | 1,000kN Dynamic Actuator (2ea) | |
| 유압 공급 시스템 | Accumulator | 신규 구입 |
| | 720 GPM 유압펌프 | 기 보유 |
| 유압 분배 시스템 | 720 GPM 유압호스 또는 하드라인 | 기 보유 |
| 컨트롤 시스템 | 유압 및 하중 컨트롤러 | 기 보유 |
| | 해석 소프트웨어 | 기 보유 |
| | 자료 수집 및 네트워크 | 기 보유 |
| 재하시스템 | 5,000kN 재하프레임(Loading Frame) | 기 보유 |
| | 반력바닥(Strong Floor) | 기 보유 |
| | 반력벽(Strong Wall) | 기 보유 |
| | 다자유도 재하 블럭 | 신규 구입 |

o 제작 방안

- 본 실험장비의 국내 제작을 검토하였으나 완제품의 제작이 불가하여 일부만 국내 제작을 추진함
- 실험장비의 전체 구성품 중에서 국내 제작이 가능한 부분은 제작 후 해외 생산 부품과 국내에서 조립하여 전체 시스템을 구축할 예정임
- 본 실험장비는 독립적으로 사용할 목적으로 전체 시스템 구축을 위한 신규도입이 필

요함

- 실험장비의 사용을 위한 반력벽 및 반력 Fixture는 국내에서 전체적으로 조달 가능하므로 국내 제작 및 공사 예정임
- 본 실험장비는 현재 구축된 Actuator 성능의 3배 이상이 필요한 사항으로 신규도입이 필요한 항목임

o 기존설비 활용방안

- 실험장비의 전체 시스템 중에서 유압공급 시스템(유압공급장치, 고용량 유압배관 등)은 현재 구축된 시설을 활용할 수 있으므로, 현 시설을 최대한 활용하면 전체 시스템 구축예산 대비 최대 30% 이상의 예산을 절감할 수 있음
- 기 구축된 실험장비에서 사용하고 있는 지그 및 Accessory를 공용으로 활용할 수 있는 방안을 마련하여 추가적인 예산절감 효과를 기대함
- 기 구축된 실험장비에서 사용하고 있는 반력상 및 반력벽을 이용할 수 있기 때문에 추가적인 예산절감 효과를 기대할 수 있음

o 구축방안

- 본 실험 장비를 구축하게 되면 국내 최대 성능의 장비를 활용할 수 있다는 장점이 있기 때문에, 최소 요구 성능 보다는 계획된 성능을 구축하기 위해 기존 설비와의 호환성을 최대한 살려 가능한 예산 범위 내에서 시설 및 장비를 구축할 계획임
- 기 구축된 유압라인에서 증설이 필요한 부분은 사용자의 안전 및 시편 장착을 고려하여 가장 효율적인 방안을 모색하고 기존 유압라인을 최대한 활용할 예정임

o 구매 방안

- 현재 검토 중인 예상 구매처는 기 구축된 장비를 최대한 활용하기 위하여 기존 장비 공급업체를 중심으로 검토 중임
- 예상 구매처는 MTS Systems Corporation 으로 미국 Minnesota 주에 소재함
- 장비의 성능 확정 및 발주 후 제작기간은 약 12개월에서 14개월 정도를 예상하고 있으며 시험 수요기업의 일정 및 사업 계획상의 일정을 고려하여 조율 예정임
- 본 실험장비의 경우, 기 구축된 Actuator 제어기를 활용할 예정으로 단순 Actuator 조립품 및 유압분배기만 수입 예정임

## 나. 구축계획

□ 시설공사 계획

o 기 구축된 유압 공급 장치를 활용하기 때문에 추가적인 전기설비 보강은 필요 없음

o 기 구축된 유압 공급 장치를 활용하기 때문에 추가적인 건축 및 전기설비 보강은 필요 없음

o 기 구축된 유압분배장치에서 분기되는 유압라인의 경로에 최대한 근접하게 장비를 설치할 경우, 추가적인 유압라인의 증설은 필요 없어 예산 절감이 가능함

o 기 구축된 유압라인에서 추가적인 유압분배장치를 설치하기 위한 경로를 효율적으로 배치함으로써, 추가적인 유압라인의 증설이 필요 없도록 배치할 예정임

□ 공간배치 계획

o 장비 설치공간 확보

- 기존의 반력바닥과 반력벽을 활용하여 ㄱ자형 반력벽이 맞닿는 코너에 6자유도 가력 시스템을 구성함
- 기 구축된 유압분배장치와의 연결을 위한 공간은 실험장비 위치를 최적으로 고려하여 주변 장치와 간섭이 발생하지 않고 안전을 확보할 수 있는 공간을 고려하여 배치할 계획임
- 현재 구축된 반력상 및 반력벽을 활용할 수 있는 공간 내에서 이동설치가 가능한 형식으로 공간배치에 대한 추가적인 고려 대상이 아님

□ 구축일정

- 건축공사의 공정과 연차별 예산을 고려한 실험시설 구축 일정
- 단계별 실험시설 설치 일정 확립을 통한 작업 혼선의 최소화
- 실험시설 공간배치를 고려한 설치 순서 계획

<표 4-34> 실험장비 구축일정표

| 구분 | 연구내용 | '16년 | | | | | | '17년 | | | | | | 비 고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 12 | |
| 1 | 실험장비 발주 및 설계 | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 제작 및 도입 | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 장비 설치 | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 시험 운전 | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 교육 및 완료 | | | | | | | | | | | | | |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 총괄(연차별예산)

o (기간・사업비) '16～'17 / 3,200백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '16 | '17 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 3,200 | 2,000 | 1,200 |

< 소요예산 상세총괄 >

| 구분 | 장비명 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 고성능 Actuator | 100kN Dyn. Act. 2ea | 2,517,000 ($2,420,000) | 외산 | 구입 |
| | 250kN Dyn. Act. 2ea | | 외산 | 구입 |
| | 500kN Dyn. Act. 2ea | | 외산 | 구입 |
| | 1,000kN Dyn. Act. 2ea | | 외산 | 구입 |
| 유압공급시스템 | 유압공급시스템 | | 국산 | 일부증설 |
| | 720 GPM 유압펌프 | 다자유도 Actuator를 운영하기 위한 필수 장비이며 기 보유중인 장비 이용. | | 기보유 |
| 유압분배시스템 | 유압분배시스템 | | | 기보유 |
| 컨트롤 시스템 | 컨트롤 시스템 | Actuator 견적에 포함 | 외산 | 일부증설 |
| | 해석 소프트웨어 | | | |
| | 자료 수집 및 네트워크 | | | |
| 재하시스템 | 재하시스템 | 다자유도 Actuator를 운영하기 위한 필수 장비이며 기 보유중인 장비 이용. | | 기보유 |
| | 3,000kN 축력도입 Actuator | | | 기보유 |
| | 최소규모 반력바닥 | | | 기보유 |
| | 최소 규모 반력벽 | | | 기보유 |
| | 다자유도 재하 블럭 | 569,750 | 국산 | 구입 |
| 부대 비용 | 제경비(통관비, 관세 등) | 113,250 | | |
| **합 계** | | **3,200,000** | | |
| **국산화율(%)** | | **30%** | | |

## 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

< 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교 >

| 구분 | 장비명 | 신규 장비 예산(천원) | 개선 장비 예산(천원) | 비 고 |
|---|---|---|---|---|
| 고성능 Actuator | 100kN Dyn. Act. 2ea | 2,662,000 | 2,662,000 | 구입 |
| | 250kN Dyn. Act. 2ea | | | |
| | 500kN Dyn. Act. 2ea | | | |
| | 1,000kN Dyn. Act. 2ea | | | |
| 유압공급시스템 | 유압공급시스템 | | | 일부증설 |
| | 720 GPM 유압펌프 | 1,000,000 | - | 기보유 |
| 유압분배시스템 | 유압분배시스템 | 1,000,000 | - | 기보유 |
| 컨트롤 시스템 | 컨트롤 시스템 | Actuator 견적에 포함 | Actuator 견적에 포함 | 일부증설 |
| | 해석 소프트웨어 | | | |
| | 자료 수집 및 네트워크 | | | |
| 재하시스템 | 재하시스템 | 300,000 | - | 기보유 |
| | 3,000kN 축력도입 Actuator | 500,000 | - | 기보유 |
| | 최소규모 반력바닥 | 1,000,000 | - | 기보유 |
| | 최소 규모 반력벽 | 1,000,000 | - | 기보유 |
| | 다자유도 재하 블럭 | 271,800 | 271,800 | 구입 |
| 소 계 | | 7,733,800 | 2,933,800 | |
| 부대 비용 | 제경비(통관비, 관세 등) | 773,380 | 266,200 | |
| 합 계 | | 8,507,180 | 3,200,000 | |
| 예산 절감액/비율(%) | | 5,307,180 / 62.4% | | |

# 제 8 절 적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량·대형 진동대 시스템

## 1. 시설·장비의 개요

### 가. 정의 및 목적

□ 정의

o 대용량·대형 진동대 시스템은 실구조물에 준하는 크기의 대형 구조물이 설치가능하고 이에 대해서 지진모사가 가능한 진동대를 의미함

- 진동대는 연구자가 원하는 지진 및 진동을 인공적으로 발생시킬 수 있는 기계적인 장치를 말함
- 대용량은 최대 적재하중(full pay-load) 120톤, 일반 적재하중(nominal pay-load) 100톤의 진동대 시스템을 의미함
- 대형은 실험체 적재면적 140m2(20x7m)의 진동대 시스템을 의미함
- 이러한 규모의 대용량·대형 진동대 시스템은 세계 4위권의 진동대 시스템임
- 또한 다음과 같은 주요 사양을 포함하고 있음
  - 최대가속도(maximum acceleration) : 1g
  - 최대변위(maximum stroke) : ±300mm
  - 진동수 영역(operation frequency range) : 0.1~60 Hz

□ 목적

o 대용량·대형 진동대 시스템 실험시설의 목적은 다음과 같음

- (Needs) 지진재해대책법 발효 이후, 국가중요시설(원자력 발전소, 공공기관 등) 및 다중이용시설(학교시설, 컨벤션센터 등), 초고층 구조물, 저층 조적식구조, 교량 등 또는 대형전기장비 및 배관시설과 원전관련시설 등에 대한 내진성능 평가문제가 대두되고 있음
- 사용가능한 실험시설의 용량과 크기의 제약에 따라 구조물에 상사비를 적용한 실험을 수행하고 있음. 그러나 재료적/구조적 특성에 따라 현실적으로 적용가능한 상사비가 제약되고 있음
- 따라서 토목·건축구조물의 실구조물에 준하는 대형스케일의 구조모형에 대한 내진성능 검증과 평가 및 지진방재 관련 연구개발 수요가 발생하고 있음
- (Purpose) 실구조물에 준하는 크기와 비율의 대형 구조물의 지진실험 및 내진성능 평가 실험과 면진/제진시스템에 대한 성능검증이 가능하여 기존에 국내에서 불가능했던 기술검증에 활용할 수 있는 시스템을 도입하고자 함

- 초대형 장비의 신규구축에 따른 비용을 절감하고 기존장비의 성능개선을 통한 저비용 고효율의 장비구축 기회를 마련하고자 함
- (Performance) 토목·건축구조물 및 원전관련 구조물과 시설물, 그리고 대형시설물에 대한 지진시 거동 및 동적거동 평가가 가능한 국내 최대의 적재하중 100톤과 적내면적 140m$^2$의 대용량·대형 진동대 시스템 실험시설을 목표로 함

## 나. 활용분야 및 범위

□ 활용분야 및 범위

o 진동대는 연구자가 원하는 지진 및 진동을 인공적으로 발생시킬 수 있는 기계적인 장치임

o 진동대 장비 위에 빌딩, 교량 등의 구조물 모형을 설치하고 지진파를 가진하여 발생하는 동적 현상을 관찰하기 위한 실험에 주로 사용되고 있음

o 진동대를 이용한 실험방법은 구조물의 동적 문제를 실험적으로 검증하는데 가장 효율적인 방법으로 인식되어 많은 연구자들이 활용하고 있음. 아래의 그림은 국외 초대형 옥외 진동대의 실험 예이며, 다음의 그림은 지진방재연구센터에서 수행한 길이 28m, 주탑 높이 10m의 사장교에 대한 다지점 가진 실험 예임

<구조물 지진구조물 지진실험을 위한 옥외진동대>

<지진방재연구센터 사장교 진동대 실험>

o 진동대의 성능은 상부에 설치될 수 있는 구조물의 크기, 중량과 이를 가진하기 위한 진동대의 가속도, 속도, 변위 재현 한계로 평가됨. 진동대를 이용한 동적 실험기법이 개발된 후 이러한 장비의 한계를 극복하기 위하여 많은 연구와 노력들이 이루어졌으나, 현재까지도 물리적인 한계로 인하여 제작할 수 있는 진동대의 크기와 이를 일정 수준으로 진동시키기 위한 장비 능력이 제한적임

[그림 4-21] 진동대 주요성능 지표

o 빌딩과 교량과 같은 대형 구조물에 대한 진동대 실험에서는 일반적으로 상사비가 적용된 축소모형에 의한 실험을 수행함. 이 경우 상사비 적용에 따른 역학적, 기하학적 특성이 실험하고자 하는 원형과 축소모형에서 일정한 비율의 관계를 가지고 있어야 하는데, 진동대의 크기가 작아 큰 상사비가 적용되어야 하는 경우 이러한 관계를 밝히기가 쉽지 않음. 특히, 축소되는 구조물의 질량을 재료적·구조적 상사비를 만족하면서 동시에 구현하기는 매우 어려우며, 콘크리트와 같이 단면이 복잡하고 비선형 거동 특성이 중요한 구조물에서는 일정 수준 이상의 상사를 적용하는 것이 현실적으로 어려움

o 그러므로 대형 구조물에 대하여 적정 수준의 상사비를 적용한 동적 실험을 수행하기 위해서는 일정 규모 이상의 실험면적을 갖고 이에 대응하는 실구조물 중량체에 대한 실험이 가능하도록 비교적 큰 규모의 진동대 장비가 요구됨

o 국외의 대표적인 대용량·대형 진동대 구축 사례인 일본의 NIED 진동대와 미국 San Diego의 야외 진동대에서 볼 수 있듯이 일반적으로 대형 진동대는 유압에 의해 작동되는 가력기(hydraulic servo actuator)를 사용하게 되고 거대한 장비와 실험체를 가진하기 위하여 대규모의 유압펌프가 필요. 또한, 진동대는 진동을 발생시키는 그 운영 특성에 따라 견고하면서 무거운 지반 또는 반력 기초 구조물(reaction mass)에 설치되어야 함. 그러므로 대용량·대형 진동대 시스템을 구축하기 위해서는 진동대 규모에 대응하는 기초를 보유하고 있는 시설 구축이 요구하게 되므로 설치에 많은 예산이 요구됨

