

공학적 방벽의 지진에 의한 전단 거동 모사시험

이민수, 최희주, 최종원, 김현아

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

minm@kaeri.re.kr

1. 서론

심지층은 고준위폐기물 처분에 적합한 장소로 인식되고 있다. 왜냐하면 오랜 세월 동안 환경의 변화가 적고, 처분용기를 산화시킬 수 있는 산소가 희박하기 때문이다. 그러나 지진에 의한 지각이동이 처분장을 관통할 경우에는 처분용기가 손상될 가능성이 있다. 한반도는 비록 큰 지진의 발생이 없는 비교적 안정된 지층이지만, 역사적으로 전혀 큰 지진이 없지는 않았다. 천년 이상의 처분기간을 고려해 보면, 그 오랜 기간 동안 지각 변동이 없을 것이라고 기대하는 것은 당연히 무리가 있다. 따라서 심지층에서 공학적 방벽의 지각 변동에 대한 안전성은 반드시 검토되어야 한다.

지각 변동의 크기를 예상하고, 시험조건을 정립하는 것은 중요하다. 지진이 빈번한 일본에서는 규모가 큰 지진의 강도를 분석한 후, 심지층 처분장은 1m/sec로 암반 전단속도로 10 cm로 이동할 경우에도 처분용기가 안전하도록 요구하고 있다. 또한 스웨덴의 경우에도 심지층 처분장은 1m/sec의 암반 전단속도로 5 cm이동해도 처분용기의 안전성이 확보되도록 하고 있다. 현재 우리나라는 확정된 기준은 없지만, 외국의 기준을 참고하여 전단속도 1m/sec, 전단거리 10 cm 기준을 적용하여 공학적 방벽의 안전성을 규명하고자 한다.

공학적 방벽의 지진에 의한 전단 안전성을 규명하기 위해, 본 연구에서는 1/30 규모의 축소 전단시험기기를 제작하고, 실제 A-KRS에서 설계된 공학적 방벽의 안전성을 실험적으로 검증하고자 하였다. 또한 실제 시험이 축소모형으로 진행되는 점과 1 m/sec의 빠른 전단거동을 실험실에서 구현하기 어렵기 때문에, 공학적 방벽의 전단거동에 대한 전산모사 개발도 동시에 진행하였다.

2. 본론

2.1 실험

전단시험을 수행하기 위해 그림 1과 같이 1/30 규모의 소형전단시험 장치를 제작하였다. 전단시험 기기는 내부 공간이 직경 70 mm 및 길이 120 mm로서 내부의 소형 처분용기(직경 30 mm, 길이 60mm와 벤토나이트 완충재를 채워 넣고 전단시험을 할 수 있도록 되어 있다. 전단시험 기기는 반으로 분할되면서 미끄러짐이 가능하여 내부 소형 처분용기에 전단력을 가할 수 있다. 구체적인 시험 시스템을 그림 2에 도시하였다. 시험에 사용된 벤토나이트는 경주산 Ca 벤토나이트로서 건조밀도 1.6 g/cm³으로 압축시킨 것을 삼입하였다. 그리고 시험기기의 내부면에는 6 개의 압력센서를 배치하여 벤토나이트의 압력변화를 측정할 수 있도록 되어 있다. 조립된 시험기기는 2~3개월 동안 KURT 지하수를 공급하여 충분히 내부 벤토나이트가 팽윤상태가 평형에 도달 하도록 한 후, 전단시험을 수행하였다. 시험은 전단속도 100 mm/min 및 전단거리 20 mm에서 진행하였다.



Fig. 1. 축소형(1/30 scale) 전단시험기기의 전단시험 모습.

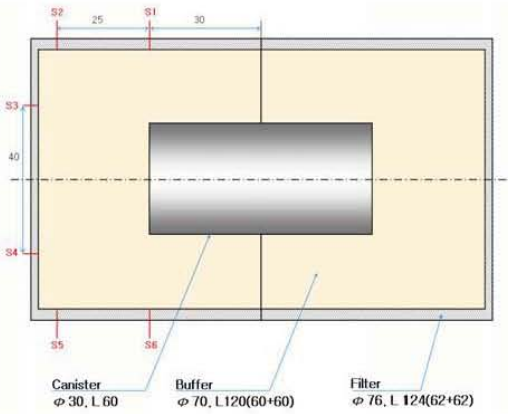


Fig. 2. 축소 전단시험 도식도(상).

2.2 실험 결과

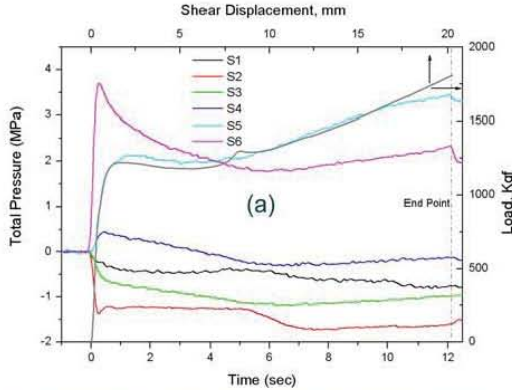


Fig. 3. 전단에 의한 부위별 센서의 압력변화 곡선(a)과 전단에 의한 소형 용기의 회전거동.

전단시험에 의한 6개 압력센서의 변화를 그림 3에 나타내었다. 내부 용기가 전단에 의한 회전거동을 진행함에 의해 벤토나이트가 밀착되는 3개 압력 센서는 압력이 증가하였으며, 벤토나이트가 벌어지는 지점에 위치한 3개의 압력센서는 압력이 감소하는 것으로 나타났다. 이 때 최대 압력

상승은 약 3.5 MPa로 측정되었다. 압력변화는 2차례의 시험에서 일관된 증가를 나타내지 않았기 때문에 좀 더 정밀한 시험이 요구되고 있다. 전단에 의한 용기의 회전각(θ)은 이론적으로 식 (1)에 의한 정의된다.

$$\theta = \sin^{-1}(\delta/L) \text{ ————— (1)}$$

여기서, δ 는 전단거리이며, L 은 시험용기의 길이이다. 그림 3에서 측정된 시험용기는 이론값인 20도에 비해 다소 높은 27도를 나타내었다. 이는 전단시험기기를 분해하면서 생긴 오차일 수도 있고, 용기 내부 완충재의 불균일 때문일 수도 있다. 보다 정확한 원인은 정밀한 시험을 통해 원인을 밝힐 예정이다.

3. 결론

지진에 의한 압만의 전단거동이 심지층에 위치한 공학적 방벽에 미치는 영향을 규명하기 위해 소형 전단시험기기를 제작하고 처분용기의 안전성 검증을 진행 중에 있다. 현재까지 나온 결과에서는 전단거동에 의한 충격을 벤토나이트 완충재가 막아주는 것으로 보이며, 용기의 파손에 이르는 치명적인 상황을 예상되지 않고 있다. 수행된 시험에서 나타난 문제점들을 수정하여 좀 더 정밀한 전단시험을 계속 수행할 예정이며, 보다 정확한 실제 규모의 예측을 위해 전산모사 프로그램 결과와 비교 분석할 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

[1] Naito, N., Saito, Y., Tanai, K., and Yui, M., Journal of Power and Energy Systems, Vol. 3, No. 1, 2009, 158-169.
 [2] SKB, "Earthquake induced rock shear through a deposition hole", Technical report TR-10-33 (2010).