

보안과제(), 일반과제(O) / 공개(O), 비공개()

국토교통기술촉진연구사업 최종보고서

R&D / 16CTAP-C088286-03

건설연구인프라 1단계 실험시설 성능개선

2018. 3. 19

주관연구기관 / 국토교통연구인프라운영원

국 토 교 통 부
국토교통과학기술진흥원

제 출 문

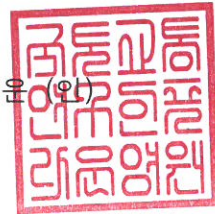
국토교통과학기술진흥원장 귀하

‘건설연구인프라 1단계 실험시설 성능개선’(연구개발 기간 : 2014. 11. ~ 2017. 09.) 과제의
최종보고서 15부를 제출합니다.

2018. 03. 19

주관연구기관명 : 국토교통연구인프라운영원

유해운 (인)



주관연구기관책임자: 김철영

국토교통부소관 연구개발사업 운영규정 제38조에 따라 최종보고서 열람에
동의합니다.

보고서 요약서

과제 고유 번호	16CTAP-C0882 86	해당 단계 연구 기간	2016.05.27.~ 2017.09.26	단계구분	(해당단계)3/ (총단계)3
연구사업명	중사업명	국토교통기술촉진연구사업			
	세부사업명	-			
연구과제명	대과제명	건설연구인프라 1단계 실험시설 성능개선			
	세부과제명	-			
연구책임자	김철영	해당단계 참여 연구원 수	총: 11명 내부: 명 외부: 명	해당단계 연구개발비	정부: 3,315,000천원 기업: 천원 정부 외: 천원 계: 3,315,000천원
		총 연구기간 참여 연구원 수	총: 15명 내부: 명 외부: 명	총 연구개발비	정부: 11,486,00천원 기업: 천원 정부 외: 212,000천원 계: 11,698,000천원
연구기관명 및 소속 부서명	국토교통연구인프라운영원/건설기술연구 실			참여기업명	
국제공동연구	상대국명:			상대국 연구기관명:	
위탁연구	연구기관명:			연구책임자:	
□ 3종 실험장비 구축 및 공동활용 방안 수립				보고서 면수	
○ 실험장비 도입, 구축, 시험운영 및 준공 등 전 과정에 대한 구체적인 구축 및 관리계획 수립 - 실험장비 구축 위치(배치), 장비 종류 및 사양 등 결정 - 추진일정 및 소요예산 등 확정 ○ 실험장비 구축 및 시험운영 - 실험장비 업체 선정 및 장비 도입 - 실험장비 구축(지정센터에 구축) - 시험운영을 통한 성능검증 및 보완 - 시험운영 결과를 포함한 준공보고서 작성 ○ 공동활용 방안 수립 - 기존 1단계 건설연구인프라 실험시설에 편입 및 공동 활용 방안 제시 ※ 3종 실험장비 및 목표성능 ① 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM					

- (정의) 지진에 대한 대용량 교량 받침, 면진 및 제진 장치의 성능평가를 위한 20MN급 고정형 UTM 및 동시에 수평력을 반복적으로 재하할 수 있는 3MN급 초고속 Actuator
- (주요 목표성능)
 - 수직하중 재하용 대용량 UTM: 20MN(static), 12MN(dynamic), 750mm(stroke) 80mm/s(velocity), Testing dimension (1.0mx3.0mx7.0m(BxLxH))
 - 수평하중 재하용 고속 Actuator: 3MN(dynamic), 300mm/s(velocity), 750mm (stroke)
 - 기타 : controller & S/W, 유압시스템, 로딩프레임

② 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- (정의) 건축물 내외장 설비(천정과 벽체, 전기 및 전력설비, 가스 및 상하수도 배관구조 등), 건설기계 및 철도 등의 기간산업분야 비구조 요소에 대한 내진 성능 검증 및 진동내구성 실험이 가능한 10g급 6자유도 진동대
- (주요 목표성능)
 - 6자유도 고속진동대: 150GPM 이상(HPU), 2.5mx2.5m(테이블 면적), 6tonf (payload), 10g 이상(가속도, 6tonf 적재하중시 7g 수준)
 - 기타: 유압펌프 및 배관설비, controller & S/W, DAQ 등

③ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

- (정의) 해양 에너지원을 이용한 청정에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 바람, 파도, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 장치
- (주요 목표성능)
 - 3차원 평면수조
 - 바람발생장치: 10m 이상(바람 토출구 폭), 10m/s 이상(풍속, 정속성 확보) 스펙트럼별 변동풍 재현 가능
 - 흐름발생장치: 0.5m/s 이상(유속, 정류성 확보)
 - 조파기: 기존설비 활용
 - 차원 단면수조
 - 바람발생장치: 거리 30m에서 10m/s이상(풍속, 정속성 확보 및 변동풍 재현)
 - 흐름발생장치: 1m/s 이상(유속, 정류성 확보, 변동류 재현(조석효과))
 - 조파기: 기존설비 활용

〈 요약문 〉

연구의
목적 및 내용

- (목적) 국토교통분야 R&D 연구역량 강화와 다양한 실험 수요 대응을 위해 실험장비 3종을 구축하고 활용도 제고 방안을 수립

- (내용) 3종 실험장비 구축 및 공동활용 방안 수립
 - 실험장비 도입, 구축, 시험운영 및 준공 등 전 과정에 대한 구체적인 구축 및 관리계획 수립
 - 실험장비 구축 위치(배치), 장비 종류 및 사양 등 결정
 - 추진일정 및 소요예산 등 확정

 - 실험장비 구축 및 시험운영
 - 실험장비 업체 선정 및 장비 도입
 - 실험장비 구축(지정센터에 구축)
 - 시험운영을 통한 성능검증 및 보완
 - 시험운영 결과를 포함한 준공보고서 작성

 - 공동활용 방안 수립
 - 기존 1단계 건설연구인프라 실험시설에 편입 및 공동활용 방안 제시

- ※ 3종 실험장비 및 목표성능
 - ① 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM
 - (정의) 지진에 대한 대용량 교량 받침, 면진 및 제진장치의 성능평가를 위한 20MN급 고정형 UTM 및 동시에 수평력을 반복적으로 재하할 수 있는 3MN급 초고속 Actuator
 - (주요 목표성능)
 - 수직하중 재하용 대용량 UTM: 20MN(static), 12MN(dynamic), 750mm (stroke) 80mm/s(velocity), Testing dimension(1.0mx3.0mx7.0m(BxLxH))
 - 수평하중 재하용 고속 Actuator: 3MN(dynamic), 300mm/s(velocity), 750mm (stroke)
 - 기타 : controller & S/W, 유압시스템, 로딩프레임

 - ② 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대
 - (정의) 건축물 내외장 설비(천정과 벽체, 전기 및 전력설비, 가스 및 상하수도 배관구조 등), 건설기계 및 철도 등의 기간산업분야 비구조 요소에 대한 내진성능 검증 및 진동내구성 실험이 가능한 10g급 6자유도 진동대
 - (주요 목표성능)
 - 6자유도 고속진동대: 150GPM 이상(HPU), 2.5mx2.5m(테이블 면적), 6tonf (payload), 10g 이상(가속도, 6tonf 적재하중시 7g 수준)
 - 기타: 유압펌프 및 배관설비, controller & S/W, DAQ 등

 - ③ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치
 - (정의) 해양 에너지를 이용한 청정에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 바람, 파도, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 장치
 - (주요 목표성능)

	• 3차원 평면수조 - 바람발생장치: 10m 이상(바람 토출구 폭), 10m/s 이상(풍속, 정속성 확보) 스펙트럼별 변동풍 재현 가능 - 흐름발생장치: 0.5m/s 이상(유속, 정류성 확보) - 조파기: 기존설비 활용 • 차원 단면수조 - 바람발생장치: 거리 30m에서 10m/s이상(풍속, 정속성 확보 및 변동풍 재현) - 흐름발생장치: 1m/s 이상(유속, 정류성 확보, 변동류 재현(조석효과)) - 조파기: 기존설비 활용				
연구개발성과	☐ 실험장비(3종) 구축관리 및 공동활용 방안 수립 ☐ 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템 구축 ☐ 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대 구축 ☐ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치 구축				
연구개발성과의 활용계획 (기대효과)	☐ 활용계획 ○ 실험장비 단위의 성능 고도화를 통해 다양한 실험수요에 대한 적기 대응 및 최신 기술 트렌드 반영 가능 ○ 공동활용을 통해 연구인프라 구축이 어려운 중소·중견기업, 대학 등에 대해 기술개발 지원 ○ 고용량, 최첨단 실험장비 확보를 통해 SOC 시설물의 내진보강 및 제진 관련 제품들에 대한 기술개발 지원 및 검인증에 활용 ○ 초고층 구조물, 원자력 발전소의 발전설비 등에 대한 종합적 내진 안전성 평가 가능하여, 내진성능 검증을 위한 국가시험 표준 개발 및 정책적 지원 가능 ○ 다양한 해상환경(풍력, 파력, 조력)에 대한 신재생에너지 분야 기술개발에 활용 ☐ 기대효과 ○ 기존 국내에 없었던 첨단 연구장비 구축으로, 다양한 R&D 검증실험, 실용화 및 건설신기술 개발 지원이 가능하여 관련 분야 기술경쟁력 제고에 기여 ○ 성능검증 및 관련분야 시험기술의 체계적 구축 및 실험품질 확보를 통해 건설교통분야의 다양한 시험평가 기술을 확립하고 국제적 기술선도 가능 ○ 세계적 수준의 최첨단 고성능 실험장비를 확보함으로써, 국제공동연구 등을 통한 해외 선진기술 도입은 물론 동남아시아 등 개발도상국에 대한 기술 선도와 고부가가치 기술 수출에 기여 ○ 국내 첨단실험시설 부족으로 기존에 해외에서 수행되던 중요 실험들을 국내로 유치함으로써, 국가적으로 중요한 기술과 외화의 해외유출 방지 ○ 공동활용 이용 효율성을 증대를 통한 국가 연구시설·장비의 중복 투자 방지 ○ 첨단 국가실험인프라 성능개선을 통한 학문적·기술적 성과 향상 및 R&D 결과의 실용화 증대로 정부예산의 투자 효율성 제고와 경제적 가치 창출 ○ 신규 실험시설 구축 대신 기존 실험시설을 최대한 활용한 실험장비 단위의 고도화를 통해, 국가예산 절감에 기여 ○ 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야의 기술(제품)에 대해 국제기준의 내진 성능 평가가 가능하여, 미국, 중동 등 강진지역에 진출 활성화 기여 ○ 해상 풍력발전 등 해양 에너지 관련 산업의 발전 견인				
핵심어 (5개 이내)	건설연구인프라	실험장비	만능시험기	진동대	바람-흐름 발생장치

< SUMMARY >

Purpose & Contents	□ (Purpose) Construct 3 types of testing equipments, and establish plans for availability provision to respond to diverse experiment demands and strengthen land and transport R&D research capacity □ (Contents) Construct 3 types of testing equipments ○ Establish a specific plan for construction and management for the entire process of introducing testing equipment, construction, test operation, and completion, etc – Decide the designation(arrangement), type, specifications, etc of testing equipment – Determine promotion program and necessary budget ○ Test operate and construct testing equipment – Select testing equipment enterprise, and introduce equipment – Establish testing equipment(establish at designated center) – Verify performance and supplement through test operation – Type a completed report including the result of testing operation ○ Establish Shared-use plan – Suggest plans for incorporating to the existing 1st phase construction R&D Infrastructure testing facility and shared-use ※ 3 types of testing equipment and performance objective ① Integral bulk UTM of class 20MN capable of simultaneous rapid horizontal load – (Definition) A fixed type UTM of class 20MN for bulk bridge bearing, seismic isolation, and performance evaluation on vibration control system for an earthquake, and superspeed actuator of class 3MN that can load horizontal force repeatedly – (Major performance objective) • Bulk UTM for vertical load loading: 20MN(static), 12MN(dynamic), 750mm(stroke) 80mm/s(velocity), Testing dimension(1.0mx3.0mx7.0m(BxLxH)) • High speed actuator for horizontal load loading: 3MN(dynamic), 300mm/s(velocity), 750mm (stroke) • Others: controller & S/W, hydraulic system, loading frame ② 6 Degrees of Freedom(DOF) shaking table of 10g for testing nonstructural components to meet international standards – (Definition) 6 Degrees of Freedom(DOF) shaking table of 10g capable of seismic performance verification and vibration durability testing on nonstructural components in the key industry, such as finished and equipped facilities of a building(ceiling and wall, electricity and power facilities, gas, pipe structure of water supply and drainage, and etc), construction machinery, railroad, and etc – (Major performance objective)
-----------------------	---

	• 6 Degrees of Freedom(DOF) high speed shaking table: Over 150GPM(HPU), 2.5mx2.5m(table surface, 6ton(payload), over 10g(acceleration, 7g when 6ton of loading capacity) • Others: hydraulic pump and plumbing system, controller & S/W, DAQ etc ③ Wind and current generator for wind-wave-current combined occurrence – (Definition) Equipment testing the structure by generating wind, wave, current similar to real marine environment to achieve and develop clean energy, and design stable structure by applying marine energy source – (Major performance objective) • Three-dimensional flat water tank – Wind generator: Capable of reenacting fluctuating wind based on its spectrum of over 10m(width of wind outlet), over 10m/s(secure of wind velocity, fixed wind) – Current generator: over 0.5m/s(Secure velocity of flow, rectification of electricity) – Wave generator: Occupy existing equipment • Dimensional section of water storage container – Wind generator: Over 10m/s at the distance of 30m(reenacting wind velocity, and fluctuating wind speed) – Current generator: Over 1m/s – Wave generator: Utilize existing equipment
Results	☐ Manage construction of testing equipment(3 types), and establish plans for shared-use ☐ Construct integral bulk UTM of class 20MN capable of simultaneous rapid horizontal load ☐ Construct 6 Degrees of Freedom(DOF) shaking table of 10g for testing nonstructural components to meet international standards ☐ Construct Wind and current generator for wind-wave-current combined occurrence
Expected Contribution	☐ Application plan ○ Capable of responding at the right time to diverse testing demands and applying the latest technical trend through advancing the performances by testing equipment unit ○ Support technical development of small and medium-sized businesses, high potential enterprises, universities that have a difficulty constructing research infrastructure through shared-use ○ Apply on supporting technical development and approval of seismic reinforcement and vibration related products of SOC facility through securing high-capacity, high-tech testing equipments ○ Capable of developing the standard of national examination and policy support for seismic performance evaluation, since total seismic safety evaluation is possible on high-rise structure, generating equipment of nuclear power plant

	○ Apply on technical development in the field of new regeneration energy in respect of diverse marine environments(wind power, wave power, tidal power) □ Expected Contribution ◦ Contribute to enhancing technology competitiveness in the related field, due to the capability of diverse R&D verification experiments, commercialization, new construction technology developing support by building advanced research equipment that did not exist in the nation, ◦ Capable of leading international technology, and establish diverse test and evaluation technique in the field of construction and transport by securing quality assessment and building systemic performance verification and testing technique of related field ◦ Contribute to introducing foreign advanced technique, leading technology in developing countries, and exporting high value added technology by securing highly advanced performance testing equipment at an international level through international joint research ◦ Prevent the outflow of domestic capital and crucial technique by attracting important experiments, which were operated overseas due to the lack of domestic advanced testing facilities, into the country ◦ Prevent overlapped investment of nation's testing facility and equipment through enhancing efficiency of shared-use ◦ Produce economic value and enhance investment efficiency of the government's budget by advancing academic and technical performance through improving performance of advanced national testing infrastructure, and enhancing commercialization of R&D ◦ Contribute to reducing national budget, by advancing the testing equipments through maximizing the use of existing testing facilities instead of constructing new testing facilities ◦ Contribute to the revitalization of venturing into the United States, Middle East and powerful regions, due to the capability of evaluating seismic performance under the international standards on construction, machinery, nuclear power, and other fields of technology(product) ◦ Lead development of offshore wind power, and etc that are related to the ocean energy industry				
Keywords	Construction R&D Infrastructure	Testing Equipment	UTM	Shaking Table	Wind & Current Generator

< 목 차 >

제 1장 연구개발과제의 개요	1
1절 연구개발과제의 설명	1
2절 연구개발 목적	5
3절 연구개발의 필요성	6
4절 연구개발 범위	15
제 2장 국내외 기술 개발 현황	21
1절 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM	21
2절 국제기준 대응 비구조요소 실험용 10g급 6자유도 진동대	63
3절 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치	83
제 3장 연구수행 내용 및 성과	95
1절 추진 체계 및 수행 절차	95
2절 연차별 연구내용 및 성과	99
제 4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도	246
제 5장 연구개발성과의 활용계획	249
제 6장 연구과정에서 수집한 해외 과학기술 정보	251
제 7장 연구개발성과의 보안등급	251
제 8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황	252
제 9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적	253
제 10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적	254

제 11장 기타 사항	254
제 12장 참고 문헌	255

< Contents >

1.Overview of R&D project	1
1.1 Explanation of R&D project	1
1.2 Purpose of R&D	5
1.3 Necessity of R&D	6
1.4 Range of R&D	15
2.Current status of internal and external technology development	21
2.1 Integral bulk UTM of class 20MN capable of simultaneous rapid horizontal load	21
2.2 6 Degrees of Freedom(DOF) shaking table of 10g for testing nonstructural components to meet international standards	63
2.3 Wind and current generator for wind-wave-current combined occurrence ..	83
3. Details and outcomes of research performance	95
3.1 Promotion system and execution procedure	95
3.2 Research content by year and result	99
4. Achievement and contribution to related field	246
5. Applicable plan of R&D outcomes	249
6. Foreign science technology information collected during research	251
7. Security level of R&D outcomes	251
8. Current status of research facilities and equipment registered on the national science and technology information system	252

9. Outcome from performing safety measures in laboratories regarding R&D project safety measure	253
10. Representative research outcome from R&D project	254
11. The others	254
12. Reference	255

제1장 연구개발과제의 개요

1절 연구개발과제의 설명

1. 연구개발과제 개요

가. 건설연구인프라 구축사업 개요

- 건설교통분야의 국가 경쟁력을 확보하고, 연구개발 기반조성 및 정보 인프라를 접목하여 새로운 국가연구 환경 패러다임 조성
- 건설교통분야에 세계적 수준의 최첨단 실험시설을 전국 6개 대학에 분산 구축
- 대형 연구시설을 국가과학기술연구망으로 연결하여 연구자들이 언제 어디서나 실험에 참여하고 데이터를 공유할 수 있는 사이버인프라를 구축하여 국가 연구장비의 공동활용 선도



〈국토교통 대형실험시설 현황(1,2단계)〉

나. 본 과제 추진 배경

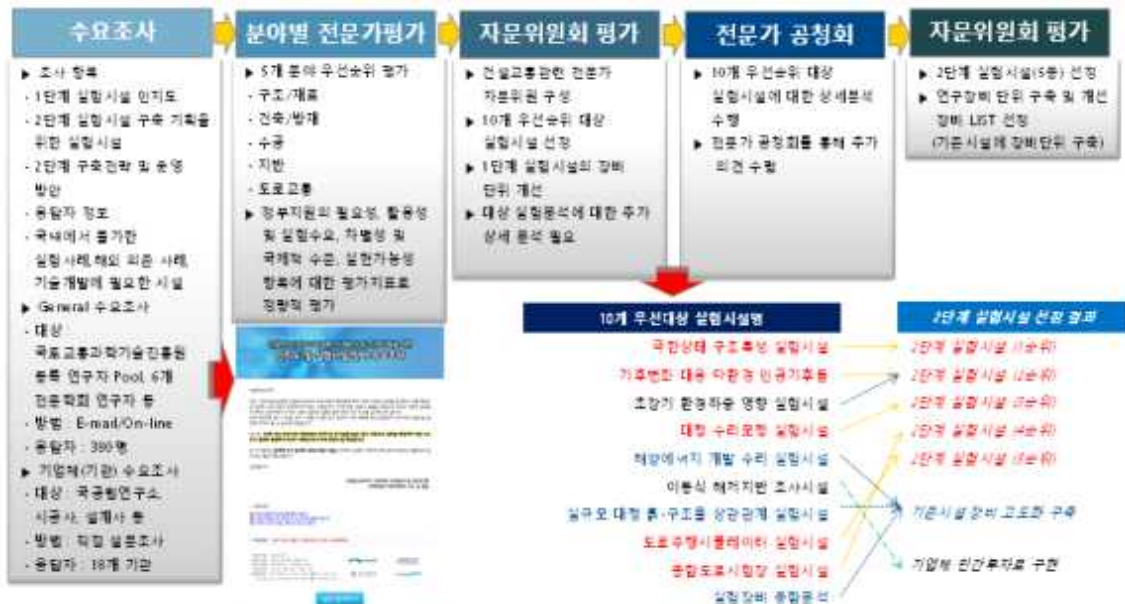
- ‘건설연구인프라 2단계 실험시설 구축 기획연구’에서 신규 실험시설 구축과 연구장비 단위의 구축 계획이 도출 됨

건설연구인프라 1단계 분석 및 2단계 기획 (‘10.12 ~ ’ 11.06)

- ‘03년 이후 연구동향 및 실험수요 변화를 고려한 2단계 기획연구 수행
- 1단계 6종 실험시설 성과 분석 및 만족도 조사 실시
- 실험시설 수요조사 및 전문가 평가
- 10개 우선대상 실험시설 중 5개 실험시설은 신규 구축
 - **2단계 실험시설 5종 확정**
- 기타 시설은 예산 절감을 위해 기존 실험시설에 연구장비 단위로 구축(고도화) 추진

[2단계 실험시설 및 장비 선정 과정]

수요조사 결과	분야별 분류	1차 평가	상세분석	2차 평가
전체응답: 428명 시설/장비: 284건 (중복 제외/ 유사 포함)	시설단위: 30종 장비단위: 47개	시설:9종 장비: 1종(12개)	10종 상세분석	신규시설: 5종 연구장비: 6개



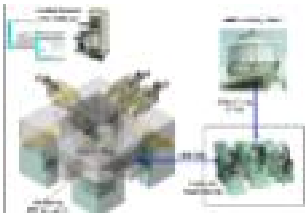
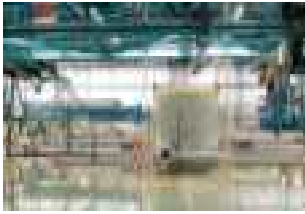
2단계 실험시설 신규구축 (5종)	기존시설 활용 연구장비 고도화 (6종)
- 극한상태 구조특성 실험시설 - 기후변화 대응 다환경 실험시설 - 대형 수리모형 실험시설 - 도로주행시뮬레이터 실험시설 - 종합도로시험장 실험시설	- 대형진동대 성능개선 - 고성능 다자유도 Actuator 시스템 - 조립식 고속 대용량 UTM - 해양에너지 개발 장치(바람발생 장치) - 구조재료 분석 시스템 - 암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치

- ‘건설연구인프라 2단계 기본설계’ 및 ‘국토교통기술실험인프라 2단계 구축관리 및 운영고도화’ 과제를 통해 최종 연구장비 구축을 위한 8종 장비가 확정됨

건설연구인프라 2단계 기본설계(’ 13.3~’ 13.8)		
- 추가 실험수요를 반영한 12종 대상 장비 제시		
구분	장비단위 구축 대상(12종)	
1	대형 진동대 성능개선	2단계 기획연구 (6종)
2	고성능 다자유도 Actuator 시스템	
3	조립식 고속 대용량 UTM	
4	해양 에너지 개발 장치(바람발생 장치)	
5	구조재료 분석 시스템	
6	암석 및 지반-구조물 상호작용 실험장치	
7	드럼형 원심모형 시험기	2단계 기본설계 (추가도출, 6종)
8	신재생에너지 실험시스템	
9	대용량 낙교방지장치 및 면진받침 실험장비	
10	고성능 진동대	
11	대형지반 구조물 실험시스템(강성토조)	
12	ISO 잔향실 시험장비	

국토교통기술실험인프라 2단계 구축관리 및 운영고도화(’ 13.8~’ 18.8)	
- 선정된 장비들은 정부 예산절감과 공동활용 효과 극대화 차원에서 기구축된 설비들을 활용할 수 있는 기 <u>1단계 실험시설에 지정하여 구축</u>	
단계	실험장비명
1차 (’14~’15)	급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM
	국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대
	바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람발생장치
2차 (’15~’17)	허리케인 3등급(풍속 120mph) 풍력에너지 개발 바람발생 시스템
	대형 지반-구조물 실험을 위한 100㎡급 가변형 강성토조
	국내 최초 600g-ton급 드럼형 센트리퓨지
	6자유도 동시가력을 위한 고성능 Actuator 시스템
	적재하중 100톤과 적재면적 140㎡의 대용량·대형 진동대 시스템
- 기존 1단계 실험시설에 대한 장비성능개선 수립 및 대상 선정 (’ 13.8~’ 14.2)	
- 정량적 평가 항목, 전문가 검토 회의를 통해 필요성, 시급성, 활용성 및 파급성을 검토하여 선정 - 타기관 및 기업체에 이미 구축되어 있어 중복성, 차별성 부족 및 수요가 낮은 연구장비는 제외 - 유사장비 통합 및 순위조정, 장비명이 너무 포괄적이므로 성능 및 용도를 반영한 장비명으로 개명	

□ 본 과제에서 3종 장비(1차)에 대한 구축 추진

건설연구인프라 1단계 실험시설 성능개선(' 14.10~' 16.10, 예정)			
- 1차 3종 장비 우선 구축 추진 (기존 1단계 실험시설에 지정 구축)			
장비명	내 용		구축센터
급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템		지진에 대한 대용량 교량 받침, 면진 및 제진장치의 성능평가를 위한 20MN급 고정형 UTM 및 동시에 수평력을 반복적으로 재하할 수 있는 3MN급 초고속 Actuator	하이브리드 구조실험 센터
국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대		건축물 내외장 설비(천정과 벽체, 전기 및 전력설비, 가스 및 상하수도 배관구조 등), 건설기계 및 철도 등의 기간산업분야 비구조 요소에 대한 내진성능 검증 및 진동내구성 실험이 가능한 10g급 6자유도 진동대	지진방재 연구센터
바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치		해양 에너지를 이용한 청정 에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 바람, 파도, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 장치	해안항만 실험센터

2절 연구개발 목적

■ 공공·공익적 기술개발 지원, 사회적 이슈 해결, 미래기술 및 다양한 연구·실험 수요 대응을 위해 미래지향적 첨단 실험장비 3종 구축 및 공동활용 방안 수립

- 건설교통 R&D사업의 효율적 추진과 기술혁신체계 구축을 위한 실험시설 인프라 기반 확충
- 첨단 연구시설·장비 확충을 통해 급변하는 첨단 국토교통 기술환경 변화에 대응하고, 산업계 니즈 해결 및 미래 국가 성장을 이끌 산업기술 개발에 능동적으로 대처
- 국가 R&D 및 기술경쟁력이 약한 중소기업의 연구개발 성과에 대한 활용확산 체계 강화를 위해 첨단 연구장비의 공동활용을 확대하여 연구개발과 실용화로 연계되는 선순환적 혁신체계 확립
- 국가 전략적 차원에서의 연구시설·장비의 중복 투자 방지 및 활용도 제고로 연구시설장비 이용 효율성 증대
- 세계적 수준의 연구장비 인프라를 공동활용 체계가 기 구축된 1단계 실험시설에 지정 구축하여 국가 연구장비로서의 활용도를 제고하여, 국토교통 R&D 성과 및 기업의 기술개발에 적극 활용



〈건설분야 공동활용 연구장비 구축 목적〉

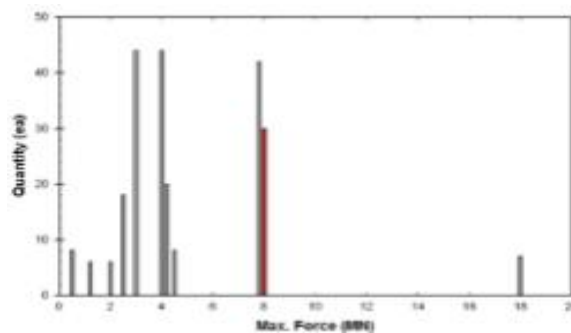
3절 연구개발의 필요성

1. 3종 장비의 대외적 필요성

- 민간 R&D 활성화를 위해 중소·중견기업 R&D에 대한 지원 강화 필요
 - R&D 투자를 위한 자본력과 기술경쟁력이 약한 국내 중소·중견기업의 R&D 및 개발기술의 실용화를 지원할 수 있는 연구장비가 턱없이 부족한 실정
 - 민간의 다양한 기술개발 Needs를 반영하여 미래지향적 기술개발을 위한 공동활용 연구인프라 확충 필요
- 상대적으로 연구인프라가 취약한 중소·중견기업, 대학 등의 연구지원을 위해서는 신규 연구인프라를 확충하는 것 외에 기존 실험시설이 지속적으로 활용될 수 있도록 장비개선 및 추가 확충으로 실험분야를 다양화 필요
 - '건설연구인프라 구축과제 1단계 분석 및 2단계 기획' ('11.6.) 결과, 신규 실험시설 구축과 별도로 기존 1단계 실험시설에 일부 필요한 장비만 추가하거나 개선하면 수용 가능한 실험수요가 높게 도출됨
- 다양한 공공공익적 기술개발 지원과 사회적 이슈 해결을 위해서는 정부주도의 연구인프라 확충이 필요하며, 건설기술의 실용화 촉진을 위해 관련 연구인프라의 공동활용 촉진 필요
 - 기 구축되어 있는 연구인프라의 지속적인 공동활용성 제고를 위해서는 시간 경과를 고려하여 수요자들의 요구성능 상향에 대응 가능한 실험장비의 성능개선 필수
 - 최근 SOC 시설물의 대형화 및 첨단화에 따른 실규모 부재·장치에 대한 검증실험 수요가 증가하고 있으나, 국내에 구축되어 있는 고성능 장비 미흡으로 해외에서의 실험 사례 또한 증가
 - 내구연한이 도래하거나 현재 기술수준에 미치지 못하는 장비에 대한 조속한 교체 및 성능 업그레이드가 지연될 경우, 국내 신기술·신제품 개발시 해외에서의 실험이 불가피하고 이로 인해 외화 및 기술 유출이 우려됨
- 건설연구인프라 1단계 실험시설 구축(6종, '09.) 이후 SOC 시설물 등이 대형화·첨단화됨에 따라 성능검증 요구가 높아지고 있으나, 기 구축된 실험시설·장비의 용량 및 성능이 부족하여 대규모 국가 예산이 투입된 실험시설의 중장기적 활용도 저하 우려
 - 최근 지진발생 강도가 커지고 있어 SOC 시설물의 내진등급 상향에 따른 교량받침, 내진·면진 장치의 고용량화로 이들 제품에 대한 실증 성능평가를 위한 장비 필요
 - 국가 기간시설에 대한 내진성능 검증 요구뿐만 아니라 중전기기, 공조기기, 소방안전기기 등 고부가가치의 비구조 요소에 대한 내진 및 진동성능 검증시험의 수요가 증가하고 있으나, 현재 국내 진동대 성능의 한계로 인해 대부분 해석적 검증 또는 부품단위의 내진성능 검증이 주를 이루고 있음
 - 전반적으로 화석연료에 비해 신재생에너지의 효율이 낮아, 파력, 풍력, 조류 및 조력 등을 조합한 하이브리드형 발전 기술 개발이 세계적인 추세로서, 해양에너지 개발에 필요한 바람-파도-조류의 상호작용을 구현할 수 있는 국내 실험시설은 전무한 실정이므로 실험시설 구축이 절실히

□ 대용량, 고성능 내진보강장치(STU, LUD) 성능실험 지원

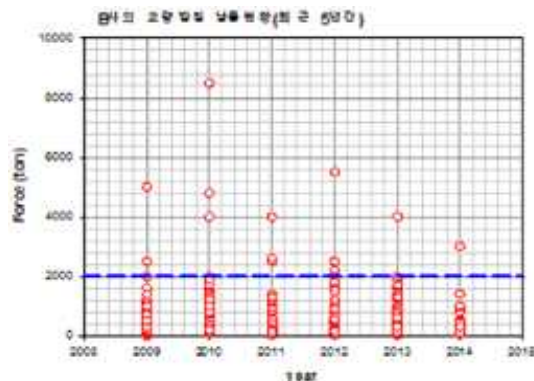
- 최근 10년간 대표적인 STU 설치현황 → 8MN이하가 98% 이상
- “고속철도 댐퍼 시방서” : 8MN STU의 과하중 순간재하 실험 → 1.5배인 12MN 용량과 80mm/sec의 속도의 UTM 필요
- 고속철도 내진보강 사업에 반영된 최대용량 3MN의 STU에 대한 성능시험 → 최대 300mm/sec의 속도의 Actuator 필요
- 2010년에 “거가대교 STU 성능실험” → 기존 국내의 장비로 실험이 불가하여 외국(UCSD)에서 실험
- “이순신대교”의 경우에도 모든 실험을 외국(UCSD)에서 일괄 진행



〈대표적인 STU 설치 현황〉

□ 대용량, 고성능 교량받침 성능실험 지원

- 우리나라 대표적인 교량받침 생산기업 2개사의 최근 5년간 설치실적 → 5MN 이상 대용량 받침 증가 추세에 있으며 새로운 제품 개발이 활발히 이루어지고 있음
- 현재 국내 실험가능 용량 : 동적 수직 5MN, 수평 1MN → 대용량 실험 불가
- 동적 수직 12MN(정적 20MN), 수평 3MN, 300mm/sec의 일체형 UTM을 구축할 경우 약 94%까지 국내실험 가능



〈B사의 교량받침 납품현황(최근 5년간)〉

□ 면진장치 개발 및 해외진출에 따른 실험 지원

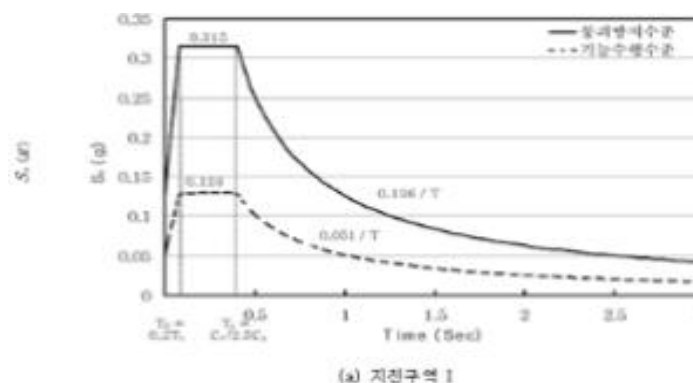
- 수출 원전의 최대 설계지반가속도 0.5g(국내 신규 원전에서는 0.3g) 및 도시철도 설계지반가속도 0.315g에 대응할 수 있는 면진받침의 개발이 활발히 진행
- 신규 개발한 수출원전용 면진받침 성능실험 → 최대 설계지반가속도 0.5g 지진이력 실험시 1MN 축력 + 최대 300mm/sec 속도 필요
- 국내에는 실험 가능한 고속 Actuator 전무 → 실험 불가 또는 해외에서 실험



〈원자력 발전소 면진받침 성능실험〉

□ 노후 사회기반시설의 안전성 평가 및 성공적인 내진보강 사업 지원

- 최근 정부에서 국가 중요 시설물에 대한 내진보강 사업을 전략적으로 추진 중 → 소방방재청에서 공공시설물의 내진보강 중장기 계획 수립, 2011년~2015년 기본계획 이후 단계별로 5년씩 총 5단계의 내진보강 계획 수립
- 내진보강 기술 및 제품(STU, LUD)에 대한 성능검증을 할 수 있는 실험장비 부재 → 260mm/sec 이상의 속도를 발휘하는 2.5MN이상의 Actuator가 필요함
- 프로젝트 단위로 작은 용량의 고속 Actuator 여러 개를 시스템 단위로 조립하여 실험하는 국외 실험장비를 이용하기 위해서는 장기간의 대기시간과 막대한 비용이 소요됨



〈도시철도 설계지반가속도〉

□ 건설분야 비구조요소에 대한 실험 요구 증가

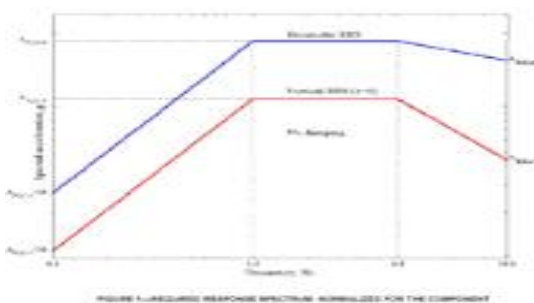
- 건축물의 구조요소 내진성능에 대한 안전성 확보 필요
- 특히, 비구조요소(천정재, 바닥재, 이중마루, 마감벽, 소화배전기기, 공기조화설비 등)의 내진성능 평가에 대한 요구 증가
- 비구조요소(건축물의 기능 담당)의 파괴는 전체 시스템의 정지 유발 → 중요도가 매우 높음
- 비구조요소 시험 : 기능 검증을 주목적으로 진동대 실험이 필수적 → 대용량, 고성능의 진동대 실험장비 요구



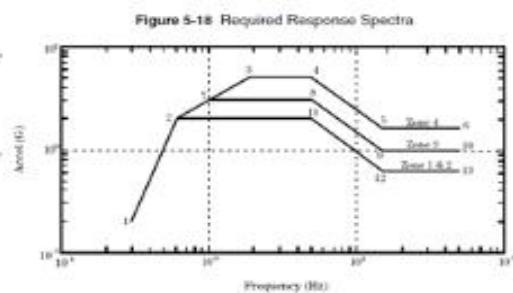
〈비구조요소의 대표적인 파괴〉

□ 진동대 장비 성능 향상에 대한 요구 증가

- 비구조요소 내진실험기준 ICC-ES AC156에서 요구하는 최대 가진 가속도는 3.0g 수준의 제어 성능 고려 (90%~130% 범위 내) 안정적인 시험 가능해야 함
- 전기통신설비의 내진시험 방법, Telcordia GR-63 Core, IEEE 323, 344 등은 증폭된 구조물의 응답(FRS)을 계산 → 높은 가속도 수준의 가진이 요구 (원전 MCR의 경우 3~5g 이상 가속도 요구)
- 비구조요소 연결방법 또는 2차 부재에 대한 시험을 위해서는 7g 이상의 가속도 가진 능력 필요



〈ICC-ESA AC156 요구응답스펙트럼〉



〈Telcordia GR-63 Core 요구응답스펙트럼〉

□ 국내 기술의 해외진출에 따른 검증시험 수요 증가

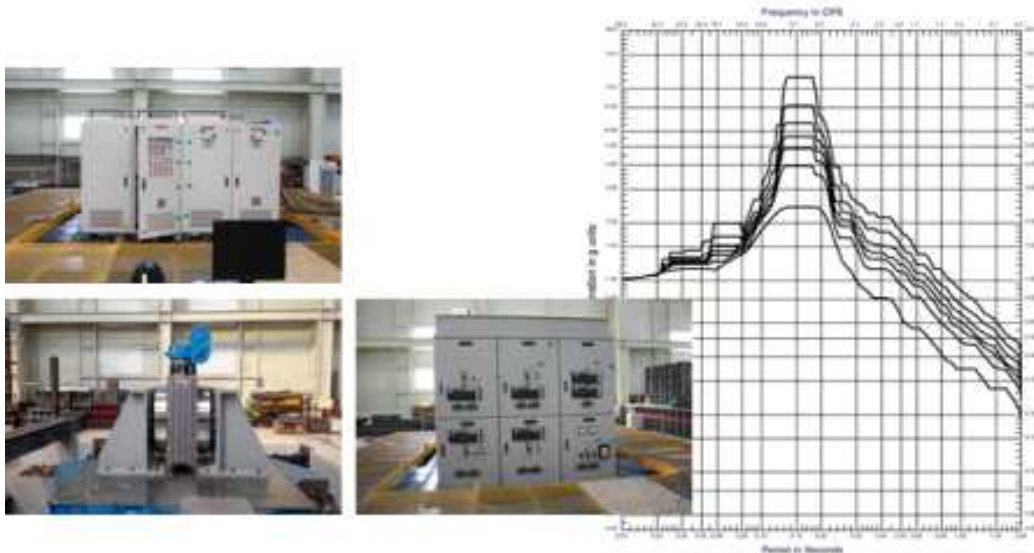
- 원전구조물, 초고층 건축물, 교량 구조물 등 건설분야의 해외진출 가속화
- 지진의 지반설계가속도 수준이 높은 해외지역에 대한 제품 및 기술 수출이 증가 → 내진 설계 및 개발 제품에 대한 시험 수요 증가
 - ※ 수출 원전의 경우에는 설계지반가속도가 최대 0.5g 수준임(국내 신규 원전 : 0.3g)
- 국내에 기 구축된 진동대 장비는 국외의 높은 가속도 수준을 만족하지 못함 → 해외수출시 해외 시험기관을 이용하는 실정



〈북미지역 수출용 에어컨의 내진성능 실험〉

□ 국내 비구조요소 관련 시험방법 및 장비의 부재

- 민간기관(SGS, KTL)에서 10g 수준의 진동대 보유 (최대 2 ton 이하의 실험체만 가능) 최근 실험체의 대형화 추세 → 실험이 불가능한 경우가 빈번히 발생
- (국내) 비구조요소에 대한 내진 기준 마련 → 실제로 실험할 수 있는 시험기준 부족 → 시험 기술 및 연구개발에 공동활용을 위한 고성능의 진동대 확충 시급



〈원전 비구조요소 내진실험〉

■ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

□ 국제적으로 청정재생 해양에너지 수요 증대

- 기후변화협약에 따라 청정에너지 수요 증대(신재생에너지 공급의무화제도 시행:2012년 2%→2020년 10%)
- 신재생에너지의 효율이 낮아, 파력, 풍력, 조류 등을 조합한 하이브리드형 발전 기술 개발이 세계적 추세임

□ 연구개발 및 성과에 대한 검증 시설 부재

- 해양에너지 발전장치의 설계, 기 개발된 장치의 실험역 성능 검증이 필요
- 해상풍력발전 관련 다수의 연구과제 진행 및 추진 중이나 국내에 연구성과 검증 시설 부재
- 해상풍력 및 조류발전 검증을 위해 1/10 이상의 축척 적용이 가능한 실증 수준의 규모로 계획

□ 실험 규모에 따른 신뢰성 저하 우려

- 파랑-흐름-바람을 복합적으로 고려할 수 있는 시설이 없고 규모가 작아 축척효과(scale effect)로 결과에 대한 신뢰성 저하
- 대형 바람발생장치의 구축을 통해 신뢰성 있는 성능 검증과 설계(안) 도출 필수



〈부유식 진자형 파력발전장치 실험〉



〈해양 복합 발전 장치 실험〉



〈파력발전장치 대형수리 실험〉



〈조류발전장치수리모형 실험〉

2. 정책적 추진 근거

■ 본 과제는 '건설연구인프라 운영고도화 사업'의 일환으로 추진되었으며, 기존 1단계 실험시설에 지정 구축하여 새로운 R&D 시험수요에 대응하기 위한 인프라 구축사업으로서, '과학기술기본법', '건설기술진흥법', '제5차 건설기술진흥기본계획', '국토해양 R&D 발전전략', '제2차 건설교통 R&D 중장기계획', '연구시설·장비 운영 활용 고도화 계획' 등에서 추진 근거를 확보하고 있음

□ '과학기술기본법'

- 과학기술기본법 중 연구개발에 필요한 시설·장비(이하, 시설장비)의 확충·고도화 및 공동활용의 추진과 관련 기관지원에 대한 법령은 연구실험시설장비 개선의 근거가 됨
- 정부는 연구개발 시설·장비의 고도화를 추진하기 위해 시행령 제 42조에 따라 지원 할 기관을 지정하고 운영에 필요한 경비를 지원할 수 있음
- 관계 중앙행정기관 장이 수립해야 하는 계획은 관련 연구개발 사업에 필요한 연구개발 시설장비의 확충 계획, 연구개발 시설장비의 운영 및 공동활용 계획, 연구개발 시설장비의 고도화 계획임

법 제28조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 및 관리·활용)

- ① 정부는 효율적이고 균형 있는 연구개발을 추진하기 위하여 필요한 연구개발 시설과 장비 등을 확충·고도화하고 관리·운영·공동활용 및 처분하기 위한 시책을 세우고 추진하여야 한다.
- ② 정부는 제1항에 따른 연구개발 시설·장비의 확충·고도화, 관리·운영·공동활용 및 처분을 추진하기 위하여 필요한 때에는 대통령령으로 정하는 바에 따라 이를 지원할 기관을 지정하고 그 운영에 필요한 경비를 지원할 수 있다.
- ③ 과학기술정보통신부 장관은 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 제 1항에 따른 연구개발 시설·장비의 관리·운영·공동활용 및 처분에 대한 표준지침을 정하여 고시하여야 한다.
- ④ 제 3항에 따른 표준지침의 적용 대상, 수립 절차 등에 필요한 사항은 대통령령으로 정한다.

시행령 제42조(연구개발 시설·장비의 확충·고도화 등의 추진)

- ① 관계 중앙행정기관의 장은 법 제28조제1항에 따라 연구개발 시설·장비의 확충·고도화, 관리·운영·공동활용 및 처분(이하 "확충·고도화등"이라 한다)을 효율적으로 추진하기 위하여 연구개발 시설·장비 현황을 주기적으로 조사하여야 한다.
- ② 관계 중앙행정기관의 장은 제1항에 따른 조사결과를 반영하여 계획을 수립하고, 이를 국가연구개발사업에 대한 중·장기계획에 반영하여야 한다
- ③ 관계 중앙행정기관의 장은 장비집적시설의 운영 및 공동활용의 촉진 등 연구개발 시설·장비에 대한 효율적인 활용체제를 구축하여야 한다.
- ④ 과학기술정보통신부장관은 제2항 각 호의 계획 및 제3항에 따른 연구개발 시설·장비의 효율적인 활용 체제에 관하여 관계 중앙행정기관의 장과의 협의를 거쳐 조치를 하여야 한다.
- ⑤ 관계행정기관장은 대학, 연구기관 및 기업에 연구개발 시설·장비의 확충 및 운영에 필요한 경비의 전부 또는 일부를 지원할 수 있다.
- ⑥ 법 제28조제2항에 따른 연구개발 시설·장비의 확충·고도화등의 추진을 지원할 기관은 과학기술정보통신부장관이 지정한다.

□ 건설기술진흥법

- 건설기술진흥법은 건설기술의 연구개발을 촉진하고 건설기술을 효율적으로 이용·관리함으로써 건설기술 수준의 향상과 건설공사의 적정한 시행을 이루고 건설공사의 품질과 안전을 확보하는 것을 목적으로 함
- 건설기술진흥법에 의하면 국토교통부장관은 건설기술 연구·개발에 필요한 시설장비 지원이 가능하므로 연구실험시설장비 개선의 법적 타당성을 확보 할 수 있음

법 제10조(연구시설 및 장비의 지원 등)

- ① 국토교통부 장관은 건설기술의 연구기반의 확충하기 위하여 건설기술연구기관의 연구시설 및 장비의 확보·관리·공동사용 등을 지원하거나 필요한 시책을 수립·추진 할 수 있다.

□ ‘제 5차 건설기술진흥기본계획’

- 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 및 건설교통기술 대형 실험 인프라를 구축하여 R&D-신기술 시험분야에 공동으로 활용 할 수 있도록 지원

□ ‘국토해양 R&D 발전 전략’

- 국토해양 R&D의 신성장 동력화 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



〈국토해양 R&D 발전 추진전략〉

□ 제 3차 과학기술기본계획

- 제 3차 과학기술기본계획은 경제부흥과 국민행복을 위한 5개의 추진전략 하에 19개 분야 78개 과제를 추진
- 국가연구개발 투자 확대 및 효율화 사업을 통해 연구시설장비, 빅데이터 등 과학기술 인프라의 개발과 공유 활성화
- 국가연구시설장비 확충 및 공동활용 촉진: 연구과제 종료 후 장비활용방안 제출 의무화, 유휴·불용장비 이전촉진을 위한 규정 개정, 노후장비 성능향상 지원 등
- 중소기업 기술혁신 인프라 강화를 통한 공공기관 소유 연구장비 활용 지원, 중소기업 정책정보 시스템 개선

□ ‘제 2차 건설교통 R&D 중장기 계획’

- 건설교통 R&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 건축과제 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

〈중점추진분야 및 전략 프로젝트〉

□ ‘연구시설·장비 운영 활용 고도화 계획’

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

4절 연구개발 범위

1. 3중 실험장비 구축 및 공동활용 방안 수립

- 실험장비 도입, 구축, 시험운영 및 준공 등 전 과정에 대한 구체적인 구축 및 관리계획 수립
 - 실험장비 구축 위치(배치), 장비 종류 및 사양 등 결정
 - 추진일정 및 소요예산 등 확정

2. 실험장비 구축 및 시험운영

- 실험장비 업체 선정 및 장비 도입
- 실험장비 구축(지정센터에 구축)
- 시험운영을 통한 성능검증 및 보완
- 시험운영 결과를 포함한 준공보고서 작성
- 대상 실험장비의 목표성능(* RFP 요구성능 100% 만족)
 - 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템
 - (정의) 지진에 대한 대용량 교량 받침, 면진 및 제진장치의 성능평가를 위한 20MN급 고정형 UTM 및 동시에 수평력을 반복적으로 재하할 수 있는 3MN급 초고속 Actuator

〈20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템의 목표성능〉

구 분	항 목	목표 성능
수직하중 재하용 대용량 UTM	Static performance	• Max. force : 20MN
	Dynamic performance	• Max. force : 12MN , Velocity : 80mm/s
	Actuator stroke	• 750mm
	Testing Dimensions	• Height : 7.0m 이상 • Column Spacing : 1.0mx3.0m 이상
	Controller 등	• 전용 Controller & Software, 유압시스템 포함
수평하중 재하용 고속 Actuator	Dynamic performance	• Max. force : 3MN, Velocity : 300mm/s
	Actuator Stroke	• 750mm
	Controller 등	• 전용 Controller & Software, 유압시스템 등 포함
기타		• 수직-수평 일체화를 위한 로딩프레임

○ 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- (정의) 건축물 내외장 설비(천정과 벽체, 전기 및 전력설비, 가스 및 상하수도 배관구조 등), 건설 기계 및 철도 등의 기간산업분야 비구조 요소에 대한 내진성능 검증 및 진동내구성 실험이 가능한 10g급 6자유도 진동대

〈10g급 6자유도 진동대의 목표성능〉

구 분	항 목	목표 성능
6자유도 고속진동대	유압펌프 및 배관설비	• 150GPM 이상의 HPU • 기존 배관에 Flexible 호스 연결시공 • 기존 펌프냉각장치 이용
	고성능 진동대	• 테이블 면적 : 2.5m×2.5m 이상 • 용량 : 6tonf payload 이상 • 가속도 : 10g 이상(6tonf payload 상태에서 7g 이상)
	Controller & Software	• Controller and software 등 • Data acquisition 포함

○ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

- (정의) 해양 에너지를 이용한 청정에너지 획득, 개발 및 안정된 구조물 설계를 위하여, 실제 해양환경과 유사한 바람, 파도, 조류를 발생시켜 구조물을 테스트하는 장치

〈바람-흐름 발생장치의 목표성능〉

구 분	항 목	목표 성능
3차원 평면수조	조파기	• 기존 설비 활용
	바람발생장치	• 바람 토출구 폭 : 10m 이상(실험가능 폭) • 풍속 : 10m/s 이상(정속성 확보) • 스펙트럼별 변동풍 재현 가능
	흐름발생장치	• 유속 : 0.5m/s 이상(정류성 확보) • 유속의 시간적 변화가 가능한 변동류 재현(조석 효과)
2차원 단면수로	조파기	• 기존 설비 활용
	바람발생장치	• 실험구간(30m 기준)에서 풍속 10m/s 이상 • 정속성 확보 및 변동풍 재현 가능
	흐름발생장치	• 유속 1m/s 이상(정류성 확보) • 유속의 시간적 변화가 가능한 변동류 재현(조석 효과)

3. 공동활용 방안 수립

□ 기존 1단계 건설연구인프라 실험시설에 편입 및 공동활용 방안

- 국가적으로 연구시설·장비의 공동활용 활성화가 적극 장려되고 있음
 - 과학기술기본법 및 시행령, 기초연구진흥 및 기술개발지원에 관한 법률 등 R&D와 관련된 국가 상위법령에 공동활용 근거 조항 명시하여 추진
 - 현재 국가별 연구시설·장비의 대외개방 및 범부처 관리를 통한 공동활용 추진 및 연구시설·장비 보유기관별 연계·활용방안에 대한 다양한 계획이 수립되고 있으나 세부적인 정책과 규정이 미흡한 실정임
 - 장비 기관 및 보유자들의 경우 연구성과에 대한 보안, 연구시설·장비의 고장, 장비 관리 전문가 부재 등의 이유로 공동활용에 적극적이지 못한 실정임
- 성능개선 연구장비는 1단계 실험시설과 같이 전담관리기관의 관리, 감독을 받아 공동운영 추진
 - 전담관리기관-구축기관(실험센터)의 공동운영 협약 체결을 통한 긴밀한 업무협력 이행 협약
- 소유권 이전을 통한 체계적 운영·관리 추진
- 장비 구축 대상 실험센터에서는 기술검수나 검증시험이 종결되어 납품이 완료된 장비에 대하여 관계 법률 및 법규명령에 따라 기관자산(유치기관)으로 등재하고 자산관리부서를 통해 관리번호를 부여받아 체계적인 운영관리가 되도록 추진
- NTIS(국가연구시설장비관리서비스) 장비 등록으로 공동활용 활성화
- 장비구축 후 자산등록 관리번호가 포함된 자산비표와 장비이력카드를 발급
 - 공동활용 활성화를 위하여 ‘NTIS 국가연구시설장비관리서비스’, 전문기관 및 전담관리기관의 CI시스템에 등록완료 후 국가연구시설장비 정보등록증(NTIS)을 해당센터 담당 부서에서 관리하도록 추진
 - ‘NTIS 국가연구시설장비관리서비스’에 장비등록 시 주장비, 보조장치 및 부대장비로 구분하여 등록
- 과거에는 구축되는 시설·장비의 DB 등록률이 낮고, 각 부처별 연구시설·장비의 DB간 연계 미흡 등 체계적인 관리에 대한 문제점이 대두되었음
 - 일반연구자는 시설·장비에 대한 관련 정보 습득이 어렵고 이용 절차가 복잡함
 - 연구시설·장비 공동활용 서비스에 대한 사용자의 인식 개선을 통해 이용에 불편함이 없도록 개선이 필요
- 전담관리기관에 기 구축·마련된 시스템, 매뉴얼 등과의 연계 방안 검토
- 실험시설·장비의 성과관리 방안 및 연구시설·장비 실험수수료 산정 기준 작성

□ 도입장비의 기타 활용 방안 마련

- 도입장비의 교육·활용 방안, 기술·인적네트워크 확보, 홍보 방안 등 연구시설·장비의 공동활용 촉진을 위한 세부 방안 검토

4. 타산업 연계 및 국제 협력 가능성

- 금속수평하중 동시 재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템의 활용분야는 크게 일반구조, 재료, 내진구조의 3분야로 분류 되어 타 산업과 연계가능
 - 현재 토목, 건설분야 뿐만 아니라, 원자력, 기계, 조선, 중공업 등의 타 산업분야에서도 제품 또는 기술의 성능검증을 위한 국내 실험장비가 없이 성능실험을 반드시 해야 하는 경우에는 외국의 실험시설에 의존하고 있는 것으로 파악
 - 따라서 일체형 대용량 UTM을 구성하는 20MN 대용량 고속 UTM과 3MN 초고속 Actuator는 여러 분야에 다방면으로 활용할 수 있을 것으로 판단
 - 일반 구조분야는 건설 분야를 비롯한 다양한 산업분야의 구조 부재 및 표준 시험편 등 규모가 크지 않은 보편화된 구조실험을 의미
 - 재료 분야는 각종 건설 재료들의 압축 및 인장강도 측정을 위한 실험분야를 의미 하며, 일반적인 UTM의 경우에 해당됨
 - 내진구조분야는 구조물의 면진받침 및 교량의 낙교방지장치 등 기존 구조물의 내진보강과 신설 구조물의 내진설계에 반영되는 장비 및 구조시스템을 의미하며, 지진 시 순간적인 잠김을 유도 하여 구조물의 극한상태 파괴를 방지하는 것을 의미함

〈다기능 고속 대용량 구조 UTM의 세부 활용분야 및 범위〉

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

- 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g 급 6자유도 진동대의 활용분야는 크게 내진성능검증실험, 진동내구성검증실험의 2분야로 분류되어 타 산업과 연계가능
 - 실험 대상은 건축구조물, 교량, 원전구조물 등의 비구조요소로 지진에 의해 구조물이 붕괴되지 않았다 하더라도 비구조요소의 손상으로 제 기능을 발휘 못하여 경제 적인 손실이 예상됨
 - 내진성능검증실험은 시료의 설치조건과 구조물에서의 위치 및 지역 등을 고려 하여 해당 상황에 알맞은 진동을 입력하여 지진하중 발생시 시료의 건전성을 평가
 - 진동내구성검증실험은 건설기계, 조선, 자동차 등에 적용 가능한 실험으로 발생 가능한 진동을 장시간 입력하여 해당 장비 및 기기의 내구성을 평가
 - 승차감조사는 건설기계, 차량 등의 승객이 진동으로 인하여 느끼는 불편함의 정도를 측정

〈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	해양플랜트, 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

□ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치는 다음과 같이 타 산업 분야와 연계하여 활용가능

- 풍력·파력·조류를 혼합한 하이브리드 형 발전에 관련된 실험적 연구 수행
- 파력과 풍력을 동시에 고려한 해상풍력지지 구조물의 안정성에 관련된 실험적 연구 수행
- 국내외 해상풍력발전 연구의 검증 및 개선을 위한 수리모형 실험 수행
- 개발된 장치의 발전 성능 검증을 위한 수리모형실험 수행

〈바람발생장치의 세부 활용분야 및 범위〉

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

□ 국제 협력 가능성

- 세계적으로 수직 20MN, 수평 3MN의 일체형 대용량 UTM은 본 연구에서 구축하는 실험장비가 유일한 것으로 파악 됨. 따라서 대용량의 고속 다자유도 성능실험을 필요로 하는 기술 개발의 경향으로 볼 때, 국제 협력의 가능성은 매우 높을 것으로 판단 됨

- 고성능 진동대의 경우에도 비구조 장치에 대한 국제 내진시험기준을 만족하기 때문에 해외에 진출하는 국내 기업의 제품에 대한 기술검증 실험이 가능
- 또한, 세계 최상의 시험장비로서 관련 해외 기업 및 연구기관 등과 내진시험 기술 연구에 공동 활용 가능
- 바람-흐름 발생장치는 최근 국제적으로 해양환경 조건에서의 복합 신재생에너지 개발 연구가 증가 하고 있어, 관련 분야의 기술개발에 국제적 협력에 충분히 활용 가능함

제2장 국내외 기술 개발 현황

1절 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

1. 국내 연구동향

□ 2자유도(수직, 수평) 교량받침 성능실험

- 교량받침은 교량 상부구조의 자중과 차량의 이동하중에 따라 교량 길이방향 거동이 원활하도록 설치하는 장치이며, 수직하중과 수평방향의 작용력을 동시에 부담하는 교량받침의 성능 실험을 수행하기 위해서는 수직, 수평 일체형의 UTM이 필요하며 특히 최근에는 교량이 장대화 되면서 성능실험 장비 또한 대용량의 장비가 필요함
- 하이브리드구조실험센터에서는 현재 보유하고 있는 5MN Dynamic UTM과 2MN Dynamic Actuator를 이용하여 수직, 수평 일체형의 UTM을 구성하여 마찰진자받침의 성능실험을 수행한 사례가 있다. 하지만 이 경우는 실제 현장에 설치되는 15MN의 대용량 받침에 대한 성능실험을 수행할 수 있는 장비가 국내에 없어서 작은 용량의 마찰진자받침으로 대체 실험을 수행함
- 따라서 외국의 실험시설에 의존하지 않고 지속적으로 용량이 증가되는 추세의 마찰진자받침 성능실험을 국내에서 수행하기 위해서는 현재 및 앞으로의 추세로 볼 때 20MN 이상의 일체형 대용량 UTM 구축이 절실히 필요함



〈5MN 일체형 UTM을 이용한 마찰진자받침 성능실험〉

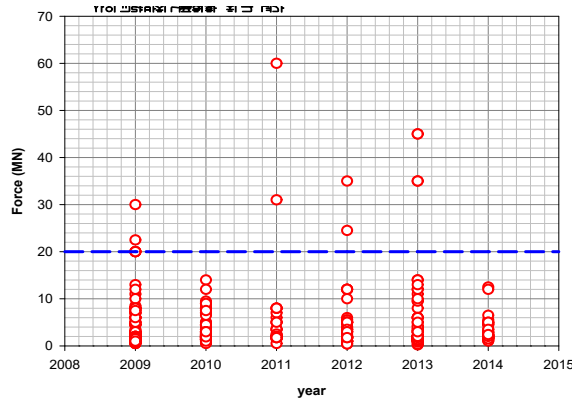
- 기존에 교량받침 제작업체에서 보유하고 있는 UTM은 자사가 생산하는 제품에 특화된 전용장비이지만, 본 일체형 대용량 UTM은 모든 교량받침의 성능실험이 가능한 범용적인 장비일 뿐만 아니라 구조부재 및 소규모 구조물에 대한 다자유도 실험도 가능한 장비임

〈기존 교량받침 전용장비와 일체형 대용량 UTM의 차이점〉

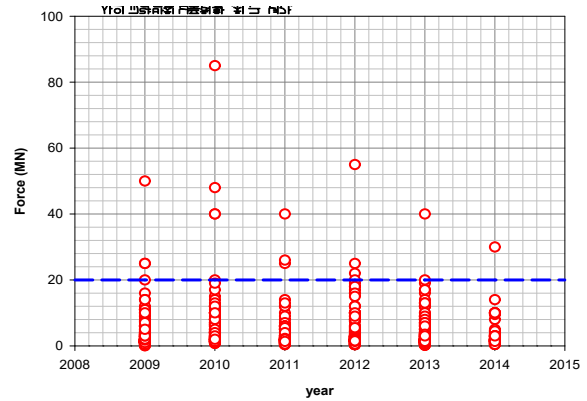
구분		전용 장비	일체형 대용량 UTM
1	범용성	각자 자사 제품의 성능실험에만 주로 활용	우리나라에서 생산되는 20MN 이하의 모든 교량받침 성능실험에 활용 가능
2	유사 제품에 대한 성능실험의 활용성	대용량 댐퍼 및 낙교방지장치 등의 성능실험이 불가함	대용량 댐퍼 및 낙교방지장치 등의 성능실험이 가능함
3	구조물 실험 가능 여부	실험체 설치 공간이 좁기 때문에 구조물 실험이 불가함	높이 약 10m의 실험체 설치 공간이 충분하여 구조부재 및 소규모의 구조물 실험이 가능함
4	고성능 교량받침 실험 가능 여부	대부분 10년 전에 구축된 장비로서 최근에 설계되는 고성능의 교량받침 성능 실험에는 부적합함.	최근에 설계되는 고성능의 교량받침에 대한 성능실험이 가능함
5	수직, 수평 일체형 교량받침 실험 가능 여부	일반적인 교량받침 전용장비로서 일체형 교량받침 성능실험은 불가함	실험체를 설치할 수 있는 공간 확보가 용이하여 일체형 교량받침의 성능실험에 적합함
6	다른 실험장비와의 조합을 통한 실험의 응용성	교량받침 전용장비로써 장비 시스템 내에 설치가 가능한 교량받침에 대해서만 실험이 가능함	장비 내부 공간과 외부 공간을 동시에 활용할 수 있어 여러 대의 장비를 동시에 구동하는 다자유도 구조실험이 가능함

- 교량받침 생산업체에서 보유하고 있는 장비는 그 특성상 자회사의 제품 성능실험을 수행하는데 편리하도록 제작되어 타사 제품의 실험을 수행하는데 불편할 뿐만 아니라 범용적인 활용이 어려움. 하지만 일체형 대용량 UTM은 우리나라에서 생산되는 20MN 이하의 모든 교량받침 성능 실험에 활용이 가능함
- 전용장비는 교량받침에 작용하는 하중은 크지만 변형이 작은 교량받침에 대한 성능실험 용도로만 사용하도록 제작되었기 때문에 대용량 댐퍼 및 낙교방지장치와 같은 내진성능실험에 활용하는 것이 불가하지만, 일체형 대용량 UTM은 이러한 실험뿐만 아니라 다방면의 응용 활용이 가능함
- 전용장비는 비교적 부피가 작은 교량받침 전용의 장비로 제작되어 실험체 설치공간이 좁아서 구조물 실험이 불가하지만, 일체형 대용량 UTM은 실험체 설치공간이 충분하여 구조부재 및 소규모의 구조물 실험이 가능함
- 전용장비는 과거의 교량받침을 기준으로 수직하중 용량은 상당히 크게 설계되어 있지만 수평하중 용량은 1,000kN 이하의 작은 용량으로 제작되었기 때문에 최근에 설계되고 있는 고성능 대용량의 교량받침 실험에 적용하기에는 한계가 있음. 하지만 일체형 대용량 UTM은 최근의 고성능 교량받침에 대한 성능 실험이 가능
- 전용장비는 특정 기업에서 개발하여 현장에 적용하고 있는 수직, 수평 일체형 교량받침의 성능 실험이 불가하지만, 일체형 대용량 UTM은 실험체 설치 공간이 충분하여 이러한 일체형 교량받침의 성능 실험이 가능함

- 전용장비는 기존의 일반적인 교량받침 전용장비로써 장비 내부에 설치가 가능한 교량받침의 성능 실험만 가능하지만, 일체형 대용량 UTM은 장비 내부의 실험체 설치공간과 장비 외부의 공간을 동시에 활용할 수 있어 여러 대의 장비를 동시에 구동하는 다자유도 구조실험이 가능함
- 최근 5년간의 교량받침 설치 현황을 분석하여 다음에 나타냄



〈A사의 교량받침 납품현황(최근 5년간)〉



〈B사의 교량받침 납품현황(최근 5년간)〉

- 분석결과 20MN 이상의 초고용량 교량받침도 상당수 설계되어 설치되고 있었으며 최대 약 85MN 까지 설치된 현장도 있음
- 일반적으로 많이 설치되고 있는 교량받침 용량은 20MN 이하의 제품들이기 때문에 20MN 용량의 일체형 대용량 UTM을 구축하는 것이 현실적이고 경제적인 것으로 판단됨
- 또한 분석결과와 같이 상당히 많은 교량받침들이 설치되고 있고 이러한 제품들의 상당수에 대한 성능실험이 외국에서 진행되고 있기 때문에 사용자들의 편의와 외화 낭비 방지를 위하여 국내에서 일체형 대용량 UTM을 구축하는 것이 상당히 시급함
- 현재 교량받침을 생산하는 업체에서 교량받침 전용 실험 장비를 보유하고 있기는 하지만, 유지 관리가 어렵고 발주처에 공인시험기관의 시험성적서를 제출해야 하기 때문에 자체적으로 검증 실험이 활발히 진행되지는 않고 있는 것으로 파악됨

□ 거가대교 낙교방지장치 성능평가 실험

- 최근에 완공된 거가대교의 모든 낙교방지장치에 대한 전수실험을 하이브리드구조실험센터에서 수행하였으며, Prototype 2.5MN과 4.5MN 각 1개와 Fast Movement Test(F.M.T)용 2.5MN 16개 및 4.5MN 8개의 실험체에 대한 성능평가 실험을 수행함



〈2,500kN STU 실험체〉



〈4,500kN STU 실험체〉

- 낙교방지장치의 잠김 성능을 검증하기 위하여 5MN Dynamic UTM과 별도로 제작한 STU 실린더 설치용 지그를 이용하여 실험체를 설치하였음



〈STU 실험체 설치 전경〉

- “Fast Movement Test” 는 구조물의 고속거동 시 STU의 작동성능을 파악하기 위한 실험으로서 변위제어방식으로 실험을 진행하였으며, 재하속도는 2.5MN 실험체의 경우에는 2mm/sec, 4.5MN 실험체의 경우에는 4mm/sec로 제어하였다. 이때의 하중은 2.5MN 실험체의 경우에는 $\pm 2.35\text{MN}$, 4.5MN 실험체의 경우에는 $\pm 4.08\text{MN}$ 으로 하여 하중도달 시 최대변위의 크기를 파악하였음
- “Simulated Dynamic Test” 는 동적하중이 작용하는 동안에 STU의 잠김 성능을 파악하기 위한 실험으로서 하중제어방식으로 실험을 진행하였으며 최대하중에서 발생하는 변위의 크기를 파악하였음
- “Overload Test” 는 사용 상태에서 공칭하중을 초과하는 상황이 발생한 경우에 대해 적절한 성능을 발휘할 수 있는지를 파악하기 위한 실험으로서, STU 공칭하중의 1.5배에 해당하는 하중이 작용했을 때의 잠김 성능을 파악하고 STU 충전재의 누출여부를 파악함
- Fatigue Test” 는 차량의 제동하중에 대해 충분한 피로성능을 발휘하는지를 파악하기 위한 실험으로서 차량 제동하중의 크기로 10만회를 반복하였음

□ 원자력발전 구조물의 내진성능 실험

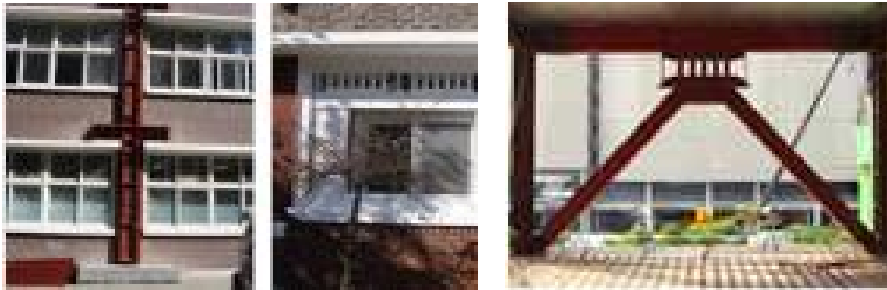
- 원자력발전소 구조물의 내진설계에 사용되는 먼진장치에 대한 성능실험을 수행하기 위하여 진동대를 모사할 수 있는 강구조물을 제작하고 발전소 구조물의 자중에 해당하는 매우 크고 무거운 중량물을 별도로 제작하여 수직하중을 작용시켰음
- 이러한 경우에는 대상 실험체보다 중량물의 크기가 크기 때문에 시간적, 공간적, 경제적으로 큰 손실이 발생할 수 있지만, 현재 우리나라에 있는 진동대의 용량으로는 부족하여 본 실험을 수행할 수 없기 때문에 진동대를 모사하여 실험을 수행함
- 따라서 큰 수직하중과 고속의 수평 지진속도를 구현할 수 있는 일체형 고속 대용량 UTM을 구축한 후 실험에 응용할 수 있는 실험지그를 만들어 비교적 짧은 시간에 경제적으로 간단하게 진동대와 유사한 실험이 가능함



〈원자력발전소의 내진설계에 사용되는 면진장치 실험〉

□ 기존 건축물(학교, 관공서 등)의 내진보강 시스템에 대한 성능 실험

- 최근 학교나 관공서 등과 같이 비교적 저층 건물에 대한 내진보강이 활발하게 이루어지고 있으며, 이러한 건축물의 내진보강에 사용되는 댐퍼 계열(LUD, STU 등)의 제진장치에 대한 성능실험이 일반화되어 있지만, 이와 함께 제진장치가 설치된 구조물 그 자체의 일부를 제작하여 실험하는 구조체 단위의 성능실험이 증가하는 추세임
- 구조체 단위의 성능실험과 같이 상재하중이 작용하고 비교적 소규모 구조물인 경우에는 다자유도 실험이 가능한 일체형 UTM을 활용하는 것이 경제적이며 더 정확한 결과를 얻을 수 있음



〈학교 건물의 내진보강 사례〉

2. 국외 연구동향

□ 다자유도(수직, 수평, 회전) 팬들럼 슬라이딩 베어링 성능실험

- 일반적인 수직, 수평의 2자유도 교량받침 성능실험 뿐만 아니라 회전이 가능한 3자유도의 팬들럼 슬라이딩 베어링의 성능실험을 위해서는 수직, 수평의 일체형 UTM에 1개의 고속 Actuator를 추가로 구성해야함
- 우리나라에서도 저용량의 팬들럼 실험은 하이브리드구조실험센터에서 보유하고 있는 2MN 고속 Actuator 1개를 조합하여 실험할 수 있지만, 고용량의 팬들럼 실험에서는 일체형 대용량 UTM에 고속 대용량 Actuator 1개를 더 추가로 구성하여 시스템을 구축하여야함



〈MAURER-SOEHLNE Friction Pendulum Sliding Bearing Test〉

□ 초고층 건축구조물의 연결부 내진성능 실험

- 초고층 건축구조물의 보-기둥 연결부 내진성능 실험에서는 연결부에 작용하는 기둥의 압축력과 보의 휨모멘트를 안정적으로 구현하기 위해서는 실험장비의 양단이 힌지로 구성된 Actuator보다는 일체형 UTM을 이용하는 것이 효율적임
- 아래 그림과 같이 대용량의 Actuator와 별도 제작한 로딩프레임을 이용하여 연결부 성능실험 시스템을 구성할 수 있으나, 이 경우에는 실험을 위한 부대비용이 많이 소요되며, 실험 후에는 다시 해체하는 일회성 실험 시스템이기 때문에 용도와 공간 활용 측면에서 비효율적임
- 최근에는 초고층 건물에 고강도 콘크리트 및 고강도 후판 강재를 주로 사용하고 있다. 우리나라에서도 이러한 고강도 재료를 사용한 구조체의 강도평가를 위해서 수직 20MN 및 수평 3MN 이상의 실험장비를 갖출 필요가 있음



〈보-기둥 연결부 실험〉



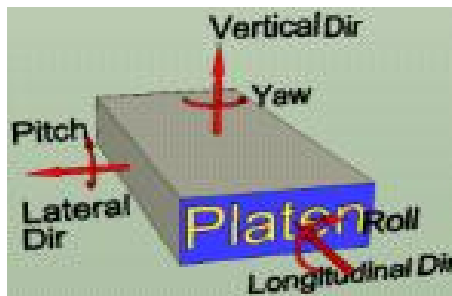
〈30MN 용량의 고강도 기둥실험〉

□ 다자유도 고속 대용량 하이브리드 시뮬레이션 실험

- 일체형 대용량 UTM은 수평의 모든 방향이 개방되어 있기 때문에 평면상의 X축과 Y축 방향으로 고속 Actuator를 설치하면 다자유도 고속 대용량 하이브리드 실험을 수행할 수 있다. 그 대표적인 실험시스템이 NCREE의 Multi-Axial Testing System(MATS)임
- 이 시스템을 구성하는 A자 형태의 철근 콘크리트 프레임은 강합성 콘크리트 가로보로 연결되어 있고 철근 콘크리트 반력기초 시스템위에 고정되어 있으며, 상부 가로보와 하부 바닥사이에 설치할 수 있는 실험체의 크기는 높이가 5.0m, 폭이 3.25m까지 가능함
- 이 시스템을 활용하여 최근에 점성댐퍼 벽체, LRB 및 브레이싱된 기둥 좌굴실험 등의 다수 6자유도 성능실험을 수행하였으며, 최신의 개선된 실험기법인 하이브리드 지진 시뮬레이션 실험을 수행하기에 매우 효과적인 실험장비임



〈MATS 시스템 전경〉

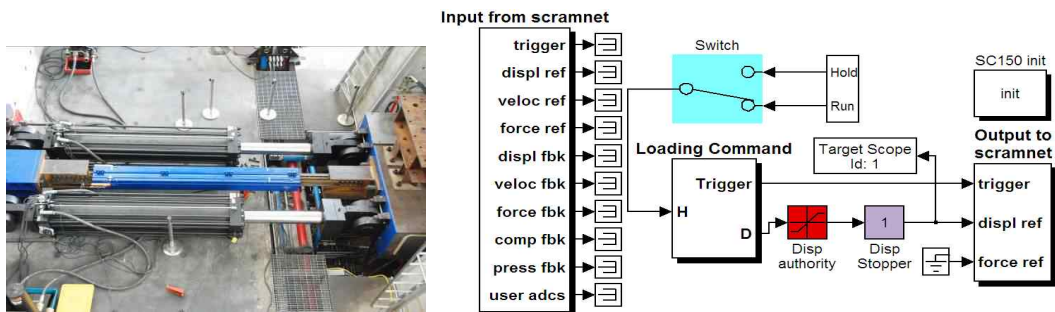


〈6자유도 시스템〉

〈MATS 실험시스템 사양〉

DOF	Type	Stroke	Velocity	Force
Longitudinal	Static	$\pm 1,200\text{mm}$	$\pm 30\text{mm/sec}$	+4.4MN, -3.54MN
	Dynamic	$\pm 500\text{mm}$	$\pm 600\text{mm/sec}$	$\pm 2\text{MN}$
Lateral	Static	$\pm 100\text{mm}$	$\pm 20\text{mm/sec}$	$\pm 4\text{MN}$
Vertical	Dynamic	+150mm	$\pm 60\text{mm/sec}$	+30MN
	Static	+150mm	$\pm 10\text{mm/sec}$	+60MN
Roll	Dynamic	$\pm 2^\circ$	$\pm 0.06\text{rad/sec}$	$\pm 8\text{MN-meter}$
Pitch	Dynamic	$\pm 2^\circ$	$\pm 0.05\text{rad/sec}$	$\pm 27\text{MN-meter}$
Yaw	Static	$\pm 2^\circ$	$\pm 0.015\text{rad/sec}$	$\pm 5.61\text{MN-meter}$

기호가 “+” 방향을 나타냄.



