

## 중저준위 방사성폐기물 처분시설에서의 벤토나이트 혼합재 수리특성 고찰

조성일, 이지훈, 박주완

한수원(주) 원자력발전기술원, 대전광역시 유성구 장동 25-1

sicho@khnp.co.kr

## 1. 서론

방사성폐기물 처분시설의 폐쇄 시에는 부지 고유의 지질 및 수리특성, 지화학, 공학적 특성 등에 따라 폐쇄재료의 종류 및 시공여부를 결정하게 된다. 국내의 중저준위 방사성폐기물 처분시설과 개념이 유사한 스웨덴과 핀란드에서는 폐쇄재료로 쇄석(crushed rock), 시멘트 몰타르(cement mortar), 벤토나이트-모래 혼합재(bentonite-sand mixture), 순수 벤토나이트 등의 후보재료를 실험을 통해 투수성 및 공학적 특성을 도출하고 폐쇄설계에 반영하고 있다[1,2]. 국내에서도 벤토나이트-모래 혼합재 및 순수벤토나이트에 특성에 대한 연구가 기 수행된 바 있지만, 수리전도도는 시료의 특성 및 실험조건에 따라 분석결과 값의 범위가 크기 때문에 다양한 조건 하에서의 실험을 통해 신뢰도를 확보하는 것이 요구된다. 본 연구에서는 국내의 경주지역에서 산출되는 벤토나이트와 모래의 혼합비율에 따른 벤토나이트-모래 혼합재의 물성 및 투수성 실험을 통해 수리전도도를 측정 후 국내의 실험결과와 비교하였다.

## 2. 실험방법 및 결과분석

실험에 사용된 벤토나이트-모래 혼합재로서 벤토나이트는 경주에서 산출된 Ca계 벤토나이트와 Ca계 벤토나이트를 치환공정을 거쳐 생산한 Na계 벤토나이트를 사용하였으며, 모래는 평균 입경 0.49 mm, 입도 0.1~1 mm의 범위를 갖는 주문진 표준사를 이용하였다. 벤토나이트-모래 혼합비율은 각각 1:9, 2:8, 5:5로 구분하였고, 삼축투수시험기를 이용하여 변수위시험법을 통해 수리전도도를 도출하였다. 변수위시험법에 적용되는 식은 다음과 같다.

$$K = \frac{Qlm}{AP}$$

여기서  $K$  : 수리전도도(m/s),  $Q$  : 단위시간당 투수량( $m^2/s$ ),  $A$  : 시험체의 단면적( $m^2$ ),  
 $P$  : 수압( $kg/m^2$ ),  $l$  : 시험체의 두께(m),  $m$  : 시험에 사용된 물의 단위중량( $kg/m^3$ )

실험결과 벤토나이트와 모래의 혼합비에 따른 건조밀도와 수리전도도는 각각  $1262 \sim 1775 kg/m^3$ ,  $2.7 \times 10^{-11} \sim 4.3 \times 10^{-7} m/s$  범위를 나타내었다(표 1).

표 1. 벤토나이트-모래 혼합재의 수리특성 실험결과

Material	Mixing ratio	Dry density ( $kg/m^3$ )	Hydraulic conductivity (m/sec)
Ca-bentonite : Sand	1 : 9	1720	$4.3 \times 10^{-7}$
	2 : 8	1775	$9.3 \times 10^{-8}$
	5 : 5	1378	$2.7 \times 10^{-9}$
Na-bentonite : Sand	5 : 5	1262	$2.7 \times 10^{-11}$

벤토나이트 함량이 클수록 수리전도도는 감소하는 경향을 보이고 있으며, Na계 벤토나이트를 사용한 경우가 Ca계 벤토나이트를 사용한 경우에 비해 낮은 수리전도도를 보였다. 이는 팽윤도가 상대적으로 큰 Na계 벤토나이트의 경우 차수능이 Ca계 벤토나이트보다 크기 때문인 것으로 판단된다. 본 실험결과를 국내에서의 실험결과 및 스웨덴의 경우와 비교하였다(그림 1). 그림 1에 제시된 바와 같이 국내의 기존 연구에서 도출된 연일 및 감포지역의 Ca계 벤토나이트를 사용한 벤토나이트-모래 혼합재의 수리전도도는 혼합비율이 1:9일 때  $2.0 \times 10^{-7} \sim 8.0 \times 10^{-8} m/s$ , 2:8일 때  $1.5 \times 10^{-7} \sim 8.0 \times 10^{-9} m/s$ 로 본 실험 결과와 비교하여 유사한 값을 나타내고 있다[3]. 본 실험 결과가 다소 큰 값을 보이는 이유는 시료의 입도분포 차이로 판단되는데, 본 실험에 사용된 모래는 상대적

