

Dummy의 주입과 회수시험에 의한 수리전도도 산출

이병대, 류상민, 추창오*, 강래수, 성익환, 김용욱

한국지질자원연구원

* 안동대학교 지질학과

blee@kigam.re.kr

<요약문>

광산개발로 인한 지하수 유동체계 변형에 따른 주변환경 영향조사의 과정으로 충북 음성군 지역에서 야의 조사를 실시하였다. 조사 과정에서 연구지역의 지하수계를 이해하고 개발에 따른 지하수 유동체계 변화를 예측하고자 수행된 모델링의 입력인자 산정을 위해 순간충격시험을 실시하였다. 순간충격시험을 통해 수리전도도, 투수량계수 그리고 저류계수를 산출하였다. 그리고 dummy의 주입과 회수시 다르게 나타나는 수리전도도값의 원인에 대해서도 고찰해 보았다.

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

1. 서론

순간충격시험은 수리상수 산출을 위한 현장시험방법 중에서 경제적이고 간단한 방법으로서 체적을 알고 있는 dummy나 물을 순간적으로 주입/회수한 시점으로부터 수위가 수동역학적 평형상태에 도달될 때까지 경과시간별로 수위 변화를 측정하여 수리상수를 산정하는 방법이다. 그리고 측정된 자료를 이용하여 수리상수를 구하는 순간충격시험 해석방법에는 Hvorslev법, Bower & Rice법, Cooper-Bredhoeft-Papadopoulos법(C-B-P법)이 있다.

본 연구지역은 충북 음성군 일대로서 본 조사를 위해 굴착된 10개의 시험시추공 중에서 8개의 시험시추공(ES-1, ES-2, ES-3, ES-4, ES-5, ES-8, ES-9, ES-10)에 대하여 순간충격시험을 실시하였다. 시험시추공의 심도는 115~164m의 범위에 있고 시추공이 위치한 지역의 암석은 모두 화강섬록암으로 구성되어 있다.

현장에서 획득한 수위변화의 자료들을 이용한 수리상수의 산출은 HydroSolve사의 AQTESOLV for Window-Professional 소프트웨어를 사용하였고, 각각의 해석방법에 따른 수리전도도, 투수량계수 그리고 저류계수를 산출하였다. 시간에 따른 수위변화는 Eijkelkamp사의 자동수위측정기인 Diver를 사용하여 1초 단위로 계측하였다.

2. 본론

2.1 Dummy 주입에 의한 수리상수 산출

Dummy 주입에 의한 순간충격시험분석으로부터 구한 수리전도도는 $7 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ 범위로 투수성이 양호하며, 투수량계수는 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{sec}$ 범위이다. 투수량계수는 수리전도도에 대수층의 두께를 곱한 값으로 나타난다. 일반적인 균열 암반의 수리전도도($10^{-9} \sim 10^{-4} \text{m/sec}$)(Freeze and Cherry, 1979)와 비교하면 본 연구지역의 수리전도도는 일반적인 균열암반의 수리전도도를 대표한다고 볼 수 있다(Table 1). 자동수위측정기인 Diver는 데이터 인지 범위가 10m이기 때문에 초기수위에서 8m 밑에 설치를 하고 순간충격 시험을 실시하였으므로, ES-4, ES-9, ES-10의 경우는 풍화대 최상부나 토양층이 위치한 곳에서 실험이 되어 다른 공에 비해서 수리전도도가 높게 산출되었다(Table 1). 이는 지하수 유출, 유입되는 스크린 구간의 최상부 구간의 투수성만이 규명되기 때문에 순간충격시험 후 구한 대수층 수리상수는 신뢰성이 떨어진다는 단점을 보여주고 있다.