〈BRB 성능 실험〉



〈Loading Command Model in Simulink〉



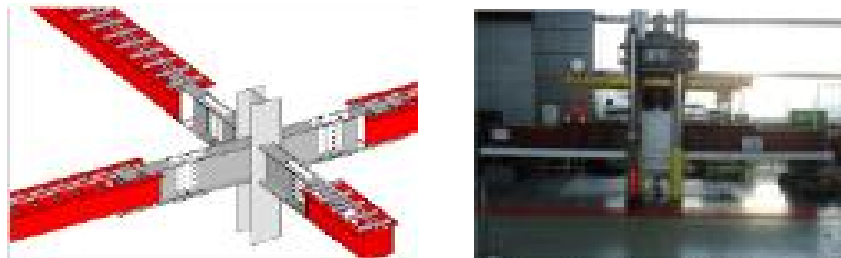
〈다자유도 고속 대용량 하이브리드실험 사례 #1〉



〈다자유도 고속 대용량 하이브리드실험 사례 #2〉

□ 건축구조물의 보-기둥 연결부 실험

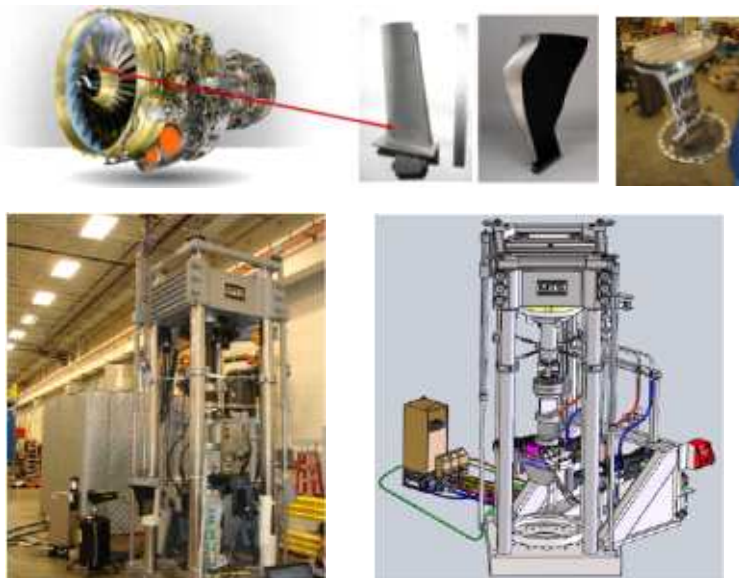
- 건축구조물의 보-기둥 연결부에 대한 강도실험을 위해서는 기둥에 작용하는 수직 압축력과 보에 작용하는 휨모멘트를 동시에 고려하여 보-기둥 연결부의 압축력과 회전 모멘트 동시에 구현할 수 있는 장비가 필요하다. 이때 기둥에 작용하는 축방향력(수직하중)과 모멘트를 작용시킬 수 있는 방법은 실험장비에 따라 달라질 수 있지만 가장 간편하고 안정적으로 작용시킬 수 있는 방법은 일체형 UTM을 이용하는 것임
- 이때 고강도 콘크리트 기둥이나 후판 강재 기둥에 작용하는 축방향력(수직하중)을 구현하기 위해서는 실험장비의 경제성과 활용성을 고려하여 20MN의 일체형 대용량 UTM을 구축하는 것이 합리적일 것으로 판단됨



〈보-기둥 연결부의 강도평가 실험〉

□ 항공 및 기계 산업 분야의 부품 및 구조체 다자유도 성능 실험

- 건설분야 뿐만 아니라 항공 및 기계분야 등의 타 산업에서 필요로 하는 고강도 부품강도 실험 및 기계 엔진 등의 다자유도 실험 등과 같이 다양한 산업분야에 활용하고 있음



〈Jet Engine Fan Blade 성능실험〉

□ 대형 강관구조물 강도 실험

- 원형 강관 구조물은 상부와 하부 연결부가 힌지(Hinge)로 제작되는 구조실험 장비인 Actuator 보다는 안정적으로 수직력을 도입할 수 있는 UTM을 사용하는 것이 훨씬 효율적이다. 특히 대형 구조물의 실험에서는 대형 UTM을 이용하는 것이 안전성과 경제성면에서 더욱 유리함



〈대용량 UTM을 이용한 원형 구조물 성능 실험〉

3. 국내외 연구동향 검토의견

- 교량 및 건축구조물에 대한 내진등급이 높아져 받침 및 내진·면진 장치와 같은 2차 제품들에 대한 전수시험이 의무화되고 있으나, 고용량 제품에 대한 국내 시험장비 부족으로 해외에서 수행하는 사례가 크게 증가하는 추세임
 - 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 (Shock Transmission Unit, 충격저감장치)와 같은 고성능 점성댐퍼 등의 성능시험을 위해 다자유도(수직, 수평, 회전)에 대한 고속시험이 요구됨(국내 시험장비 전무)
 - 국내 업체의 해외진출에 따른 수주가 증가하고 있으나, 고용량 제품들에 대한 시험장비 부재 및 국제기준에 맞는 시험표준 미흡으로 해외에서 실험수행이 증가
- 최근 적용된 교량의 낙교방지장치의 경우 수직하중 용량이 2.5MN이고 속도는 260mm/s로써, 교량이 점점 장대화됨에 따라 상재하중이 증가하고 있는 추세이며 이러한 상재하중 상태에서 교량 받침, 낙교방지장치, 지진격리장치, 댐퍼 등의 내진성능 실험을 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 의거 소방방재청에서는 “기존 시설물 내진보강기본계획(’11~’15)”을 수립하여, 내진설계 대상 시설물 중 관련 법령이 제정되기 전에 설치된 공공시설물이나 관계 법령의 제정 이후 내진설계기준이 강화된 공공시설물의 내진성능 향상 추진중
 - 내진설계대상 시설물 31종 중 63%에 대한 내진보강 필요(공공건축물, 학교시설물, 도로시설물 등)

- (국외) 최대 용량의 정적 UTM은 일본 건축연구소(30MN(Static), 실험공간 13m)에서 보유하고 있으며, 최대 용량의 정·동적 UTM은 중국 China Academy of Science(20MN(Static)/ 10MN(Dynamic), 실험공간 10m)에서 보유하고 있음
 - Laboratorio Generalitat(Spain, 15MN(S)/15MN(D), Testing height 8m), Centre for Frontier Engineering Research(Canada, 15MN(S)/15MN(D)), Boeing Aircraft, Exxon 및 US Bureau(이상 미국, 10MN(S)/ 10MN(D)) 등은 대용량 장비를 보유하여 건설, 기계 및 원자력 등 다양한 분야의 소재 및 구조물 실험 수행
- (국내) 정적 실험 용도의 대용량 UTM은 일부 기관에서 보유하고 있으나 수평력 동시 재하를 위한 Actuator와의 연동 실험이 불가능한 상황이며, 동적 실험 용도로는 명지대학교에 구축된 5MN Dynamic UTM이 최대 용량이나 용량 부족으로 인한 실험 불가사례 증가
 - 포스코(강구조연구소)
 - Static 전용 UTM : 10MN UTM, 3MN UTM
 - 케이블 전용 Cable Leak-tightness Testing Machine : 30MN Cable Fatigue Testing Machine
 - 1MN Actuator(stroke : 100mm)
 - 한국철도기술연구원
 - 2.5MN Dynamic UTM(stroke : 150mm, velocity : 30mm/s)
 - 1MN Actuator(stroke : 100mm, velocity : 100mm/s)
 - 명지대학교(하이브리드 구조실험센터)
 - 5MN Dynamic UTM(stroke : 500mm, velocity : 40mm/s)
 - 2MN Actuator(stroke : 1,000mm, velocity : 150mm/s)
 - * 유니슨이앤씨(피로시험기) : 2MN Dynamic UTM(stroke : 500mm)
- 일반 UTM은 다양한 구조 부재의 압축강도 평가 실험과 케이블 및 강재의 인장강도 평가 실험 및 인장부재의 용접이음 등에 대한 피로강도 평가 실험 등 다양한 분야의 재료실험 및 구조실험에 활용됨
- UTM을 이용하면 비교적 소형 부재에 대한 실험을 간단하게 수행할 수 있고 기둥의 좌굴강도 평가와 같이 불안정한 실험을 비교적 안전하게 수행할 수 있음. 그리고 구조부재 및 구조물에 대한 장기간의 반복 재하실험을 비교적 안정적으로 수행할 수 있어 대부분의 국내외 연구기관 및 실험시설에서 기본적으로 보유하고 있는 장비 중의 하나이며 어떤 장비보다도 그 활용도가 상당히 높은 것으로 파악됨
- 국내에서 보유하고 있는 기존의 UTM에서는 초고속의 순간적인 잠김을 요구하는 낙교방지장치와 같은 장치의 성능 실험을 수행할 수 없으며, 국외에서도 상위 5곳 정도의 실험실에서만 보유하고 있어 실험을 의뢰하여 끝마치기까지 상당한 시간과 비용이 소요됨. 따라서 이러한 국가적 낭비를 방지하기 위하여 우리도 세계적 규모의 첨단 실험 장비를 빠른 시일 내에 갖추어야 함
- 미국 AASHTO 기준에서 요구하는 교량 면진받침 성능실험을 위해서는 큰 힘의 수직하중뿐만 아니라 빠른 속도의 수평하중도 작용시켜야 하는데, 국내에 있는 기존의 UTM으로는 수직하중의 용량이 부족할 뿐만 아니라 빠른 속도의 수평하중을 재하 할 수 있는 초고속 Actuator를 보유하고 있는 기관이 없음. 또한 대용량의 수직하중과 초고속의 수평하중을 동시에 재하하기 위해서는 실험장비의 설계에서부터 장비의 안정성을 담보할 수 있는 설계 및 제작이 이루어져야 함

- 따라서 기존의 일반적인 UTM 기능을 최대한 발휘하면서 고강도 대형 구조물의 실험을 수행할 수 있고 수평방향의 하중을 동시에 작용시켜 낙교방지장치 및 면진받침 등의 성능실험을 실질적이고 합리적으로 수행할 수 있는 장비의 구축이 필요함
- 국내 기존의 유사 실험장비와 비교하여 최초 또는 월등한 성능을 가진 실험 장비로서 특히 대형 구조물 성능실험과 고속의 반복 재하실험 및 다양한 구조실험을 수행할 수 있도록 특화된 국내 유일의 실험 장비이며 외국의 장비와 비교하여도 최고 수준의 실험 장비임
- 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM은 정적하중 및 동적하중 면에서 세계 최고 수준이며, 실험 장비의 최대 스트로크 자료가 공개되어 있는 국내의 UTM을 비교해 볼 때 역시 최고 사양의 장비임
- 실험장비의 속도 데이터가 공개된 국내 5MN 이상 대용량 UTM의 최고속도는 40mm/sec이며 하이브리드구조실험센터에서 일체형으로 구축하고자 하는 20MN UTM의 최고속도는 80mm/sec로 국내 최고 사양임
- 정부의 성공적인 SOC 구조물 내진보강 사업을 위한 20MN 일체형 대용량 UTM
 - 최근 정부에서 전략적으로 추진 중인 SOC 구조물 내진보강 사업을 경제적이고 효율적으로 수행하기 위해서는 내진보강 구조물의 안전성을 뒷받침할 수 있는 내진보강 장치들에 대한 성능 검증이 우선적으로 평가되어야 함
 - 하지만 현재 국내에서는 작은 용량의 내진보강 장치에 대해서는 성능실험이 가능하지만 대용량 장치에 대해서는 불가능한 실정임
 - 따라서 중장기적인 내진보강 사업을 진행함에 있어 긴 시간과 큰 비용이 소요되는 해외의 실험시설을 이용하기 보다는 해당 실험 장비를 국내에 구축하는 것이 장기적으로 볼 때 훨씬 더 경제적이고 우리의 기술축적에도 효과적일 것으로 판단됨
- 정부지원 기존 실험 인프라를 최대한 활용한 경제적인 20MN 일체형 대용량 UTM 구축
 - 20MN 일체형 대용량 UTM을 국내에 설치하더라도 실험 장비를 운용하기 위한 유압펌프, 유압 하드라인, 일체형 UTM 본체 및 컨트롤러 등 일체의 시스템을 신설하기에는 매우 큰 비용이 소요될 뿐만 아니라, 이러한 실험 장비를 설치할 공간을 확보하고 건축공사를 진행하는 비용까지 고려하면 오히려 외국의 실험시설을 이용하는 것보다 비경제적일 수 있음
 - 따라서 이러한 비용들을 최대한 절감하여 해당 실험 장비를 구축하는 최선의 방법은 기존의 인프라를 최대한 활용하는 것이며, 20MN 일체형 대용량 UTM 본체만을 추가로 구축하고자 함

4. 국내 실험시설 동향

□ 실험시설 사례

- RIST 강구조연구소 구조실험동
 - 강구조연구소는 건축과 토목분야에서 철강재의 수요확대를 위한 연구활동을 위하여 건설된 연구소로서 주로 수행하고 있는 실험은 교량기초용 벽강관, 항만용 강판셀, 고성능강, 고장력 볼트, 박판재 등 철강재의 특성에 대한 실험이 위주가 되고 있음

- 반력벽은 12m 높이로 총길이 20m, 두께 3m의 RC구조이며 반력 바닥은 37m×20m 크기의 PC구조로 되어있음 가력기는 1,000kN(180gpm)을 비롯한 총 4개의 동적 가력기와 최대 3,000kN 용량의 정적 가력기 6개를 보유하고 있음 유압펌프는 총 570gpm의 용량임

〈RIST 강구조연구소 실험시설〉

Item	Characteristics
Reaction wall	• I형/L20×H12×T3.0(m)/RC벽
Strong Floor	• L37×W20×T1.5(m)/740m ² /PC셀
Dynamic Actuator	• 1,000kN/400mm stroke/180gpm servovalve/1set • 500kN/400mm stroke/90gpm servovalve/1set • 100kN/400mm stroke/30gpm servovalve/2set
Static Actuator	• 3,000kN/600mm stroke/30gpm servovalve/2set • 2,000kN/600mm stroke/30gpm servovalve/2set • 1,000kN/400mm stroke/30gpm servovalve/1set • 500kN/400mm stroke/30gpm servovalve/1set
Hydraulic Power Unit	• Total 570gpm, MTS 506.92×3, common HPU

○ 한국건설기술연구원 구조실험동

- 구조연구부에서는 대형 구조실험동을 구축하고 실증적 실험연구를 수행하고 있음.
- 250kN~3,500kN 용량의 정·동적 가력기를 비롯하여 1,000kN 용량의 만능시험기 등 다양한 실험장비를 구비하고 있으며, 200kN급 대형 크레인 2기를 운영하고 있다. 실험은 50m 장시간 교량 실물 실험체와 8m 높이의 실물 교각 등에 대한 정·동적 실험이 가능한 실험동

〈한국건설기술연구원 실험시설〉

Item	Characteristics
Reaction Wall	• I형/L13×H10.3×T2.75(m)/RC벽(T형)
Strong Floor	• L34×W10.8×T0.75(m)/367.2m ² /RC셀
Dynamic Actuator	• 1,000kN/500mm stroke/90gpm servovalve/2set • 500kN/250mm stroke/90gpm servovalve/4set • 250kN/250mm stroke/90gpm servovalve/2set
Static Actuator	• 3,500kN/500mm stroke/90gpm servovalve/4set
Hydraulic Power Unit	• Total 360gpm, MTS 505.90×2 (New Silent)

○ 한국기계연구원 구조실험동

- 700평의 실험동 규모에 25m×18m 크기의 반력바닥과, 25m×12m 크기의 반력벽을 가지고 있으며, 집중하중 1,000kN 및 분포하중 10,000kN의 내하하중으로 설계됨
- 동적가력기는 50kN~1,000kN 범위에 15대가 있으며, 정적가력기는 50kN~250kN 범위에 3대가 있으며, 유압펌프는 150gpm 3대와 75gpm 2대로서 총 600gpm을 사용할 수가 있음

〈한국기계연구원 실험시설〉

Item	Characteristics
Reaction Wall	• I형 / L25×H8×T1.0(m) / PC벽
Strong Floor	• L25×W12×T1.0(m) / 300m ² / PC셀
Dynamic Actuator	• 1,000kN/150mm stroke/90gpm servovalve/2set • 1,000kN/250mm stroke/90gpm servovalve/2set • 500kN/150mm stroke/15gpm servovalve/2set • 500kN/150mm stroke/15gpm servovalve/1set • 250kN/150mm stroke/15gpm servovalve/2set • 100kN/150mm stroke/15gpm servovalve/2set • 50kN/250mm stroke/90gpm servovalve/2set • 50kN/150mm stroke/15gpm servovalve/2set
Static Actuator	• 250kN/150mm stroke/15gpm servovalve/1set • 100kN/150mm stroke/15gpm servovalve/1set • 50kN/150mm stroke/15gpm servovalve/1set
Hydraulic Power Unit	• Total 600gpm(150gpm×3, 75gpm×2)

○ 대우건설기술연구소 구조실험동

- 대규모 실험공간과 가력 및 반력시스템을 확보하여, 실제규모 구조물에 대한 구조성능평가를 실시할 수 있음
- 3층 규모의 건물에 대한 내진성능실험과 20m 길이의 교량에 대한 휨실험이 가능하며, 가력 및 계측시스템을 컴퓨터와 연결하여 디지털제어가 가능하여 유사동적 실험을 할 수 있음
- 반력벽, 반력상, 프레임과 가력장비를 조합함으로써 다양한 형태의 실험이 가능

〈대우기술연구소 실험시설〉

Item	Characteristics
Reaction Wall	• I형 / L14×H12×T2.5(m) / PC벽
Strong Floor	• L39×W17.5×T1.5(m) / 682.5m ² / PC셀
Dynamic Actuator	• 500kN/250mm stroke/90gpm servovalve/2set
Static Actuator	• 1,994kN/500mm stroke/15gpm servovalve/2set • 1,013kN/500mm stroke/15gpm servovalve/6set • 649kN/500mm stroke/15gpm servovalve/2set
Hydraulic Power Unit	• Total 300gpm(150gpm×2)

○ 한양대학교 초대형 구조실험동

〈한양대학교 실험시설〉

Item	Characteristics
Reaction Wall	• I형 / L11×H8×T1.0(m) / RC벽(T형)
Strong Floor	• L11×W11×T0.6(m) / 121m ² / RC셀 /
Dynamic Actuator	• 1,000kN/250mm stroke/90gpm servovalve/2set • 500kN/250mm stroke/90gpm servovalve/1set • 250kN/250mm stroke/90gpm servovalve/2set • 100kN/250mm stroke/30gpm servovalve/2set
Static Actuator	• 2,000kN/250mm stroke/30gpm servovalve/1set
Loading Frame	• 2,700kN, 3m×3m seismic table
Hydraulic Power Unit	• Total 180gpm, MTS 506.92

○ 10 MN UTM: RIST 강구조연구소

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능 구조시험기
- 위치: 인천시 송도
- 기타 보유장비 : 대용량 유압그립

장비명	10 MN UTM	보유기관	RIST 강구조연구소
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 압축 10 MN, 인장 10 MN, 휨 ± 2 MN • 시험범위: 압축 7 m, 인장 5 m, 휨 35 m • Max Stroke: 1,000 mm • Piston Speed: 100 mm/Min • Column 간격: 1.5 m X 3 m		
특징	• 최대 10 MN 하중까지 소재물성실험 및 구조실험 가능 • 최대 폭 3 m, 길이 35 m인 실대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량 및 건축 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 3 MN UTM: RIST 강구조연구소

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능 구조시험기
- 위치: 인천시 송도
- 기타 보유장비 : 대용량 유압그립

장비명	3 MN UTM	보유기관	RIST 강구조연구소
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 압축 3 MN, 인장 3 MN, 휨 ± 1.5 MN • 시험범위: 압축 5 m, 인장 5 m, 휨 10 m • Max Stroke: 400 mm • Piston Speed: 100 mm/Min • Column 간격: 1.2 m X 0.55 m		
특징	• 최대 3 MN 하중까지 소재물성실험 및 구조실험 가능 • 최대 폭 1.2 m, 길이 10 m인 실대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 30 MN Cable Fatigue Testing Machine: RIST 강구조연구소

- 개요: 토목 및 건축에 사용되는 각종 케이블의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 소재 물성 시험기
- 위치: 인천시 송도
- 기타 보유장비

장비명	30 MN Cable Fatigue Testing Machine	보유기관	RIST 강구조연구소
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 사용되는 각종 케이블의 구조성능 및 피로성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 인장 30 MN, 피로 18 MN • 주파수: ± 5 mm 일 때 1 Hz (Under Loading) • 실험범위: 길이 5 m, 직경 0.53 m • Max Stroke: 500 mm		
특징	• 최대 30 MN 하중까지 케이블 인장실험 가능 • 최대 18 MN 하중까지 케이블 피로실험 가능		
활용범위	• 케이블 강도실험 및 내구성 실험 • 기타 원형 또는 형강 부재 인장 및 피로실험		
장비사진			

○ 15 MN Cable Leak-tightness Testing Machine: RIST 강구조연구소

- 개요: 토목 및 건축에 사용되는 각종 케이블의 누설방지 관련 정·동적 성능을 파악하기 위한 시험기
- 위치: 인천시 송도
- 기타 보유장비

장비명	15 MN Cable Leak-tightness Testing Machine	보유기관	RIST 강구조연구소
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 사용되는 각종 케이블의 구조성능 및 피로성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 수직력: 최대 15 MN • 수평력: 최대 ± 500 kN • Max Stroke: ± 150 mm • 온도조절장치: 온도범위 70℃ (수직 수두 3 m) • 시험체 크기: 길이 5 m, 직경 0.43 m		
특징	• 온도범위 70℃에서 케이블 누설방지 실험 가능		
활용범위	• 교량 및 건축 케이블 누설방지 실험		
장비사진			

○ 2 MN Dynamic UTM: RIST 강구조연구소

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: 인천시 송도
- 기타 보유장비: 대용량 유압그립

장비명	2 MN Dynamic UTM	보유기관	RIST 강구조연구소
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 압축 2 MN, 인장 2 MN, 휨 ± 0.5 MN • 시험범위: 압축 6 m, 인장 5.5 m, 휨 15 m • Max Stroke: 400 mm • 주파수: ± 6 mm 일 때 5 Hz • Column 간격: 3 m X 2 m		
특징	• 최대 2 MN 하중까지 피로실험 및 구조실험 가능 • 최대 폭 3 m, 길이 15 m인 실대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재실험 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험 • 기계 및 중장비의 피로 내구성실험 • 원자력 구조물의 내진성능실험		
장비사진			

○ 5 MN Dynamic UTM: 명지대학교 하이브리드구조실험센터

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: 경기도 용인
- 기타 보유장비: 대용량 유압그립

장비명	5 MN Dynamic UTM	보유기관	명지대학교 Hystec
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 압축 5 MN, 인장 5 MN • 시험범위: 압축 5 m, 인장 4 m, 휨 30 m • Max Stroke: 500 mm • Piston Speed: 40 mm/s • 주파수: ± 10 mm 일 때 1 Hz • Column 간격: 1.5 m X 0.75 m		
특징	• 최대 5 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능 • 최대 폭 1.5 m, 길이 30 m인 신타형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험 • 기계 및 중장비의 피로 내구성실험 • 원자력 구조물의 내진성능실험		
장비사진			

○ 2.5 MN Dynamic UTM: 포스코 기술연구소

- 개요: 금속소재 및 구조부재의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: 경상북도 포항
- 기타 보유장비: 대용량 유압그립

장비명	2.5 MN Dynamic UTM	보유기관	포스코 기술연구소
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 소재물성실험 및 부재 단위 구조실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 압축 2.5 MN, 인장 2.5 MN • 시험범위: 압축 2.5 m, 인장 2.5 m • Max Stroke: 250 mm • Piston Speed: 120 mm/s • 주파수: ± 10 mm 일 때 3 Hz • Column 간격: 0.75 m X 0.6 m		
특징	• 최대 2.5 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능 • 최대 폭 0.75 m, 높이 2.5 m인 금속소재 및 구조부재의 실험가능		
활용범위	• 금속소재의 인장 및 피로실험 • 콘크리트소재의 압축 및 피로실험 • 교량 및 건축 부재실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험		
장비사진			

○ Universal Railway Structure Testing Machine: 한국철도기술연구원

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 2축 만능구조시험기
- 위치: 경기도 의왕
- 기타 보유장비

장비명	Universal Railway Structure Testing Machine	보유기관	한국철도기술연구원
목적	• 철도, 궤도, 건축 등 다양한 분야에서 모형 또는 실대형 크기의 실험체에 대한 정·동적 구조실험 및 성능검증실험에 활용		
규모/성능/사양	• 최대능력: 압축 2.5 MN, 인장 2.5 MN, 수평 0.5 MN • Vertical Loading 2.5 MN Actuator (Stroke 150 mm, ± 1.5 mm에서 5 Hz) • Horizontal Loading 0.5 MN Actuator (Stroke 100 mm, ± 5 mm에서 5 Hz)		
특징	• 최대 2.5 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능 • 수직하중 재하상태에서 최대 0.5 MN 하중까지 수평반복 실험가능		
활용범위	• 철도구조물 정·동적 성능평가 시험 • 교량 및 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험 • 기계 및 중장비의 피로 내구성실험		
장비사진			

○ 30 MN 납면진 받침시험기: 유니슨이앤씨

- 개요: 내진보강부재 및 낙교방지장치의 정·동적 성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 2축 구조시험기
- 위치: 충청남도 천안
- 기타 보유장비

장비명	30 MN 납면진받침시험기	보유기관	유니슨이앤씨
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 사용되는 내진보강장치, 신축이음장치, 낙교방지장치 등의 내진성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• Vertical Loading 30 MN Actuator • Horizontal Loading Actuator		
특징	• 최대 30 MN 하중까지 수직력 재하실험 가능 • 수직하중 재하상태에서 수평반복 실험가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재실험 • 교량 및 건축 부재의 내진성능실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험 • 원자력 구조물의 내진성능실험		
장비사진			

○ 2 MN 피로시험기: 유니슨이앤씨

- 개요: 내진보강부재 및 낙교방지장치의 정·동적 성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 1축 구조시험기
- 위치: 충청남도 천안
- 기타 보유장비

장비명	2 MN 피로시험기	보유기관	유니슨이앤씨
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 사용되는 내진보강장치, 신축이음장치, 낙교방지장치 등의 내진성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• Vertical Loading 2 MN Actuator		
특징	• 최대 2 MN 하중까지 인장, 압축 및 피로실험 가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재실험 • 교량 및 건축 부재의 내진성능실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험 • 원자력 구조물의 내진성능실험		
장비사진			

○ ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE : 동일고무벨트

- 개요: 내진보강부재의 정·동적 성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 2축 구조시험기
- 위치: 부산광역시 금정
- 기타 보유장비

장비명	ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE	보유기관	동일고무벨트
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 사용되는 내진보강장치의 내진성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• Vertical Loading 30 MN Actuator (Stroke 800 mm, Max Speed 4.7 mm/s) • Horizontal Loading 10 MN Actuator (Stroke 800 mm, Max Speed 10 mm/s) • Maximum Specimen Size: 2 m(W) x 2 m(D) x 1 m(H)		
특징	• 최대 30 MN 하중까지 수직력 재하실험 가능 • 수직하중 재하상태에서 최대 10 MN 하중까지 수평반복 실험가능		
활용범위	• 고무관련 성능실험 • 교량 및 건축 부재의 내진성능실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험		
장비사진			

○ TRIAXIAL ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE : 동일고무벨트

- 개요: 내진보강부재의 정·동적 성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만 으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 3축 구조시험기
- 위치: 부산광역시 금정
- 기타 보유장비

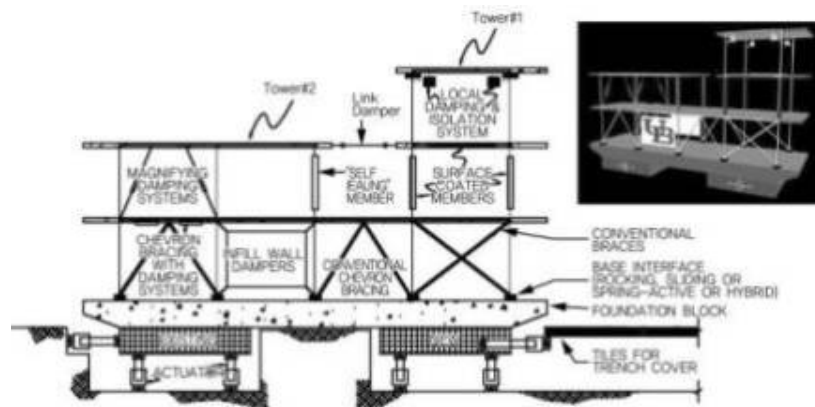
장비명	TRIAXIAL ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE	보유기관	동일고무벨트
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 사용되는 내진보강장치의 내진성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• Vertical Loading 2 MN Actulator (Stroke 300 mm, Max Speed 64 mm/s) • Horizontal Loading 750 kN Actulator (Stroke 600 mm, Max Speed 64 mm/s) • Vertical Loading 200 kN Actulator (Stroke 20 mm, Max Speed 64 mm/s)		
특징	• 최대 2 MN 하중까지 수직력 재하실험 가능 • 수직하중 재하상태에서 최대 0.75 MN 하중까지 수평반복 실험가능		
활용범위	• 고무관련 성능실험 • 교량 및 건축 부재의 내진성능실험 • 교량받침 및 교각의 내진성능실험		
장비사진			

5. 국외 실험시설 동향

□ 실험시설 사례

○ SUNY Buf falo

- Dual Shake Table(3.6m × 3.6m)에서 최대 40m까지 실물 크기의 건축 또는 교량 구조 모형을 X축 가력기(21ton 2개), Y축 가력기(21ton 2개), Z축 가력기(25ton 4개)를 사용하여 3축을 가력 할 수 있으며 최대 50ton 실험체에 대해서 지진모사 및 구조물의 실시간 하이브리드 실험을 할 수 있도록 되어 있음 Dual Shake Table을 사용함으로써 하중을 다지점 재하할 수 있고 규모가 큰 실험체에 대해서도 큰 하중을 재하할 수 있을 뿐만 아니라 지진응답에 대한 실험이 가능하게 설치되어 있음



〈Shake Table을 이용한 지진모사 실험〉

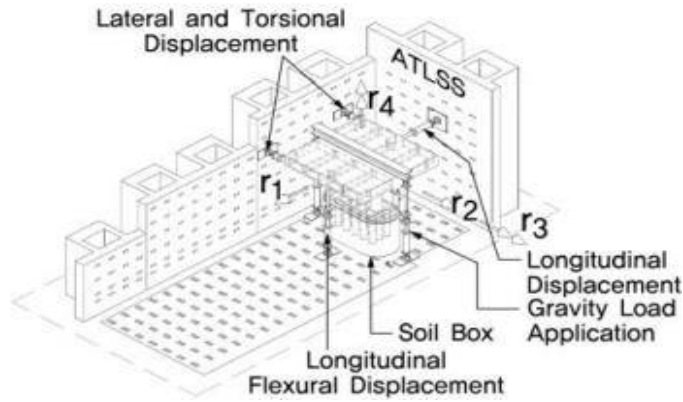
〈SUNY Buffalo Laboratory〉

Item	Characteristics
Shake Table Spec.	• Table size : 3.6 meter × 3.6 meter
	• Maximum specimen weight : 50 ton maximum / 20 ton nominal
	• Max. Overturning Moment : 46 ton meter
	• Max. Off Center Loading moment : 15 ton meter
	• Frequency of operation : 0.1~50 hertz nominal/ 100 hertz maximum
	• Nominal Performance : X axis Y axis Z axis
	• Stroke : ±.105 m ±.150 m ±.075m
	• Velocity : 1250 mm/sec 1250 mm/sec 500mm/sec
	• Acceleration : ±1.15 g ±1.15 g ±1.15g
Actuator	• MTS Servo-controlled Dynamic Rated Double Rod/ MTS 244.4 - Quantity : 2/ Axis : x/ Load Capacity : 21ton - Stroke : 300mm/ Servovalve lpm : 1000
	• MTS Servo-controlled Dynamic Rated Double Rod/ MTS 244.4 - Quantity : 2/Axis : y/ Load Capacity : 21ton - Stroke : 300mm/ Servovalve lpm:1000
	• MTS Servo-controlled Dynamic Rated Double Rod/ MTS206.S - Quantity : 4/ Axis : z/ Load Capacity : 25ton - Stroke : 150mm/ Servovalve lpm : 650

Crane	• 40 kip : 1EA • 15 kip : 3EA
Forklift	• 6 kip(27kN) capacity : 1EA
Strong Floor	• Size : W18.3 × L12.2 × H2.5m • The thickness of Floor slab : 46 cm • Axial load capacity : 250kips (1112 kN)
Test Frame	• Lateral load capacity : 250 kips (1112kN) below 2.4m height • 120 kips (534kN) above 2.4m height
Reaction Wall	• Maximum height 10ft (3m) • Anchor intervals : 30 cm • Maximum force : 20 kip (89kN)
Concrete Moist Room	• Size : W3 × L5.5 × H7
Hydraulic and Universal Testing Machines	• 150 kip Tension Machine - Load Capacity(kN) : 890,445,178,89 - Stroke Capacity(mm) : ±102,51,25,13 - Calibration Interval : 2years
	• Axial-Torsion MTS Machine - Load Capacity(kN) : 445,222,89,44 - Stroke Capacity(mm) : ±127,64,25,13 - Calibration Interval : 2years
	• Large Bearing Test Machine - Load Capacity(kN) : Comp. : 7117.2/ Lateral : 978.6 - Stroke Capacity(mm) : ±127 - Calibration Interval : as needed
	• Small Bearing Test Machine - Load Capacity(kN) : Ver. : 622.8/ Hor. : 244.7 - Stroke Capacity(mm) : Hor. : ±152.4/ Ro. : ±2° - Calibration Interval : as needed
	• Tinius Olsen Universal Testing Machine - Load Capacity(kN) : 1335,667,356,178,89 - Stroke Capacity(mm) : 1.52 - Calibration Interval : 2years
Data Acquisition System	• Pacific Instruments 6000 Data Aquisition Mainframe : IEEE488 interface/supporting up to 32000 channels
	• Krypton K600 Portable CMM system : dynamic mobile coordinate measurement machine
	• Optim Megadec 16 Bit Data Acquisition Mainframe : modular, expandable system
	• Dell Optiplex Workstations with National Instruments/LabView Data Acquisiton : LabView 7 Express data acquisition
	• Intel Pentium II PC & Data Translation 12 bit Desktop System : up to 32 channels per PC

○ Lehigh Univerity

- Strong Floor의 면적은 372m²에 Reaction Wall이 L형의 Multi - Directional System으로, Multi-Directional Reaction Wall의 총 길이는 32m이고, Reaction Wall 높이는 6.1m, 9.1m, 12.2m 및 15.2m로 점차적으로 높이를 증가시켜서 설치되어 있음 또한 보유장비는 8 Channel Control System, Real Time Hybrid Control Packages, 256 Channel의 Data Acquisition System, Wireless Mems-Based Accelerometers, Piezoelectric Transducers 및 Fiber Optic Strain Gages 등의 진보된 센서들을 보유하고 있음



〈Multi-Directional Reaction Wal〉

〈University of Lehigh Laboratory〉

Item	Characteristics
Multi-Directional Reaction Wall	• 15.2m to 6.1m tall L shaped reaction wall • 30.5m to 12.2m strong test floor
Hydraulic Equipment	• 20.7 MPa (3000 psi) Hydraulic power system with 2270 liters/min • Central hydraulic distribution system • 6-Vickers service hydraulic manifolds, 150 liters/min
Hydraulic Loading Equipment	• Sactec 2670 kN universal test machine • MTS 245 kN fatigue test machine
Hydraulic Actuators	• 3-2680 kN Hanna, ± 750 mm stroke, 20mm/sec • 2-2050 kN Hanna, ± 480 mm stroke, 25mm/sec • 4-1500 kN Hanna, ± 480 mm stroke, 35mm/sec • 2-1500 kN Hanna, ± 125 mm stroke, 35mm/sec • 2-1050 kN Hanna, ± 125 mm stroke, 50mm/sec • 2-670 kN Hanna, ± 300 mm stroke, 80mm/sec • 8-580 kN Hanna, ± 125 mm stroke, 60mm/sec • 2-1000 kN Hanna, ± 125 mm stroke, 35mm/sec • 2-130 kN Hanna, ± 125 mm stroke, 35mm/sec
Controllers	• 4-Vickers controller systems • 1-Portable vickers controller system • 2-MTS 458 Controllers
Data Acquisition Systems	• 1-OPTIM Megadeck 2300 (256 channels) • 2-Keithley Instruments DAS 1802HC (192 channels) • 200 Channels of signal conditioners
Overhead Crane Systems	• 180 kN Radio controlled • 90 kN Radio controlled
Special Equipment	• V-Notch Charpy testing machine • SEM and Light Microscopy equipment

○ University of Colorado

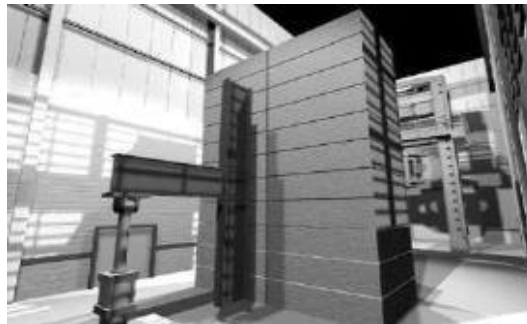
- FHT System으로서 3개의 고성능 동적 가력기를 가지고 있다. 2개의 가력기는 하중능력이 50ton, stroke는 ± 127 mm 및 최대속도 500mm/sec이며, 나머지 한 개는 하중능력이 100ton, stroke는 ± 152 mm 및 최대 속도 254mm/sec으로서 지진모사실험이 가능함 Hydraulic Power Supply는 682lpm의 Silent Pump이며, 추가적으로 2개의 265lpm의 Hydraulic Pumps를 가지고 있어 필요시 사용할 수 있음 또한 Digital Control, Data-Aquisition 과 Signal-Condition System을 사용하고 있음 이 시스템은 16-bit Resolution에 6개 Input /Output Channel을 가지고 있으며, 48개의 Analog Input Channel을 Digital Universal Conditioners Modules 을 통하여 Signal Conditioning 할 수 있음 12개의 Channel은 Load, Stroke, Actuators 등의 용도이며, 10개의 Channel은 LVDT, 26개는 Strain Gages Channel으로 구성되어 있음

〈University of Colorado Laboratory〉

Item	Characteristics
Strong Floor	• 12m x 21m with 0.6m thickness
Crane	• 5 ton overhead crane
Control Room	• computers, video/audio equipment and other IT equipment/Connected to internet
Concrete Curing Room	• 4.5m × 6m
Hydraulic Power Supply	• 682lpm(180gpm) silent pump
One 100-ton (220 kip) Double Acting Actuators	• ±152mm stroke, 947lpm(250gpm) three-stage servovalve; maximum velocity of 254mm./sec; furnished with internal LVDT
Two 50-ton (110kip) Double Acting Actuators	• ±127mm stroke, 682lpm(180gpm) three-stage servovalve; maximum velocity of 500mm/sec; furnished with internal LVDT

○ UC Berkely

- 실험시설의 특징은 Pseudo Dynamic Testing을 하기 위하여 다양한 Pseudo Dynamic Testing Method 알고리즘을 가지고 있으며, 한 개 또는 Multiple Sub-Structures를 실험할 수 있을 뿐만 아니라, Real-Time, Near-Real-Time 및 Slow Test를 실험할 수 있게 되어 있음 다양한 실험체에 대해서 실험이 가능하게 되어 있음. 또한, Reconfiguration Reaction Wall(3.0m×2.7m×0.75m units 24ea)을 사용하여 최대 13m 높이 실험할 수 있도록 만들었음



〈Tall Wall Configuration〉

〈UC Berkely Laboratory〉

Item	Characteristics
Strong Floor	• 6m x 18m
Reaction Wall	• Reconfigurable up to 13m hight
Actuator	• MTS Dynamic Actuator - Quantity : 2/ Load Capacity : 140kips - Stroke : ±10 in/ Velocity : 20 in/sec
	• MTS Dynamic Actuator - Quantity : 2/ Load Capacity : 125kips - Stroke : ±20in/ Velocity : 20 in/sec
	• MTS Static Actuator - Quantity : 3/ Load Capacity : 220kips - Stroke : ±32in/ Velocity : 25gpm

○ Multi-Axial Testing System(MATS): NCREE in Taiwan

- 개요: A자 형태의 철근 콘크리트 프레임과 강합성 콘크리트 가로보로 구성된 6자유도 내진성능 시스템으로 하이브리드 지진 시뮬레이션 실험을 수행하기에 효과적인 실험 장비
- 위치: Taiwan

장비명	Multi-Axial Testing System (MATS)	보유기관	NCREE in Taiwan
목적	• 6자유도의 하이브리드 시뮬레이션 실험 및 면진장치 등의 성능 실험에 활용		
규모/성능/사양	• Longitudinal Static +4.4MN, -3.54MN, $\pm 1,200\text{mm}$, $\pm 30\text{mm/sec}$ • Longitudinal Dynamic $\pm 2\text{MN}$, $\pm 500\text{mm}$, $\pm 600\text{mm/sec}$ • Lateral Static $\pm 4\text{MN}$, $\pm 100\text{mm}$, $\pm 20\text{mm/sec}$ • Vertical Dynamic +30MN, +150mm, $\pm 60\text{mm/sec}$ • Vertical Static +60MN, +150mm, $\pm 10\text{mm/sec}$ • Roll Dynamic $\pm 8\text{MN-meter}$, $\pm 2^\circ\text{C}$, $\pm 0.06\text{rad/sec}$ • Pitch Dynamic $\pm 27\text{MN-meter}$, $\pm 2^\circ\text{C}$, $\pm 0.05\text{rad/sec}$ • Yaw Static $\pm 5.61\text{MN-meter}$, $\pm 2^\circ\text{C}$, $\pm 0.015\text{rad/sec}$		
특징	• 최대 수직하중 정적 60MN, 동적 30MN 까지 구조실험 가능 • 수평 길이방향으로 정적 4.4MN, 동적 2MN까지 구조실험 가능 • 6자유도 구조실험이 가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 30 MN UTM: Academy of Building Research Institute

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Japan
- 기타 보유장비

장비명	30 MN UTM	보유기관	Academy of Building Research Institute
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 30 MN System • Crosshead Mounted Actuator • 13 Meter Test Space • Strong Floor Integration		
특징	• 최대 30 MN 하중까지 구조실험 가능 • 최대 높이 13 m 실험대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량 및 건축 부재실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 20 MN UTM: China Academy of Sciences

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: China
- 기타 보유장비

장비명	20 MN UTM	보유기관	China Academy of Sciences
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 20 MN System • Crosshead Mounted Actuator • 10 Meter Test Space • Strong Floor Integration		
특징	• 최대 20 MN 하중까지 구조실험 가능 • 최대 높이 10 m 실대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량, 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 15 MN Dynamic UTM: Laboratorio Generalitat

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Spain
- 기타 보유장비

장비명	15 MN Dynamic UTM	보유기관	Laboratorio Generalitat
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 15 MN System • Crosshead Mounted Actuator • Strong Floor Integration to 10 Meter Specimen Length • 8 Meter Vertical Test Space		
특징	• 최대 15 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능 • 최대 높이 8 m, 길이 10 m인 실대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량, 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 15 MN Dynamic UTM: Centre for Frontier Engineering Research

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Canada
- 기타 보유장비

장비명	15 MN Dynamic UTM	보유기관	Centre for Frontier Engineering Research
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 15 MN System • Crosshead Mounted Actuator • Cold Chamber Integration • Strong Floor Integration		
특징	• 최대 15 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능		
활용범위	• 교량, 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 10 MN Dynamic UTM: Boeing Aircraft

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Seattle
- 기타 보유장비 : 대용량 압축판

장비명	10 MN Dynamic UTM	보유기관	Boeing Aircraft
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 10 MN Dynamic Capacity • Baseplate Mounted Actuator • Self Reaction Design		
특징	• 최대 10 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능		
활용범위	• 교량, 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능 실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 10 MN Dynamic UTM: Ecole Polytechnique de Montreal

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정·동적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Canada
- 기타 보유장비

장비명	10 MN Dynamic UTM	보유기관	Ecole Polytechnique de Montreal
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• ± 10 MN Dynamic Capacity • Crosshead Mounted Actuator • 10 ft. x 3 ft Column Spacing		
특징	• 최대 10 MN 하중까지 정·동적 구조실험 가능 • 최대 폭 3 m 실험대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량, 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능 실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 5 MN UTM: University Laval - Quebec

- 개요: 구조부재 및 중소형 구조물의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Canada
- 기타 보유장비

장비명	5 MN UTM	보유기관	University Laval - Quebec
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 부재 단위 구조실험 및 구조물 단위의 구조성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 1140 kip (5 MN) Compression • 800 kip (3.5 MN) Tension • Crosshead Mounted Actuator • 5 Meter Test Space • 6 ft. x 2.5 ft Column Spacing		
특징	• 최대 5 MN 압축 및 3.5 MN 인장 구조실험 가능 • 최대 폭 1.8 m에 높이 5 m까지 실험대형 및 축소 실험체의 실험가능		
활용범위	• 교량, 건축 부재 및 구조실험 • 교량받침 및 교각의 성능실험 • 기계 및 중장비의 성능 실험 • 원자력 구조물의 성능실험		
장비사진			

○ 10 MN Horizontal UTM: Exxon

- 개요: 강관 파이프 및 케이블 등의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Houston
- 기타 보유장비

장비명	10 MN Horizontal UTM	보유기관	Exxon
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 파이프 및 케이블 등 부재의 성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 10 MN Horizontal Frame • Pipe and Cable Testing • Self Reaction Frame Design • Tension, Compression and Bending		
특징	• 최대 10 MN 하중까지 인장, 압축 및 휨 실험 가능 • 실험장치가 수평으로 설치되어 있음		
활용범위	• 강관의 압축실험 • 케이블의 인장실험 • 교량 및 건축 부재실험 • 내진보강장치의 성능실험		
장비사진			

○ 10 MN Horizontal UTM: US Bureau

- 개요: 케이블 등의 정적 구조성능을 파악하기 위한 실험을 추가 장치 없이 장비 자체만으로 비교적 쉽게 파악할 수 있는 만능구조시험기
- 위치: Mines
- 기타 보유장비

장비명	10 MN Horizontal UTM	보유기관	US Bureau
목적	• 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야에서 케이블 등 부재의 성능 검증 실험에 활용		
규모/성능/사양	• 10 MN Horizontal Frame • Cable Testing • Self Reaction Frame Design • Tension and Compression		
특징	• 최대 10 MN 하중까지 인장 및 압축 실험 가능 • 실험장치가 수평으로 설치되어 있음		
활용범위	• 케이블 등의 인장실험 • 교량 및 건축 부재실험 • 내진보강장치의 성능실험		
장비사진			

6. 소결

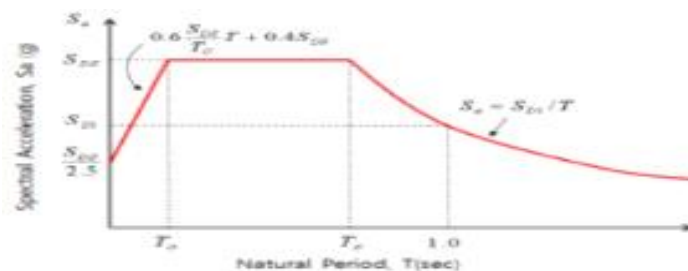
- 초고속의 수평하중과 대용량의 수직하중을 동시에 재하할 수 있는 일체형 UTM은 국내는 물론 세계적으로도 보유하고 있는 기관이 1곳 정도에 불과하며 그 희소성이 상당히 큰 것으로 파악됨
- 지금까지는 일축방향의 하중만 작용시키는 UTM이 일반적이었지만 가능하면 실제 구조물의 작용하중을 모사할 수 있는 다자유도 UTM의 수요가 증가하고 있는 추세임
- 세계적으로 30MN의 UTM이 정적 최대용량이며 본 사업에서 구축하고자 하는 “급속 수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM”은 동적용량으로 볼 때 세계 최고 수준의 일체형 시스템인 것으로 파악됨
- 고강도 강재의 용접부 피로성능 실험과 같이 장기간의 시간이 요구되는 실험의 경우에 시간 및 비용 절감 등의 경제적인 실험을 위하여 더욱 향상된 고속의 고성능 UTM이 필요함
- 초장대 교량 및 초고층 건축물의 건설에 따른 관련 성능 실험도 대형화되고 있는 추세이며 이러한 추세를 반영한 기술개발을 위하여 대용량의 부재를 실험할 수 있는 장비 구축이 필요함
- 지금까지 외국의 실험시설에 의존했던 대용량 낙교방지장치 및 교량 받침 등을 국내에서 수행하기 위해서는 20MN의 정적 수직하중과 2MN 이상의 동적 수평하중을 동시에 가할 수 있는 초고속 대용량 UTM이 필요함
- 극후판 및 고강도 강재의 용접부 등에 대한 인장강도 등을 평가하기 위해서는 현재 국내 최대 용량인 5,000kN Dynamic UTM 이상의 대용량 UTM이 필요함
- 고강도 강재의 용접부 피로성능 실험과 같이 장기간의 시간이 요구되는 실험의 경우에 시간 및 비용 절감 등의 경제적인 실험을 위하여 초고속의 고성능 UTM이 필요함
- 기업체의 연구소에서 10MN 용량의 실험 장비를 보유하고 있지만 공공의 용도로 쉽게 사용하기에는 어려운 실정임
- 대형 시험체를 실험하는 경우에 기존의 UTM으로는 설치공간의 제약 때문에 불편하고 어렵기 때문에 상대적으로 넓은 설치 공간 및 작업공간을 확보할 수 있는 대형 UTM이 필요함

2절 국제기준 대응 비구조요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

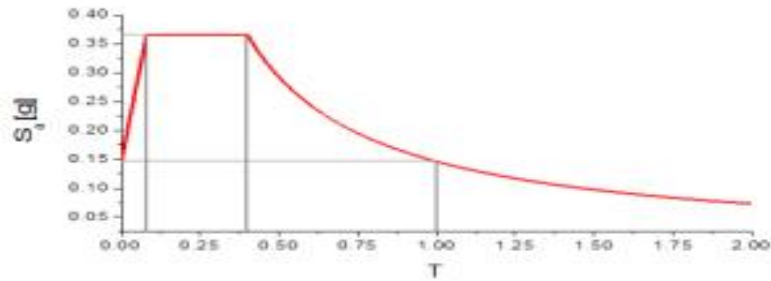
1. 국내 연구동향

□ 전기통신설비의 내진 시험방법

- 철탑시설물 및 선로구조물과 같은 옥외구조물과 통신장비, 전원설비, 부대설비 등을 대상으로 하는 내진성능 시험규정
- 수변전장치와 예비전원설비와 철탑시설물 및 선로구조물 등의 옥외구조물은 시험검증 또는 해석검증을 적용하도록 하고 있다. 그 이유는 규모가 철탑, 선로구조물과 수변전장치 등은 국내 실험요건 특히, 장비의 제약 등으로 인하여 해석적인 검증을 허용하고 있는 것으로 판단됨
- 시험방법
 - 내진설계 검증을 위해 시험대상설비에 인가하여야 하는 최소 지진가속도의 주파수 함수인 요구응답 스펙트럼은 지반과 동일한 높이 또는 지하에 설치되는 경우에는 지반응답 스펙트럼을 사용
 - 건물의 지반보다 높은 층에 시설되는 설비는 해당 층의 층응답스펙트럼을 사용
 - 시험대상설비는 진동대 위에 실제 사용되는 형태와 동일하게 구성하여 설치
 - 진동주파수범위의 최저주파수는 1Hz 이하, 최고주파수는 50Hz 이상
 - 3축(X/Y/Z)가진을 기본으로 함
- 지반응답스펙트럼은 건축구조설계기준의 설계 스펙트럼 가속도에 따라 작성하여 사용
- 층응답스펙트럼은 전기통신설비가 설치되는 해당 층에 대한 응답스펙트럼을 작성하여 사용하거나 전기통신설의 내진 시험방법의 층응답 스펙트럼을 사용
- 설계스펙트럼가속도(건축구조설계기준)
 - 설계스펙트럼가속도(1)는 건축구조설계기준의 설계 스펙터럼 가속도이며 [건축구조설계기준(2)]는 건축구조설계기준에서 제시하고 있는 제 1 지진지역의 보통암 지반에서의 설계스펙트럼 가속도임



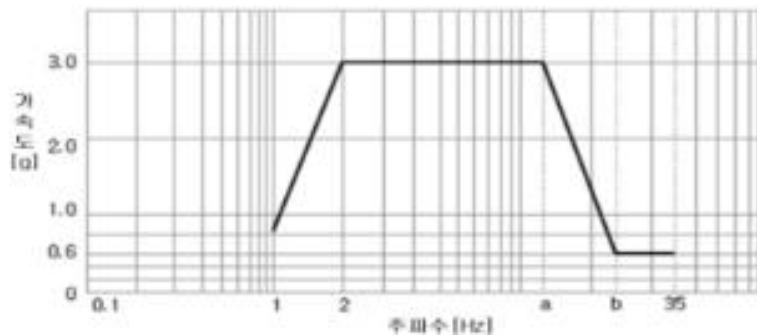
〈설계스펙트럼가속도(건축구조설계기준) (1)〉



〈건축구조설계기준의 설계스펙트럼가속도[보통압지반(S_B), 지진지역(1지역)(2)]〉

○ 응답스펙트럼

- $g = 9.8\text{m/s}^2$
- $a = 35/3\text{Hz}$, $b = 2a$
- 감쇠율(damping ratio)은 2%를 적용.
- 1Hz에서 2Hz까지의 가속도 변화는 12dB/octave의 기울기를 갖도록 해야 함
- a에서 b까지의 변화는 로그리즘 단위에 의한 선형보간법을 적용해야 함
- 수직방향 진동에 대한 응답스펙트럼의 경우 영주기 가속도(0.6g)를 최대50%까지 경감시켜 사용할 수 있음

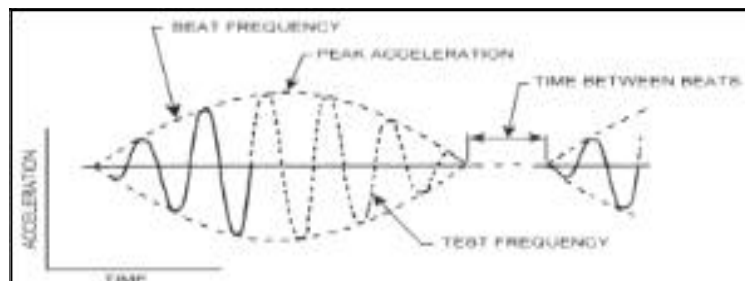


〈전기통신설비의 내진 시험방법의 응답스펙트럼 (3)〉

- 가스절연개폐기, 선로구조물, 배전반 등의 규모가 큰 구조물 및 장비는 설치조건에 맞추어 내진성능 시험을 실시하여야 하나 국내 실험요건 특히, 장비의 제약 등으로 인하여 개별 내진성능 검증을 실시하고 있는 실정이며, 그 중에서도 부피가 크거나 무거운 장비의 경우는 부품별로 내진성능을 검증하는 것을 대신하고 있음. 하지만 부품별 내진성능 검토결과가 실제 설치 및 조립된 상태의 내진성능을 대신할 수 없으므로 관련 연구자 및 전문가들로부터 조합된 기기의 내진성능이 가능한 고성능 진동대에 대한 요구가 증가하고 있음

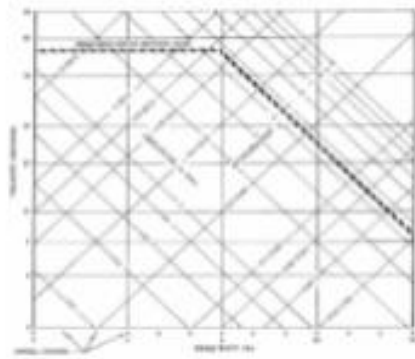
2. 국외 연구동향

- IEEE Std 344 : IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations
 - 원자력 발전소와 관련된 비구조 요소의 내진성능검증에는 IEEE Std 344, IEEE Std 323 또는 IEEE Std 382 등의 기준이 적용되고 있음
 - IEEE Std 323과 IEEE Std 344는 원자력 발전소에 설치되는 E1급 장비의 내진성능 검증실험을 위한 규정으로 IEEE Std 344는 시험 방법에 대한 규정임
 - 실험 시료는 실제구조물에 설치되는 것과 동일한 조건으로 진동대에 설치되어야 하며 지진 실험 중 또는 실험이 끝난 후에 장비의 안전기능이 작동할 수 있음을 입증하여야 함을 명시하고 있음
 - 적절하게 모델링 할 수 없는 복잡한 구조물에 대해서는 해석적인 방법으로 내진성능을 평가할 수 없음
 - TRS(test response spectrum)는 RRS를 포락하여야 하며, 지진동은 3축으로 상호 독립적인 신호를 입력하여야 함
 - 강진지속시간은 10~15초, 주파수범위는 1~33Hz를 권장하고 있음
 - Sine-beat test는 그림과 같이 주파수 및 그 진폭의 정현파로 구성되어지고 첨두값은 RRS 첨두값의 1.5배를 사용함. 따라서 RRS의 peak값이 2g이상이고 시료의 무게가 2ton 이상인 경우 현재 국내 기관이 보유중인 진동대 장비로는 실험이 어려운 실정임

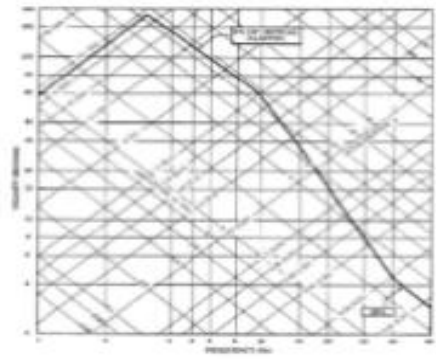


〈Sine beat test〉

- IEEE Std 382 : IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations
 - IEEE Std 382는 가장 보수성이 높은 시험방법 중의 하나로서 sine sweeping test인 RIM test를 적용 하고 있으며 기계 및 전력설비의 경우 IEEE Std 382에 의한 시험을 더 선호하는 추세임. 다음 그림 은 IEEE Std 382에서 제시하고 있는 RRS(required response spectrum)와 RIM test용 입력진동임
 - 그림의 내용을 종합하였을 때 2ton 이상의 비구조 요소에 대하여 IEEE Std 382규정을 적용한 내진 성능시험을 수행하기 위해서는 동작주파수의 범위가 2~50Hz이상, 변위가 $\pm 250\text{mm}$ 이상, 최대 적재 하중이 2ton 보다 충분히 큰 6g이상의 6자유도 진동대 장비가 요구됨



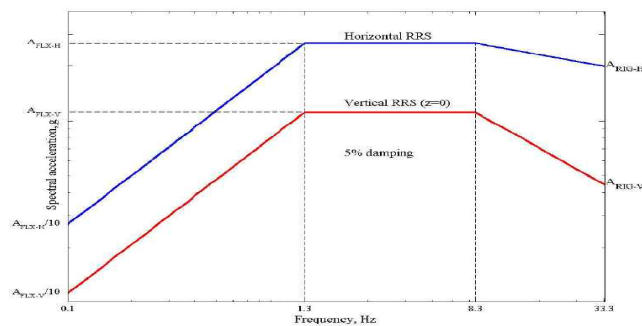
〈IEEE Std 382 Seismic qualification required input motion (RIM)〉



〈IEEE Std 382 Seismic qualification required response spectrum (RRS)〉

○ ICC-ES AC156 : Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components

- 비구조요소에 대한 진동대 실험 기준으로 RRS는 다음(ICS-ES.)그림과 같으며 감쇠비는 5%를 사용하고 있음



〈ICC-ES AC156 required response spectrum〉

〈ICC-ES AC156 RRS Parameter〉

Test criteria	A_{FLEX-H}	A_{RIG-H}
ICC-ES AC156	4.0	3.0

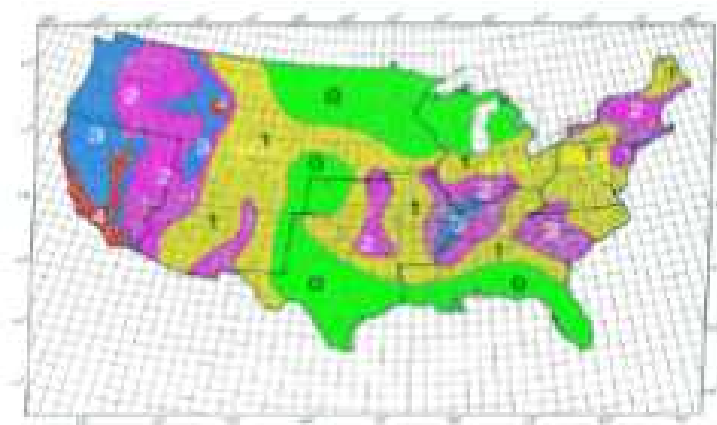
- RRS수평 성분의 최대값은 ICC-ES의 표와 같음
- 그러므로 ICC-ES AC156에서 제시하는 가장 가혹한 조건을 만족하기 위해서는 진동대 장비의 최대 가속도가 4g이상이 되어야 함
- RRS 의 수직방향 성분은 각각 A_{FLEX-H} 의 67%, A_{RIG-H} 의 27%임
- 진동지속시간은 30초 이상, 강진지속시간은 20초 이상을 권장하고 있음

○ Telcordia GR-63-CORE : NEBSTM Requirements: Physical Protection

- Telcordia GR-63-CORE는 통신장비 및 통신용 비구조요소에 대한 표준규격으로 채택되어 사용 되어지고 있으며 지진의 예상규모에 따라 0부터 4단계로 구분하여 요구응답스펙트럼(RRS)을 적용하고 있음
- Zone1부터 Zone4까지의 지진위험지역을 UBC(Uniform Building Code)를 적용하여 구분하고 있음.