<일본 NIED에 설치된 진동대 실험 전경>

<미국 San Diego에 설치된 야외 진동대>

o 지진방재연구센터에 구축된 실험장비의 최대 실험가능 면적은 국제적 수준임. 그러므로 기존 연구시설의 유압펌프 및 배관 등 유압공급시스템과 대형 진동대 반력 기초를 활용할 수 있다면, 상대적으로 적은 예산으로도 효과적인 대용량·대형 진동대 실험장비 구축이 가능할 것임

## 2. 필요 장비 및 시설

### 가. 최소 요구성능

□ 장비 성능개선을 위한 기존시설의 활용

o 국외 대표적 초대형 진동대 구축 사례인 일본의 NIED 진동대와 미국 San Diego의 야외 진동대에서 볼 수 있듯이 일반적으로 대형 진동대는 유압에 의해 작동되는 가력기(hydraulic servo actuator)를 사용하게 됨. 거대한 장비와 실험체를 가진하기 위하여 대규모의 유압펌프가 필요함. 또한, 진동대는 진동을 발생시키는 그 운영 특성에 따라 견고하면서 무거운 지반 또는 반력 기초 구조물(reaction mass)에 설치되어야 함

o 그러므로 대형 진동대 장비를 구축하기 위해서는 진동대 규모에 대응하는 기초를 보유하고 있는 시설 구축이 요구하게 되므로 기본적으로 설치에 많은 예산이 요구됨

<일본 NIED에 설치된 진동대(E-Defense)>

<미국 UC San Diego에 설치된 야외 진동대(L>

o 그러므로 기존 연구시설의 유압펌프 및 배관 등 유압공급 시스템과 대형 진동대 반력 기초를 활용할 수 있다면, 상대적으로 적은 예산으로도 효과적인 대형 진동대 실험장비 구축이 가능함. 상기 국내 진동대 시설 및 장비구축 현황 조사결과에 의하면 지진방재연구센터에 구축된 실험장비의 최대 실험가능 면적은 국제적 수준을 갖고 있는 것으로 나타남. 따라서 지진방재연구센터에 기 설치된 진동대 장비의 유압공급 장치와 반력 기초를 적절히 활용할 수 있다면 효율적으로 대형 진동대 장비

의 구축이 가능할 것으로 판단됨

□ 장비구성 기본 계획

o 지진방재연구센터에서 보유한 진동대 시스템은 그림 4.3과 그림 4.4와 같이 총 3기의 진동대와 이들 모두를 최대 하중 수준에서 1g 가속도로 가진할 수 있도록 충분한 유압공급시스템이 구축되어 있음

o 4m×4m 크기의 6자유도 진동대는 고정 설치되어 있으나 5m×5m 크기의 3자유도 진동대 2기(Table A, Table B)는 4m 간격으로 이동하여 설치하는 것이 가능함

o 구축된 진동대 제어시스템은 2기 이상의 진동대를 동일하게 가진 하도록 제어하는 것이 가능함

o 그러므로 이동이 가능한 현재수준의 3자유도 진동대 2기를 그림 4.5에서와 같이 통합하여 사용할 경우 최대 90톤 용량의 실험이 가능함

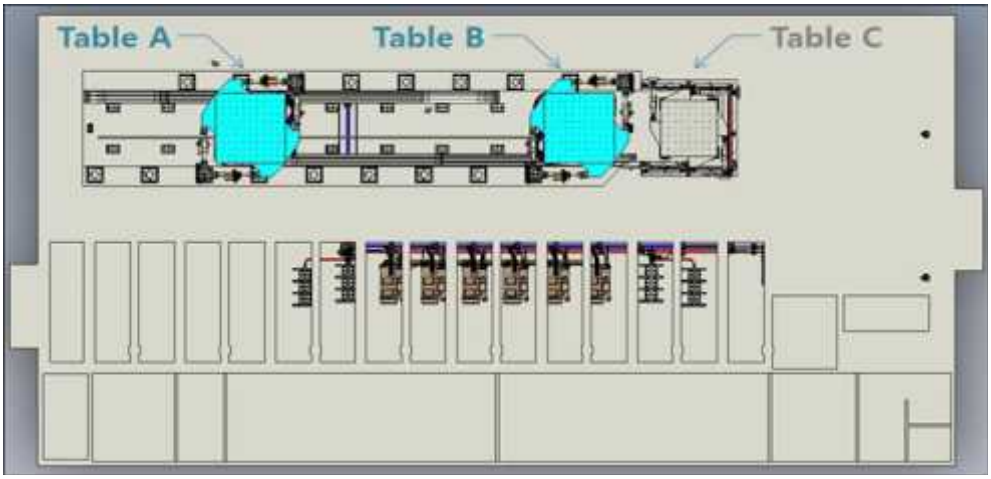
o 30톤 용량으로 설치된 진동대(Table A)를 60톤으로 업그레이드 하는 경우 최대 120톤 적재가 가능하며, 확장플레이트의 무게를 고려할 경우 100톤 하중과 140$m^2$ 이상의 면적을 갖는 실험체에 대한 내진실험이 가능함

o 이러한 장비 성능향상은 추가적인 유압공급장치 및 반력 기초 시설이 요구되지 않아 상대적으로 적은 예산으로 고효율의 장비설치를 가능하게 하며, 국내에 세계적 수준의 대형 진동대 실험장비를 보유하는 것이 가능하게 할 것으로 판단됨

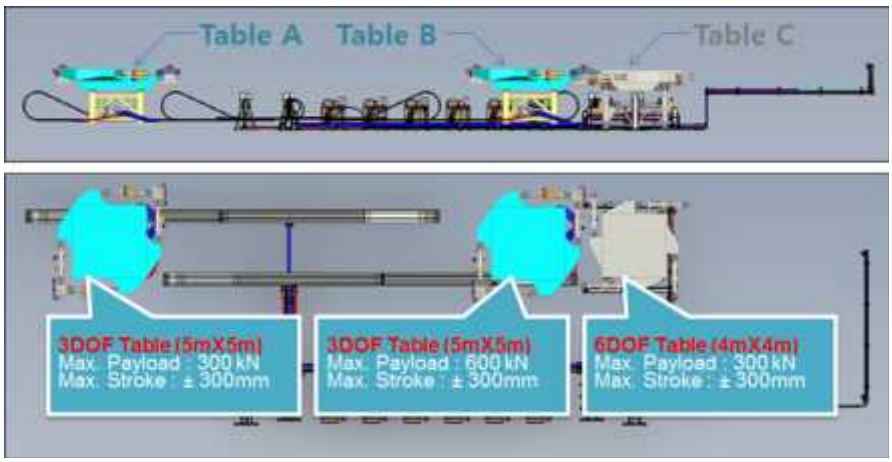
o 경제적인 방법으로 세계 4위권의 지진모사 실험장비를 구축하고자 대형 진동대 장비로의 성능개선에 필요한 최소한의 요구사항을 정리하면 아래와 같음

<표 4-35> 대형 진동대로의 성능개선에 필요한 최소 요구사항

| 구분 | 비고 |
|---|---|
| 실험체<br>적용가능 면적 및 용량 | • 20m×7m, 100ton<br>• **세계 4위권의 지진모사실험장비** |
| 확장플레이트 | • 20m×7m<br>• 시험시 작용하는 하중에 견딜 수 있는 플레이트<br>• 조립설치가 가능한 형식 |
| 진동대 A 성능향상 | • 성능이 동일한 2기의 진동대 요구<br>• 진동대 B와 동일한 성능으로 향상 (Actuator upgrade) |
| 통합 Controller | • 통합된 진동대를 위한 controller 별도 요구 |
| 확장플레이트 보관시설 | • 확장플레이트 보관 공간 확보<br>• 외부환경으로부터 확장플레이트 보호<br>• 확장플레이트의 이동의 용이성(Crane) |

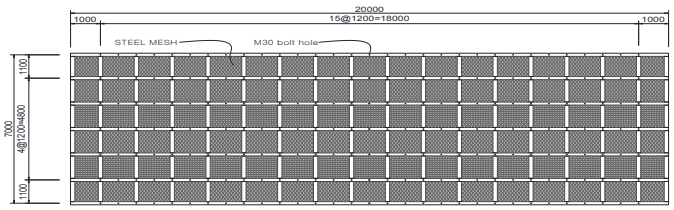



[그림 4-22] 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 설치 평면도

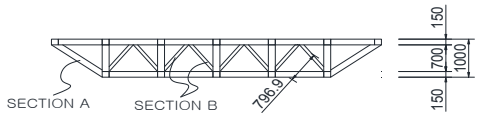



[그림 4-23] 지진방재연구센터 다지점가진 대용량 지진모사 실험장치 상세도

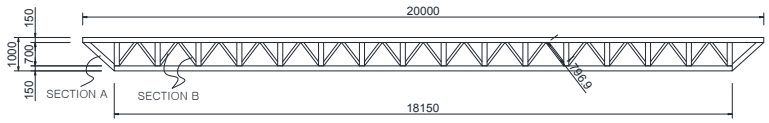
[그림 4-24] 지진방재연구센터 확장플레이트 설치(안)




(a) 확장플레이트 평면도




(b) 확장플레이트 측면도



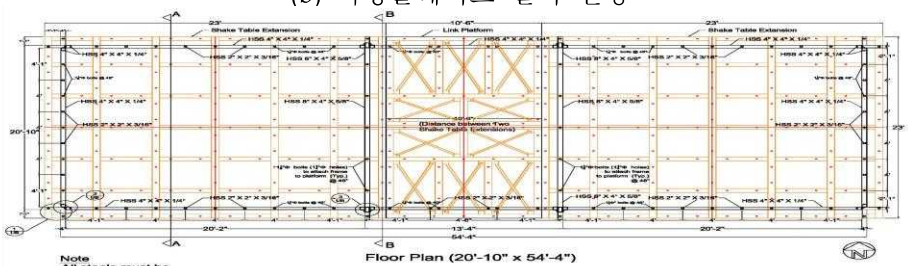

(c) 확장플레이트 정면도

[그림 4-25] 지진방재연구센터 확장플레이트(안)

o 부산대학교 기존 장비를 활용하는 이러한 방법은 이미 미국의 SUNNY Buffalo에서 6자유도 진동대 2기를 이용하여 다음의 그림과 같이 하나의 진동대로 통합하여 활용한 사례가 있어 기술적으로 달성이 가능함

(a) 6자유도 진동대 2기

(b) 확장플레이트 설치 전경




(c) 확장플레이트 설치 및 2기의 진동대 통합 시의 도면

[그림 4-26] SUNY Buffalo의 확장플레이트 설치 사례

o 상기와 같이 지진방재연구센터의 진동대 2기를 연결하여 140m$^2$이상의 실험면적을 확보하기 위한 확장플레이트가 설계·제작되어야 함. 또한, 통합된 2기의 진동대를 동시에 제어하기 위한 추가 제어기 및 프로그램이 설치되어야 함. 그리고 대형 진동대가 사용되지 않는 경우 확장플레이트를 보관하기 위한 보관시설 구축이 요구됨. 기존 장비 및 시설을 고려한 구축방법은 다음의 표 내용과 같음

<표 4-36> 대용량·대형 진동대 구축 방법

| 구분 | 장비명 | 구축 방법 |
|---|---|---|
| 유압 공급 장치 및 냉각장치 | MTS 502 HPU, Piping | **기 보유** |
| | Water Cooling Tower | **기 보유** |
| 확장플레이트 | Expansion plate | 신규 구입 |
| | Base plate | 신규 구입 |
| | Bolt 연결 구조 | 신규 구입 |
| 진동대 성능향상 | Actuator, Controller upgrade | **기존장비개선** |
| 통합 Controller | MTS 469D | **기존장비개선** |
| | STEX Pro. | 신규 구입 |
| 확장플레이트 설치 공간 | 진동대 주변 설치공간 | **기 확보** |
| 확장플레이트 보관시설 | 구조물 | 신규 구입 |
| | 보관용 Jig | 신규 구입 |
| | 장비이동용 Crane | 신규 구입 |

## 나. 최소 요구 시설·장비 성능

□ 장비 성능개선 시 최소 요구시설

o 대형 진동대를 기존 시설 및 장비를 활용하여 성능개선 시 필요한 요구시설은 진동대 장비를 확장하여 사용하기 위한 확장플레이트의 상시 보관시설(subspace)이 필요함

o 대형 진동확장플레이트의 원활한 사용과 유지관리를 위한 최소 요구 시설은 다음의 표 내용과 같음

<표 4-37> 대형진동대로 개선에 필요한 최소 추가 요구 시설

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 확장플레이트 보관시설 | 보관시설 | • Area : 32m×25m / 방수 및 방풍 |
| | 보관용 Jig | • 플레이트 하단 버팀용 Jig |
| | 장비이동용 Crane | • 확장플레이트 및 장비 이동용 Crane |

[그림 4-27] 보관시설 공간배치 계획

□ 장비 성능개선 시 최소 요구장비

o 두 진동대(Table A, Table B)를 동일사양으로 성능향상하기 위한 장비

- Table A의 actuator를 Table B와 동일한 성능으로 성능향상

- 최대 성능향상을 위한 accumulator bank 추가설치

o 두 진동대(Table A, Table B)를 확장하여 대형 진동대화하기 위한 장비

- 확장플레이트(expansion plate) 제작

- Base Plate 및 연결 bolt구조 필요

o 확장된 대형 진동대(multi-table)를 위한 제어프로그램

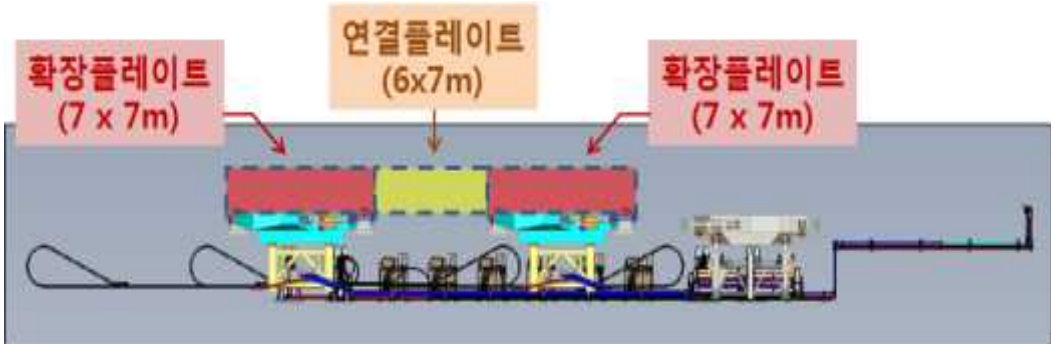
- 대형진동대 제어를 위한 프로그램(software) 업그레이드

- 진동대 data acquisition 및 test execution software upgrade

o 장비성능개선을 통한 대형진동대 구축에 필요한 최소 추가요구장비를 정리하면 다음의 표 내용과 같음

<표 4-38> 대형진동대로의 성능개선에 필요한 최소 추가 요구 장비

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 확장플레이트 | Expansion plate | • Area : 20m×7m<br>• Structure Type : Truss |
| | Base plate 및 연결 bolt 구조 | • 실험체와 확장플레이트의 연결을 위한 Base plate 필요<br>• 확장플레이트와 Base plate의 체결을 위한 bolt 구조 필요 |
| 진동대 A 성능향상 | Actuator 교체 | • 진동대 B와 동일한 성능의 Actuator 설치<br>• MTS 469D Controller upgrade |
| | Accumulator bank | • Maximum performance 향상을 위한 accumulator bank 추가 설치 |
| Multi Table 제어프로그램 | MTS 469D software | • MTS 진동대 Software upgrade |
| | STEX Pro | • 진동대 data acquisition 및 test execution software upgrade |




