

## 순간충격 시험을 이용한 보은지역 화강암의 수리상수 산출

류상민, 함세영, 이병대\*, 정재열, 강래수

부산대학교 지질학과

\* 한국지질자원연구원

lavaguv@busan.ac.kr

### 요 약 문

폐공을 이용한 도심지역 지하수 환경 복원 및 응용화 기술개발 연구의 한 과정으로 보은지역의 지하수계를 이해하고 지하수 개념모델을 설정하기 위한 단계로 보은지역 화강암의 수리적 특성을 파악하고자 순간충격시험을 실시하였다. 순간충격시험은 경제적 수리상수 산출을 위한 현장시험방법으로서, 이를 통해 수리전도도, 투수량계수 그리고 저류계수를 산출하였다. 그리고 dummy의 주입과 인양시 다르게 나타나는 수리전도도값의 원인에 대해서도 고찰해 보았다.

**key word** : 화강암, 순간충격시험, 수리전도도, 투수량계수, 저류계수, dummy

### 1. 서 론

순간충격시험은 경제적인 수리상수 산출을 위한 현장시험방법으로서 체적을 알고 있는 dummy를 순간적으로 주입/회수한 시점으로부터 수위가 수동역학적 평형상태에 도달될 때 까지의 경과시간별로 수위 변화를 측정한다. 그리고 측정된 수위값을 이용하여 수리상수를 구하는 순간충격시험 해석방법에는 Hvorslev법, Bower & Rice법, Cooper-Bredhoeft-Papadopoulos법(C-B-P법)이 있다.

보은군의 생활용수 또는 농업용수로 개발된 7개 지하수공(BO-12, BO-19, BO-20, MA-1, MA-13, OC-1, SA-12)에 대하여 순간충격시험을 실시하고, 그 자료로부터 수리상수를 구하였다. BO는 보은읍, MA는 마로면, OC-1는 오창리, SA-12는 삼승면 탄금1리에 위치한다.

수리상수의 산출은 HydroSolve사의 AQTESOLV for Window-Professional 소프트웨어를 이용하였으며, 위에서 서술한 각각의 방법에 대해 수리전도도, 투수량계수 그리고 저류계수를 산출하였다. 시간에 따른 수위변화는 Eijkelkamp사의 자동수위측정기인 Diver를 사용하여 0.5초 단위로 계측하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 Dummy 삽입에 의한 순간충격시험분석의 적용

Dummy 삽입에 의한 순간충격시험분석으로부터 구한 수리전도도는  $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5}$  m/sec 범위에 있으며, 투수량계수는  $1 \times 10^{-4} \sim 8 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/sec 그리고 저류계수는  $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-1}$ 이다. 따라서 투수량계수는 수리전도도에 대수층의 두께 10 ~ 100m 정도를 곱한 값이다. 그러나 저류계수는 시추공에 따라  $10^4$ 정도의 차이를 보이며, 이는 유효반경의 불확실성에서 유래하는 것으로 판단된다(Table 1).

Table 1. Hydraulic parameters obtained by injection slug test analys.

	K (m/sec) by H	K (m/sec) by B-R	T(m <sup>2</sup> /sec) by C-B-P	S by C-B-P
BO-12	3.175E-06	2.792E-06	1.186E-04	1.000E-01
BO-19	3.980E-06	3.485E-06	3.946E-04	1.416E-02
BO-20	1.757E-06	1.376E-06	9.692E-05	1.000E-01
MA-1	2.065E-05	1.701E-05	6.419E-04	2.265E-02
MA-13	3.618E-06	3.041E-06	2.734E-04	1.244E-03
OC-1	2.149E-06	1.838E-06	1.971E-04	1.000E-01
SA-12	7.511E-06	5.948E-06	2.100E-04	1.000E-04
Min.	1.757E-06	1.376E-06	9.692E-05	1.000E-04
Max.	2.065E-05	1.701E-05	7.802E-04	1.000E-01
Mean	6.120E-06	5.070E-06	2.958E-04	4.831E-02
Median	3.618E-06	3.041E-06	2.100E-04	2.265E-02
Standard deviation	6.676E-06	5.466E-06	2.356E-04	4.896E-02
Skewness	2.254	2.279	1.777	0.281
Kurtosis	5.251	5.409	3.365	-2.677

### 2.2 Dummy 인양에 의한 순간충격시험분석의 적용

Dummy 인양에 의한 순간충격시험분석으로부터 구한 수리전도도는  $2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-5}$  m/sec 범위에 있으며, 투수량계수는  $1 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/sec 그리고 저류계수는  $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-1}$ 이다. 대부분의 지하수공에서 dummy 인양으로부터 얻어진 수리상수가 dummy 삽입에 의한 것보다 더 큰 값을 보인다(Table 2).

