

공학적방벽시스템 현장실증시험 개념설계

이재완, 조원진, 권상기

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

iolee@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위폐기물처분장에서 폐기물고화체, 완충재, 뒷체움개를 포함하는 공학적방벽시스템은 방사성핵종이 처분폐기물로부터 처분장 밖으로 유출되는 것을 1차적으로 막아주며, 그 성능을 인위적으로 향상시킬 수 있는 중요한 처분장의 구성요소이다. 때문에 공학적방벽시스템이 처분환경 하에서 어떻게 거동하는지는 처분안전성과 직결되는 중요한 부분이다. 공학적방벽시스템의 거동 실증시험은 실험장치의 구성이 복잡적이고 다양한 계측기능이 필요하기 때문에, 대부분의 원자력 선진국에서는 공학적규모의 실험을 통해 시스템의 동특성과 장치특성을 파악하고 계측 시스템을 보정 (calibration)한 후, 지하시험시설에서 현장시험 (in-situ test)을 수행하는 단계적 접근 방법을 채택하고 있다. 한국원자력연구원에서는 이러한 공학적방벽시스템 실증시험의 특성을 고려하여, 우리나라 기준처분시스템 공학적방벽시스템에 대한 2단계 (공학적규모->현장조건규모) 실증시험을 계획하고, 2003년부터 1단계 공학적규모의 실증시험을 수행해 오고 있다.

공학적방벽시스템에 대한 현장실증시험은 실험실 내 실험과는 달리 실제 처분장과 유사한 지하환경을 제공한다. 이러한 이유로 현장시험은 처분장의 성능에 영향을 미칠 수 있는 지질 및 지하수 환경을 조사하고, 현장조건에서의 시스템 구성요소 방벽 거동 및 성능을 실증하며, 처분장 설계에 필요한 관련 기술의 타당성과 현장 실험데이터를 확보하는데 중점을 두고 수행된다. 그러나 현장실증시험의 성공적 수행을 위해서는 많은 기술적 자료와 경험이 필요로 하며, 또한 예산과 시간이 많이 소요 되고 일단 설치가 끝난 장치는 재설치가 거의 불가능하기 때문에 사전에 철저한 준비가 필요하다.

이와 관련하여, 본 연구에서는 국의 현장시험 현황을 분석하고, 이를 바탕으로 KURT에서 수행될 공학적방벽시스템 현장시험에 대한 개념설계를 수행하고, 향후 수행할 실험계획을 수립하였다.

2. 본론

2.1 국의 현장시험 기술현황

고준위폐기물처분장 공학적방벽시스템의 현장실증시험과 관련하여, 원자력 선진국인 미국, 캐나다, 일본, 프랑스, 스위스, 스웨덴 등에서는 기존에 추진해 오던 실험실적 연구와 이론적 예측 연구에서 점차 실제 처분장이 위치할 지하환경과 유사한 조건에서 현장시험을 수행하는 쪽으로 연구방향을 전환하고 있는 추세이다 (표 1). 이에 따라 지하연구시설을 건설하고 다양한 현장시험을 통해 처분시스템의 성능을 확인, 개선하는 데 많은 노력을 기울이고 있다. 현재 선진국의 현장시험기술은 실험실적 연구, 공학적 규모의 시험을 거쳐, 개발된 기술을 지하연구시설에서 현장시험을 하여 그 성능을 확인하는 단계이며, 일부 분야에 대해서는 원형 (proto type) 현장시험이 착수되고 있는 단계이다.

2.2 현장시험장치 개념 및 실험계획

그림 1은 공학적방벽시스템의 현장시험장치의 개념도이다. 시험구역 터널 바닥에 직경 2.24 m, 깊이 5 m의 시험공을 굴착하고, 여기에 현장시험장치를 설치하게 된다. 공학적방벽시스템의 현장시험장치는 히터, 완충재, 플러그, 지지대를 포함한 핵심 시험부분과 히터 제어 및 측정센서로부터의 데이터 수집과 처리를 위한 HCS & DAS 시스템으로 구성된다. 히터는 직경 1.22 m, 길이 2 m의 원통형으로, 히터와 벤토나이트블록 경계면에서의 온도가 95 °C를 유지하는데 충분한 열량을 발생할 수 있도록 내부에 열용량 3 kW의 열원요소 (heating element) 3개를 넣고 나머지 빈공간에는 산화마그네슘 분말로 채운다. 히터와 시험처분공 내벽 사이의 공간에는 초기 수분함량 13 %, 건조밀도 1.6 kg/m³ 인 고밀도 벤토나이트블록을 제작하여 설치한다. 이 때 블록과 블록 사이의 틈새에는 벤토나이트 분말을 채우고, 히터와 블록, 블록과 시험처분공 사이 빈 공간에는 모래를 채운다. 블록 설치가 끝난 후 상부에는 플러그