[그림 4-28] 확장플레이트 설치형식

## 3. 시설 · 장비 구축계획

### 가. 추진방법

□ 기본방향

o 연구 인프라 동향 분석을 통한 장비 요구성능 도출

o 실수요 그룹 및 유사 실험 전문가 의견 수렴을 통한 사양결정

o 기존 장비 성능향상을 통한 저비용·고효율 실험시설 확충

o 최적 설계를 통한 구축비용 절감 및 장비의 범용성 확보

o 납품된 장비의 품질보증을 위한 엄정한 계약 체결

□ 예산의 효율적 사용을 위한 기존 진동대 시스템과의 호환성을 여부를 판단, 기존 진동대 시스템의 성능향상을 통하여 최소 요구성능을 만족하고자 함

□ 기존 진동대 시스템 및 기타 실험시설들을 활용하고 진동대의 성능향상 및 확장용 플레이트 구입 등을 추가 구축함으로써 요구되는 동일한 성능을 만족하면서 실험수요에 대응하고, 신규 구축 대비 구축예산을 약 80% 정도 절감할 수 있음

□ 신규 구축 시 최소 요구사양 및 예상비용

o 대형 진동대를 신규로 구축할 경우 대형진동대 장비를 위한 공간 및 시설 등을 새롭게 구축하여야 하므로 초기비용 등이 많이 요구됨. 기본적으로 필요한 시설 및 장비는 다음과 같으며 시설을 위한 부지구입 비용을 제외하고도 소요 예상비용은 150억원 정도임

- 신규시설공사(건축/토목/기계/전기공사)에 따른 각종 공사비 : 34억여원
- 장비(유압배관, 유압공급장치 및 냉각장치) 및 계측기기(대형진동대, 제어기) : 116억여원

□ 장비 성능개선 시 최소 요구사양 및 예상비용

o 대형 진동대를 기존 시설 및 장비를 활용하여 성능개선 시 필요한 요구사양은 진동대 장비의 일부 부품의 업그레이드(유압 Actuator의 성능향상) 비용 및 통합제어를 위한 제어기(controller), 그리고, 두 진동대를 연결하여 확장하기 위한 확장플레이트 제작비와 확장플레이트를 상시 보관하기 위한 보관시설이 필요 할 뿐이며, 그 비용은 개략적으로 아래와 같음

- 확장플레이트(Extension Plate) 제작, 설계비 및 확장플레이트 상시 보관을 위한 보관시설 공사비 : 10억여원

- 진동대 성능개선을 위한 부품 업그레이드, 통합제어기 업그레이드 : 26억여원

<표 4-39> 대용량·대형 진동대 시스템 신설 및 기존 진동대 시스템 성능향상 시 추정예산 비교

| 구분 | 내용 | 신설 시 추정예산(원) | 개선 시 추정예산(원) | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 공사비 | 건축공사 | 7억 | - | 기 보유 |
| | 토목공사 | 20억 | - | 기 보유 |
| | 기계공사 | 5억 | - | 기 보유 |
| | 전기공사 | 2억 | - | 기 보유 |
| | 확장플레이트 보관시설 | - | 5억 | 신규공사 |
| 장비 및 계측기기 | 유압가력 배관장치 | 6억 | - | 기 보유 |
| | 유압 공급 장치 및 냉각장치 | 35억 | - | 기 보유 |
| | 확장플레이트 | - | 5억 | 신규 구입 |
| | 진동대 구매 또는 개선 | 60억 | 26억* | 장비개선 |
| | 통합 Controller | | | 장비개선 |
| | 부대장치 | 15억 | - | 기 보유 |
| 총 계 | | 150억 | 36억 | |

## 나. 구축계획

□ 시설공사계획

o 본 사업에서 목표로 하는 대용량·대형 진동대 시스템 구축을 위하여 필요한 주요 시설물과 장비는 다음과 같음

- 진동대 A의 성능향상을 위한 actuator 교체 및 통합 controller 설치
- 확장플레이트 및 연결플레이트 설계 및 제작
- 확장플레이트 보관을 위한 보관시설 구축 및 전기설비 확장
- 확장플레이트 이동용 상부크레인 추가 설치

o 보관시설의 구축내용

- 보관시설에 소요되는 공간부지는 지진방재연구센터에서 기 보유. 따라서 부지 매입에 대한 절차 및 비용은 소요되지 않음
- 기존 공간과의 보관시설 간에 장비 이동이 가능하도록 상부크레인을 추가 설치할 계획
- 전기 및 공동시설은 기존의 설비를 활용할 예정임

o 보관시설 건축비 및 추가 상부크레인, 그리고 진동대 장비 성능향상 비용을 제외한 모든 비용은 최소화할 예정

o 진동대 시스템 성능향상을 위한 유압가력기의 제작, 구매 등을 위하여 총 24개월의 구축기간과 약 36억원의 연구비가 소요될 것으로 판단됨

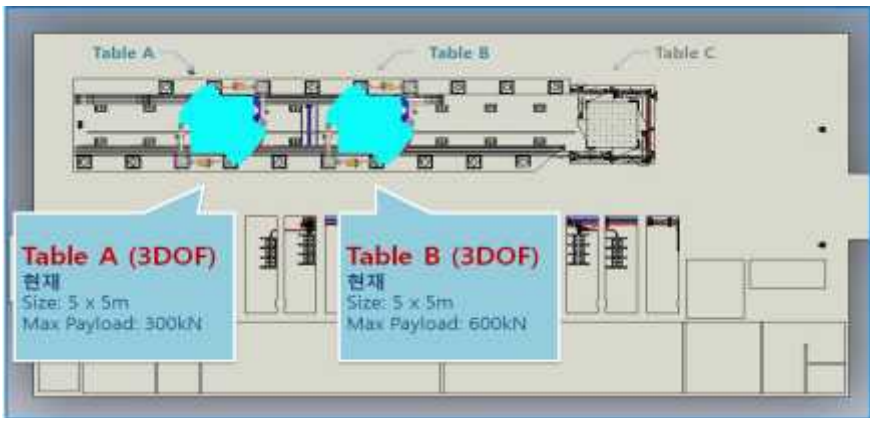
<표 4-40> 대형진동대로 개선에 필요한 최소 추가 요구 시설

| 구분 | 내용 | 비고 |
|---|---|---|
| 확장플레이트 보관시설 | 보관시설 | • Area : 32m×25m / 방수 및 방풍 |
| | 보관용 Jig | • 플레이트 하단 버팀용 Jig |
| | 장비이동용 상부크레인 | • 확장플레이트 및 장비 이동용 상부크레인 |

□ 공간배치 계획

o 공간배치 주요 목표

- 확장플레이트 보관시설의 활용성 확보
- 보관시설 이용시 기존 실험시설간 간섭이 최소화될 수 있도록 배치
- 기존 전기와 공동설비의 확장이 용이하도록 위치 선정
- 시험체 및 확장플레이트 운반 동선 최적화




(a) 현재 공간 배치 및 진동대 사양

(b) 향후 공간배치 계획 및 성능향상 사양

[그림 4-29] 공간배치 계획

□ 구축일정

o 건축공사의 공정과 연차별 예산을 고려한 실험시설 구축일정

o 단계별 실험시설 설치 일정 확립을 통한 작업 혼선의 최소화

o 실험 장비배치를 고려한 설치 순서 계획

| 연차 | 연구내용 | 추진일정(월별 또는 분기별) | | | | | | | | | | | | 비고 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| 1차년도 | Actuator 제작 및 배송 | | | | | | | | | | | | | |
| | 통관 및 설치(1/2) | | | | | | | | | | | | | |
| | 확장플레이트 설계(1/2) | | | | | | | | | | | | | |
| | 확장플레이트 제작(1/2) | | | | | | | | | | | | | |
| | 보관용시설 설계 | | | | | | | | | | | | | |
| 2차년도 | 통관 및 설치(2/2) | | | | | | | | | | | | | |
| | 확장플레이트 설계(2/2) | | | | | | | | | | | | | |
| | 확장플레이트 제작(2/2) | | | | | | | | | | | | | |
| | 보관용시설 구축 | | | | | | | | | | | | | |
| | 보관용 Jig 제작 및 설치 | | | | | | | | | | | | | |
| | 부대장비 설치 | | | | | | | | | | | | | |
| | 최종 테스트 및 시운전 | | | | | | | | | | | | | |

## 4. 상세 예산(안)

### 가. 장비 성능개선 소요예산(안)

□ 전체 소요예산 : 36억원 (정부출연 100%)

o (기간・사업비) '16～'17 / 3,600백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | 계 | '16 | '17 |
|---|---|---|---|
| 정부 | 3,600 | 2,200 | 1,400 |

**< 소요예산 상세총괄 >**

| 구분 | 산출내역 | 비용(천원) | 국산/외산 | 비고 |
|---|---|---|---|---|
| 장비명 | 진동대 성능향상 및 통합 controller | 2,600,000 | 외산 | 장비개선 |
| | 확장플레이트 | 500,000 | 국산 | 신규구입 |
| | 계 | 3,100,000 | - | - |
| 시설명 | 확장플레이트 보관시설 | 500,000 | 국산 | 신규공사 |
| | 계 | 500,000 | - | - |
| 합계 | | 3,600,000 | - | - |
| 국산화율(%) | | 27.8% | - | - |

## 나. 신규 시설구축 대비 예산 절감 효과

□ 예산 절감액: 114억원 → 절감비율: 76%

o 최소 요구성능을 만족하기 위한 신규시설 구축 대비 기존 장비 성능개선의 예산 비교결과는 아래와 같음

o 신규 시설 구축 예산은 최소 요구성능의 진동대 1기를 구매하는 예상가임

<표 4-41> 신규 시설구축 대비 장비 성능개선 예산 비교

| 구분 | 신규 시설구축 예산 | | 장비 성능개선 예산 | |
|---|---|---|---|---|
| | 산출내역 | 비용(천원) | 산출내역 | 비용(천원) |
| 장비명 | 유압가력 배관장치 | 600,000 | 유압가력 배관장치 | - |
| | 유압공급장치 및 냉각장치 | 3,500,000 | 유압공급장치 및 냉각장치 | - |
| | 확장플레이트 | - | 확장플레이트 | 500,000 |
| | 진동대 구매 및 통합 controller | 6,000,000 | 진동대 개선 및 통합 controller | 2,600,000 |
| | 부대장치 | 1,500,000 | 부대장치 | - |
| | 계 | 11,600,000 | 계 | 3,100,000 |
| 시설명 | 건축공사 | 700,000 | 건축공사 | - |
| | 토목공사 | 2,000,000 | 토목공사 | - |
| | 기계공사 | 500,000 | 기계공사 | - |
| | 전기공사 | 200,000 | 전기공사 | - |
| | 확장플레이트 보관시설 | - | 확장플레이트 보관시설 | 500,000 |
| | 계 | 3,400,000 | 계 | 500,000 |
| 합계 | | 15,000,000 | | 3,600,000 |
| 예산 절감액/비율(%) | | - (-%) | | 11,400,000 (76.0%) |

# 제 5 장 연구장비 고도화 구축계획

## 제 1 절 추진전략 및 체계

### 1. 추진전략

□ 성능개선 실험장비 구매 및 구축 관리체계 확립

o 1단계 국토교통기술실험인프라에 대한 통합 장비성능개선 추진

- 주관연구기관을 선정하여 6개의 실험센터에 대한 실험장비의 성능개선을 일괄적으로 추진하고, 구축관리에 대한 상시 모니터링 및 총괄관리
- 주관연구기관은 전담기관 및 대상 실험센터 관계자가 참여하는 장비선정위원회를 구성하여 최종 장비 선정(종류, 사양, 규모 등)
- 주관연구기관은 동 장비구매에 대한 가격경쟁력 확보를 위해 동일성격의 장비는 실험센터와 관계없이 일괄구매를 통해 중복구매 방지 및 구매비용 절감, 필요시 일괄구매 및 공개경쟁입찰 등을 통하여 가격경쟁력 및 공정성 확보
- 주관연구기관은 해당 실험센터와 협력하여 대상장비가 각 실험센터에 잘 도입될 수 있도록 협력체계 유지, 필요시 사전에 행정적인 절차를 협의하여 실제 도입시 지체되지 않도록 사전 준비(소유권 및 운영권 문제 등)
- 주관연구기관은 장비선정, 업체선정 및 협약, 장비 도입, 납품, 구축 및 시험가동 등 전반에 대한 사항을 전담기관에 보고 및 협의
- 장비 구매 및 업체 선정에 공정성 확보 및 업체간 경쟁을 통한 사전 비리 및 담합 방지

