

심지층 처분용기 전단시험모듈의 개발

이민수, 최희주, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동 150

minm@kaeri.re.kr

1. 서론

원자력발전소에서 발생한 사용후 핵연료 및 고준위 폐기물은 높은 방사선과 장반감기로 인해 지상에 처분하기보다는 인간의 침입이 어려운 심지층에 처분하는 방안이 연구되고 있다. 심지층은 인간에 의한 사고를 방지하기에는 유리하지만, 지진과 같은 자연적 재해는 피해갈 수 없다. 통상적으로 처분용기 주변은 화학적, 물리적 완충역할을 하는 완충재로 보호된다. 완충재의 가장 큰 목적은 방사성 핵종의 확산을 막고, 부식인자의 침투를 막는 것이다. 하지만, 지진과 같은 자연재해에서는 용기에 가해지는 물리적 충격을 완화시킬 수 있는 완충기능도 있어야 할 것이다. 일본 JAEA에서는 지난 10년간 지진에 의한 단층(fault)이 처분장을 관통할 경우를 예상하여 전단시험을 실시하여 왔다[1]. 이에 우리나라도 완전히 지진으로부터 안전한 지역이 아니므로, 현재 개발되고 있는 심지층 처분용기가 한국형 공학적 방벽에서 안전하다는 것을 확인할 필요가 있다. 이러한 목적으로 지진에 의한 단층활동을 모사할 수 있는 전단시험모듈을 개발하고자 하였다.

2. 본론

2.1 JAEA 전단시험기

일본 JAEA 에서 운영하고 있는 전단시험기는 고준위 폐기물 처분장에 사용될 EBS에 단층이 발생할 경우를 가정하여, 전단 움직임에 의한 축소판 EBS 움직임과 건전성을 실험실에서 살펴보기 위해 제작된 것이다. 전단시험결과는 FEM(finite element method)로 전산모사한 해석결과와 비교하여 모델링의 정확성을 높이는 데 사용된다. 최종적으로는 실제 규모의 단층 거동(빠른 전단속도 최대 1m/sec, 및 전단움직임 1m 이상)에 대한 전산모사의 신뢰도를 높이는 데 그 의미가 있다. 그림 1은 JAEA에서 현재 운용중인 전단시험장치를 나타내고 있다. 전단시험장치의

규모는 실제 처분장에 사용될 EBS의 1/20 크기이며, 전단속도는 약 0.1 m/sec로 한쪽 시험용기를 수직으로 최대 70mm까지 이동시켜서 시험할 수 있다.

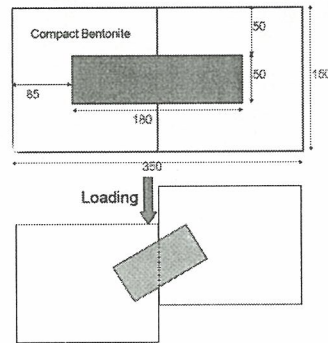
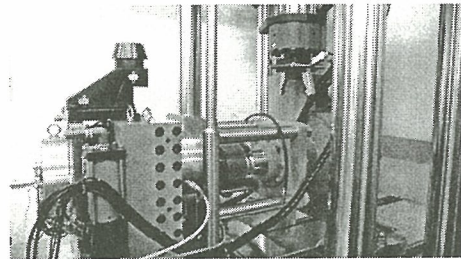


Fig. 1. JAEA의 EBS 전단시험장치(상)
전단시험 도식도(하)

2.2 한국형 EBS 모델

현재 A-KRS에서 고려하고 있는 한국형 처분용기는 내부주철용기와 부식저항성을 지니는 저온분사코팅 외부구리용기의 이중용기구조를 채택하고 있다[2]. 이에 비해 일본의 처분용기는 탄소강의 단일 용기를 사용하고 있다. 그리고 일본형 완충재는 70wt% Na 벤토나이트와 30wt% silica sand 혼합물로 건조밀도 1.6 g/cm³로 압축 성형하여 사용한다. 하지만 한국형 완충재는 경주산 100% Ca 벤토나이트로서 건조밀도 1.6 g/cm³로 압축 성형하여 사용하게 되므로, 일본의 전단시험결과를 한국형 EBS 시스템에 활용하기에는 무리가 있다.

