



국내외 원심모형시험시설 방문

사례 조사 (2)

- 프랑스, 미국, 중국을 중심으로 -



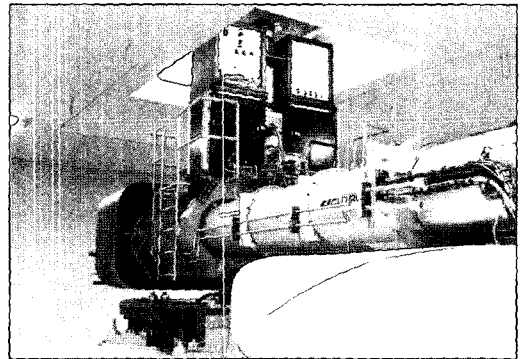
서민우*, 하익수*, 박동순**, 정우성*, 김형수*

4. 프랑스 LCPC의 원심모형시험시설

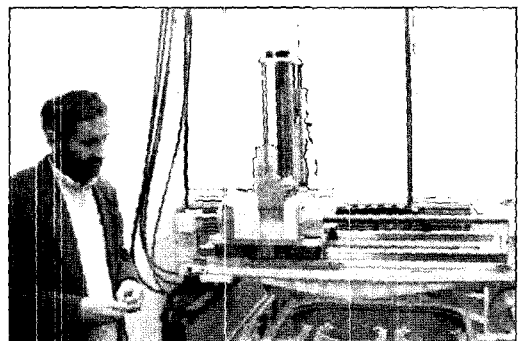
프랑스 LCPC(Laboratoire Central des Ponts et Chaussées) 연구원은 프랑스 낭트에 본원을 둔 프랑스 공공사업 및 운송부(Ministry for Public Works and Transport)의 연구 기관이다. 이 연구기관은 크게 도로, 지반 및 자연재해, 구조 공학 및 도시 공학의 4개 기구로 구성되어 있다.

LCPC 원심모형시험기는 중심에서 적재함 하단까지의 반경이 5.5m이며, 최대 가속도는 200g, 최대 적재하중은 2,000kg의 기본 사양을 가지고 있으며, 특히 오랫동안 다양한 조건의 시험을 위해 개발된 액세서리 기계장치를 본체에 쉽게 장착할 수 있도록 되어 있다. 이러한 대표적인 시험용 부속 액세서리는 실제 연구수행과 함께 개발되었으며, 주로 굴착, 천공, 인발 등의 작업을 할 수 있으며, 4축 자유도를 갖는 로봇장치에 의해 이러한 장치들을 시험

중에 교대하며, 작업할 수 있도록 설계·구축되어 있다. 이러한 부속장치들은 최종 시공구조물에 대한



(a) 원심모형시험기

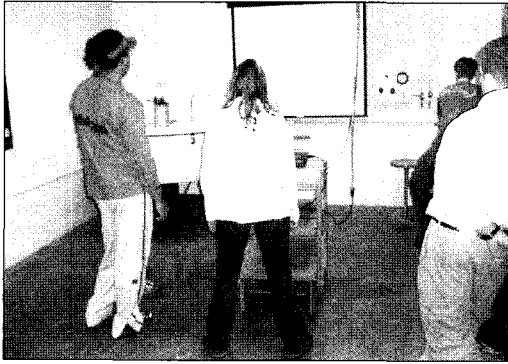


(b) 탑재 Robot Arm

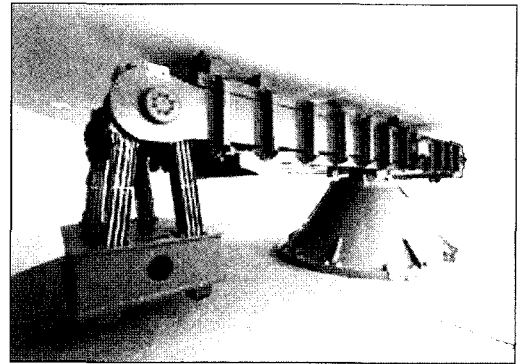
그림 7. 프랑스 LCPC 대형 원심모형시험기

* 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원
 ** 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원 (geodoc@kowaco.or.kr)
 *** 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원
 **** 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원
 ***** 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원

국내외 원심모형시험시설 방문 사례 조사 (2)



(a) 교육용 소형 시험기 및 수업 광경



(b) 대형 원심모형시험기

그림 8. Boulder 대학 원심모형시험기

원심모형 시험은 물론, 시공상의 안정성을 평가하거나, 효율성을 검증하는데 활용될 수 있는 큰 장점이 있다. 프랑스의 경우, 지진에 상대적으로 안전한 국가로 지진모사장치(Earthquake Simulator)는 LCPC 지반원심모형기에 구비되어 있지 않았다.