□ 실험장비 구매 및 구축은 “국가연구시설장비 관리 표준지침”에 따라 실행

o 연구장비 도입 및 구축, 시험 운영·성능검증, 연구장비 등록 등 각 단계별 절차 및 방법은 「국가연구시설장비 관리 표준지침」에 근거하여 추진함으로써 사업추진의 적절성과 타당성 확보

o 주관연구기관의 연구장비 도입·구축 이후 개별 센터별 활용 및 처리 절차에 대해서도 표준지침에 근거하여 운영

□ 주관연구기관 및 연구책임자 선정

o 책임성과 효율적 실행력을 확보한 주관연구기관 선정을 통해 연구장비 성능 개선 총괄

o 국가연구시설 인프라에 대한 이해도 및 공동활용에 대한 목적 등을 이해하고 추진

할 수 있는 연구책임자 및 주관연구기관 선정

o 공공성을 갖추고, 장비 전문인력을 보유하여 연구장비에 대한 전문성과 구축 관리 역량을 갖춘 기관을 주관연구기관으로 선정

o 주관연구기관은 전문기관 및 1단계 6개의 실험센터와 유기적인 협력 체계를 갖추어야 함

o 연구장비 구매·구축 총괄관리 기능 부여

## 2. 사업 추진체계

### □ 추진체계

o 전문기관은 "1단계 실험시설장비 성능개선 상세분석 및 구축계획 수립" 보고서(본 보고서)를 바탕으로 주관연구기관을 선정하여 1단계 실험시설에 대한 장비성능개선을 총괄 추진

o 주관연구기관은 실험장비 공동구매 및 구축, 시험 검증, 사후 모니터링 등에서 발생할 수 있는 세부 위험요소를 해소하고, 사업수행상의 애로요인을 신속히 해결하기 위해 전문기관과 긴밀한 협조체계 유지

o 주관연구기관은 효율적인 시설장비 도입 및 구축을 위해서 1단계 해당실험센터와 유기적인 협력 체계 유지

o 주관연구기관은 장비별 납품업체를 공정한 절차를 통해서 선정하고 협약에 의한 구축관리

[그림 5-1] 실험장비 성능개선사업 추진체계도

□ 전문기관의 역할

o 주관연구기관 선정 및 역할 수행할 수 있도록 관리 감독 및 운영 지원

o 장비심의위원회 공동 참여

□ 주관연구기관의 역할

o 장비심의위원회를 통한 구축 대상 장비 선정

o 장비별 업체 선정 및 계약, 장비 공급·구축

o 장비구축 관리 및 모니터링

o 장비구축 완료 보고

o 센터별 구축장비 운영계획 및 공동 활용 계획 수립

□ 실험센터의 역할

o 주관연구기관의 장비선정 구축 도입에 대한 전반적인 사항에 대해 협력

o 실험센터는 장비 도입, 구축 및 소유권 이전 등 유치기관과의 협력사항에 대해서 주관연구기관을 지원

o 대상장비가 제대로 구축될 수 있도록 납품업체에 대한 실질적인 관리

o 구축 진행상황을 주관연구기관에 보고 등 협력

o 납품장비에 대한 주관연구기관과 공동검수, 애로사항 미연 방지

o 장비 시험운영 및 성능검증

o 해당장비 대한 유지관리 및 운영 활용계획을 수립

o 실험센터는 해당장비를 1단계 실험시설 운영규정에 따라 전담관리기관(건설연구인프라운영원)과 공동운영하여야 함

□ 장비 납품업체의 역할

o 납품업체는 주관연구기관 및 실험센터에 장비납품 및 설치 등 협약사항에 대해 성실하게 이행

o 장비의 원활한 활용을 위해 시험운영에 있어 일정기간 운영 지원

o 납품업체는 소모성 부품 및 관련공구 등 일체에 도구들을 함께 납품

o 장비 납품전 제작과정에서 관련 현지 시찰 및 교육지원(사전)

o 장비의 활용성 증대 등 관리를 위해 도입시 엔지니어링 교육 등

o 장비의 유지관리 및 보수를 위해 일정기간 정기검사 계획 수립

o 운영단계에서는 유치기관과 유지관리 협약을 체결하여 유지관리 지원

# 제 2 절 실험장비 구축 세부계획

## 1. 장비 구축 방향 및 운영 프로세스

□ 성능개선 장비에 대한 구매 및 구축은 「국가연구시설장비 관리 표준지침」장비도입 프로세스를 적용함

o 현재, 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원에서도 상기 표준지침을 준용하여 장비구매 심사 프로세스에 활용하고 있으므로 주관연구기관 역시 이러한 장비구매 심사 프로세스를 적용할 필요성이 있음

□ 표준지침에 따라 예산 편성·집행단계별 연구장비 예산심의 위원회를 운영하고, 포괄적인 도입·심사 프로세스를 적용함

o 연구장비 도입 관리 주체는 기획 → 도입 → 등록 → 활용 → 운영 → 관리 → 처분 등 장비관리 전주기에 해당하는 세부 업무를 정의하고, 해당 절차서를 준비하여 수행지침을 완성하도록 하고 있음

o 주관연구기관에 의해 구매 구축된 성능개선 연구장비는 해당 실험센터별로 연구장비 운영 → 관리 → 처분 등에 대해서도 "국가표준지침"에 따라 사업을 추진함

□ 연구장비 도입 및 운영 프로세스

| 주요 단계 | 추진 내용 | 추진 주체 | 비고 |
|---|---|---|---|
| 계획수립 | - 사전조사 : 수요조사, 중복성 검토, 기획대상 장비 확정<br>- 기획실시 : 구축장비의 사업목적과의 부합성, 해당 장비의 국내외 구축현황, 구축장비의 활용도 및 활용계획, 장비 투자효과, 구축비용 등 | 2단계 추진연구단 | 완료 |
| ⇩ | | | |
| 도입 구축 | - 장비선정 : 장비도입 준비, 장비도입 심의, 장비도입 실행<br>- 구매설치 : 구매의뢰, 구매계약, 운송 및 입고, 납품 검수, 장비 설치<br>- 기술검수 및 검증시험: 구매요구서에 명시된 성능 등 제반 구매요구 사항이 제대로 충족되었는지 검증 | 주관연구기관 | - |
| ⇩ | | | |
| 등록 | - 자산등재 : 구축장비를 자산으로 등재<br>- 정보등록 : 연구시설 장비 정보등록 기준에 의거, 장비 정보 등록<br>- 정보관리 : 장비운영관리 담당부서 지정 및 지속적인 등록관리 | 전담관리기관 (실험센터유치기관) | - |
| ⇩ | | | |
| 운영/관리 | - 운영최적화 유지<br>- 장비성능이 지속적으로 유지될 수 있도록 철저한 운영관리 수행 | 전담관리기관 (실험센터유치기관) | - |
| ⇩ | | | |
| 처분 | - '장비심의위원회'를 통해 저활용·유휴·불용을 판정<br>- 장비 저활용·유휴·불용 부처 지침 준용 | 전담관리기관 (실험센터유치기관) | - |

## 2. 성능개선 장비 구매 및 구축 세부 절차

□ 장비선정

o 주관연구기관에서는 성능개선 과제의 목적달성에 필요한 장비의 성능, 형식, 정밀·정확도 수준(본 구축계획서 참조) 등을 파악한 후 장비 활용도, 사용의 편의성, 내구성, 환경의 영향분석, 구축비용 등을 고려하여 장비심의위원회를 통해 구축예정 장비 선정

o 장비도입시 고려사항

- 설치될 실험센터내 동일 용도의 중복장비 구매는 원칙적으로 불가하며, 타 기관 동종장비의 중복 구매도 지양(공동활용이 어려운 장비는 예외)
- 기관 내·외부 공동활용이 가능하여야 함
- 동일금액으로 국내 최고수준의 장비를 구매할 수 있도록 고려
- 전문성이 갖추어진 운영인력과 적절한 설치공간의 확보여부 점검
- 주관연구기관의 구매절차에 따라 구매하되, 공개입찰을 원칙으로 함

□ **(장비도입 심의)** 장비도입 계획서에 근거해 도입계획을 수립한 후, 구축하려는 3천만원 이상의 장비에 대해서는 장비심의위원회의 심의결과에 의거하여 장비 구축을 추진

o 주관연구기관은 장비심의위원회에 대상 장비에 관련정보 및 심의위원이 평가항목별 의견을 작성할 수 있도록 평가양식을 제공함

o 장비심의위원는 대상장비의 사양, 종류 및 업체선정 등 전반에 대해 심의하여 결정

**[장비 구매비용의 산정원칙(예)]**

■ 연구주관기관에서는 세금(관세,부가가치세 등)이 포함된 금액을 기준으로 총 구매금액을 산정하고, 모듈화된 장비의 경우 실제 사용모듈 전체 구입가로 산정하여야 함

예) 주장비(7,000만원) + 보조장치(1,000만원) + 부대장비(2,000만원) ⇒ 구매가격을 10,000만원으로 산정함

① 주장비(主裝備) : 추가적인 부대장비 없이도 본래의 구축 목적에 맞는 활용 및 성능을 발휘하는 핵심적인 장치를 지칭
② 보조장치(補助裝置) : 주장비의 성능향상이 아니라, 본래 주장비의 구축 목적에 따라 장비가 정상적으로 가동되기 위한 보조적인 부분들을 지칭
③ 부대장비(附帶裝備) : 주장비의 일부분으로 규정하고, 주장비의 기본성능과 별도로 반드시 새로운 성능향상을 위하여 주장비에 부착하는 개념의 추가적인 장치를 지칭

□ **(장비 구매 설치)** 주관연구기관에서는 선정된 장비에 대해 적법한 구매절차에 따라 장비도입을 실행하며 공개입찰을 통한 장비구매를 원칙으로 함

o 장비구매를 위하여 가능한 다수의 제조회사 장비를 검토하여 사양서, 견적서, 카탈로그 및 관련 성적서 등을 검토한 구매요구서와 관련 서류들을 작성하여 장비선정위원회에 장비선정을 상정

o 구매계약 전 기술적인 검토가 필요할 경우 관련 전문가에게 기술검토 및 자문 등을 의뢰할 수 있음

o 장비 납품업체는 관련 규정 및 절차에 따라 장비의 통관 및 해당실험 설치위치까지 안전하게 운송하고 설치·구축하여야 함

- 주관연구기관은 일차적으로 육안 검사가 가능할 경우 구입한 장비의 포장파손이나 내부 파손 여부 등을 확인하여 부적합한 사항 발견 시 관련 조치를 취해야 함

- 해당 실험센터는 장비인수 전에 포장파손 및 내부파손 등의 문제 발견 시 지체 없이 주관연구기관에 통보하여 즉시 조치를 취해야 함

o 주관연구기관과 해당 실험센터는 대상장비가 실제로 정확히 납품되었는가를 면밀히 확인하고, 장비 제조사나 그 대리인이 입회한 가운데 철저한 납품검수를 실시함

- 단순한 서류상 검토를 통한 검수를 지양하고 필요에 따라 물품의 실제 가동유무 및 옵션 사양에 대한 세밀한 검토를 실시함

o 해당 실험센터 및 장비납품업체는 사전에 도입장비를 설치하기 위한 작업(전기 및 각종 설비 등)을 완료하여 장비설치에 차질이 없도록 해야 함

- 도입 후 즉시 설치가능한 장비의 경우를 제외하고 반드시 장비 제조사나 그 대리인이 장비설치를 하도록 함

□ **(기술검수 및 검증시험)** 주관연구기관에서는 해당 실험센터와 관련절차에 따라 구입한 장비를 구매요구서에 명시된 성능 등 제반 구매요구 사항이 제대로 충족되었는지 검증하기 위해 장비 납품업체를 입회한 가운데 기술검수 및 검증시험을 실시함

o 장비납품업체는 시험가동을 직접 실시하여 장비의 성능을 입증하고 관련 결과물(성적서)등을 해당 실험센터에 제출함. 해당 실험센터는 검토보고서를 작성하여 주관연구기관에 보고

o 검증시험은 필요한 경우 국가공인기관의 성적서로 대신할 수 있고, 이 외의 경우에는 자체적으로 실시함

- 국제검정회사가 검증한 시험성적서를 첨부한 외산장비의 경우라도 목표성능에 대한 시험 검증을 수행하여야 함

- 주관연구기관 및 해당 실험센터는 기술검수나 검증시험에서 부적합 사항이 발생되면 즉시 적절한 조치를 요구하고 부적합 사항이 해소 된 후 재검증을 실시함

o 장비의 납품완료는 장비 사용 매뉴얼, 성적서 등 주요서류를 주관연구기관 및 해당 실험센터에 제출함

□ **(연구장비 등록)** 해당 실험센터에서는 기술검수나 검증시험이 종결되어 납품이 완료된 장비에 대하여 관계 법률 및 법규명령에 따라 기관자산(유치기관)으로 등재하고 자산관리부서를 통해 관리번호를 부여받아야 함

o 구매완료 후 자산등록 관리번호가 포함된 자산비표와 장비이력카드를 발급하고, 취득가격이 3천만원 이상인 장비 또는 3천만원 미만이라도 공동활용이 가능한 장비에 대해서는 장비취득 후 30일 이내에 'NTIS 국가연구시설장비관리서비스', 전문기관 및 전담관리기관의 CI시스템에 등록완료 후 국가연구시설장비 정보등록증(NTIS)을 해당센터 담당 부서에서 관리하도록 함

o 'NTIS 국가연구시설장비관리서비스'에 장비등록 시 주장비, 보조장치 및 부대장비로 구분하여 등록함

□ **(장비구축 완료보고)** 주관연구기관에서는 적법한 절차에 따라 구매·구축·성능검증·정보등록이 완료된 후, '국토교통 연구시설인프라 장비성능개선 구축완료 보고서'를 전문기관에 보고함

□ **(공동활용)** 성능개선 연구장비는 1단계 실험시설과 같이 전담관리기관의 관리, 감독을 받아 공동운영하여야 함

## 3. 성능개선 연구장비 성과관리 방안

□ 해당 실험센터는 '장비활용실적지표(장비활용률, 장비가동률, 외부활용기관수, 장비이용료 수입액)'에 따라 체계적으로 실적관리를 해야 함

o 또한 '장비활용성과지표(기술협력건수, 인증획득건수, 시제품개발건수, 사업화건수)'를 토대로 성과관리를 할 필요가 있음(기본적으로 전담관리기관의 관리기준에 따름)

**[장비활용실적지표(안)]**

① 장비활용률(%) = (활용된 장비 점수 / 전체 장비 점수) × 100
  * 활용된 장비란 년간 1회 이상 장비수수료를 지불하고 외부기관이 활용한 장비를 의미함

② 장비가동률(%) = (년간 총 장비가동시간* / 장비가용시간) × 100
  * 실제 장비활용을 위해 준비시간, 전처리시간, 실제 가동시간을 포함한 시간을 의미함
  * 장비가용시간은 [주5일 × 40주 × 8시간]을 기준으로 함

③ 외부활용기관수 : 평가대상기간 동안 장비이용료를 납부한 기록이 있는 외부기관 수의 합계

④ 장비이용료 수입액 : 장비활용대장에 활용기관명, 활용기간, 활용장비, 장비이용료가 명기되고 기관명의의 통장에 입금내역이 있는 장비이용료의 합계

**[장비활용성과지표(안)]**

① 기술협력건수 : 주관기관이 외부기관과 기술지도, 공동연구 프로젝트 등을 통한 기술 협력건수

② 인증획득건수 : 장비를 활용한 실적이 있는 외부기관이 당해년도에 확보한 기술, 제품, 표준 인증 건수

③ 시제품개발건수 : 장비를 활용한 실적이 있는 외부기관이 당해년도에 개발한 시제품 건수(제품, SW, 신공정 포함)

④ 사업화건수 : 장비를 활용한 실적이 있는 외부기관에 의해 당해년도에 사업화 매출액이 발생한 건수

o 해당 실험센터는 국가 장비관리 차원에서 요구되고 있는 '공동활용허용률'이 지속적으로 증대될 수 있도록 노력할 필요가 있음

- 미래창조과학부 및 관련 중앙행정기관은 연구장비 활용성을 강화하기 위해 공동활용허용 장비를 대상으로 실제 공동활용 여부 조사에 응함

- 공동활용허용률(%) = (외부 공동활용허용장비 점수*/전체 장비 점수) × 100

※ 단독활용장비 점수를 제외한 공동활용허용장비 점수와 공동활용서비스장비 점수의 합

o 공동활용시 장비사용료의 산정 기준

- (이용단가) 전담관리기관 내 관련 의사결정기구에서 적정단가를 검토하여 천원 단위로 정함. 단, 이용단가를 시간당으로 계산하는 경우에는 관리책임자가 다음과 같이 계산하여 정하며, 이 경우 장비이용료는 [(시간당 이용단가×사용량)×이용시간+시간당장비 감가상각율+유지보수비+전기료 등등] 로 산정됨

※ [시간당 이용단가 = 장비취득가액 × 0.06* / 년간 표준활용시간**]