Zone0은 지진위험이 없는 지역임

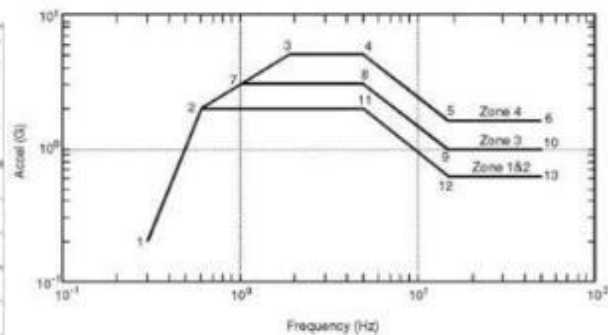
- Telcordia GR-63-CORE는 지진위험지역에 따라 요구하는 RRS의 크기가 다름. Zone 4의 경우 ZPA가 1.6g이고 200mm이상의 변위가 요구되고 있음
- 강진구간은 최대 진폭의 25%를 넘는 시간부터 25%이하의 진폭이 유지되기 시작하는 시간까지로 설정함



[지진위험지역]

Earthquake Risk Zone	Richter Magnitude	Modified Mercalli Index (MMI)	Low Frequency Ground Acceleration (g's)	Low Frequency Upper Building Floor Acceleration (g's)
0	< 4.3	V	< 0.05	< 0.2
1	4.3 ~ 5.7	V ~ VII	0.05 ~ 0.1	0.2 ~ 0.3
2	5.7 ~ 6.3	VII ~ VIII	0.1 ~ 0.2	0.3 ~ 0.4
3	6.3 ~ 7.0	VIII ~ IX	0.2 ~ 0.4	0.4 ~ 0.6
4	7.0 ~ 8.3	IX ~ XII	0.4 ~ 0.8	0.6 ~ 1.0

<지진위험지역>



<각 Zone에 따른 응답스펙트럼의 크기>

- 시험전에 1~50Hz범위의 0.2g수준의 가속도 정현파를 1 oct/min의 변화율로 주파수 소인시험을 하거나 최대 가속도 0.2g 수준의 랜덤파형으로 가진하여 진동대와 시험체 사이의 전달함수를 구해 고유진동수와 감쇠 계수를 판단하도록 해야 함 지진시험 후에도 동일한 절차로 공진탐색을 하여 시험체의 동특성 변화를 비교해야 함
- 시험과정은 모두 비디오로 녹화하여야 함
- 지진시험은 전기적 성능을 유지한 상태에서 3축 각 방향으로 가진해야 함

○ IEC 60028-2-57

- IEC 60068-2-57에서는 일반적인 진동시험 방법을 제시하고 있으며 시험조건에 따라 ZPA가 0.5g~5g인 응답스펙트럼을 요구하고 있음. ZPA가 1g인 경우의 속도는 65cm/s, 변위는 60mm 수준이 됨
- EC 60068-2-57에서는 시간이력의 포락함수는 정의하고 있지 않음
- EC 60068-2-57는 시험 전후로 주파수소인법에 의한 공진탐색시험을 요구하고 있으며, 시험 전과 후의 공진주파수가 달라졌을 경우의 원인파 조차 후 공진탐색시험을 다시 수행한 결과를 상세히 기록하도록 하고 있음

- 시험은 3축동시 가진을 권장하고 있으며 시간이력의 RRS는 동일하되 형태가 다르게 제작되어야 하며 통계학적으로 독립성이 유지되어야 함. IEEE Std 344에서는 상관계수값이 0.3을 초과하지 않으면 독립성을 가진다고 정의하고 있음
- 지진시험중 시험체의 가동을 점검하여야 함

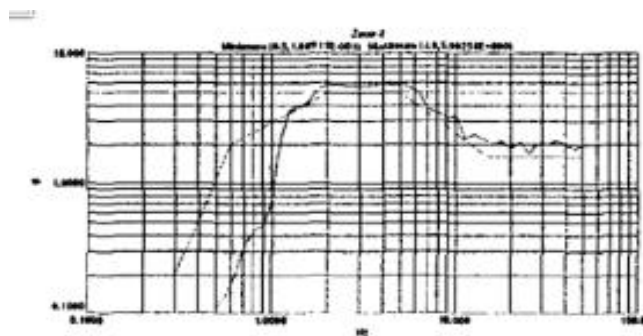
3. 국내외 연구동향 검토의견

- 국외 기준들의 최대 요구사항을 정리하면 지진위험지역의 표와 같음 IEEE Std 344의 경우 표에는 따로 표시하지 않았으나 Sine-beat test의 진폭은 RRS 첨두값의 1.5배를 사용하도록 권장하고 있으므로 진동대 장비의 최대가속도가 클수록 좋음
- 최대가속도 6g, 최대변위 250mm 만족하는 진동대 장비를 도입하게 되면 국제요구 기준을 만족할 수 있을 것으로 판단됨

〈지진위험지역〉

기준	최대가속도 [g]	최대변위 [mm]
Telcordia GR-63-CORE	1.6	200
IEC 60028-2-57	5	
ICC-ES AC156	4	
IEEE Std 382	6	250
전기통신설비의 내진 시험방법	0.6	

- Telcordia GR-63-CORE의 RRS를 이용하여 합성된 시간이력은 저주파수 부분의 높은 진폭을 요구하게 되어 Zone 4의 경우 200mm를 초과하는 성능을 가진 진동대가 필요함. 따라서 현실적인 시험을 위해 High Pass Filter를 0.8Hz로 적용하면 1.2Hz이상의 구간에서 시험용 TRS가 RRS를 포락하게 되며 변위는 100mm정도로 구현이 가능하게 됨



〈Zone 4의 RRS와 TRS〉

- 180mm이상의 최대변위를 확보하게 되면 IEEE Std 382의 RIM test까지 수행할 수 있게 되어 국제기준이 요구하는 저주파 성분을 구현할 수 있음

- 부품별 내진성능 검토결과가 실제 설치 및 조립된 상태의 내진성능을 대신할 수 없으므로 관련 연구자 및 전문가들로부터 조합된 기기의 내진성능이 가능한 고성능 진동대에 대한 요구가 증가하고 있음
- 가스절연개폐기, 선로구조물, 배전반 등의 규모가 큰 구조물 및 장비는 설치조건에 맞추어 내진성능 시험을 실시하여야 하나 국내 실험조건 특히, 장비의 제약 등으로 인하여 개별 내진성능 검증을 실시하고 있는 실정이며, 그 중에서도 부피가 크거나 무거운 장비의 경우는 부품별로 내진성능을 검증하는 것을 대신하고 있음
- 따라서 국내의 비구조 요소에 대한 내진성능검증기준은 “전기통신설비의 내진 시험방법” 밖에 없는 실정임. 국제수준의 진동기술력을 가지기 위해서는 고성능의 진동대가 필요하며, 이를 바탕으로 실험데이터를 축적하고 진동검증기술을 발전시킨다면 독자적으로 비구조 요소에 대한 내진성능검증 기준을 제시할 수 있을 것임. 세계적으로 비구조 요소에 대한 내진성능 검증요구가 증가하는 시점에서 국내 기업들이 시장경제성을 가지기 위해서는 국제기준을 만족하는 내진성능검증실험을 수행할 수 있어야 할 것임
- 비구조 요소의 내진성능시험에 대한 국제기준 중 하나인 IEEE Std 344에 의하면 여러 부품들의 조합으로 이루어진 장비들은 해석적인 방법으로 내진성능 검증을 대신할 수 없으며 실험을 통하여 그 성능을 검증할 것을 권고하고 있음
- 전 세계적으로 국가 기간시설에 대한 내진성능 검증의 수요가 증가하고 있으며, 특히 원자력 발전소의 경우 모든 주요장비 및 비구조 요소들은 내진성능검증을 수행하여야 하는 경우가 대부분임
- 원자력 발전소에 도입되는 비구조 요소나 옥외에 설치되는 비구조 요소는 그 규모가 큰 경우가 많으므로 도입할 진동대 장비의 최대적재하중은 최소 5ton 이상이 되어야 할 것으로 판단됨
- 미국, 중동 등의 해외 강진지역으로 수출하는 국내 업체들의 시험수요도 늘어나고 있는 실정으로 규모와 최대가속도가 충분한 진동대의 도입이 시급한 실정임. 본 기관에서 요구하는 6ton 이상 10g급 6자유도 진동대는 이러한 수요와 요구를 충족시켜줄 수 있는 장비이며, 기존의 이동 가능한 3자유도 진동대 및 고정된 6자유도 진동대와 연계하여 선로구조물 등의 길이가 긴 구조물의 내진성능시험이 가능할 것으로 예상됨
- 내진 및 내진동 성능검증실험이 국내에서 이루어질 수 없다면 외국의 실험기관에서 검증을 수행하여야 하며 이 때 발생하는 비용은 국내에서 수행하는 경우에 비교할 수 없을 것임. 또한, 국내에서 실험을 직접 수행하면서 문제점을 파악하여야 관련 기술의 개발 및 발전을 도모할 수 있는 기회가 다양하게 주어질 것으로 판단됨

4. 국내 실험시설 동향

○ 구험가속도 5g이상의 진동대

- 국가연구시설 장비관리 서비스에 등재된 고성능 진동대라 할 수 있는 것은 구험 가속도 5g 이상의 진동대를 기준으로 할 수 있음. 따라서 이러한 진동대의 크기 및 실험 가능 중량을 고려한 국내 주요 장비 현황은 다음 표와 같음

〈5g이상의 가속도를 구험 가능한 국내 6자유도 진동대 현황〉

기관	Size (m2)	Payload (metric tonnes)	Acceleration (g)
전력연구원	6.25	2	9
창원대학교	3.15	1	8
한국표준과학연구원	1.44	0.5	10
SGS	6.25	3	5.5
한국산업기술시험원	6.25	2.5	10
한국산업기술시험원	1.44	1	5
한국기계연구원	?	2	6

- 현재 SGS와 한국산업기술시험원에서 보유중인 진동대는 동일한 제작사에서 납품한 제품으로 성능이 유사함. 두 기관모두 최대적재하중은 2.5~3ton 이지만 2ton 이상의 시료에 대해서는 장비노후화 및 안전 등의 이유로 실험을 수행하지 않음
- 공동 활용이 가능한 6자유도 진동대 장비 중 5g이상의 실험이 가능한 장비는 위의 표와 같이 한국표준과학연구원의 6-자유도 진동제시장치와 한국전력공사 전력연구원의 전력설비 내진검증용 6자유도 진동대, 창원대학교 6자유도 진동내구성평가 시험기 등이 있으나, 해당 장비들에 적용이 가능한 시료의 무게는 최대 2ton 이하이므로 원자력 발전소에 설치되는 기기나 초고층 빌딩에 설치되는 기기들의 무게에 비하여 충분하지 못함
- 현재 국내에서 보유중인 구험가속도가 5g이상의 진동대 중 창원대학교의 6자유도 진동내구성 평가시험기는 단독활용만 가능하도록 되어 있으며, 공동활용이 가능한 장비는 한국전력공사 전력연구원의 전력설비 내진검증용 6자유도 진동대와 한국표준과학연구원의 6자유도 진동대 장비뿐임
- 이들 중 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 매우 시급한 실정임

○ 6자유도진동제시장치: 한국표준과학연구원

- 개요: 인체에 미치는 진동을 연구하기 위하여 특수하게 설계 제작된 진동 재현장치로서 자동차 승차감 연구 및 전신 진동에 대한 인체 반응연구 등에 사용을 목적으로 하여 제작되었음
- 위치: 대전
- 부대 시설 및 장비: 6-자유도 IMS 측정 센서, 6-자유도 Force platform, 인체 피폭 진동 측정용 12축 진동측정장치 등

장비명	6-자유도 진동제시장치 (6-DOF Vibration Simulator)	보유기관	한국표준과학연구원
목적	• 인체에 미치는 진동을 연구		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 1 Hz ~ 60 Hz • 최대가속도: ± 10 g • 최대변위: 250 mm • 최대적재하중: 500 kg • 진동대 크기: 1.2 m * 1.2 m		
특징			
활용범위	• 자동차 승차감 연구 (자동차 시트 등) • 전신 진동에 대한 인체의 반응연구		
비고	• 제작사(국가) :유웅연제작소(대한민국)		
장비사진			

○ 6자유도 진동내구성평가 시험기: 창원대학교 진동내구성 평가센터

- 개요: 중앙정부를 비롯한 경상남도 및 창원시에서 32억원, 창원대에서 토지 및 건물과 현금 2억 5천만원, 불로그룹코이아(주)에서 6억원의 현금 등 총 41억여원의 지원을 기반으로 2004년 구축되었으며, 진동, 피로내구성 관련 산학연 네트워크를 바탕으로 동남권 기업 체의 진동, 피로내구성 평가업무를 지원하고 있음. 이는 동남권역 및 국내의 진동·피로 내구성 평가를 요구하는 자동차부품, 건설기계, 수송기계, 전자부품, 우주항공 및 기계 부품 소재분야의 수요에 적극 대응하며 동남권역 기업체의 경쟁력 제고에 핵심부분이 되고 있음
- 위치: 창원

장비명	6자유도 진동내구성평가 시험기	보유기관	창원대학교
목적	• 진동내구성 평가		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 50 Hz • 최대가속도: ± 8 g • 최대적재하중: ± 680 kg • 진동대 크기: 1.5 m * 2.1 m		
특징			
활용범위	• 자동차부품, 건설기계, 수송기계, 전자부품, 우주항공 및 기계부품분야		
비고			
장비사진	  		

○ 6자유도진동시험대: 한전 전력연구원

- 개요: 기기 및 구조물의 내진검증과 내진성능평가를 위해 6 자유도 진동시험대를 운영하고 있음.

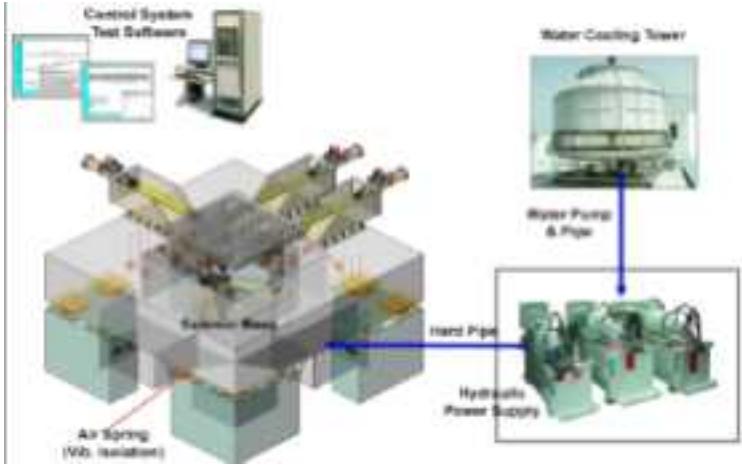
한전 전력연구원이 보유한 6 자유도 진동시험대의 테이블 크기는 가로, 세로 2.5m 이며 시험체 최대 중량 2ton 에 대해 x축 수평방향으로 5g, y축 수평방향으로 6g, z축 수직방향으로 9g까지의 지진가속도를 구현할 수 있음

- 위치: 대전

장비명	내진검증용 6자유도 진동대	보유기관	한전 전력연구원
목적	• 기기 및 구조물의 내진검증과 내진성능평가		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 60 Hz • 최대가속도: 세로 $\pm 5g$ 가로 $\pm 6g$ 연직 $\pm 9g$ • 최대적재하중: 2000 kg • 진동대 크기: 2.5 m * 2.5 m		
특징			
활용범위	• 기계장비, 전력장비 등의 비구조 요소		
비고			
장비사진			

○ MAST: SGS

- 개요: SGS에서 보유중인 진동대는 IST(Germany)의 제품으로 최대적재하중은 3ton이지만 2ton 이상의 시료에 대해서는 실험을 수행하지 않고 있음. 최대입력가속도는 10g이고 최대 변위는 180~200mm이며 시료의 설치가능 면적은 2.5m×2.5m임
- 위치: 용인

장비명	MAST (Multi-Axial Shaking Test System)	보유기관	SGS
목적	• 기기 및 구조물의 내진성능평가		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0.1 Hz ~ 100 Hz • 최대가속도: $\pm 10g$ • 최대적재하중: 3000kg • 최대변위: $\pm 180mm$ • 진동대 크기: 2.5 m * 2.5 m		
특징			
활용범위	• 기계장비, 전력장비 등의 비구조 요소 및 건축 및 토목구조물		
비고	• 제조사(국적): IST(독일)		
장비사진			

○ 내진실험설비: 한국산업기술시험원

- 개요: 한국산업기술시험원에서 보유중인 6자유도 진동대는 IST(Germany)의 제품으로 3000kg 급과 1000kg급이 있음. 3000kg급 6자유도 진동대는 SGS의 장비와 그 성능이 비슷하며 2ton이상의 시료에 대해서는 실험을 수행하지 않고 있음
- 위치: 서울

장비명	내진실험설비(3000kg)	보유기관	한국산업기술시험원(KTL)
목적	• 내진실험		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 60 Hz • 최대가속도: $\pm 10g$ • 최대적재하중: 3000kg • 최대변위: $\pm 200mm$ • 진동대 크기: 2.5 m * 2.5 m		
특징			
활용범위	• 원자력기기 성능검증		
비고	• 제조사(국적): IST(독일)		
장비사진			

장비명	내진실험설비(1000kg)	보유기관	한국산업기술시험원(KTL)
목적	• 내진실험		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 100 Hz • 최대가속도: $\pm 5g$ • 최대적재하중: 1000kg • 최대변위: 수평 $\pm 200mm$, 수직 $\pm 150mm$ • 진동대 크기: 1.2 m * 1.2 m		
특징			
활용범위	• 원자력기기 성능검증		
비고	• 제조사(국적): IST(독일)		
장비사진			

○ (6DOF)Vertical Excitation system : 한국기계연구원

- 개요 : 복합적인 가진 조건 하에서 산업기계의 신뢰성을 실험하기 위한장비임
- 위치 : 대전

장비명	(6DOF)Vertical Excitation system	보유기관	한 국 기 계 연 구 원 (KIMM)
목적	• 신뢰성 실험		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0.1 Hz ~ 100 Hz • 최대적재하중: 2,000kg 6자유도 • 최대가속도: 수평 $\pm 6g$ 수직 $\pm 9g$		
특징	• 복합적인 가진 조건하에서의 성능을 시험할 수 있는 시험 장비		
활용범위	• 산업기계의 신뢰성 시험		
비고			
장비사진			

○ 1.5g이상의 최대적재하중 30ton이상의 진동대

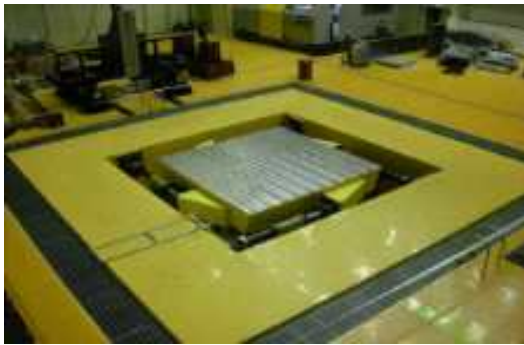
- 국내기관이 보유중인 최대적재하중이 30ton 이상, 최대가속도가 1.5g이상인 6자유도 진동대 장비의 현황은 다음 아래의 표와 같음. 적재하중이 충분하므로 10ton이하의 시료에 대해 2g 이상의 가속도로 가진이 가능하여 제한적으로 국제규격에 대한 내진성능실험이 가능함

〈1.5g이상의 최대적재하중 30ton이상의 진동대 현황〉

기관	Size (m2)	Payload (metric tonnes)	Acceleration (g)
한국철도기술연구원	16.81	30	1.7
한국기계연구원	16	30	1.5
지진방재연구센터	16	30	1.5

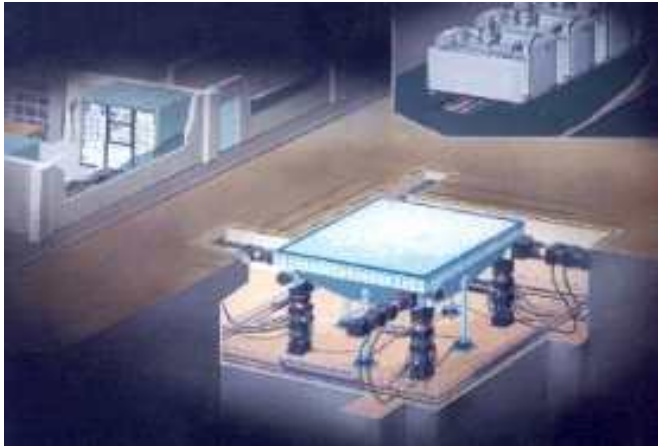
○ 6자유도 진동대: 한국철도기술연구원

- 개요: 진동/충격시험을 목적으로 개발되었으며 철도차량용 부품, 함정 탑재 장비 및 산업기계 전반에 걸친 진동 및 충격실험을 수행하고 있음
- 위치: 광명

장비명	6-자유도 진동대	보유기관	한국철도기술연구원
목적	• 지진파(지반가속도 이력) 모사		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 60 Hz • 최대적재하중: 30,000kg • 진동대 크기: 4.1 m * 4.1 m • 최대가속도: $\pm 0.8 \sim 1.7g$ • 최대변위: $\pm 200 \sim 300mm$		
특징	• Sabio계열 6자유도 제어시스템 및 소프트웨어		
활용범위	• 토목/건축 (비)구조체의 내진성능 및 기계구성품 진동실험		
비고	• 제조사(국적): 케이엔알시스템(대한민국)		
장비사진			

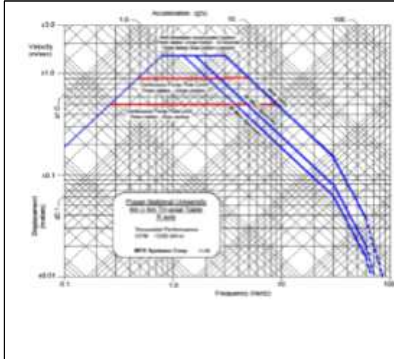
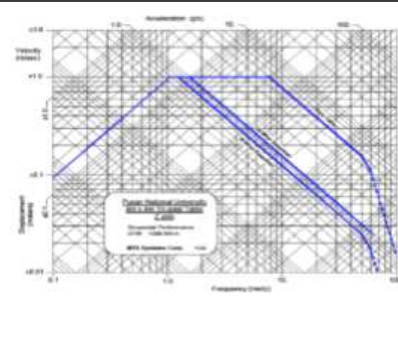
○ 6자유도 진동대 시스템: 한국기계연구원

- 개요: 전자·전기기기, 원자력발전소에 설치되는 각종 기기의 내진성능시험 및 기계, 건축, 토목, 선박(함정), 해양구조물 등 수송기계 및 부품에 대한 지동내구성 실험을 수행하고 있음
- 위치: 대전

장비명	6자유도 진동대 시스템 (6 D.O.F Seismic Table)	보유기관	한국기계연구원 (KIMM)
목적	• 내진동시험		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 100 Hz • 최대적재하중: 30,000kg • 진동대 크기: 4 m * 4 m • 최대가속도: 수평 $\pm 1.5g$, 수직 $\pm 1.0g$ • 최대속도: 수평 $\pm 75cm/s$, 수직 $\pm 50cm/s$ • 최대변위: 수평 $\pm 100mm$, 수직 $\pm 67mm$		
특징	• 진동/충격시험(KOLAS 시험기관 지정) • 철도차량용 부품 및 함정 탑재 장비 등의 진동 및 충격시험		
활용범위	• 전자·전기기기, 원자력발전소에 설치되는 각종 기기의 내진성능시험 및 기계, 건축, 토목, 선박(함정), 해양구조물 등 수송기계 및 부품		
비고	• 제조사(국적): MTS(미국)		
장비사진			

○ 6자유도 진동대 시스템: 지진방재연구센터

- 개요: 6 DOF(자유도) 기록 지진파 등을 재현할 수 있으며, 질량이 큰 실험모형에 대한 내진실험 및 진동 내구성 검증 등에 활용가능한 장비로서, 2기의 이동배치가 가능한 3 DOF 진동대와 연계하여 저주파수 대변위 특성을 갖는 다중지지된 구조물에 대한 다중입력지진파의 모사가 가능한 장비임. 내진실험 연구, 진동내구성 검증 및 충돌실험 등에 활용 가능함 적재하중에 따라 최대 3g의 가속도를 구현할 수 있음
- 위치: 양산

장비명	고정식 6DOF 진동대 (Table C)	보유기관	지진방재연구센터
목적	• 6 DOF(자유도) 기록 지진파 등을 재현할 수 있는 장비로		
규모/성능/사양	• 주파수범위: 0 Hz ~ 100 Hz • 최대적재하중: 30,000kg • 진동대 크기: 4 m * 4 m • 수평 3 축, 수직 3축 • 최대가속도: 수평 $\pm 1.5g$, 수직 $\pm 1.0g$ • 최대속도: 수평 $\pm 1.5ms$, 수직 $\pm 1.0ms$ • 최대변위: 수평 $\pm 300mm$, 수직 $\pm 150mm$  Shake Table Performance Curve for X-axis(Horizontal)  Shake Table Performance Curve for Z-axis(Vertical)		
특징	• 2기의 이동식 3자유도 진동대와 연계되어 모델의 구성 및 크기에 따라 이동배치가 가능한 장비로 저주파수 대변위 특성을 갖는 지진파의 모사를 위한 내진실험에 활용가능		
활용범위	• 질량이 큰 실험모형에 대한 내진실험 및 진동 내구성 검증 등에 활용		
비고	• 제조사(국적): MTS(미국)		
장비사진			

5. 국외 실험시설 동향

- 초고층 빌딩 및 원자력 발전소의 시장이 확대되고 그 수요가 증가하고 있으며, 지반가속도에 비하여 증가되는 층응답 가속도의 구현에 대한 관심이 커지면서, 해외에서도 진동대의 신규 구축 또는 장비의 개선 등이 활발히 이루어지고 있음. 이에 국외에서 구축 중이거나 또는 구축이 완료된 진동대 장비 중 6자유도 진동대 현황을 조사하여 다음표에 나타내었음

〈6자유도 진동대 현황〉

Region	Country	Location	Size (m)	Payload (metric tonnes)	Acceleration(g)
Africa	Algeria	CGS Laboratory(inconstruction)	6.1 x 6.1	60	±1
Asia	China	China Academy of Building Research, Beijing	6.1 x 6.1	60	±1.5
Asia	China	Guangzhou University	3 x 3	20	±2.6
Asia	India	CPRI Bangalore, Karnataka	3 x 3	10	?
Asia	India	IISc, Bangalore	1 x 1	0.5	±3
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	±1.5
Asia	Japan	NIED 'E-Defence' Laboratory, MikiCity	20 x 15	1200	±0.9
Asia	Japan	Ishikawajima Harima Heavy Ind Corp.	4.5 x 4.5	35	±1.5
Asia	Japan	JDC Corp.	?	20	±1
Asia	Japan	Kajima Corp.Ltd.(1of2)	5 x 5	50	±2
Asia	Japan	Kumagai-Gumi Corp Ltd	5 x 5	64	±3
Asia	Japan	Kyoto University	5 x 3	14	±1
Asia	Japan	Kyoto University Disaster Prevention Research Centre	3.5 diameter	?	?
Asia	Japan	Nishimatsu Construction Corp	5.5 x 5.5	65	±2
Asia	Japan	NYK Corporation	2.6 x 2.6	20	±2
Asia	Japan	Okumura Corp.	?	60	±3
Asia	Japan	Penta-Ocean Construction Co. Ltd. (1 of 2)	?	60	±0.5
Asia	Japan	Penta-Ocean Construction Co. Ltd. (2 of 2)	?	60	±1
Asia	Japan	Public Works Research Institute(PWRI)	8 x 8	300	±2
Asia	Japan	Tobishima Corp Ltd	?	20	±1
Asia	Japan	Tokyu Const. Corp.	4 x 4	30	±1

Region	Country	Location	Size (m)	Payload (metric tonnes)	Acceleration(g)
Asia	Malaysia	Sabah University	1.5 x 1.5	?	?
Asia	Taiwan	National Center for Research in Earthquake Engineering	5 x 5	50	± 1
Canada	Canada	University of British Columbia (EERF Lab)	4 x 4	30	?
Europe	France	Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives (CEA), ZALEE (1 of 3)	6 x 6	100	± 1
Europe	Greece	National Technical University of Athens	4 x 4	10	± 2
Europe	Italy	ENEA	4 x 4	10	± 3
Europe	Italy	Enel. Hydro S.p.A.; business unit ISMES (1 of 3)	4 x 4	60	± 3
Europe	Macedonia	Institute of Earthquake Engineering and Engineering Seismology (IZIIS), University of SS. Cyril and Methodius in Skopje (2 of 2)	1.4 x 2.5	8	± 20
Europe	The Netherlands	European Space Agency (ESA) ESTEC Test Centre	5.5 x 5.5	22.5	± 5
Europe	UK	University of Bristol (EERC)	3 x 3	17	± 6
Asia	Pakistan	Earthquake Engineering Center, University of Engineering & Technology Peshawar	6.0 x 6.0	60	± 1.5
USA	Alabama	NASA	3 x 4.5	1	?
USA	California	University of California at Berkeley	6.1 x 6.1	45	± 1.5
USA	New York	University at Buffalo (State University of New York) (2 identical tables of 3)	3.6 x 3.6	50	± 1.2
USA	Nevada	University of Nevada at Reno (6 axis table)	2.75 x 2.75	50	± 2
USA	Nevada	Dynamic Certification Laboratories	2.0 diameter	4.5	± 10
AVG.	-	-	27.4	74.6	± 2.2

6. 소결

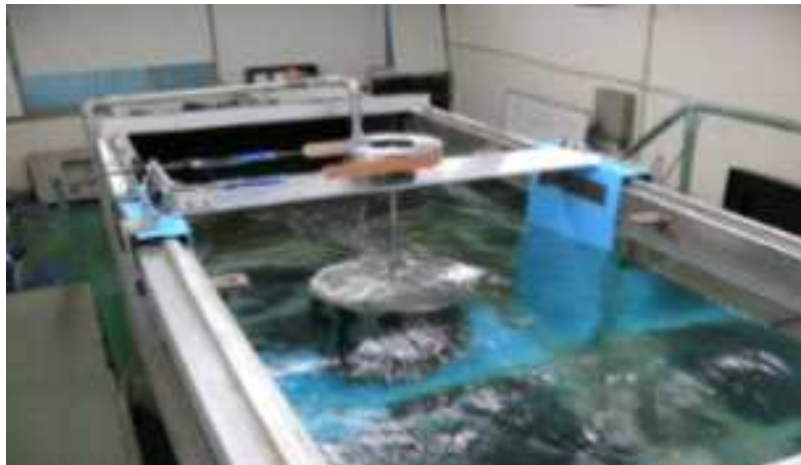
- 진동대는 그 자체의 가진되는 성능으로 평가되기보다는 설치 면적, 설치되는 중량, 자유도, 구현 가속도 등에 의하여 종합적으로 평가될 수 있음. 상기 조사된 국외 6자유도 진동대 현황으로부터 6자유도 진동대 실험 장비의 구조물 설치 면적은 평균 27.4m² 이었으며, 최대 설치 중량은 평균 74.6ton이고 최대가속도는 2.24g 인 것으로 조사되었음
- 이중 고성능 진동대라 할 수 있는 구현가속도 5g 이상인 진동대의 평균 구조물 설치 면적은 14.1m²이며, 최대 설치 중량은 평균 14.7ton임. 그러나 국내 최대 수준의 고성능 진동대인 한국전력공사 전력연구원의 전력설비 내진검증용 6자유도 진동대의 성능인 구조물 설치 면적 6.25 m², 최대 설치 중량 2 ton으로 국제 수준에 비해 부족한 것으로 판단됨
- 이들 중 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 불과함
- 지진방재연구센터 및 한국기계연구원 등이 보유하고 있는 규모가 큰 6자유도 진동대 장비의 경우 10ton이하의 시료에 대해서 2g이상의 가속도를 구현할 수 있음. 그러나 IEE-382 또는 IEC 60068-2-57, ICC-ES AC156 등의 국제기준을 충족시키기에는 최대가속도가 낮으므로 제한적인 내진성능검증만이 수행 가능함
- 그러므로 충분한 용량과 성능이 확보된 진동대의 도입이 매우 시급한 실정임. 적재하중이 6ton 이상이고 최대변위가 180mm이상인 10g급 6자유도 진동대를 도입하게 될 경우 대부분의 내진성능검증과 관련된 국제기준을 만족시킬 수 있을 것으로 예상됨

3절 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

1. 국내 연구동향

○ 조류발전

- 조류발전 실험에 대한 국내 사례는 그리 많지 않고, 인하대학교 회류 수조를 이용한 수리모형 실험 사례가 발표되었음(한국해양공학회지 2012년 8월)
- 회류수조에서 용수철을 이용한 동력계를 이용하여 수직축 터빈에 대한 성능 실험을 수행하였으며, 유속 1% 환경에서 터빈의 회전속도에 따른 마찰을 측정하여 토크를 계산하고, 성능곡선을 작성 하였음



〈인하대학교 수조에서 조류발전 수리모형실험 수행 장면〉

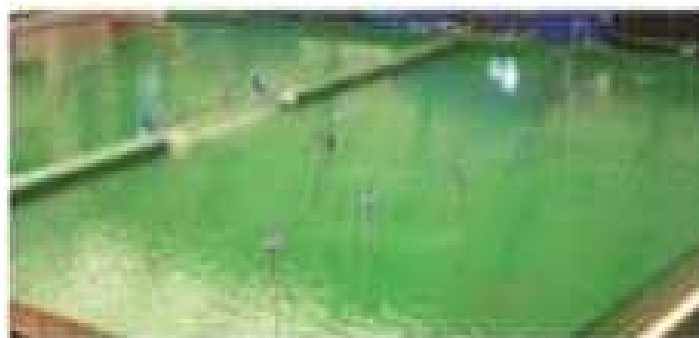
- 국내에서 개발된 조류발전 기술은 한국해양연구원이 2003년 울돌목에 설치한 소형 헬리컬 수차 방식의 조류발전시스템이 시초로써, 이를 확장하여 1MW급의 조류발전시스템이 울돌목에 건설되어 시험 운용하였음
- 2006년부터 부유식 조류발전 기술에 관한 연구가 진행되어 100kW급 실증 플랜트의 실해역 설치를 수행한 바 있으나 공유수면사용 상의 문제 등으로 운용이 중단된 상태임
- 2010년부터 4개년에 걸쳐 현대중공업 컨소시엄이 1MW급 수평축터빈을 사용한 고정식 조류발전 시스템이 개발 중에 있으며, 기존의 울돌목 플랜트 시설을 활용하여 시운전을 계획하고 있음
- 2011년에는 해양연구원 컨소시엄이 해양에너지 발전단지 (Tidal Farm) 구축에 적합한 형태의 한 기당 200kW급 능동제어형 수평축 조류발전시스템 개발 사업을 착수하여, 2015년에 실해역 설치를 목표로 현재 최적의 발전방식을 검토 중에 있음
- 따라서 실해역 실증의 전 단계에서 수리모형실험을 통한 면밀한 검증이 이루어져야 하는바 대형 규모의 수리모형실험의 수요가 증가할 것으로 예상됨
- 이를 위하여 흐름발생장치를 구비한 2차원 단면 수로 및 3차원 평면 수조가 필요하며, 실제 스케일에 가까운 실험을 위해 대형 수리모형실험 시설이 요구됨
- 필요한 계측 장비로는 파고계, 유속계, 에너지 발생계측을 위한 전력량 측정장치 등이 필수적으로 요구되며, 구조물의 안정성 해석을 위해 파력계, 파압계, 인장강도 계측기 등이 필요함



〈울돌목 시험조류발전소〉

○ 조력 발전

- 조력에너지 이용 극대화를 위한 조력발전 시스템 성능향상 기술 및 진동·소음 중심의 친환경성 평가기술을 개발하기 위해 해양과학기술원에서 연구 과제를 수행하였음
- 수문케이슨의 통수성능을 평가하기 위하여 해양환경모의실험장 내 평면개수로 에서 수리모형실험을 수행하였음
- 현장 규모 수문의 1/70 축척 모형 10개를 제작 및 설치하고, 수문 구조물 전·후면에는 에이프런(Apron) 구간을 설치하여, 실험유량 및 조위 조건을 변화시키면서 실험을 수행하였음
- 이를 위하여 3차원 평면수조에서 용량식 파고계를 이용하여 파고분포를 측정하였고, 유동가시화 실험을 수행하였음
- 우리나라는 1980년대에 가로림만을 중심으로 서해안 조력발전에 대한 개략 타당성 조사를 수행하였고, 2005년 가로림만(520MW) 조력발전 타당성 정밀 조사를 시작으로 인천만, 강화만 지역의 해양특성 상세조사와 조력발전소 개념설계를 실시하여 조력발전 상용화기반을 구축하였음
- 시화호 조력발전소는 254MW 용량으로 Rance 조력발전소를 능가하는 세계 최대 규모의 조력발전소이며, 조력발전시스템 성능 제고와 해양환경영향 분석 및 저감기술개발을 위한 연구가 진행 중에 있음



〈조류발전의 통수성능평가를 위한 평면 수리모형실험〉

- 이와 같이 현재 건설된 시화호, 그리고 향후 건설된 가로림만 등 조력발전 단지의 성능과 환경영향 분석을 위해 넓은 해역을 다룰 수 있는 대형실험시설과 계측장비(파고계, 유속계 등)가 요구됨

○ 파력 발전

- 국내에서 최초로 개발된 파력발전장치는 60kW급 부유식 진동수주형 파력발전기(해양과학기술원, 2001)인 주전A호와 등부표용 부유식 소형파력발전기인 BBDB (해양과학기술원, 2006)로 실효역에 설치되어 실증시험을 수행된바 있음
- 국내에서 현재 천해 연안역 적용에 유리 한 착저식 발전장치가 주를 이루고 있으며, 케이슨을 이용한 진동수주형 및 수류식 발전방식과 단일공 또는 자켓형의 지지구조물을 이용한 월파형 발전장치가 개발되고 있음
- 최근, 한국해양과학기술원은 부유식 진자형 파력발전장치 개발하여 수리모형실험을 수행하여 발전효율과 파랑안정성 평가와 최적설계, 유압펌프의 성능평가와 최적설계, 계류안정성 평가와 최적설계 연구에 기여하였음



〈300kW 부유식 진자형 파력발전장치 수리모형실험〉

- 관동대학교 유수실 와류를 이용한 파력발전과 BBDB의 거동특성에 관련된 2차원 단면 수리모형 실험을 수행한 바 있음
- 부유식 파력발전장치의 실험을 위해서는 파고계, 유속계뿐 아니라, 계류시스템의 안정성을 위해 장력계, 거동특성을 파악할 수 있는 계측기 혹은 영상처리장치를 필요함

○ 해상풍력 및 복합발전

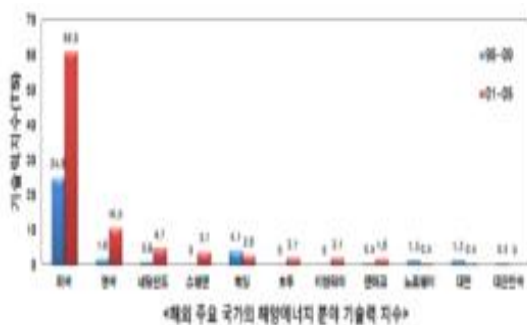
- 한국해양과학기술원에서는 2010년 자체 기획연구를 통해 해역별 해양에너지 복합발전 개발(안)을 구상하였으며, 해역별 해양에너지 특성에 따라 서해안은 해상풍력-조류 및 해상풍력-조류 복합발전 개발안, 남서해안은 해상풍력-조류-파력 복합발전 개발안, 남동해안은 기존의 슬릿케이슨 방파제에 파력발전과 해상풍력을 동시에 수행하는 개발안, 동해안은 초대형 부유식 에너지 아일랜드에 해상 풍력, 파력, 해수온도차, 바이오, 태양광을 동시에 할 수 있는 초대형 부유식 해양에너지 복합발전 개발안을 제안한 바가 있음
- 최근 한국해양과학기술진흥원과 해양수산부 지원 하에 해양과학기술원 주관으로 파력 및 해상풍력 복합발전 기술개발 관련 과제가 시작되어 향후 실증을 위한 수리모형실험의 필요와 수요가 늘어날 것으로 전망됨
- 국내에서는 해양에너지 개발 장치로 조류, 조력, 파력 및 해상풍력 발전 장치를 개발·연구가 진행되어 왔으나, 수리모형실험을 통한 검증 사례는 극히 드문 실정임
- 국내에서의 해상풍력 구조물의 복합 활용을 위한 R&D 수행 사례는 없었음

- 파력, 조류와 같은 해양에너지와 함께 해상에 설치되는 풍력발전시설의 경우, 유럽에서는 2030년까지 설치용량 기준 300GW의 해상풍력 단지가 개발될 것으로 전망하고 있으며, 해상풍력 비중이 지속적으로 증가하여, 육상풍력에 근접할 것으로 예상됨
- 한국의 경우 풍부한 해양에너지 자원을 바탕으로 시화호 조력발전소(254MW)가 올해 준공 예정이며, 울돌목 시험조류발전소(1MW급)가 현장실증실험을 종료한 바 있음. 또한 파력 에너지가 풍부한 제주 연근해에 파력발전(500KW급) 실증설비를 설치하고 있음

2. 국외 연구동향

○ 해양에너지 복합 활용기술

- 국외에서는 독일 AWI(Alfred-Wegener-Institute)에서 해양에너지 복합 활용 기술과 관련하여 “First offshore aquaculture project as a multi-functional use of offshore wind farms (2000-2007)” 이 수행된 바 있음
- 해양복합발전 단지 조성의 특허 국가별 출원 추이를 살펴보면, 미국이 43%로 가장 많으며, 유럽, 일본, 한국의 순임
- 해양에너지의 낮은 효율의 단점을 보완하기 위하여 복합발전을 시도하는 경향이 뚜렷함
- 해외에서는 국내보다 먼저 해양에너지 관련 연구와 실증테스트가 활발히 이루어져 왔음
- 분야별로는 조력발전에서는 한국과 일본, 조류발전에서는 미국, 독일과 노르웨이, 파력발전에서는 영국과 스웨덴, 해양온도차는 미국과 일본의 특허활동이 상대적으로 활발한 것으로 파악됨
- 특히 파력발전은 모든 국가에서 점유율이 높고, 한국, 미국, 유럽에서는 특허증가율도 높아 지속적인 성장가능성이 매우 큰 분야임



〈산업자원부, 2007. 신재생에너지 RD&D전략 2030〉



〈미국 해양에너지 분야 특허 등록 기술분야 추이
(산업자원부, 2007. 신재생에너지 RD&D전략 2030)〉

- 파력발전 실험 중 대표적으로 미국 오레곤 주립대학교 대형 수리모형실험시설에서 부유식 파력발전 실험을 2차원 대형단면수로 및 3차원평면실험을 수행하였음
- 이 실험에서 이미지 영상처리장치, 파고계, 유속계, 거동계측장치등을 이용하여 발전성능, 안정성 및 거동 특성을 계측하였음



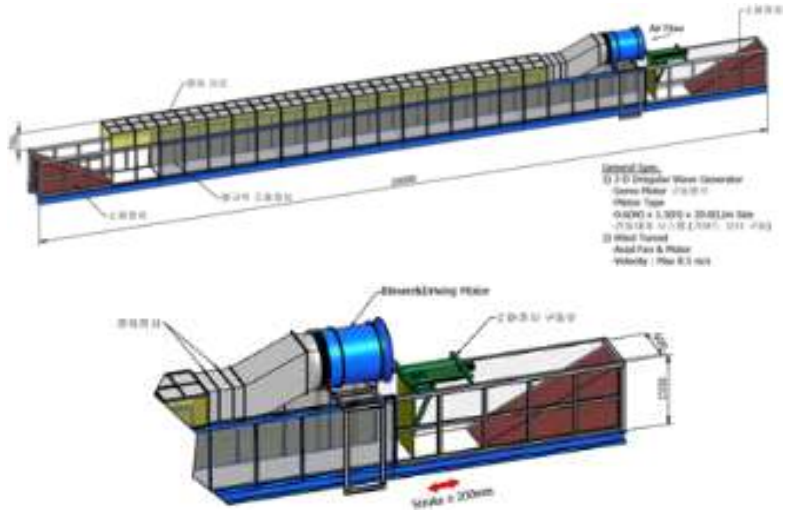
〈오레곤 주립대학교 실험시설에서 대형수리모형실험〉

3. 국내외 연구동향 검토의견

- 유럽 및 미국을 포함한 해외의 경우 해양에너지 관련 특허가 증가하고 있고, 개발된 장비를 실험해역 실증실험을 수행하기 전에 대형수리모형실험 시설을 통해 성능 및 안정성을 주의 깊게 검토하고 있음
- 국내에서는 조력과 조류 및 일부 파력발전에 대한 수리모형실험을 수행한 적은 있으나, 해상풍력 및 복합 발전에 대한 수리모형실험을 수행한 사례가 없음
- 또한, 국내의 경우 대형 수리모형실험시설이 부족하고, 풍력, 조력, 파력 등을 복합적으로 고려할 수 있는 시설이 전무한 상태임
- 기존 구축된 시설은 수조의 크기가 충분이 크지 않고, 파랑, 흐름, 바람 발생장치의 성능을 고려할 때, 중·대형 해양에너지 실험을 수행하기에 부적합하여 개선이 필요하나, 전반적으로 수정이 필요하여 경제적으로 어려움이 예상됨
- 따라서 기존의 대형 수리모형실험 수행이 가능한 시설을 이용하여 추가적인 장비를 구축하여 성능을 개선하는 것이 경제적으로 바람직함

4. 국내 실험시설 동향

○ 해상풍력 2차원 단면 수로

장비명	해상풍력 2차원 단면 수로	보유기관	관동대학교 첨단해양 공간개발연구센터
목적	• 해양에너지 발전장치의 성능 및 안정성 테스트		
규모/성능/사양	• 수로제원: 30.0m(길이) × 1.5m(깊이) × 1.0m (폭) • 조파기: piston type, stroke: 80cm, 최대파고 0.3m, 파주기 0.5~3sec • 바람발생장치: Axial fan & motor, 최대풍속: 8.5m/s		
특 징	• 국내 유일하게 파랑 및 바람을 고려할 수 있는 2차원 단면 수로		
활용범위	• 파력발전 및 해상풍력 발전에 대한 2차원 수리모형실험		
비 고	• 수조의 크기, 조파기 성능 및 최대풍속이 대형수리실험을 수행하기에 부적합 • 조파기와 바람발생장치의 전력 간섭으로 파와 바람발생을 동시에 수행하기 어려움 • 흐름발생장치가 구축되어 있지 않아 조력 및 조류 발전을 고려할 수 없음		
장비 사진			

○ 해양공학수조 (3차원 평면수조)

장비명	해양공학수조 (3차원 평면수조)	보유기관	한국해양과학기술원
목적	• 해양에너지 발전장치의 성능 및 안정성 테스트		
규모/성능/사양	• 수조제원: 56m(길이) × 30m(폭) × 4.5m(깊이) • 조파장치 성능: 최대파고 0.8m, 파주기 0.5~5.0sec • 흐름발생장치 성능: 최대유속 0.5m/s at 2.5m water • 바람발생장치 성능: 최대풍속 10m/s		
특 징	• 해양에너지 발전장치 테스트용 심해용 3차원 평면수조		
활용범위	• 부유식 파력발전 및 해상풍력 발전에 대한 3차원 수리모형실험		
비 고	• 조파기 성능 및 바람발생 폭이 대형수리실험을 수행하기에 부적합 • 조파기 및 수조가 심해용으로 설계되어 천해용 실험을 수행하기에 부적합 • 고정식 해양에너지 구조물 실험 수행에 어려움이 있음		
장비 사진			

5. 국외 실험시설 동향

○ Multidirectional wave basin (3차원 평면수조)

장비명	Multidirectional wave basin (3차원 평면수조)	보유기관	National Research Council Canada
목적	• 해안환경, 해양에너지 발전장치의 성능 및 안정성 테스트		
규모/성능/사양	• 수조제원: 26.0m(길이) × 36.0m(폭) × 3.0m(깊이) • 조파기: 규칙파 및 불규칙파, 다방향 조파. 최대파고 0.7m • 흐름발생장치: 수중 노즐, 펌프, 순환 터널을 이용하여 발생 • 바람발생장치: 이동식 팬을 이용		
특징	• 해양에너지 발전장치 테스트용 3차원 평면수조		
활용범위	• 부유식 및 고정식 파력발전 및 해상풍력 발전에 대한 3차원 수리모형실험		
비고	• 이동식 팬을 이용한 바람발생장치를 사용하여 정속성, 정류성 확보가 어렵고, 설치 후 방향 조절이 어려움		
장비 사진			

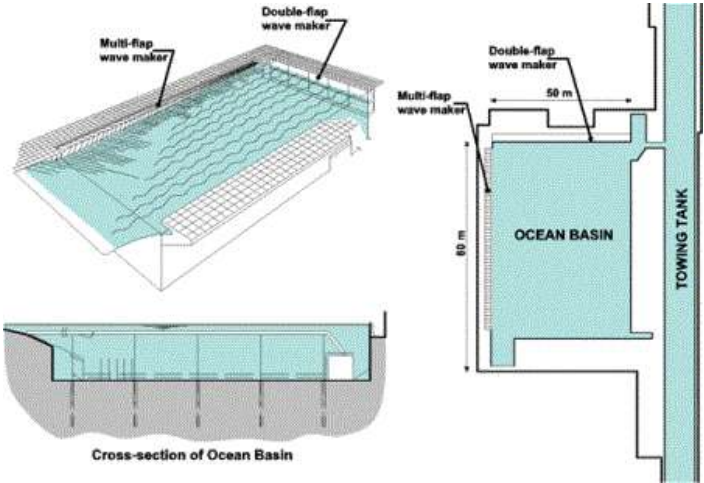
○ Cantabira Coastal and ocean Basin(3차원 평면수조)

장비명	Cantabira Coastal and ocean Basin (3차원 평면수조)	보유기관	IH Cantabria (스페인)
목적	• 해안환경, 해양에너지 발전장치의 성능 및 안정성 테스트		
규모/성능/사양	• 수조제원: 30.0m(길이) × 44.0m(폭) × 4.0m(깊이) • 수조특징: 연안 및 심해용 수조 • 조파기: 규칙파 및 불규칙파, 다방향 조파. 최대파고 1.0m • 흐름발생장치: 최대 유량 18m³/s • 바람발생장치: 이동식 장비. 최대 풍속 20m/s		
특 정	• 해양에너지 발전장치 테스트용 3차원 평면수조 • 복합발전(예: 파력+풍력, 조력+풍력 등) 장치 성능 테스트 가능		
활용범위	• 부유식 및 고정식 파력, 조류, 해상풍력 및 복합 발전에 대한 3차원 수리 모형실험		
비 고	• 이동식 팬을 이용한 바람발생장치를 사용하여 정속성, 정류성 확보가 어렵고, 설정 후 방향조절이 어려움		
장비 사진			

○ 3차원 평면수조

장비명	3차원 평면수조	보유기관	Maritime Research Institute Netherlands (MARIN)
목적	• 해안환경, 해양에너지 발전장치의 성능 및 안정성 테스트		
규모/성능/사양	• 수조제원: 45.0m(길이) × 36.0m(폭) × 10.2m (깊이) 심해용 수조 • 조파기: 규칙파 및 불규칙파, 다방향 조파. • 흐름발생장치: 다층 흐름 발생장치 (6개층) • 바람발생장치: 폭 24m의 팬(이동식).		
특 징	• 해양에너지 발전장치 테스트용 3차원 평면수조 • 복합발전(예: 파력+풍력, 조력+풍력 등) 장치 성능 테스트 가능		
활용범위	• 부유식 및 고정식 파력, 조류, 해상풍력 및 복합 발전에 대한 3차원 수리 모형실험		
비 고	• 이동식 팬을 사용하여 바람의 정속 발생에 어려움이 있음		
장비 사진			

○ 3차원 평면수조

장비명	3차원 평면수조	보유기관	Norwegian University of Science and Technology (NTNU) (노르웨이)
목적	• 해안환경, 해양에너지 발전장치의 성능 및 안정성 테스트		
규모/성능/사양	• 수조제원: 80.0m(길이) × 50.0m(폭) × 10.0m (깊이) 심해용 수조 • MARINTEK이 운용 • 조파기: 규칙파 및 불규칙파, 다방향 조파. 최대파고 0.9m • 흐름발생장치: 최대유속 0.2m/s. 층별 유속변화 • 바람발생장치		
특 정	• 해양에너지 발전장치 테스트용 3차원 평면수조 • 복합발전(예: 파력+풍력, 조력+풍력 등) 장치 성능 테스트 가능		
활용범위	• 부유식 및 고정식 파력, 조류, 해상풍력 및 복합 발전에 대한 3차원 수리 모형실험		
비 고	• 바람발생장치, 흐름발생장치의 성능이 떨어짐		
장비 사진			

6. 소결

- 국내 연구는 대부분 부유체 및 고정체 지지구조물 해석과 풍력발전을 위한 해석을 별개로 수행 중이나 파랑, 조류, 바람의 효과를 동시에 고려할 수 있는 연구가 필요함
- 또한, 기 구축된 시설은 조파기, 흐름발생장치, 바람발생장치의 성능이 scale effect를 줄일 수 있는 중·대형 수리모형실험 수행에 어려움이 있음
- 기존 해외 바람발생장치(캐나다, 스페인 등)의 경우 휴대용 장비로 사용하고 있어 정속이 어려움
- 상기 현황을 고려할 때, 단면수로 및 평면수조의 크기 면에서 중·대형 실험을 수행할 수 있는 전남대학교 해안항만실험센터의 시설에 장비를 개선 및 추가함으로써 해상풍력발전 및 복합형 하이브리드 발전에 대한 연구 시설을 저비용으로 확보하는 것이 시급함

제3장 연구 수행 내용 및 성과

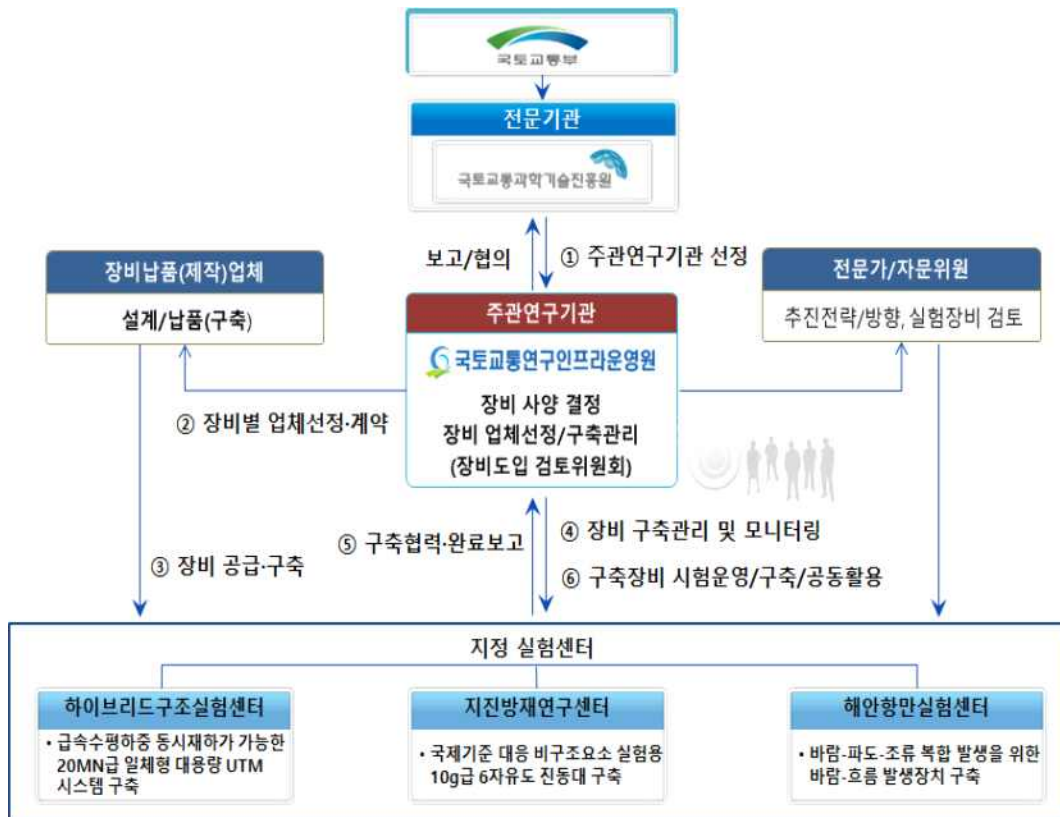
제1절 추진 체계 및 수행 절차

1. 연구 추진 체계

- 국내 최초로 도입되는 장비의 성공적 구축을 위해 연구시설장비 관련 산학연 전문가로 구성된 전문가/자문위원회를 두고, 지정 실험센터를 기술검토 및 시험운영 등에 실질적으로 참여시켜 기존 실험시설의 설비 등을 적극 활용할 수 있도록 하여 효율적 예산 투입 및 활용도 높은 장비 구축을 도모함

□ 추진체계 및 일정계획 수립

- 원활한 장비구축을 위해 추진체계를 구성하여 연구를 수행함



〈연구추진 체계도〉

□ 각 기관/위원회별 주요 역할 및 기능

○ 주관연구기관(국토교통연구인프라운영원)

- 실험장비 구매 및 구축, 시험 검증, 사후 모니터링 등에서 발생 할 수 있는 세부 위험요소를 해소하고, 사업 수행상의 애로요인을 신속히 해결하기 위해 전문기관과 긴밀한 협조체계 유지
- 주어진 연구기간에 맞춰 계획된 장비가 안정적으로 도입될 수 있도록 일정관리 등 최선의 노력을 하며, 외산장비의 도입기간이 늦어질 경우에는 사전에 전문기관과 협의하여 연구기간 변경을 통해 하여 전체적으로 장비 도입에 지장이 없도록 모니터링 및 유기적인 협력 체계 유지
- 효율적인 시설장비 도입 및 구축을 위해서 해당 실험센터와 유기적인 협력 체계 유지
- 장비도입 검토위원회를 통한 구축 대상 장비의 최종 성능 확정
- 장비별 구축 업체를 공정한 절차를 통해 선정 및 계약, 장비도입·구축 진행
- 장비구축 관리 및 모니터링, 장비구축 완료/전문기관 보고
- 국토교통 대형실험시설 운영체계에 맞춰 공동활용 계획 수립
- 1단계 실험시설 운영규정에 따라 추가 도입 장비에 대한 공동운영 협약 체결

○ 전문가/자문위원(장비도입 검토위원회 및 장비선정평가위원회)

- 목적 달성에 필요한 장비의 성능, 형식 등의 종합 검토
- 기존 장비 및 설비와의 호환성 확보를 위해 충분한 검토를 거쳐 최종 사양과 스펙을 결정
- 활용도, 편의성, 내구성, 환경 영향 분석, 구축비용 등을 종합적으로 고려하여 장비(업체) 선정

○ 지정 실험센터

- 주관연구기관의 장비선정, 구축 및 도입에 대한 전반적인 사항에 대해 협력
- 장비 도입, 구축 및 소유권 이전 등 주관기관과 협력
- 대상 장비가 제대로 구축 될 수 있도록 납품업체에 대한 실질적인 기술 관리
- 구축 진행상황을 주관연구기관에 보고
- 납품장비에 대한 장비 시험운영 및 성능검증 및 주관연구기관과 공동검수
- 센터 실정에 맞는 구축장비 운영 및 활용계획 수립
- 해당 장비에 대한 유지관리계획 수립

○ 장비납품(제작) 업체

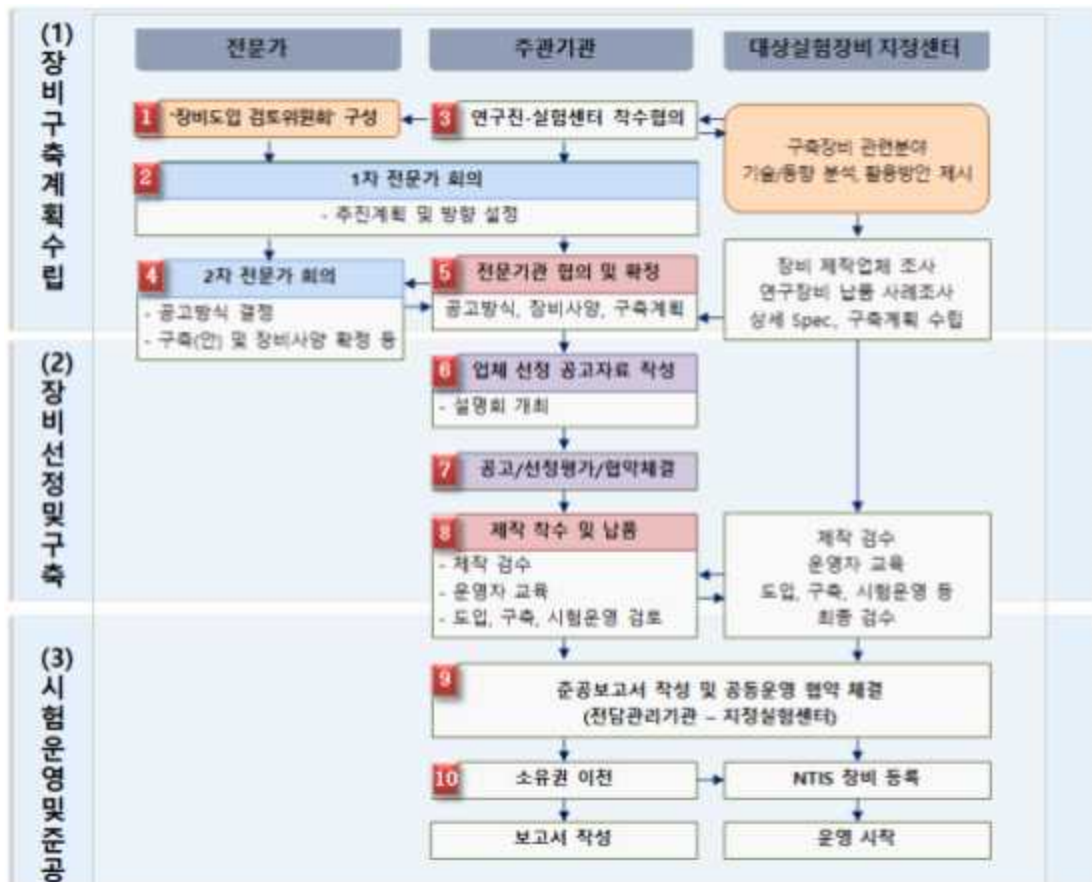
- 장비납품(제작) 업체는 주관연구기관 및 실험센터와 체결한 장비납품 및 설치 등 협약사항을 성실히 이행
- 장비의 원활한 활용을 위해 시험운영 기간 동안 운영 지원
- 장비 납품 전 제작과정에서 주관기관 및 실험센터 요청시 중간검수 대응
- 장비의 활용성 증대 등 관리를 위해 장비 도입시 엔지니어링 교육 제공
- 장비 유지관리 및 보수를 위해 일정기간 정기검사 계획 수립
- 운영 단계에서는 유치기관과 유지관리 협약을 체결하여 유지관리 지원

2. 연구 수행 절차 및 방법

■ 본 과제는 총 3차년도 ('14.08 ~ '17.09, 2년 10개월)로 진행되었으며, 장비구축계획, 장비선정 및 구축, 시험운영 및 준공 단계로 추진

□ 장비구축 계획 수립

- 연구장비 성능개선·도입을 위한 연구개발 절차는 [그림 53]과 같으며, (1) 장비구축 계획수립, (2) 장비 선정 및 구축, (3) 시험운영 및 준공으로 단계별 진행됨
 - 장비구축 계획 수립 : 협약을 통해 장비 도입 및 공동운영에 대한 이행 협약 체결, 장비심의 전문가 회의를 구성하여 장비구축 추진계획 및 방향 등 전반적인 계획 수립
 - 장비선정 및 구축 : 전문기관 협의 및 장비사양 등 확정 후 업체 선정 공고와 선정평가 추진, 선정 후 중간 제작 검수, 운영자 교육 등 수행
 - 시험운영 및 준공 : 시험운영 및 운영자 교육 등을 통해 시험서비스가 가능하도록 최종검수를 거쳐 준공을 완료하고, 최종 준공보고서 작성과 공동운영 협약 체결을 통해 기존 시설장비 연계 운영계획 수립
- 본 연구는 각 단계별 연차를 나눠 총 3차년도에 걸쳐 추진됨



〈장비구축 추진 흐름도〉

□ 각 단계별 주요 연구활동 및 세부 연구내용

- 3종 장비 구축은 2014.11 ~2017.09(2년 10개월)까지 동일한 과정으로 구축진행
- 1차년도는 ①~⑦으로 계획수립, 공고/선정평가/협약체결 추진
- 2차년도는 ⑧으로서 업체 선정평가 후 업체선정(협약체결), 제작 추진
- 3차년도는 ⑨~⑪으로 위의 2단계인 장비제작을 거쳐 설치완료 후 시험운영, 준공

