



국내외 원심모형시험시설 방문 사례 조사 (1)

- 국내 및 일본 시설 중심으로 -



서민우*, 하익수**, 박동순**, 정우성**, 김형수**

1. 서론

원심모형시험은 축소 모형시험의 한계와 원형 시험의 단점을 보완해주고, 효과적으로 토류구조물의 거동 및 파괴 메커니즘을 연구할 수 있는 방법으로 알려져 있다. 원심모형시험기는 축소된 모형 구조물(1/n)에 n배의 중력가속도(g)를 가해주어, 실제 응력 상태의 모형지반 거동 분석을 통해 원형의 거동을 예측하는 시험장치이다. 이외에도 원심모형시험기를 이용하면 짧은 시간 내에 흐름 모사 시험이 가능하며, 대규모 폭발에 의한 지반 변형도 아주 적은 양의 폭발로 모사할 수 있는 등, 그 적용 범위가 매우 다양한 시험장치라고 할 수 있다(이철주, 2002).

국내의 경우, 현재까지 소형 2대(충북대, 강원대), 중형급 1대(대우건설기술연구소)의 시험기만이 운영되고 있어 관련 연구 기반이 매우 열악한 상황에

있었다. 이에 한국수자원공사는 댐과 같이 자중이 구조물의 거동에 절대적인 영향을 미치는 지반 구조물의 거동 분석 및 안정성 평가를 위해서 대형 원심모형시험기 도입을 결정, 2005년 현재 선정된 제조사에 의해 시험기가 제작 중에 있으며 2006년 중반 설치를 완료하고 가동을 개시할 예정이다. 그림 1은 수자원공사내 설치될 대형 원심모형시험기(반경 8m, 600g·ton) 구조 및 시험동 조감도를 나타낸 것이다.

저자들은 대형 원심모형시험기의 성공적인 설치 및 활용을 위해 3개의 국내 원심모형시설 및 국외(프랑스 1개 기관, 미국 1개 기관, 중국 2개 기관, 일본 3개) 대형 원심모형시설들을 방문하였으며, 본 기사에서는 방문을 통해 얻은 자료와 정보를 간략히 소개함으로써, 원심모형시험기 관련 연구자들에게 보다 다양한 정보를 제공하고자 한다. 본 기사는 크게 2편으로 구성되어 있으며, 1편에서는 국내 및 일본 시험기를 중심으로, 2편은 그 외의 국외 시설을 중심으로 기술하였다.

*1 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원

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

**3 한국수자원공사 수자원연구원 선임연구원

**4 한국수자원공사 수자원연구원 책임연구원

**5 한국수자원공사 수자원연구원 수석연구원

국내외 원심모형시험시설 방문 사례 조사 (1)

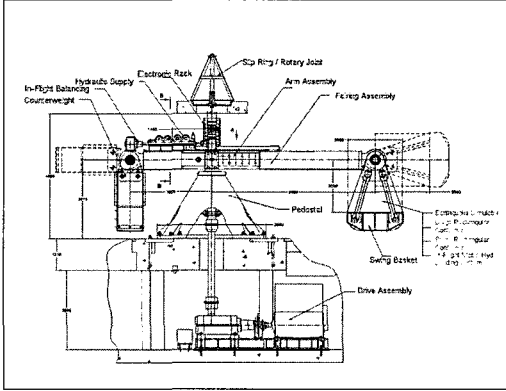
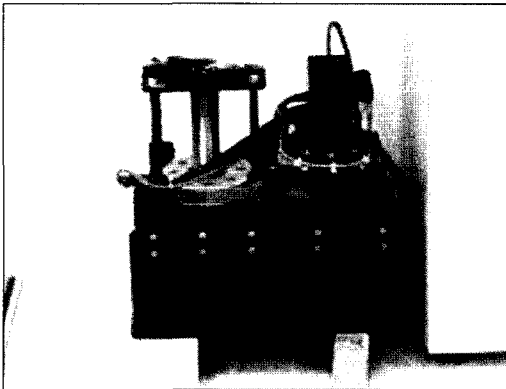
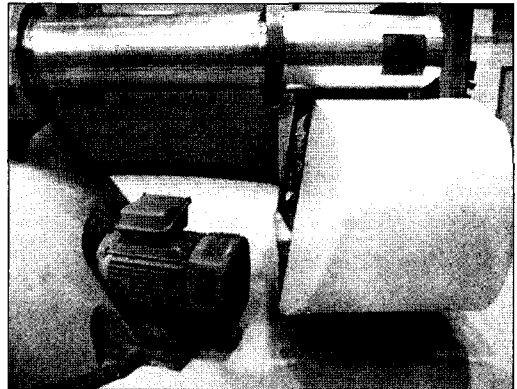