* 물품관리법 시행령에 의거하여 6%로 산정

** 년간 표준활용시간은 기본 1,000시간으로 하되 실제가동 활용시간이 1,000시간이 넘을 경우 실제가동 활용시간을 적용할 수 있음(표준활용시간은 장비유지보수, 테크니션 교육등을 고려하여 전담관리기관 기준에 따라 재산정)

- (사용량) 실제 이용한 량(시간, 개, 건 등)으로 함
- (직접비) 장비운영을 위해 직접 투입된 시약재료비, 유지보수비, 장비운영인력 인건비 등 직접 투입비용으로 사용량을 고려하여 산정함
- (간접비) 기관의 공공요금(전기, 수도 등) 및 기관재경비 등 간접 투입비용으로 사용량을 고려하여 산정함

• 직접비와 간접비 중 정부R&D예산으로 지원되는 부분은 장비이용료에서 해당부분을 제외하고 산정해야 함

• 본 장비이용료 산정기준에도 불구하고 장비 및 기관 특성에 따라 새로운 산정방식을 적용할 경우에는 NTIS의 '장비이용료 산정 기본원칙'을 기초로 하여 기관자체의 기준을 마련하여 적용

# 제 3 절 주관연구기관 선정 및 평가방안

## 1. 선정방법

o 신청기관을 대상으로 사업추진계획, 사업수행능력, 실험장비 구축계획 및 시험·운영·검증 등 평가요소에 관한 종합적 심층 평가를 통하여 최적의 주관연구기관 선정

o 실험장비 주관연구기관 선정의 객관성, 공정성 및 신뢰성을 확보하기 위하여 중립적인 관련 전문가로 평가단을 구성하고 서류평가 및 발표평가 실시

## 2. 주관연구기관의 자격

o 운영규정 제4조 제1항 제1~4호, 제8호 및 제11호에 해당하는 기관만 신청 가능

o 주관연구기관으로만 참여 신청 가능

- 공동연구기관, 위탁연구기관 및 참여기업이 포함된 컨소시엄으로 신청 불가

**< 운영규정 제4조 제1항 >**

| 호 | 내 용 | 신청자격<br>건설교통기술<br>촉진연구사업 |
|---|---|---|
| 1 | · 국·공립 연구기관 | ○ |
| 2 | · 「정부출연 연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」 또는 「과학기술분야 정부출연 연구기관 등의 설립·운영 및 육성에 관한 법률」에 따라 설립된 정부출연연구기관 | ○ |
| 3 | · 「특정연구기관육성법」에 따른 특정연구기관 | ○ |
| 4 | · 「고등교육법」에 따른 대학·산업대학 또는 기술대학 | ○ |
| 5 | · 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 시행령」 제16조제1항 및 제2항에서 정하는 기준에 해당하는 기업부설연구소나 기업의 연구개발전담부서 | X |
| 6 | · 「의료법」에 따라 설립된 의료법인 중 연구인력·시설 등 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 시행령」 제16조제4항에서 정하는 기준을 만족하는 의료법인 | X |
| 7 | · 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 시행령」 제16조제5항 및 제6항에서 정하는 기준을 만족하는 국내외 연구기관이나 단체 및 영리를 목적으로 하는 법인 | X |
| 8 | · 중앙행정기관의 장의 지도·감독을 받는 공공기관 | ○ |
| 9 | · 「건설산업기본법」에 따른 각 협회와 각 공제조합, 「해외건설촉진법」에 따른 해외건설협회, 「건축사법」에 따른 대한건축사협회, 「지하수법」에 따른 한국지하수지열협회, 「항로표지법」에 따른 항로표지기술협회, 「측량·수로조사 및 지적에 관한 법」에 따른 대한측량협회 및 한국해양조사협회, 「주택법」에 따른 대한주택보증주식회사의 부설연구소 또는 연구개발전담부서 | X |
| 10 | · 「산업기술연구조합육성법」에 따른 산업기술연구조합 | X |
| 11 | · 「민법」 또는 다른 법률에 따라 설립된 법인인 연구기관. 다만, 제9호에 해당되지 않는 협회와 학회는 학사 이상의 학위를 소지한 사람으로서 3년 이상의 연구경력을 가진 연구전담요원 5명 이상(연구전담요원 중 2명 이상은 박사학위 또는 기술사자격을 소지하여야 한다)을 항상 확보하고 있어야 하며, 독립된 연구실을 갖추어야 한다. | ○ |

## 3. 연구책임자의 자격 및 참여제한

□ 연구책임자의 자격

o 국가연구개발사업 연구개발과제를 3개 이상 수행하는 연구책임자(주관, 협동) 및 5개 이상 수행하고 있는 참여연구원(연구책임자 포함)

**※ 다만, 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 연구개발과제는 포함하지 않음**

1) 수행중인 과제가 신청 마감일로부터 4개월 이내에 종료되는 과제
2) 사전조사, 기획·평가연구 또는 시험·검사·분석에 관한 연구개발과제
3) 세부과제 조정 및 관리를 목적으로 하는 연구개발과제
4) 중소기업과 비영리법인의 공동기술개발 과제로서 국가과학기술위원회가 관계 장관과 협의하여 그 금액 등을 별도로 정하는 연구개발과제(비영리법인 소속 연구자의 연구개발과제 수 계산에 대해서만 적용)
5) 국가과학기술위원회가 관계 장관과 협의하여 별도로 정하는 금액 이하의 소규모 연구개발과제

o 연구개발계획서 신청 마감일 전날까지 국가연구개발사업 참여제한기간이 만료되지 않은 자 또는 기관

o 연구개발계획서등 신청서류에 허위사실을 기재하거나 각종 증빙자료를 조작한 경우에도 선정 대상에서 제외하며, 선정된 후 이러한 사실이 발견되면 선정취소, 정부출연금 환수 등의 제재조치

□ 연구책임자 등의 참여제한

o 「건설기술연구개발사업관리 및 운영규정」제10조 및「연구단 운영 및 관리지침」에 의거하여 주관(협동)연구책임자는 기수행 중인 과제를 포함하여 3개 과제 이내에서 참여(전문기관의 장이 인정하는 경우에 한함) 가능

o 단, 국책과제 최종평가시 평가결과에 따라 '후순위과제' 및 '일정기준에 미달된 과제'의 주관연구책임자는 참여할 수 없음

## 4. 평가 및 선정 절차

| 평가절차 | 평가방법 및 내용 |
|---|---|
| 신청서류 접수 및 사전검토·보완조치 | ○ 신청기관 : 연구개발계획서 등 신청서류 접수<br>○ 진 흥 원 : RFP와의 부합성, 신청자격 및 신청서류 적합성 등 검토 |
| 평가위원회 평가 (발표평가) | ○ 발표평가 : 성능개선 실험장비 구축계획의 적합성 및 우수성(100점 만점)<br>(단독인 경우 70점 이상인 경우 선정) |
| 최종 평가결과 통보 및 협약체결 | ○ 신청기관에 최종 선정평가 결과 통보<br>○ 선정된 주관연구기관과 협약체결 |

## 5. 세부 평가방법 및 선정기준

□ 평가방법은 하기와 같음

| 서류검토 | | 발표 평가 |
|---|---|---|
| 서류사전검토<br>(평가자표 및 참고자료) | ⇨ | 발표·패널평가<br>[100점] |

□ 서류사전검토(평가위원)

o 평가대상기관의 사업계획서 등 평가에 필요한 자료를 평가위원에게 송부하여 사전 검토 및 분석토록 함

o 채점에 의한 평가는 하지 않고 검토·분석 결과는 발표·패널 평가 및 현장 평가의 참고자료로 활용

□ 발표 · 패널평가

o 사업신청기관의 주관연구책임자로부터 성능개선 실험장비 구축계획, 시험·운영·검증계획 등에 대한 발표와 질의·응답 후 평가자료 및 발표 내용을 종합하여 평가

o 사전 서류검토한 동일 평가팀이 평가

o 100점 만점으로 채점, 최고 및 최저점을 제외한 점수의 평균점수로 평가

o 공정성 확보를 위해 종합토론 없이 위원별 평가표 작성

- 발표 40분
- 질의 및 응답 40분
- 평가서 작성 30분
- 평가위원회 종합결과서 30분

□ 종합검토

o 국토부(사업담당과)와 KAIA에서 수행

o 평가점수를 종합하여 최고점수를 획득한 기관을 주관연구기관으로 최종선정

## 6. 평가항목 및 배점

□ 평가척도에 따라 정량적으로 평가

o 정량평가를 원칙으로 하되, 정성평가를 추가하여 평가의 객관성을 담보하도록 함

□ 신청기관별 평가점수 산정

o 평가위원의 평가점수 중 최고점과 최저점을 부여한 각 1인의 점수를 제외한 총점을 산술평균하여 산정

□ 가·감점 부여(해당사항 없음)

□ 주요 평가 고려사항

o 제한된 성능개선 실험장비 구축 예산으로 보다 좋은 장비를 구매하고 구축하는 것이 핵심이므로 실험장비 구축 기본 계획과 실험장비 구매계획, 실행 역량에 큰 비중을 부여함

□ 발표·패널 평가 항목 및 배점

| 평가항목 | 배 점 |
|---|---|
| 1. 장비 선정 및 구축계획 | 50점 |
| - 성능개선 장비 선정, 구매 및 구축 계획의 적합성<br>- 1단계 실험시설·장비등과 연계한 공동활용 계획<br>- 사업비 계상 및 추진계획의 타당성 | 30<br>10<br>10 |
| 2. 연구 추진 전략 및 체계 적정성 | 20점 |
| - 연구 추진 전략에 대한 구체성<br>- 연구 추진 체계에 대한 적정성 | 10<br>10 |
| 3. 주관연구기관 및 참여연구진의 수행능력 | 30점 |
| - 연구책임자의 운영능력 및 역량(관련분야 연구수행 실적 등)<br>- 참여연구원의 관련분야 수행실적 및 역량<br>- 주관연구기관의 수행능력 및 의지 | 15<br>5<br>10 |
| 합 계 | 100 |

## 7. 구축계획 및 소요예산

o 총 8종의 장비를 4차년에 걸쳐 도입(1차: 3종, 2차: 5종)

o 장비구축 사업비 산정을 위해 구축전문업체로부터 예상 견적서를 제출받아 사업비 검토

o 검토된 사업비 내용을 중심으로 전문가들의 의견을 수렴, 사업비 산정 타당성 확보

o 장비구축 사업에 필요한 사업비로 구축관리를 포함한 총 256.3억원 소요

o (총 사업기간 및 예산) '14～'17 / 25,630백만원(정부출연금)

(단위 : 백만원)

| 구분 | | 계 | '14 | '15 | '16 | '17 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 정부 | 1단계 | 12,000 | 3,000 | 9,000 | - | - |
| | 2단계 | 13,630 | - | - | 8,000 | 5,630 |
| 계 | | 25,630 | 3,000 | 9,000 | 8,000 | 5,630 |

< 장비별 소요예산 >

| 단계 | 장비명 | 예산 (백만원) |
|---|---|---|
| 1차 ('14~'15) | 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM | 5,000 |
| | 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대 | 5,100 |
| | 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치 | 1,900 |
| 2차 ('16~'17) | 허리케인 3등급(풍속 120mph) 풍력에너지 개발 바람발생 시스템 | 2,390 |
| | 대형 지반-구조물 실험을 위한 100㎥급 가변형 강성토조 | 2,370 |
| | 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지 | 2,070 |
| | 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템 | 3,200 |
| | 적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량·대형 진동대 시스템 | 3,600 |
| 소계 | | 25,630 |

## 8. 주관연구기관 제안요구서(RFP)

| 연구과제명 | 국토교통 실험시설 · 장비 1차 고도화 구축 |
|---|---|

**1. 연구개발 목표**

○ 국토교통 창조경제 실현을 위한 R&D기반 공동활용 연구인프라 고도화

- 공공·공익적 기술개발 지원, 사회적 이슈 해결, 미래기술 및 다양한 연구·실험수요 대응을 위한 공동활용 연구장비 구축
- 기존 실험인프라를 최대한 활용한 구축예산 절감 및 활용범위 확대

< 구축대상 연구장비 >

① 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

- 축방향 압축, 인장 및 피로실험이 가능한 20MN급 고정형 UTM에 3MN 용량의 수평력을 반복적으로 재하할 수 있는 초고속 Actuator를 동시에 실험할 수 있는 장치

② 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- 건축물 내외장 설비(천정과 벽체, 전기 및 전력설비, 가스 및 상하수도 배관구조 등) 및 건설기계, 철도, 조선 등의 기간산업분야 비구조 요소에 대한 내진성능검증 및 진동내구성 실험이 가능한 10g급 6자유도 진동대

③ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치

- 해양에서 이용 가능한 에너지원을 이용한 청정에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 파도, 바람, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 장치

**2. 연구개발의 필요성 및 기술동향**

| | |
|---|---|
| □ 연구개발의 필요성 | ○ 국내 경제사정 악화로 민간에서의 R&D 투자 저조는 미래기술개발에 대한 후퇴를 가져옴(국정과제 16 '국가 과학기술 혁신역량 강화')<br>- 기술경쟁력이 약한 중소기업의 R&D 및 개발기술의 실용화를 지원할 수 있는 연구장비가 턱없이 부족 |

- 다양한 기술개발 Needs를 반영한 미래지향적 기술개발을 위한 공동활용 연구장비 확충 필요

○ 상대적으로 연구인프라가 취약한 중소기업, 대학 등의 연구지원을 위해서는 신규 연구인프라를 확충하는 것 외에 기존 시험시설이 지속적으로 활용될 수 있도록 장비개선 및 추가 확충으로 실험분야를 다양화할 필요

* 2단계 실험시설 기획('11.6) 결과, 신규 실험시설 구축과 별도로 기존 1단계 실험시설에 필요한 장비만 추가하거나 개선하면 수용 가능한 실험수요가 높게 도출됨

○ 다양한 공공·공익적 기술개발 지원과 사회적 이슈 해결을 위해서는 정부주도의 연구인프라 확충이 필요하며 건설기술의 실용화 촉진을 위한 관련 인프라의 공동활용 촉진 필요

- 연구장비 공동활용 제고하기 위해서는 시간경과 및 수요자들의 요구성능 상향에 대응한 장비의 성능개선 필수
- 최근 시설물 대형화 및 첨단화에 따른 실규모 부재·장치에 대한 검증실험 수요가 증가하고 있으나 국내의 고성능 장비 미흡으로 해외에서의 실험 사례 증가
- 내구연한이 도래하거나 현재 기술수준에 미치지 못하는 장비에 대한 조속한 교체 및 성능업그레이드가 지연될 경우, 국내 신기술·신제품들의 해외 실험이 불가피하고 이로 인해 외화 및 기술유출이 우려됨

○ 건설연구인프라 1단계 실험시설 구축(6종, '09년) 이후, 시설물 등이 초대형화·첨단화됨에 따라 성능검증 요구가 높아지고 있으나 기 구축된 연구시설·장비의 용량 및 성능이 부족하여 대규모 국가 예산이 투입된 연구시설의 활용도 저하 우려