〈주요 연구활동 및 세부 연구내용〉

단계(연차)	주요 연구활동	세부 연구내용
1차년도 (' 14.11 ~ ' 15.07)	① 장비 구축 계획 수립	① ‘장비도입 검토위원회’ 구성 ② 1차 전문가 회의 개최 - 추진계획 및 방향 설정 등 ③ 연구진-실험센터 착수협약 - 대상 업체 납품사례 조사 등 - 상세 spec 및 구축 계획 수집 등 - 상세 구축(도입)계획수립 ④ 2차 전문가 회의 - 공고방식 결정 - 구축(안) 및 장비사양 확정 등 ⑤ 전문기관 협의 및 확정 - 공고방식, 장비사양, 구축계획 ⑥ 업체 선정 공고자료 작성 - 공고자료 작성 ⑦ 공고
2차년도 (' 15.07~ ' 16.05)	② 장비 선정 및 구축	⑧ 선정평가/협약체결/제작 - 업체선정 및 협약 - 제작착수 및 중간검수
3차년도 (' 16.05~ ' 17.09)	③ 시험운영 및 준공	⑨ 제작 및 납품 - 운영자 교육 - 도입, 구축 ⑩ 준공보고서 작성 및 공동운영 협약 체결 - 시험운영 및 교육 ⑪ 소유권 이전(운영원 → 유치기관) - NITS 장비등록 - 보고서 작성 및 과업 종료

제2절 연차별 연구내용 및 성과

1. 1차년도 연구내용 및 성과

- 1차년도에는 주로 3종 장비 도입을 위해 (1) 국내외 관련분야 시설장비 현황조사를 통한 장비별 최적 성능조건 검토 및 확정, (2) 국가 연구시설장비 표준 지침에 따른 장비구축 계획 수립, (3) 외산장비의 경우 해외도입 검토 등을 수행함

가. 장비구축 계획 수립

① 착수회의(연구진/지정센터 실무자)

- 각 실험시설(지정센터)별 기존 설비 등과 연계한 장비도입 계획을 수립하고 주요 이슈사항 도출
- 과업 추진방향을 협의하고 국내 최대 규모 및 최고 사양의 장비 도입에 따라 국내업체 중에서 납품 가능한 업체를 사전에 조사하여 기술력 확보 여부 및 구축 가능성을 면밀히 조사 추진

회의 내용	○ 각 센터별 발표 및 이슈토의(spec검토, 도입기간 등) ○ 과업의 추진계획 및 방향설정 ○ 장비 구축 방향 논의 ○ 대상 장비에 대한 납품 가능한 능력을 갖춘 업체 조사 ○ 대상 업체의 납품사례 조사 등  
회의 결과	○ 지진방재연구센터와 하이브리드실험센터의 경우는 장비단위로 구축에 문제없음 ○ 업체 선정에 있어, 기술력, 장비 신뢰성 등을 면밀히 파악 후 구축되어야함 ○ 업체 선정시 공고방법, 선정평가 방법 등은 추후 전문가 회의 등을 통해 진행 ○ 상세설계 단계가 길며, 구축단계는 짧은 특징을 가지고 있어 구축기간에는 큰 영향은 없어, 현 과업의 기간대로 진행 ○ 해안항만실험센터는 과제 제안 및 도입심의 결과에 따라 일부 조정된 요구성능 사양으로 구축

② 장비도입 검토위원회 구성

- 연구개발계획서상의 전문가 위원에 추가적으로 해당분야 전문성을 갖추고 본 과업의 이해도가 높은 위원들로 선정
- 과제 선정평가 위원중에 구축분야와 관련된 위원을 추가 선정
- 연구진/실험센터 연구추진 협의 실무자 착수협의('15.01.06)때 구성 완료
- 기간제 활용 전문가의 경우는 전문가 활용 계약 체결
- 과업 추진 범위에 따라 위원회를 개최하여 구축방향 등에 대해 논의 후, 과업이 안정적으로 추진될 수 있도록 계획함

〈장비도입 검토위원회〉

분야	성명	소속	직급
일반/정책	유O만	과학기술전략연구소	대표
일반/정책	이O엽	한국과학기술기획평가원	본부장
일반/정책	김O세	도화엔지니어링	부회장
일반/정책	정O환	한국종합엔지니어링	부회장
일반/정책	강O철	서울대학교 의약바이오컨버전스 연구단	본부장
20MN급 대용량 UTM	박O석	명지대학교	교수
20MN급 대용량 UTM	김O영	대우건설	상무
20MN급 대용량 UTM	이O관	포항산업과학연구원	책임연구원
20MN급 대용량 UTM	곽O원	한국건설기술연구원	수석연구원
진동대	정O환	부산대학교	교수
진동대	김O일	한국철도기술연구원	책임연구원
진동대	김O기	군산대학교	교수
진동대	김O규	원자력연구원	책임연구원
바람 발생장치	이O인	전남대학교	교수
바람 발생장치	윤O범	한양대학교	교수
바람 발생장치	이O수	한국해양과학기술원	명예연구원

③ 장비구축 일정계획 수립

○ 1차년도에는 장비 검토 및 공고, 2차년도는 장비 제작, 3차년도는 시험운영 및 구축

분 류	항 목	1차년(8개월)								2차년(10개월)												
		12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8
장비 구축 계획 수립	연구진-실험센터 착수협의																					
	장비도입 검토위원회 구성																					
	1차 전문가 회의 (최종 spec(안) 작성)																					
	2차 전문가 회의 (결과반영한 수정(안) 작성)																					
	전문기관 협의 및 확정																					
	공고자료 작성																					
	공고																					
장비 선정 및 구축	선정평가/협약체결																					
	제작 및 납품 (설계, 제작, 조립, 설치, 교육등)																					
	시험운영																					
시험 운영 및 준공	준공보고서 작성 및 공동운영 협약 체결																					
	소유권 이전 및 NTIS 장비 등록																					
	보고서 작성 및 운영시작																					

나. 국내외 사례조사 및 분석을 통한 최적 성능조건 검토 및 확정

① 국외 장비 구축업체 및 구축 기관 방문 (중국, 대만)

□ 목 적 : 국외에 구축된 실험시설 및 제작업체 방문을 통해 기술수준, 장비성능, 운영현황 등 사례조사·수집

□ 중 국

○ 기 간 : '15.02.04 ~ 02.07

○ 출장지 : CCRDI(중경), BBK본사(북경), CABR(북경), CARS(북경)

○ 관련 장비 : 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM, 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

① 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템

보유기관(업체)	제작업체	장비	스펙
중국철도연구원(CARS)	MTS	High Force Frame	20MN High Force Frame

- 중국철도연구원에 구축되어 있는 20MN High Force Frame 장비이며, 하이브리드실험센터에 구축 하려고 하는 장비와 유사한 장비임
- UTM 실험실 등 장비 구성 확인
- 장비 관리 및 유지관리 현황 확인
- 본 장비 활용도 및 구성부분에 대한 내용만 확인 할 수 있었으며, 장비 구축 후 A/S 부분, 유지관리 등 장비 구축 업체와 관련된 사항에 대한 내용은 확인이 어려웠음



② 10g급 6자유도 진동대

보유기관(업체)	제작업체	장비	스펙
중국건축연구원 (CABR)	MTS	지진시험기	6 m x 6 m Table - 6 DOF
BBK본사	SERVOTEST	지진시험기	제작업체
CCRDI	SERVOTEST	지진시험기	3 m x 6 m Table - 6DOF

○ BBK 본사 및 공장 방문

- 현재 국내외적으로 유압장비 등 관련한 업체중 유럽의 대표적인 업체로서 중국에 공장을 두고 제작을 하고 있음. BBK본사 및 SERVOTEST장비를 제작하고 공급하는 중국 공장을 방문하여 장비제작, 정확도, 내구성, A/S 등 여러 현안에 대해 검토하고 자료를 수집
- 영국의 SERVOTEST장비 회사에서 기술진이 상주하며, 중국내 구축되는 장비의 시스템 등 구축 관련된 기술을 자문하고 컨트롤 하고 있음
- SERVOTEST장비를 제작하고 공급하는 BBK본사를 방문하여 현재 장비제작 및 구축에 따른 회사 시스템 등 현황을 직접 방문하여 검사하였음
- 장비 도입시 SERVOTEST사에서의 장비 납품 방법, A/S, 성능 등 여러 현안에 대한 가능성 검토
 - Actuator 및 설비(진동대) 조립라인 및 본사 구성요소(인력 및 장비) 확인
 - 업무내용 확인(설계 및 제작 업무 분리 여부)
 - 진동대 구축을 위한 BBK의 SERVOTEST장비 제안 사항 협의



○ CCRDI 실험시설 방문

- CCRDI는 SERVOTEST사의 장비를 이용하여 구축한 대규모 실험시설로서, 장비구축 및 운영에 있어 문제점, 데이터 신뢰성, 내구성, A/S 등 여러 현안을 검토하고, 관련 자료수집 목적으로 방문
 - 국가지원으로 설립된 유한회사의 실험시설로 직원 1,300여명(박사급 300명, 부교수 이상 300명)
 - 주요 실험분야로는 교량, 터널, 환경, 경관, 자동차 등으로 2007년에 국가실험기관으로 지정되었으며, 2013년에는 중국 건설부 우수상 수상
- CCRDI 실험시설 담당자와의 장비에 대한 주요 협의 내용
 - Actuator 및 설비(진동대) 조립라인 확인
 - 장비 시연, 진동대 실험시연, 제어실, 펌프실 등 장비 구성 확인과, 제어기 및 제어 소프트웨어, DAQ 장비 연동 운영 확인
 - 장비 구동 시연(Sine wave 가진 시연, El Centro(1940) 지진파 가진 시연), 공진탐색시험 시연(Random wave 가진 시연)
 - 매년 지원을 받아 장비구매 및 업그레이드 등이 이루어지나, 유지보수는 지원 없음
 - CCRDI에 구축된 진동대 장비는 운영원에서 구축계획중인 장비와 비슷한 사양의 장비로 중국에서는 2000년도에 설치함. 구축당시는 영국에서 제작된 장비를 도입하였고, 10여년 동안 무상지원으로 A/S진행
 - 본 실험시설을 통해 운영원에서 조사된 SERVOTEST장비의 사양과 성능, 구축 모양, 시스템 조작 장비 등을 확인할 수 있었으나, 상세한 부분은 공개가 되지 않아 자료 수집에 어려움이 있었음
 - 본사 구성요소(인력 및 장비) 확인, 업무내용 확인(설계 및 제작 업무 분리 여부) 등
 - 진동대 구축을 위한 BBK의 SERVOTEST장비 제안 사항 협의



○ CABR(China Academy of Building Research, 중국건축연구원) 방문

- CABR의 장비는 6m × 6m Table - 6DOF이며, MTS사의 장비를 구축한 지진방재연구센터와 유사한 관련 장비임(방문 당시 연구실 담당자들이 미상주 상태였음)
- 진동대 실험실, 제어실, 펌프실 등 장비 구성 확인
- 축소모형 진동대 실험 견학
- 장비관리 및 유지관리 현황 확인
- 운영자 및 시험담당자 간략한 설명
- 건축연구원은 대규모 진동대를 구축하고 있는 실험시설로, 중국내 최대규모임. 구축된 장비는 MTS사의 장비로 설치된 현황 정도만 확인 가능하였음



□ 대 만

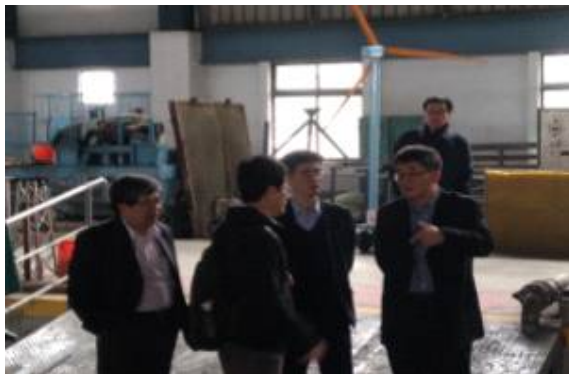
○ 기 간 : '15.02.08 ~ 02.11

○ 출장지 : THL(Tainan Hydraulic Lab.)(Tainan)

○ 관련 장비 : 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

○ Tainan Hydraulic Lab.방문

- 대만 Tainan의 국립성공회대학 해안항만(수공)관련 실험센터로 9개의 분야로 구분되어 운영하고 있음
- 본 연구센터는 세계 각국과 연계된 심포지엄을 구성하여 기술개발, 현장적용 연구 등을 활발히 함
- 해안항만실험센터에서 구축하고자하는 장비와 비슷한 실험시설을 갖춘 시설로 실험시설장비 구성 등을 확인
- 실험시설 규모 및 다양한 실험 분야 확인, 실험가능 범위 확인



② 장비Spec., 구매 등 전문가 회의

- 일 자 : '15.03.06, 11:00 ~ 14:00
- 장 소 : 서울 용산구 서울역 티원
- 참석자 : 운영원, 실험센터 관계자

회의 내용	○ 장비 Spec. 검토 확정과 예산검토, 장비 구매방법에 따른 조달방안 검토 ○ 조달요청에 따른 요청 관련 법안, 규정, 예규, 기준 등 자료 검토 ○ 각 센터별 장비 spec., 예산방안, 조달방법 검토  
회의 결과	○ 장비 spec. 및 예산(안) 보고 및 검토 - 지진방재연구센터와 하이브리드실험센터는 장비성능과 스펙 변화 없음 - 해안항만실험센터의 경우는 현재 국내업체를 통해 구축하고자 하나 국내에서 설계가능한 업체가 1~2군데 밖에 없어, 애로사항이 많음 - 3차원 흐름관련 장비구축을 제외하고, 실시설계를 바탕으로 구축되어야 하므로, 2차년도에 업체선정을 통해 구축하고자 함 - 2차년도에 조달청을 통해 업체선정을 하여도, 구축단계에서 기간이 짧은 특징을 가지고 있어 과업기간에는 큰 영향이 없을 것으로 판단되며, 현 과업의 기간대로 진행함 ○ 장비 구매조달 방안관련 보고 및 검토 - 조달청 통한 구매방법(외자) 확정 및 조달 수수료에 대한 예산 검토 계획 - 계약방법으로는 일반경쟁으로 협상에 의한 계약 방식으로 진행 (본 과제의 장비성능개선 특성을 고려하여 기술제안평가 진행) - 조달청을 통한 구매조달방법 및 프로세스 조사 및 수집 정리 ○ 센터별 RFP상의 요구성능 및 조달청 계약방법 및 입찰, 낙찰방법 검토

③ 장비별 동향 및 구축계획 수립

□ 국내외 연구 및 장비동향 조사

○ 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

- 국내외 연구 동향

국내	○ 2차 유도(수직,수평) 교량받침 성능실험 ○ 거가대교 낙교방지장치 성능평가 실험 ○ 원자력발전 구조물의 내진성능 실험 ○ 기존 건축물(학교, 관공서 등)의 내진보강 시스템에 대한 성능실험
국외	○ 다자유도(수직, 수평, 회전) 팬들럼 슬라이딩 베어링 성능실험 ○ 초고층 건축구조물의 연결부 내진성능실험 ○ 다자유도 고속 대용량 하이브리드 시뮬레이션 실험 ○ 건축물의 보-기둥 연결부 실험 ○ 항공 및 기계 산업 분야의 부품 및 구조체 다자유도 성능실험 ○ 대형 강관구조물 강도 실험

- 국내외 실험시설(장비) 동향

구분	실험시설	보유 장비
국내	RIST 강구조연구소	○ 10MN UTM, 3MN UTM, 30 MN Cable Fatigue Testing Machine, 15 MN Cable Leak-tightness Testing Machine, 2 MN Dynamic UTM
	명지대 하이브리드 구조실험센터	○ 5 MN Dynamic UTM
	포스코 기술연구소	○ 2.5 MN Dynamic UTM
	한국철도기술연구원	○ Universal Railway Structure Testing Machine
	유니슨이앤씨	○ 30MN 납 면진 받침 시험기, 2 MN 피로시험기
	동일고무벨트	○ ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE, TRIAXIAL ELASTOMERIC BRARING TESTING MACHINE
국외	NCREE in Taiwan	○ Multi-Axial Testing System(MATS)
	Academy of Building Research Institute	○ 30 MN UTM
	China Academy of Sciences	○ 20 MN UTM
	Laboratorio Generalitat	○ 15 MN Dynamic UTM
	Centre for Frontier Engineering Research	○ 15 MN Dynamic UTM
	Boeing Aircraft	○ 10 MN Dynamic UTM
	Ecole Polytechnique de Montreal	○ 10 MN Dynamic UTM
	University Laval - Quebec	○ 5 MN UTM
	Exxon	○ 10 MN Horizontal UTM
	US Bureau	○ 10 MN Horizontal UTM

○ 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- 국내외 연구 동향

국내	○ 전기통신설비의 내진 시험방법 ○ 거가대교 낙교방지장치 성능평가 실험 ○ 원자력발전 구조물의 내진성능 실험 ○ 기존 건축물(학교, 관공서 등)의 내진보강 시스템에 대한 성능실험
국외	○ IEEE Std 344 : IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations ○ IEEE Std 382 : IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations ○ ICC-ES AC156 : Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-table Testing of Nonstructural Components ○ Telcordia GR-63-CORE : NEBSTM Requirements: Physical Protection ○ IEC 60028-2-57

- 국내외 실험시설(장비) 동향

구분	실험시설	보유 장비
국내	한국표준과학연구원	○ 6자유도 진동 제시장치
	창원대 진동내구성 평가센터	○ 6자유도 진동내구성평가 시험기
	한전 전력연구원	○ 6자유도 진동 시험대
	SGS	○ MAST(Multi-Axial Shaking Test System)
	한국산업기술시험원	○ 내진실험설비
	한국기계연구원	○ (6DOF)Vertical Excitation system, 6자유도 진동대 시스템
	한국철도기술연구원	○ 6자유도 진동대 시스템
	지진방재연구센터	○ 6자유도 진동대 시스템
국외	CGS Laboratory (inconstruction)	○ 6자유도 진동대 시스템
	China Academy of Building Research	
	CPRI Bangalore	
	NIED 'E-Defence' Laboratory	
	University of British Columbia	
	Commissariat à l'Energie Atomique et aux Energies Alternatives (CEA), ZALEE(1of3)	
	NASA	

○ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

- 국내외 연구 동향

국내	○ 조류, 조력, 파력 발전 ○ 해상풍력 및 복합발전
국외	○ 해양에너지 복합 활용기술

- 국내외 실험시설(장비) 동향

구분	실험시설	보유 장비
국내	관동대 첨단해양 공간개발연구센터	○ 6자유도 진동 제시장치
	한국해양과학기술원	○ 해양공학수조 (3차원 평면수조)
국외	National Research Council Canada	○ Multidirectional wave basin (3차원 평면수조)
	IH Cantabria (스페인)	○ Cantabira Coastal and ocean Basin (3차원 평면수조)
	Maritime Research Institute Netherlands	○ 3차원 평면수조
	Norwegian University of Science and Technology	○ 3차원 평면수조

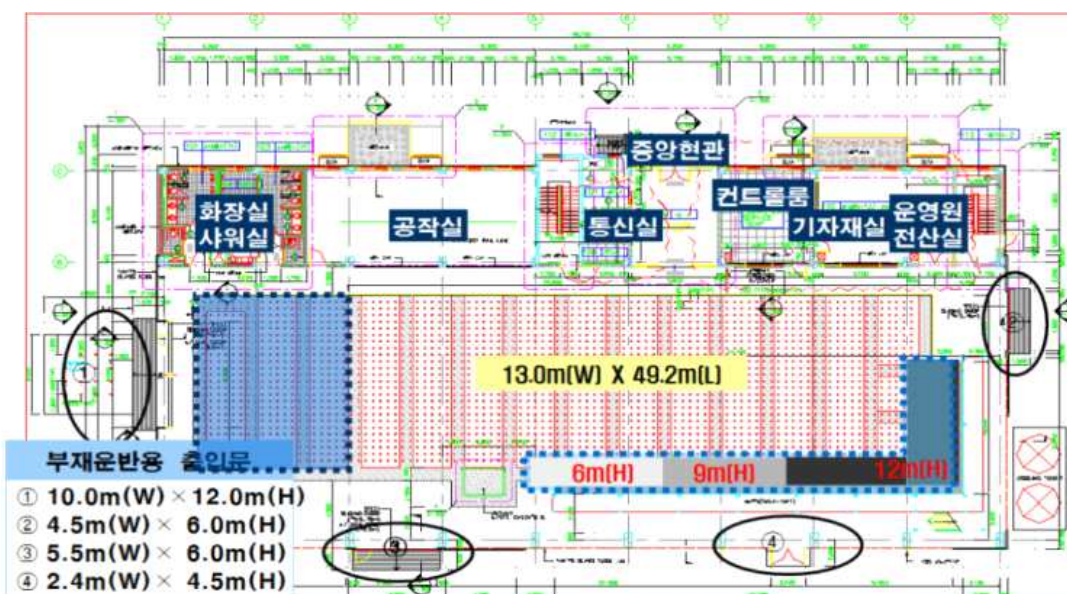
□ 장비(3종) 구축 계획 수립

① 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

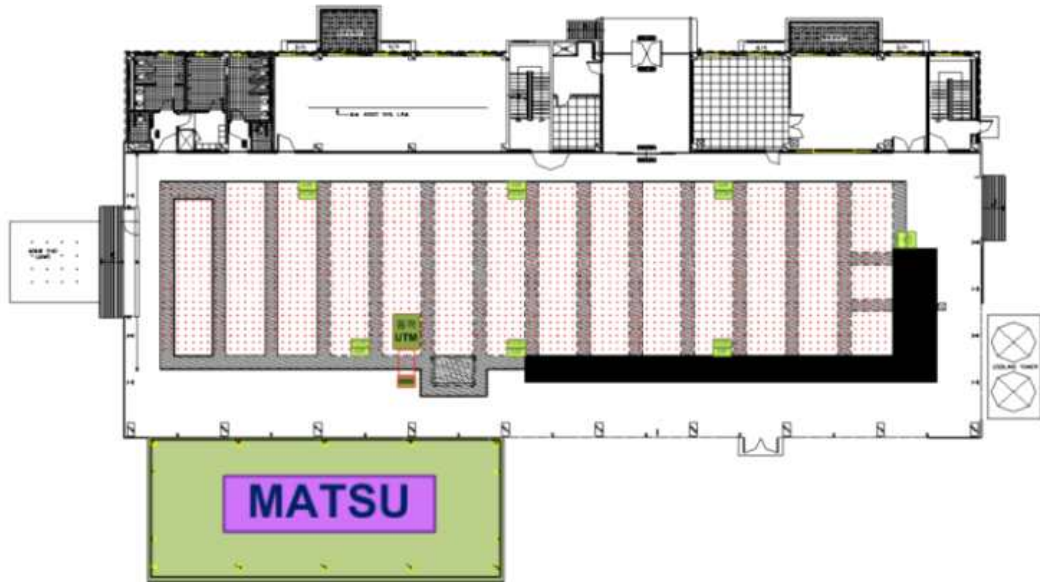
- 기존 하이브리드구조실험센터의 외부에 20MN 일체형 대용량 UTM 실험장비의 설치를 위한 공간 (MATSU)을 확보하고, 운영시설은 학교 자체적으로 부담하여 운영
- 본 위치는 하이브리드구조실험센터의 기존 대형 실험동에 접해 있어 기존의 유압공급장치와 연계하여 확장하는 것이 용이하며, 기존 실험장비와의 100% 호환성도 확보 할 수 있음
- 기존 대형실험동에서 활용하고 있는 실험 부대 장비 및 시험체 제작 공간 등을 공유 할 수 있기 때문에 20MN 일체형 대용량 UTM을 이용한 실험을 진행함에 있어서 매우 경제적이고 효율적으로 활용 할 수 있음



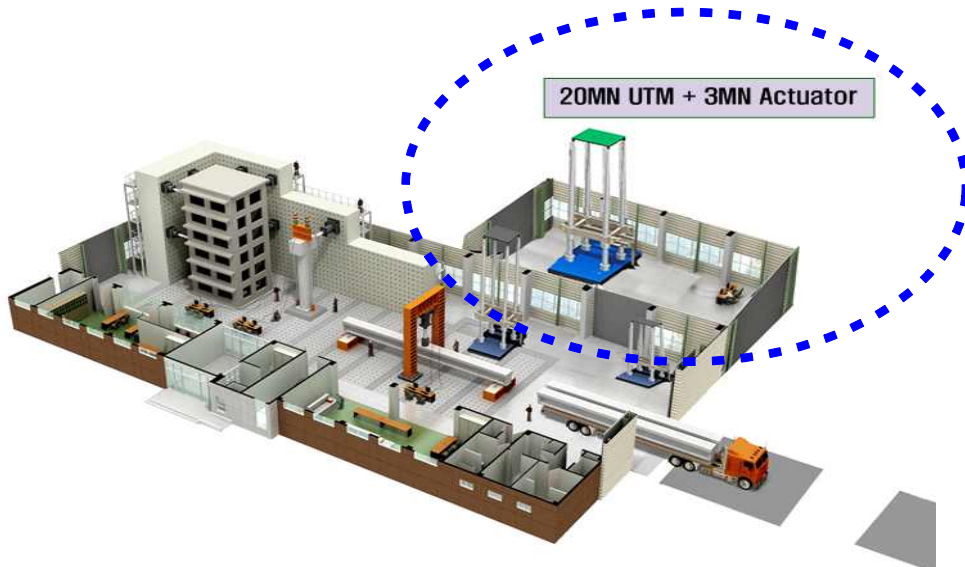
〈20MN 일체형 대용량 UTM 시스템 및 전용 연구동의 설치 위치〉



〈기존 하이브리드구조실험센터 1층 평면도〉



〈20MN 일체형 대용량 UTM 시스템(MATSU)의 설치 위치〉



〈20MN 일체형 대용량 UTM 시스템(MATSU)의 설치 투시도〉

- 지반공사

- 본 실험장비의 총 무게는 1,600KN으로 예상되며, 동하중 작용 시 약 2배 이상의 동하중이 작용할 것으로 고려하여 4,000KN 정도의 Seismic Mass를 설치 해야 함
- Seismic Mass를 시공하기 위해서 소요되는 바닥면적 만큼 PIT를 확보하여 6m(길이) x 5m(폭) x 4m(깊이)의 철근 콘크리트 구조물을 시공하고 Load Frame의 Base Plate를 Seismic Mass와 일체 시키는 제반공사를 시행함

- 건축 및 전기공사

- 기 구축된 유압공급장치를 활용 하기 때문에 추가적인 건축 및 전기설비 보강은 필요 없음
- 유압라인에서 추가적인 유압라인의 증설을 최소화 할 수 있는 방향으로 유압분재장치를 설치함

- 기존 설비 활용방안

- 실험장비의 전체 시스템 중에서 유압공급시스템 (유압공급장치, 고용량 유압배관 등)은 현재 구축된 시설을 활용 할 수 있으므로, 현 시설을 최대한 활용하면 전체 시스템 구축대비 상당한 예산을 절감할 수 있음
- 기 구축된 실험장비에서 사용하고 있는 지그 및 Accessory를 공용으로 활용 할 수 있는 방안을 마련함

- 구축방안

- 본 실험장비는 구축 후 국내 최대 성능의 장비를 활용 할 수 있다는 장점 있어, 최소 요구 성능 보다는 계획된 성능을 구축하기 위해 기존 설비와의 호환성을 최대한 살려 가능한 예산 범위 내에서 시설 및 장비 구축
- 구축 예정인 지반 상부에 실험장비를 일체식으로 조립하기 위한 시공이 이루어져야 하며, 동하중 시험 시 장비 전복을 방지하기 위해 기존 구조물에 전복 방지 장치를 추가로 설치
- 기 구축된 유압라인에서 증설이 필요한 부분은 사용자의 안전 및 시편 장착을 고려하여 가장 효율적인 방안을 모색하고 기존 유압라인을 최대한 활용
- 최종 설계단계에서 기존 유압설비에 대한 용량은 물론 설치시 주변 반력바닥 보강 등에 대책을 함께 검토하여 진행하며, 보강공사 비용을 포함하여 전체 예산범위 내에서 최적의 설계가 되도록 전문가 검토를 통해 장비의 최종 스펙과 성능 등을 결정

- 최소 요구 시설·장비 성능

- 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM을 설치하여 운용하기 위해서는 다음과 같은 최소 요구시설 및 장비 필요
- 하이브리드구조실험센터에서는 이러한 최소 요구시설 및 장비를 이미 보유하고 있으며 그 사양을 더 자세하게 정리하면 다음과 같음

〈최소 요구시설 및 장비〉

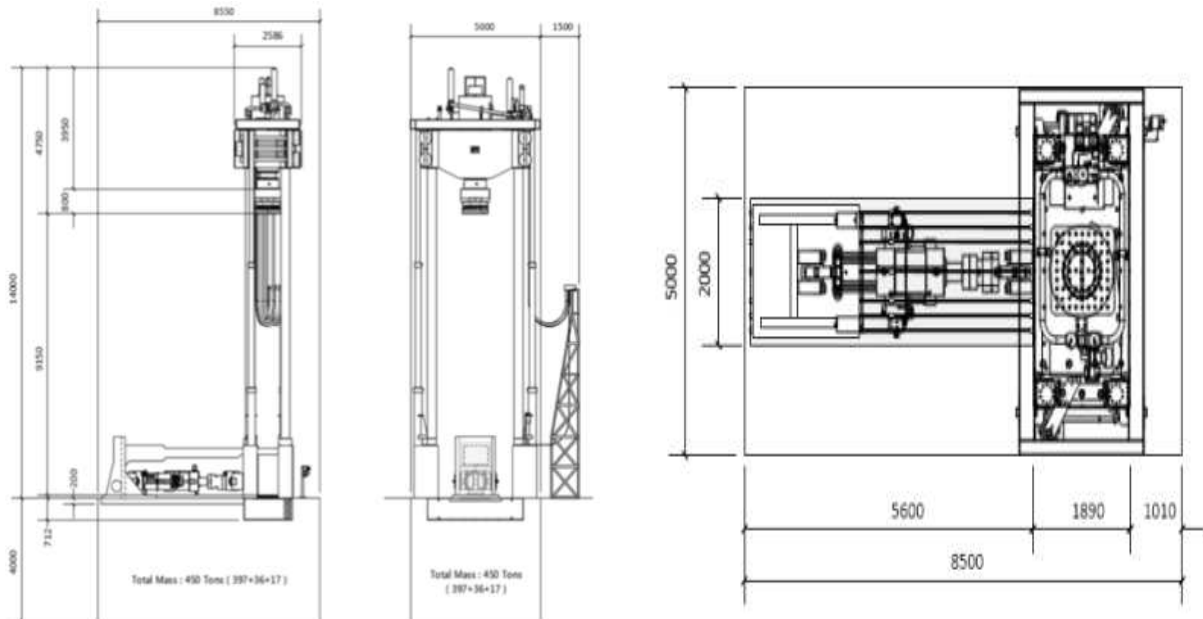
구 분	내 용	비 고
실험장비 설치 공간	• 실험장비 설치 공간 확보 (10mX5m 이상) • 실험체의 운반 및 설치를 위한 충분한 주변 공간	• 50mX13m 이상의 충분한 공간 확보
유압공급시스템	• 실험 장비의 성능을 발휘할 수 있는 충분한 용량의 유압펌프(750gpm 이상) • 350gpm 이상의 유압을 전달할 수 있는 하드라인	• 일부 증설 시 500gpm까지 공급할 수 있는 하드라인 확보
냉각시스템	• 대용량의 유량을 단시간에 냉각시킬 수 있는 충분한 냉각탑 및 배관	• 대용량 쿨링타워 2기 확보
계측시스템	• 다채널 실험에 필요한 충분한 채널의 계측 시스템(100채널 이상)	• Dynamic 320채널 확보 • Static 190채널 확보
운반시스템	• 실험장비 및 실험체를 운반하고 설치할 수 있는 오버헤드 크레인(100kN 이상) 등	• 300kN 오버헤드크레인 2기 확보 • 지게차 및 고소작업차 등의 중장비 확보

〈실험장비 구성〉

장비	부품	규격
20MN 대용량 시험기	1) 20 MN 시험기 하중 프레임 본체	• 최대 용량: 20 MN • 수직 9 m 시험 공간
	2) 유압식 액추에이터	• 정적 최대 용량: 20 MN • 동적 최대 용량: 12 MN • Stroke: 750 mm
	3) 하중 측정계	• ± 20 MN
	4) 5 MN 하중 측정계	• ± 5 MN
	5) 유압식 서보밸브 및 분배기	• 방식: 3 stage • 유량: 800 gpm (400 gpm $\times$ 2)
	6) 유압 분배 장치	• 유량: 800 gpm (400 gpm $\times$ 2)
	7) 유압식 배관 증설	• 현재 설치된 유압배관의 연장
	8) 1 m 직경 압축판	• 압축 시험 용량: 20 MN • 1 m diameter • 상부 그림: Spherical Type
	9) 고강도 바닥 기초	• 15.0 $\times$ 5.5 $\times$ 4.0 m 이상
	10) 시설 공사	• 246 m²(26.05$\times$9.65m) 이상
3MN 고성능 동적 액추에이터	1) 유압식 액추에이터 시스템	• 최대 용량: ± 3 MN • Stroke: 750 mm
	2) 3 MN 하중 측정계	• ± 3 MN
	3) 유압식 서보밸브 및 매니폴드	• 방식: 3 stage • 유량: 800 gpm (400 gpm $\times$ 2)
	4) 유압식 서비스 매니폴드	• 유량: 800 gpm (400 gpm $\times$ 2)
	5) 스위블 베이스 어셈블리	• ± 3 MN, 비급유식
	6) 스위블 헤드 어셈블리	• ± 3 MN, 비급유식
디지털 제어시스템 및 소프트웨어	1) 디지털 컨트롤 시스템	• FlexTest 60 - 2 Channels
	2) 듀얼 디지털 유니버설 컨디셔너	• 2축 시험 동시 제어
	3) 밸브 드라이버 카드	• 2축 시험 동시 제어
	4) 8 채널 아날로그 출력	• ± 10 V, 8 Channels
	5) 8 채널 아날로그 입력	• ± 12.5 V, 8 Channels
	6) 일반적 시스템 소프트웨어	• MTS 793 Software
	7) 일반적인 응용 소프트웨어	• MTS MPT Software
	8) 제어용 컴퓨터	• 8MB, 23 inch monitor

- 실험장비 시스템 구성

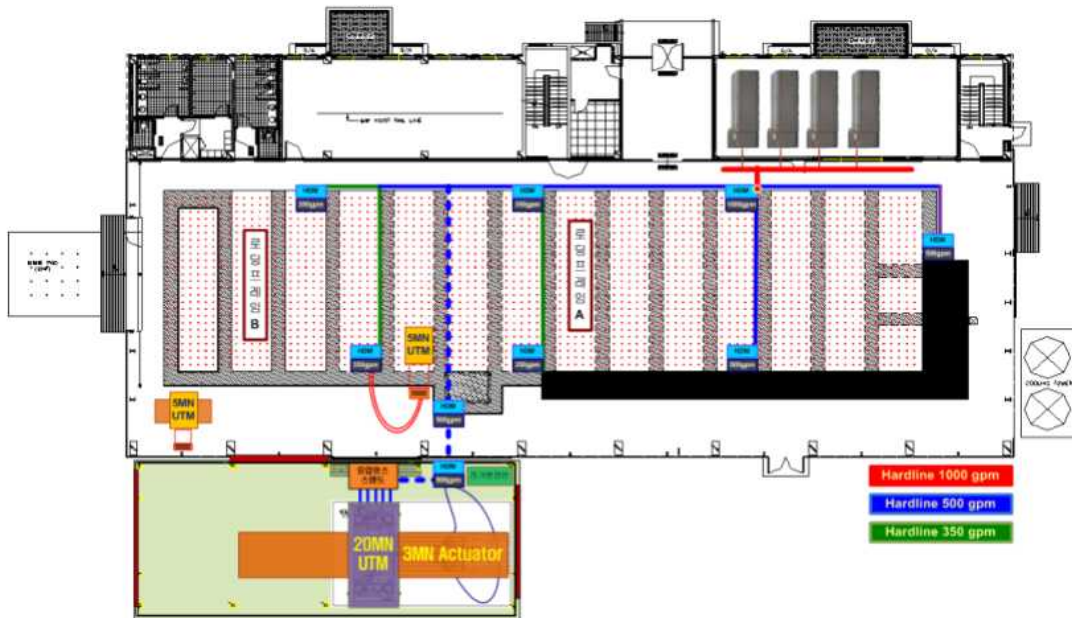
- 20MN 일체형 대용량 UTM의 계획 도면을 아래에 나타내었으며, 제안요구 사항을 모두 만족시킬 수 있도록 설계함
- 최근의 건설분야 실험 경향으로 볼 때 가능하면 실험 높이가 높게 설계하는 것이 바람직하며 예산을 고려한 합리적인 조정이 필요함
- 일체형 대용량 UTM의 수직방향에 대해서 정적 최대용량은 20MN이고 동적 최대용량은 12MN이며 최대 속도는 80mm/sec임
- 일체형 대용량 UTM의 수직방향에 대한 최대스트로크는 750mm이고 실험이 가능한 실험체의 높이는 7m 이상임
- 일체형 대용량 UTM을 구성하는 수평방향 Actuator의 최대하중용량은 3MN이고 최대속도는 300mm/sec이며 최대스트로크는 750mm임



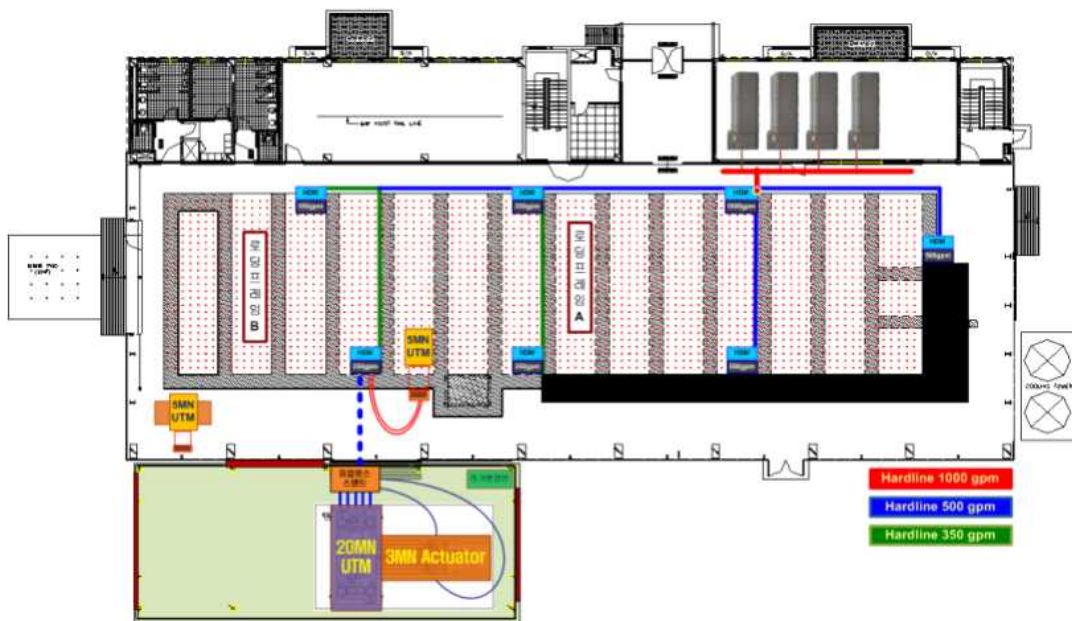
〈20MN 일체형 대용량 UTM 시스템의 입면도 및 제원〉

〈20MN 일체형 대용량 UTM 시스템의 평면도 및 제원〉

- 일체형 대용량 UTM의 설치위치와 유압하드라인을 연결하는 방법을 다음과 같이 구별하여 나타내었으며, 설치방법 1안은 500GPM의 유량을 공급할 수 있도록 대용량의 유압하드라인을 증설하는 방안이고, 2안은 하드라인의 증설을 최소화하여 350GPM까지 공급할 수 있는 시스템을 구성하는 방안임



〈500GPM 유압공급 하드라인 설치 방안(1안)〉



〈350GPM 유압공급 하드라인 설치 방안(2안)〉

- 장비 구축의 국산화 유도

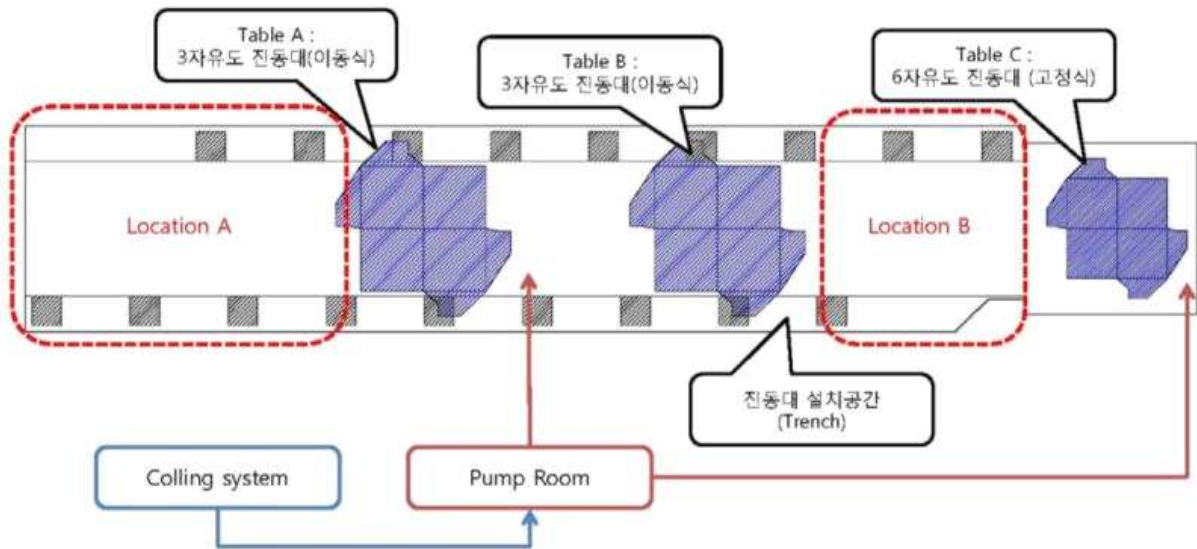
- 일체형 대용량 UTM은 수직과 수평방향의 하중을 동시에 제어해야 하고 대용량의 하중에 대하여 고속으로 실험하는 시스템이기 때문에 현재 국내의 UTM 장비 제작 기술만으로는 일체형 대용량 UTM의 일괄제작 및 성공적인 구축이 어려울 것으로 판단됨
- 다음의 항목들에 대해서는 최대한 국산화 및 국내 제작을 유도할 계획임
 - ① 20MN 하중 용량의 로딩프레임 제작 및 설치
 - ② 20MN 하중 용량의 베이스 플레이트 제작 및 설치
 - ③ 수평방향의 하중을 작용시킬 수 있는 2축가력 확장형 베이스 플레이트 제작 및 설치

- ④ 일체형 UTM의 설치를 위한 기초공사 및 콘크리트 패드 제작
- ⑤ 수평 Actuator 설치를 위한 조립식 반력대 제작 및 설치
- ⑥ 중량 실험체 설치를 위한 Overhead Crane 설치 및 보강공사
- ⑦ 유압하드라인 및 유압호스 증설 또는 변경 설치
- ⑧ 일체형 대용량 UTM의 전반적인 조립 및 설치
- ⑨ 안전관련 설비

② 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- 진동대 설치 위치

- 지진방재연구센터의 기존 진동대 장비 시스템은 2기의 이동식 3자유도 진동대와 1기의 6자유도 진동대가 설치되어 있으며, 각 장비에 유압을 공급하기 위한 유압발생장치(HPU, Hydraulic Power Unit)와 이를 분배하기 위한 HSM(Hydraulic Service Manifold), 배관설비, 냉각설비 등이 구성되어 있음. 지진방재연구센터의 진동대 장비 현황은 다음 그림과 같음



〈부산대학교 지진방재연구센터 진동대 설치 현황〉

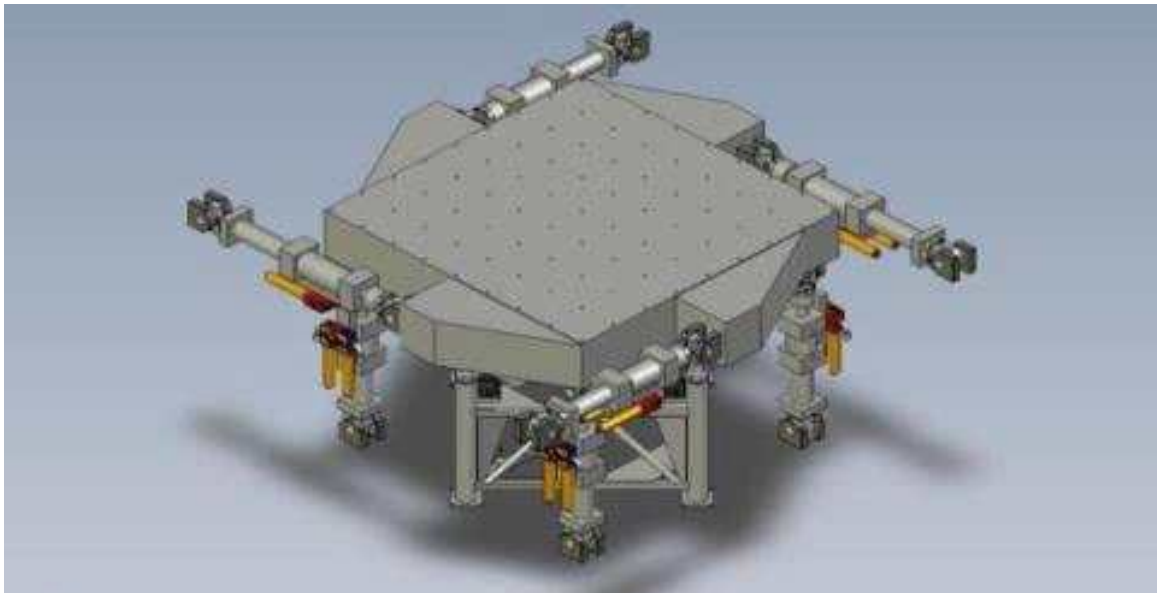
- 다자유도 진동대 2기는 이동이 가능하도록 진동대 설치 공간(Trench)이 철근콘크리트 구조로 폭 8.4m, 길이 47.7m에 걸쳐 설치되어 있고 현재 Table A와 Table B는 전체 trench의 중앙에 위치하고 있음 장비의 작동을 위한 유압은 펌프룸에서 상기 그림에 표시한 2개소로 hardline이 설치되어 공급되고 있음
- 다자유도 진동대 중 Table A는 2013년 대형 사장교 모형실험을 위해서 최초 설치 위치에서 4m 이동(상기 그림 위치에서 좌에서 우로)하여 설치된 사례가 있으나 이러한 대규모의 실험을 위한 장비의 이동 수요가 많지 않음 그러나 Table A와 B 또는 Table B와 C 등을 연계하여 동시 가진하는 실험은 다수 수행된 사례가 있음. 그러므로 전체 진동대 시스템의 활용성을 유지하기 위하여 상기 그림에 표시된 Location A와 Location B의 위치를 고성능 장비의 설치 위치로 고려할 수 있음 다만, Location B에 설치되는 경우 Table B와 C의 연동 실험이 일부 제한적일 수 있음
- 기 설치된 진동대 장비 중 Table A, B는 Table C에 비하여 규모가 큰 실험체를 대상으로 장비가 운영되기 때문에 실험준비 기간이 비교적 길며, 주로 지진파를 가진하는 실험이 대부분으로 실제 장비를 구동하는 시간이 짧음 이에 반해 Table C에서는 주로 단기간에 이루어지는 실험이 대부분이며, 지진파를 가진하는 내진실험 외에도 4시간 이상 연속하여 가진하는 기기 내구성 실험이 이루어지는 등 Location B에 고성능 진동대가 추가 적으로 설치되는 경우 진동 간섭 및 준비 작업을 위한 크레인 사용의 제한 등이 발생할 수 있음 그러므로 본 제안에서는 Location A의 위치에 고성능 진동대를 설치하는 것으로 계획하였음

〈실험장비 구성〉

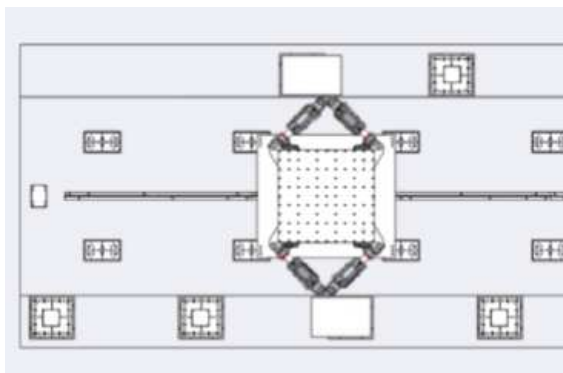
장비	부품	규격
고성능 6자유도 진동대	1) 25 m x 25 m 6자유도 진동대 테이블	• 6DOF, 6 tons, 10g
	2) 유압 분배 시스템	• 현재 설치된 유압배관의 연장
	3) 베이스 정반 및 지지대	• 6 tons, 10g 조건 지지
	4) 디지털 제어 시스템	• MTS 494 Electronic chassis
	5) 지진 테이블 제어 소프트웨어	• MTS 469 D control Software with Control PC - Windows 7 - 24 in. monitor - 2.5 Ghz minimum Xeon 6 Core Series or higher computer
	6) 내진 및 진동 시험 소프트웨어	• MTS STEX Software with Control PC - Windows 7 - 24 in. monitor - 2.5 Ghz minimum Xeon 6 Core Series or higher computer
제어시스템 및 데이터 수집장치	1) 하이브리드 시뮬레이션 Actuator 및 제어 시스템	• MTS FlexTest 60 controller • 100 kN Actuator(MTS Model 244. 22A-07) - Load Cell: ± 100 kN, MTS Model 661.20F - Displacement: ± 125 mm (250 mm stroke) with MTS LVDT - Servovalves: Dual 15 gpm, MTS Model 252.25G - Swivel base: Adjustable type, MTS Model 249B.M160 - Swivel rod: Adjustable type, MTS Model 249R.M160 - System cable: 30 m -1 set
	2) 데이터 수집 장치	• NI DAQ System - 96 channels - Sampling rate : minimum 5 KHz - NI PXIe-8135 Core Processor -1 ea - PXIe-1082 Chassis -1 ea - NI PXI-6251, M Series DAQ -1 ea - SCXI-1001 12-Slot Chassis -1 ea - LabVIEW Premium Suite -1 copy - SCXI-1531 8-Channel ICP Accelerometer Module -12 ea - NI PXI 8-Slot Front Rack Mount Kit -1 ea - NI PXI 8-Slot Front Rack Mount Kit -1 ea - SCXI 1370 Rack Mount Kit -1 ea • DAQ PC - Windows 7 - 24 in. monitor - 2.5 Ghz minimum Xeon 6 Core Series or higher computer

- 6자유도 진동대 기능 구성

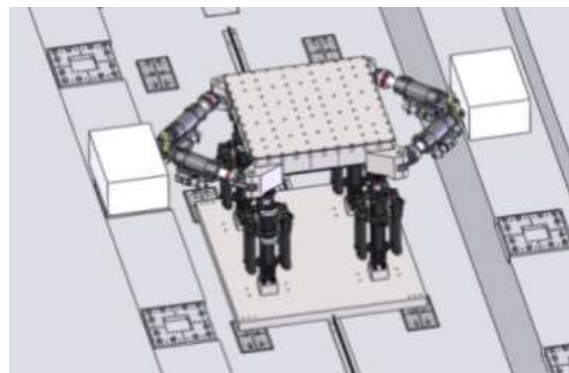
- 지진방재연구센터의 trench가 5.0m×5.0m의 진동대를 이동, 설치할 수 있도록 계획되었기 때문에 계획된 진동대가 설치되는 경우 trench 상에 넓은 여유 공간이 발생하게 됨 그러므로 아래 그림에서 볼 수 있듯이 기존 진동대 장비와 동일하게 수평방향으로 직교하는 actuator를 구성하여 설계하는 것은 시공상 어려우며, 비용적으로도 비효율적임 그러므로 본 제안에서는 다음 그림에 나타난 것과 같이 수평 actuator를 반력 지점에서 45° 각도를 이루어 설치함으로써 이러한 문제를 해결 하고자 함
- 또한, 각 반력지점은 기존의 이동형 3자유도 진동대의 고정용 기초를 계속적으로 활용할 수 있도록 계획하였음 다음 그림에서 나타난 것과 같이 하부 parking frame 고정용 plate 4개에 수직 actuator 4개를 연결할 수 있도록 400mm 이상의 강판을 연결, 설치하도록 하여 기초를 구성하고 상부 반력 plate 2개를 연결할 수 있도록 반력 블록을 제작한 후 수평 actuator를 연결할 수 있도록 계획하였음 이러한 구성은 기 설치된 철물을 변경 없이 이용하는 것으로서 기존의 진동대 기초를 수정하지 않고 설치가 가능하여 철근콘크리트 구조의 내구성을 높이고 비용적으로도 유리하게 됨



〈지진방재연구센터 진동대 ISO (Table C)〉



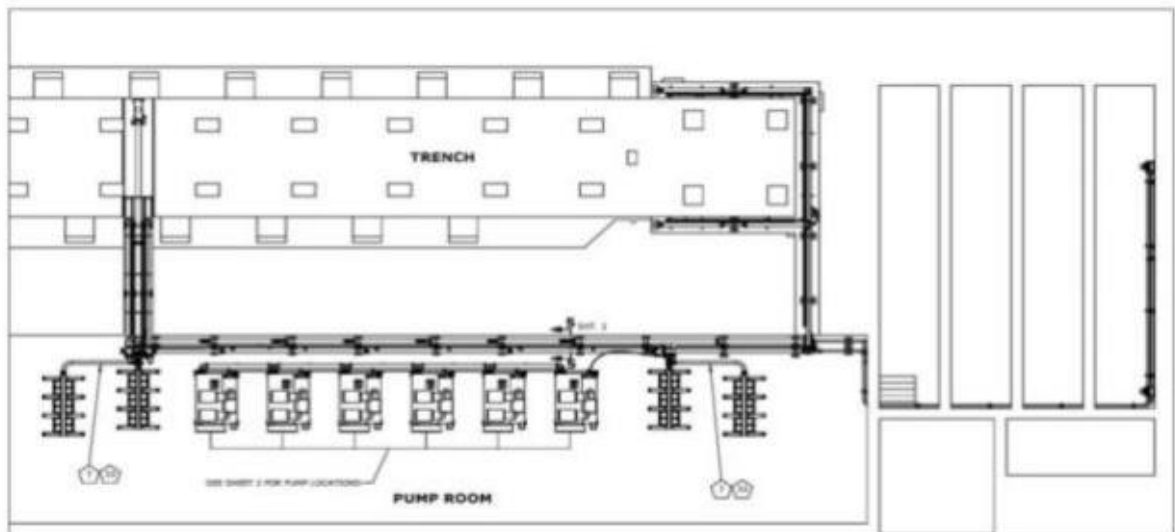
〈진동대 설치 평면 계획〉



〈고성능 진동대 계획 ISO drawing〉

- 기존 유압시스템 활용 방안

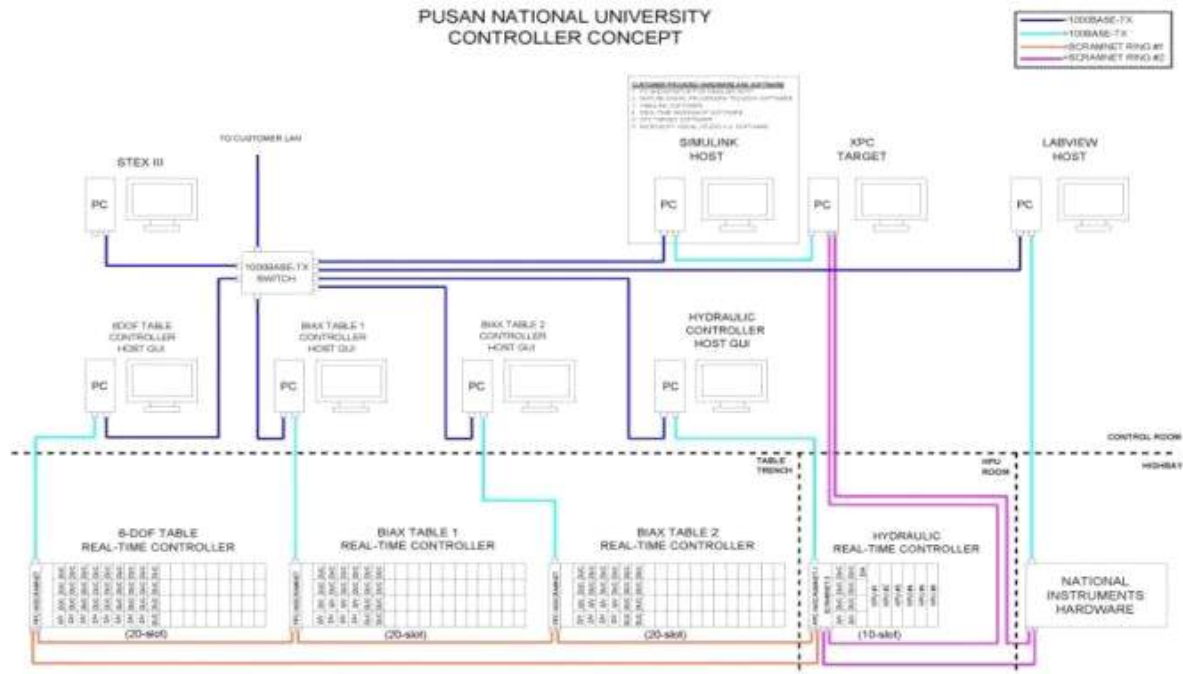
- 지진방재연구센터의 기존 유압시스템은 아래 그림과 같이 6개의 대용량 HPU와 이를 지원하는 accumulator bank로 구성되어 있음. 이러한 유압공급 시스템은 기존 3기의 진동대를 동시에 가진 할 수 있을 만큼 충분한 유압 공급 능력을 갖고 있음 그러므로 본 제안에서는 기존 Table A 또는 Table B로 공급되는 유압배관을 수정하고 비용을 최소화 하여 신규로 설치되는 진동대에 유압을 공급할 수 있는 배관을 신설
- 이러한 구성은 진동대 4기를 동시에 1최대 성능으로 사용하지 않는다면 계속적으로 진동대를 연동하여 사용하는 것이 가능함. 다만, Table D의 성능이 타 진동대보다 높은 가속도를 구현할 수 있으나 전도모멘트 및 적재할 수 있는 중량이 낮은 등 특성이 상이하기 때문에 활용할 수 있는 방안에 대한 연구 필요
- 최종 설계단계에서 기존 유압설비에 대한 용량은 물론 설치시 주변 반력바닥 보강 등에 대책을 함께 검토하여 진행하며, 보강공사 비용을 포함하여 전체 예산범위 내에서 최적의 설계가 되도록 전문가 검토를 통해 장비의 최종 스펙과 성능 등을 결정



〈지진방재연구센터 유압공급 구성도〉

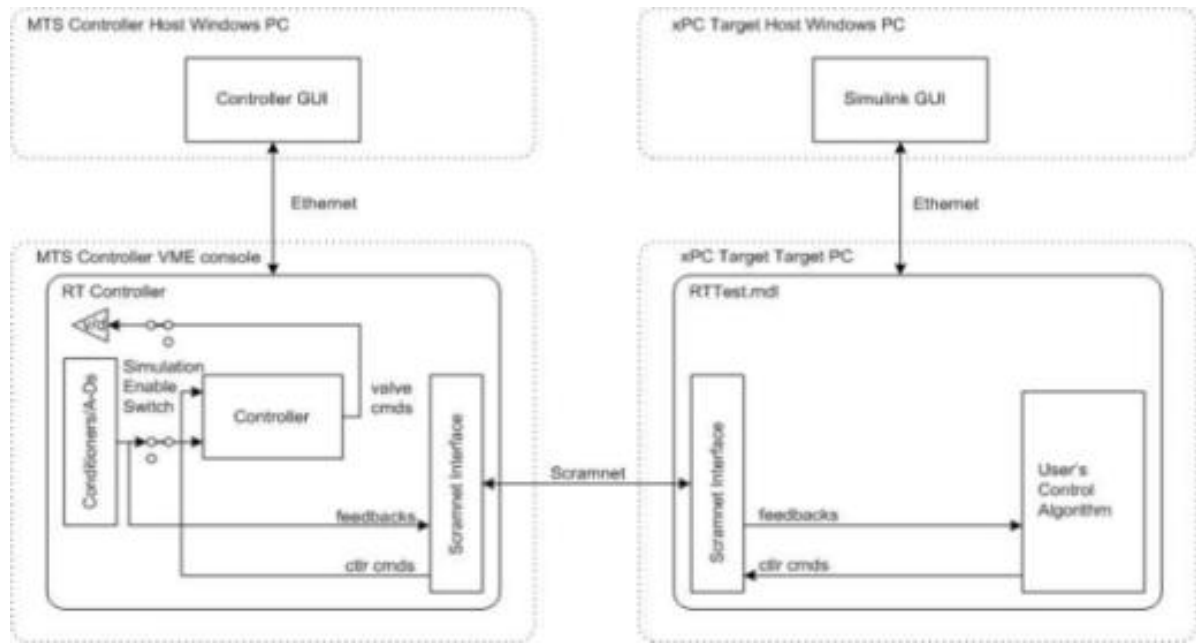
- 제어장치 및 데이터 수집 장치 구성

- 본 진동대 장비는 일반적인 진동대 시스템에 비하여 높은 가속도를 구현하는 것이 가능함 그러므로 기존 장비 제어장치와 같이 sinusoidal wave, sine sweeping, random 및 지진파형의 가진 외에도 shock에 대한 제어기능을 추가로 구성할 계획임 또한, 일반적인 실험방법에서 적용되는 target spectrum을 입력하여 가진할 수 있도록 하여 사용자의 편의성을 높이고 동시에 시험 안전성을 확보하고자 함
- 기존의 다지점 실험기능과 같이 다수의 진동대를 연동할 수 있는 기능을 신규 진동대에서도 적용하여 필요한 경우 타 진동대와 연동하여 사용할 수 있도록 계획하였음 이를 위해서 SCRAMNet(Shared Common Random Access Memory Network, 미국에서 연구용 외 사용자 기술 특허권이 있는 기술로 광케이블로 연결된 연동 메모리를 공유하여 실시간으로 데이터를 처리하는 방법) 기술을 진동대 제어장치에 포함되도록함 이러한 기능을 수행하기 위하여 기존의 STEX(MTS Seismic test execution software) 운영 프로그램을 업그레이드 진행



〈지진방재연구센터 SCRAMNet 및 제어장치 구성도〉

- 지진방재연구센터 구축 당시 진동대 시스템과 함께 설치된 데이터 수집 장치는 National Instrument사의 264ch, 다기능 DAQ(Data Acquisition System)임 이 장치는 SCRAMNet으로 3기의 진동대 및 simulation PC와 연동되도록 설계됨으로써 각 진동대의 변위, 가속도 등의 피드백 데이터를 실시간으로 실험체에 설치한 센서와 동시에 계측하는 것이 가능한 장점이 있음. 그러나 1기의 DAQ를 다수의 진동대 실험에 사용하여야 하므로 센서의 설치과정 및 각 진동대가 동시에 실험하는 경우에는 사용성이 저하될 수 있음. 예를 들어, Table A를 시험하는 중에는 Table C의 실험체 센서 설치가 제한되며, 센서 연장선을 30m 이상 설치하여야 하는 불편함이 있었음 이에 본 제안에서는 신규 설치되는 진동대에 새로운 DAQ 시스템을 추가함으로써 이러한 문제를 해결하고자 함. 이러한 DAQ 시스템 역시 SCRAMNet과 연동되어 신규 설치되는 진동대 뿐만 아니라 기존의 타 진동대의 실험에도 적용하여 사용할 수 있어 그 활용도가 높을 것으로 판단됨
- Simulation 기능 구성
 - 기존 진동대 시스템은 PC Simulation mode, Real Time Simulation Mode, Real Time Test Mode의 가상 운영 기술이 적용되어 있음 기존의 진동대 시스템은 실제로 실험체를 설치하지 않은 상태에서도 가상으로 simulation 하여 모의실험을 수행할 수 있으며, 숙련되지 않은 운전자에게 PC 상에서 simulation 할 수 있는 기능을 제공하고 있음. 이러한 기능들은 실험을 보다 안전하게 진행 할 수 있도록 도와줌
 - 또한, 이러한 시스템은 hybrid simulation test (super structure hybrid testing)를 가능하도록 구성되어 있음 이에 본 제안 진동대 장비에서도 이러한 기능을 계속적으로 사용할 수 있도록 구성함



〈Real time Test mode 개념도〉

- 장비 구축의 국산화 유도

- 상기와 같은 진동대 시스템 구축은 중량의 실험체를 높은 가속도로 6자유도 제어하여야 하기 때문에 현재 국내의 진동대 장비 제작 기술로 구축하는 것이 어려울 것으로 판단됨 그러나 다음의 항목에 대해서는 국산화, 국내 제작을 최대한 유도하여 제작하도록 할 계획임

- ① 진동대 table 철물 제작
- ② 진동대 기초 및 수평 actuator 반력 철물 제작
- ③ 추가 유압하드라인 변경 및 추가 설치
- ④ 안전관련 설비

- 바람 발생장치 설치 위치

- 바람 발생장치는 블로어 모터에 의한 기계적, 전기적 소음을 최소화하기 위하여 상기 그림에 도시한 바와 같이 센터 외부에 설치
- 단면수로와 평면수조 모두 바람발생장치가 필요하나, 비용 절감을 위하여 외부 블로어 모터로부터 덕트를 이용하여 단면수로와 평면수조에 바람발생장치를 공급

〈실험장비 구성〉

장비	부품
2차원 바람발생장치	1) Axial Fan
	2) Measure Device
	3) 캔버스(Canvas), 소음기, Bell Mouth, Corner vane, 1차측 동력 배선, 수로덕트
	4) Control System - VVVF Inverter - Interface PC Board - Operation Software Package - 제어컴퓨터
2차원 흐름발생장치	1) Axial Pump
	2) Measuring Device
	3) 정류장치(고정스크린 및 가변스크린)
	4) Control System - VVVF Inverter - Interface PC Board - Operation Software Package
3차원 흐름발생장치	1) Impeller Pump
	2) Measuring Device
	3) 분리벽 및 접속관 후렌지, Diffuser, Corner Vane Block
	4) Control System - VVVF Inverter - Interface PC Board - Operation Software Package - 제어컴퓨터
3차원 바람발생장치	1) Axial Fan
	2) Measure Device
	3) 정류장치(고정스크린)
	4) Control System - VVVF Inverter - Interface PC Board - Operation Software Package - 제어컴퓨터

- 바람 발생장치 구성

- 외부에서 발생하는 바람을 덕트를 이용하여 단면 수로와 평면 수조에 전달하며, 정속성과 정류성을 확보하여 정도 및 신뢰성 높은 실험을 수행
- 바람 발생장치의 최대 풍속은 단면 수로 및 평면 수조 모두 10 m/s로 설정하여, 스케일 효과에 의한 오차를 최소화
- 단면수로의 경우 덕트를 사용하여 공급하며 수로 상단에 덮개를 설치하여 거리에 대하여 정속성과 정류성을 최대로 확보할 수 있도록 설치
- 시스템은 바람발생을 위한 모터, 덕트, 방향과 속도를 제어할 수 있는 시스템으로 구성
- 평면 수조의 경우 이동식 대차에 덕트를 설치하여 바람 발생 위치와 정속성, 방향 전환이 가능하여 복합 발전장치에 대한 다양한 테스트를 수행
- 모터를 포함한 제어시스템 등을 국산화하여 비용 절감을 유도

- 흐름 발생장치 구성

- 흐름발생장치는 흐름을 발생시키는 water pump, 방향 전환을 유도하는 wall block, 유속을 조절하는 제어 시스템으로 구성
- 위 그림과 같이 평면 수조에서는 조파기 반대편 위치에 유출구를 설치하여 흐름을 발생시키며 유속과 유향을 결정
- 단면 수로의 경우 변동류를 가능하게 하고, 정속성, 정류성을 확보하여 바람, 파랑과 함께 외력조건의 발생의 질을 제고
- 흐름 발생장치의 최대 유속은 단면 수로 1 m/s, 평면 수조 0.5 m/s로 설정하여 조석의 효과를 고려한 실험을 수행
- 조석의 방향 변화를 고려하기 위하여 정방향, 역방향의 흐름 발생이 가능하여 창조와 낙조를 모두 발생시킬 수 있는 장치를 설치

