

국산 압축벤토나이트 완충제의 첨가제 혼합을 통한 열전도율 향상

이종표, 최희주*, 이민수*

경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732

*한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 989번길 111

bestlip@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 방사성 폐기물의 심지층 처분에서 완충제의 역할은 외부의 기계적 충격을 완화시키고, 핵종의 이동을 억제하는데 있다. 이러한 완충제 물질로 주로 사용되는 물질은 벤토나이트이다. 현재 한국형 처분장에서 공학적 방법으로 사용하고자 하는 기준 벤토나이트는 압축밀도 1.6 g/cm^3 의 경주산 천연 칼슘 벤토나이트이다. 경주산 칼슘 벤토나이트는 완충제로서 적합한 팽윤압과 수리전도도를 갖고 있지만, 열전도율이 낮은 단점을 지니고 있다. 벤토나이트의 열전도율은 일반적으로 함수비와 건조 밀도 그리고 광물 구성비에 따라 좌우된다. 최근에는 벤토나이트의 열전도율을 향상을 위해 다양한 첨가제를 혼합하려는 시도가 있다. 첨가제로 사용된 물질은 주로 석영 모래와 흑연이었으며, 열전도율도 향상되었다. 이에 본 연구에서는 국내 벤토나이트의 건조밀도와 함수비에 따른 열전도율을 분석하고, 다양한 첨가제의 혼합 및 혼합 방법에 따라 열전도율을 향상시키고자 하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 압축 벤토나이트 블록

본 실험에 사용된 벤토나이트는 경북 경주시 양남면 소재 제 29 호 진명광산에서 채취하였다. [1] 압축 벤토나이트 블록 제작을 위해 압축 블록의 건조밀도가 1.6 g/cm^3 가 되도록 몰드를 제작하였다. 블록의 건조밀도는 시료의 양을 통해 조절하였고, 함수비는 완전 건조된 블록을 물 수조에 넣어서 조절하였다. 그리고 블록의 열전도율 측정에는 QTM-500을 이용하였다.

2.2 첨가제와 혼합 방법

벤토나이트 첨가제로 사용할 후보 물질로는 CNT, Graphite, Al_2O_3 , CuO, Fe_2O_3 를 선정하였고, 그 기준은 가격에 대비하여 열전도율 높은 물질로 선택하였다. 첨가제의 혼합이 균질할 경우에 열전

도도가 향상 효율이 높아질 것으로 판단되어 다양한 혼합 방법을 실시하였다. CNT와 같이 벤토나이트와 밀도차가 커서 혼합이 잘 이루어지지 않는 경우에는 Mixer Stirring, Mixer Mill, Mill in Bowl, Ball Mill 등을 이용한 혼합을 실시하였고, 밀도차가 작아 혼합이 잘 이루어지는 경우에는 Mixer Stirring 혼합만 실시하였다. 단, Graphite 경우에는 추가적으로 Roller 혼합을 실시하였다.

3. 결과 및 논의

3.1 Pure Bentonite

Fig.1.과 Fig.2.는 각각 건조밀도와 함수비에 따른 경주산 칼슘 벤토나이트의 열전도율 변화를 나타낸 것이며, 건조밀도와 함수비의 증가에 따라 열전도율도 증가했다.

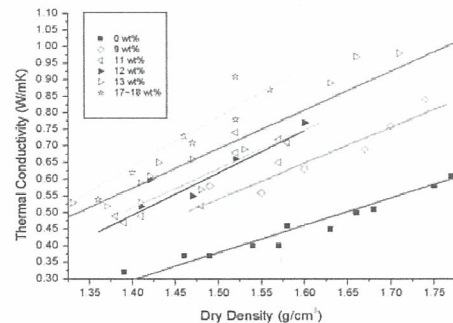


Fig. 1. 건조밀도에 따른 벤토나이트 열전도율.

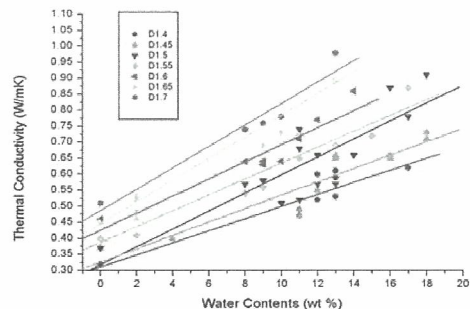


Fig. 2. 함수비에 따른 벤토나이트 열전도율.

