

# KURT 내부 In-DEBS 시스템에 설치된 벤토나이트 완충재의 균질성 평가

윤석<sup>1</sup>, 김진섭<sup>1</sup>, 김건영<sup>1\*</sup>, 김경수<sup>1</sup>, 소재철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

<sup>2</sup>(주)맥테크, 대구광역시 달서구 성서서로 47길 19

\*kimgy@kaeri.re.kr

## 1. 서론

고준위폐기물처분장은 대부분 지하 500-1,000 m 깊이의 심지층에 설치되는 방안이 고려되고 있다 [1]. 심지층처분시스템은 처분용기, 완충재, 뒷채움재 등을 포함하는 공학적 방법시스템과 원래 상태의 암반인 자연방벽시스템으로 구성되어 있다. 이 중 처분장으로부터 방사성 핵종이 유출되는 것을 저지하는데 1차적으로 중요한 역할을 하는 것이 완충재이기 때문에 완충재가 가져야 할 성능 및 요건은 전체 다중방벽개념에서 매우 중요한 역할을 한다[2]. 한국원자력연구원에서는 지하처분연구시설 내에 1/2.3 규모의 공학적방벽 현장시험 시스템을 (In-DEBS, In-situ demonstration of engineered barrier system) 구축하였다(Fig. 1). 이 중 완충재는 경주지역에서 산출되는 칼슘벤토나이트가 사용되었다. 완충재는 지진 등의 외부 충격으로부터 처분 용기를 보호해야 하기에 양호한 물리적 역학적 성질을 가져야 하는데 이 중 건조밀도는 1.6 g/cm<sup>3</sup> 이상의 값을 가져야 한다[1]. 따라서 본 연구에서는 KURT에 설치된 벤토나이트 완충재의 균질도를 확인하기 위하여 2.3 m 높이의 벤토나이트 블록에서 임의의 27개 지점에 대해 시료를 채취하여 이에 대한 균질도를 평가하고자 하였다.

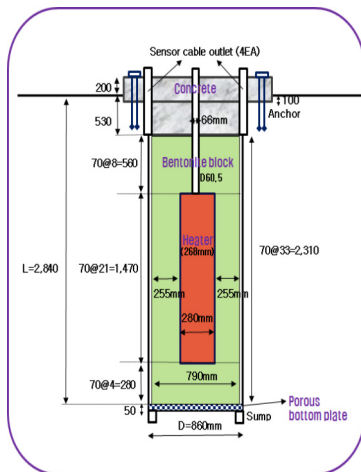


Fig. 1. Diagram of In-DEBS system.

## 2. 본론

### 2.1 시료 제작

In-DEBS 시스템에 설치된 벤토나이트 완충재의 한 개 층은 직경 800 mm, 높이 70 mm로 4등분하여 제작되어 총 132개의 블록이 설치되었다. 이 중 임의로 27개 지점에 대해 직경 30 mm, 높이 25 mm의 원기둥의 샘플에 대해 함수비 및 건조 밀도를 측정하였다. 27개의 샘플을 110±5°C의 건조로 내에 24 시간 건조 후 함수비 및 단위중량 측정하였다[3].

### 2.2 결과 및 토의

Table 1은 27개 샘플에 대한 기초 통계량을 나타낸다. 평균 함수비는 11.2%, 평균 건조단위중량 1.88 g/cm<sup>3</sup>, 평균 습윤단위중량 2.09 g/cm<sup>3</sup>의 값을 나타냈다. 완충재 성능 조건과의 비교를 위해 통계 검증을 실시하였다. 함수비, 건조단위중량 및 습윤 단위중량에 대해 정규성 검증을 실시하였다. Table 2에서 알 수 있듯이 왜도와 첨도의 절대값이 모두 2보다 작았으며 데이터의 정규성 검증을 위해 Shapiro-Wilk 및 Kolmogorov-Smirnov 검정 결과 유의확률(P-value)이 0.05보다 크기에 정규성을 만족함을 알 수 있다[4]. 또한 Fig. 2와 같이 모두 정규성 분포도를 보였으며 이를 토대로 일표본 t-test를 통하여 기준치와 비교하였다. 건조단위중량의 경우 도출된 표본값을 근거로 모평균을 추정하여도 기준치인 1.6 g/cm<sup>3</sup> 값보다 크게 도출되었으며 함수비 또한 기준치인 13%보다 작게 도출되었다(Table 3). 신뢰도 95% 범위에서 유의확률이 모두 0에 가까울 정도로 나타났기에 In-DEBS에 설치된 벤토나이트의 건조단위중량과 함수비와 같은 기본 물리적 성질을 충분히 충족시켰음을 알 수 있다.