Table 2. Hydraulic parameters obtained by withdrawal slug test analys.

	K (m/sec) by H	K (m/sec) by B-R	T(m <sup>2</sup> /sec) by C-B-P	S by C-B-P
BO-12	2.659E-06	2.302E-06	1.049E-04	1.000E-01
BO-19	4.311E-05	3.688E-05	4.352E-03	1.416E-02
BO-20	1.540E-05	1.394E-05	6.612E-04	1.000E-01
MA-1	2.649E-05	2.247E-05	1.187E-03	2.265E-02
MA-13	4.030E-06	3.401E-06	2.811E-04	1.244E-03
OC-1	7.685E-06	6.516E-06	3.206E-04	1.000E-01
SA-12	5.680E-06	4.581E-06	3.219E-04	1.000E-04
Min	2.659E-06	2.302E-06	1.049E-04	1.000E-04
Max	4.311E-05	3.688E-05	4.352E-03	1.000E-01
Mean	1.501E-05	1.281E-05	1.033E-03	4.831E-02
Median	7.685E-06	6.516E-06	3.219E-04	2.265E-02
Standard deviation	1.492E-05	1.278E-05	1.507E-03	4.896E-02
Skewness	0.99405	0.99709	1.45886	1.0134
Kurtosis	1.356	1.346	2.36	0.281

### 2.3 Dummy의 주입과 인양의 효과

이론적으로는 dummy의 주입과 인양에 관계없이 수리전도도는 같은 값을 보여 주어야 하지만 실제로는 dummy의 주입과 인양시의 수리전도도가 다른 경우가 많다(Fig. 1). Dummy가 움직이는 영향권내의 시험공벽 및 공벽부근의 스킨에 의해서 그런 현상이 일어날 수 있을 것이다. 스킨에는 케이싱의 설치상태, 케이싱과 공벽간의 충전재 유무, 공벽에 점토물질의 침전 또는 투수성 균열의 발달상태 등이다. 그리고, dummy 주입과 인양시의 압력의 차이도 생각할 수 있을 것이다. Dax(1987)는 dummy의 압력에 의해서 제거되었던 세립질 물질이 dummy를 인양하면서 스킨

린의 구멍을 막거나 시험공 내에 쌓인다고 하였으며, Butler et al.(1996)은 dummy의 압력에 의해서 이동된 세립질 물질이 dummy를 인양하였을 때 시험공 주위의 균열 즉 지하수 통로에 침전된다고 하였다. Dax(1987)와 Butler et al.(1996)의 예는 dummy 주입시의 수리전도도가 인양시의 수리전도도보다 높은 경우이다. 그러나, 반대로 dummy 인양 때의 수위회복이 dummy 주입시 보다 더 빠른 경우 즉 수리전도도가 더 높은 경우도 있다. 본 연구지역의 경우가 여기에 해당한다(Fig. 1).

이런 경우는 시험공 주위의 투수성 균열대의 발달이 시험공에서 약간 떨어진 지역보다 더 작고 저류성은 반대로 더 높은 경우에, dummy의 주입시 그 압력이 있더라도 공 주위의 균열대로 압력이 원활하게 전달되지 못하므로 지하수 유동도 잘 일어나지 못하고, 반면에 dummy를 회수하면 시험공의 수위가 주변지역보다 떨어지므로, 수두경사에 의해서 시험공에서 약간 떨어진 상대적으로 투수성이 더 높은 지역으로부터 시험공쪽으로 지하수 유동이 상대적으로 잘 일어나기 때문이다(김문수외, 2001).

일반적인 균열 암반의 수리전도도( $10^{-9} \sim 10^{-4}$  m/sec)(Freeze and Cherry, 1979)와 비교하면 본 연구지역의 수리전도도는 높은 편이며, 이는 계산된 수리전도도가 기반암의 상부 풍화대의 수리전도도를 대표하기 때문으로 판단된다(Table 1, 2). 이의 증거로서 시추공 주변의 노두관찰에 의하면 화강암이 심하게 풍화되어 있다.

