

# KURT 부지내 단열암반층의 양수시험로부터 수리전도도의 규모종속효과와 지하수유동차원을 이용한 이방성 해석

김병우, 김건영, 이항복, 고용권

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

bwkim@kaeri.re.kr

## 1. 서론

양수시험은 지하매질의 수리특성을 규명하는데 가장 널리 수행되는 현장수리시험이다. 단열암반층은 높은 불균질성(heterogeneity)을 가지므로 양수정과 관정 사이의 이격거리에 따른 수리특성에 관한 연구는 매우 중요하다.

이와 관련하여 국내에서는 양수시험 시 수리전도도의 규모종속효과(scale dependent effect)에 관한 연구가 미비한 실정이다. 교투수성 누수 피압대수층과 자유면 대수층에서의 수리전도도가 증가하는 규모종속효과에 대한 연구가 있지만 [1][2], 저투수성 단열암반층에서의 연구는 없는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 저투수성 단열암반층으로부터 양수시험 시 거리에 따라 수리전도도가 감소하는 규모종속효과와 지하수유동차원(groundwater flow dimension)을 이용한 이방성 해석에 목적을 두었다.

## 2. 연구방법

한국원자력연구원 지하처분연구시설(KURT)의 지질은 복운모 화강암질이며, 이에 대한 수리특성을 분석하기 위하여 3개의 관정(NTB-2-1, 2-2, 2-3)으로부터 각각 양수시험을 수행하였다. 관정의 심도, 이격거리, 단열의 심도별 분포는 Fig. 1, 2와 같다. 양수시험시 1개의 양수정과 2개의 관측정으로부터 시간경과에 따른 수위강하를 측정하였다. 양수시험 해석은 피압대수층 모델인 Papadopoulos-Cooper(1976)와 단열암반층 모델인 Barker(1988) 해를 적용하였다.

공간적 수리전도도의 규모종속효과는 양수시험 시 양수정으로부터 관측정의 이격거리(d)에 따른 수리전도도(K)의 관계를 log-log 그래프에서 선형 모델을 이용하여 분석하였다. 양수정으로부터 관측정의 이격거리에 따른 수리전도도 증가 또는 감소 함수는 이방성을 얘기할 수 있다. 수리전도

도의 규모종속효과에서 대수층 매질의 불균질성이 높을수록 시험규모(관측거리)에 따른 수리전도도 함수의 기울기가 1에 근접한다고 하였다[3].

양수정 위치변화에 따른 수리전도도(K)의 규모종속효과와 지하수유동차원(n)을 분석하여 단열암반층의 불균질·이방성을 해석하였다.

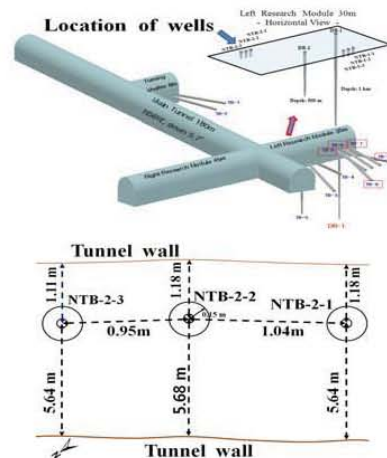


Fig. 1. Study site and well location.

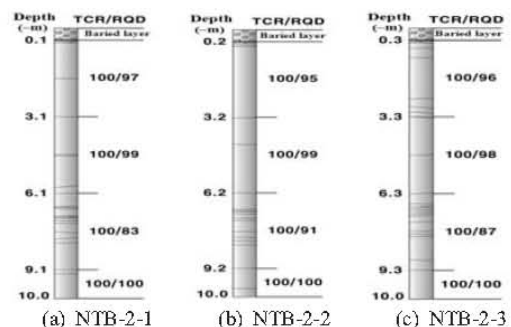


Fig. 2. Fractures and RQD with depth variation.

## 3. 해석결과

### 3.1. 양수시험

KURT내 3개의 관정으로부터 양수시험을 수행하였으며, 그 결과는 Table 1에 정리하였다.

관측정 3개의 평균 수리전도도는  $6.51 \times 10^{-8}$ ~

$6.30 \times 10^{-7} \text{m/sec}$ 의 범위로 낮은 투수성을 보였다. 저류계수는  $1.73 \times 10^{-9} \sim 1.06 \times 10^{-3}$ 의 범위로 양수시험 시 각 양수정에서는  $1.06 \times 10^{-3} \sim 8.02 \times 10^{-3}$ 의 범위로 다소 높은 값을 보이며, 관측정은  $1.73 \times 10^{-9} \sim 1.25 \times 10^{-6}$ 의 범위로 낮은 저류특성을 보였다. 양수시험 시 양수정 주위의 저류효과는 큰 것으로 나타났다. Barker(1988) 해석에 의한 지하수유동 차원은 1.83~2.24차원의 방사성 흐름을 보인다.

### 3.2 수리전도도의 규모종속효과

양수정 NBT-2-1호정과 NTB-2-3호정을 중심으로 관측정의 이격거리에 따른 수리전도도 감소 함수는 Fig. 3과 같다. NTB-2-1호정과 NTB-2-3호정을 중심으로한 양수시험 시 기울기는 각각 -0.190, -0.546을 보였다. 따라서 NTB-2-1호정에서 양수 시 불균질성은 낮으며, NTB-2-3호정은 불균질성이 약간 높게 나타났다. 반경 2m 내에서도 양수시험시 양수정 위치변화에 따라 균질성이 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있었다.