Table 1. Summary of descriptive statistics quantity

	최대값	최소값	평균	표준편차	왜도	첨도
함수비 (%)	0.115	0.110	0.112	0.001	0.728	0.471
건조단위중량 (g/cm <sup>3</sup> )	1.924	1.820	1.878	0.030	-0.232	-1.113
습윤단위중량 (g/cm <sup>3</sup> )	2.139	2.022	2.089	0.033	-0.293	-1.053

Table 2. Results of normality analysis

	Kolmogorov-Smirnov		Shapiro-Wilk	
	통계량	P-value	통계량	P-value
함수비	0.139	0.200	0.952	0.235
건조단위중량	0.133	0.200	0.949	0.207
습윤단위중량	0.133	0.192	0.949	0.207

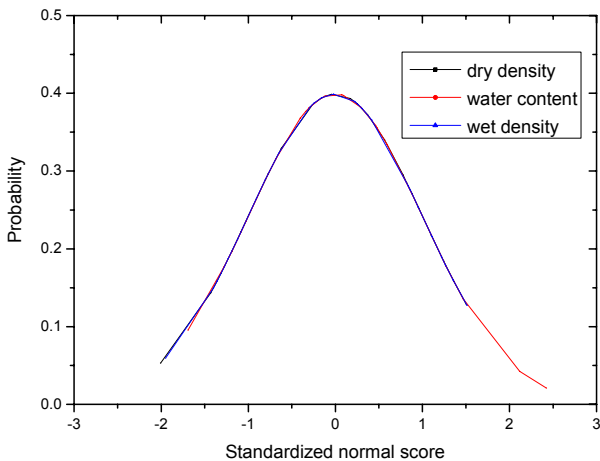


Fig. 2. Standard normal distribution curve.

### 3. 결론

본 연구에서는 In-DEBS 시스템에 설치된 벤토나이트 완충재에 대한 균질성을 평가하였다. 2.3 m 높이의 벤토나이트 블록에서 임의의 27개 지점에 대해 시료를 채취하여 대표적인 물리적 물성값인 건조단위중량, 습윤단위중량 및 함수비를 측정하였으며 표준편차가 0.1-3% 이내로 균질하게 벤토나이트 블록이 형성되었음을 알 수 있다. 또한 데이터들이 정규분포를 이루었기에 기준치 검정을 위해 일표본 t-test를 실시하였으며 건조단위중량 및 함수비가 모두 기준치를 충족함을 알 수 있었다.

Table 3. Result of one sample t-test

	t	자유도	유의확률 (양쪽)	평균차	차이의 95% 신뢰구간	
					하한	상한
함수비 (검정값: 0.13)	-75.910	26	.000	-0.0182	-0.0186	-0.0177
건조단위중량 (검정값: 1.6)	48.213	26	.000	0.279	0.267	0.290

### 4. 감사의 글

본 연구는 미래창조과학부 한국연구재단의 원자력 기술개발사업의 지원을 받아 수행되었으며, 이에 깊은 감사를 드립니다.

### 5. 참고문헌

- [1] 이재완, 이민수, 최희주, 이종열, 김인영, "고준위폐기물처분장의 완충재 개념 도출: 접근방안", KAERI/TR-5824 (2014).
- [2] 김건영, 김승수, 최종원, "방사성폐기물처분을 위한 완충재의 성능 및 요건 검토", 한국광물학회지, 20(1), 10-18 (2007).
- [3] S. Yoon, "Suggestion of Design Parameters and Evaluation of Thermal Efficiency in Energy Piles by Thermal Performance Tests, Ph.D Thesis, KAIST (2015).
- [4] 윤석, 이승래, 강신항, 박도원, "통계 분석을 통한 산사태 토석류 전이규준 모델", 한국지반공학회논문집, 31(6), 59-69.