

## 유성지역 결정질 암반에서 수행한 양수시험에 대한 해석

박경우, 고용권, 김경수, 배대석, 조성일

한국원자력연구소  
woosbest@kaeri.re.kr

### <요약문>

연구지역에서 설치된 6개의 관정을 대상으로 양수시험을 실시하였다. Neuman method를 이용하여 연구지역의 투수량계수(transmissivity)와 저유계수(storativity) 및 비산출율(specific yield)을 구한결과 투수량계수는  $1 \times 10^{-6} \sim 9.135 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$  이며, 저유계수는 0.0002~0.0085, 비산출율은 0.3~0.4의 값을 보인다. 계산된 투수량 계수를 이용하여 수리전도도(hydraulic conductivity)를 구하였다. 양수정의 심도보다 깊은 관정에서 계산된 수리상수 값은 큰 값을, 얇은 관정에서는 작은 값을 보여 양수시험시 양수정과 관측정의 깊이에 대해 고려가 필요하다.

주제어 : 양수시험, 투수량계수, 저유계수, 비산출율, 수리전도도

## 1. 서론

결정질 암반에서 지하수의 유동은 다공성 매질에서와는 매우 다른 양상을 나타낸다. 다공성 매질에서는 일반적으로 Darcy법칙에 따르는 3차원의 문제로 해석되고 있지만, 결정질 암반에서는 단열대가 지하수의 주요 유동로가 되어 지하수의 유동은 단열대를 통해서 이루어 지게 된다. 그러나, 해당 매질에서 단열대를 확인하여 이를 주요 유동로로 정의하는 데에는 많은 불확실성이 존재하기 때문에 일반적으로 결정질 암반에서도 다공성 연속체 개념을 사용하여 지하수유동 및 용질이동에 대한 문제를 해석하고 있다

본 연구에서는 유성지역 결정질 암반에서 수행한 양수시험에 대해 다공성연속체 개념을 도입하여 결과를 해석하였다. 대상 균열암반 대수층에 대한 다공성연속체 개념 접근법에 기반하여 본 연구에서 선택한 양수시험 해석모델은 양수정의 양수위치를 고려하여 Neuman법(1974)을 사용하였으며, 해석결과를 이전에 수행한 정압주입-수위회복시험에 의한 결과 및 추적자 시험에서 도출된 결과와 비교하여 보았다.

## 2. 본론

### 가. 연구지역

연구지역은 대전광역시 한국원자력연구소 부지내에 위치하고 있으며 YS series 시추 조사공들이 배열되어 있다. 연구지역의 지질은 시대미상의 편상화강암이다. 본 양수시험에서는 YS2번 시추공을 양수정

으로 사용하였고, YS2-1, YS2-2, YS2-3, YS3공에서 자동수위계측기를 이용하여 지하수위 변화를 시간 별로 관측하였다. YS1번공에는 Multi packer가 설치되어 있는데 패커가 설치된 각각의 구간에서 압력 변화를 관측하였다. 각 시추공의 위치와 공경 및 깊이는 그림 1과 표 1에서 제시하였다.

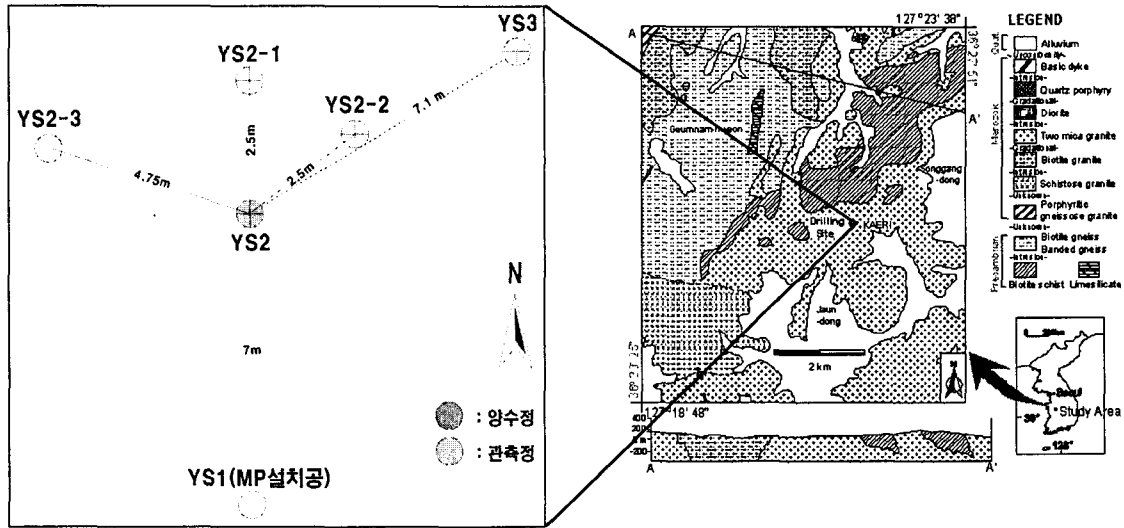


그림 1. 연구지역 지질과 시추공의 배열

표 1. 시추공의 공경 및 깊이

시추공	공경	깊이	해발고도
YS1	NX	500m	80.4m
YS2	NX	200m	80.13m
YS2-1	NX	200m	80.25m
YS2-2	NX	200m	80.03m
YS2-3	NX	15m	80.5m
YS3	NX	300m	79.95m

