

## KURT 내 펄스반응시험을 이용한 수리간섭 효과 해석

김병우, 김건영, 고용권, 김경수, 김석일, 최종원  
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111  
 bwkim@kaeri.re.kr

### 1. 서론

결정질암반에서의 지하수유동은 투수성 단열체계의 분포특성에 지배되며, 이러한 단열체계는 대수성시험으로부터 해석할 수 있다. 본 연구에서는 지하처분연구시설(KURT) 내 심부 지하저장시설 부근의 저심도공(GL(-)10m)을 대상으로 상대적으로 투수성이 낮은 NTB-2-1, -2, -3호공에 대하여 현장 수리시험인 펄스반응시험(pulse response test)을 수행하였다. KURT 내에서 3개의 관측정으로부터 펄스반응시험을 통하여 단열의 연결성과 관련한 수리간섭효과를 분석하는데 목적을 두었다.

### 2. 본론

#### 2.1 지질 특성

한국원자력연구원내 KURT에서는 국지적으로 흑운모가 우세한 운모류로 산출되면서 흑운모 화강암의 양상을 보이며, 시설의 일부 구간에서는 구조작용에 의한 편상 흑운모 화강암의 양상을 보이기도 한다. 또한 일부 산화철이 미세 단열을 따라 세맥으로 존재하기도 한다. 관측공 NTB-2-1, -2, -3호공이 위치한 암상은 회백색에서 회색의 화강암이 주를 이루며 분포하고 있다.

#### 2.2 시험 및 해석 방법

KURT 내 펄스반응시험은 3개의 관측공에서 단공과 공과 공사이의 동시 펄스시험을 이용하여 수리간섭효과를 분석하였다. 관측공이 위치한 지질 특성은 상부 자갈층과 단열암반층으로 분류되며, 각 관정의 이격거리는 Fig. 1의 좌측으로부터 각각 0.95m, 1.99m이며, 제원은 표 1에 정리하였다.

이러한 펄스반응시험은 각 관측공 NTB-2-1, -2, -3호공으로부터 지표하 3m 구간에 micchemical handle packer를 설치하였다. GL(-)3~(-)10m 구간의 피압(confining)에 의한 수두변화는 지표로부터 길이 5m, 직경 0.025m의 아크릴 튜브(tube)를 통하여 수두가 작용할 수 있도록 지표에서 조절장치를 개폐 시키므로써, 경과 시간에 따른 층격으로

인한 수두변화의 소멸 현상을 관측하는 것이다. 반응시험에 따른 시험 경과시간은 5,000초이며, 시험 해석법은 Bouwer-Rice(1976) 해와 Hvorslev(1951) 해를 이용하여 수리특성을 해석하였다.

이러한 펄스반응시험을 통하여 단공, 공과 공사이의 수리간섭 효과를 분석하기 위하여 Table 2에서 보는바와 같이 시험을 수행하였다.

Table 1. Condition of monitoring wells.

| I D     | Well diameter (inch) | Depth(m) | Casing depth (m) |
|---------|----------------------|----------|------------------|
| NTB-2-1 | 2.36 "               | 10       | GL(-)0.10        |
| NTB-2-2 | 2.36 "               | 10       | GL(-)0.20        |
| NTB-2-3 | 2.36 "               | 10       | GL(-)0.30        |

Table 2. Hydraulic interference test between the well to the well using pulse response test.

| Step | NTB-2-1 | NTB-2-2 | NTB-2-3 |
|------|---------|---------|---------|
| A    | ●       | ×       | ×       |
| B    | ×       | ●       | ×       |
| C    | ×       | ×       | ●       |
| D    | ×       | ●       | ●       |
| E    | ●       | ●       | ×       |
| F    | ●       | ×       | ●       |
| G    | ●       | ●       | ●       |

Remark) ●: Open hole, ×: Close hole

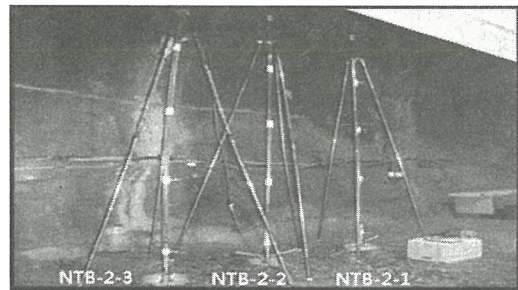


Fig. 1. Design of pulse response test.