으로 크기가 큰 입자(0.5 mm 이상)의 분포가 많아 혼합재의 건조밀도가 1378~1775 kg/m<sup>3</sup>인데 비해 연일 및 감포지역 시료는 0.5 mm 미만의 모래를 사용하여 건조밀도가 1250~1450 kg/m<sup>3</sup> 분포를 보이고 있다. 결국 모래입자의 크기와 다짐정도의 차이로 인해 공극율이 변화하고, 벤토나이트와의 분리가 상대적으로 많이 발생하여 균일한 혼합이 힘들기 때문에 수리전도도가 기존 실험에 비해 크게 나온 것으로 추정된다. 또한 사용된 벤토나이트의 채굴장소에 따른 벤토나이트의 특성 역시 수리전도도 차이의 원인이 되는 것으로 판단된다. 한편, 연일지역 벤토나이트-모래의 혼합비율이 5:5인 압축시료의 경우 건조밀도가 높으며 본 실험결과에 비해 상대적으로 수리전도도가 낮게 나타나고 있다.

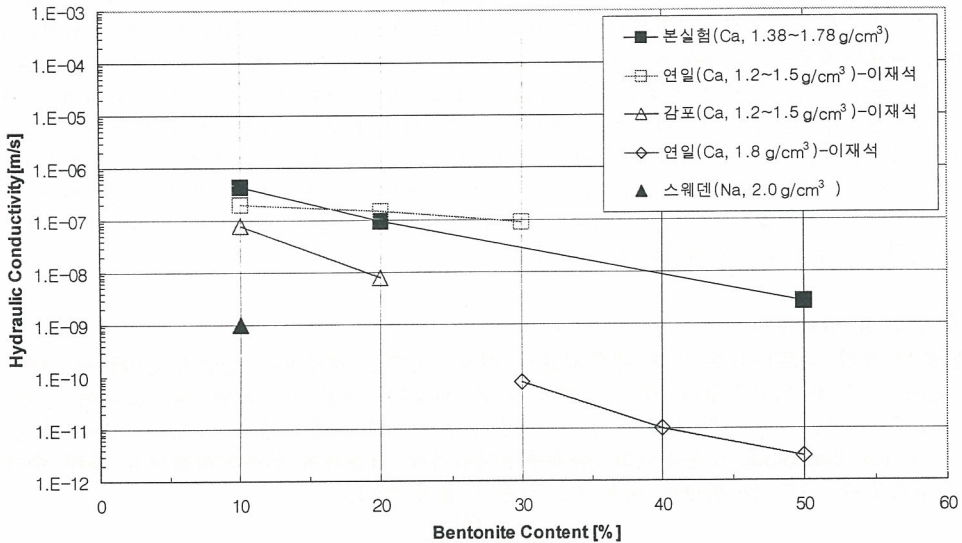


그림 1. 벤토나이트-모래 혼합재의 벤토나이트 함량에 따른 수리전도도 비교

스웨덴의 경우 Na계 벤토나이트를 사용한 혼합비 1:9에 대한 건조밀도 및 수리전도도는 각각 2000 kg/m<sup>3</sup>와 1x10<sup>-9</sup> m/s를 나타내고 있다. 본 실험에서 같은 혼합비의 Ca계 벤토나이트 혼합재의 경우에 비해 낮은 값을 보여주고 있는데, 이는 모래입자의 입도분포에 따른 차이점 이외에 팽윤도가 20배 이상 큰 Na계 벤토나이트의 특성 때문인 것으로 판단된다.

### 3. 결론

본 벤토나이트-모래 혼합재의 수리특성실험에서는 혼합재인 모래의 입자크기가 상대적으로 큰 모래를 사용한 경우 수리전도도가 높아지는 결과를 나타내었다. 본 실험을 통해 벤토나이트-모래 혼합재의 수리전도도는 실험에 사용되는 모래 시료의 입도분포, 벤토나이트의 화학적 특성에 따른 팽윤성, 압축정도에 따라 값의 차이를 나타내고 있음을 알 수 있었다. 따라서 벤토나이트-모래 혼합재의 수리특성에 대한 신뢰도 확보를 위하여 향후 시료의 혼합특성, 광물학적 구성 및 실험조건에 따른 다양한 실험을 통해 좀 더 많은 데이터를 확보할 필요가 있는 것으로 판단된다.

### 참 고 문 헌

- [1] Svensk Kärnbränslehantering AB, Project SAFE : Compilation of data for radionuclide transport analysis, R-01-14, SKB, 2001.
- [2] Timo Vieno, Henrik Nordman, et al., Report TVO-1/98, VLJ Repository Safety Analysis, Technical Research centre of Finland, 1998.
- [3] 이재석, 사용 후 핵연료 처분장 뒤채움재에서의 지하수 유동에 관한 연구, 경희대학교 대학원 석사논문, 2004.