효율적인 장비 운영과 연구를 위해 LCPC 원심모형시험부는 원심시험기와 직접 연결된 2층 건물을 가지고 있으며, 주로 1층은 원심모형시험을 위한 부속 시험장비인 Sand Rainer, Clay Mixer, 부속 액세서리 장치실, 기본 토질시험 장비실 등으로 구성되어 있으며, 1층 건물의 일부와 2층 건물은 주로 연구원들의 연구실로 구성되어 있다. 특히, 원심모형시험을 위한 작업장과 실제 원심모형시험기가 동일한 높이에 있어, 시료의 운반 등이 용이하게 이루어 질 수 있는 동선이 확보되어 있었다.

5. 미국 Boulder 대학의 원심모형시험 시설

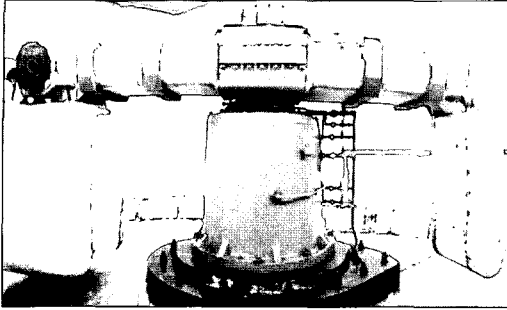
콜로라도 Boulder 대학에 있는 원심모형시험기

는 수자원공사 원심모형시험기 제작사로 선정된 미 Wyle사가 제작한 원심모형시험기가 구축되어 있다. 현재 Boulder 대학에는 총 3개의 지반원심모형시험기가 설치되어 있다. 이중 가장 큰 대형 원심모형시험기의 용량은 $400g \cdot ton$ 이며, 이는 1988년부터 운영되었다. 중형 원심모형시험기는 $15g \cdot ton$ 으로 대형 원심모형시험기가 설치되기 이전부터 운영되었다. 또한, 팔길이 1.2m의 교육용 소형 원심모형시험기가 설치되어 사면 파괴, 토압, 지지력에 대하여 간단한 개념 소개 시 유용하게 활용되고 있다. 대형 원심모형시험기의 팔길이는 5.49m, 바스켓 크기는 $1.2 \times 1.2 \times 0.9m$ 이다.

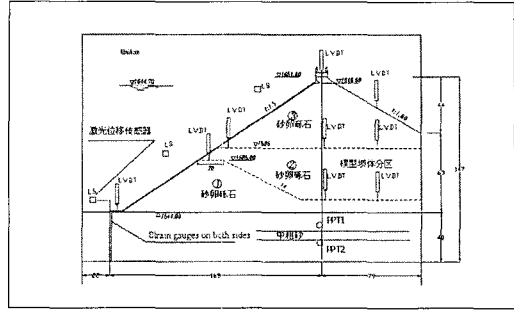
6. 중국의 대표적인 원심모형시험시설

6.1 수리수전연구소 (IWHR)

중국 북경에 위치한 수리수전연구소(China Institute of Water Resources and Hydropower Research)는 중국 내 CFRD 댐을 포함 댐 관련 기술 개발의 중



(a) IWHR 원심모형시험기



(b) 기존에 수행된 댐 모형 시험 단면도

그림 9. 중국 수리수전연구소(IWHR) 원심모형시험기 및 활용

삼지로, 1991년 연구소 내에 설치된 팔길이 5.03m, 용량 450g·ton 대형 원심모형시험기를 이용하여 댐관련 연구를 10년 넘게 수행하고 있다. 저자들은 원심모형시험기 활용 댐관련 연구분야 기술 교류 및 공동 연구를 위해, 2005년에 수리수전연구소를 방문하여 국내 CFRD 모형을 대상으로 face slab 강성과 담체 거동의 관계를 파악하는 시험을 수행하였다.

현재까지 수리수전연구소에서 원심모형시험기를 이용하여 거동 분석을 수행한 댐으로는 Xiao Lang Dicore rockfill dam, Tian Sheng Qiao CFRD, Chahanwusu CFRD, Heiquan CFRD 등이 있으며, 댐 원심모형시험을 통해 축조 재료가 댐 거동에 미치는 영향 파악, cut-off concrete 구조물 모사, 시공과정 모사 등 다양한 분야에 대한 연구를 수행하였다. 향후 내진 관련 연구를 위해 진동대(2-D shaker, 1.0×0.7m, 400kg, 120g 원심가속도에서 최대 진동 가속도 수평 30g, 수직 20g)를 구축할 계획을 가지고 있다.