를 설치하고, 벤토나이트블록이 지하수와 반응하여 생긴 팽윤압에 의해 시험처분공 위쪽 방향으로 솟아오르지 못하게 하고, 터널바닥으로부터 물이 플러그와의 틈새를 통하여 들어가지 못하도록 단단히 밀봉 한다. 그리고 플러그 위쪽은 고밀도 벤토나이트블록으로부터 작용하는 팽윤압을 충분히 견딜 수 있는 강도의 지지대를 천정까지 세운다. 현장시험에 사용될 센서는 벤토나이트블록과 주변암반에서의 온도, 습도, 압력, 변위 및 공극수압 변화를 측정할 센서들이며, 실험기간동안 정밀성, 내구성, 편의성 및 안정성이 충분히 확보 될 수 있는 것들로 선정한다. 히터 제어 및 측정센서로부터의 데이터 수집과 처리를 위한 HCS & DAS 시스템은 공학적규모의 KENTEX 실증실험장치에 사용된 것과 기능적으로 유사한 시스템을 사용하며, 운영프로그램은 PRODASH-EN 2.0을 수정보완하여 사용한다. 그 밖의 구성요소 사양은 기준처분시스템의 설계요건과 KENTEX 실증실험에서 얻어진 데이터와 기술경험을 바탕으로 결정될 것이다. 본 공학적방벽시스템 현장실증시험의 장치설치 및 실험수행을 위한 주요 연구항목 및 추진일정은 그림2과 같다.

3. 결론

본 연구에서는 우리나라 고준위폐기물 기준처분장 공학적방벽시스템의 실증을 위해서 국외 현장시험 기술현황을 분석하고 현장실증실험장치의 개념 설계를 완료하였으며 세부 실험계획을 수립하였다. 향후 KURT에서 수행될 현장실증시험은 공학적방벽 구성요소의 제작,설치 기술 및 관련자료, 공학적방벽의 THM 성능 및 핵심기술에 대한 실증 자료, 고준위폐기물 처분장 건설을 위한 기반기술 및 자료를 제공하며, 한국형 기준처분시스템에 대한 국민 이해 및 신뢰도를 향상 시킬 것이다.

Table 1. 공학적방벽시스템 현장시험 현황

국가	실증시험 및 관련 시설	
	Engineering Scale	URL
Canada	Thermal Perform. Test (Ontario Hydro) (1986~) Heater/Buffer Module Expt. (Carleton Univ) (1986~)	Buffer/Conduker Experiment of single hole heater test (URL) (1986~)
Japan	BY-ENEN (THM) (1988~1990) COURIE (THM) (~1998)	THM Expt. Kurokawa's Expt. of Trench water (1993~1998)
Sweden		Buffer Mass Test Stripa Mine (1983~1992) Long-term Test of Buffer (Also THM) (1998~)
Spain	Mock-Up Test (CIEMAT) (~1990)	FEBSK (THM) (1997~)
USA	Heater Experiment (University of Nevada) (1990s)	Full Water Migration/Heater Experiment (SNL) (1980~1984) The Single Heater Test/Drift scale (Korea M.R.) (1996~)

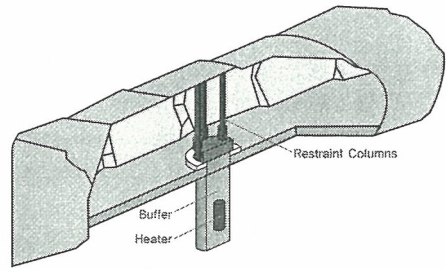


Fig. 1. 공학적방벽시스템 현장시험장치 개념도

Work	Year	1 st yr	2 nd yr	3 rd yr	4 th yr	5 th yr
Work Planning		█				
Test Zone Characterization		█	█			
Design and Excavation of a Test Pit		█				
Fabrication and Purchase of Test Components			█			
Installation and Test-run				█		
THM Test	- Heating Phase			█	█	█
	- Cooling Phase			█	█	█
	- Core Sampling			█	█	█
Coupled THM Modeling		█	█	█	█	█

Fig. 2. 공학적방벽시스템 현장시험 연구내용 및 추진일정