- 최근 지진발생 강도가 커지고 있어 SOC구조물의 내진등급 상향에 따른 교량 받침, 내진·면진 장치의 고용량화로 이들 제품에 대한 실증 성능평가 장비 필요
- 국가 기간시설에 대한 내진성능검증 요구뿐만 아니라 중전기기, 공조기기, 소방안전기기 등 고부가가치의 비구조 요소에 대한 내진 및 내진동 성능검증시험의 수요가 증가하고 있으나, 현재 국내 고성능 진동대 성능의 한계로 인해 대부분 해석적 검증 또는 부품단위의 내진성능검증이 주를 이루고 있음

□ 기술동향

○ 범부처 차원으로 연구시설·장비 총괄기구(국가연구시설장비진흥센터, NFEC)를 설립하여 연구장비의 도입, 운영관리 및 체계적 지원을 추진 중이나 연구장비 공동활용은 부족한 실정

- 「과학기술기본법」, 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」,「협동연구개발촉진법」, 「건설기술관리법」 등에 따라 부처별 연구인프라 강화 및 공동활용 촉진 시행

* 범정부 차원의 국가연구장비 현장 전수조사 결과, 등록된 8만 5천여점의 연구장비 공동활용허용율은 54.6% 수준

* 기초기술연구회의 경우, 산하 10개 출연연에 대한 연구장비 실태조사를 통해 노후장비(21.6%) 파악과 '15~'16년 필요한 노후장비 교체비용을 532억원으로 추산("첨단연구개발과 연구장비 인프라 구축 효율화" 정책토론회, 국회, '13.12.3)

- 국토교통분야 기술이 다양화되고 개발 제품도 고용량화 됨에 따라 대형연구시설인프라의 신규 구축뿐만 아니라, 기존 인프라를 활용한 장비 단위의 고도화를 통해 기업의 투자가 어려운 분야에 대한 정부의 적극적 지원이 필요

○ 대용량 일체형 UTM 현황

- 교량 및 건축구조물에 대한 내진등급이 높아져 받침 및 내진·면진장치와 같은 2차 제품들에 대한 전수시험이 의무화되고 있으나 고용량 제품에 대한 국내 시험장비 부족으로 해외에서 수행하는 사례가 크게 증가

* 최근 80MN까지 교량받침 용량이 증가하고 있어 최소 20MN 규모(최근 5년간 납품제품의 95% 이상)까지 공인시험이 가능한 시험장비 구축이 시급히 요구됨

* 고성능 극후판 강재 개발로 피로실험은 물론, 대용량 베어링 및 STU(충격저감장치)와 같은 고성능 점성댐퍼 등의 성능시험을 위해 다자유도(수직, 수평, 회전)에 대한 고속시험이 요구됨(국내 시험장비 전무)

* 국내 업체의 해외진출 및 수주가 증가하고 있으나 고용량 제품들에 대한 시험장비 부재 및 국제기준에 맞는 시험표준 미흡으로 국외에서 시험수행이 증가

- 최근 적용된 교량의 낙교방지장치의 용량이 2.5MN, 속도는 260mm/s로서 교량이 점점 장대화됨에 따라 상재하중이 증가하여 교량받침, 낙교방지장치, 지진격리장치, 댐퍼 등의 수직하중 상태에서 내진성능실험을 위한 고용량 및 초고속 Actuator가 필요(최소 용량 3MN, 속도 300mm/s)

* 기존 낙교방지장치 설계 : 하중용량 2.5MN, 속도 260mm/s 이상 요구

* 「지진재해대책법」 제15조 및 동법 시행령 제11조에 근거하여 소방방재청에서는 "기존시설물 내진보강 기본계획('11~'15)을 수립

* 내진설계대상 시설물 31종 중 63%에 대한 내진보강 필요(공공건축물, 학교시설물, 도로시설물 등) 및 내진보강 가이드라인 제시

- (국외) 정적 UTM은 일본 BRI의 30MN(시험공간 13m) 장비가 최대이며, 정·동적 UTM은 중국 China Academy of Science의 20/10MN(시험공간 10m) 장비가 최대

* Laboratorio Generalitat (Spain, 15MN(D)/15MN(S), Testing height 8m), Centre for Frontier Engineering Research (Canada, 15MN(D)/15MN(S)), Boeing Aircraft, Exxon 및 US Bureau 등(이상 미국) 각 10MN(D)/10MN(S)급 대용량 장비를 보유하여 건설, 기계 및 원자력 등 다양한 분야의 소재 및 구조물 실험 수행

- (국내) 정적실험 용도의 대용량 UTM은 일부 기관에서 보유하고 있으나 내진보강 및 제진장치 등의 수평력 동시 재하를 위한 Actuator와의 연동 실험이 불가능. 동적실험 용도로는 기존 명지대에 구축된 5MN Dynamic UTM이 최고사양이나 용량 부족으로 실험 중단사례 증가

* RIST강구조연구소 10MN UTM(static 전용) 및 Cable Leak-tightness Testing Machine 5MN(수직, static)-1MN(수평) 보유. 수평방향 동시가력은 가능하나 1MN 용량에 최대변위 100mm로 제진댐퍼와 같은 속도의존성 장비의 시험 불가

* RIST강구조연구소 30MN cable fatigue testing machine(30MN 정적 수평 UTM) 및 15MN cable leak-tightness testing machine: 케이블 실험 전용으로 교좌·면진장치에 대한 복합실험 불가능(기관 단독활용)

* Universal Railway Structural Testing Machine(한국철도기술연구원, 2.5/1.0MN(수직/수평), 30/100mm/s), Dynamic UTM(명지대학교 하이브리드구조실험센터, 5MN, 500mm, 40mm/s(수직)), 피로시험기(유니슨이앤씨, 2MN, 500mm dynamic) 등 보유

○ 비구조 요소 실험용 6자유도 초고속 진동대 현황

- 미국, 중동 등 강진지역에 수출되는 비구조 요소의 내진성능검증은 ICC-ES AC156, IEEE Std 382 등 국제규격을 따르나 국내는 건설분야 비구조 요소에 대한 시험장비 부족 및 시험방법이 체계화되지 못함

* 원자력 발전소와 관련된 비구조 요소의 내진성능검증에는 IEEE Std 344, IEEE Std 323 또는 IEEE Std 382 등의 기준이 적용되고 있음

* IEEE Std 382 요구성능 : 최대가속도 6g, 최대변위 250mm, 2~50Hz 이상 요구, Sine-beat test의 진폭은 RRS 첨두값의 1.5배 이상 사용을 권장함에 따라 10g 규모의 진동대 필요

* 해외 건축기준(UBC, CBC 등)에서는 최대 지진수준인 Zone 4를 요구(최고층 층응답의 경우 3g수준)하고 있어 건축물 내부 비구조요소의 경우에는 최대 6g의 최대가속도 필요

- (국외) 6g급 이상 최대가속도를 갖는 초고속 진동대 다수 보유

* Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology(IZIIS) (Macedonia, ±20g, 8ton, 1.4x2.5m), European Space Agency(ESA)(Netherlands, ±5g, 22.5tonf, 5.5x5.5m), EERC(University Bristol)(UK, ±6g, 17ton, 3x3m), Dynamic Certification Laboratories(Nevada USA, ±10g, 4.5ton, Dia. 2.5m) 등 다수

- (국내) 비구조 요소에 대한 국제내진성능 실험기준의 요구조건 만족하면서 장비의 내구성과 정밀한 지진모사실험을 위해서는 최대

적재하중 6ton 상태에서 최소 7g 이상의 가속도 구현이 가능한 진동대 필요

* 최대적재하중 6ton에 대해 7g를 구현하기 위해서는 bare table상태(실험체 미설치)에서 최소 10g 이상 필요
* SGS & 한국산업기술시험원: 최대가속도 6~8g, 최대적재하중 2.5~3ton, 최대변위 180~200mm, 설치면적 2.5x2.5m(6.25$m^2$) (현재 2ton이상 실험 불가한 상태)
* 6자유도 장비중 5g 이상이 가능한 대부분의 장비는 최대적재하중이 2ton 이하이며 설치면적이 2.5x2.5m 이내로 원자력발전소 및 초고속 빌딩에 설치되는 기기의 무게와 부피의 시험이 불가(한국표준과학연구원, 한국전력공사 전력연구원, 창원대학교 등)

○ 바람발생장치 현황

- 파랑-흐름-바람의 상호작용에 대한 연구개발 및 연구성과 등의 검증에 필요한 실험시설이 국내에는 부재인 상태이며, 기 구축된 조파기, 흐름발생장치, 바람발생장치 등의 성능은 scale effect를 줄일 수 있는 중·대형 수리모형실험 적용에는 한계가 있음
- (국외) 3차원 평면수조로, 복합발전 장치 성능 테스트 가능
  * Multidirectional wave basin(National Research Council Canada size : 26.0m×36.0m×3.0m), Cantabira Coastal and ocean Basin(IH Cantabria size : 30m×44.0m×4.0m)
- (국내) 수조의 크기, 조파기 성능 및 최대풍속이 대형수리실험을 수행하기에 부적합
  * 관동대 첨단해양공간개발연구센터(30m×1.5m×1.m, 조파기: piston type, stroke: 80cm, 최대파고: 0.3m, 파주기: 0.5~3sec, 최대풍속: 8.5m/s)의 경우, 수조크기, 조파기 성능 및 최대풍속이 대형수리실험을 수행하기에 부적합.
  * 한국해양과학기술에서 보유하고 있는 해양공학수조(3차원 평면수조)는 해양에너지 발전장치의 성능 및 안전성 테스트에 활용(56m×30m×4.5m, 최대파고: 0.8m, 파주기: 0.5~5.0sec, 최대풍속: 10m/s)

## 3. 연구개발내용

○ 고도화 대상장비 조사, 분석 및 사양서(성능, 규모 등) 작성

○ 장비선정위원회 구성 및 구축 대상장비 선정

○ 장비구축 총괄 관리
- 장비업체 선정 및 장비도입(지정센터에 구축)
- 장비구축 관리 및 모니터링
- 시험운영 및 검증
- 장비구축 완료 보고

○ 구축장비 운영계획 및 공동활용 지침 마련

## < 장비별 최소요구성능 >

### ① 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM (지정센터 : KOCED 하이브리드구조실험센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 수직하중 재하용 대용량UTM | Nominal sta. load rating | • 20MN, 275bar |
| | Nominal dyn. load rating | • 12MN, 210bar / 80mm/sec |
| | Actuator stroke | • 750mm |
| | Dimensions | • Test Space Approx: 9.0m/7.0m (without/with platens)<br>• Column Spacing: 1.0x3.0m (between columns) |
| | Transducer | • Pressure Transducers for force measurement<br>• LVDT stroke transducer |
| | 기타 | • 전용 Controller & Software 포함 |
| | | • Hardline & Hose Stand 포함 |
| 수평하중 재하용 고속 Actuator[1] | Nominal max. force rating | • 3,000kN |
| | Nominal max. velocity | • 300mm/sec |
| | Actuator Stroke | • 750mm |
| | Performance test | • 10-30cycles |
| | Durability test | • 157mm/sec for 1800cycles |

※ 대용량 교좌장치 및 면진장치 성능검증을 위해서는 20MN 대용량 UTM과 동시에 실시간 지진하중을 모사하기 위해서는 3MN 용량에서 300mm/s 속도로 고속 횡방향 하중재하가 가능한 Actuator가 요구됨 (별도 장비로 도입되더라도 수직, 수평 동시고려 필수)

1) 하이브리드구조실험센터가 기 보유하고 있는 Actuator의 경우, 2MN 용량(속도: 150mm/s)로 속도의존성 성능평가시험이 불가능

### ② 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대 (지정센터 : KOCED 지진방재연구센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 6자유도 고속진동대 | 유압펌프 및 배관설비 | • 150GPM 이상의 HPU<br>• 기존 배관에 Flexible 호스 연결시공<br>• 기존 펌프냉각장치 이용 |
| | 고성능 진동대 | • 면적 : 2.5m×2.5m 이상<br>• 용량 : 6ton payload 이상<br>• 가속도 : 10g 이상(6ton payload 상태에서 7g 이상) |
| | Controller & Software | • 기존 진동대 통합 controller and software 포함 |
| | | • 진동대 data acquisition 포함<br>• Test execution software upgrade |

③ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치
(지정센터 : KOCED 해안항만실험센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 3차원 평면수조 | 조파기 (기존 설비 활용) | • 수조규모 : 50m × 50m<br>• 재현파고(규칙파 기준) : 50cm 이상<br>• 재현주기(규칙파 기준) : 0.5~6.0sec 범위<br>• 다양한 불규칙파 스펙트럼(TMA, Johnswap, Bretschneider-Mitsuyasu 등) 재현 가능<br>• 지진해일 재현 가능 |
| | 바람발생장치[1] | • 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보)<br>• 변동풍 재현 가능 |
| | 흐름발생장치[2] (기존 설비 개선) | • 유속 0.5m/sec 이상(정류성 확보)<br>• 유속의 시간적 변화가 가능한 변동류 재현(조석 효과) |
| 2차원 단면수로 | 조파기 (기존 설비 활용) | • 수조규모 : 100m × 2m × 3m<br>• 재현파고(규칙파 기준) : 100cm 이상<br>• 재현주기(규칙파 기준) : 0.5~8.0sec 범위<br>• 다양한 불규칙파 스펙트럼(TMA, Johnswap, Bretschneider-Mitsuyasu |
| | 바람발생장치[1] | • 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보)<br>• 변동풍 재현 가능 |
| | 흐름발생장치[2] | • 유속 1m/sec 이상(정류성 확보)<br>• 유속의 시간적 변화가 가능한 변동류 재현(조석 효과) |

1) 바람발생장치는 외부에 모터 및 블로어를 설치하고 덕트를 이용하여 3차원 평면수조 및 2차원 단면수로에 연결
   * 바람발생장치는 정속의 바람을 발생시켜 해양풍력발전을 위한 수로모형실험장비로서, 실험구간에서 10m/s 이상의 정속성 확보 필요
   * 흐름발생장치는 정속의 유체흐름을 발생시켜 조석에 의한 효과를 재현하는 장비로서 유속 1m/s 이상의 정류성 확보 필요
2) 기 구축된 2차원 수로에 대한 흐름발생장치는 정류성이 확보되지 못하여 대폭 개선이 필요하고, 3차원 수조에는 흐름발생장치가 없어 신규 설치가 요구됨 (흐름발생장치의 경우, 조석간만의 효과를 고려한 발전장치 개발을 위해서는 변동류 재현이 추가 필요)

## 4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 장비고도화에 대한 연차별 목표를 수립하고, 추진전략 및 구축계획 수립

○ 지정센터의 기존 설비 및 장비를 최대한 활용할 수 있도록 장비 선정, 도입 및 구축계획 수립
- 새로운 실험 수요의 창출 및 기존 실험시설의 특성화