그림 1. 수자원공사 원심모형시험기 구조와 원심모형시험동(2006년 구축 예정)



(a) 전기식 Actuator



(b) 원심모형 시험기

그림 2. 대우건설기술연구소 원심모형시험기 (대우건설 기술연구소, 2002)

2. 국내 원심모형시설

2.1 대우건설 기술연구소 (대우건설 기술연구소, 2002)

대우건설기술연구소 원심모형시험기는 프랑스 Actidyn System 사의 제품으로 120g·ton의 용량을 가지고 있으며, 100g에서는 1.2ton까지 200g에

서는 0.55ton까지 시험이 가능하다. 본 시험기는 반경 3.0m의 중형급 시험기로서, 60개의 electrical slip과 oil, 물, 공기 공급위한 rotary joint를 구비하고 있다. 또한 운전중 하중을 가할 수 있는 actuator와 electrical hopper도 장착하고 있다.

대우건설 기술연구소는 최근까지 다양한 분야에 본 시험기를 활용하여 왔으며, 그 중에서 대표적인 시험 내용으로는 자중압밀 시험, 제체 호안 안정성

○ 주요 제원

Manufacturer	Dong - Ah Testing Machine
G - Range	1 to 100 - 200G at 1,000 mm
Driving System	5.5 kw
Working Radius	1,000mm ⇒ Center to Basket Hinge 1,350mm ⇒ Center to Basket Floor
RPM Range	0 - 500 RPM
Payload Capacity	15 - 20 g.ton
Test Package Size	500mm × 500mm × 600mm
Electric Pick - UPS	40 slip Rings
Fluid Transfer	2 Hydraulic Slip Rings
Test Recording	CCTV, 35mm SLR Camera

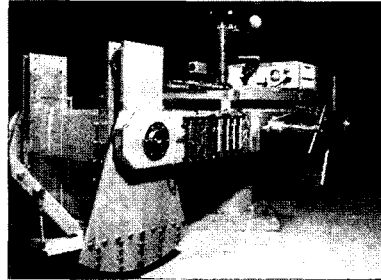
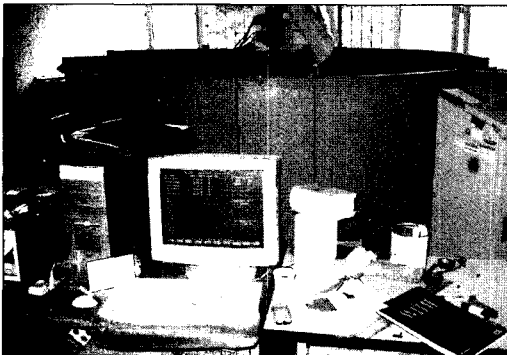
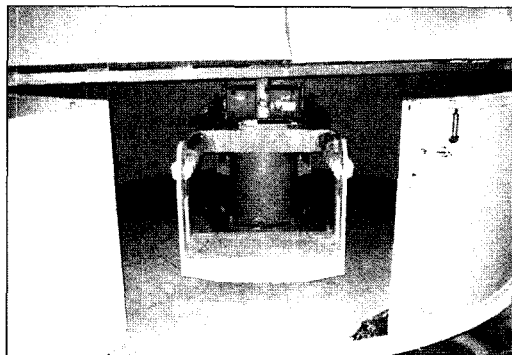


그림 3. 강원대 원심모형시험기 (유남재, 2005)



(a) 원심모형시험기 및 데이터 획득장치



(b) 원심모형시험기실 내부 전경

그림 4. 충북대 원심모형시험기

시험, suction anchor 설계를 위한 원심모형시험 등이 있다.

2.2 강원대학교 (유남재, 2005)

강원대학교(유남재, 2005)는 1993년에 소형 원심모형시험기를 도입한 이래 현재까지 약 10여년 동안 다양한 지반공학 분야에 본 시험기를 성공적으로 적용하여, 지반공학적 문제를 해결하는데 크게 기여하였다. 현재까지 강원대학교 원심모형시

험기는 준설패립지반의 자중압밀 특성, 연약지반 개량공법 (SCP, 강제압밀, PBD), 기초지반의 지지력 특성 등의 연구 분야에 활용되어 왔다.

