

압축벤토나이트의 팽윤압에 대한 염분의 영향

임진규, 이재완, 조원진, 권상기

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

odinlig@naver.com

1. 서론

고준위폐기물처분장에서 완충재의 중요한 방벽 기능 중 하나는 밀봉역할이다. 처분장내 공극을 최소화하고 주위 암반의 균열을 메워 지하수나 유출 핵종의 이동을 최대한으로 지연시키는 역할을 한다. 완충재 후보물질로는 벤토나이트가 유력하다. 이것은 벤토나이트의 높은 팽윤성, 양호한 흡착능 및 처분환경에서의 내구성 등 때문이다. 완충재가 방벽재로서 밀봉역할을 제대로 하기 위해서는 팽윤능이 커야 하지만, 다른 한편으로는 처분용기와 주위 암반에 과도한 하중을 주지 않도록 적절한 팽윤압을 가져야 한다. 그러므로 벤토나이트를 처분장 완충재로 사용할 경우 대상물질의 팽윤압 측정은 완충재의 설계 및 성능평가를 위해서 매우 중요하다.

벤토나이트의 팽윤압은 제한된 공간에서 물과 접촉한 벤토나이트가 수화반응 또는 삼투현상을 통해 그 공간의 외벽에 작용하는 압력을 말한다. 압축벤토나이트를 처분장 완충재로 설치할 경우, 완충재 팽윤압은 벤토나이트의 광물특성, 공극수의 화학적 특성, 시공 시 공학적 특성 등에 영향을 받는다.

우리나라는 고준위폐기물처분장을 임해지역에 건설할 가능성이 높으며, 이 경우 처분장으로 유입되는 지하수는 해수와 처분장 구조물과의 상호작용으로 인해 그 속에 다량의 염분을 함유하게 되고, 그 결과 완충재로 사용되는 벤토나이트의 팽윤압이 영향을 받을 가능성이 있다.

이와 관련하여, 본 연구에서는 국산 벤토나이트를 대상으로 압축벤토나이트의 팽윤압을 측정하고, 염도에 따른 팽윤압의 변화를 조사하였다.

2. 본론

2.1 실험

실험에 사용된 벤토나이트는 경주산 벤토나이트로 원광을 분쇄 한 후 200 메쉬(mesh) ASTM

(American Society for Testing and Materials) 망체를 통과한 것을 사용하였고 광물분석 결과, Ca-벤토나이트로서 몬모릴로나이트 (montmorillonite, 70 %)와 장석(feldspars, 29%)을 주성분으로 하고, 소량의 석영 (quartz, ~1%)을 포함하였다. 화학조성은 SiO₂ 56.8%, Al₂O₃ 20.0%, Fe₂O₃ 6.0% 및 기타 미량성분으로 되어 있다. 벤토나이트의 주요 교환가능 양이온은 Ca²⁺ 이고, 양이온교환능은 57.6 meq/100g이다.

압축벤토나이트는 직경 5cm, 높이 3cm로 벤토나이트를 105℃에서 24시간 건조시킨 후 유압프레스와 몰드를 사용하여 1.6g/cm³의 건조밀도를 가지도록 제작하였다. 실험에 사용된 팽윤압 측정장치는 압축벤토나이트를 고정시킬 팽윤장치, 공압을 이용한 수공급장치 그리고 팽윤압을 측정할 로드셀(Load cell)로 구성된다. 팽윤장치에 압축벤토나이트와 필터를 설치하고 팽윤장치 상부에 로드셀을 장치한다. 그 후 수공급장치를 통하여 1MPa의 수압으로 팽윤장치 밑면에 물을 공급하여 팽윤하도록 하고 형성된 팽윤압은 상단에 설치된 로드셀에서 30일 동안 측정하였다. 사용한 실험용액으로는 탈염수, 0.04M NaCl, 0.4M NaCl 용액을 사용하였다.

2.2 실험 결과

실험에서 측정된 팽윤압 변이곡선은 일례로서 0.04M NaCl 용액에 대해 Fig. 1 에 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이, 압축벤토나이트의 팽윤압은 초기 약 5일 정도까지는 팽윤압이 급격히 증가하여 다시 약 15일까지는 팽윤압이 소폭 감소하였다. 그리고 약 17일부터 팽윤압이 다시 증가하기 시작하여 25일부터 안정된 값을 나타내었다. 따라서 팽윤압은 25일 이후에는 정상상태에 도달된 것으로 간주하고, 30일 경과한 시점에서의 수공급장치에서 가한 수압(1MPa)을 제외한 값을 최종값으로 하였다. 실험결과, 염도에 따른 팽윤압은 탈염수에서는 2.59 MPa, 0.04M NaCl에서는 2.76 MPa 그리고 0.4M NaCl에서는 2.1 MPa로

측정되어 높은 농도의 NaCl 용액에서는 탈염수보다 오히려 높았고, 0.4M에서는 감소하는 경향을 보였다. (Fig. 2)

3. 결론

압축벤토나이트의 팽윤압에 대한 염분의 영향을 알아보기 위해 탈염수, 0.04M NaCl 용액, 0.4M NaCl 용액을 대상으로 벤토나이트 팽윤압 시험을 실시하였다. 실험결과 팽윤압 변이곡선은 초기에 급격히 증가하였다가 점차적으로 소폭 감소한 후 다시 증가하여 25일 이후에서는 정상상태에 도달하였다.

일반적으로 압축벤토나이트의 팽윤압은 염도가 증가할수록 감소하는 것으로 알려져있지만, 0.04M NaCl에서는 오히려 탈염수에서의 팽윤압보다도 높은 값을 보였는데 이는 벤토나이트 내의 Ca^{2+} 양이온이 용액내의 Na^+ 로 치환되고 수화되어지며 발생한 추가적인 팽윤으로 인한 것으로 보인다.

본 연구에서 얻어진 실험결과는 KRS 공학적방벽시스템의 완충재 성능 평가 및 설계의 기초자료로 활용될 것이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

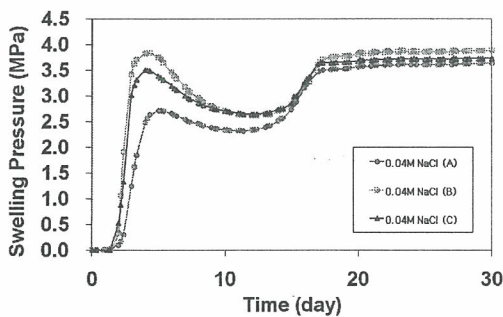


Fig. 1. Swelling pressure - 0.04M NaCl

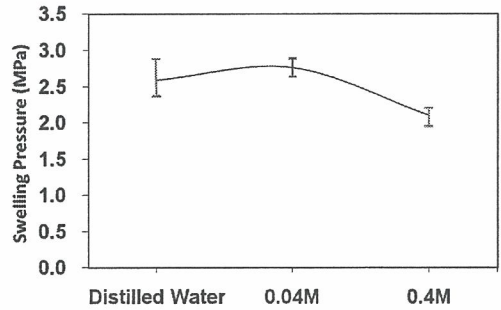


Fig. 2. Swelling pressure - Salinity