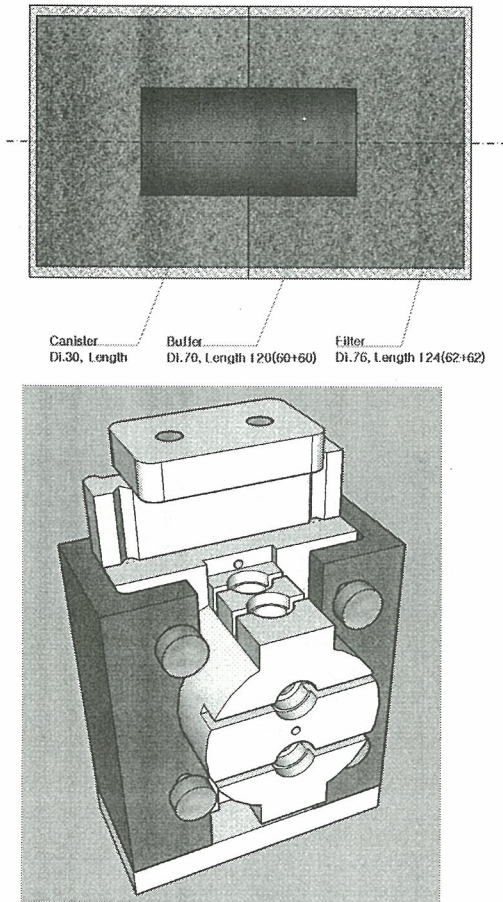


Fig. 2. KAERI의 전단시험 규격(상)과 전단시험모듈 조감도(하)

2.3 KAERI 전단시험모듈 설계

한국형 전단시험모듈은 일본 JAEA보다 규모가 작은 1/35 정도 규모로 모듈형으로 설계되었으며, 자체적으로 전단시키는 기계적 기능은 없고, 일반 재료압축시험기에 장착될 수 있도록 하였다(그림 2). 전단모듈은 2개의 분리된 챔버가 맞닿는 면이 물리적으로 미끄러지는 구조로 되어 있어, 내부에 위치한 완충재와 시험용기가 전단력을 받도록 되어 있다. 시험용기는 주철-구리 이중구조로서 직경 30mm, 길이 60mm이다. 모듈내 완충재 공간은 직경 70mm, 길이 60mmx2이다. 완충재가 접하는 모듈 내면에는 물이 스며들 수 있도록 2~3 mm 두께의 금속 필터가 덮여 있다. 모듈의 전단범위는 0~30mm 정도이며, 25mm 전단될 경

우 시험용기는 약 24.6도의 회전을 하는 것으로 계산된다. 전단시험 시 압력 변화를 측정하기 위해 위치가 고정된 챔버 반쪽에는 6개의 다이아프램형 압력 측정용 센서가 부착될 예정이다.

3. 결론

앞으로 제작될 전단시험모듈은 실제 지진에 대비한 한국형 공학적 방벽의 안전성을 확인하는데 사용될 예정이다. 실제 소규모의 시험결과를 통해 실제규모의 전단거동을 모사할 수 있는 정확한 전산모형을 개발하는 것을 최종 목표로 삼고 있다. 이를 위해 전단시험모듈 개발과 더불어 역학 모델개발도 병행하여 추진하고 있다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] Morimasa Naito, Yuya Saito, Kenji Tanai, and Mikazu Yui, Journal of Power and Energy Systems, Vol. 3, No. 1, pp 158-168, 2009
- [2] J. Lee, H.J. Cho, and J. Choi, "Concept of a Korean Reference Disposal System for Spent Fuels", J. Nucl. Sci. Technol. 44, p1565, 2007.