- 기존 시스템(장비) 활용 방안

- 해안항만실험 센터에 보유하고 있는 단면 수로 및 평면 수조는 주로 파랑에 의한 실험이 수행되어 왔고, 특히 파력발전에 대한 수행이 가능
- 기존의 시스템에 바람과 흐름 발생장치를 추가함으로써 해상 풍력, 파력발전 및 조류발전을 동시에 고려하는 복합 발전장치의 성능 검증과 복합적인 외력에 대한 장치의 안정성 테스트 활용
- 기타 분야에 대한 실험은 구축후 활용방안 수립에 포함시켜 활용도를 높일 수 있는 방안마련
- 또한, 바람과 파랑을 동시에 고려하여 태풍 발생시 해안 구조물의 안정성에 두 외력을 동시에 고려하여 보다 현실성 있는 테스트를 수행
- 흐름과 파랑을 동시에 발생시켜, 국내 서해안의 큰 조차를 고려한 다양한 실험을 수행
- 최종 설계단계에서 기존 유압설비에 대한 용량은 물론 설치시 주변 반력바닥 보강 등에 대책을 함께 검토하여 진행하며, 보강공사 비용을 포함하여 전체 예산범위 내에서 최적의 설계가 되도록 전문가 검토를 통해 장비의 최종 스펙과 성능 등을 결정

- 장비의 국산화 유도

- 상기의 장비는 구축 비용을 절감하고, 기술의 국산화를 위하여 모든 시스템에 대한 국산화를 유도
- water pump와 블로어 모터는 최대 용량을 발생시킬 수 있는 국산 제품이 존재함으로 국산의 활용이 가능
- 바람발생장치의 방향 전환을 위한 덕트는 국내에서 철물 제작
- 흐름발생장치를 위한 water block은 국내 업체에서 철물 제작

다. 국가 연구시설·장비 도입·구축을 위한 관련 규정 분석

① 국가 연구시설·장비 표준지침 분석

- 국가 연구시설·장비 표준지침은 연구개발 시설·장비의 관리·운영·공동활용 및 처분에 관하여 필요한 사항 규정을 하고 있음
- 국가 연구시설·장비 표준지침은 시설장비 관리체계, 기획, 심의, 구축, 등록, 운영, 활용, 처분에 대한 총 8단계에 대한 내용으로 구성
- 본 과제에서 도입 되는 장비에 대한 업무 프로세스는 국가 연구시설·장비 표준지침의 내용을 적용하여 수행함

제 1절 시설장비의 관리 체계

- ① (국가연구시설·장비심의평가단) 국가연구개발사업으로 구축하는 1억원 이상 시설장비의 구축타당성을 검토하기 위하여 국가연구시설·장비심의평가단 구성·운영
- ② (연구개발과제 평가단) 관계 중앙행정기관의 장은 정부위탁연구사업 중 3천만원 이상 1억원 미만의 시설장비 구축계획이 포함된 경우 연구개발과제 평가단에서 시설장비의 구축타당성을 검토
- ③ (자체장비심의위원회) 연구기관의 장은 이미 구축한 시설장비의 효율적 활용 및 연구기관기본사업으로 구축하고자 하는 3천만원 이상 1억원 미만 시설장비의 구축타당성 검토와 구축된 3천만원 이상의 시설장비의 활용·처분 등을 위하여 자체장비심의위원회를 구성·운영

제 2절 기획

- ① (기획 실시) 시설장비를 도입하고자하는 연구기관의 장은 해당사업의 목적과의 부합성, 국가전략적 필요성, 시설장비의 중복성·활용성·적정성, 시설장비 운영의 계획성, 집적화 가능성을 고려하여 구축계획을 수립
- ② (중복성 검토) 연구기관의 장은 시설장비의 구축계획을 수립할 때는 중복 구축여부를 사전에 검토

제 3절 심의

- ① (심의대상) 심의평가단은 다음 각 호에 해당하는 사항에 대하여 시설장비의 구축타당성을 검토
- ② (심의요청) 시설장비를 도입하려는 연구기관의 장은 ZEUS에 심의를 요청
- ③ (심의방법) 심의평가단의 심의는 ZEUS를 통한 심의를 원칙으로 한다. 다만, ZEUS를 통한 심의를 할 수 없는 경우 수기로 할 수 있다.
- ④ (심의결과) 심의평가단은 시설장비의 구축타당성 검토결과에 대하여 다음 각 호 중 어느 하나로 의결하며, 지원기관의 장은 심의평가단 개최일로부터 7일 이내에 그 결과 및 사유를 해당 연구기관 및 전문기관에 통보
- ⑤ (평가관리) 미래창조과학부장관은 지원기관 및 전문기관에게 연구기관의 시설장비 심의결과의 이행 여부를 현장실태조사 등을 통해 점검하게 할 수 있으며, 그 결과를 사업평가, 기관평가, 차년도 예산심의 시 반영
- ⑥ (심의지원) 미래창조과학부장관은 관계 중앙행정기관의 장이 실시하는 3천만원 이상 1억원 미만 시설장비의 도입심의에 일관된 기준을 적용하기 위하여 부처공동 표준운영기준을 마련하여 제공

제 4절 구축

- ① (시설장비의 구축) 연구기관의 장은 심의평가단·연구개발과제 평가단 또는 자체장비심의위원회의 심의결과에 따라 시설장비를 구축
- ② (구매원칙) 연구기관의 장은 시설장비의 구매 시 해당 연구기관의 시설장비 구매 관련 규정을 따라야 하며, 공개입찰을 통한 구매를 원칙
- ③ (구매지원) 지원기관의 장은 연구기관의 장의 요청 시 해당 연구기관이 구매하고자 하는 시설장비의 적정사양, 적정가격, 제조사정보, 수의계약의 필요성 등을 검토하여, 그 결과를 연구기관에 제공
- ④ (기술검수 및 검증시험) 연구기관의 장은 설치를 완료한 시설장비에 대하여 구매요구서에 명시된 성능 등 제반 사항이 제대로 충족되었는지 검증하기 위한 기술검수 및 검증시험을 실시

제 5절 등록

- ① (자산등록) 연구기관의 장은 도입을 완료한 시설장비에 대하여 관계법령에 따라 기관자산으로 등재하고 자산등록 관리번호를 부여
- ② (정보등록) 연구기관의 장은 별표3의1의 기준에 해당하는 3천만원 이상 시설장비와 3천만원 미만 이라도 공동활용이 가능한 시설장비는 공동관리규정 제25조제3항의 국가연구개발정보표준 시설장비 해당 항목에 따라 ZEUS(또는 NTIS)에 등록
- ③ (등록정보 연계) 지원기관의 장은 중앙행정기관, 전문기관 및 연구기관의 시설장비 관리시스템과 ZEUS(또는 NTIS)의 시설장비정보를 상호 연계하도록 공지
- ④ (연구비관리정보 연계) 지원기관의 장은 시설장비의 등록누락을 방지하기 위하여 관계기관의 연구비 관리시스템의 정산정보와 ZEUS(또는 NTIS)의 등록정보간 연계체계를 구축할 수 있도록 API를 제공
- ⑤ (등록정보의 관리) 연구기관의 장은 ZEUS(또는 NTIS)에 등록된 시설장비 정보가 변동된 경우 즉시 등록정보를 변경
- ⑥ (국가연구시설장비 표준분류체계) 미래창조과학부장관은 시설장비 관련 조사·분석 및 효율적인 관리업무를 수행할 수 있도록 관계 중앙행정기관의 장과 협의하여 주기적으로 국가연구시설장비 표준분류체계를 만들어 공지

제 6절 운영

- ① (시설장비책임관) 연구기관의 장은 부서장급 1명을 시설장비책임관으로 지정하여 업무를 수행
- ② (전담운영인력) 연구기관의 장은 제10조제2항의 구축계획서에 따라 해당 시설장비의 전담운영인력을 확보하고 ZEUS에 등록
- ③ (운영관리) 연구기관의 장은 시설장비의 운영상황을 별표 3의2의 작성항목에 따라 시설장비 운영일지에 기록하여 관리
- ④ (유지보수) 연구기관의 장은 시설장비에 대한 소모품 및 부분품의 정기적인 교체, 고장수리 등 유지보수 이력을 작성항목에 따라 유지보수일지에 기록하여 관리

제 7절 활용

- ① (활용범위의 변경) 연구기관의 장은 보유한 시설장비의 활용범위를 주기적으로 점검하고 활용범위를 검토·변경하기 위한 자체장비심의위원회를 연 1회 이상 개최
- ② (공동활용체계) 연구기관의 장은 ZEUS에 등록한 공동활용 시설장비를 이용자가 이용할 수 있도록 공동활용 규정을 마련
- ③ (시설장비 이용료의 산정 및 집행) 연구기관의 장은 별표 4의 시설장비 이용료 산정기준에 따라 이용자의 시설장비 이용료 산정기준을 마련
- ④ (시설장비 활용 성과관리) 연구기관의 장은 별표 7의 시설장비 활용실적지표에 따라 소관 시설장비의 활용실적을 체계적으로 관리

제 7절 처분

- ① (처분결정) 연구기관의 장은 연 1회 이상 자체장비심의위원회 심의를 통해 보유한 시설장비의 활용상태를 주기적으로 판정하여 재배치(기관 내 재배치, 타기관 대여 등)하거나 해당 시설장비의 활용상태를 전환하고, 불용 시설장비는 시설장비 처분 유형에 따라 처분
- ② (처분공고) 연구기관의 장은 소관 시설장비를 별표 8의 시설장비 처분 유형에 따라 무상양여 또는 해체하고자 하는 경우에는 30일 이상 ZEUS에 공고
- ③ (무상양여/해체/매각/폐기) 처분대상 시설장비는 무상양여, 해체 후 부품·재료 재활용, 매각, 폐기 순으로 처분
- ④ (처분의 특례) 「물품관리법」의 적용대상인 연구기관의 장은 시설장비를 「물품관리법」에 따라 처분할 수 있으며, 처분 결과에 관한 정보를 ZEUS(또는 NTIS)에 변경·등록

② 장비 조달 관련 국가 법률, 예규, 기준 등 분석

○ 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률」 및 동법 시행령, 시행규칙 분석

- 본 법은 국가를 당사자로 하는 계약에 관한 기본적인 사항을 정함으로써 계약업무를 원활하게 수행 할수 있도록 하고 있음
- 본 과제에서 도입 되는 장비와 관련된 계약방법, 입찰 및 낙찰절차, 계약체결 및 이행, 이의 신청 등 계약과 관련된 전반적인 부분에 법률, 시행령, 시행규칙에 대한 내용 검토 실시

○ 「협상에 의한 계약체결기준」(2015.1.1. 기획재정부계약 예규)

- 「국가를 당사자로 하는 계약에 관한 법률 시행령」와 관련된 협상에 의한 계약 체결에 필요한 사항을 정함을 목적으로 함
- 입찰공고, 제안서 제출 및 평가, 협상적격자 및 협상순위 선정, 협상 내용 및 범위, 협상기간, 계약 체결에 대한 기준을 통해 본 과제에서 도입되는 장비의 계약에 대한 전반적인 검토 실시



〈계약 예규〉

○ 「조달사업에 관한 법률 시행규칙」(2010.3.30., 기획재정부령 제 137호) 및 「협상에 의한 계약 제안서평가 세부기준」(기술서비스총괄과-869.2015.4.20.) 분석

- 「조달사업에 관한 법률 시행규칙」은 조달사업의 공공성을 고려하면서도 효율적으로 수행하기 위하여 조달사업의 운영 및 관리에 필요한 사항을 규정
- 본 과제에서 도입되는 장비 중 국외 장비를 조달 할 수 있기 때문에 관련 장비 구매 절차와 이에 필요한 서류 내용 검토



〈시행규칙〉

〈제안서평가 기준〉

라. 외산장비의 해외도입 방식 검토

① 연구장비 관세감면 및 관세법

○ 연구장비 관세감면[법률 제12307호]

- 본 연구로 도입하는 장비들은 교육기관인 대학교에 구축되는 장비들이며 R&D 시험서비스 뿐만 아니라, 법률 제90조 나 호에 해당하므로 학술연구용품에 따른 관세 감면이 가능한 것으로 분석됨

법률 제12307호

- (가) 제90조(학술연구용품의 감면세) ① 다음 각 호의 어느 하나에 해당하는 물품이 수입될 때에는 그 관세를 감면할 수 있다.
- 가. 국가기관, 지방자치단체 및 기획재정부령으로 정하는 기관에서 사용할 학술연구용품·교육용품 및 실험실습용품으로서 기획재정부령으로 정하는 물품
 - 나. 학교, 공공의료기관, 공공직업훈련원, 박물관, 그 밖에 이에 준하는 기획재정부령으로 정하는 기관에서 학술연구용·교육용·훈련용·실험실습용 및 과학기술연구용으로 사용할 물품 중 기획재정부령으로 정하는 물품
 - 마. 제2호의 기관에서 사용할 학술연구용품·교육용품·훈련용품·실험실습용품 및 과학기술연구용품으로서 외국으로부터 기증되는 물품. 다만, 기획재정부령으로 정하는 물품은 제외한다.
 - 라. 기획재정부령으로 정하는 자가 산업기술의 연구개발에 사용하기 위하여 수입하는 물품으로서 기획재정부령으로 정하는 물품
- ② 제1항에 따라 관세를 감면하는 경우 그 감면율은 기획재정부령으로 정한다.
[전문개정 2010.12.30.]

○ 관세법 시행규칙[기획재정부령 제432호]

- 관세법 시행규칙 제37조에 따르면 민법 32조에 따라 설립된 비영리법인으로서 독립된 연구시설을 갖춰 관계 장관으로부터 확인·추천받은 기관이면 관세감면이 가능함
- 따라서 법률 제12307호에 따라 해당 물품이 관세 감면 물품에 해당은 되나, 주관연구기관이 해당 학교 등의 교육연구기관이 아니므로 관세법 시행규칙에 따라 사전 관계 장관의 확인·추천을 받아야 하는지 함께 검토함

관세법 시행규칙[기획재정부령 제432호]

- 가) 제37조(관세가 감면되는 학술연구용품) 산업기술연구를 목적으로 「민법」 제32조 및 「협동조합 기본법」에 따라 설립된 비영리법인으로서 독립된 연구시설을 갖추고 있는 법인임을 산업통상자원부장관, 미래창조과학부장관 또는 기획재정부장관이 확인·추천하는 기관

○ 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 PROS MANUAL의 연구장비 관세감면 제도('11.09.20. 제7호)

[붙임 1] 관세감면 종류

	종류	목적	대상물품 및 용역지르기	감점율	시호관련 여부
우 측 단 면 단 면 단 면	외교관용 물품 등 (연쇄거래범 제8조5.)	외교관용, 준 외교관 신분에 대한 관세혜택	외교관용 물품 - 구물품, 정부유치 수입확약국가, 수입품은 물품(구제)	100%	제한(제한 물품종류)
	정부물품 등 (구제 (구제제 제92조))	정부기관 등 수입물품	국가기관, 지방자치단체 물품 (구제범 사물규제)	100%	시호관련 없음
	소속물품 등 (구제 (구제제 제94조))	수출품 관련 면세 수속물품 등 통관면의	수출품, 귀속품, 건물, 소속물품 등 (구제범 사물규제)	100%	시호관련 없음
	여객차, 화물차, 이식 물품 등(구제범 제96조)	여객차의 통관장비 면의	여객차 화물차, 이식물품 (구제범 사물규제)	100%	시호관련 없음
	재수입면세 (구제제 제99조)	내국물품이 수출 과제다가 재수입	수출품, 수출품물기 화물기 및 연구용품(구제범)	100%	제한(재 수입) (일반물품)
	해외국가물품(구제 (구제제 제101조))	해외에서 자급지출	기물품, 수산물 - 농수산물, 한지 - 오메가제 (구제범 사물규제)	수출품 부담 면세	시호관련 없음
	순상장제 (구제제 제100조)	열산 - 반산 - 순산 부담면세 감세	수입(구제) 수입한 반산, 순산물품 등 (구제범 사물규제)	순산부담 면세	시호관련 없음
	세출물품(구제범 제 (구제제 제98조))	기타관세 목적과 세출물품의 시정 (중과징입 - 반도제 신인 목적)	항공기 부품품, 제조품 부품품, 화자품 (구제범 사물규제)	100%	시호관련 없음 (건, 반도제 부하품)
	학술연구품(구제범 (구제제 제99조))	과학, 학술사업, 산업 연구(구제범 제99조)	과학연구품, 학술연구품 (구제범 사물규제)	50%	제한(학 술연구품)
	조 단 면 단 면 단 면	중과, 국산, 양양(구제 (구제제 제98조))	북지, 국산지의 국적	국물품, 자치물품(구제범)	100%
특정물품(구제 (구제제 제99조))		특정사업, 특정정책 지원	항공기 부품품, 제조품 부품품, 화자품 (구제범 사물규제)	100%	수출(일 정)
항공요양지물품 등에 대한 (구제제 제95조)		항공요양비지원제, 국 산장차물품 및 열산 지원	항공요양비지원제 물품 (구제범 사물규제)	100%	제한(국 산)
재수입면세 (구제제 제97조)		통관면의 목적	수출품, 수출품물, 부하품, 일시 수입품의 신변물품 등(구제범 사물규제)	100%	제한(재 수입)
재수출면세 (구제제 제98조)		임대수출품, 관세제 하에 통관면의 중산	내국물품(구제) 이상, 관세하 500만원 이상 물품 등 (구제범 사물규제)	30%	제한(장기 제98조) 재수출면 세
수출품(구제제 제 (구제제 제104조))		수출(구제제 제104조) (한국의 수출품) 시호(수출 보증지정)	수출품 재화(구제) 위한 재화 등 (구제 한(구제제)에 의해 시호(구제) 있음)	85%	수출(일 정) 등

2. 연구장비 관세감면 절차

■ 온라인/오프라인 연구장비 판매감면 추천서 발급

- **강연추천서 발급 절차**
 - 오프라인, 온라인 접수 병행하여 시행 중



- **처리 기간**
 - 접수일로부터 7영업 이내
 - * 연, 주연접수 : 발송기간, 발송일, 전달지(전달부) 포함되는 경우 - 도착일 기준하는 기한은 전달지까지 적용
- **검토 기준**
 - 수입하고자 하는 품목과 대등한 품질 또는 성능을 가진 국산품이 없는 경우
 - 수입하고자 하는 품목과 대등한 질 및 성능의 국산품이 생산된다 하더라도 납품설치에 없는 경우
 - 기타 국산품들이 부적합하다고 판단되는 경우
- **검토 방법**
 - 신청한 품목에 대하여 국내 생산업체 확인 및 스펙 비교 검토
 - 이의신청제품 또는 판단이 곤란한 품종은 국산화심사위원회에서 심의·처리
- **내세준서 추진업무 담당부서**
 - 한국기개산업진흥회 회원가속팀 : Tel.02-989-7823/7830, Fax.02-3609-7280
 - 주소 : 우1150-729 서울 서북구 영등포동 13-31 기개산업진흥회
 - 한국기개산업진흥회를 방문 회원가속팀
- **구비사항**
 - 초정 신청서 교부(붙임② : 별지서식 1호)
 - 가격목록 작성서 1부(붙임③ : 별지서식 4호)
 - 기술자료의 보낼 때 사장이 명기한 카탈로그 1부
 - 시설·구성 및 구성품이나 재료나 부품의 목록표(Check Sheet) 또는 견적서(Quotation) 1부

② 해외 장비 도입 조달 절차 및 주요내용

○ 「조달청 외자구매업무 처리규정」(2013.12.20. 조달청 훈령 제1635호) 분석

조달청 외자구매업무 처리규정

제정 2013.12.5 조달청 훈령 제1386호
개정 2013.6.20 조달청 훈령 제1455호
변경사항 2013.12.20 조달청 훈령 제1635호
개정 2013.6.20 조달청 훈령 제1605호
개정 2013.12.20 조달청 훈령 제1635호

제1장 총칙

제2조(목적) 이 규정은 「조달사업에 관한 법률 시행규칙」(이하 "법규"라 한다) 제2조제5항과 제2조의 규정에 따라 조달청장이 국가기관, 지방자치단체와 공공기관(이하 "수요기관"이라 한다)이 필요로 하는 물자(이하 "수요물"이라 한다)를 외국산 제품 중의 구매와 공급에 관한 세부 업무처리 기구를 규정함을 목적으로 한다.

제3조(정의) 이 규정에서 사용하는 용어의 뜻은 다음과 같다.

1. "외자"는 우리 제2조의 "외국산제품"으로 조달청장이 국제 구매에 따라 구매, 공급하는 물품과 용역을 말한다.
2. "소액외자"는 조달청장이 1 건 기준 중 해당예산이 이하 4만 불 이하인 물품을 말한다. 다만, 총 예산예산이 이하 4만 불을 초과하여라도 각각의 물품별 금액이 이하 4만 불 이하인 경우를 포함한다.
3. "정부조달청장 직통물자"(이하 "직통물자"라 한다)는 제2조의 물자를 당사자로 하는 계약에 관한 법률(이하 "국가지정법"이라 한다) 제2조의 "특정조달을 위한 물품을 당사자로 하는 계약"에 관한 법률 시행령(이하 "특정조달"이라 한다) 제2조의 "특정물자"라 한다. 제2조의 물품과 용역을 말한다.
4. "계약관"은 조달청 회계직 공무원인 계약 관리 조달물자 계약관(본청과 대외 계약관을 포함한다)을 말한다.
5. "계약상대자"는 조달청과 외자구매 공급계약을 체결한 기업체(Bidder)와 공급자(Supplier)를 말한다.
6. "중금리"는 계약물품의 공급을 책임지는 자를 말한다.
7. "제외자"는 계약물품을 제조하거나 제작하는 자를 말한다.
8. "계약물품"은 조달청 외자구매를 담당하는 계약관리관과 외자구매

[별표 1]

외자구매계약 표준계약서 소요일수

단 계 별	계약 일일	수익 제차				
	발주	계약	계약	계약	계약	계약
			계약	계약	계약	계약
발주(발주)	1	1	1	1	1	1
계약(계약)	2	2	2	2	2	2
계약(계약)	3	3	3	3	3	3
계약(계약)	4	4	4	4	4	4
계약(계약)	5	5	5	5	5	5
계약(계약)	6	6	6	6	6	6
계약(계약)	7	7	7	7	7	7
계약(계약)	8	8	8	8	8	8
계약(계약)	9	9	9	9	9	9
계약(계약)	10	10	10	10	10	10
계약(계약)	11	11	11	11	11	11
계약(계약)	12	12	12	12	12	12
계약(계약)	13	13	13	13	13	13
계약(계약)	14	14	14	14	14	14
계약(계약)	15	15	15	15	15	15
계약(계약)	16	16	16	16	16	16
계약(계약)	17	17	17	17	17	17
계약(계약)	18	18	18	18	18	18
계약(계약)	19	19	19	19	19	19
계약(계약)	20	20	20	20	20	20
계약(계약)	21	21	21	21	21	21
계약(계약)	22	22	22	22	22	22
계약(계약)	23	23	23	23	23	23
계약(계약)	24	24	24	24	24	24
계약(계약)	25	25	25	25	25	25
계약(계약)	26	26	26	26	26	26
계약(계약)	27	27	27	27	27	27

주) 1. 계약관과 입찰(계약)일도 시 수요기관에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
2. 계약관, 계약관, 계약관, 계약관 등 일수가 지연일수에 포함될 경우 지연 일수 별도 계산
3. 신용장(신용장)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
4. 신용장(신용장)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
5. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
6. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
7. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
8. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
9. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
10. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
11. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
12. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
13. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
14. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
15. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
16. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
17. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
18. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
19. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
20. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
21. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
22. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
23. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
24. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
25. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
26. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산
27. 계약관(계약)에 의해 일수가 지연된 기간은 별도 계산

- 2 -

- 42 -

〈외자구매 처리규정〉

〈조달소요일수〉

- 외자구매 업무흐름별 규정, 외자구매 수요기관업무 사용자 매뉴얼



〈조달청의 외자구매 절차〉

○ 조달요청

- 수요기관에서 외자물품을 구매하고자 하는 경우 당해 물품의 규격, 배정예산, 용도, 조건 등을 명시하여 국가종합전자조달시스템(나라장터: G2B)를 통하여 조달청에 조달요청

○ 구매규격 사전공개 및 검토

- 조달요청서가 접수되면 조달청은 입찰 참가희망자의 균등한 입찰참여 기회를 보장하고 공정한

경쟁을 유도하기 위하여 국가종합전자조달시스템(나라장터: G2B)에 7일간(단, 긴급을 요하는 경우 3일간) 규격을 공개하고 입찰참가자의 규격 보완이나 수정 건의가 있을 경우 수요기관과 협의하여 구매규격을 확정

○ 구매결의(공고규격 확정 및 계약방법 결정)

- 조달청은 구매규격의 경쟁성 유무를 검토하여 공고규격으로 확정하고 구매물품의 특성에 적합한 계약방법을 결정

○ 입찰 공고

- 구매결의 내용을 전산입력하고 공고번호를 부여하여 국가종합전자조달시스템(나라장터: G2B)을 통하여 공고하며. 수의계약일 경우에는 계약대상자에게 전적서 제출을 요청

○ 입찰보증금 적립(납부)

- 원칙적으로 지급각서로 대체하고 있으나 미화100만 불 이상 물품 등 입찰보증금을 적립하도록 공고된 경우에는 입찰참가희망자는 개찰일 전일까지 총 입찰금액의 5% 이상을 입찰보증금으로 적립(납부) 해야함

○ 입찰서 제출

- 입찰서는 입찰설명서에서 정한 방법으로 제출하여야 함 전자입찰인 경우에는 나라장터(G2B)를 통하여 전자적으로 제출하고, 직접 입찰인 경우에는 입찰설명서에서 지정한 장소와 시간에 직접 제출하여야 함
- 또한, 입찰공고에 입찰서 부속서류(공급자증명서, 제작자증명서, 상세 전적서 등)를 가격입찰서에 첨부하여 전자적으로 제출하도록 공고되어 있는 경우에 입찰자는 반드시 이를 첨부하여 송신하여야 무효입찰이 되지 않음

○ 개찰

- 입찰공고에서 정한 입찰일시 및 장소에서 개찰하고 개찰결과는 나라장터를 통하여 공개함

○ 입찰서기술(규격) 검토

- 조달청은 입찰시 접수된 입찰서는 수요기관에 송부하여 검토를 의뢰하여 검토결과를 통보 입찰서 기술검토는 수요기관 단독검토가 원칙이며, 입찰서 평가결과 및 부적합 사유는 나라장터(G2B)를 통하여 공개함

○ 낙찰자 선정 및 계약체결

- 수요기관의 입찰서 기술검토 결과를 토대로 낙찰자를 선정(규격적합자 중 최저가 입찰자)하여 계약을 체결하고, 계약상대자는 계약보증금을 적립함

○ 계약체결 통보, 신용장개설신청, 적하보험부보, 운송지시

- 조달청은 계약이 체결되면 수요기관과 계약상대자에게 통보함과 동시에 외국환은행에 신용장개설을 신청함 지정장소 운송인 인도(FCA), 지정선적항 본선인도(FOB) 조건인 경우에는 일괄 운송계약자에게 운송을 요청함. 또한, 지정장소 운송인 인도(FCA), 지정선적항 본선인도 (FOB), 지정목적지 운송비지급인도(CPT), 지정목적항 운임포함인도(CFR)조건인 경우에는 보험계약자에게 수입물자에 대한 적하보험을 부보 의뢰함

○ 신용장 개설통보

- 외국환 은행은 신용장을 개설하고 신용장 사본을 조달청과 수요기관 및 국내계약자에게 송부함
국외 거래은행(통지은행)은 국내 외국환은행으로부터 신용장 개설을 통지받아서 수익자 (국외 공급자)에게 신용장을 전달(통지)함

○ 선적(납품)

- 국외 공급물품: 국외 계약상대자(공급자)는 계약물품이 제작 완료되고 검정에 합격한 경우 신용장 (또는 계약서)에서 정한 선적기한 내에 지정된 선적항의 본선이나 운송인에게 인도하거나 조달청 이 지정한 일괄운송자에게 물품을 인도(선적)함
- 국내 공급물품: 계약자가 직접 수요기관에 납품함

○ 물품대금 적립 및 지급

- 외화계약의 경우는 신용장을 개설하여 그 내용대로 공급자가 계약물품을 선적하면 물품대금을 지급하게 되므로 신용장 개설은행은 국외공급자로부터 선적서류를 받으면 신용장조건과 일치 여부를 검토 후 일치하는 경우 국외 공급자에게 물품대금을 지급함 따라서 수요기관은 선적기한 이전 적절한 시기에 계약금액(외화)에 해당하는 원화를 신용장 개설은행에 적립(외화를 매입)하여야 함
- 원화계약(Local 공급 : 국산 또는 국내공급 외산물품)의 경우는 계약자가 수요기관에 물품을 납품하면 검사, 검수를 하여 이상이 없을 경우 물품인수 후 수요기관은 물품대금을 계약자에게 직접 지급함 외화와 원화가 혼합되어 계약된 경우는 외화분은 상기 외화계약의 경우와 같이 신용장방식에 의거 대금을 지급하며, 원화분은 원화계약의 경우와 같이 수요기관에서 검사, 검수하여 이상이 없을 경우 물품인수 후 물품대금을 계약자에게 직접 지급함

○ 운송, 통관 및 수요기관 지정장소 인도

- 지정장소 운송인 인도(FCA), 지정선적항 본선인도(FOB)조건은 조달청이 지정한 일괄운송 계약자가 공급자로부터 계약물품을 인수하면 선하증권(B/L)을 발행하고 자기 책임 하에 수요기관 지정장소까지 국외운송 및 국내 운송하여 납품한 뒤 수요기관에 운송비를 청구함 (수입통관은 수요기관에서 수행)
- 지정목적지 운송비지급인도(CPT)나 지정목적항 운임포함인도(CFR) 또는 지정목적지 운송비 · 보험료지급인도(CIP)나 지정목적항 운임 · 보험료포함인도(CIF)조건은 수입통관과 관련된 업무는 수요기관에서 수행하고 물품은 수요기관에서 직접 수령함
- 지정목적지 도착장소인도(DAP), 지정목적지 관세 지급인도(DDP)조건은 계약자가 국제운송, 국내조작, 수입통관 및 국내운송을 일괄 취급 후 수요기관에 인도함

○ 물품인수 및 무하자 인수 통보

- 수요기관은 계약물품을 수령하면 이상유무를 확인한 후 하자가 있으면 조달청에 구상이나 치유를 요청함 인수물품에 이상이 없으면 조달청에 나라장터를 통하여 무하자 인수를 통보 하고 계약상대자에게는 '물품 인수도증'을 발행함 지정장소 운송인인도(FCA)나 지정선적항 본선인도(FOB)조건일 경우에는 일괄운송자에게 운송료를 지급함

○ 계약 종결

- 조달청은 수요기관에서 나라장터(G2B)를 통하여 계약물품에 대한 무하자 인수통보가 있으면 계약상대자에게 유보금 등을 지급하고 계약을 종결함

라. 장비도입을 위한 공고방식 등 확정

① 공고방식, 장비사양, 추진계획 관련 전문가 회의

- 일 자 : '2015. 04. 24.
- 장 소 : 서울 서초구 양재동 L-타워
- 회의내용
 - 본 전문가 자문회의 통해 최종으로 확정 후 조달 구매 요청 진행
 - 장비 spec. 구매 방법, 절차 등에 대한 사항과 자문 검토에 대한 안내
- 주요 논의사항
 - 장비 구매에 따른 구매방법, 계약, 낙찰방법 등에 대한 검토
 - 기술제안서 평가시 평가항목과 배점에 대한 검토
 - 장비 구매규격서에 대한 검토

회의 내용	○ 전문가 자문회의 통해 최종으로 확정 후 조달 구매 요청 진행 ○ 장비 spec., 구매 방법, 절차 등에 대한 사항과 자문 검토에 대한 안내  
회의 결과	○ 조달청을 통한 구매조달 진행 ○ 기술제안평가지 가감점에 대해 검토후 조달청 담당자와 협의 진행 ○ 규격서 작성에 있어 영문보다, 한글로 작성하면 용이, 해석 등에 따른 오해의 소지를 최소화할 수 있을 것으로 판단되어, 조달청 담당자와 협의 진행 ○ 기술제안평가 요소를 재검토함 ○ 1단계 센터에서 경험한 운영방법, 문제점들이 규격서에 적용될 수 있도록 검토함 ○ 구축시 장비 A/S관련부분도 재검토하여 최대한 보장될 수 있도록 진행 ○ 장비구축시 시설공사 부분에서 관리감독에 애로사항이 발생할 수 있는 가능성이 있어, 조달공고시 최대한 주의하여 공고 및 선정, 계약 진행함

- 규격공개 후 의견 수렴(1건)
- 6자유도 고성능 진동대의 설치시 방법에 따른 의견 수렴으로 수정완료함

○ 규격검토 결과 공문 수신(2015.05.27)

- 규격검토 결과 협의 내용

- 낙찰자결정방법 재검토.

※ ‘협상에 의한 계약’은 수요기관의 제안요청사항에 대하여 입찰자가 제안을 하여 기술평가를 통해 낙찰자를 선정하는 방법이므로, 본 입찰과 같이 수요기관이 결정한 요구규격에 맞게 기성물품을 공급하는 사업에는 부적절함.

- 요구규격에 대한 규격대비표 요청



〈규격검토 결과 공문〉

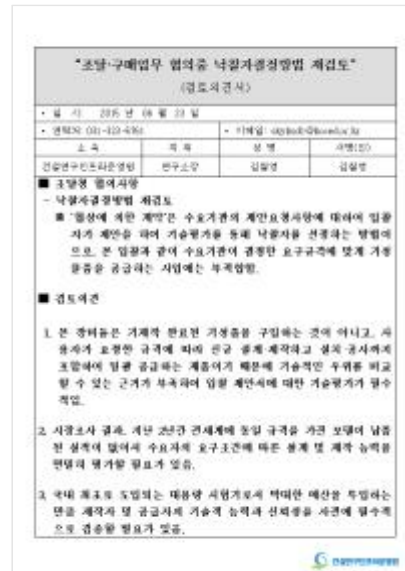
- 사전규격공개 후 규격검토 결과까지 약 3주 정도 소요되었으며, 검토기간에 조달청 규격담당자와 협의하며 규격서 작성 진행함
- 규격검토 결과에 대한 협의 및 요청 사항
 - 낙찰자선정방법에서 ‘협상에 의한 방법’을 선택한 이유에 대한 검토의견서 작성 및 협의 요청
 - 조달청 규격검토 담당자 요청 및 협의 사항
 - 규격서 한글로 번역 요청
 - 규격대비표 작성 요청
 - 제안요청서 수정 및 기술평가 제안관련 수정 요청

○ 규격검토 결과 회신 공문 발송(2015.06.23)

- 협의 및 요청 사항에 대해 이상없음을 확인 후 최종본 제출
- 낙찰자선정 재검토관련 검토의견서 1부
- 규격대비표 장비별 1부, 총 2부
- 제안요청서 장비별 1부, 총 2부(제안요청서에는 구매규격서를 포함)



<공문화신('15.06.23)>



<검토의견서>

규격 대비표			
Comparative Table of Specification			
FRS No. 0024-03-0000	제품명 UTM-4000	Item No. : 1	고성능 6자유도 진동테이블 High Performance 6 DOF Shake Table with 20MN High Performance Dynamic Actuator COMMODITY : 20MN 일체형 고정형 UTM-1100
제품설명 (Description)	제품모델명 (Model Code)	MTS Systems 0.5GA	JS 1 Rambo
	Model	MTS 301.10 (20-MN)	MS 2000-300
	Unit Price FOB(USD)		
A. Features			
1. 30 kVA (2,000W) 다변환 시스템은 건설, 의료 및 우주분야를 포함한 다양한 분야의 20 kVA까지 과정, 동적 및 정적 부하 및 기타 시뮬레이션 가능. → 20 kVA 정도		Available	Available
2. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템은 건설, 의료 및 우주분야를 포함한 다양한 분야의 0.5 MVA까지 가동, 동적 및 정적 부하 시뮬레이션 가능. → 0.5 MVA 정도		Available	Available
3. 20 MVA (2,000 kW) 고정형 다변환 시스템은 건설, 의료 및 우주분야를 포함한 다양한 분야의 20 MVA까지 (20 MVA 이상을 사용할 수 있도록 구성 가능합니다.)		Available	Available
4. 본 시스템은 건물 및 교량의 진동을 포함한 다양한 종류의 구조물 및 장비에 사용될 수 있다.		Available	Available
B. System Configuration			
1. 20 kVA 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
2. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
3. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
4. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
5. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
6. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
7. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
8. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
9. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes
10. 0.5 MVA (500kW) 고정형 다변환 시스템	1 Set	Yes	Yes

<규격대비표(20MN 일체형 UTM)>

규격 대비표			
Comparative Table of Specification			
FRS No. 0024-03-0000	제품명 UTM-4000	Item No. : 1	고성능 6자유도 진동테이블 High Performance 6 DOF Shake Table COMMODITY : 고정형 다변환 시스템
제품설명 (Description)	제어 시스템 Master/Control	MTS Systems 0.5GA	JSK Shimadzu 3.0X(Shimadzu)
	Model	25 x 25 cm	6 DOF MAST Table
	Unit Price FOB(USD)		
A. Installation			
1. 이 시스템은 건물 및 교량의 진동을 포함한 다양한 종류의 구조물 및 장비에 사용될 수 있다. 그러나 이 시스템은 건물 및 교량의 진동을 충격이 아닌 정적 하중, 지진 하중, 지			

<규격대비표(고성능 6자유도 진동테이블)>

**20MN 일체형 대용량 UTM시스템
제안 요청서(RFP)**

2015. 06.



〈제안요청서〉

구 매 규 격 서
Commodity Description

품목번호 Item No.	품목명 Item Name	구입품명 Commodity Description	단위 Unit	수량 Qty
1	20MN 일체형 대용량 UTM시스템	20MN 일체형 대용량 UTM시스템 (High Performance UTM System)	개	1

1. 용도
1. 20MN 일체형 대용량 UTM시스템은 산업용 및 연구용을 위한 시스템이다. 그리고 이 시스템을
하여 높은 성능을 유지하는 시간 내에, 시스템의 사용, 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든
과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

2. 20MN 일체형 대용량 UTM시스템은 산업용 및 연구용을 위한 시스템이다. 그리고 이 시스템을
하여 높은 성능을 유지하는 시간 내에, 시스템의 사용, 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든
과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

3. 20MN 일체형 대용량 UTM시스템은 산업용 및 연구용을 위한 시스템이다. 그리고 이 시스템을
하여 높은 성능을 유지하는 시간 내에, 시스템의 사용, 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든
과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

4. 이 시스템을 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든 과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

2. 용역의 범위
1. 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
1) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
2) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
3) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
4) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
5) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
6) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
7) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
8) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
9) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템
10) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템

3. 기타사항
1) 기타사항

〈제안요청서 (구매규격서)〉

기술제안서 평가항목 및 배점표

구분	항목	평가항목	배점	합계
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	

〈제안요청서(기술평가)〉

**고성능 6자유도 진동대 장비
제안 요청서(RFP)**

2015. 06.



〈제안요청서 (구매규격서)〉

구 매 규 격 서
Commodity Description

품목번호 Item No.	품목명 Item Name	구입품명 Commodity Description	단위 Unit	수량 Qty
1	고성능 6자유도 진동대 장비	고성능 6자유도 진동대 장비 (High Performance 6DOF Vibration Table System)	개	1

1. 용도
1. 고성능 6자유도 진동대 장비는 산업용 및 연구용을 위한 시스템이다. 그리고 이 시스템을
하여 높은 성능을 유지하는 시간 내에, 시스템의 사용, 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든
과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

2. 고성능 6자유도 진동대 장비는 산업용 및 연구용을 위한 시스템이다. 그리고 이 시스템을
하여 높은 성능을 유지하는 시간 내에, 시스템의 사용, 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든
과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

3. 고성능 6자유도 진동대 장비는 산업용 및 연구용을 위한 시스템이다. 그리고 이 시스템을
하여 높은 성능을 유지하는 시간 내에, 시스템의 사용, 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든
과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

4. 이 시스템을 운영, 관리, 유지보수, 폐기 등 모든 과정에서 요구되는 모든 기능을 수행할 수 있어야 한다.

2. 용역의 범위
1. 고성능 6자유도 진동대 장비
1) 고성능 6자유도 진동대 장비
2) 고성능 6자유도 진동대 장비
3) 고성능 6자유도 진동대 장비
4) 고성능 6자유도 진동대 장비
5) 고성능 6자유도 진동대 장비
6) 고성능 6자유도 진동대 장비
7) 고성능 6자유도 진동대 장비
8) 고성능 6자유도 진동대 장비
9) 고성능 6자유도 진동대 장비
10) 고성능 6자유도 진동대 장비

3. 기타사항
1) 기타사항

〈제안요청서〉

기술제안서 평가항목 및 배점표

구분	항목	평가항목	배점	합계
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
기술 평가 (40점)	기술제안서 평가항목	기술제안서 작성 방법 및 내용	5	25
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	
		기술제안서 작성 방법 및 내용	5	

〈제안요청서(기술평가)〉

○ 해안항만실험센터 실시설계 용역발주

- 용역명 : 해안항만실험센터 장비성능개선을 위한 설계
- 계약금액 : 일금 구백구십만원정(₩ 9,900,000원)
- 계약보증비율 : 계약금액 20%
- 용역기관 : 삼덕과학
- 계약기간 : 2015년 06월 22일 ~ 2015년 07월 21일
- 해안항만실험센터는 실험장비의 전반적인 실시설계가 진행되어야 3차원 평면수조, 2차원 단면 수조의 성능을 만족하는 시설을 구축할 수 있음.

- 실험장비 최소요구 성능

구 분	항 목	최소요구 성능
3차원 평면수조	바람발생장치	• 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보) • 변동풍재현 가능
	흐름발생장치	• 유속 0.5m/sec 이상(정류성 확보 $\pm 3\%$ 이내) • 변동류재현 가능 • 가이드 월 및 가이드 베인 설치 • 18m(W)×20m(L) 이상
2차원 단면수로	바람발생장치	• 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보) • 변동풍재현 가능 • 착·탈식 덕트(덕트길이: 수로전체, 외부로 바람이 유출될수 있도록 설계)
	흐름발생장치	• 유속 1m/sec 이상(정류성 확보, $\pm 2.5\%$ 이내) • 변동류재현 가능 • 정류장치: Honeycomb, Mesh block 등

○ 기타 사항

- 실험장비 및 시설을 시공할 수 있도록 설계하여야 함
- 추가되는 전기설비를 포함하여 설계하여야 함
- 물과 접촉하는 장비이므로 비부식성 재료를 사용하여야 함
- 설계 전 반드시 발주처와 협의 후 설계 진행
- 장비성능개선 개념도 참고
- 기타 필요한 사항 등
- 추진 일정 계획

No	내 용	일정 (주차)				비고
		01	02	03	04	
1	■ 현재 구축된 실험장비 파악 - 기 구축된 실험장비 현황 검토 - 추가 장비 설계(3차원 조파수조) - 추가 장비 설계(2차원 단면수로) ■ 설계도서 검토 및 설계완료 보고	●	● ●	● ●	● ● ●	

※ 일정은 사정에 따라 변경될 수 있음

○ 계약완료



〈계약서〉



〈계약서〉



〈과업지시서〉

○ 업체 선정 공고

- (2015.06.23.) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템, 고성능 6자유도 진동대 규격검토
- 완료
- (2015.07.10.~ 08.21.) 20MN 일체형 대용량 UTM시스템, 고성능 6자유도 진동대 공고 진행
 - 조달청 나라장터 및 운영원 홈페이지 공고
- 공고 후 본 장비에 대해 설명회 개최 예정(국내, 국외 대상업체 초청)
 - 공개입찰공고 및 설명회를 통한 공정한 경쟁유도
 - 공개된 설명회로 인해 우수한 성능의 장비를 보다 저렴하게 구매가능
 - 국내 업체에도 충분히 설명하여 국산화 유도효과
- ※ 1차년도에는 2개장비(UTM, 진동대)에 대한 업체 선정공고를 진행하였고, 바람-호름 발생장치는 실시설계 완료 이후에 별도 공고 진행하는 것으로 함(2차년도에 업체선정)

2. 2차년도 연구내용 및 성과

■ 2차년도 연구내용은 구매조달을 통한 장비 납품/제작 업체 선정 및 구축관리에 대한 사항이며, 각 연구장비별로 연구내용 및 성과를 작성함

가. 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

□ 구매조달

○ 조달청 구매조달 요청('15.04.21.)

- 품목명세서, 영문규격서, 구매 요청금액 산출근거 등 자료첨부
- 장비별 구축비, 운임료, 관세, 부가세, 조달수수료, 제경비 각 항목별 산출 근거 제시 및 통관수수료, 면제 사항 등 명시
- 20MN급 일체형 대용량 UTM 구매조달 근거 마련 : 외국산기자재구매규격·시장조사서 작성
- 제조업체 조사, 수요목적상으로 요구되는 핵심규격 또는 성능 도출 완료
- 관련 업체 조사 및 외국산 기자재 구매규격 관련 도면 검토 수행

품목명세서 (Commodity List)				
구분	품목명	수량	단위	비고
1	20MN급 일체형 대용량 UTM	1	대	구매

구매관리서 (Commodity Description)				
구분	품목명	수량	단위	비고
1	20MN급 일체형 대용량 UTM	1	대	구매

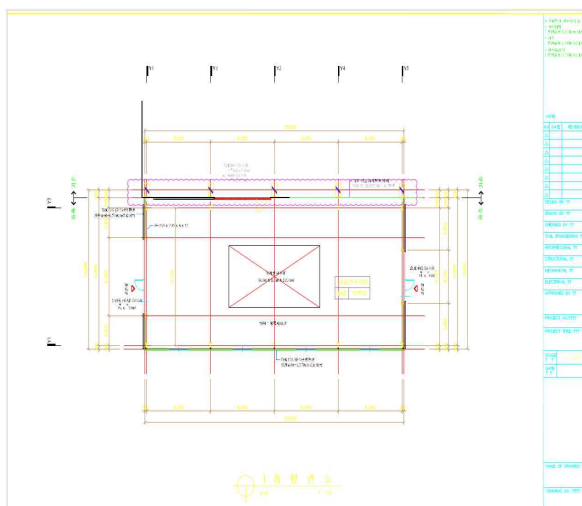
7) Hydraulic Hardline Modification	1 set
8) 1 in Diameter Compression Plates	1 set
9) Strong Flow Foundation	1 set
10) Fluids Connection	1 set
5.3 MN High Performance Dynamic Actuator	
1) Hydraulic Actuator System	1 set
2) 3 MN Load Transducer	1 set
3) Hydraulic Servomotor & Manifold	1 set
4) Hydraulic Service Manifold	1 set
5) Servo Valve Assembly	1 set
6) Servo Valve Assembly	1 set
3. Digital Control System & Software	
1) Digital Control System	1 set
2) Dual Digital Universal Controller	1 set
3) Valve Drive Card	1 set
4) 0 Channel Analog Output	1 set
5) 0 Channel Analog Input	1 set
6) Control System Software	1 set
7) Control System Software	1 set
8) Personal Computer for Control	1 set

구매요청금액 산출근거			
구분	구분	구분	구분
1. 장비 구매	1. 장비 구매	1. 장비 구매	1. 장비 구매
2. 운임료	2. 운임료	2. 운임료	2. 운임료
3. 관세	3. 관세	3. 관세	3. 관세
4. 부가세	4. 부가세	4. 부가세	4. 부가세
5. 조달수수료	5. 조달수수료	5. 조달수수료	5. 조달수수료
6. 제경비	6. 제경비	6. 제경비	6. 제경비
7. 통관수수료	7. 통관수수료	7. 통관수수료	7. 통관수수료
8. 면제	8. 면제	8. 면제	8. 면제
9. 면제	9. 면제	9. 면제	9. 면제
10. 면제	10. 면제	10. 면제	10. 면제
11. 면제	11. 면제	11. 면제	11. 면제
12. 면제	12. 면제	12. 면제	12. 면제
13. 면제	13. 면제	13. 면제	13. 면제
14. 면제	14. 면제	14. 면제	14. 면제
15. 면제	15. 면제	15. 면제	15. 면제
16. 면제	16. 면제	16. 면제	16. 면제
17. 면제	17. 면제	17. 면제	17. 면제
18. 면제	18. 면제	18. 면제	18. 면제
19. 면제	19. 면제	19. 면제	19. 면제
20. 면제	20. 면제	20. 면제	20. 면제
21. 면제	21. 면제	21. 면제	21. 면제
22. 면제	22. 면제	22. 면제	22. 면제
23. 면제	23. 면제	23. 면제	23. 면제
24. 면제	24. 면제	24. 면제	24. 면제
25. 면제	25. 면제	25. 면제	25. 면제
26. 면제	26. 면제	26. 면제	26. 면제
27. 면제	27. 면제	27. 면제	27. 면제
28. 면제	28. 면제	28. 면제	28. 면제
29. 면제	29. 면제	29. 면제	29. 면제
30. 면제	30. 면제	30. 면제	30. 면제
31. 면제	31. 면제	31. 면제	31. 면제
32. 면제	32. 면제	32. 면제	32. 면제
33. 면제	33. 면제	33. 면제	33. 면제
34. 면제	34. 면제	34. 면제	34. 면제
35. 면제	35. 면제	35. 면제	35. 면제
36. 면제	36. 면제	36. 면제	36. 면제
37. 면제	37. 면제	37. 면제	37. 면제
38. 면제	38. 면제	38. 면제	38. 면제
39. 면제	39. 면제	39. 면제	39. 면제
40. 면제	40. 면제	40. 면제	40. 면제
41. 면제	41. 면제	41. 면제	41. 면제
42. 면제	42. 면제	42. 면제	42. 면제
43. 면제	43. 면제	43. 면제	43. 면제
44. 면제	44. 면제	44. 면제	44. 면제
45. 면제	45. 면제	45. 면제	45. 면제
46. 면제	46. 면제	46. 면제	46. 면제
47. 면제	47. 면제	47. 면제	47. 면제
48. 면제	48. 면제	48. 면제	48. 면제
49. 면제	49. 면제	49. 면제	49. 면제
50. 면제	50. 면제	50. 면제	50. 면제
51. 면제	51. 면제	51. 면제	51. 면제
52. 면제	52. 면제	52. 면제	52. 면제
53. 면제	53. 면제	53. 면제	53. 면제
54. 면제	54. 면제	54. 면제	54. 면제
55. 면제	55. 면제	55. 면제	55. 면제
56. 면제	56. 면제	56. 면제	56. 면제
57. 면제	57. 면제	57. 면제	57. 면제
58. 면제	58. 면제	58. 면제	58. 면제
59. 면제	59. 면제	59. 면제	59. 면제
60. 면제	60. 면제	60. 면제	60. 면제
61. 면제	61. 면제	61. 면제	61. 면제
62. 면제	62. 면제	62. 면제	62. 면제
63. 면제	63. 면제	63. 면제	63. 면제
64. 면제	64. 면제	64. 면제	64. 면제
65. 면제	65. 면제	65. 면제	65. 면제
66. 면제	66. 면제	66. 면제	66. 면제
67. 면제	67. 면제	67. 면제	67. 면제
68. 면제	68. 면제	68. 면제	68. 면제
69. 면제	69. 면제	69. 면제	69. 면제
70. 면제	70. 면제	70. 면제	70. 면제
71. 면제	71. 면제	71. 면제	71. 면제
72. 면제	72. 면제	72. 면제	72. 면제
73. 면제	73. 면제	73. 면제	73. 면제
74. 면제	74. 면제	74. 면제	74. 면제
75. 면제	75. 면제	75. 면제	75. 면제
76. 면제	76. 면제	76. 면제	76. 면제
77. 면제	77. 면제	77. 면제	77. 면제
78. 면제	78. 면제	78. 면제	78. 면제
79. 면제	79. 면제	79. 면제	79. 면제
80. 면제	80. 면제	80. 면제	80. 면제
81. 면제	81. 면제	81. 면제	81. 면제
82. 면제	82. 면제	82. 면제	82. 면제
83. 면제	83. 면제	83. 면제	83. 면제
84. 면제	84. 면제	84. 면제	84. 면제
85. 면제	85. 면제	85. 면제	85. 면제
86. 면제	86. 면제	86. 면제	86. 면제
87. 면제	87. 면제	87. 면제	87. 면제
88. 면제	88. 면제	88. 면제	88. 면제
89. 면제	89. 면제	89. 면제	89. 면제
90. 면제	90. 면제	90. 면제	90. 면제
91. 면제	91. 면제	91. 면제	91. 면제
92. 면제	92. 면제	92. 면제	92. 면제
93. 면제	93. 면제	93. 면제	93. 면제
94. 면제	94. 면제	94. 면제	94. 면제
95. 면제	95. 면제	95. 면제	95. 면제
96. 면제	96. 면제	96. 면제	96. 면제
97. 면제	97. 면제	97. 면제	97. 면제
98. 면제	98. 면제	98. 면제	98. 면제
99. 면제	99. 면제	99. 면제	99. 면제
100. 면제	100. 면제	100. 면제	100. 면제

〈품목명세서〉

〈영문규격서〉

〈예산 산출근거〉



〈구축 대상 장비 규격 검토 도면〉

- 조달 요청후 사전규격검토 진행(담당자 확정 후 공개일정확정)

· 각 해당 장비의 사전규격 검토를 통해 용도, 장비의 구성 항목 등 세부사항 사전 점검 완료

○ 사전규격 공개 및 규격검토 진행

- 사전규격 공개 일정 : '15.04.29.~ 05.06.

· 입찰공고 등록·게시를 위해 (국가계약법) 구매규격 사전공개 제도에 의해 입찰공고에 앞서 구매규격을 나라장터에 사전공개 진행하고 사전규격번호를 부여 받음

[6자유도 고성능 진동대]

○ 규격검토 결과 공문 수신('15.05.27.) 및 요청사항 검토

- 규격검토 결과 협의

- 조달청의 낙찰자결정방법 재검토 사항에 대해 검토 및 보완

· ‘협상에 의한 계약’은 수요기관의 제안요청사항에 대하여 입찰자가 제안을 하여 기술평가를 통해 낙찰자를 선정하는 방법이므로, 본 입찰과 같이 수요기관이 결정한 요구규격에 맞게 기성물품을 공급하는 사업에는 부적절함

○ 요구규격에 대한 규격대비표 요청

- 국가 차원으로 입찰 전 규격대비표 확인 또는 검증 부재에 따라 ‘경쟁 실효성’이 결여됨에 따라 구매규격의 적정성 및 경쟁성확보를 통한 공정 조달 확립 일환으로 규격대비표 요구

- 사전규격 공개시 규격대비표의 대비모델 규격에 경쟁생을 저해하는 요소는 없는지 공개하여 의견 수렴·보완후 구매 추진을 함으로써 규격대비표의 적정성과 경쟁성 확보 가능
- 공개결과 2개 이상 대비규격 작성이 어려운 제품으로 확인된 경우, ‘외국산 기자재 구매규격·시장조사서’로 대체하여 구매 추진

○ 사전규격공개 후 규격검토 결과까지 약 3주 정도 소요되었으며, 검토기간에 조달청 규격담당자와 협의를 통해 규격서 작성 및 검토 완료

○ 규격검토 결과에 대한 협의 및 요청 사항

- 낙찰자선정방법에서 ‘협상에 의한 방법’을 선택한 이유에 대한 검토의견서 작성 및 협의 요청
- 조달청 규격검토 담당자 요청 및 협의 사항

- 한글 규격서 작성(기존 영문규격서 제출)
- 규격대비표 작성 요청
 - 해당 장비의 가장 적합한 구축 기관 선정을 위해 해당 장비의 규격별 상세 검토가 가능한 체크리스트가 필요할 것으로 예상됨에 따라 규격대비표 요구
- 제안요청서 수정 및 기술평가 제안관련 수정 요청

○ 규격검토 결과 요청사항에 대한 반영 및 수정사항 회신 공문 발송(‘15.06.23)

- 협의 및 요청 사항에 대해 이상 없음을 확인 후 최종본 제출
 - 낙찰자선정 재검토관련 검토의견
 - (검토의견1) 본 장비들은 기제작 완료된 기성품을 구입하는 것이 아니고, 사용자가 요청한 규격에 따라 신규 설계·제작하고 설치·공사까지 포함하여 일괄 공급하는 제품이기 때문에 기술적인 우위를 비교할 수 있는 근거가 부족하여 입찰 제안서에 대한 기술평가가 필수적임.
 - (검토의견2) 시장조사 결과, 지난 2년간 전세계에 동일 규격을 가진 모델이 납품된 실적이 없어서 수요자의 요구조건에 따른 설계 및 제작 능력을 면밀히 평가할 필요가 있음
 - (검토의견3) 국내 최초로 도입되는 대용량 시험기로서 막대한 예산을 투입하는 만큼 제작자 및 공급자의 기술적 능력과 신뢰성을 사전에 필수적으로 검증할 필요가 있음
 - (검토결과) 기존의 낙찰자결정방법인 기술평가를 통해 낙찰자를 선정하는 “협상에 의한 계약”으로 본 입찰을 협의하고 진행하고자 함
 - 장비(20MN 대용량 시험기, 3MN 고성능 동적 액추에이터, 디지털 컨트롤 시스템 및 소프트웨어)별 규격 대비표
 - 장비의 규격대비표는 공통 항목과 성능, 장비/시스템 구성 항목 등 세부항목에 대한 비교 분석을 통해 요구성능에 부합되는 장비 구축 기관 검토
 - 장비 구축 목적, System Configuration, Performance and Specification을 주요 검토사항으로 비교분석
 - ‘20MN 일체형 대용량 UTM시스템 제안요청서(RFP)’ 작성
 - 실험장비를 납품하고자 하는 적격업체 선정을 위한 기초적인 자료로 실현가능하고 구체적인 장비구축 기술제안서 및 가격입찰서 작성을 위한 구매품목 및 세부사양 상세 작성
 - 낙찰자 선정 방법, 기술제안서·가격제안서 평가 방법 및 기준을 검토하여 제시
 - 해당 장비를 설계, 제작, 납품 등에 필요한 모든 유의사항을 작성하여 제안자의 효율적 업무 도모
- * 타 유사시설·장비 구매의 공고용 제안요청서를 참고하여 세부사항 제시

[illegible]

20MN 일체형 대용량 UTMA시스템 제안 요청서(RFP)
2015. 06.
건설연구관리지원팀

구분	영역	평가기준	점수	비고
1. 기본 능력 (40)	한국사 능력	2009. 4. 19. 1차 전국고사평가원 주관 제 1회 고사	40	
		2010. 12. 26. 2차 전국고사평가원 주관 제 2회 고사	0	
		한국사능력검정시험(한국사능력검정시험) 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	25
	영어 능력	영문독해능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사 영문독해 능력	0	
		영문독해 능력 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
2. 전문 능력 (120)	영어 능력	영문독해능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	10	
		영문독해능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
3. 전문 능력 (20)	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
4. 전문 능력 (20)	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
5. 전문 능력 (20)	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
	한국사 능력	한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	
		한국사능력검정시험 2010년 12월 26일 제 2차 고사	0	

〈제안요청서(기술평가)〉

- 기술제안서에 각 구축 대상장비의 평가항목 및 배점 제시

〈기술제안서 평가항목 및 배점표〉

구분	항목	평가요소	항목별 배점	
기술지식 능력 (40)	규격만족도 및 우수성	20MN UTM의 구매규격 만족도 및 우수성	5	25
		3MN 고속 Actuator의 구매규격 만족도 및 우수성	5	
		일체형(20MN+3MN) 시스템에 대한 이해도 및 구매규격 만족도	5	
		일체형시스템의 활용도를 고려한 기초부 구성방법의 우수성	5	
		범용 및 전용 S/W의 제공 여부 및 우수성	5	
	연계활용성	센터의 기존 실험장비와의 연계 활용성	10	10
사업수행 계획 (20)	추가 제시사항	요구사항 외의 추가 제시 사항의 우수성	5	5
	제안요청의 이해도 및 타당성	제안 사업에 대한 정확한 이해도	5	10
		제공자료(근거자료)의 객관성 및 만족도	5	
	품질보증	품질보증계획의 적정성 및 ISO표준에 의한 품질 관리 여부	5	10
		품질보증인력의 자질 및 사업자의 품질보증 능력	5	
지원기술 사후관리 (20)	교육훈련 계획	기술 지원과 교육훈련 계획의 우수성	5	5
	유지보수 계획	시범운영 및 무상 유지보수 기간과 유지보수 계획의 만족도	3	10
		구축 장비 및 관련 기술분야의 국내 기술지원 인력 보유 정도	4	
		긴급상황 발생 시 대응 체계의 우수성	3	
	시스템 공급 계획	제작, 설치기간 및 기간 내 설치의 안정성	3	5
		운반 및 작업공구, 예비부품 등의 제공 정도	2	
경영상태 및 수행실적 (20)	수행능력	5MN 이상의 유사장비 납품 및 제작 건수	10	20
	경영상태	신용평가등급에 근거한 업체의 재무안정도	5	
	업체인지도	제안업체의 인지도 및 본 사업성공 가능성	5	

〈기술제안서 평가기준〉

평가부문	평가항목	평가기준	평가요소	배점
기술 및 기능 (40점)	규격만족도 및 우수성	- RFP상의 요구성능 만족여부 및 제안된 성능의 우수성	20MN UTM의 구매규격 만족도 및 우수성	5
		- RFP상의 요구성능 만족여부 및 제안된 성능의 우수성	3MN 고속 Actuator의 구매규격 만족도 및 우수성	5
		- 20MN의 수직력과 3MN의 횡력을 결합하여 일체형으로 작동하게 하는 시스템의 이해도, 규격만족 여부 및 우수성	일체형(20MN+3MN) 시스템에 대한 이해도 및 구매규격 만족도	5
		- 수직력과 횡력이 동시작동하는 일체형시스템의 안정적인 구동을 위한 기초부 구성방법의 우수성 및 안전성	일체형시스템의 활용도를 고려한 기초부 구성방법의 우수성	5
		- 20MN 일체형 UTM 분석 프로그램의 제공여부 및 우수성, 데이터 저장 및 신호처리 기능의 우수성	범용 및 전용 S/W의 제공 여부 및 우수성	5

평가부문	평가항목	평가기준	평가요소	배점
	연계 활용성	- 기존 시설/장비와의 호환성 및 연계 활용성	센터의 기존 실험장비와의 연계 활용성	10
	추가제시 사항	- RFP요구사항 외에 제안서상에 추가적으로 제시된 사항에 대하여 실행가능성 및 우수성	요구사항 외의 추가 제시 사항의 우수성	5
사업수행 계획 (20)	제안요청의 이해도 및 타당성	- 본 사업의 특성 및 목표에 대한 전반적인 이해도와 의지	제안 사업에 대한 정확한 이해도	5
		- 제시된 각종 자료 및 수치에 대한 신뢰성 및 객관성	제공자료(근거자료)의 객관성 및 만족도	5
	품질보증	- 제시된 품질보증 방안이 해당 사업의 수행에 적합한지, 업체에서 생산되는 장비들이 국제 ISO표준에 의해 품질관리 된 제품인지에 대한 제시여부 및 우수성	품질보증계획의 적정성 및 ISO표준에 의한 품질 관리 여부	5
		- 품질 요구사항을 점검하는 전문 인력의 투입여부, 지식, 경험 등	품질보증인력의 자질 및 사업자의 품질보증 능력	5
지원기술 사후관리 (20)	교육훈련 계획	- 장비 공급자가 장비 운영 및 관리를 위해 제공하는 각종 교육훈련의 방법, 내용, 일정 및 조직, 기술지원 등	기술 지원과 교육훈련 계획의 우수성	5
	유지보수 계획	- 시험운영 방법, 하자(유지)보수, 계획, 접근용이성, 신속성에 대한 계획	시험운영 및 무상 유지보수 기간과 유지보수 계획의 만족도	3
		- 신속한 유지보수 및 장애대응을 위하여 국내 기술지원 인력 보유 여부와 조직의 우수성	구축 장비 및 관련 기술분야의 국내 기술지원 인력 보유 정도	4
		- 각종 긴급상황에 대한 장애대응, 복구, 부품 조달계획, 기술자 투입계획 등 대응책 제시여부 및 우수성	긴급상황 발생 시 대응 체계의 우수성	3
	시스템 공급 계획	- 장비의 제작, 기간내 설치, 시험운영등 본 장비의 구축에 있어 전반적인 계획 제시여부 및 우수성	제작, 설치기간 및 기간 내 설치의 안정성	3
		- 구축이후 정상가동을 위하여 중요한 예비부품/부속품 및 작업공구 등의 제공여부와 우수성	운반 및 작업공구, 예비부품 등의 제공 정도	2
경영상태 및 수행실적 (20)	수행능력	① 평가기준 별도 제시	5MN 이상의 유사장비 납품 및 제작 건수(제작자)	10
	경영상태	② 평가기준 별도 제시	신용평가 등급에 근거한 업체의 재무안정도(입찰자)	5
	업체 인지도	- 제안업체의 인지도에 대해 증명할 수 있는 객관적인 자료	제안업체의 인지도 및 본 사업성공 가능성	5
합계				100

○ 최종 규격검토(조달청)

- 입찰 공고 개시

- 조달방법 : 조달청 나라장터
- 계약방법 : 협상에 의한 계약(기술능력검토 중요)
- 입찰공고 개시
 - 개시일시 : '15.07.10.
 - 개찰일시 : '15.08.21. 15:00, 14:00(마감)
 - 개찰장소 : 조달청 외자평가실

[illegible]

- 개찰결과 : 2개 업체 등록

- 등록업체 : MTS korea, (주)****에스

- 기술제안서 평가 및 결과 제출 · 기술제안 평가 실시 : '15.09.03(목)

* 『(조달청 외자 공고-제201506-32709-00호)』에 따라 기술제안서가 접수된 20MN 일체형 대용량 UTM시스템의 구매조달 적격업체 선정을 위한 기술제안서 선정평가 실시

① 사전검토

- (평가위원회) 평가 당일 평가서류에 대해 사전검토 실시

- (입찰자 발표) 입찰자가 기술제안에 대해 발표하고, 평가위원회 질의사항에 대해 답변 실시
- (위원별 평가서 작성) 입찰자 발표와 평가위원회 질의·응답 후, 평가서류 및 발표내용 등을 종합하여 평가위원별 평가서 작성
- (종합결과서 작성) 평가위원회 차원의 종합결과서 작성

· 기술제안평가 결과 조달청에 제출



〈기술제안 평가회〉

〈제안평가회 안내〉

◦ 평가결과

① 평가결과 총괄표

입찰 기관	위원별 평가결과(100점 기준)										중위평균	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	100점 기준	80점 기준
1	85.5	85.5	85.5	83.5	85.5	80.5	81.5	87.5	80.5	84.5	84.0000	67.2000
2	91	90	94	87	89	96	96	90	90	89	91.1250	72.9000

② 종합의견

- (1사)는 추가제공 항목 등 본사업에 대한 열성이 돋보이나, 동 장비의 규모를 볼 때 회사 실적과 제품의 안정성면에서 (2사)가 더욱 적합한 것으로 보임. 다만 평가과정에서 각 위원들이 지적한 사항에 대하여는 추후 협상과정에서 충분히 반영되어야 할 것임

- 조달청 가격평가후 종합결과, 협상대상자 통지 및 협상 실시

- 협상대상자 통지(15.09.08) : 1순위(MTS Korea(주)), 기술평가부적격(주)***에스
- 협상결과 제출(15.09.17)



〈협상결과 제출〉

◦ 주요 협상 내용

- 실험체의 안정적 고정을 위한 하부지지 방안 : UTM 베이스에 인접한 반력바닥에 누락된 고정 홀을 50cm 간격으로 추가 설치
- 고용량 반복수평하중에 의해 3MN 유압가력기를 지지하는 횡방향 지지프레임과 반력바닥 사이 고정이 느슨해지고 지지프레임의 슬립 발생을 대비하여 (1)강관 및 T-slot 형식의 정반을 설치하는 방식, (2)MTS Korea에서 제안한 반력바닥 방식에 대해 시공전 사용성 측면의 설계·검토 수행으로 최적 방식 결정
- 고가의 장비임을 고려하여 무상 보증기간 관련하여 추후 협의(Post-Warranty) 진행 및 MTS사의 지속적 관리로 실험지연 등 문제가 발생하지 않도록 계획
- Overhead crane을 추가 요청함에 따라 중량 200kN 실험체 이동 및 고정이 가능한 기존 설계 검토 완료 및 디자인 리뷰를 통해 추가 검토 예정 등

- 계약체결 통보

- 조달청 계약 체결완료(15.09.25)
- 계약금액 : USD 3,230,000 (총액계약)
- 계약방법 : 협상에 의한 계약
- 인도조건 : DAP(도착장소인도)
- 조달수수료 통지

국방부 (Ministry of Defense) Contract Sheet and Invoice. The document is in Korean and English. It details a contract for the purchase of a 3,230,000 USD contract. The contract number is 2014063570900. The contract amount is USD 3,230,000.00. The supplier is MTS Korea. The contract is for the purchase of a 3,230,000 USD contract. The contract is for the purchase of a 3,230,000 USD contract. The contract is for the purchase of a 3,230,000 USD contract.

