

그라파이트 혼합에 따른 국산 압축 벤토나이트 완충재의 팽윤능 변화

김노박, 이민수, 최희주, 이종표*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732

nohbakk@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위폐기물 처분시스템에서 처분용기와 완충재로 구성되는 공학적방벽의 주요 설계 인자 중 하나는 처분용기와 완충재 사이의 온도가 100℃를 넘지 않도록 유지하는 것이다. 한국형 처분시스템에서 연구되고 있는 경주산 Ca-벤토나이트의 열전도도는 처분장의 모양이 되는 화강암반의 열전도도인 2.8 W/m℃보다 낮은 1.0 W/m℃ 이하이다. 이는 처분용기와 완충재 경계면 온도 상승의 원인이 되기 때문에 열전도도는 처분시스템 설계에 중요한 인자가 된다. 또한 폐기물로부터 발생하는 발열량에 맞추어 처분용기의 표면온도가 100℃를 넘지 않도록 처분터널과 처분공의 간격이 결정되며, 이와 같이 완충재의 열적 성능은 처분시스템의 안정성과 처분장의 효율을 결정하는 중요한 인자이다[1].

이러한 인자 분석을 통해 완충재의 열적 성능을 향상시키기 위한 방법이 많이 연구되고 있다. 첨가재를 활용하는 방안도 그 중의 하나이며 대표적인 첨가재로 그라파이트가 있다. 그라파이트는 벤토나이트 완충재의 열전도도를 향상시키기 위한 첨가재로 많이 연구되고 있으며, 그라파이트를 첨가한 벤토나이트의 열전도도 향상이 보고된 바 있다[2]. 그러나 첨가재를 혼합할 경우 완충재의 주요 기능 중 하나인 처분공 내 공극 및 압반균열을 메우기 위한 팽윤능이 저하될 우려가 있다. 본 연구에서는 순수 벤토나이트와 그라파이트가 첨가된 벤토나이트의 팽윤압을 측정하여 첨가재의 혼합에 따른 벤토나이트 팽윤능 변화를 살펴보고자 하였다.

2. 본론

2.1 시험 방법

2.1.1 벤토나이트 블록

시험에 사용된 벤토나이트는 경주산으로 200

메시 이하의 분말을 사용하였다. 110℃로 건조 후 무게감량을 통해 측정된 함수비는 14.4%로 이를 근거로 고흥물만의 건조밀도가 1.40~1.65 g/cm³가 되도록 설계하였으며, 실제 건조밀도는 1.39~1.64 g/cm³로 제작되었다.

그라파이트를 혼합한 벤토나이트 블록은 벤토나이트 고흥물만의 건조밀도가 1.40, 1.50, 1.60 g/cm³가 되도록 설계하였으며 실제 건조밀도는 1.40, 1.49, 1.60 g/cm³로 제작되었다. 그라파이트는 벤토나이트 고흥물 대비 3 wt%를 첨가하였다.

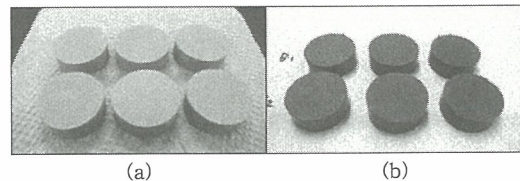


Fig. 1. (a) Compacted pure bentonite blocks & (b) Compacted bentonite blocks mixed with graphite.

2.1.2 팽윤압 측정 장치

벤토나이트 블록의 팽윤압은 Fig. 2, 3과 같은 장치를 구성하여 측정하였다. 이 장치는 크게 팽윤셀, 수공급부, 팽윤압 출력부의 3부분으로 구성되어 있으며, 온도에 의한 영향을 받지 않도록 30℃ 항온 챔버 내에 위치시켰다.

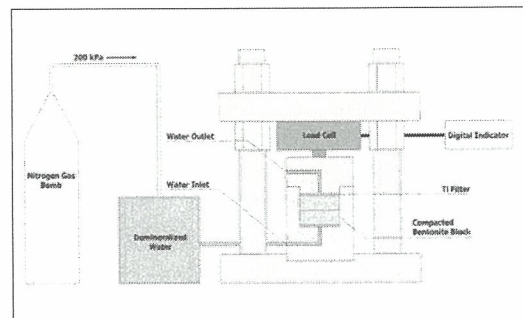


Fig. 2. Schematic diagram of the swelling pressure testing apparatus.

팽윤셀은 압축 벤토나이트 블록을 내부식성 티타늄 용기에 넣고 물을 공급하여 팽윤시켰으며, 팽윤된 벤토나이트가 외부로 새어 나오지 않도록 블록의 양 끝에 티타늄 필터를 설치하였다. 물은 증류수를 사용하였고, 시험 초기에는 자연압에 의해 공급하다가 셀 내부의 벤토나이트 팽윤에 의해 유출수로 물이 나오지 않는 시점부터는 200 kPa의 압력을 주어 공급하였다.

