

천층처분 시설 처분덮개의 수리특성 분석을 위한 실험 및 고찰

김수곤, 황주호

경희대학교, 경기도 용인시 기흥읍 서천리 1번지

국내 원자력발전은 1978년 고리 1호기가 최초의 상업 운전을 시작한 이래 지난 28여 년 동안 전력생산의 40% 이상을 담당하며 산업 발전의 기저 역할을 수행하였다. 또한 고유가시대에도 전력을 저렴하고 안정적으로 공급하는 원동력이었다. 하지만 이에 따라 필수불가결하게 방사성폐기물의 발생량 및 누적량 또한 증대되고 있다. 중·저준위 방사성폐기물의 경우 2008년부터 발전부지의 임시저장시설이 포화될 것으로 예측되고 있다. 이에 원자력 산업 전반에서는 천층처분 방식을 포함한 중·저준위 방사성폐기물 처분장의 건설 및 안전성 확보 방안을 다각도로 분석 중이다.

본 연구에서는 처분시설 안전성 확보 방안의 일환으로 핵종이동의 매체가 되는 물과 방사성 폐기물의 접촉을 저지할 수 있는 인공방벽 처분덮개에 사용되는 매질 중 모래, 실트, 점토의 포화수리특성을 파악하기 위한 실험을 수행하였다. 포화 수리전도도 측정을 위하여 변수위법을 이용한 실험 장치를 고안하였고, 한국수력원자력(주) 원자력 환경기술원에서 수행하고 있는 '천층처분 시설의 인공방벽 실증 연구' 실증시설에 사용되고 있는 모래, 실트, 점토 매질을 교란시료로 사용하였다. 또한 단일매질에서의 포화 수리전도도 뿐만 아니라 층 매질에서의 포화 수리전도도를 측정하여 천층처분 시설 처분덮개의 인공 다중방벽 시스템의 안전성을 예측해 보았다.

변수위법은 실트와 점토 등 세립토의 수리전도도 측정에 적당한 실험법으로 압력수두의 압력에 의해 물이 매질을 통해 밀려나가는 정도를 측정하여 Darcy의 법칙에 의해 수리전도도를 계산할 수 있다. 수리전도도의 계산식은 다음과 같다.

$$K = 2.3 \times \frac{\alpha \cdot L}{A \cdot (t_2 - t_1)} \log\left(\frac{h_1}{h_2}\right)$$

Fig. 1에 포화 수리전도도 측정 실험 장치를 도식화하여 나타내었고, Fig. 2은 실제 실험 장치를 보여준다.

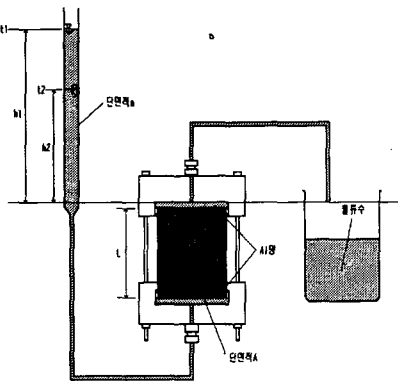


Fig. 1. Composition of experiment equipment

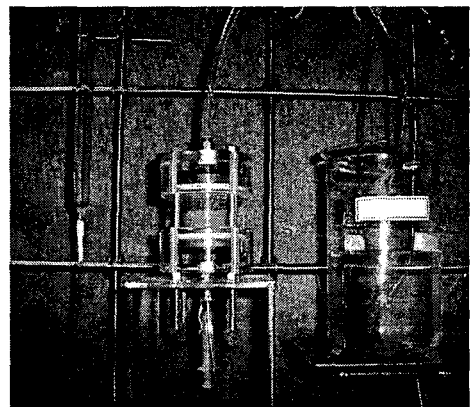


Fig. 2. Experiment equipment

각 매질의 수위 차에 의한 수리전도도의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 실험 과정에서 세립질 토양의 수리특성 파악에 유리한 변수위법을 사용하여 상대적으로 조립질인 모래의 실험 결과는 큰 오