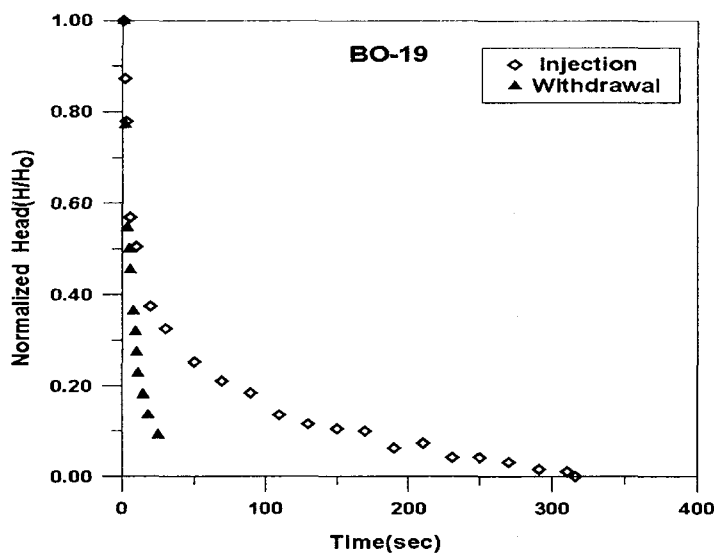


Fig. 1. Normalized head versus time for a series of coupled injection and withdrawal slug test at well BO-19.

### 3. 결 론

충북 보은지역의 7개의 공에 대해 실시한 순간충격시험으로부터 화강암의 수리적 매개변수에 관한 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. C-B-P법, Hvorselv법, Bouwer & Rice법에 의해서 구한 수리전도도는 dummy 주입시  $1 \times 10^{-6} \sim 2 \times 10^{-5}$  m/sec 범위에 있으며, 투수량계수는  $1 \times 10^{-4} \sim 8 \times 10^{-4}$  m<sup>2</sup>/sec 그리고 저류계수는  $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-1}$  범위를 보인다.

2. Dummy 인양시 구한 수리전도도, 투수량계수, 저류계수는 각각  $2 \times 10^{-6} \sim 4 \times 10^{-5}$  m/sec,  $1 \times 10^{-4} \sim 4 \times 10^{-3}$  m<sup>2</sup>/sec 그리고  $1 \times 10^{-4} \sim 1 \times 10^{-1}$ 의 범위를 보인다.

3. 이론적으로는 dummy의 주입과 인양에 관계없이 수리전도도는 같은 값을 보여 주어야

하지만, 본 연구지역의 대부분의 지하수공에서 dummy 인양 때의 수위회복이 dummy 주입시 보다 더 빠른 경우는 dummy 인양시 수리전도도가 주입시의 수리전도도보다 더 높은 경우에 해당한다.

4. 이는 시험공 주위의 투수성 균열대의 발달이 시험공에서 약간 떨어진 지역보다 더 작고 저류성은 반대로 더 높기 때문에 dummy 인양시 시험공의 수위가 주변보다 떨어지므로, 주변 지역에서 시험공쪽으로는 흐름이 주입시에 시험공으로부터 주변지역으로 일어나는 흐름보다 더 크게 일어나기 때문으로 판단된다.

5. 일반적인 균열 암반의 수리전도도( $10^{-9} \sim 10^{-4}$  m/sec)(Freeze and Cherry, 1979)와 비교하면 본 연구지역의 수리전도도는 비교적 높은 편이며, 이는 계산된 수리전도도가 기반암의 상부 풍화대의 수리전도도를 대표하기 때문으로 판단된다.

#### 4. 참고 문헌

1. 김문수, 함세영, 성익환, 이병대, 김광성, 김성이, 순간충격시험분석에 의한 화강암 지역의 수리상수 산출, 지질공학회 창립 11주년 정기총회 및 학술발표회(2001).
2. Butler, J.J., Jr., C.D. McElwee, and W. Liu, Improving the quality of parameter estimates obtained from slug tests, Ground Water, Vol. 34, No. 3, 480-490(1996).
3. Dax, A., A note on the analysis of slug tests, Jour. Hydr., Vol. 91, 153-177(1987).
4. Freeze, R. A. and Cherry, J. A., Groundwater, Prentice-Hall, Inc., 604p(1979).