3.2 CNT & Ca-Bentonite Mixture

CNT와 혼합은 다양한 혼합 방법을 이용하였다. Mixer Stirring은 혼합이 잘 안되었으며, Mixer Mill은 습식 혼합에 의한 손실 때문에 첨가제 함량의 오차가 심하였다. Mill in Bowl은 CNT만 Milling 후 Stirring 하였는데, 비교적 균질하게 혼합되었지만 값의 편차가 컸다. Ball Mill은 가장 혼합이 잘 되었고, 값의 편차도 적었다. 그림3은 CNT 함량에 따른 압축 블록의 열전도율 변화 나타낸다. Ball Mill 혼합에 대하여 1 wt%당 열전도율이 0.042 W/mK 상승했다.

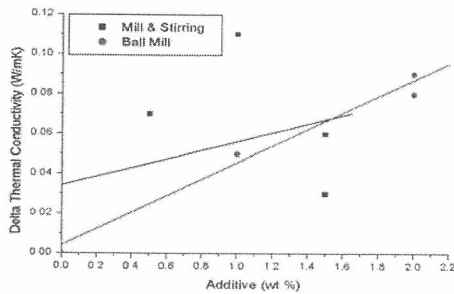


Fig. 3. CNT 함량에 따른 벤토나이트 열전도율.

3.3 Graphite, Alumina, CuO, Fe₂O₃ & Ca-Bentonite Mixture

Fig.4는 Graphite 함량에 따른 압축 블록의 열전도율 변화를 나타낸다. 열전도율 상승률은 Stirring 혼합과 Roller 혼합에 대하여 1 wt%당 열전도율이 각각 0.06, 0.095 W/mK 상승했다. 따라서 Roller 혼합이 보다 균질하게 혼합되었다고 판단된다. Fig.5는 나머지 첨가제의 함량에 따른 압축 블록의 열전도율을 나타낸다. 이것들은 Mixer Stirring 혼합만 실시하였고, 1 wt%당 열전도율이 Alumina와 Fe₂O₃에 대하여 각각 0.023, 0.012 W/mK 상승했다. CuO 경우는 실험적 문제가 있던 것으로 판단된다.

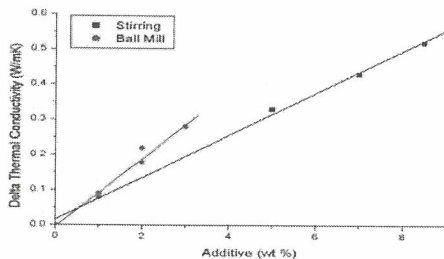


Fig. 4. Graphite 함량에 따른 벤토나이트 열전도율.

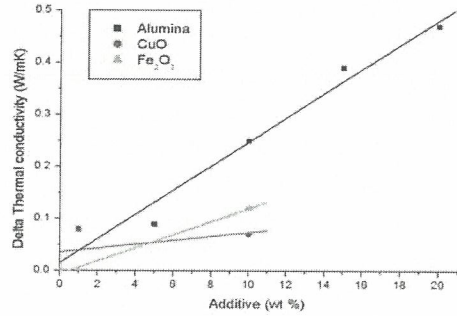


Fig. 5. 기타 첨가제 함량에 따른 벤토나이트 열전도율.

4. 결론

본 연구를 통해 함수비와 건조밀도에 따른 국내 벤토나이트의 열전도율 변화를 살펴보고, CNT, Graphite, Al₂O₃, CuO, Fe₂O₃를 첨가제로 사용하여 다양한 혼합 방법으로 열전도율을 증가시킬 수 있었다. 혼합 방법은 CNT의 경우 Ball mill 혼합, 나머지의 경우 Roller 혼합이 가장 우수하였다.

5. 참고문헌

- [1] 이재완, 조원진, “우리나라고준위폐기물 처분장 기준벤토나이트완충제의 열적-수리적-역학적 특성치“, KAERI/TR-3729/2009, 한국원자력연구원 (2009).