국방부 (Ministry of Defense) Invoice for O/P Charge. The document is in Korean and English. It details an invoice for the purchase of a 3,230,000 USD contract. The invoice number is 20150925. The invoice amount is USD 3,230,000.00. The supplier is MTS Korea. The invoice is for the purchase of a 3,230,000 USD contract. The invoice is for the purchase of a 3,230,000 USD contract. The invoice is for the purchase of a 3,230,000 USD contract.

<조달청 계약 체결>

- 계약체결시 수요기관, 계약상대자, 운송업체/보험회사/개설은행별 검토 및 주수해야할 계약 체결 안내문을 통해 관련 사항 숙지
- (수요기관) 물품대금 지급 방법, 조달수수료 외자 적하보험료 지급 방법
운송료 지불, 수입물자 통관 및 물품인수시 유의사항 등
- (계약상대자) 선적준비, 운송, 계약대금 지급, 계약서 관리 등 준수사항

- 신용장 개설 및 계약금(선금) 적립
- 신용장 개설 통보('15.10.08)
- 계약금 적립('15.10.21.) : USD 2,054,000



〈조달청 신용장 개설 및 계약금 적립〉

○ 장비별 제작 착수 및 중간검수

- 착수 및 디자인 리뷰
- 착수회의 : '15.12.02
- 20MN 일체형 대용량 UTM 시스템 공급 계약 확인
- 기술협상 결과 재검토를 통해 구축 시 효율적인 실험장비 활용 방안 마련
- Overall Schedule 검토, Project 진행 상황 보고 및 질의 사항 협의

◦ 계약 개요

- 계약 일자 : '15.09.25 / 신용장 개설 일자 : '15.10.08
- 주요 구성품 : 20MN Loading Frame, 3MN Dynamic Actuator (MTS Korea)
시설공사(태영강건), 고강도 바닥기초(대명엔지니어링)
유압 배관 증설(GS-Hydro Korea)

◦ 진행 경과

- Loading Frame Part 설계(국내 제작) '15.11.24
 - Column(4), Base Plate(1), Column Tie Down(1), Plate for Column(2), Plate for Column&Lift(2) : 국내 공급업체 검토 진행중
- 시설 공사 발주 완료 '15.12.02 (태영강건)

- 공정 회의 진행 방법 및 관련 안전 협의
- 지정센터의 구축 위치 점검 및 기존 시설과의 연계성 검토(활용방안 협의)



〈착수 회의 자료 및 전경〉

- 디자인리뷰 회의 : '15.12.17

- 항목별 구축 일정 협의 : 3MN Actuator, Loading Frame Actuator 세부 성능 구축 일정 및 선적, 배송, 구축 및 시범운영 기간 등 주요 사항에 대한 일정 검토
- MTS 20MN Frame, Actuator Specifications, System Performance, Hydraulic Schematic 등 각 세부 항목별 개념도, 상세 사양 검토

◦ 디자인리뷰 회의 내용

- 구축센터인 하이브리드구조실험센터 현장 방문 및 설계(안) 협의 '15.12.16~17

- 현장 상황 검토
- Loading Frame 설계(안) 협의
- 3MN Actuator 설계(안) 협의
- 유압배관, 고강도 바닥기초 설계(안) 검토

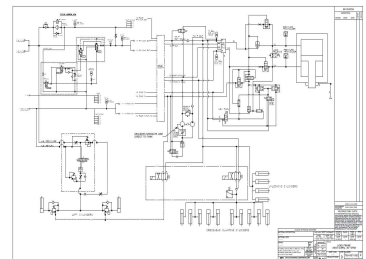
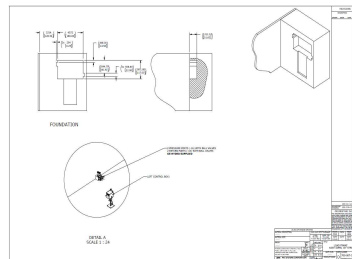
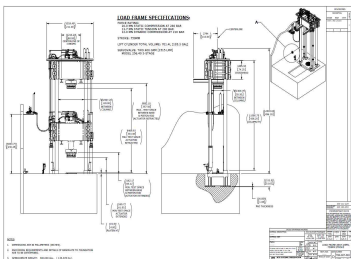
- 국내 공급업체 방문 계획

- Loading Frame Parts, 고강도 바닥기초, 유압배관 증설 관련 검토를 위한 현장 방문

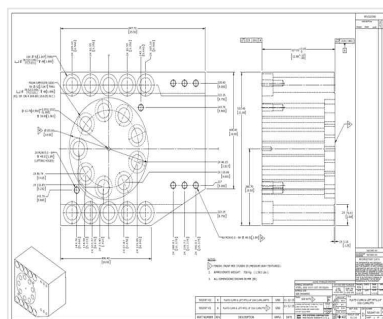
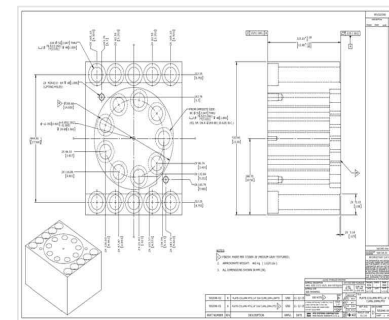
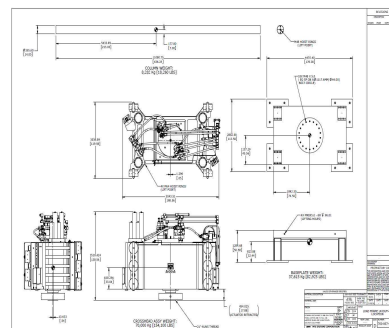
- 구축 일정에 맞추어 계획한 사양의 장비가 구축될 수 있도록 품질 및 성능관련 자료 보완



〈디자인리뷰 2차 회의 자료 및 전경〉



〈장비 세부 검토자료 - Loading Frame Actuator〉



- 진행현황 점검

- 설계작업 등 전반적인 현황 점검 : '16.04.22.

◦ 진행 경과

- 20MN Actuator

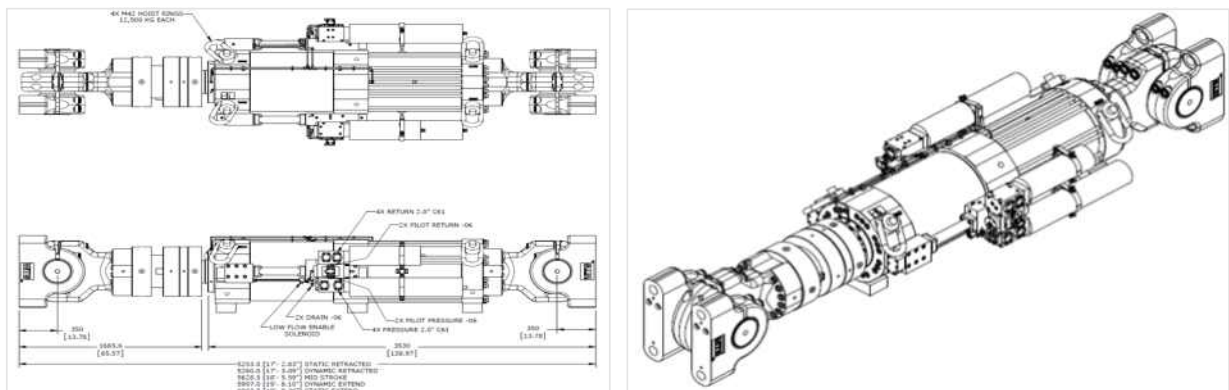
- Actuator System, Hydraulic Lifting System, Hydraulic Service Manifold, Compression Platens : 설계 완료 후 제작중
- 5MN Load Cell : 제작 준비중

- 3MN Actuator

- Actuator System, Hydraulic Service Manifold : 설계 완료 후 제작 중



〈진행현황 회의자료〉



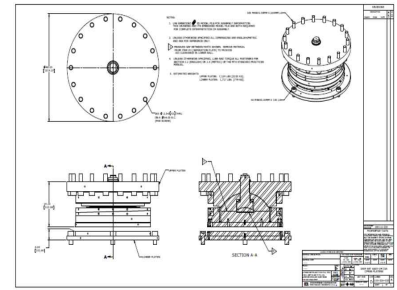
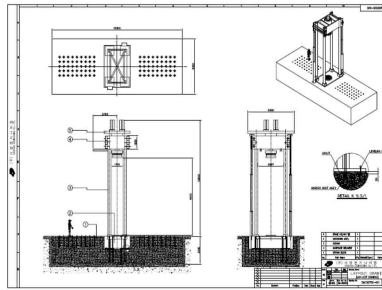
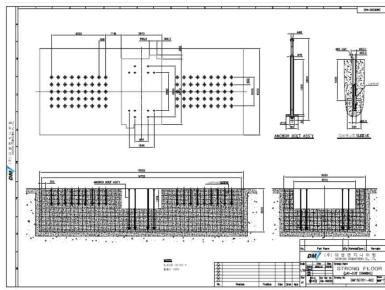
◦ 중간검수 회의 내용

- Loading Frame Parts 설계 진행

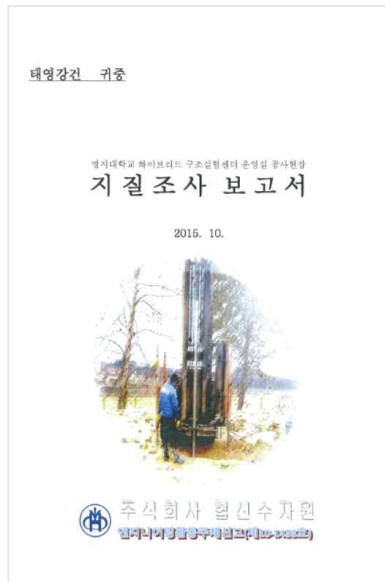
- Column(4), Base Plate(1), Column Tie Down(1), Plate for Column(2), Plate for Column&Lift(2) : 설계 및 발주 완료(도면 검토)

- 시설공사(강도 바닥기초, 유압 배관 증설 등) 발주 완료

- 지질 조사 완료 및 설계, 인허가 진행
- 고강도 바닥 기초 : 업체 선정 및 발주 완료, 시설공사와 연계한 설계(안) 검토
- 유압 배관 증설 : 업체 선정 및 발주 완료



〈검토사항을 반영한 설계 도면(안)〉



[지질조사 보고서]

나. 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

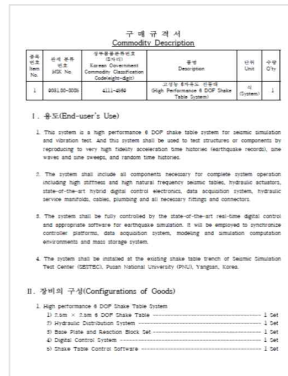
□ 구매조달

○ ('15.04.22) 조달청 구매조달 요청

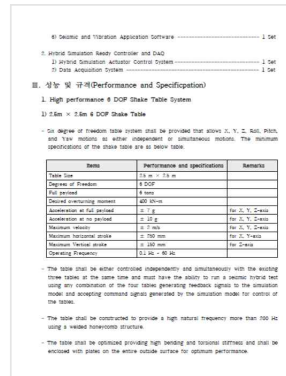
- 품목명세서, 영문규격서, 구매 요청금액 산출근거 등 자료첨부
- 장비별 구축비, 운임료, 관세, 부가세, 조달수수료, 제경비 각 항목별 산출 근거 제시 및 통관수수료, 면제 사항 등 명시



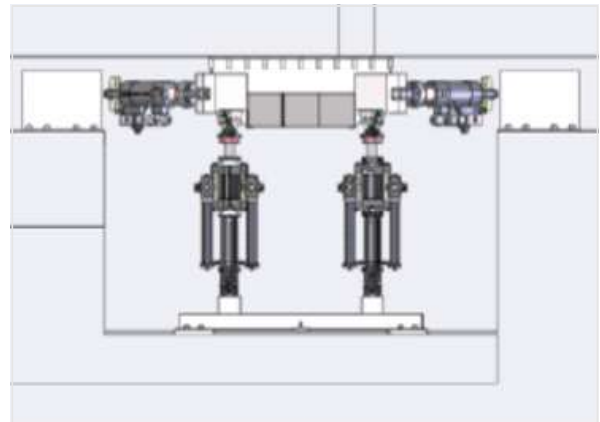
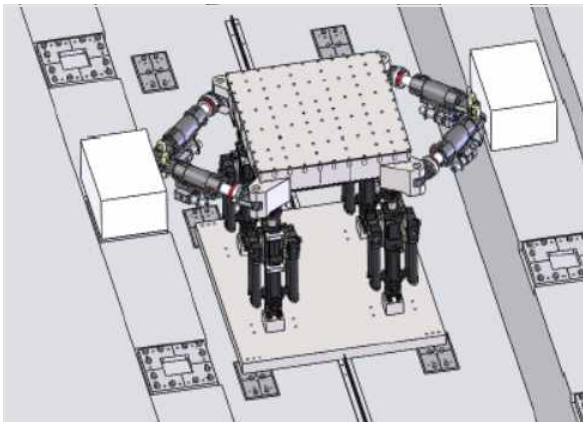
〈품목명세서〉



〈영문규격서〉



〈예산 산출근거〉



〈구축 대상 장비 개념도〉

- 6자유도 고성능 진동대 구매조달 근거 마련 : 외국산기자재구매규격·시장조사서 작성
 - 제조업체 조사, 수요목적상으로 요구되는 핵심규격 또는 성능 도출 완료
 - 관련 업체 조사 및 외국산 기자재 구매규격 관련 도면 검토 수행
- 조달 요청후 사전규격검토 진행(담당자 확정 후 공개일정확정)
 - 각 해당 장비의 사전규격 검토를 통해 용도, 장비의 구성 항목 등 세부사항 사전 점검 완료

○ 사전규격 공개 및 규격검토 진행

- 사전규격 공개 일정 : '15.04.29.~ 05.06.

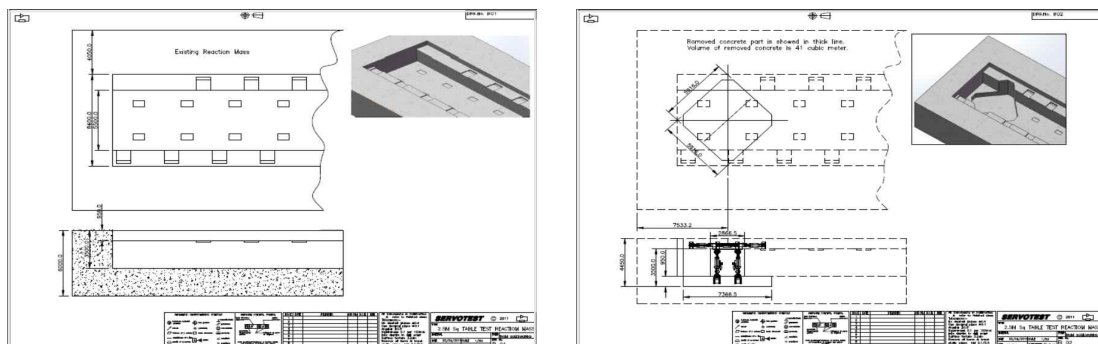
- 입찰공고 등록·게시를 위해 (국가계약법) 구매규격 사전공개 제도에 의해 입찰공고에 앞서 구매규격을 나라장터에 사전공개 진행하고 사전규격번호를 부여 받음

The screenshot shows the '사전규격 상세' (Pre-specification Details) page on the National General Procurement System (나라장터). The page displays various project details including the project name, location, and specifications. The project is titled 'Reaction mass 설치 공사 관련 견' (Reaction mass installation related work). The specifications include 'High Performance 6 DOF Shake Table System' and '4,042.728 kg'. The project is located at '기안동 1로 (870-4066-7287)' and is managed by '국립중앙도서관' (National Central Library). The project is scheduled for '2015/05/29 16:41' and is managed by '국립중앙도서관' (National Central Library). The project is managed by '국립중앙도서관' (National Central Library) and is scheduled for '2015/05/29 16:41'.

〈자유도 고성능 진동대 사전규격 공개〉

- 규격공개 후 의견 수렴(1건)

- 기존 공사되어 있는 콘크리트 제거 작업이 불가한 사항으로 사전규격에 명시되어 있음. 제시한 성능 만족을 위해서는 기존의 콘크리트를 일부 제거해야하는 관계로 콘크리트 제거 불가 사양 수정 요청 → Reaction mass 설치 공사 방법에 따른 의견 수렴 및 수정 완료



〈Reaction mass 관련 도면 검토〉

○ 규격검토 결과 공문 수신('15.05.27.) 및 요청사항 검토

- 규격검토 결과 협의

- 조달청의 낙찰자결정방법 재검토 사항에 대해 검토 및 보완

- ‘협상에 의한 계약’은 수요기관의 제안요청사항에 대하여 입찰자가 제안을 하여 기술평가를 통해 낙찰자를 선정하는 방법이므로, 본 입찰과 같이 수요기관이 결정한 요구규격에 맞게 기성물품을 공급하는 사업에는 부적절함

○ 요구규격에 대한 규격대비표 요청

- 국가 차원으로 입찰 전 규격대비표 확인 또는 검증 부재에 따라 ‘경쟁 실효성’이 결여됨에 따라 구매규격의 적정성 및 경쟁성확보를 통한 공정 조달 확립 일환으로 규격대비표 요구

- 사전규격 공개시 규격대비표의 대비모델 규격에 경쟁생을 저해하는 요소는 없는지 공개하여 의견 수렴·보완후 구매 추진을 함으로써 규격대비표의 적정성과 경쟁성 확보 가능
- 공개결과 2개 이상 대비규격 작성이 어려운 제품으로 확인된 경우, ‘외국산 기자재 구매규격·시장조사서’로 대체하여 구매 추진

○ 사전규격공개 후 규격검토 결과까지 약 3주 정도 소요되었으며, 검토기간에 조달청 규격담당자와 협의를 통해 규격서 작성 및 검토 완료

○ 규격검토 결과에 대한 협의 및 요청 사항

- 낙찰자선정방법에서 ‘협상에 의한 방법’을 선택한 이유에 대한 검토의견서 작성 및 협의 요청
- 조달청 규격검토 담당자 요청 및 협의 사항

- 한글 규격서 작성(기존 영문규격서 제출)
- 규격대비표 작성 요청
 - 해당 장비의 가장 적합한 구축 기관 선정을 위해 해당 장비의 규격별 상세 검토가 가능한 체크리스트가 필요할 것으로 예상됨에 따라 규격대비표 요구
- 제안요청서 수정 및 기술평가 제안관련 수정 요청

○ 규격검토 결과 요청사항에 대한 반영 및 수정사항 회신 공문 발송('15.06.23)

- 협의 및 요청 사항에 대해 이상 없음을 확인 후 최종본 제출
- 낙찰자선정 재검토관련 검토의견
 - (검토의견1) 본 장비들은 기제작 완료된 기성품을 구입하는 것이 아니고, 사용자가 요청한 규격에 따라 신규 설계·제작하고 설치·공사까지 포함하여 일괄 공급하는 제품이기 때문에 기술적인 우위를 비교할 수 있는 근거가 부족하여 입찰 제안서에 대한 기술평가가 필수적임.
 - (검토의견2) 시장조사 결과, 지난 2년간 전세계에 동일 규격을 가진 모델이 납품된 실적이 없어서 수요자의 요구조건에 따른 설계 및 제작 능력을 면밀히 평가할 필요가 있음
 - (검토의견3) 국내 최초로 도입되는 대용량 시험기로서 막대한 예산을 투입하는 만큼 제작자 및 공급자의 기술적 능력과 신뢰성을 사전에 필수적으로 검증할 필요가 있음
 - (검토결과) 기존의 낙찰자결정방법인 기술평가를 통해 낙찰자를 선정하는 “협상에 의한 계약”으로 본 입찰을 협의하고 진행하고자 함
- 장비(고성능 6자유도 진동대, 하이브리드 시뮬레이션 제어기 및 데이터 수집장치)별 규격 대비표
 - 장비의 규격대비표는 공통 항목과 성능, 장비/시스템 구성 항목 등 세부항목에 대한 비교 분석을 통해 요구성능에 부합되는 장비 구축 기관 검토
 - 장비 구축 목적, System Configuration, Performance and Specification을 주요 검토사항으로 비교분석

- ‘고성능 6자유도 진동대 장비 제안요청서(RFP)’ 작성

- 실험장비를 납품하고자 하는 적격업체 선정을 위한 기초적인 자료로 실현가능하고 구체적인 장비구축 기술제안서 및 가격입찰서 작성을 위한 구매품목 및 세부사양 상세 작성
 - 낙찰자 선정 방법, 기술제안서·가격제안서 평가 방법 및 기준을 검토하여 제시
 - 해당 장비를 설계, 제작, 납품 등에 필요한 모든 유의사항을 작성하여 제안자의 효율적 업무 도모
- * 타 유사시설·장비 구매의 공공용 제안요청서를 참고하여 세부사항 제시

[illegible][illegible]

〈규격대비표(진동대)〉

**고성능 6자유도 진동대 장비
제안 요청서(RFP)**

2015. 06.

전설연구인프라운영팀

[illegible][illegible]

〈제안요청서 (구매규격서)〉

〈제안요청서〉

〈제안요청서(기술평가)〉

- 기술제안서에 각 구축 대상장비의 평가항목 및 배점 제시

〈기술제안서 평가항목 및 배점표〉

구분	항목	평가요소	항목별 배점	
기술지식 능력 (40)	규격만족도 및 우수성	고성능 6자유도 진동대의 구매규격 이해 만족도	5	25
		고성능 6자유도 진동대 하드웨어의 우수성	5	
		고성능 6자유도 진동대 제어시스템의 우수성	5	
		고성능 6자유도 진동대 구성, 설치방법의 우수성	5	
		범용 및 전용 S/W의 제공 여부 및 우수성	5	
	연계활용성	센터의 기존 실험장비와의 연계 활용성	10	10
	추가제시사항	요구사항 외의 추가 제시 사항의 우수성	5	5
사업수행 계획 (20)	제안요청의 이해도 및 타당성	제안 사업에 대한 정확한 이해도	5	10
		제공자료(근거자료)의 객관성 및 만족도	5	
	품질보증	품질보증계획의 적정성 및 ISO표준에 의한 품질 관리 여부	5	10
		품질보증인력의 자질 및 사업자의 품질보증 능력	5	
지원기술 사후관리 (20)	교육훈련 계획	기술 지원과 교육훈련 계획의 우수성	5	5
	유지보수 계획	시범운영 및 무상 유지보수 기간과 유지보수 계획의 만족도	3	10
		구축 장비 및 관련 기술분야의 국내 기술지원 인력 보유 정도	4	
		긴급상황 발생 시 대응 체계의 우수성	3	
	시스템 공급 계획	제작, 설치기간 및 기간내 설치의 안정성	3	5
		운반 및 작업공구, 예비부품 등의 제공 정도	2	
경영상태 및 수행실적 (20)	수행능력	6자유도 진동대 유사장비 납품 및 제작 건수	10	20
	경영상태	신용평가등급에 근거한 업체의 재무안정도	5	
	업체 인지도	제안업체의 인지도 및 본 사업성공 가능성	5	

- 기술제안서 평가기준, 평가요소 및 배점 제시

〈기술제안서 평가기준〉

평가부문	평가항목	평가기준	평가요소	배점
기술 및 기능 (40점)	규격만족도 및 우수성	- 진동대 시스템의 요구 성능에 대한 이해와 진동대의 활용 용도등에 대해 제시여부	고성능 6자유도 진동대의 구매규격 이해 만족도	5
		- 제안서 상 6자유도 진동대 성능 만족여부와 성능을 구현하기 위한 하드웨어 구성의 우수성	고성능 6자유도 진동대 하드웨어의 우수성	5
		- 제어시스템의 안전성 및 신뢰성과 하드웨어의 진보성 및 안전성, 제어 알고리즘 및 소프트웨어의 우수성	고성능 6자유도 진동대 제어시스템의 우수성	5
		- 설치계획의 우수성 및 신뢰성, 유압시스템의 경제성 및 안전성, 편의성, 진동대 배치 계획 및 반력 구조물의 안전성	고성능 6자유도 진동대 구성, 설치방법의 우수성	5
		- 진동대 제어, 지진 및 진동 분석 프로그램의 제공여부 및 우수성, 하이브리드 시뮬레이션 관	범용 및 전용 S/W의 제공 여부 및 우수성	5

평가부문	평가항목	평가기준	평가요소	배점
		런 프로그램 제공 및 우수성, 데이터 저장 및 신호처리 기능의 우수성		
	연계활용성	- 기존 시설/장비와의 호환성 및 연계 활용성에 대해 평가	기존 실험장비와의 연계 활용성	10
	추가제시 사항	- RFP요구사항 외에 제안서상에 추가적으로 제시된 사항에 대하여 실행가능성 및 우수성	요구사항 외의 추가 제시 사항의 우수성	5
사업수행 계획 (20)	제안요청의 이해도 및 타당성	- 본 사업의 특성 및 목표에 대한 전반적인 이해도와 의지	제안 사업에 대한 정확한 이해도	5
		- 제시된 각종 자료 및 수치에 대한 신뢰성 및 객관성	제공자료(근거자료)의 객관성 및 만족도	5
	품질보증	- 제시된 품질보증 방안이 해당 사업의 수행에 적합한지, 업체에서 생산되는 장비들이 국제 ISO 표준에 의해 품질관리 된 제품인지에 대한 제시여부 및 우수성	품질보증계획의 적정성 및 ISO 표준에 의한 품질 관리 여부	5
		- 품질 요구사항을 점검하는 전문 인력의 투입여부, 지식, 경험 등	품질보증인력의 자질 및 사업자의 품질보증 능력	5
	교육훈련 계획	- 장비 공급자가 장비 운영 및 관리를 위해 제공하는 각종 교육훈련의 방법, 내용, 일정 및 조직, 기술지원 등	기술 지원과 교육훈련 계획의 우수성	5
지원기술 사후관리 (20)	유지보수 계획	- 시험운영 방법, 하자(유지)보수, 계획, 접근용이성, 신속성	시험운영 및 무상 유지보수 기간과 유지보수 계획의 만족도	3
		- 신속한 유지보수 및 장애대응을 위하여 국내 기술지원 인력 보유 여부와 조직의 우수성	구축 장비 및 관련 기술분야의 국내 기술지원 인력 보유 정도	4
		- 각종 긴급상황에 대한 장애대응, 복구, 부품 조달계획, 기술자 투입계획등 대응책 제시여부 및 우수성	긴급상황 발생 시 대응 체계의 우수성	3
	시스템 공급 계획	- 장비의 제작, 기간내 설치, 시험 운영 등 본 장비의 구축에 있어 전반적인 계획 제시여부 및 우수성	제작, 설치기간 및 기간내 설치의 안정성	3
		- 구축이후 정상 가동을 위하여 중요한 예비부품/부속품 및 작업공구 등의 제공여부와 우수성	운반 및 작업공구, 예비부품 등의 제공 정도	2
경영상태 및 수행실적 (20)	수행능력	① 평가기준 별도 제시	6자유도 진동대 유사장비 납품 및 제작 건수(제작자)	10
	경영상태	② 평가기준 별도 제시	신용평가 등급에 근거한 업체의 재무안정도(입찰자)	5
	업체 인지도	- 제안업체의 인지도에 대해 증명할 수 있는 객관적인 자료	제안업체의 인지도 및 본 사업성공 가능성	5
합계				100

□ 장비 업체 선정

○ 최종 규격검토(조달청)

- ('15.06.23) 고성능 6자유도 진동대 규격검토 완료

○ 입찰 공고 개시

- 조달방법 : 조달청 나라장터
- 계약방법 : 협상에 의한 계약(기술능력검토 중요)
- 입찰공고 개시
 - 개시일시 : '15.07.10.
 - 개찰일시 : '15.08.21. 15:00, 14:00(마감)
 - 개찰장소 : 조달청

[공고사항]			
공고종류	부고고	제시일자	2015/07/10 15:50
입찰공고번호	2015/08/0000-000	PM No.	15082105
공고분류	고성능 6자유도 진동대	제시자	국립연구개발사업관리국
공고기간	조달청	제시기간	2015/07/10 15:50 ~ 2015/08/21 14:00
제시방법	입찰공고제시	제시장소	국립연구개발사업관리국
제시방법	공고제시	제시장소	국립연구개발사업관리국

[입찰방법 및 계약조건]			
입찰방법	입찰제시	입찰제시일자	2015/07/10 15:50
입찰제시일자	2015/07/10 15:50	입찰제시장소	국립연구개발사업관리국
입찰제시장소	2015/07/10 15:50	제시기간	2015/07/10 15:50 ~ 2015/08/21 14:00
제시기간	2015/07/10 15:50 ~ 2015/08/21 14:00	제시장소	국립연구개발사업관리국
제시장소	국립연구개발사업관리국	제시장소	국립연구개발사업관리국

[계약조건 및 기타사항]			
계약조건	협상에 의한 계약	계약조건	협상에 의한 계약
계약조건	협상에 의한 계약	계약조건	협상에 의한 계약
계약조건	협상에 의한 계약	계약조건	협상에 의한 계약

[계약금 및 기타사항]			
계약금	계약금	계약금	계약금
계약금	계약금	계약금	계약금
계약금	계약금	계약금	계약금

[계약금 및 기타사항]			
계약금	계약금	계약금	계약금
계약금	계약금	계약금	계약금
계약금	계약금	계약금	계약금

〈입찰공고 개시 문서〉

- 개찰결과 : 무등록

- 조달담당자 확인결과 : 서류 입력오류, 제출장소 미도착 등으로 무등록됨, 이에 재공고 진행

- 입찰 재공고

- 공고기간 : '15.8.21.(수) ~ '15.9.8.(화)

- 개찰일시 : '15.9.8. 15:00

- 개찰결과 : 2개 업체 등록

- 등록업체 : MTS korea(주), *** ***** SYSTEM

※ 두 개 기관 모두 외자입찰 대상으로 관련 부속서류(PPS BID FORM, Supplier's Certificate, A/S Plan, Specification(견적서), Comparative Specification(비교규격서), Catalogue&Reference Drawings) 일괄 제출하여 검토 완료

- 기술제안서 평가 및 결과 제출

- 평가 : '15.9.15.(화)

* 『(조달청 외자 공고-제201506-32709-00호)』에 따라 기술제안서가 접수된 고성능 6자유도 진동대 시스템의 구매조달 적격업체 선정을 위한 기술제안서 선정평가 실시

◦ 평가방법

① 사전검토

- (평가위원회) 평가 당일 평가서류에 대해 사전검토 실시

② 평가위원회 평가

- (입찰자 발표) 입찰자가 기술제안에 대해 발표하고, 평가위원회 질의사항에 대해 답변 실시
- (위원별 평가서 작성) 입찰자 발표와 평가위원회 질의·응답 후, 평가서류 및 발표내용 등을 종합하여 평가위원별 평가서 작성
- (종합결과서 작성) 평가위원회 차원의 종합결과서 작성

• 기술제안평가 결과 조달청에 제출



〈기술제안 평가회〉



〈제안평가회 안내〉

◦ 평가결과

① 평가결과 총괄표

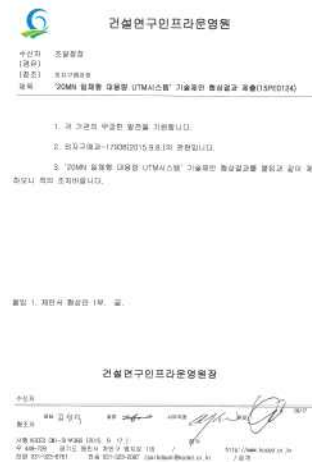
입찰 기관	위원별 평가결과(100점 기준)											중위평균	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	100점 기준	80점 기준
1	94	93	90	93	94	96	93	95	90	93	92	93	74.40
2	90	86	85	87	87	84	85	87	85	86	86	86	68.80

② 종합의견

- 양회사 모두 제품의 우수성은 인정되나 기존시설과의 연계성, 유지관리의 편의성, 경영상태에 있어 (1사)가 우수함

- 조달청 가격평가후 종합결과, 협상대상자 통지 및 협상 실시

- 협상대상자 통지('15.09.16) : 1순위(MTS korea(주)), 2순위(*** **** SYSTEM)
- 협상결과 제출('15.09.22)



〈협상 결과 제출〉

○ 주요 협상 내용

- 기계 및 부품 성능검증 등 활용 범위 확장을 위해 장비 운영 주파수 범위를 80~150Hz 까지 확대 요구 : 당초 제안한 성능 목표치 이상의 주파수에 대해서는 검수 전 시스템의 사용조건 등을 협의하여 운영 가능한 높은 시험주파수 제시
- 상세한 품질보증계획서 작성하여 계약 전 제출 : 상세 품질보증계획서를 계약후 진행하기로 계획한 설계 검토 회의(Design Review Meeting)에서 제시하도록 함
- 제어기 및 제어용 PC에 대한 2시간 용량의 UPS 제공 : 정전을 대비하여 시험의 안전과 시험 결과 백업이 가능하도록 최소 45분 이상의 UPS를 Controller Rack에 설치 하여 최대 용량의 UPS를 제공하도록 보완
- 제어 프로그램에서 IEEE 344, IEEE 693, ICC-ES AC156 Telcordia GR-63-CORE 등 시험 규격에 대한 전용 분석 기능 제공 : 요구 시험기준과 실제 제작 과정 중에 협의된 사항에 대해서는 추가 시험기준의 전용 분석 툴을 제공하도록 보완
- 진동대 시스템의 안정적인 유지 관리를 위한 목적으로 주기적 장비 관리 방안 제시 : 주기적 점검 매뉴얼, 상태 평가 방안 제시 및 가속도계의 경우 주기적 검교정이 가능하도록 설계
- 안전시설물에 대한 상세한 계획 : 장비 구축 지정센터와의 긴밀한 협조를 통해 상세 계획 수립 예정 등

- 계약체결 통보

- 조달청 계약 체결완료(15.09.30)
- 계약금액 : USD 3,955,000
- 계약방법 : 협상에 의한 계약
- 인도조건 : DAP(도착장소인도)
- 조달수수료 통지

〈조달청 계약 체결〉

- 계약체결시 수요기관, 계약상대자, 운송업체/보험회사/개설은행별 검토 및 주수해야할 계약 체결 안내문을 통해 관련 사항 숙지
 - (수요기관) 물품대금 지급 방법, 조달수수료 외자 적하보험료 지급 방법
운송료 지불, 수입물자 통관 및 물품인수시 유의사항 등
 - (계약상대자) 선적준비, 운송, 계약대금 지급, 계약서 관리 등 준수사항

- 신용장 개설완료 및 계약금(선금) 적립

- 신용장 개설 통보(15.10.08)
- 계약금 적립(15.10.21.) : USD 2,564,250

〈조달청 신용장 개설 및 계약금 적립〉

○ 장비별 제작 착수 및 중간검수

- 착수 및 디자인 리뷰
- 착수회의 : 운영원 회의실('15.12.02)
 - 6자유도 고성능 진동대 시스템 공급 계약 확인
 - 기술협상 결과 재검토를 통해 구축 시 효율적인 실험장비 활용 방안 마련
 - Overall Schedule 검토, Project 진행 상황 보고 및 질의 사항 협의

○ 계약 개요

- 계약 일자 : '15.09.25 / 신용장 개설 일자 : '15.10.08
- 주요 구성품 : 6자유도 진동 Table, Controller&Software, Base 정반 및 지지대, Hybrid Actuator/Controller, Data Acquisition System, 유압 배관 증설

○ 진행 경과

- System Design Status 완료 : System Configuration, Hybrid Actuator, Hybrid Controller
- System Design Status 진행 : Facility Interface, Table System Design, Seismic Actuator, Hydraulic Distribution System, Control System, Data Acquisition System
- Hydraulic Piping Extension Update, Hydraulic Piping Extension with Existing Table, Hydraulic Piping Layout Preliminary Dimension 검토

- 공정 회의 진행 방법 및 관련 안전 협의



〈착수 회의 자료 및 전경〉

Task Name	Duration	Start	Finish	Progress
Contract award	1 day	12/02/15	12/02/15	100%
System design	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
System configuration	40 days	12/02/15	01/21/16	100%
Facility interface	70 days	12/02/15	01/21/16	100%
Table system	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Actuators	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Hydraulic distribution	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Controls	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Data acquisition	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Structural actuator	20 days	12/02/15	01/21/16	100%
Structural controller	20 days	12/02/15	01/21/16	100%
MTS 10T Production	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
Structural test and controls	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Actuators	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Controls	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Hydraulic components	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
MTS 10T Production	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
Table	120 days	12/02/15	01/21/16	100%

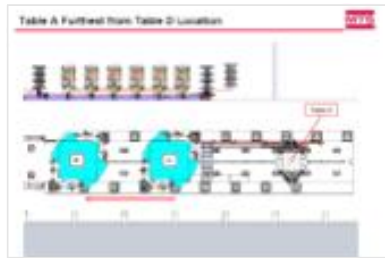
Task Name	Duration	Start	Finish	Progress
Contract award	1 day	12/02/15	12/02/15	100%
System design	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
System configuration	40 days	12/02/15	01/21/16	100%
Facility interface	70 days	12/02/15	01/21/16	100%
Table system	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Actuators	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Hydraulic distribution	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Controls	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Data acquisition	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Structural actuator	20 days	12/02/15	01/21/16	100%
Structural controller	20 days	12/02/15	01/21/16	100%
MTS 10T Production	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
Structural test and controls	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Actuators	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Controls	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Hydraulic components	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
MTS 10T Production	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
Table	120 days	12/02/15	01/21/16	100%

Task Name	Duration	Start	Finish	Progress
Contract award	1 day	12/02/15	12/02/15	100%
System design	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
System configuration	40 days	12/02/15	01/21/16	100%
Facility interface	70 days	12/02/15	01/21/16	100%
Table system	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Actuators	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Hydraulic distribution	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Controls	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Data acquisition	80 days	12/02/15	01/21/16	100%
Structural actuator	20 days	12/02/15	01/21/16	100%
Structural controller	20 days	12/02/15	01/21/16	100%
MTS 10T Production	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
Structural test and controls	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Actuators	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Controls	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
Hydraulic components	100 days	12/02/15	01/21/16	100%
MTS 10T Production	140 days	12/02/15	03/28/16	100%
Table	120 days	12/02/15	01/21/16	100%

〈진동대 장비 구축 추진 일정(세부 항목별)〉

- 디자인리뷰 회의 : '16.03.07

- Facility Interface 검토 : 기존 진동대 테이블과 신규 진동대 테이블간의 활용성을 고려한 위치

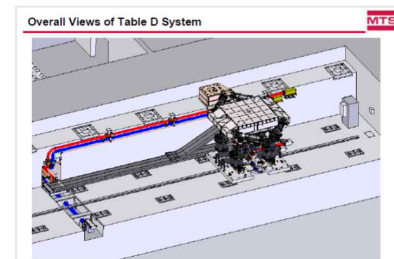
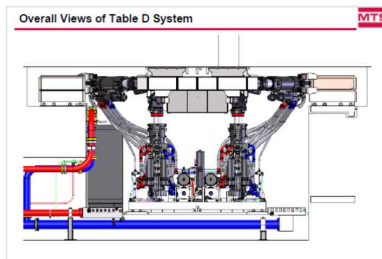
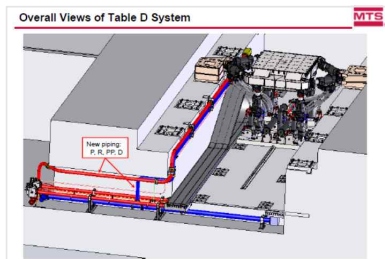


〈Table D added in the trench〉

〈Table A furthest from table D location〉

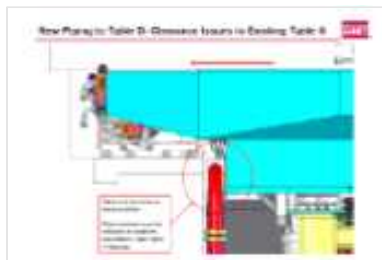
〈Table A Closest to Table D〉

- 신규 진동대 테이블 구축으로 신규 배관 설계 및 이슈 사항 검토
- 신규 진동대 테이블 구축 및 관련 배관 설비(안) 검토



〈배관 시스템 개념도〉

- 신규 분리 배관의 설치 개념도, 신규 진동대 유압가력기 성능/사양 검토
- 설치 계획(안), 구성도, 개념도 검토에 따라 기존 시설과의 간섭, 연계성 협의 등



〈회의 자료 및 회의 전경〉

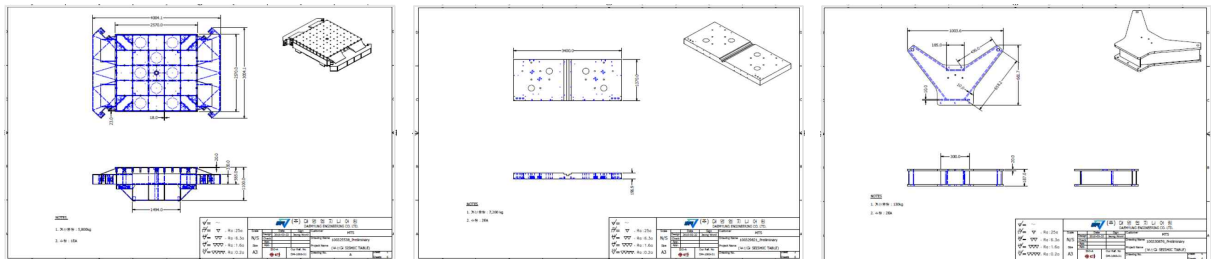
◦ 검토 사항

- 갑작스러운 시스템 다운 또는 비상 정차의 경우 테이블의 특정한 위치에서 멈추도록 설정할 것이나 전력 손실과 같은 정차의 경우 테이블은 멈추는 위치를 제어하거나 예측하기 어려울 수 있음
- 기존의 호스 대신 새로운 짧은 수압호스의 사용이 가능하며 각 진동대 테이블에는 많은 호스들이 설치, 연결되어 있기 때문에 별도의 관리 체계가 필요함
- 테이블과 호스 운반기의 혼선은 개념도 상으로만 나타날 뿐이며 실제로는 추가적인 공간이 생겨 혼선의 상태는 아님
- 테이블의 미끄럽고 경사진 평면에 대한 디자인 변경은 어려움 등

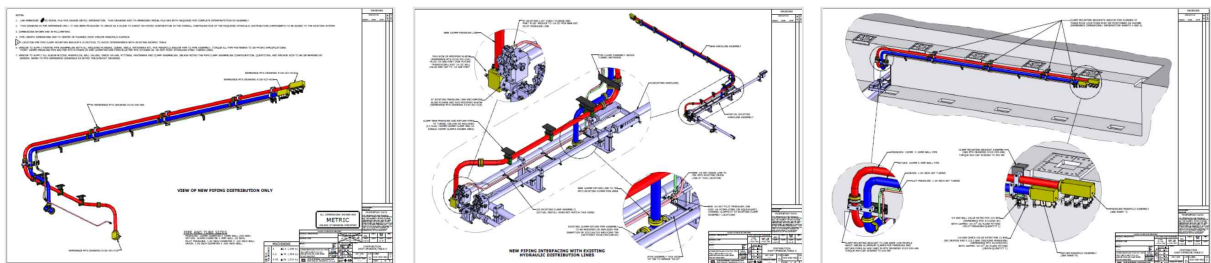
- 설계작업 등 전반적인 현황 점검('16.04.22)

◦ 진행 경과

- System Design Status 완료 : System Configuration
- System Design Status 표준품으로 제작도면 기보유 : Hybrid Actuator, Hybrid Controller, Data Acquisition System
- 설계 완료 후 제작 중 : Seismic Actuator
- 설계 완료 후 공급업체와 세부 조율 : Facility Interface, Table System Design, Hydraulic Distribution System



〈신규 진동대 테이블 도면〉



〈하드라인 도면〉



be certain.



certain.

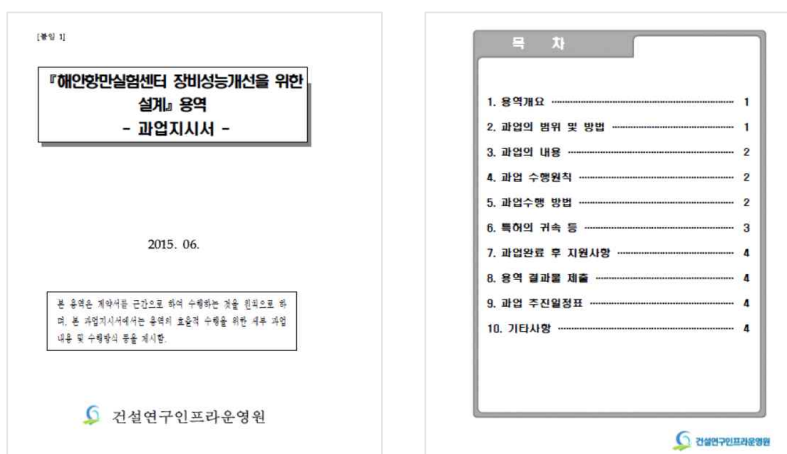
〈회의 자료〉

다. 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

■ 바람-흐름 발생장치는 2차년도 전체 연구비 사정 및 시스템 장비로 명확한 예산 산정을 위해 장비 구매조달에 앞서 기본설계를 먼저 수행하였으며, 실제 조달구매 및 구축은 3차년도에 진행함

□ 해안항만실험센터 실시설계 용역 발주

- 용역명 : 해안항만실험센터 장비성능개선을 위한 설계
 - 3차원 조파수조 및 2차원 단면수로의 실험장비 성능개선 입찰용역 발주를 위한 설계도서 및 산출 내역서를 도출하고자 함
 - 과업의 범위, 방법, 과업의 세부 내용, 수행원칙, 추진 일정 등 목표 성능과 부합될 수 있도록 관련 사항을 반영하여 과업지시서 작성



〈설계 용역 과업지시서〉

- 해안항만실험센터의 장비성능 개선을 위해 실험시설 전반적으로 실시설계가 진행되어야 3차원 평면수조, 2차원 단면수로의 성능을 만족하는 시설을 구축할 수 있음
- 실험장비 최소요구 성능

구 분	항 목	최소요구 성능
3차원 평면수조	바람발생장치	• 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보) • 변동풍 재현 가능
	흐름발생장치	• 유속 0.5m/sec 이상(정류성 확보 ±3% 이내) • 변동류 재현 가능 • 가이드 월 및 가이드 베인 설치 • 18m(W)×20m(L) 이상
2차원 단면수로	바람발생장치	• 풍속 10m/sec 이상(정속성 확보) • 변동풍 재현 가능 • 착·탈식 덕트(덕트길이: 수로전체, 외부로 바람이 유출될 수 있도록 설계)
	흐름발생장치	• 유속 1m/sec 이상(정류성 확보, ±2.5% 이내) • 변동류 재현 가능 • 정류장치: Honeycomb, Mesh block 등

○ 기타 사항

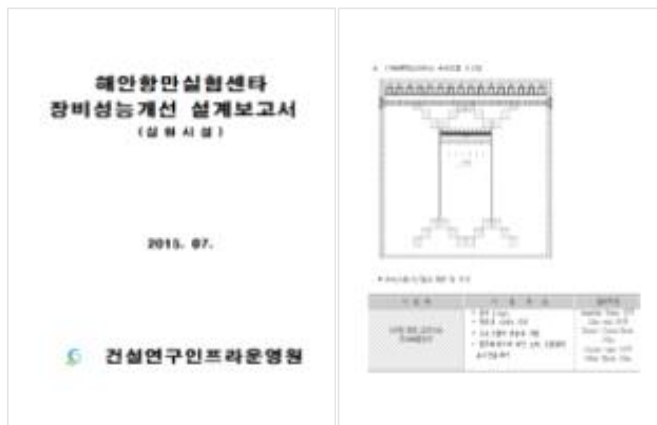
- 실험장비 및 시설을 시공할 수 있도록 설계하여야 함
- 추가되는 전기설비를 포함하여 설계하여야 함
- 물과 접촉하는 장비이므로 비부식성 재료를 사용하여야 함
- 설계 전 반드시 발주처와 협의 후 설계 진행
- 장비성능개선 개념도 참고
- 기타 필요한 사항 등
- 추진 일정 계획

No	내 용	일정 (주차)				비고
		01	02	03	04	
1	• 기 구축된 실험장비 현황 검토 • 3차원 조파수조 설계 • 2차원 단면수로 설계 • 설계도서 검토 및 설계완료 보고	●	● ●	● ●	● ● ●	

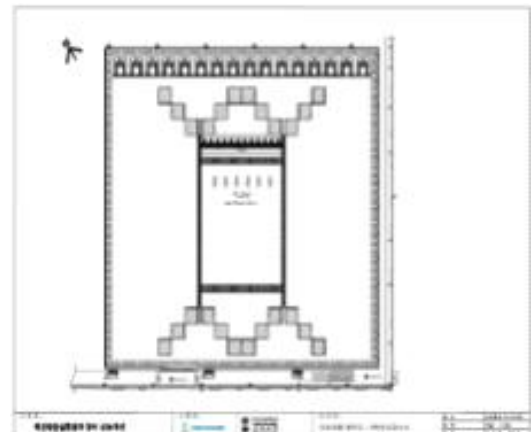
□ 2, 3차원 바람-흐름 발생장치(설계용역)

○ ('15.07.21) 실시설계 용역을 통한 설계(안) 제시

- 해안항만실험센터의 2차원 조파수조 및 3차원 조파수조 내에서 해안항만의 조류해석과 조력, 풍력을 통한 해양설비 개발에 관한 연구를 위하여 바람 발생장치 및 유속흐름장치를 추가 설치/성능개선 할 목적으로 추진
- 약 1개월간 해안항만실험센터에 구축되는 실험장비에 관련된 기존 설비의 제원 및 특성을 파악하여 장비 설계에 필요한 제반 기초자료 제공 및 전력간선 설비계통을 자료 수집, 현장답사, 전력설비 계통도면을 조사·분석하여 설계에 필요한 제반 기초자료 분석 실시
- 공사비, 소요사업비 산정
- 공정별 추진 계획 및 일정 도출



〈설계보고서〉



〈설계도면〉

○ 실시설계(안) 검토를 위한 자문회의

- 일시 : '15.11.05
- 목적 : 바람-흐름 발생장치에 대한 실시설계 전문가 검토



〈자문회의 자료 및 전경〉

◦ 회의 결과

- 현재 장비예산으로는 활용도가 높은 2차원 시설에 집중 투자하는 것이 활용도 측면에서 높을 것으로 판단
- 실시설계(안)으로 장비구축시 요구성능을 구현하기에는 무리가 있을 것으로 판단되어, 자문 위원들의 의견이 반영된 방안으로 재설계 필요
- (실시설계 재설계 결과) 재설계 완료 및 구축비 25.64억 추정(장비도입심의시 예산보다 6.17억원 초과)

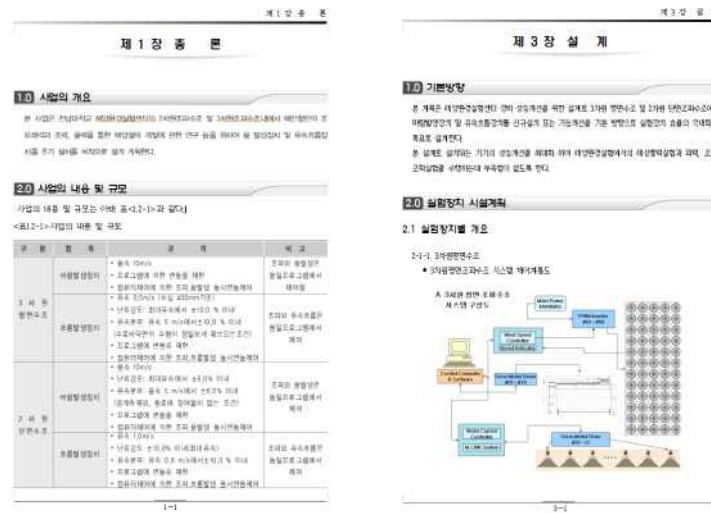
[실시설계 비교표]

구분	항목	규격	
		변경 전	변경 후
2차원 단면수조	바람발생장치	• 풍속 10m/s • 프로그램에 의한 변동풍 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 풍발생 동시연동제어	• 풍속 10m/s • 프로그램에 의한 변동풍 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 풍발생 동시연동제어
	흐름발생장치	• 유속 0.5m/s (수심 400mm기준) • 정류성 ±3.0% 이내 • 프로그램에 변동류 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 흐름 발생 동시연동제어	• 유속 0.5m/s (수심 400mm기준) • 난류강도 최대유속에서 ±10.0 % 이내 • 유속분포 유속 5 m/s에서 ±10.0 % 이내 (수로바닥면의 수평이 정밀하게 확보되는 조건) • 프로그램에 변동류 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 흐름발생 동시연동제어
3차원 평면수조	바람발생장치	• 풍속 10m/s • 프로그램에 변동풍 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 풍발생 동시연동제어	• 풍속 10m/s • 난류강도 최대유속에서 ±6.0% 이내 • 유속분포 풍속 5 m/s에서 ±6.0% 이내 (경계층제외, 풍로에 장애물이 없는 조건) • 프로그램에 변동풍 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 풍발생 동시연동제어
	흐름발생장치	• 유속 1.0m/s • 정류성 ±3.0% 이내 • 프로그램에 변동류 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 흐름 발생 동시연동제어	• 유속 1.0m/s • 난류강도 ±10.0% 이내(최대유속) • 유속분포 유속 0.8 m/s에서 ±10.0 % 이내 • 프로그램에 변동류 재현 • 컴퓨터제어에 의한 조파, 흐름발생 동시연동제어

- 바람-흐름발생장치는 예산 부족, 전문가 자문의견, 실시설계 결과에 따라 장비구축에 대한 전문가 검토 요구

○ 재설계 요구된 설계 최종안 제출

- 자문회의결과('15.11.05)에 따라 재설계된 설계안으로 최종본 제출



〈실시설계 보고서(수정)〉

○ 실시설계의 재설계를 통한 최종 견적이 장비소요예산을 초과하여 전문기관과 협의후 구축 진행

- 재설계후 성능, 예산초과 등 현안에 대한 전문기관 협의자료 1차 서면제출('16.02.23)
- 전문기관 협의자료 2차 서면제출 및 협의요청('16.03.08)
- 전문기관 현황보고 및 협의('16.03.16)
- 전문기관 의견: 현재의 구축 예산으로 조달 진행 후, 입찰 업체가 없을 경우 재검토

○ 조달청 나라장터 통한 조달 요청 진행

- 조달을 위한 제안요청서 작성



〈비람-흐름발생장치 구축 제안요청서〉

- 인천지방조달청 구매요청('16.03.29)

인천광역시 조달청 구매요청서

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.03.29

제출인: 조달청장

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.03.29

제출인: 조달청장

〈조달 구매 요청〉

구매계약요청서

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.03.29

제출인: 조달청장

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.03.29

제출인: 조달청장

〈구매계약요청서〉

구매계약요청응답서

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.03.29

제출인: 조달청장

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.03.29

제출인: 조달청장

〈구매계약요청응답서〉

- 규격공개 후 제안요청서 조달청 협의 검토의견 통지(1차) ('16.04.07)

- 구매업무 협의 사항에 대한 조달청 의견 검토 및 반영

조달 구매 회신

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.04.07

제출인: 조달청장

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.04.07

제출인: 조달청장

〈조달 구매 회신〉

구매업무 협의

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.04.07

제출인: 조달청장

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.04.07

제출인: 조달청장

〈구매업무 협의〉

협약 체크 항목

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.04.07

제출인: 조달청장

제출처: 인천광역시 조달청

제출일자: 2016.04.07

제출인: 조달청장

〈협약 체크 항목〉

◦ 검토의견

- (계약방법) 협상에 의한 계약으로 요청 : ‘협상에 의한 계약 가이드라인’ 을 참고하여 추진 대상에 의한 기준을 검토하고 해당 입찰방법에 대한 재검토 요구
- (입찰참가자격) 제고 또는 공급물품 확인 요청
- (내역서) 세부내역서 추가 제출, 제안요청서 내에 제시된 소프트웨어 사업에 대한 필요성 재검토
- (기술제안서 작성 유의사항) 제안서 작성 지침 중 강제하는 부분을 권고사항으로 완화하여 명시 등

- 규격공개 후 제안요청서 조달청 협의 검토의견 검토사항 회신('16.04.15)

- 조달청 검토항목에 대한 최종 결정 사항 및 조달청 검토의견 수정/보완 결과 제시

〈검토의견 응답〉

〈검토의견 반영사항〉

〈협약 체크리스트〉

- 규격공개 후 제안요청서 재협의 검토의견 통지(2차) ('16.04.20)

〈구매요청〉

〈검토 통지(1차)〉

〈검토 통지(2차)〉

3. 3차년도 연구내용 및 성과

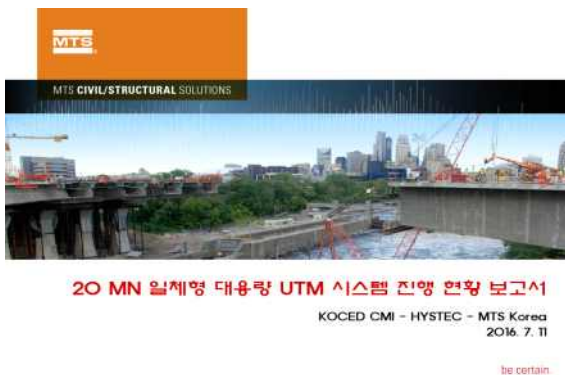
가. 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM

■ 3차년도 연구내용은 20MN급 일체형 대용량 UTM 장비의 제작 착수, 검수, 구축에 대한 연구를 진행하였으며, 향후 공동활용 방안을 수립·제시함

□ 장비별 제작 착수 및 중간검수

○ ('16.07.11.) 장비 구축 진행현황 점검

- 장소 : 명지대학교 하이브리드 구조실험센터
- 참석자 : 운영원, 명지대학교, 태영강건, 대명엔지니어링, MTS Korea
- 주요 사항 : 국내외 장비 제작 진행 사항 점검



○ 통관 및 관세감면 자문

- UTM, 진동대 통관 및 관세감면추진을 위한 관련 전문가(관세사,세무사등) 자문

◦ 자문 결과

- 관세 및 부가세의 관세감면 근거법령 및 대상 관련하여 검토 결과 관세법 제 90조 (학술연구 용품의 감면세) 적용에 어려움
- 해당 학술연구용품의 감면조항을 적용받으려면 납세의무자 주체를 대학교 이사장 또는 산학협력단 진행 시 산단장을 주체로 하여 운영원은 수입대행으로 진행
- 감면서류를 각 대학(명지대, 부산대) 명의로 발급 진행 필요

* 운영원은 국가 R&D로 해당 지정센터에 장비를 구축해 주는 연구를 진행하기 때문에 최종 장비 수요자는 학교이며, 운영원은 장비 구매 대행자로 볼 수 있음

○ 부속장비 구매(20톤 O/H 크레인 설치 및 안전시설 보강 설계변경 공사)

- ('16.10.24.) “크레인 및 지지용 구조물 공사” 도입관련 자문회의

○ 자문 결과

- 실험체의 파괴 하중이 2,000톤 급이라면 크기와 중량이 매우 클 것으로 예상되며, 이러한 실험체의 운반 및 거치를 위해서는 최소 20톤 급 이상의 천장크레인 도입이 필수
- 크레인 설치 시, 이를 지지하는 레일, 기둥, 기초 보강이 필요하게 되는데, 관련된 설계 및 시공 변경이 필요하게 되므로, 공사비/기간의 절감을 위해 변경하는 것이 좋을 것으로 사료
- 관련 공사는 구축기간과 예산절감을 고려한다면, 기존 업체가 수행하는 것이 바람직 함
- 따라서, 기존 시공 업체에 수의계약을 통해 진행하되, 타 기관 견적을 받아 최소 예산으로 구축할 수 있도록 검토



- (16.10.24.) “크레인 및 지지용 구조물 공사” 도입관련 자문회의

○ ('16.11.03.) 장비도입심의(미래부)

- 도입장비명 : 20톤 용량의 Over Head 크레인 및 지지용 구조물 공사
- 장비금액 : 170백만원
- 장비도입심의요청 : '16.10.25.
- 장비도입심의 : '16.11.03.
- 장비도입결과 : 구입인정('16.11.16.)

연구실 정책

본과 및 발표일정 검토

발표종류	자전, 자전도, 소문, 구두, 기타				
내부발표일	최초교원회의(연구자회의)				
발표일시	2019.11.03 13:00	연구행동수	1 회	승행발표시간	15 분
제출발표시간	1 분	연구행동시간	5 분	연구행동시간	5 분

본과 활동 평가 리스트

1학년, 2학년 2학년 활동기 (Over Head, 3학년, 4학년, 5학년, 6학년, 7학년, 8학년, 9학년)

[illegible]

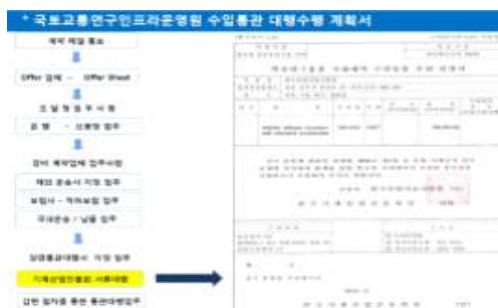
○ 공사 업체 계약

- 업체 : 기선어중합건설(주)
- 공사명 : 20톤 O/H 크레인 설치 및 안전시설 보강(기초, 기둥) 설계 변경 공사
- 계약 체결 : '16.12.27.
- 계약 금액 : 일금 330백만원(기둥보강, 크레인(1.7억)+기초보강(1.6억))
- 공사 기간 : '16.12.27. ~ '17.03.26.
- 공사 완료 : '17.3.24.(감리업체 확인완료 '17.4.3.)
- 공사 준공보고서 제출 : '17.5.30.
- 크레인 성능검수('17.4.3.~14.) 및 실험동 건물의 준공과 연계하여 준공후 보고서 제출



○ 통관 및 감면추천 업체 계약('16.11.10.)

- 관세감면추천 및 통관 업체 선정
- 업체 : (주)고려운송
- 추진 업무 : 장비 계약 업체 (MTS) 업무 사항 (해외 운송사 지정 업무, 보험사 업무, 국내 운송/납품 업무), 감면통관대행사 지정 업무, 기계산업진흥회 서류 대행, 감면 절차를 통한 통관대행업무 진행



○ 장비 구축 업체(MTS)의 신용장 변경 요청

- 변경 사유

- 분할 선적 요청

- 20MN 메인 장비의 크기 및 무게의 제약으로 표준 컨테이너를 이용할 수 없으며, 벌크 Cargo 선적이 필수적임
- 장비의 무게가 약 80톤으로 미국 캘리포니아 주의 도로교통법 상 육로 운송에 제약이 있어 LA항으로의 내륙운송의 어려움 발생
- 3 MN Actuator 및 기타 구성품은 일반 컨테이너를 이용하여 선적 예정에 있으며, 20MN 장비 및 3MN 장비를 물리적으로 동시에 선적이 불가하므로 분할 선적 필요

- 환적 조건 변경 요청

- 20MN 장비 구성품 중 Actuator는 미국 MTS사에서 제작하여 LA항을 이용하며, Machined Crosshead는 캐나다에서 제작하여 캐나다 소재의 항구를 이용하여 선적 예정임
- 상기의 운송 경로 이용 시 선적화물에 대한 화주는 MTS가 될 것이며, 이에 필요한 선적 서류는 MTS에서 작성 예정

- 선적 항구 변경 요청

- 운송요건을 충족하기 위해서는 미국 내 과적 화물의 입항이 가능한 항구 또는 캐나다에 위치한 항구 이용 필요

○ 장비 도입 관세감면 추천 ('17.2.15)

- 한국기계산업진흥회에서 발행하는 학술연구용품 국내제작 곤란물품 추천신청서 발급

[illegible][illegible]

○ 장비 통관(부가세) 납부

- 미국(20MN Actuator본체 3MN Actuator 및 부속장비) 통관 및 부과세 납부 : '17.02.27
- 캐나다(Crosshead) 통관 및 부과세 납부 : '17.02.16

[illegible][illegible]

○ 장비 입고확인 (20MN Actuator본체 3MN Actuator 및 부속장비, Crosshead)

- 미국(20MN Actuator본체 3MN Actuator 및 부속장비) : '17.03.03 입고
- 캐나다(Crosshead) : '17.02.18 입고
- 장비 입고 확인 : '17.03.20

[illegible][illegible]

한 팀 티역 스코리아 대표이장인

STTC Taiwan, Inc.
46-1, STTC Tower, 208, Feng-yuan, Fengshing Co., Taichung 404, Taiwan, R.O.C.
Telephone: +81-738-1400
Fax: +81-738-1499



- 선적대금 적립('17.02.24.)