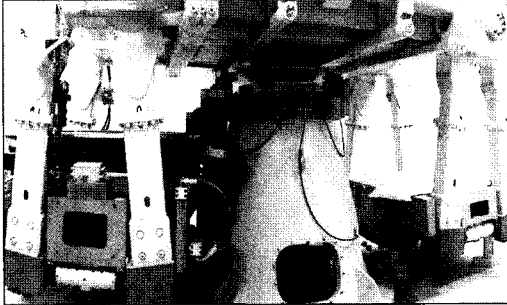
6.2 홍콩과기대 (HKUST)

2005년 11월 저자들 중 2명은 시험기 운용실태를

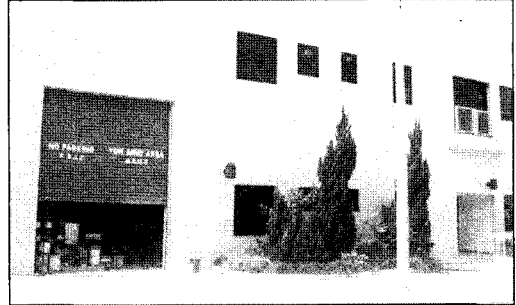
파악하고, 이론 및 공동 시험을 통한 효율적인 원심모형시험기 운용 원리 및 방법을 습득하기 위하여 홍콩과기대를 방문하였다. 홍콩과기대 원심모형시험기는 2001년 4월에 구축되었으며, 팔길이는 3.4m(axis to the bottom of platform)이고, 용량은 400g·ton이다. 본 시험기는 양팔형 형식으로 미국 Team Corporation에 의해 제작되었다. 시험시 획득한 자료는 제어실로 무선으로 전송·제어되며, 시험기 시스템의 냉각방식은 수냉식 및 에어컨디셔너 복합방식이다. 본 시험기의 경우, 별도의 자동평형장치는 없었으며 페데스탈과 팔에 부착된 스트레인 게이지 값을 모니터링 하여 일정 변형량 이하 조건에서만 시험을 수행할 수 있도록 되어있다. 시험기가 지하에 있고 상부 작업장 공간이 협소하여 시험기 및 모형, 기타 자체 이동이 번거로운 단점이 있다. 시험기 운영은 1명의 Director(교수)와 1명의 수석 Engineer(Mechanics 전공 박사), 기계·전기·지반 technician 각 1명에 의해 원활하게 이루어지고 있었다.

주요 활용사례로는 초기 밀도, 모델 높이, 지진력 최대진폭, 지진파, 가진방향이 동적 사면 안정성에 미치는 영향 분석, Sand Drain에 의한 3차원 압밀시

국내외 원심모형시험시설 방문 사례 조사 (2)



(a) 양팔형 시험기



(b) 시험동

그림 10. 홍콩과기대 원심모형시험기와 시험동

의 과잉간극수압소산 특성 파악, 지진으로 인한 기반암 절리운동이 상부지반층에 미치는 영향 평가 등이 있었으며, 보유하고 있는 2-D 진동대, 4 axis 로봇팔, 2-D Laminar Box 및 디지털카메라 등을 활용하여 심도 있는 연구를 진행하고 있다.

7. 결론

국내외 방문 조사 및 공동 연구를 통해 국외의 경

우 오래전부터 대형 원심모형시험기를 다수 운영하고 있으며, 그 적용 범위와 연구 성과도 매우 다양함을 알 수 있었다. 현재 국내의 경우, 소형 2대, 중형급 1대의 원심모형시험기만이 운영 중에 있으나, 그 규모의 한계로 인해 아직은 본 분야에서 본격적인 연구가 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이제 국내에도 대형 원심모형시험기가 설치되면 원심모형시험기를 활용한 다양한 연구가 이루어질 수 있을 것이며, 이를 통해 관련 분야 기술 발전에도 큰 기여를 할 수 있을 것으로 기대된다.

제13차 ARC 논문 모집

제 13 차 ARC (13th Asian Regional Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering)가 2007년 12월 10일부터 14일까지 인도 Kolkata에서 개최됩니다. 우리나라에 20편(편당 최대 4쪽)의 논문이 할당됨에 따라 2006년 3월 20일(월)까지 초록을 접수하오니 웹 사이트 www.13arc2007.com 을 참조하시어 관련 분야(Theme and Topic)에 관심 있으신 회원 여러분의 많은 참여 바랍니다.

■ 논문초록접수처 : 한국지반공학회

서울특별시 서초구 서초동 1355-3 서초월드 1201호

Tel : 02-3474-4428, 7865 Fax : 02-3474-7379 E-mail : kgssmfe@chollian.net

■ 논문 초록은 영문으로 작성하여야 하며 초록제출 시 관련분야(Theme and Topic), 소속, 이름, 연락처 및 이메일을 명기하여주시기 바랍니다.