2.3 충북대학교

충북대는 팔길이 힌지까지 0.92m, 저면까지는 1.28m, 최대 가속도 200g, 용량 29g·ton, 시험 가능한 모형 토조 공간 500×500×300mm로 구성된 원심모형시험기를 운영하고 있다. 약 10여년 동

국내외 원심모형시험시설 방문 사례 조사 (1)

안 본 시험기를 사용하여 다양한 시험을 수행하였으며, 최근까지 원심모형시험기를 이용하여 연약 지반의 강제 치환 및 말뚝의 부마찰력 계산을 위한 중립축 평가, 연약지반 상 SCP 및 GCP 공법의 적용성에 관한 원심모델링, 호안부의 압밀변형 특성 및 안정성 분석 등의 연구를 수행하였다.

설치하였고, 지진연구의 필요성이 증가됨에 따라 1987년에 진동용량 4g·ton의 진동대를 탑재한 반경 2m의 두 번째 시험기를 설치하였으며, 1995년 고베지진을 계기로 1997년 반경 6.6m의 대형 원심모형시험기를 구축, 연구에 적극 활용하고 있다. 6.6m 반경 시험기에 대한 주요 제원 및 현황은 다음과 같다.

3. 일본의 대표적 원심모형 시험시설

일본에 있는 원심모형시험시설 방문은 도입예정 시험기에 대한 예비평가 및 주요 사양결정을 위한 현지 실무 조사를 목적으로 이루어졌다. 2004년 10월에 일본의 대표적인 대형 원심모형시험 시설 중 토목연구소(PWRI, Public Works Research Institute), Takenaka 기술연구소, Obayashi 기술 연구소를 방문하였다.

3.1 일본 토목연구소(PWRI)

PWRI에는 흙댐의 안정문제를 연구하기 위하여 1961년에 반경 1.25m의 원심모형시험기를 최초

Centrifuge

- 제조사 : Hitachi
- effective rotor radius : 6.6m
- max. acceleration : 150g(static), 100g (dynamic)
- maximum payload : 400g·ton
- swing platform : static과 dynamic용 각 1개
- platform space : 길이 2.4×폭 1.3×높이 1.0m

Shaking table

- table size : 길이 1.7m, 폭 1.0m
- capacity : 40g·ton
- maximum shaking acceleration : 40g

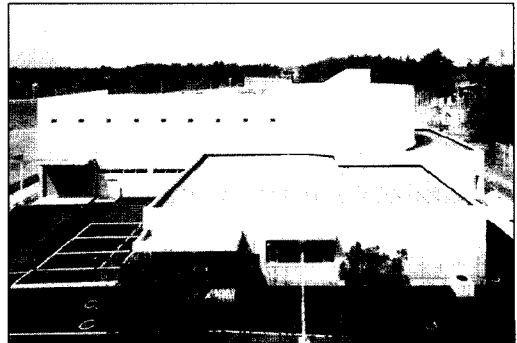
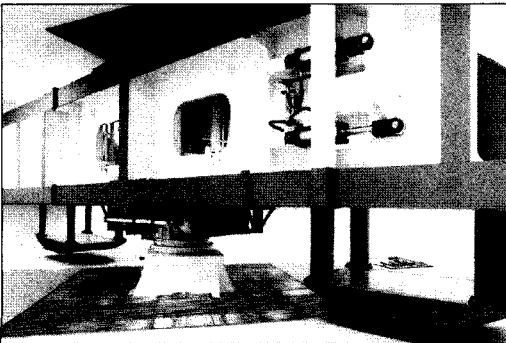


그림 5. PWRI 원심모형시험기 및 시험동 전경



- maximum velocity : 90cm/s
- maximum displacement : ±5.0mm
- frequency range : 10~400Hz

3.2 Takenaka 기술연구소

Takenaka 기술연구소는 민간기업으로 건축물의 기초, 내진설계 등을 목적으로 원심모형시험기를 구축하였으며, 주요사양은 다음과 같다.