차가 발생하였지만, 반대로 세립질인 실트와 점토에서의 데이터는 문헌값들과 비교하여 매우 근접한 수치를 보였다. 실트에 비해 점토가 처음에는 큰 수압으로 인해 큰 투수성을 나타내었지만, 수위차가 줄어들수록 본래의 불투수성이 나타났다. 수위 차가 100mm일 때, 점토의 수리전도도는 4.5×10^{-6} cm/sec로 문헌값인 10^{-6} cm/sec와 비교하여 큰 값을 나타내었다. 이는 많은 시간이 소요되면 실험 온도나 습도, 증발량의 변화, 진동 등의 여러 오차원들로 인해 부정확한 데이터를 얻을 수밖에 없는 상황에 수위 차 100mm에서 실험을 중단했기 때문인데, 수위차가 더 작다면 더 정확한 데이터를 얻을 수 있다.

Fig. 4 에는 층 매질에서의 수위 차에 대한 수리전도도의 변화를 나타내었다. 모래와 점토로 구성된 층토와 실트, 점토로 구성된 층토가 비슷한 투수성을 보여주고 있다. 자세히 보면 예상과는 달리 투수성이 큰 모래와 점토가 층을 이루고 있는 매질이 점토 매질만의 투수성보다 더 작은 투수성을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 두 매질 사이에 Wick effect로 인한 불투수성이 나타난 것으로, 이를 이용하여 처분묘개 설계 시 배수층과 불투수층의 구성이 가능하다.

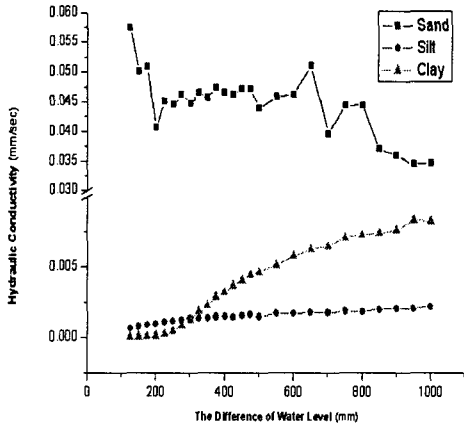


Fig. 3. Saturated hydraulic conductivity in uniform soil columns.

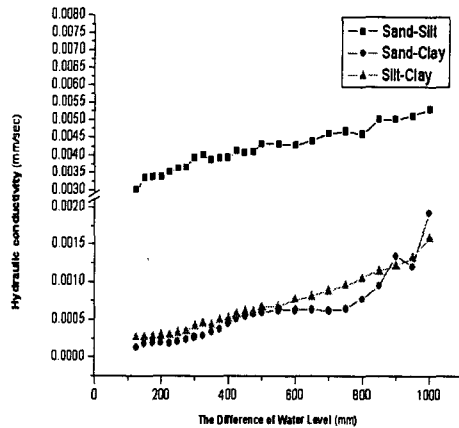


Fig. 4. Saturated hydraulic conductivity in layered soil columns.

포화 매질의 수리특성 실험결과 본 실험 방법의 적용이 가능하며 이를 통하여 현재 한국수력원자력(주) 원자력 환경기술원에서 실시하고 있는 '천층처분 시설의 인공방벽 실증 연구'에 대한 수리 특성 파악이나 처분장 건설시 안전성 예측에 도움이 될 것으로 기대된다. 본 실험에서는 변수위법만을 이용한 포화 수리전도도 측정 실험을 실시하였지만 모래 이상의 조립질 매질의 수리적 특성을 보다 정확히 파악하기 위하여 정수위법을 함께 이용한 포화 수리전도도의 측정 실험이 필요하다. 또한 현실성을 고려하여 포화대가 아닌 불포화대에서의 수리전도도 측정 실험도 수행해야 한다.