

결정질 암반에서 수리지질 특성 평가를 위한 순간충격시험의 적용

박경우, 이대형, 김정수, 김우석

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045번지

woosbest@kaeri.re.kr

1. 서론

결정질 암반에서 다양한 종류의 수리시험을 이용하여 대수층의 수리특성을 추정한다. 이들 수리시험을 두 가지로 분류하면, 지속적인 변위를 주는 방법과 순간적인 변위를 주는 것으로 구분할 수 있다. 순간충격시험은 단공 수리시험의 한 종류로 대수층의 투수량계수를 추정할 때 이용하는 전통적인 수리시험이다. 순간충격시험은 지하수면에 순간적인 변위를 유도하여 회복되는 지하수위를 관측함으로써 매질의 수리특성을 추정하는데, 대수층의 지하수체에 비해 비교적 작은 수리적 변위를 주기 때문에 시험관정에 대해 한정된 영역의 수리특성밖에 파악할 수 없는 단점이 있다. 또한, 다공 수리시험으로 수행되지 않기 때문에 대수층의 이방성에 대한 정보를 알 수 없으며, 정압주입시험에서와 같이 결정질 암반의 지하수 유동차원에 대한 분석은 할 수 없다. 그러나, 대수층에 전반적인 변위를 유도하는 것이 아니기 때문에 오염지역에서 효율적으로 수행할 수 있는 수리시험이며, 간단하고 빠르게 대수층의 수리특성을 파악할 수 있는 장점이 있어 현재에도 널리 사용되고 있다.

본 연구는 결정질 암반의 수리지질특성을 파악함에 있어 순간충격시험의 가능성을 파악해 보고, 같은 시추공에서 수행된 일정압력주입시험의 결과와 비교하여 순간충격시험 결과 도출된 값의 신뢰성을 검토해 보았다.

2. 본론

2.1 연구 지역

방사성폐기물 처분 연구의 일환으로 한국원자력 연구원의 연구지역에서 다수의 시추 조사공이 설치되었다(Table 1). 본 연구에서 순간충격시험을 위해 사용된 시추공은 YS-02-1로 YS-02 시추공에서 북쪽 방향으로 2.5m 이격된 위치에 굴착되었다(Fig. 1).

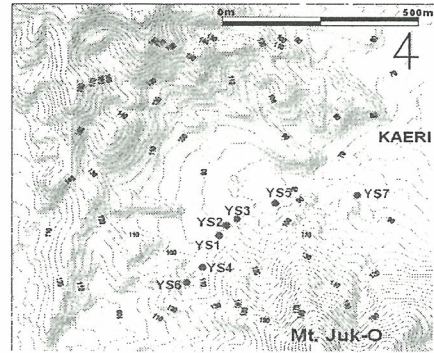


Fig. 1. Location map of boreholes.

2.2 연구 방법

구간별 순간충격시험은 YS-02-1시추공에서 시험구간의 물을 순간적으로 주입하여 수위 변위를 주어 회복되는 수위를 관측하고, 양수펌프를 이용하여 물을 제거함으로써 수위변위를 준 후 회복되는 수위를 관측하는 두 가지 방법으로 수행되었다. 현장 수리시험에서는 이중패커를 이용하여 시험구간의 크기를 9.1m로 일정하게 유지하였고, 이중패커를 시추공의 하부로 내리면서 총 19회의 순간충격시험을 실시하였다. 수위 변화는 자동수위측정기를 이용하여 지상에서 관측하였으며, 패커의 부피에 의한 수위변화 영향을 없애기 위해 패커를 부풀린 후 시험구간의 지하수위로 회복됨을 확인 후 시험을 수행하였다.

시험결과는 양수시험과 순간충격시험의 해석 프로그램인 AqtSolv를 이용하여, Hvorslev(1951) 방법과 Bouwer & Rice(1976)가 제안한 방법을 이용하여 구간별 투수량계수를 산출하였다.