- [illegible]

○ 장비 설치 진행

[장비 설치 일정]

- 작업기간 : '17. 02. 13. ~ 03. 23.
- 상세일정
 - 자재 입고 : '17. 02. 13.
 - Piping installation : '17. 02. 14. ~ 03. 10.
 - Pressure Test 및 Flushing : '17. 03. 14. ~ 03. 17.
 - HSM Hose 제작 및 설치 : '17. 03. 20 ~ 03. 23

- 작업사진



〈하드라인 설치 전경 - 지하 배관〉



〈하드라인 설치 전경 - 지상 배관〉

○ 20 MN Crosshead 및 Actuator 조립

- 일시 : '17. 03. 10 ~ 14



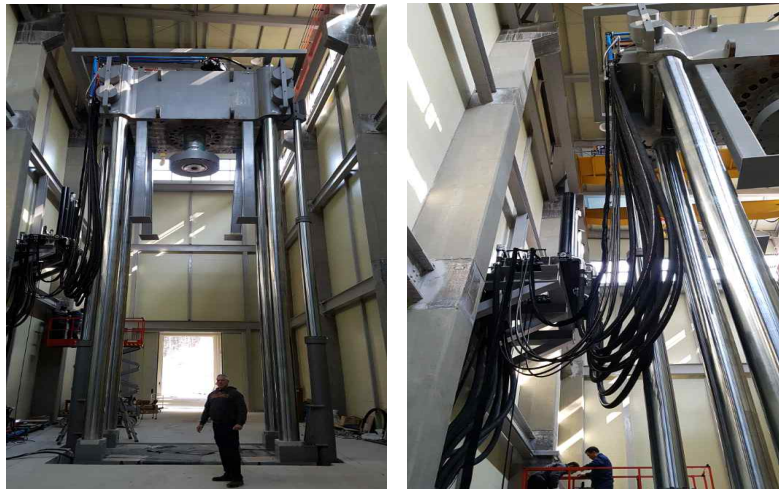
○ 20 MN Load Frame Column 조립

- 일시 : '17. 03. 10 ~ 17



○ 20 MN Load Frame 설치 완료

- 일시 : '17. 03. 20 ~ 31



○ 5 MN Load Cell Calibration

- 일시 : '17. 04. 10 ~ 14



○ 3 MN Actuator 조립

- 일시 : '17. 03. 27 ~ '17. 03. 31



○ Install control system and Tuning of table system

- 일시 : '17. 03. 27 ~ 31
- 작업내용
 - Install FT60 Digital Controller
 - Install Control PC
 - Install Control Software
 - System Tuning (20 MN 시험기 및 3 MN Actuator)



○ 장비 자체성능 검수

- 20 MN 대용량 시험기
- 시험 부분 : 50 MPa Concrete 구조물(1,450 × 1,450 × 700)
- 시험 방법 : 20 MN 대용시험기 작동 및 성능 확인을 위해 변위제어로 정동적 실험 수행



〈20 MN 대용량 시험기의 시험 전경〉

- 20 MN 대용량 시험기에 대한 정적 압축하중, 최대 시험속도, Stroke-속도 및 하중-속도 시험에 대한 시험한 결과 정상 작동되었고 요구성능을 만족함
- 정적 압축하중 시험 : 20,218.67 kN 확인

〈20 MN 대용량 시험기의 정적 압축하중 시험결과〉

- 최대 시험속도 시험 : 80.7 mm/sec 확인

〈20 MN 대용량 시험기의 최대 시험속도 시험결과〉

- Stroke와 속도 시험 : $2\text{Hz} \pm 3\text{mm}$ 모사가능

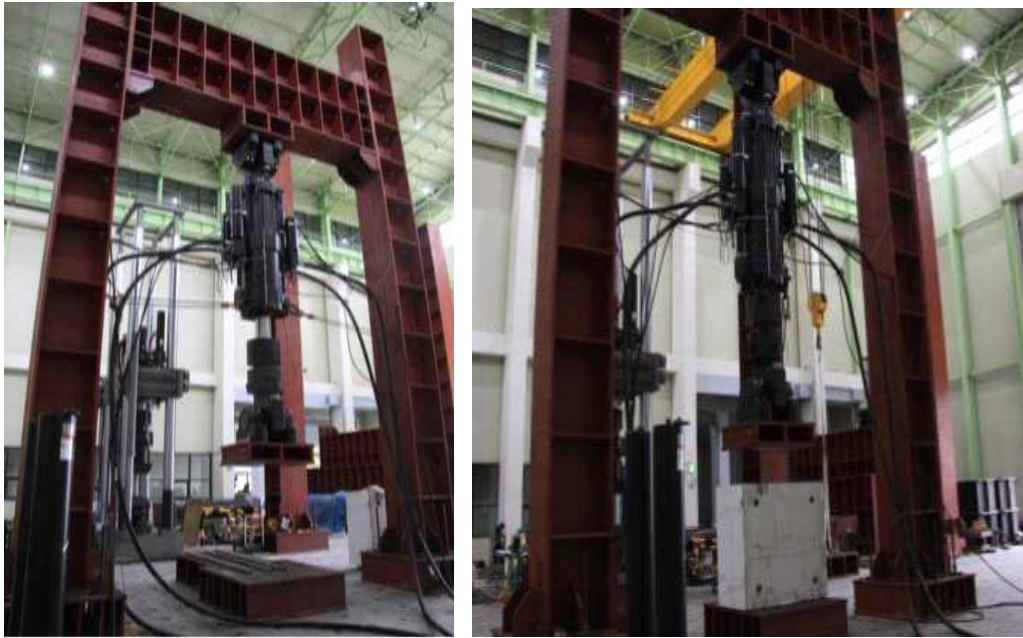
〈20 MN 대용량 시험기의 Stroke와 속도 시험결과〉

- 하중과 속도 시험(부하 상태) : $0.1\text{MN} \sim 12.1\text{MN}/2\text{ Hz}$ 모사가능

〈20 MN 대용량 시험기의 하중과 속도 시험결과〉

- 3 MN 고성능 동적 Actuator

- 시험 부분 : 40MPa Concrete 구조물(1,450 × 1,450 × 700)
- 시험 방법 : 3 MN 고성능 동적 Actuator 작동 상태 확인을 위해 변위제어로 정동적 실험 수행



〈3 MN 고성능 동적 Actuator의 시험 전경〉

- 3 MN 고성능 동적 Actuator에 대한 정적 압축하중, 최대 시험속도, Stroke-속도 및 하중-속도 시험에 대한 시험한 결과 정상 작동되었고 요구성능을 만족함
- 정적 압축하중 시험 : 3,015.27 kN 확인

〈3 MN 고성능 동적 Actuator의 정적 압축하중 시험결과〉

- 최대 시험속도 시험 : 301.1 mm/sec 확인

〈3 MN 고성능 동적 Actuator의 최대 시험속도 시험결과〉

- Stroke와 속도(무부하 상태) 시험 : 5Hz±6mm 모사가능

〈3 MN 고성능 동적 Actuator의 Stroke와 속도 시험결과〉

- 하중과 속도(부하 상태) 시험 : 0.1MN~2.1MN/ 5Hz 모사가능

〈3 MN 고성능 동적 Actuator의 Stroke와 속도 시험결과〉

- 20 MN UTM 및 3 MN Actuator 2축 실험용 지그
- 시험편 : 면진받침
- 시험 방법 : 면진받침 시험편에 2축 하중 부가(시편한계를 고려하여 수행)
20MN UTM으로 수직하중 6,200kN 까지 시험
3MN Actuator로 수평변위 150mm 까지 시험



〈2축 실험용 지그 조립 및 설치 검수〉

○ 장비 사용 교육 ('17.09.04 ~ 06) : MPT Software 교육 등

- 강 사 : 고광현 (MTS Korea)
- 참 가 자 : 명지대학교 하이브리드구조실험센터 이승국, 은희곤, 성영훈 연구원
- 교육내용 : 793 및 MPT Software 운용 교육
 - Station Builder Program 및 Station Manager를 활용한 Controller 사용 설정
 - Basic Test Ware(BTW) 793 및 MultiPurpose TestWare(MPT) 운용
 - 20MN UTM 케이블 연결방법 및 오류개선
 - 3MN Dynamic Actuator 설치 및 케이블 연결
 - 고속실험 및 저속실험 운영시 Clamp 유의사항
 - 대용량 Hydraulic Service Mainfolds(HSM) 설치



○ 장비 검수 및 잔금 지급

- 장비 최종 검수 : '17.09.25
- 검수 장소 : 명지대학교 하이브리드구조실험센터
- 참석자

분야	성명	소속	직급/직책	비 고
검수위원 (2)	박진영	KCL	선임	-
	이정우	한국건설기술연구원	수석	-
업체 (4)	장진상	MTS Korea	부장	-
	강천구	MTS Korea	부장	-
	고광현	MTS Korea	부장	-
	이상무	(주)KNR	상무	-
과제추진 실무진 (4)	김성덕	국토교통연구인프라운영원	팀장	-
	박영석	하이브리드구조실험센터	센터장	-
	이승국	하이브리드구조실험센터	선임	-
	은희곤	하이브리드구조실험센터	연구원	-

• 검수 내용

- 20MN 일체형 대용량 UTM 확인
 - 20MN 일체형 대용량 UTM 장비 설치 상태 확인
 - 20MN 대용량 시험기 설치 현황 확인
 - 3MN 고성능 동적 Actuator 설치 현황 확인
 - 시설공사
 - 데이터 수집 장비 및 컨트롤 장비 확인
 - Check list 확인
- 장비성능 시험 및 시운전 보고서 검토
 - 20 MN 대용량 시험기
 - 최대하중 부하 시험, 최대속도 확인 시험
 - 3 MN 고성능 동적 Actuator
 - 최대하중 부하 시험, 최대속도 확인 시험
- 20MN 일체형 대용량 UTM 시연
 - 2축 하중 부하시험
 - 면진받침 시험편에 2축 하중 부가
 - 20 MN 대용량 시험기로 600톤까지 부하
 - 3 MN Actuator로 +/-20톤으로 가진
 - 2축 동시 가진 시험 가능 여부 확인

· 검수 결과

〈장비 검수 항목 및 결과〉

검수항목	세부내용	확인내용
장비 공급 범위	○ 20 MN 대용량 시험기 - 20 MN 시험기 하중 프레임 본체 - 유압식 Actuator - 하중 측정계 - 5 MN 하중 측정계 - 유압식 서보밸브 및 분배기 - 유압 분배 장치 - 유압식 배관 증설 - 1m 직경 압축판 - 고강도 바닥기초 - 시설공사 ○ 3 MN 고성능 동적 Actuator - 유압식 Actuator 시스템 - 3 MN 하중 측정계 - 유압식 서비스 매니폴드 - Swivel Base Assembly - Swivel Head Assembly ○ Digital Control System & Software - Digital Controller (2 Channel - 2 Station) - Analog I/O - Control Software - Control PC ○ Check list 확인	이상없음
현장적용 시험 결과 확인	○ 20 MN 대용량 시험기 - 최대하중 부하 시험 - 최대속도 확인 시험 - Stroke-속도시험 및 하중-속도 시험 ○ 3 MN 고성능 동적 Actuator - 최대하중 부하 시험 - 최대속도 확인 시험 - Stroke-속도시험 및 하중-속도 시험	이상없음
2축 동시 재하 지그 확인	○ 2축 하중 부하시험 - 2축 하중 지그 설치 여부 확인 - 수직하중 부하시험(20 MN 대용량 시험기) - 수평하중 부하시험(3 MN 고성능 동적 Actuator) - 2축 동시 가진 시험 가능 여부 확인	이상없음

〈장비 구성내역 (구매 요청서 대비 품목 검수 결과)〉

No.	항 목	규 격	수량	Check 결과
1	20 MN 대용량 시험기			
	1) 20 MN 시험기 하중 프레임 본체	최대 용량: 20 MN 수직 9 m 시험 공간	1	OK
	2) 유압식 액추에이터	정적 최대 용량: 20 MN 동적 최대 용량: 12 MN Stroke: 750 mm	1	OK
	3) 하중 측정계	±20 MN	1	OK
	4) 5 MN 하중 측정계	±5 MN	1	OK
	5) 유압식 서보밸브 및 분배기	방식: 3 stage 유량: 800 gpm (400 gpm × 2)	1	OK
	6) 유압 분배 장치	유량: 800 gpm (400 gpm × 2)	1	OK
	7) 유압식 배관 증설	현재 설치된 유압배관의 연장	Lot	OK
	8) 1 m 직경 압축판	압축 시험 용량: 20 MN 1 m diameter 상부 그림: Spherical Type	1	OK
	9) 고강도 바닥 기초	15.0 × 5.5 × 4.0 m 이상	1	OK
	10) 시설 공사	246 m ² (26.05×9.65m) 이상	1	OK
2	3 MN 고성능 동적 액추에이터			
	1) 유압식 액추에이터 시스템	최대 용량: ±3 MN Stroke: 750 mm	1	OK
	2) 3 MN 하중 측정계	±3 MN	1	OK
	3) 유압식 서보밸브 및 매니폴드	방식: 3 stage 유량: 800 gpm (400 gpm × 2)	1	OK
	4) 유압식 서비스 매니폴드	유량: 800 gpm (400 gpm × 2)	1	OK
	5) 스위블 베이스 어셈블리	±3 MN, 비급유식	1	OK
3	디지털 제어시스템 및 소프트웨어			
	1) 디지털 컨트롤 시스템	FlexTest 60 - 2 Channels	1	OK
	2) 듀얼 디지털 유니버설 컨디셔너	2축 시험 동시 제어	Lot	OK
	3) 밸브 드라이버 카드	2축 시험 동시 제어	Lot	OK
	4) 8 채널 아날로그 출력	±10 V, 8 Channels	1	OK
	5) 8 채널 아날로그 입력	±12.5 V, 8 Channels	1	OK
	6) 일반적 시스템 소프트웨어	MTS 793 Software	1	OK
	7) 일반적인 응용 소프트웨어	MTS MPT Software	1	OK
4	설치 및 교육			
	1) 설계, 제작 및 설치	선적 기일 준수	Lot	OK
	2) 설치 후 시스템 시운전	설치 후 검수 시운전 제공	Lot	OK
	3) 매뉴얼 및 도면	E-Manual, E-Drawing	Lot	OK
	4) 예비 부품	유지보수 소모품	Lot	OK
	5) 무상 보증 수리	1년 무상 지원	Lot	OK
	6) 현장 교육	현장 교육	Lot	OK

〈장비 목표성능 대비 성능검수 결과 비교〉

구 분	항 목	목표 성능	실제 성능	만족 여부
수직하중 재하용 대용량 UTM	Static performance	• Max. force : 20 MN	• Max. force : 20.22 MN	OK
	Dynamic performance	• Max. force : 12 MN, Velocity : 80 mm/s	• Max. force : 12.1 MN, Velocity : 80.7 mm/s	OK
	Actuator stroke	• 750mm	• 750mm	OK
	Testing Dimensions	• Height : 7.0 m 이상 • Column Spacing : 1.0m×3.0m 이상	• Height : 8.4 m • Column Spacing : 1.0m×3.0m	OK
	Controller 등	• 전용 Controller & Software, 유압시스템 포함	• 전용 Controller & Software, 유압시스템 포함	OK
수평하중 재하용 고속 Actuator	Dynamic performance	• Max. force : 3 MN, Velocity : 300 mm/s	• Max. force : 3.02 MN, Velocity : 301.1 mm/s	OK
	Actuator stroke	• 750mm	• 750mm	OK
	Controller 등	• 전용 Controller & Software, 유압시스템 포함	• 전용 Controller & Software, 유압시스템 포함	OK
기타		• 수직-수평 일체화를 위한 로딩프레임	• 수직-수평 일체화를 위한 로딩프레임 설치	OK

- 장비 납품 완료 보고 및 잔금 요청 및 지급
- 납품완료 및 잔금 요청(업체→운영원)
- 조달청 무하자인수 통보 완료 : '17.9.25
- 장비 검수완료 확인 요청 회신



- 장비 납품 및 구축 보고서 작성
- 장비 구축 보고서 내용

- 구축된 장비 내역, 사양, 구축현황
- 시스템 동작 확인, 장비 자체성능 실험(data 등), 장비 검수 내역
- 관련 기타 성적서

나. 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

■ 3차년도 연구내용은 10g 급 6자유도 진동대 장비의 제작 착수, 검수, 구축에 대한 연구를 진행하였으며, 향후 공동 활용 방안 수립

□ 장비별 제작 착수 및 중간검수

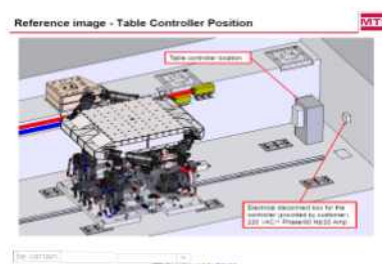
○ 제작 착수 및 디자인 리뷰 (2차) : '16.06.03

- 장비 검수를 위한 Dummy Mass (2.5×2.5×0.65m×2장) 준비
- 유압 배관 설치 및 오일 교체 일정 협의
- Table A&B 이동 및 Base Plate 공사 일정 관련 협의



○ 설계, 제작관련 추진계획 협의 : '16.8.25.

- GS 하드라인 설치 일정, MTS Mian 장비 입고 관련 등의 내용 협의 진행



○ 통관 및 관세감면 자문

- UTM, 진동대 통관 및 관세감면추진을 위한 관련 전문가(관세사,세무사등) 서면 자문

◦ 자문 결과

- 관세 및 부가세의 관세감면 근거법령 및 대상 관련하여 검토 결과 관세법 제 90조 (학술연구 용품의 감면세) 적용에 어려움
- 해당 학술연구용품의 감면조항을 적용받으려면 납세의무자 주체를 대학교 이사장 또는 산학협력단 진행 시 산단장을 주체로 하여 운영원은 수입대행으로 진행
- 감면서류를 각 대학(명지대, 부산대) 명의로 발급 진행 필요

○ 통관 및 감면추천 업체 계약('16.11.10.)

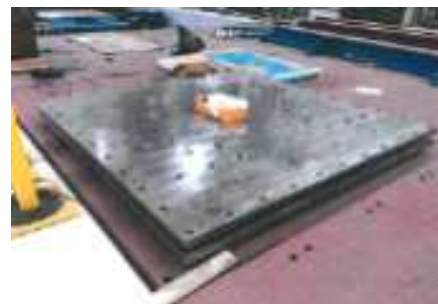
- 관세감면추천 및 통관 업체 선정

- 업체 : (주)고려운송
- 추진 업무 : 장비 계약 업체 (MTS) 업무 사항 (해외 운송사 지정 업무, 보험사 업무, 국내 운송/납품 업무), 감명통관대행사 지정 업무, 기계산업진흥회 서류 대행, 감면 절차를 통한 통관대행업무 진행

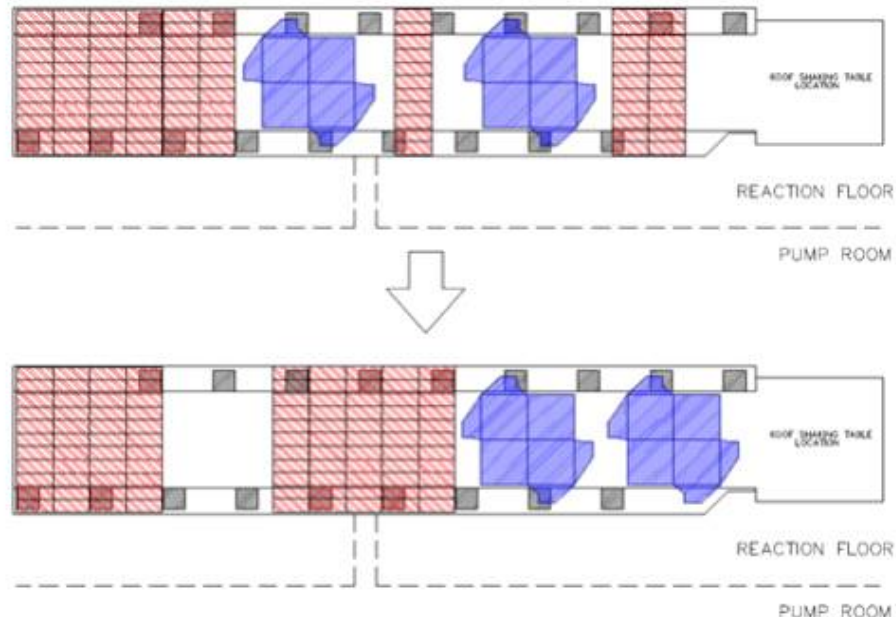


○ 부속재료 구매(로딩 가이드 프레임 및 검수블럭 제작, 이설, 배관플러싱오일 교체)

- “로딩 가이드 프레임 및 검수블럭 제작” 부속장비 구매
- 공사명 : 로딩 가이드 프레임 및 검수블럭 제작
- 업체 : (주)대명엔지니어링
- 금액 : 204,560,000원
- 제작 기간 : '16.11.16. ~ '17.03.15.
- 납품 완료 : '17.4.20.(센터의 실험 등으로 인한 검수 지연)



- 진동대 이설 및 배관플러싱오일 교체
- 장비 구축을 위한 기존 진동대 장비 이설 진행 : '16.09.26 ~ 30.
- 수행 기관 : MTS Korea, 성산중량
- 작업 내용 : 진동대 A 및 B이동



〈진동대 이동 작업〉

- 정확한 성능 검수를 위한 Hydraulic 오일 교체 진행 : '16.10.26 ~ 27.
- 수행 기관 : 효진상사
- 작업 내용 : Mobil DTE 25 오일 교체



〈오일 교체 진행〉

- 운송 및 인도 등 변경

- 계약 및 신용장 변경(검토후 변경)
- 납품 기한 : 신용장 개설후 540일
- 제품 제작 운송 및 인도 : 420일(조항 삭제)
- 설치 및 시운전 : 120일(조항 삭제)
- (신용장) 47B: 6항의 인도일 삭제

- 변경 사유

- 고성능 6자 유도 진동대의 성능 보장 검토에 따른 운송 및 인도기간 변경
 - 설계 주파수 : 최대 60 Hz(당초) → 최대 100Hz(변경) 성능 보장 필요
 - 경주 지진재해 발생 후 지진파 분석 결과, 60Hz 이상의 주파수 대역이 포함 되어 향후 원전 관련 구조 요소의 지진 시험을 위해서는 당초 설계 요구도 이상의 성능이 필요 할 것으로 판단되어 성능 시험을 진행하기 위한 기간 연장 필요
- 최신 지진 모사 소프트웨어 공급 합의에 따른 운송 및 인도기간 변경
 - 공급 Software Version : STEX III(당초) → STEX Pro (변경)
 - 장비 제작 기간 중 지진 모사 Software의 업그레이드 버전이 개발 되어 추가 공급함에 따라 제작기간의 연장 필요

○ 계약서 및 신용장 변경에 따른 지체상금 면제사유 안내

- (ContractSheet에서의 기간 변경 사유) 당초 설계 주파수대 성능보다 높은 주파수대 성능이 필요함에 추가 검토가 필요하며, 신규 개발된 STEX Pro 공급받기 위해 전체 시스템의 Configuration 이 필요하므로 일정 조정함

○ 장비 도입 관세감면 추천 ('17.2.15)

- 한국기계산업진흥회에서 발행하는 학술연구용품 국내제작 곤란물품 추천신청서 발급

[illegible][illegible]

○ 장비 통관(부가세) 납입

- 미국(고성능 6자유도 진동대) 통관 및 부가세 납입 : '17.02.17

○ 장비 입고확인 (고성능 6자유도 진동대)

- 미국(6자유도 진동대 장비 및 부품) : '17.02.21 입고
- 장비 입고 확인 : '17.02.22 (지진방재연구센터 전법규 박사 진행)

고성능 6자유도 진동대 입고 확인서 (CHECK LIST)

구분	구분명	수량	단위	비고
1	진동대	1	대	
2	부품	1	세트	
3	부품	1	세트	
4	부품	1	세트	
5	부품	1	세트	
6	부품	1	세트	
7	부품	1	세트	
8	부품	1	세트	
9	부품	1	세트	
10	부품	1	세트	
11	부품	1	세트	
12	부품	1	세트	
13	부품	1	세트	
14	부품	1	세트	
15	부품	1	세트	
16	부품	1	세트	
17	부품	1	세트	
18	부품	1	세트	
19	부품	1	세트	
20	부품	1	세트	
21	부품	1	세트	
22	부품	1	세트	
23	부품	1	세트	
24	부품	1	세트	
25	부품	1	세트	
26	부품	1	세트	
27	부품	1	세트	
28	부품	1	세트	
29	부품	1	세트	
30	부품	1	세트	
31	부품	1	세트	
32	부품	1	세트	
33	부품	1	세트	
34	부품	1	세트	
35	부품	1	세트	
36	부품	1	세트	
37	부품	1	세트	
38	부품	1	세트	
39	부품	1	세트	
40	부품	1	세트	
41	부품	1	세트	
42	부품	1	세트	
43	부품	1	세트	
44	부품	1	세트	
45	부품	1	세트	
46	부품	1	세트	
47	부품	1	세트	
48	부품	1	세트	
49	부품	1	세트	
50	부품	1	세트	
51	부품	1	세트	
52	부품	1	세트	
53	부품	1	세트	
54	부품	1	세트	
55	부품	1	세트	
56	부품	1	세트	
57	부품	1	세트	
58	부품	1	세트	
59	부품	1	세트	
60	부품	1	세트	
61	부품	1	세트	
62	부품	1	세트	
63	부품	1	세트	
64	부품	1	세트	
65	부품	1	세트	
66	부품	1	세트	
67	부품	1	세트	
68	부품	1	세트	
69	부품	1	세트	
70	부품	1	세트	
71	부품	1	세트	
72	부품	1	세트	
73	부품	1	세트	
74	부품	1	세트	
75	부품	1	세트	
76	부품	1	세트	
77	부품	1	세트	
78	부품	1	세트	
79	부품	1	세트	
80	부품	1	세트	
81	부품	1	세트	
82	부품	1	세트	
83	부품	1	세트	
84	부품	1	세트	
85	부품	1	세트	
86	부품	1	세트	
87	부품	1	세트	
88	부품	1	세트	
89	부품	1	세트	
90	부품	1	세트	
91	부품	1	세트	
92	부품	1	세트	
93	부품	1	세트	
94	부품	1	세트	
95	부품	1	세트	
96	부품	1	세트	
97	부품	1	세트	
98	부품	1	세트	
99	부품	1	세트	
100	부품	1	세트	



○ 외화수입보증금(선적대금) 적립 : '17.02.24

- 적립금액 : 운영원 → 농협 (USD 860,000.00(물자대의 25%+운임+보험료+설치비))
- 장비의 외자 구매로 인한 수입 신용장과 관련하여 수입보증금(선적대금) 적립 진행

[illegible][illegible][illegible]

□ 장비 설치, 시험운영 및 준공

○ 장비 설치 진행

No.	Task Name	Days	Start	Finish	2월							3월							4월						
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
1	Uncrating (Wooden Box 개봉)	3	2/27	3/1																					
2	Table System Installation	9	3/2	3/11																					
	Hydraulic distribution system																								
	Pressure test / flushing																								
	Set horizontal actuator blocks																								
	Install vertical actuators																								
	Install horizontal actuators																								
	Charge hydraulic distribution accumulators																								
	Set controller in position																								
	Install hyd dist & actuator control cables																								
	Get actuators and hyd dist operational																								
	Prepare to move the table into position																								
	Install table / accelerometers / cables																								
3	Controls Testing (Out by Table)	4	3/12	3/16																					
	Safety checks																								
	Range of motion checks																								
	System tuning checks - Bare																								
	Install mass on table																								
	System tuning checks with mass																								
4	Move table PC to control room	1	3/20	3/20																					
5	Integration of new STER III PC	3	3/20	3/22																					
6	Run table system with STER III	2	3/23	3/24																					
7	Demonstrate multi-table mode operation	2	3/25	3/27																					
8	Single table acceptance testing (using STER III)	4	3/28	3/31																					
9	Training (Korea team)	3	4/5	4/7																					
10	Integration of DAQ system	5	3/27	3/31																					
	총 예상 소요 일수	36	2/27	4/7																					

〈장비 설치 일정〉

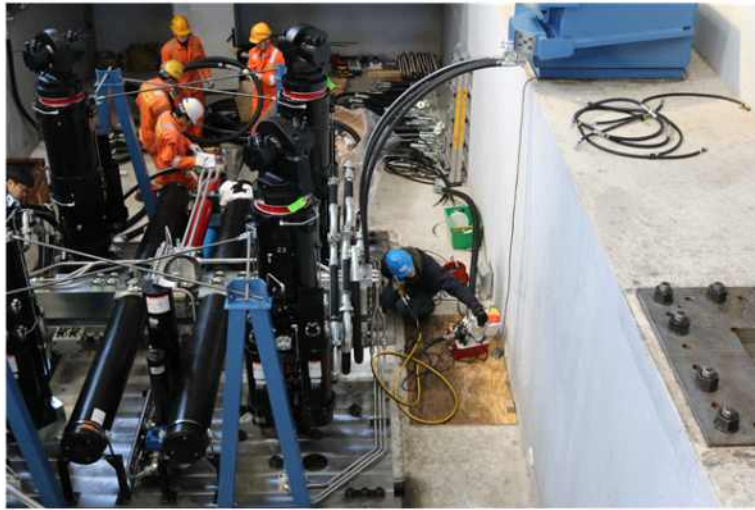
- Install vert act. and pressure testing/flushing

• 일시 : '17.02.27 ~ 03.03



- Install of the system hyd dist hoses for system interconnect

· 일시 : '17.03.06.



- Install the control accelerometers and cabling

· 일시 : '17.03.06



- Install horizontal actuator assemblies

• 일시 : '17.03.07



- Set up table controller for system

• 일시 : '17.03.10



- Install the table system and mount this to the actuators

• 일시 : '17.03.11



- Install control system and Tuning of table system

• 일시 : '17.03.13. ~ 03.17

• 작업내용 : Install STEX PC, Install control PC, Install DAQ PC, Table S system Tuning



〈STEX PC, Control PC, DAQ PC〉

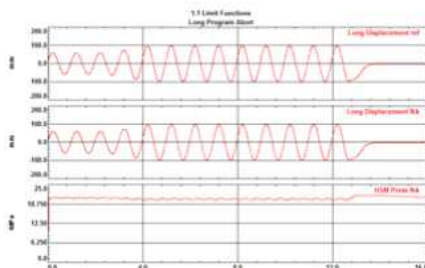


〈Tuning of table system〉

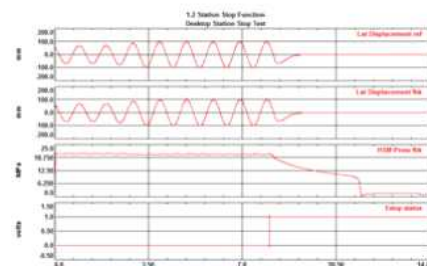
○ 장비 자체성능 검수

– Safety System Demonstrations

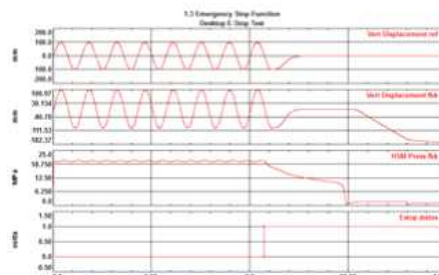
- Limit functions : Interlock 상황에 대한 정지 기능 확인
- Emergency stop condition : 비상정지기능 확인
- Station stop control : HSM off event에 대한 장비 정지 확인



〈Limit functions〉



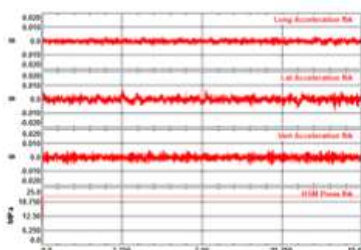
〈“station stop” control〉



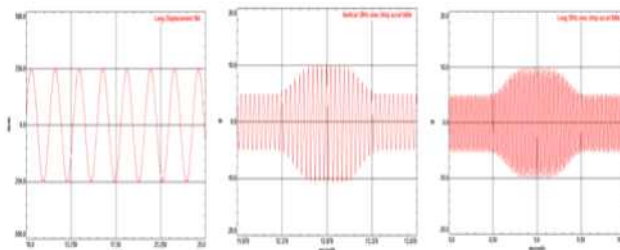
〈Emergency stop condition〉

– Bare Table Tests

- Acceleration level on the table with the hydraulics active: 가속도 요구성능 확인
- Bare table performance curve verification : 진동대 성능 곡선 확인
- 2m/s maximum velocity demonstration : 속도 요구성능 확인
- Displacement waveform distortion test (THD) : 변위 신호 컨트롤 확인



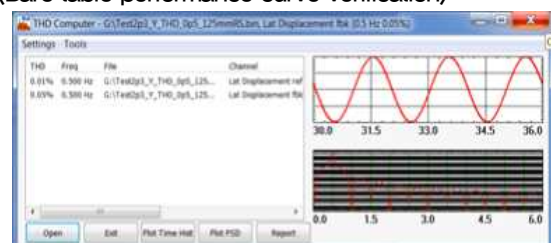
〈Acceleration level on the table〉



〈Bare table performance curve verification〉

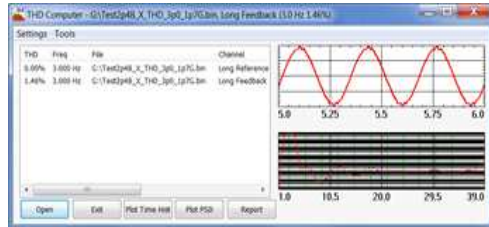


〈2m/s maximum velocity demonstration〉

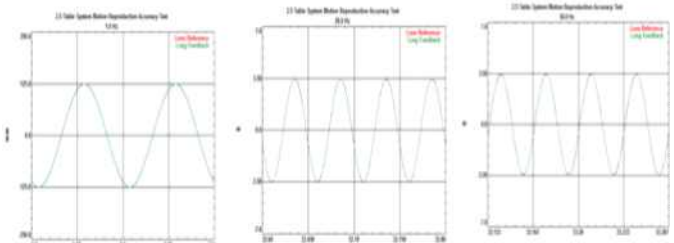


〈Displacement waveform distortion test (THD)〉

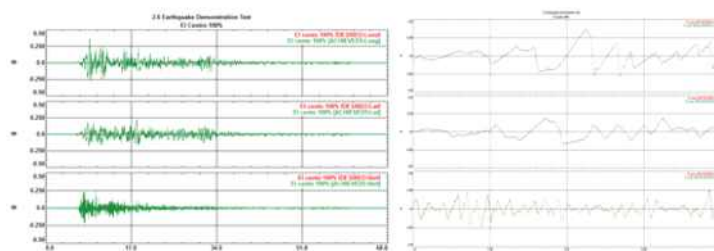
- Acceleration waveform distortion test (THD) : 가속도 신호 컨트롤 확인
- Table motion reproduction accuracy test : 진동대 컨트롤 신호 정확도 확인
- Earthquake demonstration test : 지진모사 시험
- Shock spectra demonstration test : Response Spectrum 시험



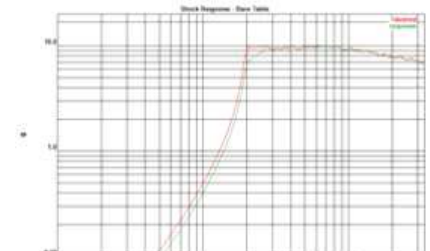
〈Acceleration waveform distortion test〉



〈Table motion reproduction accuracy test〉

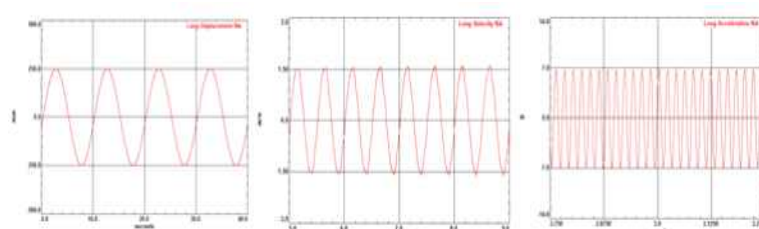


〈Earthquake demonstration test〉

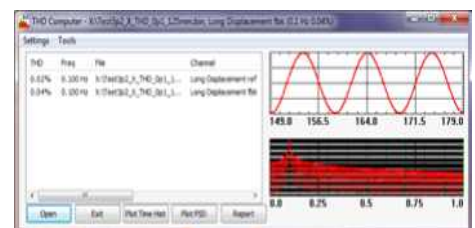


〈Shock spectra demonstration test〉

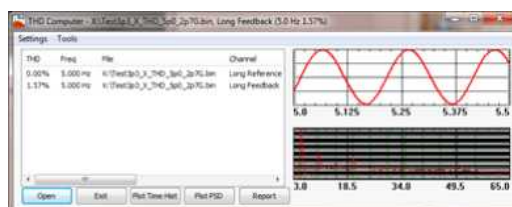
- Maximum Rigid Specimen(6 ton weight) Table Tests
 - Maximum load table performance curve verification : 최대하중에 대한 진동대 성능 확인
 - Maximum load displacement waveform distortion test (THD) : 최대 변위 신호 확인
 - Maximum load acceleration waveform distortion test (THD) : 최대 가속도 신호 확인
 - Earthquake demonstration test with maximum mass : 지진모사 시험
 - Shock spectra demonstration test with maximum mass : Response Spectrum 시험



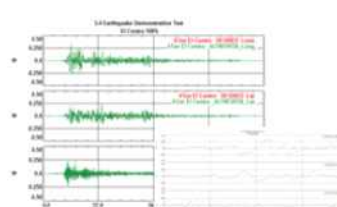
〈Maximum load table performance curve verification〉



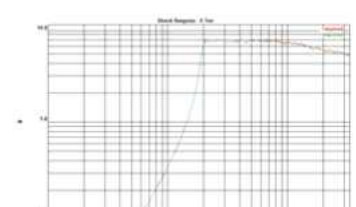
〈Maximum load displacement waveform distortion test〉



〈Maximum load acceleration waveform distortion test〉



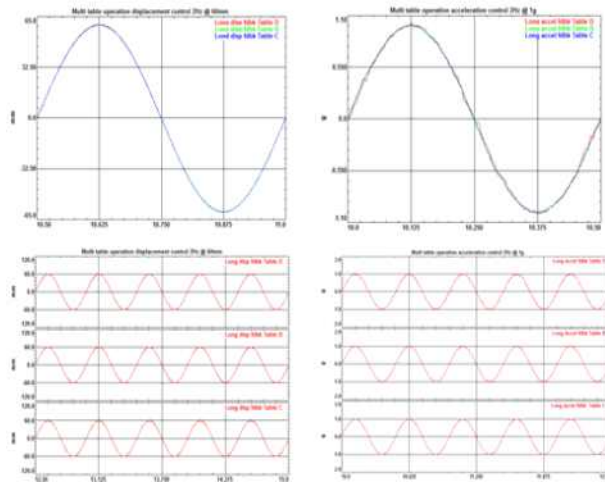
〈Earthquake demonstration test〉



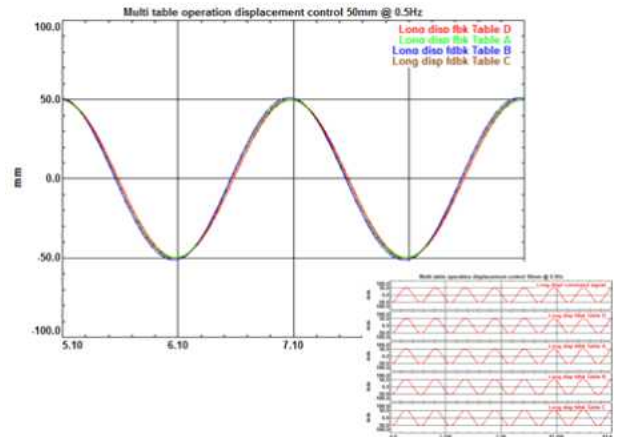
〈Shock spectra demonstration test〉

- Multiple Table System Tests

- Bare table tests : Multi-table operation demonstration (3 table motion) : 진동대 3기 동시 컨트롤(A,B,C)
- Bare table tests : Multi-table operation demonstration (4 table motion) : 진동대 4기 동시 컨트롤(A,B,C,S)



[Multi-table operation demonstration [3 table motion]]



[Multi-table operation demonstration (4 table motion)]

○ 장비 사용 교육 ('17.06.22 ~ 07.27) : STEX Pro 교육 등

- 강사 : 유중근 (MTS Korea)
- 참가자(센터 장비 담당) : 강득형, 서영득, 김민욱 (지진방재실험센터)

○ 장비 검수 및 잔금 지급

- 장비 최종 검수 : '17.06.15

- 검수 장소 : 부산대학교 지진방재센터
- 참석자

분야	성명	소속	직급/직책	비 고
검수위원 (2)	김영중	한국기계연구원	센터장	-
	김민규	한국원자력연구원	박사	-
업체 (6)	장진상	MTS Korea	부장	-
	강천구	MTS Korea	부장	
	김강민	MTS Korea	과장	
	Marty Halvorson	MTS Systems Corp.		-
	Dale Maue	MTS Systems Corp.		
	Ryan Helminen	MTS Systems Corp.		
과제 추진 실무진 (5)	김성덕	국토교통연구인프라운영원	팀장	-
	정진환	지진방재연구센터	센터장	-
	김재봉	지진방재연구센터	수석연구원	-
	최형석	지진방재연구센터	책임연구원	-
	전법규	지진방재연구센터	책임연구원	-

· 검수 내용

- 고성능 6자유도 진동대 시스템 확인
 - 고성능 6자유도 진동대 장비 설치 상태 확인
 - 진동대 설치 현황 확인
 - 데이터 수집 장비 및 컨트롤 장비 확인
 - Check list 확인
- SAT 보고서 검토
 - Site Acceptance Test (SAT) 보고서 검토
- 고성능 6자유도 진동대 시연
 - 정현파 스윕 시험(Sine sweep test)
 - 기록지진파 가진
 - 인공지진파 가진

· 검수 결과

〈장비 검수 항목 및 결과〉

검수항목	세부내용	확인내용
장비 공급 범위	○ 고성능 6자유도 진동대 장비 설치 상태 확인 - 진동대 설치 현황 확인 · Hard line Installation · Shake table Installation ① Seismic table ② Actuator Mounting Block ③ Actuators ④ Controller - 데이터 수집 장비 및 컨트롤 장비 확인 · STEX PC, Control PC, DAQ PC - Check list 확인	이상없음
SAT 보고서 (현장적용 시험보고서)	○ Site Acceptance Test (SAT) 보고서 검토 - Safety System Demonstrations - Bare table tests - Maximum Rigid Specimen table tests - Multiple Table System Tests	이상없음
장비시연	○ 정현파 스윕 시험(Sine sweep test) - 가속도 레벨 4.0 g 수준의 정현파 스윕 시험 - 주파수 범위 7.00 Hz 에서 50.00 Hz - 2 oct./min - 수평 2방향 수직 1방향에 대하여 각각 가진 ○ 기록지진파 가진 - 기록 지진파 (El centro, Kobe) - 수평 2방향 수직 1방향에 대한 동시가진 ○ 인공지진파 가진 - 진동대를 이용한 비구조요소의 내진성능 검증방법인 ICC-ES의 AC 156의 요구응답스펙트럼을 만족하는 인공지진파 작성	이상없음

〈장비 구성내역 (구매 요청서 대비 품목 검수 결과)〉

[illegible]

3	설치 및 교육			
	설치 후 시스템 시운전	설치 후 검수 시운전 제공 - 2017.06.15 장비 검수 - High-level amplitude single-axis sinusoidal sweeping test - Recorded earthquake test - Generated artificial earthquake (Shock Response Spectra) test	완료	OK
	매뉴얼 및 도면	E-manual, Drawings	1 CD	OK
	예비부품	1년 유지보수 소모품 - Horizontal Actuator Seal Kit - 1 set - Vertical Actuator Seal Kit - 1 set - Digital Universal Conditioner - 1 EA - Valve Driver Card - 1 EA - Digital I/O Carrier - 1 EA	1 1 1 1 1	OK
	무상 보증 수리	1년 무상		OK
	현장 교육	검수 후5일	완료	OK

〈장비 목표성능 대비 성능검수 결과 비교〉

구 분	항 목	목표 성능	실제 성능	만족 여부
6자유도 고속 진동대	유압펌프 및 배관설비	• 150GPM 이상의 HPU • 기존 배관에 Flexible 호스 연결시공 • 기존 펌프냉각장치 이용	• 150GPM 이상의 HPU • 기존 배관에 Flexible 호스 연결시공 • 기존 펌프냉각장치 이용	OK
	고성능 진동대	• 테이블 면적 : 25m×25m 이상 • 용량 : 6tonf payload 이상 • 가속도 : 10g 이상(6tonf payload 상태에서 7g 이상)	• 테이블 면적 : 25m×25m 이상 • 용량 : 6tonf payload 이상 • 가속도 : 10g 이상(6tonf payload 상태에서 7g 이상)	OK
	Controller & Software	• Controller and software 등 • Data acquisition 포함	• Controller and software 등 • Data acquisition 포함	OK

- 장비 납품 완료 보고 및 잔금 요청 및 지급
 - 납품완료 및 잔금 요청(업체→운영원)
 - 조달청 무하자인수 통보 완료 : '17.07.21
 - 장비 검수완료 확인 요청 회신



METS Korea Inc.
 464-1, Gyeongju-daero, 200, Pangseong-e, Binsong-gu, Gyeongsang-do, Gyeongju 780
 Tel: 053-940-1100 Fax: 053-940-1101

출사처명 : MFKS 20170121

출 사 연 : 국회사무총기국사무관출발장

출 조 : 서울관리실 담당자

항 목 : 출사 결산 서류 확인 요청의 회 (신발장 계약) KFKS-KSA-0015120000 FD

2017년 7월 21일

1. 귀 회계 및 청산 업무 진행사항을 기함하오니, 하오.

2. 귀 회계 사무처 "귀회계 사무처에 신청된" 장부의 일조 및 청 산 업무 완료 후 잔수 시정 및 세무처 기록을 관료에게 지급, 회계 관수후 대한 확인을 요청하오니, 조봉봉을 통한 회계 기록을 발송하오. 한달을 주 도록 회계업무가 주시게 하오(가)

— 회 계 —

1) 조봉봉 계약 번호 : KFKS-KSA-0111240001 FD (2015년 7월 20일)

2) 신청장 번호 : MSA04H100000452

3) 출사 결산 업무 진행 상황

가. 출사 결산 : 2015년 12월 20일 출사 조세 부산(세무처)에 납부함

나. 출사 결산 완료 일자 : 2015년 12월 21일

다. 출사 결산 일자 : 2017년 7월 21일

라. 출사 결산 완료 일자 : 2017년 7월 21일

참조 : 2. 잔수 및 납부 완료 보고서, 3. 조
 봉봉 2 Final Accounting Certificate, 3부, 2부

귀 회계 사무처에 대해 기함 하오

METS Korea Inc.
 464-1, Gyeongju-daero, 200, Pangseong-e, Binsong-gu, Gyeongsang-do, Gyeongju 780
 Tel: 053-940-1100 Fax: 053-940-1101

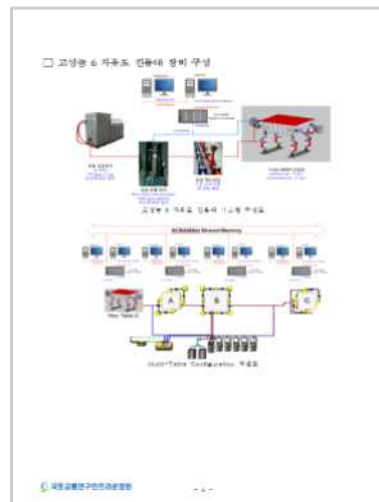


[illegible][illegible]

○ 장비 납품 및 구축 보고서 작성

- 장비 구축 보고서 내용

- 구축된 장비 내역, 사양, 구축현황
- 시스템 동작 확인, 장비 자체성능 실험(data 등), 장비 검수 내역
- 관련 기타 성적서



다. 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

■ 바람-흐름 발생장치 장비는 3차년도에 장비 업체 선정, 제작 착수, 검수, 구축에 대한 연구를 진행하였으며, 향후 공동활용 방안 수립

□ 장비 업체 선정

○ 입찰 공고 개시

- 조달방법 : 조달청 나라장터
- 계약방법 : 협상에 의한 계약(기술능력검토 중요)
- 입찰공고 개시
 - 개시일시 : '16.04.27.
 - 개찰일시 : '16.06.10. 15:00(마감)
- 개찰결과 : 3개 업체 등록
 - 등록업체 : **과학(주), (주)대명엔지니어링, (주)****테크
- 기술제안서 평가 및 결과 제출
 - 기술제안 평가일시 : '16.06.17

◦ 평가방법

① 사전검토

- (평가위원회) 평가 당일 평가서류에 대해 사전검토 실시

② 평가위원회 평가

- (입찰자 발표) 입찰자가 기술제안에 대해 발표하고, 평가위원회 질의사항에 대해 답변 실시
- (위원별 평가서 작성) 입찰자 발표와 평가위원회 질의·응답 후, 평가서류 및 발표내용 등을 종합하여 평가위원별 평가서 작성
- (종합결과서 작성) 평가위원회 차원의 종합결과서 작성



◦ 평가결과

① 평가결과 총괄표

입찰 기관	위원별 평가결과(100점 기준)										중위평균	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	100점 기준	80점 기준
1	90.5	89.5	93.5	88.5	85.5	92.5	90.5	91.5	93.5	94.5	91.25	73.0
2	92.5	90.5	88.5	92.5	90.5	88.5	87.5	89.5	86.5	88.5	89.50	71.6
3	89.5	87.5	73.5	91.5	90.5	89.5	86.5	86.5	88.5	83.5	87.75	70.20

② 종합의견

- (1사)는 장비 내용에 대한 이해도는 낮으나, 회사의 규모, 품질관리 시스템, A/S에 대한 신뢰도 등에서 종합적으로 가장 우수하지만, 시설에 대한 이해도가 낮은 관계로 평가시 제시된 각종 의견을 충실히 반영하도록 하여야 함

- 조달청 가격평가후 종합결과, 협상대상자 통지 및 협상 실시

- 협상대상자 통지('16.06.21) : 1순위((주)대명엔지니어링), 2순위((주)****테크), 3순위(**과학(주))
- 협상결과 제출('15.07.08)

◦ 주요 협상 내용

- 2,3차원 조파수조 바람-흐름 발생장치 성능 검증을 위해 최초 제시한 거리 보다 전문가 들이 제시한 3m 이상 지점에서 성능 검증 진행
- 고장 빈도가 높은 예비 부품 리스트를 매뉴얼에 제시하고 예산 범위내에서 최대한 제공
- 도입 장비가 기존 시설의 운영에 지장이 없도록 진동을 최소화 하며, 장비 미활용시 철거 및 보관이 용이 하도록 제작 및 설치

- 계약체결 통보

- 조달청 계약 체결완료('16.07.12)
- 계약금액 : 1,800,000,000원
- 계약방법 : 협상에 의한 계약

○ 장비별 제작 착수

- 착수 및 디자인 리뷰
- 착수회의 : '16.08.18
- 기술협상 결과 재검토를 통해 구축 시 효율적인 실험장비 활용 방안 마련
- Overall Schedule 검토, Project 진행 상황 보고 및 질의 사항 협의



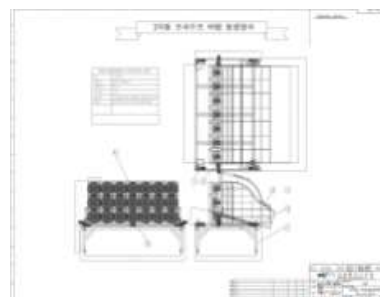
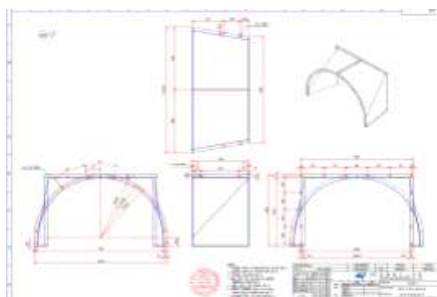
〈착수 회의 자료 및 전경〉

□ 장비 설계 및 제작

○ 설계 및 제작 현황 점검('16.11.02. ~ ' 17.02.04.)

- 2,3차원 바람-흐름 발생장치 세부 항목 스케줄에 따른 진행 사항 점검 진행
- 세부장비의 유동해석(임펠러)후 형상 설계 검토
- Duct 사양 변경, 바람발생장치 높이 및 각도 조절, Weir추가 등 사양 및 설계변경 사항 발생

2차원, 3차원 조파수조 바람발생장치 및 흐름발생장치 진행 상황		
구분	설계/제작	비고
1. 2차원 조파수조 바람발생장치		
Wind Fan	20%	유동해석 결과
Wind Fan (2D)	제작/제작	제작/제작
Wind Fan (3D)	제작/제작	제작/제작
Wind Fan (4D)	제작/제작	제작/제작
Wind Fan (5D)	제작/제작	제작/제작
2. 3차원 조파수조 바람발생장치		
Wind Fan	20%	유동해석 결과
Wind Fan (3D)	제작/제작	제작/제작
Wind Fan (4D)	제작/제작	제작/제작
Wind Fan (5D)	제작/제작	제작/제작
3. 2차원 조파수조 흐름발생장치		
Flow Fan	20%	유동해석 결과
Flow Fan (2D)	제작/제작	제작/제작
Flow Fan (3D)	제작/제작	제작/제작
Flow Fan (4D)	제작/제작	제작/제작
Flow Fan (5D)	제작/제작	제작/제작
4. 3차원 조파수조 흐름발생장치		
Flow Fan	20%	유동해석 결과
Flow Fan (3D)	제작/제작	제작/제작
Flow Fan (4D)	제작/제작	제작/제작
Flow Fan (5D)	제작/제작	제작/제작



○ 장비 납기기한 연장 요청('17.02.09) 및 납기일 변경

- 사유 : 장비업체로부터 사양 및 설계변경 내용 반영을 위한 납기기한 연장 요청
- 납기일 변경 : '17.3.16. → ' 17.4.30.

1. 변경사유

항목	종류	사유변경내용	납품기한 차별 발생일	비고
Duct 사양 변경	2차원 흐름 발생장치	-기본설계도 기준으로 유동해석 결과 요구성능을 만족하지 못함 (임펠러 캐비테이션 발생) -임펠러 덕트 내경600mm→800mm로 변경함.	10일	
바람발생장치 높이 및 각도 조절 기능 추가	3차원 바람 발생장치	-기본사양 : 고정형 -높이 및 각도 조절 장치 추가 (발주처 요구사항 수용함) -원사 : 전동식	16일	
Weir 기능 추가	3차원 흐름 발생장치	-5대의 물자를 구동하면 수조의 시뮬 부의 수위를 만족하지 못할 것으로 판단 함. -시뮬 부 옆면에 Weir를 설치 수위를 상승시켜 요구 성능 수위까지 도달 하여 요구 성능 수위를 맞추기 위해 설치함. -수요기능 : Weir 차단용 철탑 축으로 선형하여 Weir 단면을 전동실린더의 힘 으로 개폐하여 수위를 조절 할 수 있는 기능.	20일	

2. 결론

변경 내용에 대하여 기존의 납기기를 준수기 위해 최선을 다하고 있으나, 설비의 품질을 만족시키기 위하여 상기 품목에 대한 기능의 추가와 설계가 변경이 되었으
며 이에 따라, 본 설비의 납품기한을 변경 요청합니다.

7/7

○ 장비 제작과정 모니터링 ('17.02. ~ '17.04)

- 장비 구축 공정 및 장비 성능 점검 방법 협의
- 장비 소프트웨어 구성 방법 및 전기공사 관련 내용 검토
- 장비 설치 일정 및 시운전, 검증 방법 협의

2 · 3차원 조파수조 바람 및 흐름발생장치 진행현황

공사명 : 2차원, 3차원 조파수조 바람발생장치 및 흐름발생장치

2017.05.24

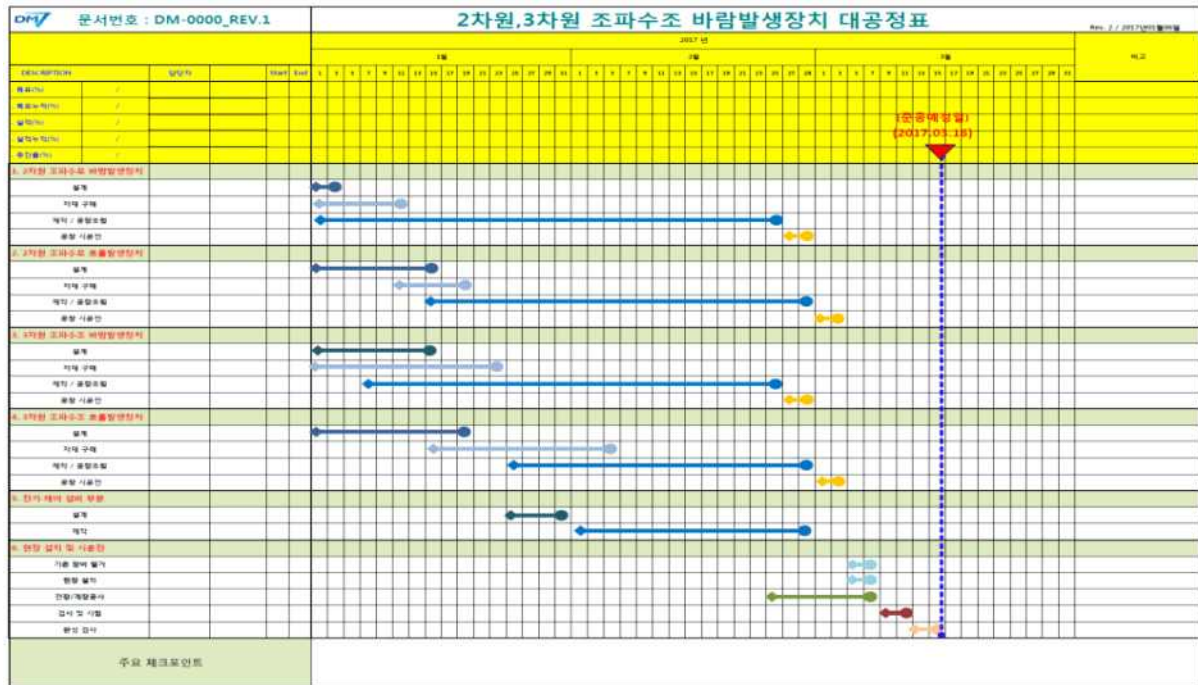
1. 진행상황 및 납품계획

항목	Assy No.	Commodity	전체 수량	입고 예정일	현장 설치 및 전기 결선	시운전	비고
2차원 조파수조 바람 발생 장치 (DM-1000)	DM-1010	AXIAL FAN	1SET	05월 30일	06월 11일	06월 15일	
	DM-1006	CANVAS	1SET				
	DM-1014	소음기	1SET	납품 완료			
	DM-1001	BELL MOUTH	1SET	납품 완료			
	DM-1012	CORNER VANE	1SET	납품 완료			
	DM-1003	수로덕트	24SET	납품 완료			
2차원 조파수조 흐름 발생 장치 (DM-2000)	DM-2100	AXIAL PUMP	2SET	06월 20일	06월 24일	06월 25일	
	DM-2101	DIFFUSER	4EA				
	DM-2401	정류장치	2EA	납품 완료			
3차원 조파수조 바람 발생 장치 (DM-3000)	DM-3000	AXIAL FAN	1SET	05월 30일	06월 11일	06월 15일	
3차원 조파수조 흐름 발생 장치 (DM-4000)	DM-4100	IMPELLER PUMP	5EA	05월 30일	06월 04일	06월 09일	센터 시험일정 관련 협의
	DM-4200	분리벽 및 접촉관 플랜지	5EA	납품 완료			
	DM-4102	DIFFUSER	5EA	납품 완료			
	DM-4300	정류장치	5EA	납품 완료			
	DM-4400	CORNER VANE BLOCK	6EA	납품 완료			

〈바람-흐름 발생장치 진행현황〉

□ 장비 설치, 시험운영 및 준공

○ 장비 설치 진행



〈 장비납품 및 설치〉

○ 3차원 바람-흐름 발생장치 입고 및 설치

- 장비 입고 및 품목검수 : '17.04.06 (3차원 흐름발생장치), '17.05.26 (3차원 바람발생장치),
- 장비 조립 및 설치 : '17.04.06 ~ 06.12 (3차원 흐름발생장치), ' 17.05.26 ~ 06.21 (3차원 바람발생장치)

〈3차원 바람-흐름 발생장치 품목 검수 결과〉

장비명	Assy No.	항목	전체 수량	Check 결과
3차원 조파수조 바람발생장치(DM-3000)	DM-3000	AXIAL FAN	1SET	OK
3차원 조파수조 흐름발생장치(DM-4000)	DM-4100	IMPELLER PUMP	5EA	OK
	DM-4200	분리벽 및 접속관 플랜지	5EA	OK
	DM-4102	DIFFUSER	5EA	OK
	DM-4300	정류장치	5EA	OK
	DM-4400	CORNER VANE BLOCK	6EA	OK



〈3차원 바람발생장치 반입〉



〈3차원 바람발생장치 조립〉



〈3차원 흐름발생장치 반입〉



- 장비 구축 및 성능검수 지연 사유

- 3차원 바람-흐름 발생장치의 설치는 완료 하였으나, 요구성능이 일부 미흡하여 하자보수 진행 중
- 제작사의 법정회생 관리 문제로 하자보수 진행이 원활히 진행되지 못하여, 장비성능에 대한 최종 검수는 현재 완료하지 못함
- 따라서, 주관연구기관 및 실험센터에서는 자체 하자보수를 진행 한 후 장비성능에 대한 최종 검수를 완료하고 그 결과를 전문기관에 별도 보고할 계획임

○ 2차원 바람-흐름 발생장치 입고 및 설치

- 장비 입고 및 품목검수 : '17.06.24
- 장비 설치 및 시험운영 : '17.06.24 ~ '17.07.05

〈2차원 바람-흐름 발생장치 품목 검수 결과〉

장비명	Assy No.	항목	전체 수량	Check 결과
2차원 조파수로 바람발생장치(DM-1000)	DM-1010	AXIAL FAN	1SET	OK
	DM-1006	CANVAS	1SET	OK
	DM-1014	소음기	1SET	OK
	DM-1001	BELL MOUTH	1SET	OK
	DM-1012	CORNER VANE	1SET	OK
	DM-1003	수로덕트	24SET	OK
2차원 조파수로 흐름발생장치(DM-2000)	DM-2100	AXIAL PUMP	2SET	OK
	DM-2101	DIFFUSER	4EA	OK
	DM-2401	정류장치	2EA	OK



〈2차원 바람발생장치 반입〉



〈2차원 바람발생장치 설치〉

〈2차원 흐름발생장치 반입〉



〈2차원 흐름발생장치 설치〉

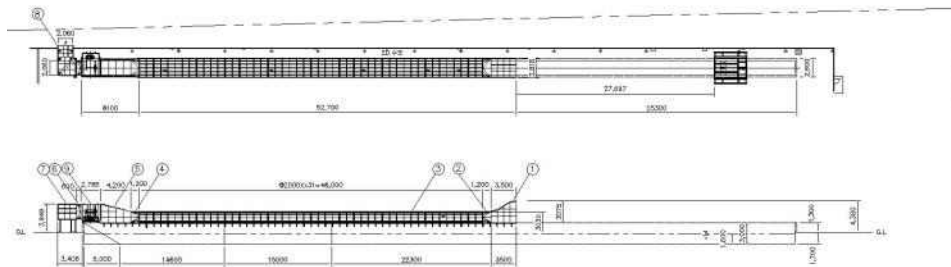
○ 2차원 바람-흐름 발생장치 자체 성능검수

- 2차원 바람-흐름 발생장치(바람발생장치: '18.02.05~'18.02.23, 흐름발생장치: '18.02.28~'18.03.06)

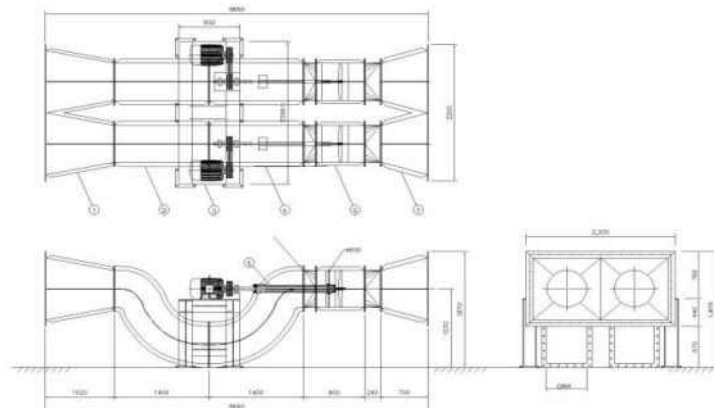
〈2차원 바람-흐름 발생장치 작동 여부〉

NO	구분	품명, 내용	수량	정상작동 여부	비고
1	2차원 조파수로 바람발생장치	AXIAL FAN	1	○	
		CANVAS	1	○	
		소음기	1	○	
		BELL MOUTH	1	○	
		CORNER VANE	1	○	
		수로덕트	24	○	
2	2차원 조파수로 호 름발생장치	AXIAL PUMP	2	○	
		DIFFUSER	4	○	
		정류장치	2	○	

· 시험 부분 : 2차원 평면조파수조의 유속흐름시스템(유속흐름, 유속 토출부에서의 유속분포 등)



〈2차원 단면조파수조 바람발생 시스템의 시험 부분〉



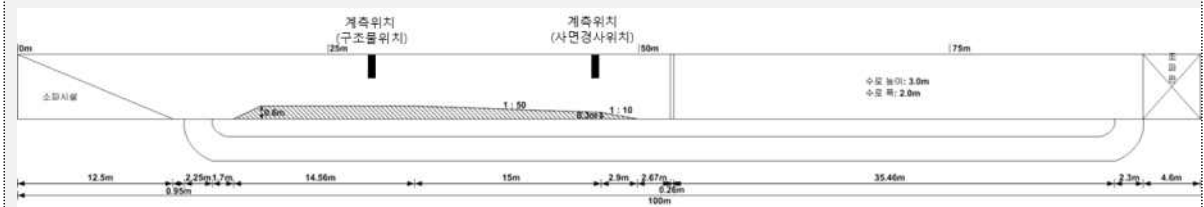
〈2차원 조파수조 흐름발생 시스템의 시험 부분〉

· 시험 방법 및 결과

○ 성능검수 조건

- 실험장비: 2차원 조파수로 I
 - 제원: 100m(L)×2.0m(W)×3.0m(H)
- 위치: 2개소
 - 구조물 위치, 사면경사 위치
- 수심: 3개
 - 1.0m, 1.5m, 2.0m
- 풍속: 5개
 - 0.2m/s, 0.4m/s, 0.6m/s, 0.8m/s, 1.0m/s

-수로 형상



① 2차원 바람발생장치 수위별 평균 풍속 및 평균편차 결과 분석

- 수심: 1.0m



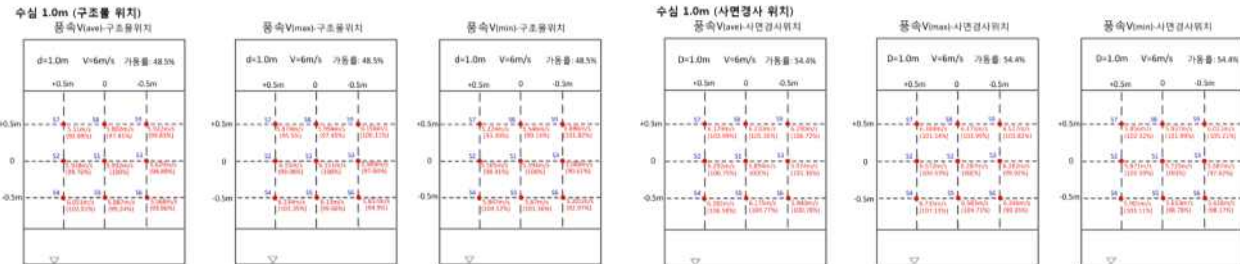
〈풍속 2.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 2.0m/s_사면경사 위치〉



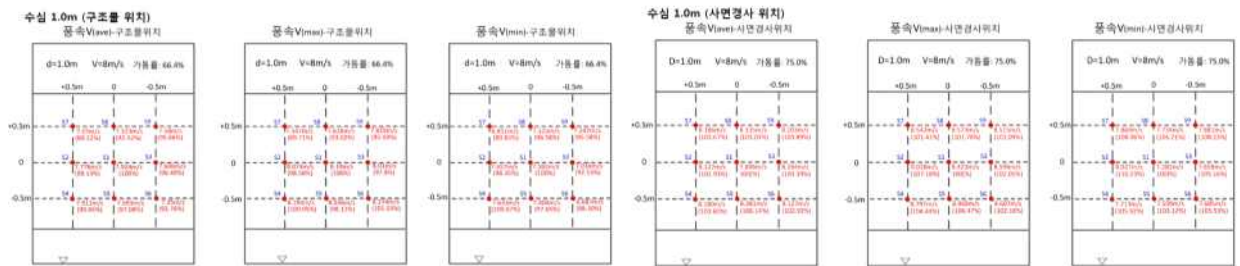
〈풍속 4.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 4.0m/s_사면경사 위치〉



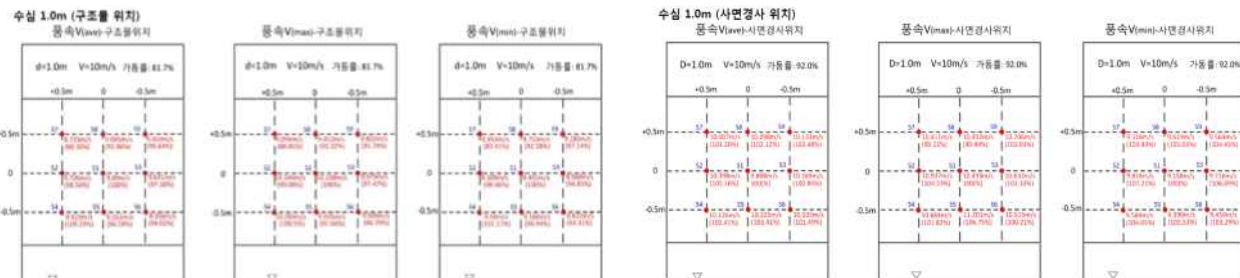
〈풍속 6.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 6.0m/s_사면경사 위치〉



