

## 유동성 단열이 slug test의 oscillation response에 미치는 영향

이항복, 지성훈, 고용권, 최종원

한국원자력연구원, 대전광역시 대덕대로 1045 (덕진동 150-1)

[hblee@kaeri.re.kr](mailto:hblee@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

대수층의 수리 특성 중 특히 수리전도도를 구하는 효과적인 방법으로 순간충격시험이 많이 사용되고 있다. 시험 방법이 간단하고 특별히 매질의 투수성이 낮은 암반 대수층의 경우에는 양수량을 일정하게 유지시키기가 어렵기 때문에 순간충격시험이 효율적으로 적용되고 있다. 그러나 암반 대수층은 일반적인 대수층에 비해 단열에 의한 불균질성이 매우 크기 때문에 기존의 선형적인 수위 변화가 아닌 비선형적 이상 반응이 발생할 수 있다. 그러므로 단열의 존재와 그 성격이 수리시험반응에 미치는 영향에 관해서 파악하는 것은 매우 중요하다.

본 연구에서는 multi-packer를 이용해 유동성 단열이 존재하는 고립된 암반 대수층 구간에서 순간충격시험을 실시하고, 그에 따른 비선형적 반응을 관찰하였다. 또한 기존의 해석해를 이용해 수리전도도를 구하고, 이러한 oscillation 반응에 관여하는 유동성 단열의 역할에 대해서 분석해보았다.

### 2. 시험 및 결과

연구지역은 경기변성암 복합체 내에 위치하며 주로 선캄브리아기의 편마암류와 중생대의 화강암으로 구성되어 있다 (Fig. 1). 암반은 전체적으로 크게 풍화되지 않은 상태이고, YS-4 시추공에서 시험이 시행되었다. YS-4 시추공은 총 깊이가 350 m이고 공의 직경은 0.076 m이며 스크린과 케이싱의 직경은 각각 0.044, 0.026 m이다. Fig 2는 시험을 위해 설치된 multi-packer system을 나타낸 것인데 패커와 측정부분, 케이싱, 펌핑 포트가 구성되어 있으며 interval을 자유롭게 변화시키면서 시험할 수 있다. (246 - 264 m)구간에서 순간충격시험이 실시되었고 이 구간의 수위는 지표보다 약 3.8 m정도 높은 자분정이었다. 따라서 지표 위에 투명 아크릴 관을 제작하여 시추공 상

부와 수리적으로 단절 후 연결을 하여 순간적으로 수위가 회복하도록 하고 그 반응을 자동수위 측정기를 통해 관찰하였다.

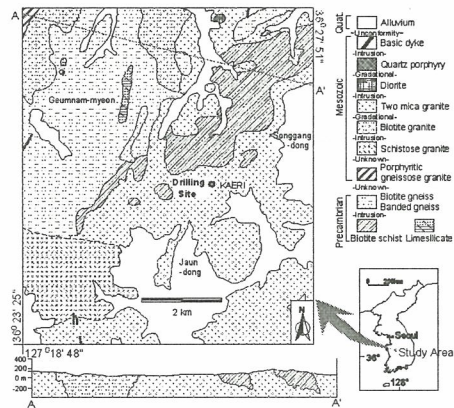


Fig. 1. 연구 지역 지질도

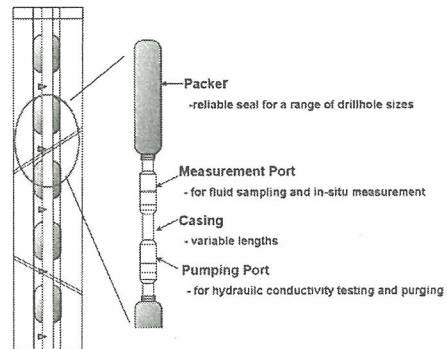


Fig. 2. 멀티 패커 모형도

암반의 내부 구조, 단열의 위치와 존재를 파악하기 위해 BHTV 검사를 시행하였다. 시험 구간은 전체적으로 풍화가 많이 되지 않은 깨끗한 상태의 암반이었고, 255 m 부근에 지하수의 흐름이 원활하게 이뤄지는 하나의 유동성 단열이 존재하는 것을 확인하였다.

Fig. 3은 순간충격시험의 결과로 수 분 내에 시

험이 마무리 되었으며, 초기에 빠르게 수위가 회복되는 모습을 보이고 한두 번 정도의 수위의 출렁거림이 확인되었다. 이는 일반적인 대수층의 순간충격시험 시 나타나는 선형적인 반응이 아니라 높은 수리전도도를 가지는 high permeable 대수층에서 종종 발견되는 결과이다. 지하수 속도가 순간적으로 1 m/s 이상 되는 상태에서 빠른 지하수 흐름이 관정 내 관성효과나 관정 연결부위의 비선형적인 수두 손실에 의해 이와 같은 oscillation이 발생한다고 알려져 있다.

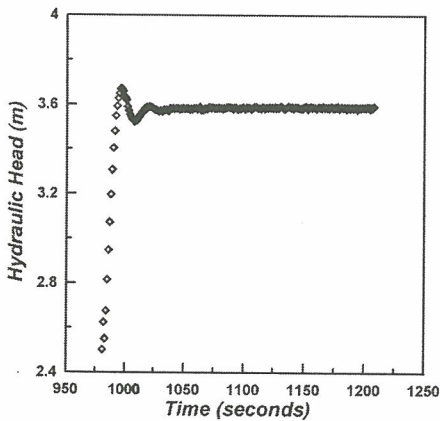


Fig. 3. YS-4 시추공에서의 수리 반응

결과 값을 Bouwer & Rice 해석법을 이용해서 수리전도도를 구해보면 약  $3 \times 10^{-6} \sim 3 \times 10^{-5}$  m/s 정도의 값을 보인다. 이 구간에서는 시험 시, 주변 매질의 투수성이 매우 낮기 때문에 하나의 유동성 단열을 통해서만 지하수가 흐른다고 가정하고, 이를 cubic law와 darcy law를 이용해 간극의 크기를 추정해보면 약 100 마이크로미터 정도 된다. 순간충격시험 초기에 관정 주변의 수두구배가 순간적으로 1 이상이 될 수 있기 때문에, 계산해보면 관정 주변의 지하수의 순간 속도는 1 m/s 이상이 나타날 수 있다. 그렇기 때문에, 구간 전체적으로 보았을 때는 수리전도도가 그렇게 높지 않지만 유동성 단열의 존재로 인해 스크린 근처의 지하수 속도가 원래보다 매우 빠르게 발생할 수 있고 이것이 비선형적 흐름을 유도해 수위의 oscillation을 만들어 낸다고 할 수 있다.

### 3. 결론

본 연구를 통하여 순간충격시험 시 수리전도도가 매우 낮은 암반 대수층에서도 유동성 단열로 인하여 순간적으로 빠른 지하수 흐름이 발생할 수 있고, 이것이 지하수위의 비선형적 oscillation response를 유도할 수 있음을 파악하였다. 기존의 투수성이 높은 대수층에서만 관찰되던 oscillation response가 암반 대수층에서 나타나는 원인으로써 유동성 단일 단열의 역할을 파악한 것에 본 연구의 의의가 있다 하겠다.

### 4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.