○ 폭넓은 전문가 의견을 수렴하여 체계적인 구축관리 및 운영계획 수립
- 각계 전문가로 구성된 장비선정위원회 구성 및 운영
- 실험장비 구축, 관리, 활용성 제고를 위한 다양한 전문가 의견 수렴
- 실험장비 선정, 구매, 설치 등 단계별 관리 계획 수립

| | |
|---|---|
| | ○ 정부 및 전문기관과의 유기적 협조체제 구축<br>- 국토해양부 해당 부서 및 전문기관과의 정기적인 업무협의<br>- 대상장비 구축 지정센터 및 소속기관과의 협조체제 구축<br>- 필요시 실험장비를 직접 활용하는 기술수요처(기업체, 국공립연구소, 대학 등) 의견을 수렴하여 연구개발에 반영<br><br>○ 고도화 장비의 공동활용 방안 수립 |
| □ 추진체계 | ○ 공정하고 투명한 선정 평가에 의한 최적의 연구장비(납품업체) 선정<br>- 정부, 학계, 업계, 연구소 등의 전문가 등이 참여한 장비선정 위원회(가칭)를 구성하여 투명하고 공정한 절차에 의해 선정<br>- 각계 전문가 의견을 수렴한 실험시설·장비 구축 계획 수립<br><br>○ 공동활용 및 실천적 운영방안 수립<br>- 연구시설이 유치기관의 전유물이 되지 않도록 공동활용 방안을 마련하고 운영정책을 수립<br>- 중·장기적으로 실험시설을 중심으로 한 관련 연구기관, 기업, 연구자 등이 공동으로 활용할 수 있는 기반 및 환경 조성<br>- 1단계 실험시설과의 연계 활용방안 수립<br><br>○ 국토교통 연구시설·장비 인프라로 최대한 활용<br>- 기존시설의 활용을 극대화 할 수 있는 방향으로 추진<br>- 건설기술발전의 국가적 목표를 달성하기 위해서 정부, 대학, 산업계 등은 물론 국가의 타분야 사업과도 활발한 연계 추진 |
| **5. 최종성과물** | |
| □ 주요 최종성과물 | ○ 국토교통 실험시설·장비 1차(3종) 고도화 구축보고서<br>- 연구장비 구축 및 시험운영 결과 포함<br>- 장비 고도화에 따른 활용도 분석 및 공동활용 계획 수립<br>※ 다년도(2년) 협약에 의한 최종 구축보고서 제출 |
| **6. 활용방안 및 기대효과** | |
| | ○ 다양한 실험시설 요구에 대해 장비 단위의 성능고도화를 통한 기술개발 트랜드 반영 |

○ 실험시설 구축시 약 4~5년이 소요되는 반면, 장비단위 구축은 기존 시설에 장비만 도입하면 곧바로 실험이 가능하여 단기 실험수요에 대한 즉각적 대응이 가능

○ 연구인프라 구축이 어려운 중소기업 및 대학에 대한 공동활용을 통한 실험지원으로 국토교통 연구인프라의 공동활용률 제고

○ 새로운 실험수요 대응은 물론, 해외실험 수주에 의한 외화수입 효과와 첨단 연구장비 확보로 국내 기술력 증진 기대

○ 세계적 수준의 최첨단의 고성능 실험장비를 확보함으로써 국제 공동연구 등을 통해 해외의 선진기술 도입은 물론 동남아시아 등 개발도상국에 대한 기술 선도와 부가가치가 높은 기술의 수출에 기여

○ 고용량, 최첨단 실험장비 확보를 통해 SOC시설물에 대한 내진보강 및 제진관련 제품들에 대한 기술개발 및 검인증 가능

○ R&D 기술개발 성과에 대한 효과적인 검증이 가능하며, 관련분야 신기술 및 신제품 개발 촉진으로 기술력 향상 기대

○ 초고층, 원자력 발전소의 발전설비 등에 대한 종합적 내진 안전성평가 가능하여, 내진성능검증을 위한 국가시험표준 개발 및 정책적 지원 등이 가능

○ 초고속 진동대의 구축으로 비구조 요소에 대한 국제 내진성능 기준에 대한 내진성능평가가 가능하여 관련 기술개발에 시너지 효과 기대

○ 국제기준의 내진성능평가가 가능하여 건설, 기계, 원자력 분야의 미국, 중동 등 강진지역에 대한 해외수출 향상 기대

○ 해상풍력발전 장치 등의 성능 검인증을 통해 관련 산업의 조기 활성화, 해외시장 진출 및 선점을 통한 국가 경제성장 견인

## 7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2014.09. ~ 2016.08. (2년)

※ 본 과제는 연구장비인프라 구축과제로 다년도 협약을 체결하고, 연구비는 연차별로 지급함

○ 총 정부출연금 : 12,000백만원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 3,000백만원 이내

(단위: 억원)

| 구분 | ’14 | ’15 | 계 |
|---|---|---|---|
| 정부출연금 | 30 | 90 | 120 |

※ 연구개발기간 및 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

## 8. 기 타

○ 본 공모과제의 보안등급은 “일반과제”임

○ 본 과제를 통해 구축된 연구장비는 향후 개정되는 “분산공유형 건설연구인프라구축사업 운영지침”에 따라 공동운영 되어야 함

- 고도화 장비는 기존 1단계 실험시설에 지정 구축하되, 한시적으로 국토교통 대형실험인프라 전담관리기관인 건설연구인프라운영원과 공동으로 소유하며 향후 개정되는 운영지침에 따라야 함

○ 국내외 타 실험시설·장비와의 차별성 및 연계·활용방안을 검토하여 제시할 것

○ 기타 대상장비별 주요 성능 및 사양 등은 붙임의 ‘국토교통 실험시설·장비 1차 고도화’ 구축계획보고서 참조

| 연구과제명 | 국토교통 실험시설 · 장비 2차 고도화 구축 |
|---|---|

1. 연구개발 목표

○ 국토교통 창조경제 실현을 위한 R&D기반 공동활용 연구인프라 고도화

- 공공·공익적 기술개발 지원, 사회적 이슈 해결, 미래기술 및 다양한 연구·실험수요 대응을 위한 공동활용 연구장비 구축
- 기존 실험인프라를 최대한 활용한 구축예산 절감 및 활용범위 확대

< 구축대상 연구장비 >

① 허리케인 3등급(풍속 120mph) 풍력에너지 개발 바람발생 시스템

- 신재생 에너지(풍력)와 관련하여 개별 풍력발전기 출력성능 평가 실험 및 인증, 대규모 풍력발전단지 전체 효율성 평가 실험 및 풍환경 평가가 가능한 120mph급 바람발생시스템

② 대형 지반-구조물 실험을 위한 100㎡급 가변형 강성토조

- 기존 실험설비와 연계하여 절·성토, 토류벽, 기초, 터널 등 주요 지반구조물에 대한 모형실험 또는 실규모 실험이 가능한 가변형 강성토조를 갖는 지반-구조물 실험 시스템

③ 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지

- 활동영역이 광범위하며 장기간 거동연구가 필요한 산사태, 토석류, 해저사면안정, 연약지반 압밀 등의 지반현상 실험에 최적인 600g-tons급 드럼형 원심모형시험기

④ 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템

- 교량, 건축물의 연결상세 및 실시간 내진성능 평가를 위해 다자유도 거동 제어가 가능한 고성능 6자유도 동시가력시스템

⑤ 적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량·대형 진동대 시스템

- 기존 2기의 진동대를 결합하여 구조물의 상사비에 영향을 최소화하고 대형 구조물의 지진실험 및 내진성능평가 실험, 면진/제진 시스템 성능검증이 가능한 적재하중 100톤 규모의 대용량 진동대 성능개선

| 2. 연구개발의 필요성 및 기술동향 | |
|---|---|
| □ 연구개발의 필요성 | ○ 국내 경제사정 악화로 민간에서의 R&D 투자 저조는 미래기술개발에 대한 후퇴를 가져옴(국정과제 16 '국가 과학기술 혁신역량 강화')<br>- 기술경쟁력이 약한 중소기업의 R&D 및 개발기술의 실용화를 지원할 수 있는 연구장비가 턱없이 부족<br>- 다양한 기술개발 Needs를 반영한 미래지향적 기술개발을 위한 공동활용 연구장비 확충 필요<br><br>○ 상대적으로 연구인프라가 취약한 중소기업, 대학 등의 연구지원을 위해서는 신규 연구인프라를 확충하는 것 외에 기존 시험시설이 지속적으로 활용될 수 있도록 장비개선 및 추가 확충으로 실험분야를 다양화할 필요<br>* 2단계 실험시설 기획('11.6) 결과, 신규 실험시설 구축과 별도로 기존 1단계 실험시설에 필요한 장비만 추가하거나 개선하면 수용 가능한 실험수요가 높게 도출됨<br><br>○ 다양한 공공·공익적 기술개발 지원과 사회적 이슈 해결을 위해서는 정부주도의 연구인프라 확충이 필요하며 건설기술의 실용화 촉진을 위한 관련 인프라의 공동활용 촉진 필요<br>- 연구장비 공동활용 제고하기 위해서는 시간경과 및 수요자들의 요구성능 상향에 대응한 장비의 성능개선 필수<br>- 최근 시설물 대형화 및 첨단화에 따른 실규모 부재·장치에 대한 검증실험 수요가 증가하고 있으나 국내의 고성능 장비 미흡으로 해외에서의 실험 사례 증가<br>- 내구연한이 도래하거나 현재 기술수준에 미치지 못하는 장비에 대한 조속한 교체 및 성능업그레이드가 지연될 경우, 국내 신기술·신제품들의 해외 실험이 불가피하고 이로 인해 외화 및 기술유출이 우려됨<br><br>○ 건설연구인프라 1단계 실험시설 구축(6종, '09년) 이후, 시설물 등이 초대형화·첨단화됨에 따라 성능검증 요구가 높아지고 있으나 기 구축된 연구시설·장비의 용량 및 성능이 부족하여 대규모 국가 예산이 투입된 연구시설의 활용도 저하 우려<br>- 허리케인 풍속 조건(120mph급)의 재현이 가능하며, 이를 활용하여 소형풍력발전기 출력 성능실험, 건물 외장재 및 창호 파괴 실험, 교통안내 표지판 안정성 평가 실험 등 다양한 산업 시설물의 대한 안정성 평가 |

| | |
|---|---|
| | - 무공해 신재생 에너지 개발에 대한 이슈가 증가하고 있으나 풍력에너지 및 바람-파도-조류의 복합 해양에너지 개발을 위한 실증 실험시설·장비 필요<br>- 강우, 홍수 등에 의한 사면 및 제방 안정성, 산사태, 토석류와 같이 최근 이슈가 되는 재해 예방에 대한 실험적 검증을 위해서는 지반의 활동영역이 긴 현상을 실험할 수 있는 원심모형 시험기 필요<br>- 6자유도의 변위성분을 갖는 실물 모형 구조물(교량, 건축물 등)의 거동을 컴퓨터 시뮬레이션과 실시간으로 연동하여 평가<br>- 토목·건축구조물 및 원전관련 구조물과 시설물, 그리고 대형시설물에 대한 지진시 거동 및 동적거동 평가 |
| □ 기술동향 | ○ 범부처 차원으로 연구시설·장비 총괄기구(국가연구시설장비진흥센터, NFEC)를 설립하여 연구장비의 도입, 운영관리 및 체계적 지원을 추진 중이나 연구장비 공동활용은 부족한 실정<br>- 「과학기술기본법」, 「기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률」,「협동연구개발촉진법」, 「건설기술관리법」 등에 따라 부처별 연구인프라 강화 및 공동활용 촉진 시행<br>* 범정부 차원의 국가연구장비 현장 전수조사 결과, 등록된 8만 5천여점의 연구장비 공동활용허용율은 54.6% 수준<br>* 기초기술연구회의 경우, 산하 10개 출연연에 대한 연구장비 실태조사를 통해 노후장비(21.6%) 파악과 '15~'16년 필요한 노후장비 교체비용을 532억원으로 추산("첨단연구개발과 연구장비 인프라 구축 효율화" 정책토론회, 국회, '13.12.3)<br>- 국토교통분야 기술이 다양화되고 개발 제품도 고용량화 됨에 따라 대형연구시설인프라의 신규 구축뿐만 아니라, 기존 인프라를 활용한 장비 단위의 고도화를 통해 기업의 투자가 어려운 분야에 대한 정부의 적극적 지원이 필요<br><br>○ 풍력에너지 개발 시스템 현황<br>- (국외) 멀티 팬 배치를 통한 허리케인 모사 풍동실험시설등이 Florida International University에서 최근 2012년 8월에 건설이 완료되어 다양한 연구가 진행 중에 있으며, 최대 풍속 160mph의 허리케인 category 5 등급의 풍속 모사가 가능함.<br>* Wall of wind generator(America Florida International University, (12 electric fans) 허리케인 5등급 모사가 가능, Open return, subsonic wind tunnel facility<br>- (국내) 풍력발전단지 배치를 위한 장비는 구축된 사례가 없으며, Wall of Wind의 경우 단일 팬으로 구성된 건물 커튼월 풍 |

력 실험 시설이 몇 곳에 있으나 풍력발전기 실험을 수행하기에는 풍동의 크기 제약을 많이 받음

* 한국건설생활환경시험연구원은 단일팬으로 구성된 건물 커튼월 풍력 실험시설(최대풍속 35m/s) 보유

○ 지반-구조물 실험 강성토조 현황

- 국내 토조관련 시설들은 대부분 특정 지반구조물에 대한 모형 시험이 가능하도록 일정한 크기의 토조와 이에 맞는 재하장치를 갖추고 있어, 연구자들의 필요 용도에 따른 다양한 형태와 크기의 지반구조물 모형에 대한 실험을 수행하기에는 상당한 어려움이 있음
- (국외) 일본과 미국의 경우, 대용량 토조 구비

* 타케나카건설(주)(일본)(깊이 8m, 2.5(W)x2.5(D)m, 수평가력 30~120tonf, 수직 30tonfx2EA), University of Illinois(미국)(깊이 3m, 4.8(W)x4.2(D)m, 가변형토조, 강사장치 10ton 용량)

- (국내) 일부 강성토조 및 연성토조를 보유하고는 있으나, 강성토조는 크기가 상대적으로 매우 작음

* 한국건설기술연구원(강성토조: 1.4(L)x1.0(W)x2.0(H)m, 수직하중 40tonf, 인발하중 10tonf), 부산대학교 지진방재센터(SESTEC)(조립식 연성토조: container mass : 960 ㎏, size: 1.9(W)×1.1(D)×1.8(H)m)

○ 드럼형 센트리퓨지 현황

- 국내에 있는 빔(Beam) 형식의 원심모형시험기에서는 토조 크기가 제한적이므로 강우, 홍수 등에 의해 발생하는 사면 및 제방 안정성, 토석류(debris-flow) 등과 같이 활동 영역이 긴 현상을 모형실험으로 수행하기 어려움. 빔 형식 원심모형시험기의 적용 가능 중력장의 한계(100g)로 인하여 장기간 거동이 핵심적인 지반문제에 대한 적용성에 한계가 있음
- (국외) 드럼센트리퓨지의 규격 및 성능, 사양은 최고수준을 단편적으로 구분하기는 어려우나, 16×106m3 용량 이상의 대규모 지반을 구현(Length 1445m, Width 130m, Depth 85m)하고 200g 이상의 높은 중력장을 구현하는 수준

* University of Western Australia - Centre for Offshore Foundation Systems (Australia, 1.2m, 400g, 120g·tom), Swiss Federal Institute of Technology Zurich (Swiss, 1.2m, 440g, 880g·ton ), Alberto Luiz Coimbra Institute-Graduate School and Research in Engineering (COPPE)(Brazil, 1.0m, 450g, 90g·ton), Schofield Centre, University of Cambridge(UK, 0.74m, 471g) 등 다수

- (국내) 국내에는 보유하고 있는 해당 연구장비 없음. 빔형 원심

모형기는 현재 몇 개 기관에서 운영 중임.