〈풍속 8.0m/s_구조물 위치〉

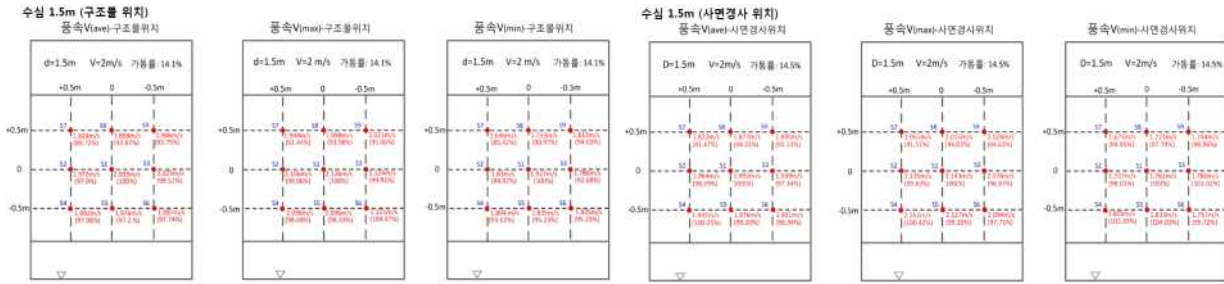
〈풍속 8.0m/s_사면경사 위치〉



〈풍속 10.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 10.0m/s_사면경사 위치〉

• 수심: 1.5m



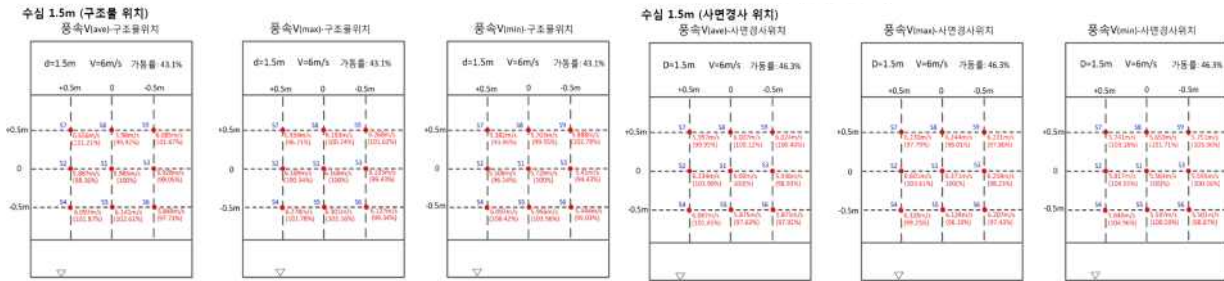
〈풍속 2.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 2.0m/s_사면경사 위치〉



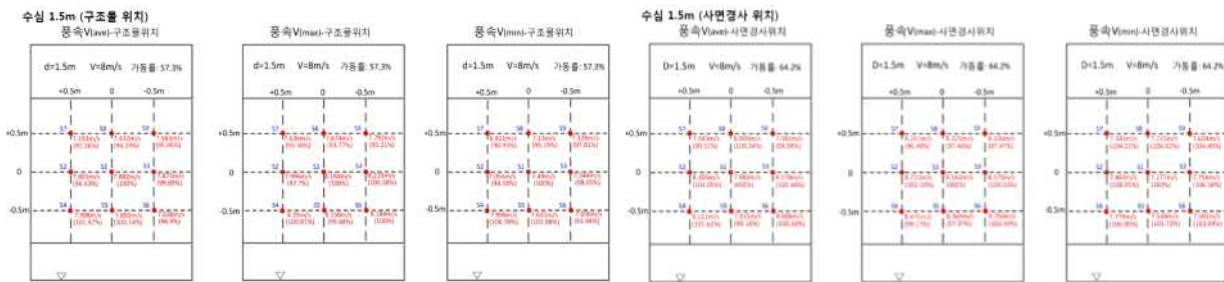
〈풍속 4.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 4.0m/s_사면경사 위치〉



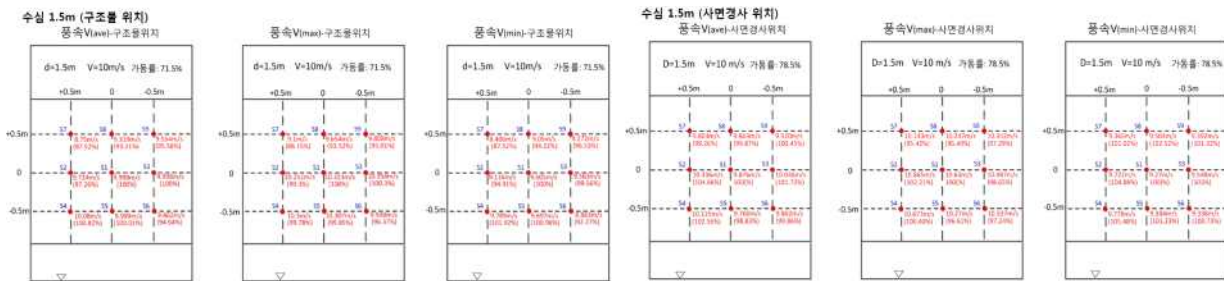
〈풍속 6.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 6.0m/s_사면경사 위치〉



〈풍속 8.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 8.0m/s_사면경사 위치〉



〈풍속 10.0m/s_구조물 위치〉

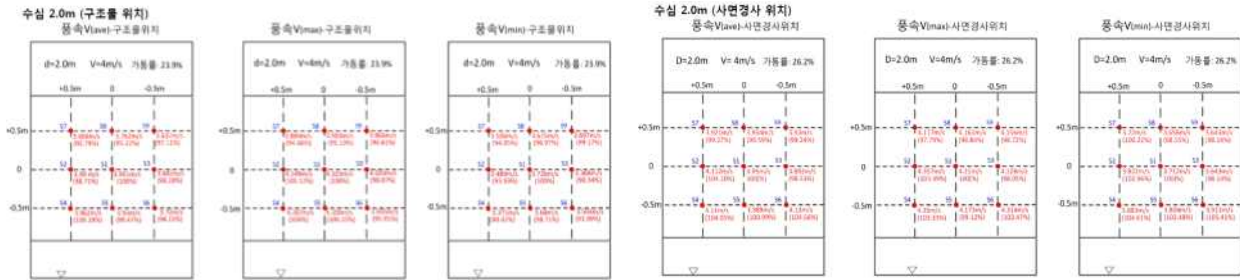
〈풍속 10.0m/s_사면경사 위치〉

- 수심: 2.0m



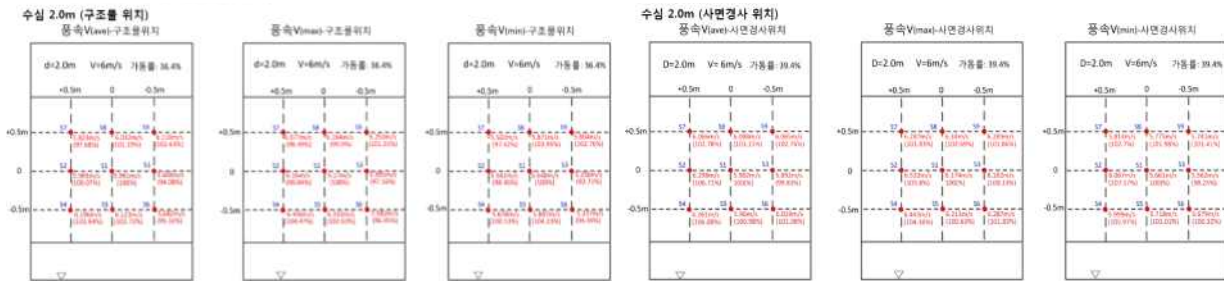
〈풍속 2.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 2.0m/s_사면경사 위치〉



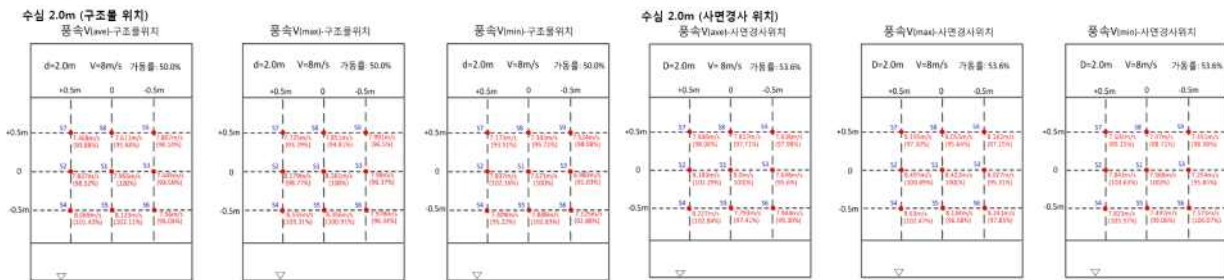
〈풍속 4.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 4.0m/s_사면경사 위치〉



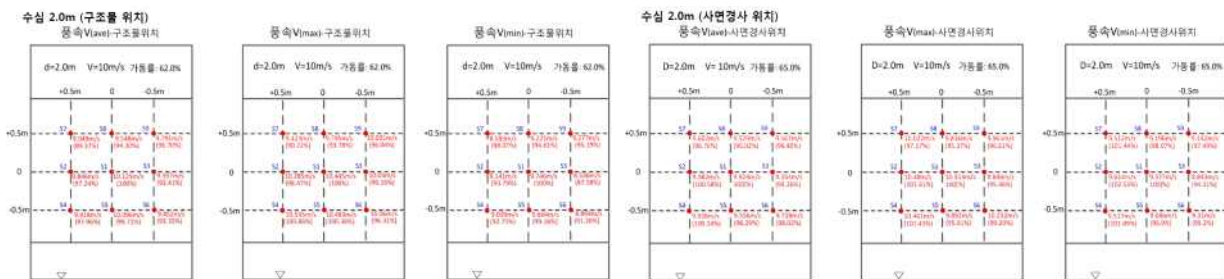
〈풍속 6.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 6.0m/s_사면경사 위치〉



〈풍속 8.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 8.0m/s_사면경사 위치〉



〈풍속 10.0m/s_구조물 위치〉

〈풍속 10.0m/s_사면경사 위치〉

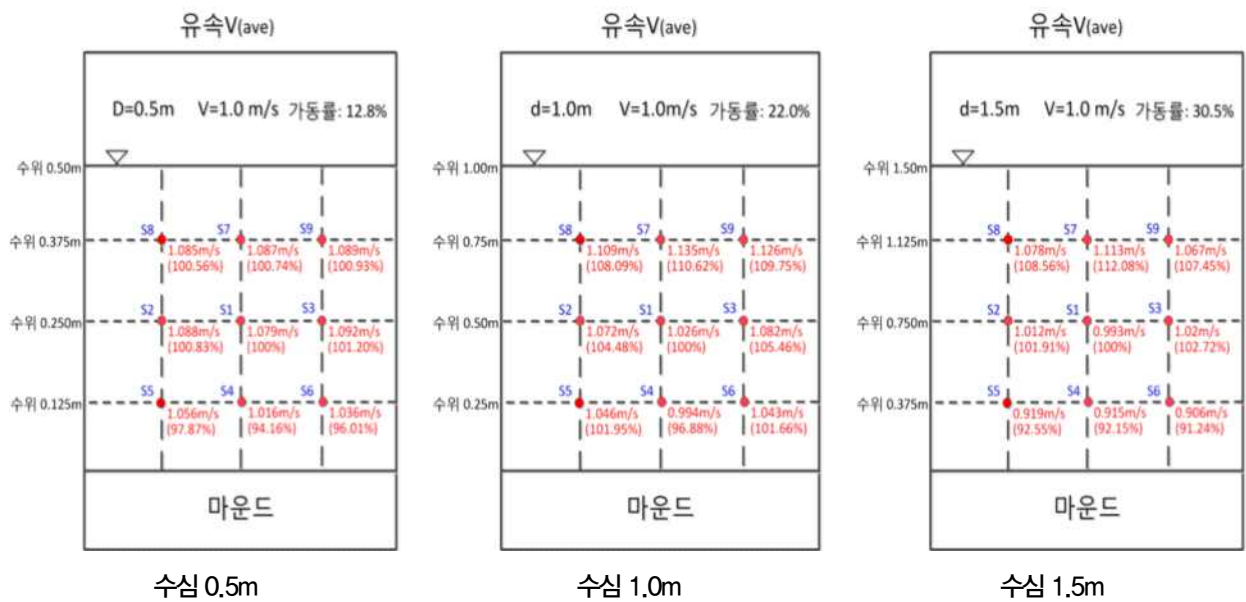
· 성능검수 전경

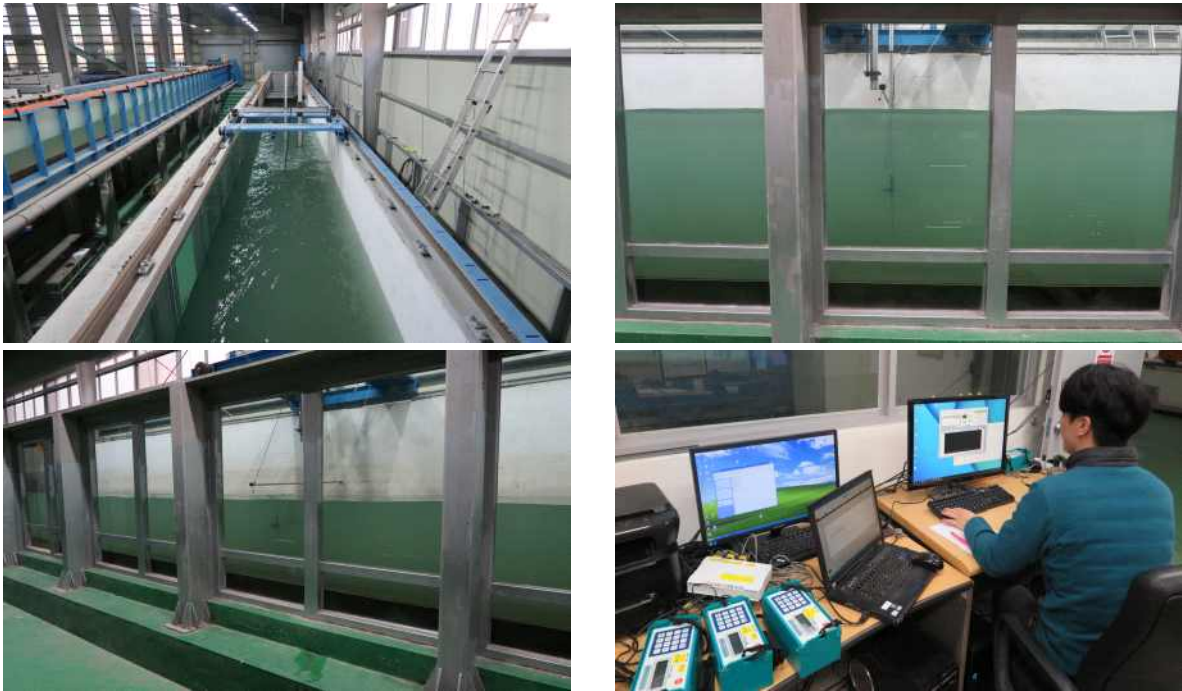


〈성능검수 전경〉

② 2차원 흐름발생장치 수위별 평균 풍속 및 평균편차 결과 분석

◦ 구조물 위치에서 수심별 결과 분석





〈성능검수 전경〉

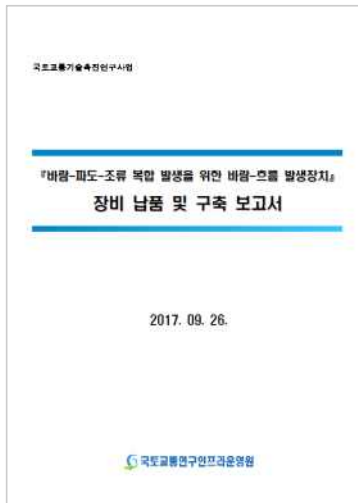
〈장비 목표성능 대비 성능검수 결과 비교 (2차원 바람-흐름 발생장치)〉

구 분	항 목	목표 성능	실제 성능	만족 여부
2차원 단면 수로	조파기	• 기존 설비 활용	• 기존 설비 활용	OK
	바람발생 장치	• 실험구간(30m 기준)에서 풍속 10m/s 이상 • 정속성 확보 및 변동풍 재현 가능	• 실험구간(30m 기준)에서 풍속 10m/s 이상 재현 • 정속성 확보 및 변동풍 재현 가능	OK
	흐름발생 장치	• 유속 1m/s 이상(정류성 확보) 변동폭 $\pm 10\%$ 이내 • 유속의 시간적 변화가 가능한 변동류 재현(조석 효과)	• 유속 1m/s 이상(정류성 확보) 변동폭 $\pm 9\%$ 이내 • 유속의 시간적 변화가 가능한 변동류 재현(조석 효과)	OK

○ 장비 납품 및 구축 보고서 작성

- 장비 구축 보고서 내용

- 구축된 장비 내역, 사양, 구축현황
- 시스템 동작 확인, 장비 자체성능 실험(data 등), 장비 검수 내역
- 관련 기타 성적서



라. 3종 장비 공동활용 및 운영방안

□ 기존 1단계 건설연구인프라 실험시설에 편입 및 공동활용 방안 제시

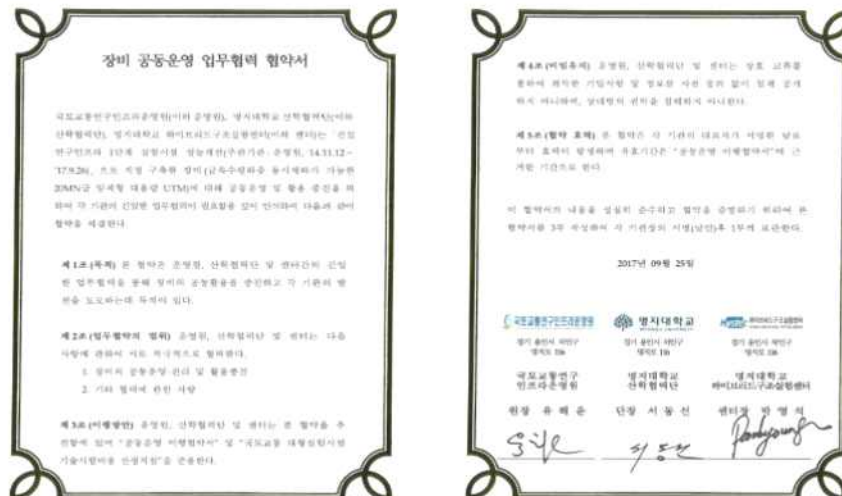
○ 공동운영 협약 체결

- 목 적 : 전담관리기관-구축기관(산학협력단 및 실험센터)간의 긴밀한 업무협력을 통해 장비의 공동활용을 증진하고 각 기관의 발전을 도모
- 범 위 : 장비의 공동운영 · 관리 및 활용증진, 기타 협력에 관한 사항
- 이행방안 : 「공동운영 이행협약서」, 「국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침」을 준용하여 공동운영 협약

① 20MN급 일체형 대용량 UTM

- 공동운영 협약 체결

- 국토교통연구인프라운영원-명지대학교 산학협력단-하이브리드구조실험센터 체결 : '17.9.25



〈하이브리드구조실험센터 공동운영 협약서〉

② 10g급 6자유도 진동대

- 공동운영 협약 체결

- 국토교통연구인프라운영원-부산대학교 산학협력단-지진방재연구센터 체결 : '17.7.21



〈지진방재연구센터 공동운영 협약서〉

③ 2, 3차원 바람-흐름 발생장치

- 공동운영 협약 체결

- 국토교통연구인프라운영원-전남대학교 산학협력단-해안항만실험센터 체결 : '17.9.25



〈해안항만실험센터 공동운영 협약서〉

○ 소유권 이전(운영원 → 유치기관) 및 전담관리기관·NTIS 장비 등록

① 20MN급 일체형 대용량 UTM

- 공동활용 및 운영관리 협조 요청('17.09.21) 및 NTIS 등록
- 명지대학교 산학협력단에 소유권 안내, 공동활용 및 운영관리 요청
- NTIS 장비 등록 : 2개 장비 등록 완료

구 분	내 용	관련 사진
장비명	20MN 동적만능재료시험시스템	
시설장비등록번호	NFEC-2017-11-240617	
취득일자	2017.09.25	
제작사명/모델명	Mts Systems/31181S	
사용용도	시험	
활용상태	활용	
활용범위	공동활용서비스	
표준분류	물리적측정장비 > 힘/토크/압력/진공측정장비 > 달리 분류되지 않는 힘/토크/압력/진공측정장비	
설치장소	경기 용인	

구 분	내 용	관련 사진
장비명	오버헤드크레인(200kN)	
시설장비등록번호	NFEC-2017-11-240625	
취득일자	2017.09.25	
제작사명/모델명	반도중부기계 /BDCM-20-7350	
활용상태	활용	
활용범위	공동활용서비스	
표준분류	기계가공/시험장비 > 자동화/이송장비 > 오버헤드크레인	
설치장소	경기 용인	

- 전담관리기관(국토교통연구인프라운영원) 연구시설 · 장비 등록 및 홍보

만능재료시험기 (Universal Testing Machine)

- 모든 재료 및 완성부품의 강도를 측정할 수 있어 재료물성시험에 가장 기본적으로 사용되며, 용역·변형을 곡선을 통해 재료의 기계적특성을 알아내는 장비
- 대용량, 대변위, 고속·저속, 다중, 다목적 구조시험

20,000kN 등속 만능재료시험기 (5,000kN Dynamic UTM)

Max. Capacity(kN)	Force	±2000kN/ 11200kN	Stroke	750mm
Testing Space		1500(kN)~5000(kN)~5000(kN)		
Hydraulic Pressure		3000 psi, 72kg/cm ²		
Actuator		Tension/Compression, 3 stage servohydraulic		
Max. Rate of Stroke		10mm/sec		



〈하이브리드구조실험센터 신규 구축 장비 홍보 자료〉

② 10g급 6자유도 진동대

- 공동활용 및 운영관리 협조 요청('17.08.17) 및 NTIS 등록
- 부산대학교 산학협력단에 소유권 안내, 공동활용 및 운영관리 요청
- NTIS 장비 등록 : 1개 장비 등록 완료

구 분	내 용	관련 사진
장비명	고성능 10g급 6자유도 진동대 시스템	 
시설장비등록번호	NFEC-2017-08-239302	
취득일자	2017.07.21	
제작사명/모델명	엠티에스코리아(주)	
활용상태	활용	
활용범위	공동활용서비스	
표준분류	기계가공/시험장비 > 재료물성시험장비 > 진동 내구시험장비	
설치장소	부산	

· 전담관리기관(국토교통연구인프라운영원) 연구시설·장비 등록 및 홍보

진동대				
Table A/B (3DOF Shaking Table)				
DOF 지진파를 따른, 동요의 위상 및 크기에 따라 이동해줄 수 있는 진동대로 대부분 위상을 갖는 지진파의 모사성을 위한 내진설계 연구, 실험에 주로 응용되는 제품				
Table C (6 DOF Shaking Table)				
기복 지진파 특성을 재현할 수 있는 장비로 실장이 큰 실험장비에 대한 내진설계 및 실험에 주로 응용되는 제품				
Table S (6 DOF Shaking Table)				
건축물 내진성 평가에 필요한 크레크, 크레인 및 적재수준에 따른 지진, 건물 내진성 평가에 필요한 크레인 구조에 대한 내진성 평가를 실험에 주로 응용되는 장비로 6DOF 6자유도 진동대				
				
이동식 3DOF 진동대 (Table A/B)	고정식 6DOF 진동대 (Table C)	고정식 6DOF 고정형 진동대 (Table S)	고정식 6DOF 고정형 진동대 (Table S)	

〈지진방재연구센터 신규 구축 장비 홍보 자료〉

③ 2, 3차원 조파수로 바람-흐름 발생장치

- 공동활용 및 운영관리 협조 요청('17.09.19) 및 NTIS 등록
- 전남대 산학협력단에 소유권 안내, 공동활용 및 운영관리 요청

[illegible][illegible]

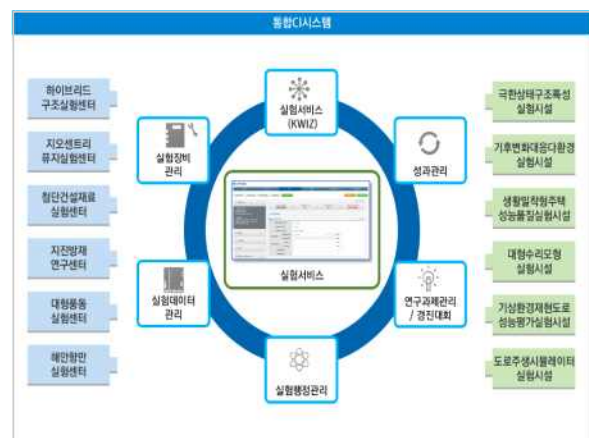
- NTIS 장비 등록 : 1개 장비 등록 완료

구 분	내 용	관련 사진
장비명	2,3차원 조파수조 바람발생장치 및 흐름발생장치	
시설장비등록번호	NFEC-2018-02-242438	
취득일자	2017.09.25	
제작사명/모델명	대명엔지니어링/DM-1000	
활용상태	활용	
활용범위	공동활용서비스	
표준분류	기계가공/시험장비 > 열유체장비 > 유체발생장비	
설치장소	전라남도 여수	

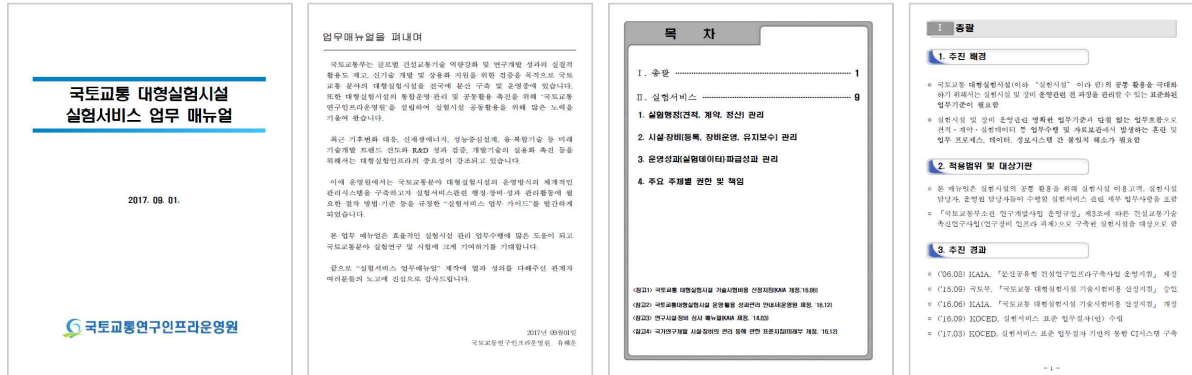
○ “국토교통 대형 실험시설·연구장비 공동활용 시스템” 연계를 통한 구축장비의 공동활용 촉진 및 실험데이터 공유(기존 실험센터의 운영시스템과의 연계)

- 수요자 중심의 시설·장비 정보 제공, 실험 수행, 결과 데이터 관리 등 One-stop 서비스 지원 확대
- 기존 실험센터의 운영시스템인 “통합 CI시스템(Cyber Infrastructure System) 기반 업무 프로세스”를 적용하여, 기존의 연구시설·장비와 동일하게 운영 및 관리될 수 있도록 함
- 프로세스로는 행정, 장비, 성과 관리로 관리
- 행정은 견적, 의뢰, 계약, 청구, 정산, 실험마감 단계로 관리
- 장비는 도입, 등록, 운영 및 유지, 처분의 단계로 관리
- 성과는 운영원내 성과관리에 따라 조사 및 통계를 통해 관리

- 개요 : 국토교통 대형 실험시설·장비를 수요자·이용자가 보다 쉽고 편리하게 이용할 수 있도록 지원하고 실험후 데이터 관리까지 가능한 공동활용 지원 시스템
- 이용방법 : 전국 분산구축된 국토교통 대형실험시설을 초고속 통신망 연계를 통한 원격실험 관찰 가능



- 전담관리기관의 “국토교통 대형실험시설 실험서비스 업무 매뉴얼(‘17.09, 국토교통연구인프라운영원)”과 연계하여 각 실험센터별 신규장비 운영·관리자가 시설·장비의 등록, 장비운영, 유지보수 등 업무 가이드라인을 제공받음에 따라 효율적인 장비 운영·관리가 될 수 있도록 함



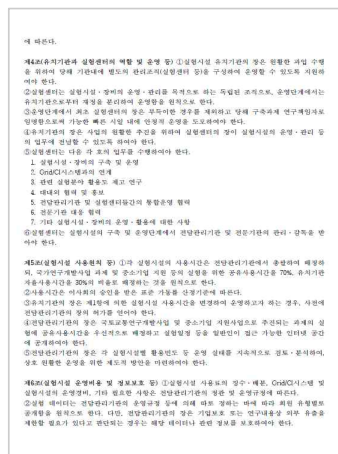
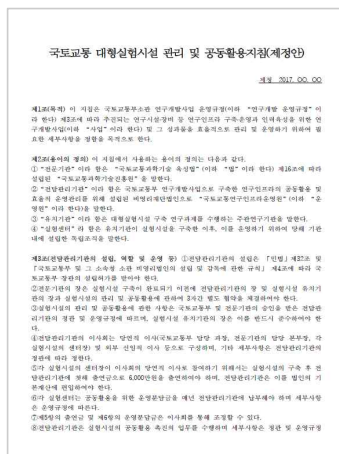
〈국토교통 대형실험시설 실험서비스 업무 매뉴얼〉

□ 구축 대상 장비별 공동활용 방안 및 장비 기술시험비용 산정

- 센터별 인증장비(표준화) 등록을 통한 신뢰성 있는 공동활용서비스 제공 방안 마련
 - (6자유도 진동대) 원전 안전관련설비 성능검증기관으로의 등록(‘17.3)에 따라 기존의 국내 진동대 장비의 한계로 수행하지 못하였던 시험인증을 수행
 - 신규 구축 장비를 KOLAS 인증기관으로 등록하여 진동특성시험에 대한 KOLAS(한국인정기구) 인증기관으로 추진함으로써 비구조요소에 대한 신뢰성 있는 내진성능 검인증 서비스 제공
 - 국내 내진설계 기술 및 진동내구성 분야의 연구개발 및 기기·제품의 검인증에 기여
 - 비구조요소 관련 연구개발 및 성능검증을 위한 공동활용서비스 장비로 활용
 - 초고층 구조물 및 원자력 발전소에 설치되는 기기들의 내진성능검증 문제 해결
- (20MN급 일체형 UTM) 기존의 대용량 실험장비의 한계를 탈피하여 구조분야의 대용량 및 고속실험을 통한 성능실험이 가능하고, KOLAS(한국인정기구) 인증기관으로써 구조분야의 실험프로세스 확립 및 검증실험 수행
 - 고강도 콘크리트 부재의 인장/압축실험, 피로실험 및 휨성능 검증으로 기술개발에 기여
 - 고강도 강재/용접부재의 연구개발 및 성능검증에 활용
 - 내진구조분야의 낙교장지장치 및 면진제품에 대한 내진성능검증에 활용
- (2,3차원 바람-흐름발생장치_해안항만실험센터) 파랑-흐름-바람을 복합적으로 고려하여 실규모 해양환경과 유사하게 모사함에 따라 실험규모에 제한받지 않는 검증실험을 수행하고 KOLAS 인증이 어려운 경우 자체적인 품질경영시스템 도입을 통해 실험시설·장비의 표준화된 실험 절차 마련
 - 국내외 해상풍력발전 연구의 검증 및 개선을 위한 수리모형 실험 수행
 - 풍력·파력·조류를 혼합한 하이브리드형 발전에 관련된 실험적 연구 수행
 - 파력과 풍력을 동시에 고려한 해상풍력지지 구조물의 안정성에 관련된 실험적 연구 수행
 - 개발된 장치의 발전 성능 검증을 위한 수리모형실험 수행

○ 국토교통 대형실험시설 운영지침 준수

- 장비 운영 및 관리는 ‘국토교통 대형실험시설 구축 및 운영지침’ 제12조 실험시설 사용원칙 등에 따라 전담관리기관(운영원) 및 유치기관(실험센터)의 공유 사용시간 70%, 유치기관 자율 사용시간 30% 비율 배정의 원칙을 준수하여 공동 운영
- 현재 전담관리기관에서 추진중인 “대형실험시설 관리 및 공동활용 지침(안)”의 제정과 연계하여 1,2단계 국토교통 대형실험시설의 효율적인 통합운영방안 고려
- 유치기관의 대응자금(대지, 현금 등)을 고려하여 소유권을 보장하면서 국토교통 R&D 공동활용의 정부 정책 실현이 가능하도록 지침 마련
- 실험시설·장비에 대한 안정적인 유지관리, 전문시험인력의 고용안정 지원 등을 통한 지속적인 공동활용 활성화 방안 모색
- ZEUS(또는 NTIS) 및 전담관리기관의 CI시스템에 등록
- 공유시간 70%, 자율시간 30% 명확화



<대형실험시설 관리 및 공동활용 지침(안)>

<국토교통 대형실험시설 구축 및 운영지침>

○ 성과관리 방안 검토

- 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 성과관리 체계 검토를 통한 최적은 성과관리 추진
- 신규 구축장비는 기존의 장비와 동일하게 ‘장비활용성과지표(기술협력건수, 인증획득건수, 시제품개발건수, 사업화건수)’를 기반으로 체계적인 성과관리가 가능하도록 함

○ 장비활용 성과지표(안)

- 기술협력건수 : 주관기관이 외부기관과 기술지도, 공동연구 프로젝트 등을 통한 기술 협력건수
- 인증 획득건수 : 장비를 활용한 실적이 있는 외부기관이 당해연도에 확보한 기술, 제품, 표준 인증 건수
- 시제품 개발 건수 : 장비를 활용한 실적이 있는 외부기관이 당해연도에 개발한 시제품 건수 (제품, SW, 신 공정 포함)
- 사업화 건수 : 장비를 활용한 실적이 있는 외부기관에 의해 당해연도에 사업화 매출액이 발생한 건수

◦ 장비활용 실적지표(안)

- 장비 활용률(%) : (활용된 장비* 검수 / 전체 장비 검수) × 100

* 활용된 장비란 연간 1회 이상 장비수수료를 지불하고 외부기관이 활용한 장비를 의미함

- 장비 가동률(%) : (연간 총 장비가동시간* / 장비가용시간*) × 100

* 실제 장비활용을 위해 준비시간, 전처리시간, 실제 가동시간을 포함한 시간을 의미함

* 장비 가용시간은 [주 5일 × 40주 × 8시간]을 기준으로 함

- 외부 활용기관 수 : 평가대상기간 동안 장비이용료를 납부한 기록이 있는 외부기관 수의 합계

- 장비이용료 수입액 : 장비활용대장에 활용기관 명, 활용기간, 활용장비, 장비이용료가 명기되고 기관명의로 통장에 입금내역이 있는 장비이용료의 합계

• 신규장비 구축 실험센터는 국가 장비관리 차원에서 요구되고 있는 ‘공동활용허용률’이 지속적으로 증대될 수 있도록 해야 함

• 미래창조과학부 및 관련 중앙행정기관에서 연구장비 활용성을 강화하기 위해 공동활용허용 장비를 대상으로 실제 공동활용 여부 조사함에 따라 해당 실험센터는 적극 대응하도록 함

* 공동활용허용률(%) = (외부 공동활용허용장비 점수/전체 장비 점수) × 100

* 단독활용장비 점수를 제외한 공동활용허용장비 점수와 공동활용서비스장비 점수의 합

- 국토교통연구인프라운영원의 성과관리

• 분산공유형 건설연구인프라 실험시설 구축시 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의 성과지표를 기반으로 성과목표에 부합하는 성과지표를 마련하여 시행중으로 구축된 3종 장비도 적용되어 성과관리 되어짐에 따라 신규 장비에도 연계·적용



〈국토교통연구인프라운영원의 성과관리 지표〉

□ 기술시험비용 산정지침 준수(산정지침 개정중)

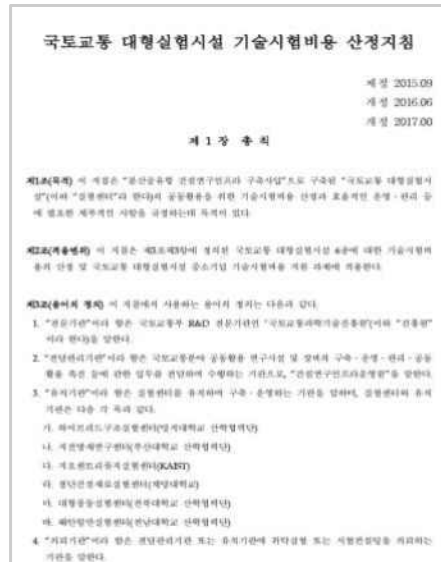
○ 장비별 이용료 산정 기준

- 본 과제를 통해 구축된 신규장비를 포함하여 국토교통 대형실험센터를 대상으로 실험시설
· 장비 이용료 산정 기준을 개정 진행중에 있음
- 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침은 국가연구시설장비진흥센터(NFEC)의
장비이용료 산정 방식을 기반으로 시설장비 이용료 산정방법, 시설장비이용료 단가, 내용연수
및 표준 유지 보수 요율을 반영

〈국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침 중 시설장비 이용료 산정표〉

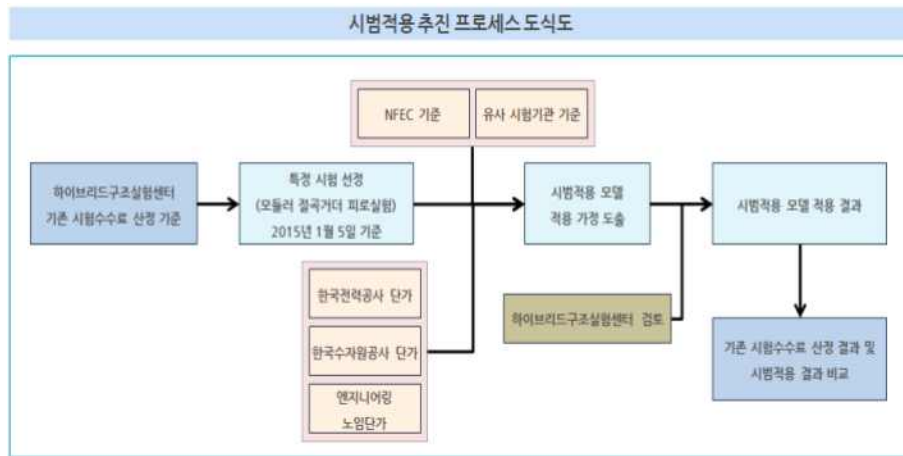
비목	세비목	시설장비 이용료 산정방법
장비임대비		$= \text{시간당 이용단가} \times \text{사용시간} \times \text{사용률}$ $\text{※ 시간당 이용단가} = \frac{\text{장비취득가액} \times \text{대부율}(6\%)}{\text{연간 표준활용시간}(1,000\text{hrs} = 8\text{hr/일} \times 125\text{일/년})}$ $\text{※ '대부율'은 물품관리법 시행령을 따름}$ $\text{※ '연간 표준활용시간'이 1,000시간 이상일 경우 실제시간을 적용할 수 있음}$
	재료비	$\text{※ 설치 및 해체비용(시험체제작, 외부용역, 건설장비사용 등 포함)}$ ※ 정부예산 지원 시 차감
	유지 보수비	$= \frac{\text{장비취득가액} \times \text{표준 유지보수요율}(\%)}{\text{연간 표준활용시간}(1,000\text{hrs})} \times \text{사용시간} \times \text{사용률}$ $\text{※ '표준 유지보수요율'은 '연구장비 유지보수 산정기준(2014, NFEC)'에 따른 유지보수요율을 적용}$ ※ 정부예산 지원 시 차감
직접비	직접인건비	$= \frac{\text{직접운영인력의 기준인건비}}{\text{연간 표준활용시간}(1,000\text{hrs})} \times \text{사용시간} \times \text{참여율}$ ※ 정부예산 지원 시 차감
간접비	전기료	$= \text{장비 단위소비전력} \times \text{전력단가} \times \text{사용시간} \times \text{사용률}$ ※ 정부예산 지원 시 차감
	이용수료	※ 실비계상 ※ 정부예산 지원 시 차감
	감가 상각비	$= \frac{\text{장비취득가액} \times (1 - \text{정부지원율})}{\text{내용연수} \times \text{연간 표준활용시간}(1,000\text{hrs})} \times \text{사용시간} \times \text{사용률}$ $\text{※ '내용연수'는 조달청 고시를 따름}$ $\text{※ '정부지원율'은 구축과제시 각 유치기관별 정부출연금 비율을 따름}$ $\text{※ 신규 도입된 시설·장비의 경우 각각의 정부출연금 비율을 따름}$
	간접 인건비	$= \frac{\text{간접지원인력의 기준인건비}}{\text{연간 표준활용시간}(1,000\text{hrs})} \times \text{사용시간} \times \text{참여율}$ ※ 정부예산 지원 시 차감
	시험성적서 발급 수수료	$\text{※ KOLAS 인증 등 공인인증된 성적서를 발급할 경우 성적서 발급에 대한 정액으로 산정된 금액}$ ※ 정부예산 지원 시 차감
	기관 공통경비	$= [\text{이용단가} + \text{직접비} + (\text{간접비} - \text{기관공통경비})] \times \text{기관 } O/H \text{요율}$ $\text{※ '기관 } O/H \text{요율'은 25\%를 적용함}$ ※ 정부예산 지원 시 차감

- 장비 구축 및 신규 도입시 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침에 의거하여 장비별 정부출연금 비율에 따라 감가상각비를 산정
- 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침 연혁
 - 2015.09 : 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침 제정
 - 2016.06 : 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침 1차 개정 (중소기업의 정부지원 비율 확대 변경)
 - 2017.11 : 국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침 2차 개정 예정 (기관명 변경, 신규 장비 비용 산출 및 비용 산정항목 일부 변경)



〈국토교통 대형실험시설 기술시험비용 산정지침〉

- 국토교통 대형실험시설 실험수수료 산정 추진 현황
 - 국토교통 1단계 대형실험시설(6종) 및 유사기관의 실험수수료 세부 항목별(인건비, 재료비, 장비사용료, 감가상각비, 유지관리비 등) 산정 현황 검토
 - 각 실험센터별 시험수수료 산정기준에 NFEC기준을 도입
 - 특정 시험 선정하여 NFEC기준, 유사시험기관의 수수료 산정 모델 벤치마킹을 통해 산정 시험모델 개발 및 적용
 - 기존 산정기준 결과와 시험모델 적용 결과를 비교분석하여 수수료 산정 모델 마련



〈수수로 선정 모델 시험적용 추진 프로세스 도식도〉

- 실험수수로 선정 모델 매뉴얼 마련

III. 수수로 선정 모델 매뉴얼

✓ **시설 및 장비 평가 선정 방법**

시설장비평가 시트 작성 요령

장비명	사양	장비구분	취득가액 (A)	대부분 (B)	연간 표준 활용시간 (C)	장비 내용 (D)	시간당 평가 (E)=(A+B)/(C*D)	일당 평가 (F)=E*8	보유 수량	연간 사용 일수	일 사용 시간
Dynamic Actuator	250kN			6.0%	1,000	15	-	-		125	8
				6.0%	1,000	15	-	-		125	8

→ 시설장비평가 시트에서는 장비명, 사양, 장비구분, 취득가액을 입력함.
 ① NTIS에 등록된 장비 및 시설의 명칭, 사양, 취득가액을 입력함.
 ② 장비구분은 KOCEC 각 실험센터 자체적으로 범주를 구분할 수 있으며, 시험적용에서는 시험장비, 기본장비, 직접시설, 간접시설로 구분하였음.

사용여부	사용률(%)	사용률 반영 평가	사용기간(일)
		-	
		-	

→ 평가는 사용대수, 사용률을 입력하여 선정함.
 ① 각 시설 및 장비의 사용 대수를 입력함.
 ② 시설 및 장비를 구분하여 사용 가능한 경우 전체에서 해당 시설에 투입되는 비율(예, 연작기준, 가동능력 기준 등)을 입력함.
 (단, 구분 사용이 불가능한 장비 및 시설은 "100%"임)

III. 수수로 선정 모델 매뉴얼

✓ **전기료 평가 선정 방법**

전기료 평가 시트 작성 요령

장비명	사양	장비구분	단위소비전력 (일당)	1일 전기료
Dynamic Actuator	250kN	시험장비	-	-
			-	-

→ 전기료 평가 시트에서는 단위 소비전력 항목을 입력함.
 ① 장비명, 사양, 장비구분은 "시설장비평가 시트"에 입력한 내용과 동일하게 입력함.
 ② 단위 소비전력은 장비의 세부 사양이나 성능서 등을 참조하여 일당(1일 8시간) 장비별 소비전력을 입력함.

사용여부	사용률(%)	사용률 반영 평가	사용기간(일)
		-	
		-	

→ 평가는 사용대수, 사용률을 입력하여 선정함.
 ① 사용여부, 사용률은 "시설장비평가 시트"에 입력한 내용과 동일하게 입력함

III. 수수로 선정 모델 매뉴얼

✓ **비목별 세부 시험수수로 선정 방법**

비목별 세부 시트 작성 요령

1. 시설 및 장비 사용료

종명	상격	일수	단위	단가(원)	금액(원)	비고
시험장비		일		-	-	
기본장비		일		-	-	
직접시설		일		-	-	
간접시설		일		-	-	
합 계						

→ 비목별 세부 시트에서 시설 및 장비 사용료 부분은 종명을 "시설장비평가 시트"에 입력한 장비구분을 입력함.
 ① 종명에는 "시설장비평가 시트"에 입력한 KOCEC 각 실험센터 자체적인 구분기호를 입력함.
 ② 일수는 장비의 경우 준비기간부터 시험에 활용이 종료되어 해제된 시험까지이며, 시설의 경우 공간권유 일수를 적용함.

2-1. 재료비

종명	규격	수량	단위	단가(원)	금액(원)	비고
		ea		-	-	
		roll		-	-	
		지		-	-	
		지		-	-	
합 계		지		-	-	

→ 비목별 세부 시트에서 재료비는 시험에 투입한 실제 재료비 품명, 규격, 수량, 단가를 입력함.

III. 수수로 선정 모델 매뉴얼

✓ **비목별 세부 시험수수로 선정 방법, 계속**

비목별 세부 시트 작성 요령

2-4. 설치 및 해체비

종명	규격	수량	단위	단가(원)	금액(원)	비고
설치비			지		-	
해체비			지		-	
합 계					-	

→ 비목별 세부 시트에서 설치 및 해체비 부분은 설치 및 해체에 직접적으로 소요된 비용을 입력하며, 예를 들어 외부 업체에 위탁되는 경우 계약금액임.

3-1. 전기료

종명	소비전력(kWh)	일수	단위	단가(원)	금액(원)	비고
시험장비		일		100.7		
기본장비		일		100.7		
직접시설		일		100.7		
간접시설		일		100.7		
합 계					-	

→ 비목별 세부 시트에서 전기료 부분은 종명을 "시설장비평가 시트"에 입력한 장비구분을 입력함.
 ① 종명에는 "시설장비평가 시트"에 입력한 KOCEC 각 실험센터 자체적인 구분기호를 입력함.
 ② 일수는 장비의 경우 준비기간부터 시험에 활용이 종료되어 해제된 시험까지이며, 시설의 경우 공간권유 일수를 적용함.

〈실험수수로 선정 모델 매뉴얼(안)〉

□ 도입장비의 교육·활용 방안 마련

- 원격장비를 이용한 실험서비스 제공, 가상실험 지원, 위탁교육, 전문인력교육, 현장계측 지원 및 장비 대여 등 실무 활용을 통한 교육/홍보 서비스 제공
- 실험실을 갖추지 못하거나 실험 경험이 적은 연구 인프라에 대한 실험 자문·컨설팅 추진
- 폭넓은 교육 대상자(학부/대학원생, 건설 실무자, 미래 건설 기술인 등)에 대한 다양한 교육 프로그램 개발 및 활용
- 장비 공급자, 기술 전문가 초빙 교육을 통해 전문성 강화

□ 잠재 수요고객 발굴을 통한 전문성 있는 인적네트워크 확보

- 도입장비 특성을 고려한 국가 R&D 공동연구개발, 기술협력 및 교육/홍보를 위한 상호 다자간 협의체 구성·운영
- (유사동종 전문기관, 전담관리기관을 통한 회원제도 및 추천인제도를 통한 유사업종에 대한 실험수요 확보 방안 마련
- 국외 연구/유사기관과의 공동연구 추진, 자체 R&D 수행을 통한 실험기술 확보
- 범부처 R&D 로드맵에 기반한 국토교통 분야 이외의 실험수요 탐색 및 다양한 분야의 실험수요 개척

□ 컨설팅/홍보 등 실험센터의 역량 부족한 부문은 전문가 또는 외주 용역이 협업모델 참여하도록 추진하고 브로셔 제작 및 배포, 뉴스레터 발송, 중소기업 기술시험지원 과제와 연계 할 수 있도록 다양한 홍보 활동을 진행

□ 연구시설·장비 운영자와 사용자간 정보교류 활성화를 위해 기존에 구축된 CI/Gird System을 활발히 활용할 수 있도록 네트워크 강화

- 구축된 연구시설·장비의 활용방법, 분석기법 등에 대한 전문기술 정보 교류
- 연구시설·장비 관련 기술동향 제공
- 사용자가 이용하는 온라인시스템 정비 및 홍보 강화

□ 시업화 방안

- 본 연구장비 구축사업은 기업, 연구자의 기술개발 지원을 위한 목적으로 관련 학,협회 및 중소기업 등을 대상으로 다양한 홍보를 강화하여 활용도를 높일 수 있는 방안 마련
- 현재 1단계 실험시설의 가동률을 매년 주무부처에 보고하고 있어 해당 장비 또한 이에 포함을 시켜 활용도를 지속적으로 제고

□ 장비운영/유지관리 메뉴얼

- 각 센터별 관련 메뉴얼에 해당장비를 포함하여 유지관리/운영계획을 수립하며, 그리고 온라인 CI 시스템에 등록하여 장비가동률, 유지보수 이력 관리, 시험비용산정 등이 가능

통합수행일지

기본정보

실험조건

실험결과

비고

(200Mn 일체형 대용량 UTM)

통합수행일지

기본정보

실험조건

실험결과

비고

(10g급 6자유도 진동대)

〈도입 장비 온라인 시스템 등록〉

제4장 목표 달성도 및 관련 분야 기여도

1. 목표 달성도

- 건설연구인프라 1단계 실험시설 성능개선 연구과제에 대한 성과지표를 아래와 같이 구분하여 연구목표 성과를 달성하였음
- 2,3차원 바람-흐름 발생장치의 구축은 모두 완료된 상태이며, 장비 검수는 75% 진행중 (자체 검수로 2차원 바람-흐름 장비는 100%완료, 3차원 바람흐름 발생장치는 검수 진행 중)

구분(성과지표)		목표	달성 성과	달성도 (%)	측정방법	검증	비고
3종 장비 구축완료	20MN 일체형 UTM 구축완료	1건	1건	100%	· 구축완료 여부	보고 서	완료
	고성능 6자유도 진동대 구축완료	1건	1건	100%			완료
	바람-흐름 발생장치 구축완료	1건	1건	100%			완료
장비자체성 능실험 (제작사)	20MN 일체형 UTM 구축완료	1건	1건	100%	· 자체 성능 확 인서 · Performance curve · date sheet 등	장비 구축 보고 서	완료
	고성능 6자유도 진동대 구축완료	1건	1건	100%			완료
	바람-흐름 발생장치 구축완료	1건	1건	75%			3차원 진행중
성능검증 실험 (시험가동)	20MN 일체형 UTM 구축완료	1건	1건	100%	· 검 증 실 험 실시 여부	장비 구축 보고 서	완료
	고성능 6자유도 진동대 구축완료	1건	1건	100%			완료
	바람-흐름 발생장치 구축완료	1건	1건	75%			3차원 진행중
성능검증 실험 (외부전문가 통한 현장검증)	20MN 일체형 UTM 구축완료	1건	1건	100%	· 외부전문가 참 여 검증 여부 · 성능 만족 여부	장비 구축 보고 서	완료
	고성능 6자유도 진동대 구축완료	1건	1건	100%			완료
	바람-흐름 발생장치 구축완료	1건	1건	75%			3차원 진행중
공동활용 계획수립	공동활용방안수립	1건	1건	100%	· 방안수립 · 산정 기준 작성	보고 서	완료
	장비이용율 산정기준 (3종 장비)	1건	1건	100%			완료

2. 관련 분야 기여도

○ 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템

- 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM을 운영하기 위한 제반 시설과 부대 장비를 신규로 갖추기 위해서는 약 100억원 이상의 예산이 소요될 것으로 추정되는 반면에, 1단계 건설연구인프라 구축사업을 통하여 구축된 기존의 시설과 장비를 최대한 활용하여 개선할 경우에는 약 50억원의 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 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 해외 선진국에서 실험한 것과 같이 개발도상국들의 관련 실험을 우리나라에서 수주하여 진행함으로써, 경제적 효과 창출 및 부가가치가 높은 기술 수출에도 기여함

○ 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- 유사 규모의 진동대 실험시설을 신규로 구축하기 위해서는 약 94.9억의 연구비가 소요되는데 반하여 지진방재연구센터의 기존 실험장비를 활용하는 경우 약 55억이 소요되어, 약 43.8%의 예산절감 효과가 예상됨
- 기 구축된 지진방재연구센터 설비를 활용하면 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 향상시킬 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-CORE등의 기준이 적용됨. 현재 국내시설이 보유하고 있는 6자유도 진동대 장비는 IEC 60068-2-57, ICC-ES AC156 등의 최고수준의 내진성능검증 실험을 수행하지 못하며 제한적인 내진성능검증이 가능한 실정임. 그러나 10g급 6자유도 진동대가 구축되면 일반적인 비구조 요소분야 국제기준에 대한 대응할 수 있는 환경을 구축할 수 있음
- 세계중전기 시장은 2011년 기준 6100억 달러 시장으로 우리 기업은 선진국 대비85% 수준의 가격과 90%수준의 기술을 보유하고 있는 것으로 조사되어져 있음
- 최근 에너지 부족문제에 대한 인식이 높아지면서 고효율 냉난방공조기에 대한 수요가 늘고 있다. 초고층 구조물 및 기간시설의 주요한 비구조 요소인 상업용공조기 시장은 2010년에 전년도 대비 12% 성장하였으며 2011년에는 2010년도 대비 30% 증가하였음. 2012년도 업무용 공조시스템

시장의 규모는 41억 5483만 달러에 달하였으며 앞으로도 6%이상의 꾸준한 성장이 예상되고 있음

- 효성에바라의 조사에 의하면 2011년 전체 펌프시장의 규모는 1조 134억 원이며 이중 산업용 펌프는 30%인 3040억 원을 차지하는 것으로 추정되었음
- 국내 업체들이 중전기, 공조시스템, 펌프 등의 시장에서 10%의 점유율을 유지한다고 가정하였을 때 614억 달러의 매출을 올릴 수 있으며 내진성능검증비용이 1%라고 가정하면 6억 달러가 됨. 해외기관대비 성능검증 비용이 1/5으로 두면 4.9억 달러수준의 기술비용을 절약할 수 있을 것으로 예상됨

○ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

- 해양에너지 복합발전 장치 개발에 필수적인 수리실험을 수행하여 고효율 장치 개발에 기여
- 복합 발전 단지, 인공섬 등에 대한 안정성 및 해안 환경에 대한 영향에 대한 실험을 통해 친환경 설계 기술 개발에 기여
- 해상풍력, 조류 및 파력발전 기술개발을 위한 실험 및 연구인프라 확보, 해양에너지 개발을 위한 설계기준 제정 및 구조물 통합 설계, 시공, 유지관리 기술 확보 및 보급, 해양에너지 기기 인증 및 프로젝트 인증 능력 보유
- 해상풍력, 조류 및 파력발전 장치 등의 성능 검증과 인증 등을 통해 해양에너지 관련 산업의 조기 활성화와 국내외 시장 진출 및 선점에 기여할 것임
- 다양한 조건에서 사전 수리모형실험을 통해 개발된 장치의 실패역 테스트 비용 절감에 기여
- 고효율, 고성능 복합발전장치 개발에 대한 국내 기업의 국제 경쟁력 제고
- 정부의 신재생에너지 개발에 관한 연구과제의 성공적 수행에 기여

제5장 연구개발성과의 활용계획

○ 활용방안

- 실험장비 단위의 성능 고도화를 통해 다양한 실험수요에 대한 적기 대응 및 최신 기술 트렌드 반영 가능
- 신규 실험시설 구축 대신 기존 실험시설을 최대한 활용한 실험장비 단위의 고도화를 통해, 국가예산 절감에 기여
- 공동활용을 통해 연구인프라 구축이 어려운 중소중견기업, 대학 등에 대해 기술개발 지원
- 세계적 수준의 최첨단 고성능 실험장비를 확보함으로써, 국제 공동연구 등을 통한 해외 선진기술 도입은 물론 동남아시아 등 개발도상국에 대한 기술 선도와 고부가가치 기술 수출에 기여

○ 급속수평하중 동시재하가 가능한 20MN급 일체형 대용량 UTM 시스템

- 고속 동적실험과 저속 정하중 실험에 적합한 듀얼 서보밸브 방식을 적용하여 지진이 발생했을 때의 구조물의 거동을 파악하여 내진보강에 활용
- 컨트롤러에 최대 16채널 이상의 외부 신호 입출력 포트 내장으로 외부 센서나 장비와 연동하여 실험이 가능하기 때문에 복잡한 하중이 작용하는 구조물을 대상으로 거동 및 성능을 파악하는 실험 및 연구개발에 활용
- 고속의 저하중 피로실험을 주로 하는 기계분야 및 소재 실험을 주로 하는 재료분야 뿐만 아니라 다양한 구조물의 정적 및 동적 실험에 활용

○ 국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대

- 내진성능검증을 위한 시험검증방법을 체계적으로 수립하기 위한 환경을 제공
- 건축구조물의 비구조 요소인 천정과 벽체, 소방, 배관, 덕트, 전기, 통신, 트레이설비의 내진성능 검증 및 건설기계, 철도, 조선분야의 각종 중요 기자재에 대한 내진성능 검증, 내구성 실험 수요에 대한 대응이 가능함
- 기존 3기의 진동대 장비와 연계하여 전체 4개의 진동대 장비를 활용 가능하므로 세계적 수준의 실험시설을 보유하게 되는 효과가 있음
- 고용량, 최첨단 실험장비 확보를 통해 SOC 시설물의 내진보강 및 제진 관련 제품들에 대한 기술 개발 지원 및 검인증 가능
- 초고층 구조물, 원자력 발전소의 발전설비 등에 대한 종합적 내진 안전성평가 가능하여, 내진성능 검증을 위한 국가시험 표준 개발 및 정책적 지원 가능
- 건설, 기계, 원자력 등 다양한 분야의 기술(제품)에 대해 국제기준의 내진성능 평가가 가능하여, 미국, 중동 등 강진 지역에 진출 활성화 기여

○ 바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치

- 시설·장비의 활용 대상은 국내 대학, 관련 연구소, 및 에너지 개발 관련 기업체로 볼 수 있음
- 해상 풍력발전 등 해양 에너지 관련 산업의 발전 견인
- 기업체는 시제품 개발을 위한 성능 및 안전성 검증을 위해 활용할 것으로 예상됨
- 국내외 해상풍력발전 연구의 검증 및 개선을 위한 수리모형 실험과 풍력·파력·조류를 혼합한 하이브리드형 발전에 관련된 실험 연구에 활용
- 파력과 풍력을 동시에 고려한 해상풍력지지 구조물의 안정성에 관련된 실험적 연구와 개발된 장치의 성능 검증을 위한 수리모형실험 연구에 활용

제6장 연구 과정에서 수집한 해외 과학기술 정보

□ 해당 없음

제7장 연구개발성과의 보안등급

□ 본 연구는 국토교통분야 R&D연구역량 및 글로벌 건설교통기술개발 기반 강화를 목적으로 추진되는 연구이며, 특정기관만이 활용하는 것이 아닌 공공의 사용 목적으로 연구됨. 즉, 본 연구의 진행 및 결과에 대하여 일반보완등급을 적용하여도 문제가 없을 것으로 사료됨

제8장 국가과학기술종합정보시스템에 등록된 연구시설·장비 현황

구입 기관	연구시설/연구장비명	규격 (모델명)	수량	구입 연월일	구입 가격 (천원)	구입처 (전화번호)	비고 (설치 장소)	NTIS장비 등록 번호
국토교통 연구인프라운영원	급속수평하중 동시재하가 능한 20MN급 일체형 대용량 UTM	20MN급 대용량 UTM 수요기관 규격 20MN UTM 311.81S	1	2017.09.25	4,146,146	MTS KOREA	하이브리드 구조실험센터(명지대학교)	NFEC-2017-11-240617
		오버헤드크레인(200kN) BDCM-20-7350	1	2017.09.25	170,000	반도중부기계	하이브리드 구조실험센터(명지대학교)	NFEC-2017-11-240625
국토교통 연구인프라운영원	국제기준 대응 비구조 요소 실험용 10g급 6자유도 진동대	수요기관 규격 (고성능10g급 6자유도 진동대 시스템)	1	2017.07.21	4,770,963	MTS KOREA	지진방재연구센터 (부산대학교)	NFEC-2017-08-239302
국토교통 연구인프라운영원	바람-파도-조류 복합 발생을 위한 바람-흐름 발생장치	2, 3차원 바람-흐름 발생장치	1	2017.09.26	1,811,162	(주)대명엔지니어링	해안항만실험센터 (전남대학교)	등록후 승인 대기중

제9장 연구개발과제 수행에 따른 연구실 등의 안전 조치 이행 실적

□ 기술적 위험 요소 분석

- 본 연구기관은 기술적 위험요소를 가지고 있지 않음

□ 안전관리대책

- 본 과제를 수행하는 연구기관으로서 국토교통부 연구개발사업 운영규정 제21조 2항에 의거한 「연구실 안전환경 조성에 관한 법률」 및 「산업안전보건법」 등에 관련 법령에 따라 사업장에 화재 등을 대비 하여 소화기, 방독면을 비치하여 안전관리에 문제가 없도록 과제 수행을 하고 있음
- (1단계 실험시설) 연구실 안전점검 및 정밀안전진단 실시
 - 1단계 국토교통 대형실험시설에서는 각 유치기관의 실험실 안전 점검 체계에 따라 안전조치 이행계획을 수립하고 시행함
 - 각 유치기관별 안전관리규정을 비치하고 과제참여자들에게 규정을 숙지·준수할 수 있도록 정기적 교육을 실시
 - 안전관리담당자를 지정하여 실험실 자체 점검체계를 관리할 수 있도록 함



<실험실 안전 점검 체계 예시>

○ 참여연구원 교육훈련 및 건강검진, 보험가입 현황

- 신규 연구참여자는 전문기관 의뢰를 통해 위탁교육을 실시하도록 하며, 기존 연구참여자는 기관 자체적으로 집체교육 및 온라인교육을 활용하여 교육 훈련 확보(교육내용 : 연구실 안전 환경 조성에 대한 법률, 유해·위험요소 진단 등)
- 위험에 노출될 위험성이 있는 연구활동 종사자의 건강 보호를 위해 일반건강검진 및 사후 관리 수행
- 의료복지향상을 위한 체력단련 지원 등 무료 건강검진 프로그램 운영

제10장 연구개발과제의 대표적 연구 실적

☐ 해당 없음

번호	분 (논문/특 허/ 기타)	논문명/특허명/ 기타	소속 기관명	역할	논문 게재지/ 특허 등록 국가	영향력 지수	논문 게재일 /특허 등록일	사사 여부 (단독 사사 또는 중복 사사)	특기 사항 (SCI 여부/인용 횟수 등)
							yyyy.mm.dd		

제11장 기타 사항

제12장 참고 문헌

- (1) 분산공유형 건설연구인프라 구축사업 추진연구단, “KOCED 2단계 대형실험시설 기본설계 보고서”, 2005. 2.
- (2) 건설교통부, “제4차 건설기술진흥기본계획”, 건설교통부, 2007. 12.
- (3) 건설선진화본부, “건설교통 R&D중장기계획(안) (2008~2010)”, 2007. 12.
- (4) 국토해양부, “제4차 건설기술진흥기본계획, 2009년도 건설기술진흥시행계획”, 국토해양부, 2009. 4.
- (5) 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, “분산공유형 건설연구인프라 구축 추진연구단 최종보고서”, 서울대학교, 2009. 6.
- (6) 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, 한국해양과학기술진흥원, “국토해양 R&D 발전전략”, 2010.
- (7) 국토해양부, 한국건설교통기술평가원, “건설연구인프라 구축과제 1단계분석 및 2단계 기획”, 명지대학교, 2011. 6.
- (8) Drew J. Daugherty, Jerome F. Hajjar, Douglas W. Ernie, David H.-C. Du, Carol K. Shield, James C. Beyer, Craig Polley, 2002, “Multi-Axial Subassemblage Testing System (Mast) Data Collection and Telepresence Systems Specification”, MAST Laboratory Report
- (9) George E. Brown, Jr. 2003, “Laboratory Infrastructure“, Network for Earthquake Engineering Simulation
- (10) “User’s Guide of Real-Time Multi-Directional Testing Facility”, Lehigh University, January 14, 2013
- (11) 김동욱, 제동 걸린 ‘원전 르네상스’…대안 없어 ‘빙하기’는 짧을 수도, 한국경제, 2011.
- (12) 대한건축학회, (건설교통부고시)건축구조설계기준, 기문당, 2005.
- (13) 김범수, 후쿠시마 사태 2년…해외 원전 동향은, 연합뉴스, 2013
- (14) 김선우, 20년간 400여기 1200조원 시장… ‘원전 르네상스’ 열린다, 동아일보, 2009.
- (15) 기상청, “기상청 보도자료 2014.1.6 - 2013년 국내 지진 발생 93회, 예년보다 2배 많아“, 2014.
- (16) 김영중, “통신장비의 내진안전성 시험평가절차 비교” 한국소음진동공학회, 2005 추계학술대회 논문집, 2005, pp.887-890.
- (17) 장우석, “한국 원전산업 위상에 걸맞은 한미원자력협정 개정이 필요하다“, 현대경제연구원, 2013.
- (18) 전법규, “지진격리된 원전구조물 배관시스템의 지진취약도 평가”, 부산대학교, 공학박사학위논문, 2014.
- (19) 전파연구소, “전기통신설비의 내진 시험방법”, 전파연구소공고 제2009-3호, 2009.
- (20) ASCE, “Seismic Analysis of Safety-Related Nuclear Structures and Commentary, ASCE 4-98, ASCE, Reston, Virginia, USA, 2000.
- (21) ASCE, “Seismic Design Criteria for Structures, Systems, and Components in Nuclear Facilities“, ASCE 4-05, ASCE, Reston, Virginia, USA, 2005.
- (22) ICC ES, Acceptance Criteria for Seismic Certification by Shake-Table Testing of Nonstructural Components, AC156“, 2010.
- (23) IEC 60068-2-57, “Environmental Testing-Part 2 : Tests - Test F : Vibration -Time-History

Method.“, 1999.

- (24) IEEE, “IEEE Standard for Qualifying Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations“, IEEE Std 323TM-2003, 2003.
- (25) IEEE, “IEEE Recommended Practice for Seismic Qualification of Class 1E Equipment for Nuclear Power Generating Stations“, IEEE Std 344TM-2004, 2004.
- (26) IEEE, “IEEE Standard for Qualification of Safety-Related Actuators for Nuclear Power Generating Stations“, IEEE Std 382TM-2006, 2006.
- (27) IEEE, “IEEE Recommended Practice for Seismic Design of Substations“, IEEE Std 693TM-2005, 2005.
- (28) International Conference of Building Official ` “Uniform Building Code : Structural Design Requirements” , 1997
- (29) Telcordia, Network Equipment-Building System(NEBS) Requirements : Physial Protection, GR-63-CORE, Issue 2, 2002.
- (30) 고광오, 정광희, 이종세, 윤성범 “해양에너지 복합발전단지 개발의 필요성과 방안” 대한토목학회지 제59권 제12호, 2011.12, 29-36
- (31) “해양에너지의 미래 전망과 국가적 발전 전략 연구” 연구보고서 87, 한림원, 2012
- (32) “신재생에너지 R&D전략 2030” 산업자원부 2007
- (33) 국정과제 (18대 대통령 인수위 국정과제 보고서) 13번 “해양 신성장동력 창출 및 체계적 해양관리”
- (34) 국토해양부, 국토교통과학기술진흥원, “국토교통 실험시설장비 고도화상세분석 및 구축계획 수립” 보고서, 건설연구인프라운영원, 2014. 2.

주 의

1. 이 최종보고서는 국토부에서 시행한 국토교통기술촉진연구사업의 연구보고서입니다.
2. 이 최종보고서 내용을 발표하는 때에는 반드시 국토부에서 시행한 사업의 연구개발성과임을 밝혀야 합니다.
3. 국가과학기술 기밀 유지에 필요한 내용은 대외적으로 발표 또는 공개하여서는 안 됩니다.