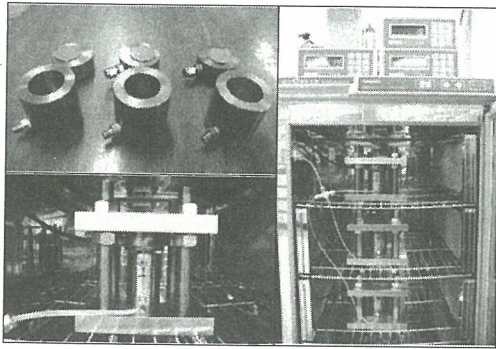


Fig. 3. Pictures of the swelling pressure test.

2.2 시험 결과

Fig. 4는 시간에 따른 팽윤압의 변화를 보여주고 있다. 순수 벤토나이트와 혼합 벤토나이트의 팽윤압은 물과 접촉한 후 얼마 지나지 않아 급격히 증가하여 피크를 보이고 약 200시간이 경과되면 일정한 값이 유지되었다. 정상상태에 도달했을 때 혼합 벤토나이트의 팽윤압은 같은 건조밀도의 순수 벤토나이트 팽윤압에 비해 약간 낮게 측정되며, 건조밀도가 클수록 그 차이가 커짐을 확인할 수 있었다.

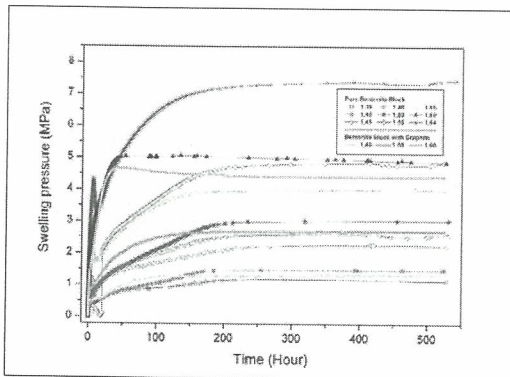


Fig. 4. Evolution of swelling pressure for different dry density.

Fig. 5는 건조밀도에 따른 팽윤압의 변화를 보여주고 있다. 건조밀도가 낮을 경우 순수 벤토나이트와 혼합 벤토나이트의 팽윤압에 차이가 없지만, 건조 밀도가 높아질수록 혼합 벤토나이트의 팽윤압이 낮게 측정됨을 확인할 수 있었다.

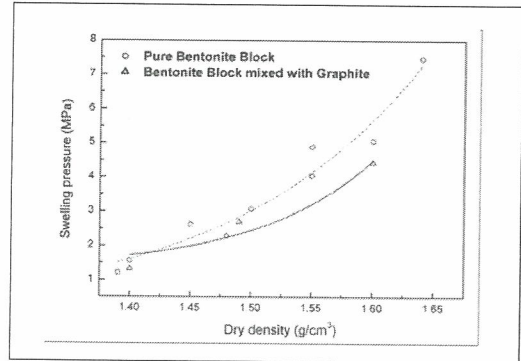


Fig. 6. Swelling pressure as a function of dry density.

3. 결론

본 연구에서는 벤토나이트 팽윤능에 미치는 첨가제의 영향을 실험을 통해 확인하였다. 그래파이트를 3 wt% 첨가한 압축 벤토나이트 블록의 팽윤압은 건조밀도 1.40~1.60 g/cm³을 기준으로 1.32~4.43 MPa로 나타났다. 이는 순수 벤토나이트 압축블록의 건조밀도별 팽윤압보다 낮은 수치이다. 그러나 시험 데이터가 많지 않아 그래파이트에 의한 벤토나이트 완충재의 팽윤 능력 저하로 단정 짓기는 이르며, 더 많은 시험을 통해 확인해볼 필요가 있다.

향후 본 연구를 계속 진행하면서 첨가제의 종류와 혼합비, 혼합방법에 따른 팽윤능 변화에 대해 평가한다면, 국내 고준위폐기물 처분장에 쓰일 고열효율 완충재의 개발에 유용하게 활용될 수 있을 것으로 보인다.

4. 참고문헌

- [1] 최희주 외, “고준위폐기물 장기관리기술 개발 : 선진핵주기 고준위폐기물 처분시스템(A-KRS) 개발”, KAERI/RR-3100/2009, 한국원자력연구원, 2010.
- [2] 최종원 외, “고준위폐기물 처분기술개발 : 처분시스템개발”, KAERI/RR-2765/2006, 한국원자력연구원, 2007.