#### 2.3 해석 결과

펄스반응시험은 관측공 내 지표로부터 3m 지점에 단일패커를 설치하여 상부로부터의 지하수의

유입과 유출을 차단하는 가압방식의 시험방법이다. 펄스반응시험의 가장 큰 장점은 단시간이 소요된다는 점은 있지만, 조사반경의 범위는 제한되어 있다. 이러한 시험은 치밀한 암층에 대한 주입 및 산출시험의 대안으로 이용할 수 있다(Forster & Gale, 1980). 또한 단공시험 주위에 발달한 미세균열과 공과 공사이에 연결된 단열들의 범위에 대한 수리특성 및 수리간섭효과에 대한 특성파악을 가능하게 한다. 이러한 펄스반응시험의 결과는 Fig. 2에서 보는바와 같이 Bouwer & Rics(1976) 해와 Hovrsleev(1951) 해로 이용하였으며, 분석에 이용된 소프트웨어는 AQTESOLV이다

펄스반응시험에 의해 해석된 NTB-2-1호공의 수리전도도는  $1.043 \sim 1.29 \times 10^{-7}$  m/sec이며, NTB-2-2호공은  $1.072 \sim 1.323 \times 10^{-7}$  m/sec, NTB-2-3호공은  $1.069 \sim 1.387 \times 10^{-7}$  m/sec이다. 분석결과 3개의 관측공은 수리단열이 같은 연결성을 보였다.

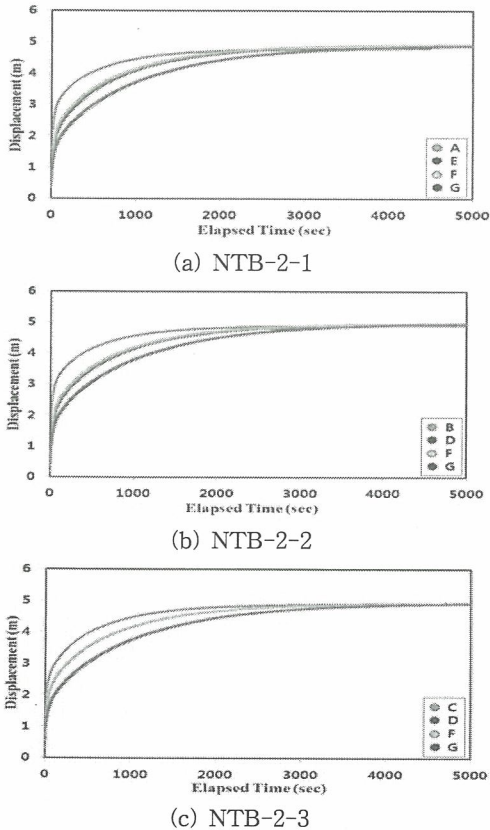


Fig. 2. Displacement of groundwater using pulse response tests.

같은 단열의 연결 구조로부터 수리적 간섭효과를 분석하기 위하여 단공에 대한 수리특성과 공과

공사이의 수리간섭효과를 비교·분석하기 위하여 Table 2와 같이 7단계(A, B, C, D, E, F, G)의 순서로 펄스반응시험을 실시하였으며, 시간경과에 따른 수위 변위는 Fig. 2에서 보는바와 같다.

Hvorslev 해를 적용한 경우에는 수리전도도 해석에 있어서는 과소평가되는 반면에 Bouwer-Rice 해는 수리간섭에 의한 수리전도도 산정에 매우 적합한 것으로 나타났다. Bouwer-Rice 해로 산정된 수리전도도에서 Fig. 2와 같이 1개의 관측공(A, B, C)을 개폐 하였을 때, 2개의 관측공(D, E, F)을 개폐 시켰을 때, 3개의 관측공(G)을 개폐하였을 때, 각각의 평균 수리전도도는  $1.061 \times 10^{-7}$  m/sec,  $8.640 \sim 8.907 \times 10^{-7}$  m/sec,  $7.48 \times 10^{-8}$  m/sec이다. 이때, 수리간섭효과로 인한 수리전도도는 약 0.705~0.823배 감소되었다.

피압대수층에서 2개 이상의 관정으로부터 동시 펄스반응시험을 할 경우에는 Fig. 2에서 보는바와 같이 수리간섭효과에 의해 수위 변위와 수리전도도가 감소되는 것으로 나타나났다.

### 3. 결론

피압대수층에서 2개 이상의 관정으로부터 펄스반응시험을 할 경우에는 수리간섭효과에 의해 수위 변위와 수리전도도가 감소되는 것으로 나타나났다.

이는 가압층으로부터 압력변화가 발생하게 되어 수리단열의 유동구조가 변화한다는 것이다. 특히 피압대수층으로부터 시험공 인근에 굴착된 관측공이 많을 경우에는 수리단열의 간섭효과가 발생되어 수리특성이 낮게 나타나게 된다.

### 4. 참고문헌

- [1] Bouwer, H., R.C. R. C. 1976, Slug test method for determining hydraulic conductivity of unconfined aquifers with completely or partially penetrating well, Water Resources Research, 12(3), pp.423-438.
- [2] Hvorslev, M.J., 1951, Time Lag and Soil permeability in Ground-Water Observation, Bull, 36, Waterways Exper. Sta. Corps of Engrs, U.S. Army, Vicksburg, Mississippi, pp.1-50.
- [3] Forster, C. B. and Gale, J. E., 1980: Injection versus pressure pulse borehole tests in fractured crystalline rocks-observations and recent experience. Proc. 3rd Invitational Well-Testing Symposium, March 26-28, 1980, LBL-12076, Berkeley, California.