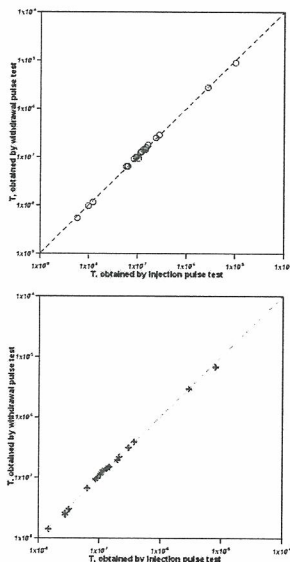
2.3 연구 결과

구간별 순간충격시험결과 산출된 투수량계수 값은 $1.00 \times 10^{-5} \sim 5.76 \times 10^{-8} \text{m}^2/\text{sec}$ 의 값을 나타내어 투수성이 큰 구간과 그렇지 않은 구간과의 편차가 심한 결정질 암반의 특성을 나타내었으며, 시험법에서 볼 때, 주입시험이 회복시험에 비해 다소 큰 투수계수 값을 산출하였다.

Table 2. Results of slug test.

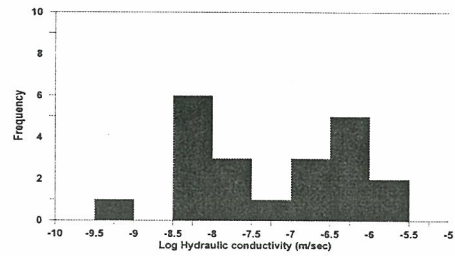
	Analysis method	Mean T(m ² /s)	Min./Max. T(m ² /s)
Injection Test	Hvorslev	7.3E-07	5.8E-08/1.0E-05
	B&R	6.9E-07	5.6E-08/9.1E-06
Withdrawal Test	Hvorslev	6.5E-07	1.4E-08/8.0E-06
	B&R	6.0E-07	1.4E-08/6.8E-06

순간충격시험은 시추공에 변위를 주어 수위를 높이는 방법과 변위를 제거하여 수위를 낮추는 방법으로 나누어 수행하였다. 두 가지 방법에서 산출되는 투수계수의 결과를 Hvorslev(1951)과 Bouwer & Rice(1976)가 제안한 해석방법 별로 도시하여 본 결과(Fig. 2), 두 가지 방법에서 모두 선형적인 결과를 볼 수 있었다. 이는 구간별 순간충격시험의 결과가 매질의 투수량계수를 비교적 잘 반영함을 지시한다. 특이할 점은 투수량계수가 1×10^{-7} m²/sec의 지점에서 집중적으로 투수량계수 값이 분포하고 있음을 볼 수 있다. 이는 기 수행된 연구지역의 수리지질모델(Fig. 3)에서 배경 단열로 구성된 기반암의 수리전도도 보다 수 배 큰 값이며, 순간충격시험에서 도출된 Max. T의 값은 연구지역의 단열대가 갖는 수리적인 특성으로 해석할 수 있다.

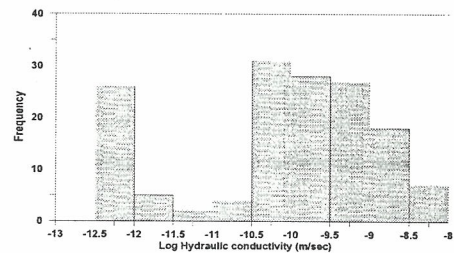


(a) Hvorslev (b) Bouwer & Rice

Fig. 2. Comparison of analysis method for slug test.



(a) Fracture zones



(b) Basement rock

Fig. 3. Histogram of hydraulic conductivities obtained from in-situ hydraulic test (from Park, et al, 2011).

3. 결론

본 연구는 충적층 이하 결정질 암반에서 구간별 순간충격시험을 수행하여, 각 구간별 투수량계수를 파악하였다. 시험방법을 수위를 높이는 방법과 수위를 낮추는 방법으로 나누어 수행한 결과 투수계수의 차이가 현저히 유사함을 보여주고 있으므로, 결정질 암반에서 투수량계수를 파악하는데 유용한 방법으로 판단된다. 다만, 기존에 수행된 연구지역의 수리특성과 비교해 볼 때, 기반암에서는 순간충격시험의 결과가 다소 높은 투수성을 갖는 것으로 도출되었으며, 단열대에서는 유사한 값으로 도출되었다. 이에 대해 다수의 순간충격시험결과와 기존에 수행된 일정압력주입시험의 결과를 비교해 봄으로써 향후 연구를 진행하고자 한다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 일환으로 수행되었습니다.