### 나. 양수시험

양수시험 이전에 각 시추공에서 장기 수위변화를 관측하였다. 관측결과에 따르면 시추공의 수위변화는 강수에 의해서 나타나며 일별 기압변화와의 관계는 거의 없는 것으로 나타났다(그림 2, 그림 3). 따

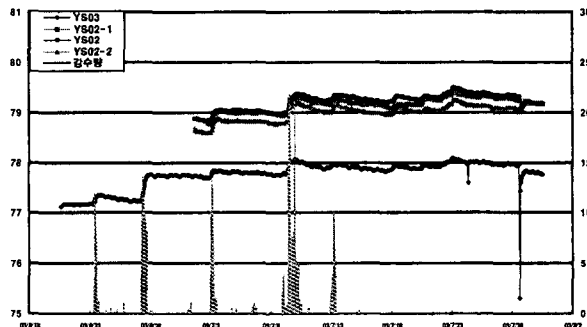


그림 2. 시추공별 장기 수위변화

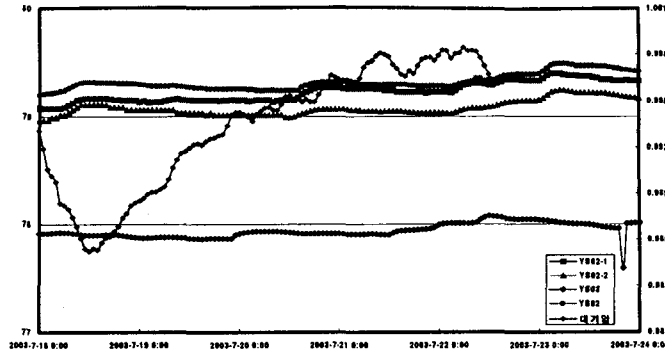


그림 3. 기압변화에 따른 수위변화

라서 현장 양수시험은 2003년 8월 12일에서 18일까지 강우의 영향이 없도록 실시하였다. 양수는 수중 펌프를 사용하였으며 양수정 약 100m 일정 깊이에서 양수하였다. 양수량은 전자식 디지털 유속계를 사용하여 측정하였으며, 시간에 따른 수두강하 측정은 압력센서를 부착한 자동수위기록계를 이용하였다.

#### 다. 결과 및 토론

현장 양수시험결과 각 관측정에서의 수위강하는 1~3m 발생했다(그림 4). Neuman method를 이용하여 계산된 연구지역의 투수량계수는  $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5} \text{ m}^2/\text{s}$  이며, 저유계수는 0.0002~0.0105의 분포를 보여 일반적인 결정질 암반의 대수층의 범위를 나타내었다(표 2). 비산출율(Specific yield)은 연구지역이 결정질 암반의 대수층이므로 비교적 높은 값을 나타내며, 다른 관측정에 비해 얇은 심도를 가진 YS2-3은 일반적인 다공성 매질의 비산출율과 유사한 값을 보인다. 수직방향의 수리전도도 값을 지시하는 Neuman  $\beta$ 값은 YS3 시추공이 다른 공에 비해 현저히 큰 값을 보이는데 이는 YS3번 시추공이 다른 공들에 비해 깊은 심도를 가져 수직방향의 수리전도도가 크게 나타나기 때문이다.

표 1에서 보는 바와 같이 양수시험시 사용된 양수정(YS2)의 경우 200m 심도이며, 관측정의 심도는 각기 다른데 YS2-1, YS2-2는 양수정과 같은 200m이며, YS2-3번 시추공은 15m로 양수정에 비해 현저히 얇고, YS3번 시추공은 300m로 양수정에 비해 심도가 100m깊다. 연구지역의 매질이 연구 대상영역에서 균질하다고 가정한다면 양수정에 비해 얇은 YS2-3번 시추공의 경우 심도가 같은 시추공에 비해