Centrifuge

- 제조사 : Actidyn (프랑스)
- capacity
 - static : 200g (payload 2ton), 100g (payload 5ton)
 - dynamic : 100g (payload 5ton)
- dimension
 - nominal radius : 6.5m
 - model space : W2.0m × D2.0m × H1.0m
- 진동 시험 및 계측
 - 모델의 내부 dimension : W1.0m × D.10m × H0.5m

- maximum frequency : 200Hz
- maximum horizontal acceleration : 60g
- maximum centrifugal acceleration : 100g
- slip ring : 200 poles
- sampling rate : 10,000 point/s
- high speed video camera
 - maximum recording speed : 1,000 frame/s

3.3 Obayashi 기술연구소

Obayashi 기술연구소는 새로운 연구소 건물의 축조와 함께 지반공학에 적용될 수 있는 대형 원심 모형시험기(1993년)를 설치하였으며 주요사양은 다음과 같다.

Centrifuge

- 제조사 : 미쯔비시 중공업
- arm 높이 : 3.0m
- radius to the platform : 7.01m
- maximum payload : 700g · ton
- payload weight : 7 ton

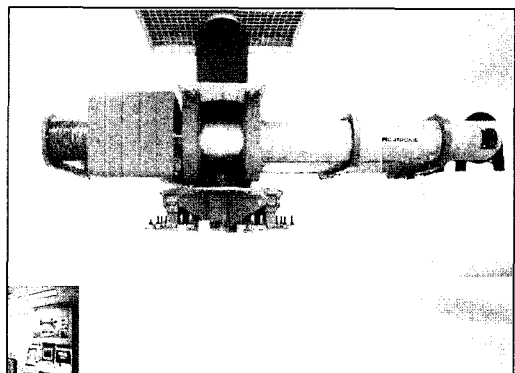
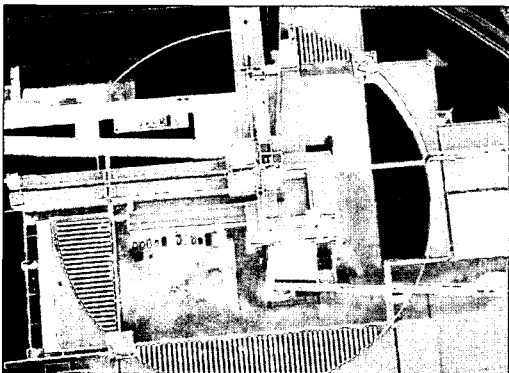


그림 6. Takenaka 기술연구소와 원심모형시험기 전경

국내외 원심모형시험시설 방문 사례 조사 (1)

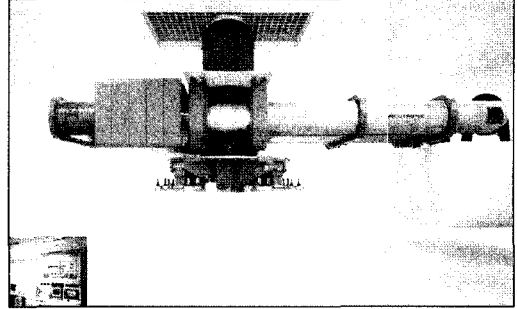
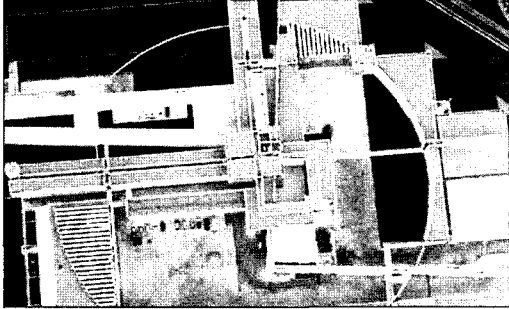


그림 7. Obayashi 원심모형시험기

- platform space : $2.2\text{m} \times 2.2\text{m}$
- test model 높이 : 2.5m
- number of platform : 2 (static, dynamic)

Shaking table

- payload mass : 3ton
- table area : $2.2\text{m} \times 1.07\text{m}$
- max. acceleration : 50g
- max. velocity : 90cm/s
- max. displacement : 5mm
- max. drive force : 120ton

참고 문헌

1. 대우건설 기술연구소 (2002), 원심모형시험 안내서
2. 유남재 (2005), "강원대학교 원심모형시험기 활용사례", 지반 원심모형시험기 활용 증진을 위한 세미나, 한국수자원공사
3. 이철주 (2002), "Geotechnical centrifuge technology 소개", 지반, 한국지반공학회, Vol. 19, No. 8, pp. 31-37