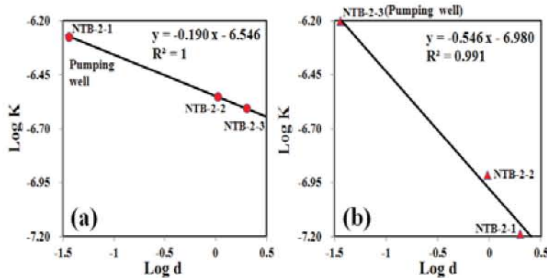


Fig. 3. Scale-dependent effect of hydraulic conductivity; pumping at (a) NTB-2-1, and (b) NTB2-3.

### 3.3 지하수유동차원 해석

NTB-2-1, 2-2, 2-3호정을 중심으로 양수시험 시 유동차원은 각각 2.24~1.83, 2.06~2.28, 1.92~1.96으로 전체 1.83~2.24차원의 범위로 최대 0.41차원의 차이를 보였다. Fig. 4와 같이 각 양수정으로부터 양수시 유동차원이 차이를 보여 단열의 연결성에 의한 이방성 흐름을 확인 할 수 있었다

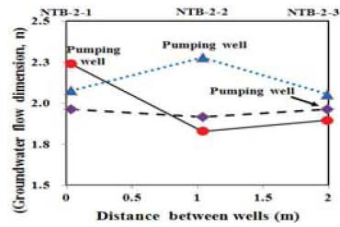


Fig. 4. n-Value of groundwater flow dimensions from a each pumping test.

## 4. 결과

다공질매질의 고투수성 현장시험 규모에서는 수리전도도가 증가하는 규모종속효과가 나타난다. 그러나 단열이 발달된 저투수성 암반대수층에서는 수리전도도가 감소하는 규모종속효과를 확인하였으며, 양수정의 위치변화에 따라 대수층 매질은 균질성과 불균질성의 2가지 형태를 확인할 수 있었다. 그리고 양수정 NTB-2-1, 2-2, 2-3호정을 중심으로한 주변 관측정의 유동차원은 각각 2.24~1.83, 2.06~2.28, 1.92~1.96으로 양수정 위치변화에 따라 관정들 사이의 이방성흐름을 확인할 수 있었다.

## 5. 감사의 글

본 연구는 2010년도 지식경제부의 재원으로 한국에너지 기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 201017102002D).

## 6. 참고문헌

- [1] 김태영, 강동환, 김성수, 김병우, 권병혁, 김해만섭의 고투수성 누수 피압대수층에서 수리전도도의 규모종속효과, 대한지질공학, 2009.
- [2] 김병우, 김규범, 미고결퇴적층내 양수시험시 관측정 설계가 추정 수리상수에 미치는 영향 분석, 대한지질공학회, 45(6), 787-797, 2009.
- [3] Rovey, C.W., and Cherauer, D.S., Scale dependency of hydraulic conductivity measurements, Ground Water, 33(5), 769-780, 1995.

Table 1. Value of Hydraulic parameters (K, S, Ss, T, and n).

Papadopoulos Cooper (1976) solution for a pumping test in a confined aquifer									
Pumping well	NTB-2-1			NTB-2-2			NTB-2-3		
Observation well	NTB-2-1	NTB-2-2	NTB-2-3	NTB-2-1	NTB-2-2	NTB-2-3	NTB-2-1	NTB-2-2	NTB-2-3
K	3.518E-07	7.959E-08	3.870E-08	8.251E-08	3.252E-07	1.049E-07	3.881E-08	8.673E-08	3.428E-07
S	5.067E-03	1.983E-07	1.285E-07	1.679E-07	1.059E-03	1.246E-06	1.100E-08	1.734E-09	8.021E-03
T	1.478E-06	3.343E-07	1.625E-07	3.466E-07	1.366E-06	4.406E-07	1.630E-07	3.643E-07	1.440E-06
Barker (1988) solution for a pumping test in a fractured aquifer									
Pumping well	NTB-2-1			NTB-2-2			NTB-2-3		
Observation well	NTB-2-1	NTB-2-2	NTB-2-3	NTB-2-1	NTB-2-2	NTB-2-3	NTB-2-1	NTB-2-2	NTB-2-3
K	7.156E-07	4.856E-07	4.592E-07	3.588E-07	6.633E-07	5.468E-07	9.141E-08	1.567E-07	9.170E-07
Ss	1.214E-04	3.053E-06	7.939E-08	7.852E-06	8.757E-04	2.466E-07	9.419E-08	3.683E-08	8.877E-03
T	3.005E-06	2.039E-06	1.929E-06	1.507E-06	2.786E-06	2.297E-06	3.482E-07	6.588E-07	3.852E-06
n(flow dimension)	2.24	1.83	1.9	2.08	2.28	2.06	1.96	1.92	1.96
K(mean)	5.337E-07	2.826E-07	2.490E-07	2.207E-07	4.943E-07	3.259E-07	6.511E-08	1.218E-07	6.299E-07