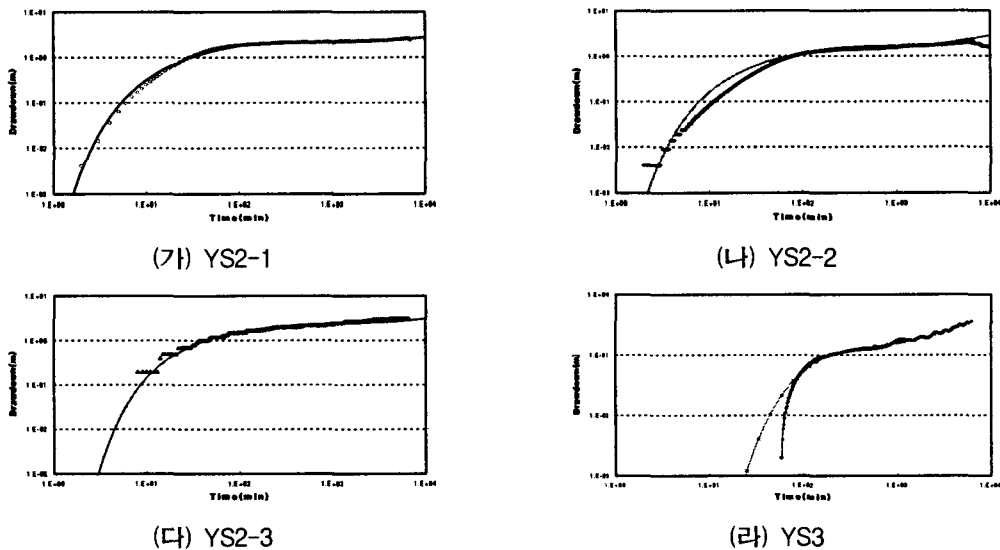


그림 4. 관측정에서 수위강하량과(점선) Neuman method의 type curve(실선)

투수량계수 및 저유계수, 비산출율이 작게 계산이 되었고, 양수정에 비해 심도가 깊은 YS3번 시추공은 수리상수값들이 크게 계산이 되었다. 결과적으로 양수시험시 양수정과 관측정에 대한 심도를 충분히 고려해 주어야지만 적절한 결과가 나온다고 판단된다. 이러한 결과는 YS1 시추공에서의 구간별 압력변화로 계산된 결과와도 유사한 양상을 나타낸다.

표 2. 양수시험 결과 계산된 수리상수

시추공	Transmissivity	Storativity	Specific yield	neuman $\beta$
YS2-1	$7.5 \times 10^{-6}$	0.0025	0.40	0.1
YS2-2	$9.135 \times 10^{-6}$	0.0085	0.38	0.2
YS2-3	$1.0 \times 10^{-6}$	0.0002	0.15	0.07
YS3	$2.107 \times 10^{-6}$	0.0105	0.32	1.26

양수시험 결과를 기존에 보고된 정압주입-수위강하시험(Injection/fall-off test) 수리전도도 값과 추적자 시험(140m~150m의 투수성이 큰 구간에서 수행)에서의 구한 수리전도도 값을 비교해 보았다(표 3). 일반적으로 양수시험에서 산출된 수리전도도 값은 추적자시험에서 구해진 값과 비교해 보면 크게 계산되는데, 투수성이 큰 구간에서 실시한 추적자시험 결과 값에 비해 본 연구에서 수행한 양수시험의 수리전도도 값이 3~10배 큰 값을 나타냈다. 정압주입-수위강하시험 결과와 비교해 볼 때 양수시험의 수리전도도 값은 2 order 에 가까운 차이를 나타내고 있다. 이는 양수시험에 의해 계산된 결과가 상부 투수성이 큰 영역에 지배를 받기 때문에 그런 것으로 판단된다. 위의 세가지 수리시험들을 비교해 볼 때, 결정질 암반의 전체 영역에서 수리전도도를 추정하는데에는 정압주입-수위강하시험이 투수성구간에 대한 수리상수값을 추정하는데에는 추적자 시험이 바람직하며, 양수시험으로 수리전도도를 결정하는데에는 주의가 요구된다.

표 3. 수리시험에 의해 산출된 수리전도도 값

양수시험(YS2-1, YS2-2)	정압주입-수위강하시험 (김경수 외, 2002)	추적자시험(모멘트법) (박경우 외, 2003)
$3.25 \times 10^{-8} \sim 4.068 \times 10^{-8} m/s$	$5.27 \times 10^{-10} \sim 8.61 \times 10^{-10} m/s$	$4.7 \times 10^{-9} \sim 9.5 \times 10^{-9} m/s$

### 3. 결론

연구지역에서 설치된 6개의 관정을 대상으로 양수시험을 실시하였다. 그 결과 연구지역의 투수량계수와 저유계수 및 비산출율(specific yield)은 각각  $7.5 \times 10^{-6} \sim 9.135 \times 10^{-6} m^2/s$  이며, 저유계수는 0.0025~0.0085, 비산출율은 0.38~0.40의 값을 얻을 수 있었다. 또한, 계산된 투수량계수를 이용하여 구한 연구지역의 수리전도도는  $3.25 \times 10^{-8} \sim 4.068 \times 10^{-8} m/s$ 으로 추정된다. 수리상수값을 비교해 볼 때 양수정의 심도보다 깊은 관정에서 계산된 수리상수 값은 큰 값을, 얕은 관정에서는 작은 값을 보여 양수시험시 양수정과 관측정의 깊이에 대해 주의가 요구된다.

#### 4. 참고문헌

- 김경수, 김천수, 배대석, 2002, 등연속체매질로서의 화강암지역의 유효수리전도도 산출, 지질공학, 12권 3호, 319-332p.
- 박경우, 김경수, 배대석, 김천수, 2003, 비흡착성 추적자시험에 의한 단열대의 수리파라미터 해석, 지질공학회 춘계학술발표회 논문집, 139-145p.
- Neuman, S. P., 1974, *Effect of partial penetration on flow in unconfined aquifers considering delayed gravity response*. *Water Resources Res.*, 10, 303-312p.