

갈슘-벤토나이트의 팽윤거동: 염분의 영향

임진규, 이재완, 조원진, 권상기

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

odinlig@naver.com

1. 서론

고준위폐기물처분장에서 벤토나이트 완충재의 중요한 방벽기능 중 하나는 밀봉역할이다. 처분장 내 공극을 최소화하고 주위 압반의 균열을 메워 지하수나 유출 핵종의 이동을 최대한으로 지연시키는 역할을 한다. 벤토나이트 완충재가 방벽체로서 밀봉역할을 제대로 하기 위해서는 팽윤능 (swelling capacity)이 커야 하는데, 완충재의 팽윤능은 벤토나이트의 광물학적 특성, 공극수의 물리·화학적 특성, 처분장 적용시 공학적 조건 등에 의해 좌우된다. 그러므로 처분장 완충재의 설계 및 성능평가를 위해서 벤토나이트의 팽윤거동에 대한 처분환경인자의 영향을 규명하는 것은 매우 중요하다.

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 팽윤능이 영향을 받을 가능성이 있다. 문헌에 의하면, 벤토나이트완충재 공극수 중의 염분이 많아지면, 즉 염도가 증가하면 팽윤능이 떨어져 밀봉능이 크게 감소하는 것으로 알려져 있다.

이와 관련하여, 본 연구에서는 국산 벤토나이트를 대상으로 여러 가지 농도의 NaCl수용액, CaCl₂수용액, MgCl₂수용액, KCl수용액 및 우리나라 근해 해수에 대한 팽윤지수(Swell Index)의 변화를 규명하고자 하였다.

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 사용하였다. 광물분석 결과, 벤토나이트는 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.

벤토나이트의 팽윤지수는 KS K 0764와 ASTM D 5890에서 규정된 시험방법을 준수하여 실험하였으며 그 방법은 다음과 같다. 시료를 105±5°C에서 24시간 건조한 후 2±0.001g의 시료를 저울에 달고 100ml 실린더에 90ml의 수용액을 채운다. 시약 손가락을 사용하여 시료를 한번에 0.1g이 넘지 않게 떠서 실린더에 들어있는 수용액 표면 전체에 걸쳐 약 30초 이상의 간격으로 뿌린다. 최소 10분 이상 시간을 두어 시료가 젖은 후 충분히 수화되고 실린더의 바닥에 가라앉도록 방치한다. 전술한 바와 동일한 방법으로 2g의 시료를 단계적으로 실린더에 넣는다. 마지막 입자까지 가라앉으면 실린더에 10ml의 수용액을 더 채워서 100ml가 되도록 한다. 실린더를 교란되지 않게 24시간 동안을 두었다가 팽윤지수를 측정한다. 본 연구에서는 탈염수와 NaCl 수용액, CaCl₂ 수용액, MgCl₂ 수용액, KCl 수용액, 해수를 실험용액으로 사용하였고, NaCl 수용액, CaCl₂ 수용액, MgCl₂ 수용액, KCl 수용액의 농도는 각각 0.04M과 0.4M 2종류로 조제하여 사용하였으며, 해수는 동해수를 사용하였다.

2.2 팽윤지수에 대한 염분 영향

본 연구를 통해 실험에서 측정된 팽윤지수는 Fig. 1과 같다. 그림에서 보는 바와 같이, 탈염수에서 국산벤토나이트의 팽윤지수는 10ml/2g의 값을 보였다. NaCl 수용액을 사용한 실험에서는 저농도의 경우 탈염수보다 높은 팽윤지수를 보였으며 고농도에서는 오히려 낮은 팽윤지수를 보였다. 반면에, CaCl₂ 수용액과 MgCl₂ 수용액을 사용한 경우에는 저·고농도 모두 탈염수보다 낮은 팽윤지수 값을 보였고, 저·고농도 간의 팽윤지수의 차

는 무시할 정도였다. KCl 수용액의 경우에는 저농도 수용액에서는 탈염수에서의 팽윤지수와 거의 비슷한 정도의 값을 보였으나, 고농도에서는 네 가지 염 수용액 중 가장 낮은 팽윤지수 값을 보였다. 동해수에 대한 국산벤토나이트의 팽윤지수는 평균 6.9mL/2g의 값으로, 해수 중 NaCl 수용액이 약 0.4M인 점을 고려하면 순 NaCl 수용액에서의 팽윤지수보다는 낮은 값을 나타내고 있다.

3. 결론

Ca-벤토나이트의 팽윤거동에서 염분에 따른 영향을 알아보기 위해 여러 수용액에 대한 벤토나이트 팽윤지수 시험을 실시한 결과 모든 수용액에서 농도가 높아질수록 팽윤지수는 감소하였다. 하지만 수용액의 염류에 따라 그 감소율은 각각 다른 값을 보였다. 1가인 Na와 K의 염류 경우에 저농도에서는 탈염수에서의 팽윤지수 값 보다 더 높은 값을 보이거나 유사한 값을 보이다가 고농도에서 크게 감소된 반면에 2가인 Ca나 Mg의 염류 경우에는 저농도에서도 탈염수에서의 팽윤지수 값 보다 현저하게 적은 값을 보여 농도에 따른 감소율이 작았다. 해수의 경우 주 성분은 NaCl이지만 다양한 염류를 함유하고 있어 NaCl 수용액의 팽윤지수와는 다른 값을 보였다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 연구개발 중장기계획사업의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] Test methods for swell index of clay mineral component of geosynthetic clay liner, ASTM D 5890, 1995

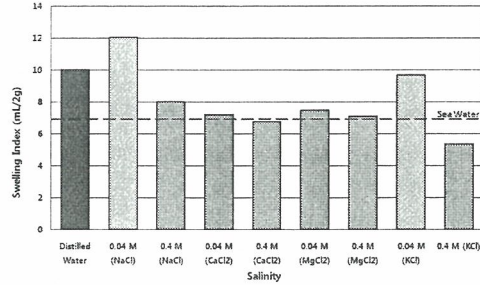


Fig. 1. Swell index Result