○ 다자유도 고성능 Actuator 시스템 현황

- (국외) 실제 크기의 대형 구조물에 다양한 방법으로 고성능 Actuator를 설치하여 구조물의 실제 6자유도 거동을 파악할 수 있는 방법을 축적하고 있으며 구조물의 실제 거동을 규명하는데 매우 다양하게 활용하고 있음

  * University of Minnesota(America, MAST: Multi-Axial Subassemblage Testing System)(6DOFs, V. Force: 5,900kN V. Disp.: 508mm, L. Force: 3,90kN, L. Disp: 406mm, Subassemblage size: 6.1(W)x6.1(L)x8.7(H)m, Dynamic: 12EA, 190gpm)

- (국내) 현재 건설분야의 대용량 Actuator는 대부분 개별 제어만 가능할 뿐, 6자유도에 대한 동시제어가 안됨.

  * RIST강구조연구소 (total 570gpm, I형 RC벽, Dynamic: 4EA, Static: 6EA), 한국건설기술연구원 (total 360gpm, I형 RC벽, Dynamic: 8EA, Static: 2EA), 한국기계연구원 (total 600gpm, I형 RC벽, Dynamic: 15EA, Static: 3EA), 현대건설기술연구소 (total 570gpm, L형 RC벽, Dynamic: 6EA, Static: 4EA) 등 건설분야 연구소에서 보유하고 있는 Actuator들은 수량은 많으나 개별 제어로 다자유도 동시제어가 안됨.

  * 볼보건설기계(6DOFs Vertical Excitation System, 220kN, 0.01~50Hz), 전북자동차기술원(6DOFs Multi-Axial Simulation System, 20kN, Table size: 2.5x2.0m, V. velocity: 1.5m/s, L. velocity: 1.2m/s) 등 주로 자동차 분야에서 소형 보유

○ 대용량 진동대 시스템 현황

- (국외) 일본의 E-Defense가 적재면적 300m2으로 최대 규모이고, 미국 UCSD의 LHPOSPT사 적재하중 2,000ton으로 최대 용량을 가짐

  * SUNY Bufalo (America, 최대 적재면적 16.8m2(비확장)/108m2(확장), 적재하중 50ton (비확장)/100ton(확장), 6DOFs, 실대형 구조물에 대한 내진성능 가능), University of Nevada at Reno(America, 19.3m2, 45ton, 2DOFs), University of California, Berkeley(America, 37.2m2), University of California, San Diego(America, 92.7m2)급 대용량 장비를 보유하여 구조물 내진실험 수행

- (국내) 진동대의 적재하중 및 적재면적이 비교적 소형장비가 주를 이루며, 적재면적 16.8m2 및 적재하중은 30ton 규모가 최대임

  * 한국기계연구원(적재면적 16m2, 최대 적재하중 30ton, 6자유도, 기계시스템 및 핵심 기계요소의 내진성능 평가), 한국철도기술연구원(적재면적 16.8m2, 30ton, 6자유도, 최대 가속 ±0.8~1.7g, Frequency Range 0.1~60Hz), 현대건설기술개발원(4m2, 5ton, 2자유도, 토목 건축구조물의 내진성능 및 핵심 구조요소의 내진성능 평가)등 보유

| 3. 연구개발내용 | |
|---|---|

○ 고도화 대상장비 조사, 분석 및 사양서(성능, 규모 등) 작성

○ 장비선정위원회 구성 및 구축 대상장비 선정

○ 장비구축 총괄 관리
- 장비업체 선정 및 장비도입(지정센터에 구축)
- 장비구축 관리 및 모니터링
- 시험운영 및 검증
- 장비구축 완료 보고

○ 구축장비 운영계획 및 공동활용 지침 마련

**< 장비별 최소요구성능 >**

① 허리케인 3등급(풍속 120mph) 풍력에너지 개발 바람발생 시스템 (지정센터 : KOCED 대형풍동실험센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 바람발생 시스템 | 풍동 시험부 | • 경계층 풍동 (해상 풍속 프로파일 모사)<br>• 충분한 유로 길이 확보 및 시험부 크기 (폭 12m, 길이 40m, 대규모 풍력발전 단지 모사를 위한 큰 규모 필요)<br>• 대규모 턴테이블(풍향 모사) |
| | 신재생에너지 실험시설 (Wall of wind generator) | • 3×3 배열로 이루어진 Fan & Motor<br>• Category 4 Hurricane condition 재현 가능<br>• 극한 풍하중(태풍, 허리케인 등)상태 재현 가능<br>• 경계층 생성을 위한 부대 시설 필요 |

② 대형 지반-구조물 실험을 위한 100m3급 가변형 강성토조 (지정센터 : KOCED 첨단건설재료실험센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 토조 | 이동식벽체 | • 1m x 0.5m x 1m<br>• 반력벽에 롤러 고정<br>• 고정된 반력벽의 수평 방향으로 이동하며 토조 크기 변화 가능 |
| | 조립식벽체 | • 0.25m x 1m(최소)<br>• 4m x 7m(최대)<br>• 최소 규모의 벽체를 볼트 접합하여 다양한 규모의 벽체 조립 가능 |
| 시료 조성장치 | 자동 강사 장치 및 다짐 장비 | • 토조 상부 크레인을 통해 수평 이동 가능<br>• 개폐율 및 강사고를 조정하여 35~80% 사이로 상대 다짐도 조정<br>• 더 조밀한 다짐을 원하는 경우 인력 및 소형 다짐 장비 사용 가능 |

③ 국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지 (지정센터 : KOCED 지오센트리퓨지실험센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 드럼형 센트리퓨지 | 규모와 성능 | • 16×106 m3 용량 이상의 대규모 지반을 구현 (Length 1445m, Width 130m, Depth 85m)<br>• 200g 이상의 높은 중력장 구현 |
| | Twin Concentric Shaft technology (TCS) | • 원심모형시험기의 토조 회전 중 계측 및 관입장치 교체<br>• Main centrifuge drive shaft 와 second central shaft 의 분리 |
| | 다채널 DAQ | • 32ch 400G Drum Tool Table |

④ 6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템
(지정센터 : KOCED 하이브리드구조실험센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 고성능 Actuator | 100kN Dynamic Actuator (2ea) | • Fatigue rated force capacity : ±100 kN |
| | 250kN Dynamic Actuator (2ea) | • Fatigue rated force capacity : ±250 kN |
| | 500kN Dynamic Actuator (2ea) | • Fatigue rated force capacity : ±500 kN |
| | 1,000kN Dynamic Actuator (2ea) | • Fatigue rated force capacity : ±1,000 kN |

⑤ 적재하중 100톤과 적재면적 140m2의 대용량·대형 진동대 시스템
(지정센터 : KOCED 지진방재연구센터)

| 구 분 | 항 목 | 최소요구성능 |
|---|---|---|
| 대용량 진동대 | 실험체 적용가능 면적 및 용량 | • 20m×7m, 100ton<br>• 세계 4위권의 지진모사실험장비 |
| | 확장플레이트 | • 20m×7m<br>• 시험시 작용하는 하중에 견딜 수 있는 플레이트<br>• 조립설치가 가능한 형식 |
| | 진동대 A 성능향상 | • 성능이 동일한 2기의 진동대 요구<br>• 진동대 B와 동일한 성능으로 향상 (Actuator upgrade) |
| | 통합 Controller | • 통합된 진동대를 위한 controller 별도 요구 |
| | 확장플레이트 보관시설 | • 확장플레이트 보관 공간 확보<br>• 외부환경으로부터 확장플레이트 보호<br>• 확장플레이트의 이동의 용이성(Crane) |

## 4. 연구개발 추진방법

□ **추진전략**

○ 장비고도화에 대한 연차별 목표를 수립하고, 추진전략 및 구축계획 수립

○ 지정센터의 기존 설비 및 장비를 최대한 활용할 수 있도록 장비 선정, 도입 및 구축계획 수립

- 새로운 실험 수요의 창출 및 기존 실험시설의 특성화

| | |
|---|---|
| | ○ 폭넓은 전문가 의견을 수렴하여 체계적인 구축관리 및 운영계획 수립<br>- 각계 전문가로 구성된 장비선정위원회 구성 및 운영<br>- 실험장비 구축, 관리, 활용성 제고를 위한 다양한 전문가 의견 수렴<br>- 실험장비 선정, 구매, 설치 등 단계별 관리 계획 수립<br><br>○ 정부 및 전문기관과의 유기적 협조체제 구축<br>- 국토해양부 해당 부서 및 전문기관과의 정기적인 업무협의<br>- 대상장비 구축 지정센터 및 소속기관과의 협조체제 구축<br>- 필요시 실험장비를 직접 활용하는 기술수요처(기업체, 국공립연구소, 대학 등) 의견을 수렴하여 연구개발에 반영<br><br>○ 고도화 장비의 공동활용 방안 수립 |
| □ 추진체계 | ○ 공정하고 투명한 선정 평가에 의한 최적의 연구장비(납품업체) 선정<br>- 정부, 학계, 업계, 연구소 등의 전문가 등이 참여한 장비선정위원회(가칭)를 구성하여 투명하고 공정한 절차에 의해 선정<br>- 각계 전문가 의견을 수렴한 실험시설·장비 구축 계획 수립<br><br>○ 공동활용 및 실천적 운영방안 수립<br>- 연구시설이 유치기관의 전유물이 되지 않도록 공동활용 방안을 마련하고 운영정책을 수립<br>- 중·장기적으로 실험시설을 중심으로 한 관련 연구기관, 기업, 연구자 등이 공동으로 활용할 수 있는 기반 및 환경 조성<br>- 1단계 실험시설과의 연계 활용방안 수립<br><br>○ 국토교통 연구시설·장비 인프라로 최대한 활용<br>- 기존시설의 활용을 극대화 할 수 있는 방향으로 추진<br>- 건설기술발전의 국가적 목표를 달성하기 위해서 정부, 대학, 산업계 등은 물론 국가의 타분야 사업과도 활발한 연계 추진 |
| 5. 최종성과물 | |
| □ 주요 최종성과물 | ○ 국토교통 실험시설·장비 2차(5종) 고도화 구축보고서<br>- 연구장비 구축 및 시험운영 결과 포함<br>- 장비 고도화에 따른 활용도 분석 및 공동활용 계획 수립<br>※ 다년도(2년) 협약에 의한 최종 구축보고서 제출 |

## 6. 활용방안 및 기대효과

○ 다양한 실험시설 요구에 대해 장비 단위의 성능고도화를 통한 기술개발 트랜드 반영

○ 실험시설 구축시 약 4~5년이 소요되는 반면, 장비단위 구축은 기존 시설에 장비만 도입하면 곧바로 실험이 가능하여 단기 실험수요에 대한 즉각적 대응이 가능

○ 연구인프라 구축이 어려운 중소기업 및 대학에 대한 공동활용을 통한 실험지원으로 국토교통 연구인프라의 공동활용률 제고

○ 새로운 실험수요 대응은 물론, 해외실험 수주에 의한 외화수입 효과와 첨단 연구장비 확보로 국내 기술력 증진 기대

○ 세계적 수준의 최첨단의 고성능 실험장비를 확보함으로써 국제 공동연구 등을 통해 해외의 선진기술 도입은 물론 동남아시아 등 개발도상국에 대한 기술 선도와 부가가치가 높은 기술의 수출에 기여

○ 고용량, 최첨단 실험장비 확보를 통해 SOC시설물에 대한 내진보강 및 제진관련 제품들에 대한 기술개발 및 검인증 가능

○ R&D 기술개발 성과에 대한 효과적인 검증이 가능하며, 관련분야 신기술 및 신제품 개발 촉진으로 기술력 향상 기대

○ 초고층, 원자력 발전소의 발전설비 등에 대한 종합적 내진 안전성평가 가능하여, 내진성능검증을 위한 국가시험표준 개발 및 정책적 지원 등이 가능

○ 첨단 연구장비를 활용한 재해·재난에 대한 시설물의 안전성 확보 및 사회적 이슈 해결을 통해 안전한 사회 실현

○ 대용량 진동대 개선을 통해 구조물의 상사비에 따른 문제를 해결하여 내진 안전성실험에 대한 신뢰도와 적용성 대폭 향상

○ 강우, 홍수 등과 관련한 사면 및 제방의 안정성 검토 및 토석류 등과 같이 활동 영역이 긴 현상에 대한 원심모형실험 가능

○ 풍력에너지개발 장치 등의 성능 검인증을 통해 관련 산업의 조기 활성화, 해외시장 진출 및 선점을 통한 국가 경제성장 견인

○ 지반과 구조물의 상호작용을 실물 실험으로 규명 가능

## 7. 연구개발기간 및 소요예산

○ 총 연구개발기간 : 2016.09. ~ 2018.08. (2년)

※ 본 과제는 연구장비인프라 구축과제로 다년도 협약을 체결하고, 연구비는 연차별로 지급함

○ 총 정부출연금 : 13,630백만원 이내

- 1차년도 정부출연금 : 8,000백만원 이내

(단위: 억원)

| 구분 | '16 | '17 | 계 |
|---|---|---|---|
| 정부출연금 | 80 | 56.3 | 136.3 |

※ 연구개발기간 및 정부출연금은 향후 선정평가 결과 또는 정부예산사정 등에 따라 조정될 수 있음

※ 연구비에 대한 구체적 산정내역을 제시해야 하며, 예산산정 근거가 불명확하거나 타당성이 부족할 경우 축소 조정 가능

## 8. 기 타

○ 본 공모과제의 보안등급은 "일반과제"임

○ 본 과제를 통해 구축된 연구장비는 향후 개정되는 "분산공유형 건설연구인프라구축사업 운영지침"에 따라 공동운영 되어야 함

- 고도화 장비는 기존 1단계 실험시설에 지정 구축하되, 한시적으로 국토교통 대형실험인프라 전담관리기관인 건설연구인프라운영원과 공동으로 소유하며 향후 개정되는 운영지침에 따라야 함

○ 국내외 타 실험시설·장비와의 차별성 및 연계·활용방안을 검토하여 제시할 것

○ 기타 대상장비별 주요 성능 및 사양 등은 붙임의 '국토교통 실험시설·장비 1차 고도화' 구축계획보고서 참조