

A-KRS 공학적 방벽 진단시험을 위한 예비해석

김현아, 이민수, 이종열, 최희주

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

hyunah@kaeri.re.kr

1. 서론

현재 개발 중인 선진핵주기 고준위폐기물 처분시스템(A-KRS)의 공학적 방벽(EBS)이 단층작용을 받았을 경우 그 안전성을 평가하기 위해, 일본 JAEA와의 상호공동연구의 일환으로 진단시험기(Fault Test Machine)를 활용하여 축소모델로 진단시험을 수행할 계획이다. 따라서 실제 진단시험을 수행한 결과와 전산모사를 통한 결과를 비교 검토함으로써 수치해석 결과의 신뢰성을 높일 수 있을 것이다. 국내산 벤토나이트의 물리적 변수를 결정하기 위해 경주 벤토나이트에 대한 기본물성실험 결과값을 이용하였다. 벤토나이트의 결정된 물리적 변수를 이용하여 Drucker-Prager 파괴기준으로 ABAQUS를 이용하여 예비해석을 수행하였다. 본 논문에서는 JAEA 진단시험을 위한 물리적 변수를 결정하기 위한 과정과 수치해석 결과에 대하여 기술하였다.

2. 물리적 변수를 결정하기 위한 과정

국내산 벤토나이트에 대한 기본 물성시험은 벤토나이트의 건조밀도가 1.5, 1.6, 1.7 g/cm^3 일 때, 각각의 경우의 함수율은 10, 15, 20 %로 일축압축시험과 삼축압축시험 등을 수행하였다. 진단시험에 사용될 벤토나이트는 포화상태로 건조밀도는 1.6 g/cm^3 이고, 함수율은 20 %로 일축압축시험 및 삼축압축시험 결과를 그림 1에 나타내었다.

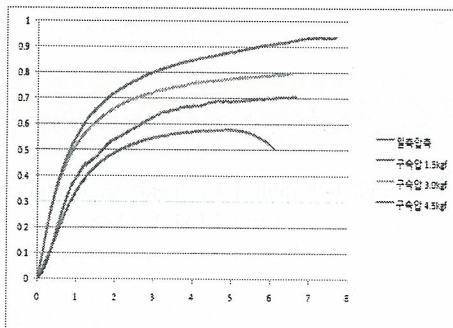


그림 1. 구속압에 따른 하중-변위곡선

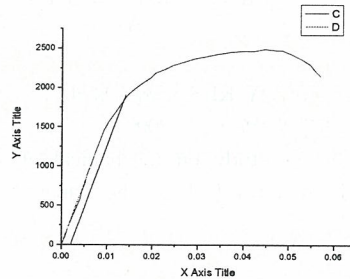


그림 2. 0.2% offset을 통한 항복응력 설정

그림 1의 일축압축시험 결과 그래프에서 탄성계수와 항복응력, 응력-변형을 선도를 도출할 수 있다. 탄성계수는 할선탄성계수(secant modulus)로 압축강도의 40%에 해당하는 응력과 원점을 연결한 기울기로 결정하였다. 그림 2에서는 항복강도를 결정하기 위한 0.2% offset 방법을 나타내고 있다. 압축벤토나이트의 삼축압축시험 결과에서 Mohr의 원을 이용하여 내부마찰각과 점착력을 구할 수 있으며, 연세대에 서 제시한 값은 각각 29° , 0.67 MPa이다.

3. 해석 및 결과

EBS 진단시험을 모사하기 위하여 ABAQUS를 이용하여 수치해석을 수행하였다. 그림 4는 진단시험의 개념도로 B를 고정하고 A 부분에 변위를 가하였다. 벤토나이트 완충체에 대해서는 Drucker-Prager 항복기준을 적용하였다. 구리와 주철로 이루어진 처분용기에 대해서는 탄성체로 가정하였고, 주변압반은 강체로 가정하였다. 하중은 변위제어로 하여, 최대변위 16 mm까진 진행하였다. 그림 5는 처분용기 주변의 응력분포도로 붉은색 에서는 항복응력을 초과하고 있다. 향후 물성치와 수치해석에 대한 검토가 이루어지면 JAEA에서 시행될 진단시험 결과와 비교 검토하여 EBS 안전성을 평가할 계획이다.

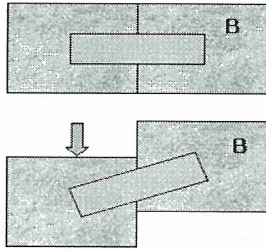


그림 3. 전단시험 개념도

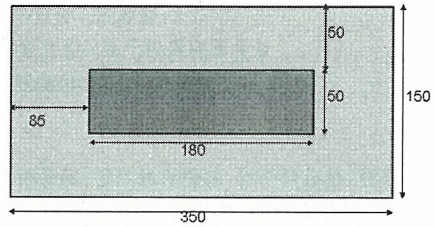


그림 4. 전단시험기에 적용될 KAERI EBS 도식도

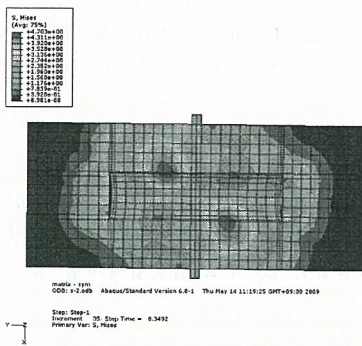


그림 5. 벤토나이트 부분의 응력도
A

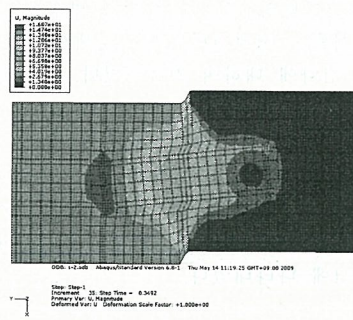


그림 6. 변위도

4. 참고문헌

1. 정상섬, 김도현, “A-KRS 공학적방벽 설계입력변수 측정 기술 개발” 연세대학교 공과대학 사회환경 시스템공학부 기반공학연구소, 2009.2
2. MRS Poster “A study on mechanical effect of simulated fault movement on engineered barrier system”, M. Nishimura, T. Hirai, K. Tanai, and M. Yui, received from JAEA (2008)