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

	K(m/sec) by H	K(m/sec) by B-R	T(m ² /sec) by C-B-P	S by C-B-P
ES-1	7.020E-07	5.839E-07	8.663E-05	9.585E-05
ES-2	7.520E-08	7.182E-08	1.040E-06	1.000E-01
ES-3	4.393E-07	4.007E-07	2.879E-05	8.763E-04
ES-4	1.319E-06	1.097E-06	5.495E-05	1.000E-01
ES-5	6.365E-07	5.544E-07	5.815E-05	8.690E-02
ES-8	5.028E-07	4.379E-07	3.167E-05	2.197E-03
ES-9	1.803E-06	1.570E-06	3.223E-04	1.000E-10
ES-10	2.277E-06	1.983E-06	4.537E-04	1.000E-10
min.	7.520E-08	7.182E-08	1.040E-06	1.000E-10
max.	2.277E-06	1.983E-06	4.537E-04	1.000E-01
mean	9.694E-07	8.373E-07	1.297E-04	3.626E-02
median	6.693E-07	5.692E-07	5.655E-05	1.537E-03
std. dev.	7.566E-07	6.544E-07	1.652E-04	4.934E-02
skewness	0.808	0.870	1.531	0.668
kurtosis	-0.502	-0.353	1.057	-2.142

2.2 Dummy 회수에 의한 수리상수 산출

Dummy 회수에 의한 순간충격시험분석으로부터 구한 수리전도도는 $5 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-6} \text{m/sec}$ 범위에 있으며, 투수량계수는 $2 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-4} \text{m}^2/\text{sec}$ 그리고 저류계수는 $2 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-1}$ 이다(Table 2).

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

	K(m/sec) by H	K(m/sec) by B-R	T(m ² /sec) by C-B-P	S by C-B-P
ES-1	8.985E-07	7.826E-07	6.090E-05	1.307E-02
ES-2	5.422E-07	4.722E-07	1.377E-04	2.065E-10
ES-3	5.529E-07	4.816E-07	8.817E-05	2.835E-06
ES-4	9.843E-07	8.573E-07	4.144E-05	1.000E-01
ES-5	6.085E-07	5.549E-07	5.529E-05	7.654E-02
ES-8	4.921E-07	4.286E-07	2.018E-05	2.380E-02
ES-9	1.822E-06	1.587E-06	2.953E-04	1.921E-09
ES-10	1.818E-06	1.584E-06	1.137E-04	3.935E-03
min.	4.921E-07	4.286E-07	2.018E-05	2.065E-10
max.	1.822E-06	1.587E-06	2.953E-04	1.000E-01
mean	9.648E-07	8.435E-07	1.016E-04	2.717E-02
median	7.535E-07	6.688E-07	7.454E-05	8.503E-03
std. dev.	5.563E-07	4.825E-07	8.718E-05	3.911E-02
skewness	1.056	1.056	1.838	1.373
kurtosis	-0.616	-0.603	3.851	0.383

2.3 Dummy의 주입과 회수의 효과

이론적으로는 dummy의 주입과 회수에 관계없이 수리전도도는 같은 값을 보여 주어야 하지만 실제로는 dummy의 주입과 회수시의 수리전도도가 다른 경우가 많다(Fig. 1). 이는 시추공벽 및 벽 부근의 스킨과 dummy 주입과 인양시의 압력의 차이에 의해서 그런 현상이 일어날 수 있을 것이다. Dax(1987)는 dummy의 주입시 압력에 의해서 제거되었던 세립의 물질들이 dummy를 회수하면서 스크린의 구멍을 막거나 시험공 내에 쌓인다고 하였으며, Butler et al.(1996)은 dummy의 주입시 압력에 의해 이동되었던 세립질 물질들이 dummy를 회수할 때 시험공 주위의 균열 즉 지하수 통로에 침전된다고 하였다. Dax(1987)와 Butler et al.(1996)의 예는 dummy 주입시의 수리전도도가 회수시의 수리전도도보다 높은 경우이다. 그러나, 반대로 dummy 인양 때의 수위회복이 dummy 주입시 보다 더 빠른 경우 즉 수리전도도가 더 높은 경우도 있다. 본 연구지역의 경우는 전자의 경우에 해당한다(Fig. 1).

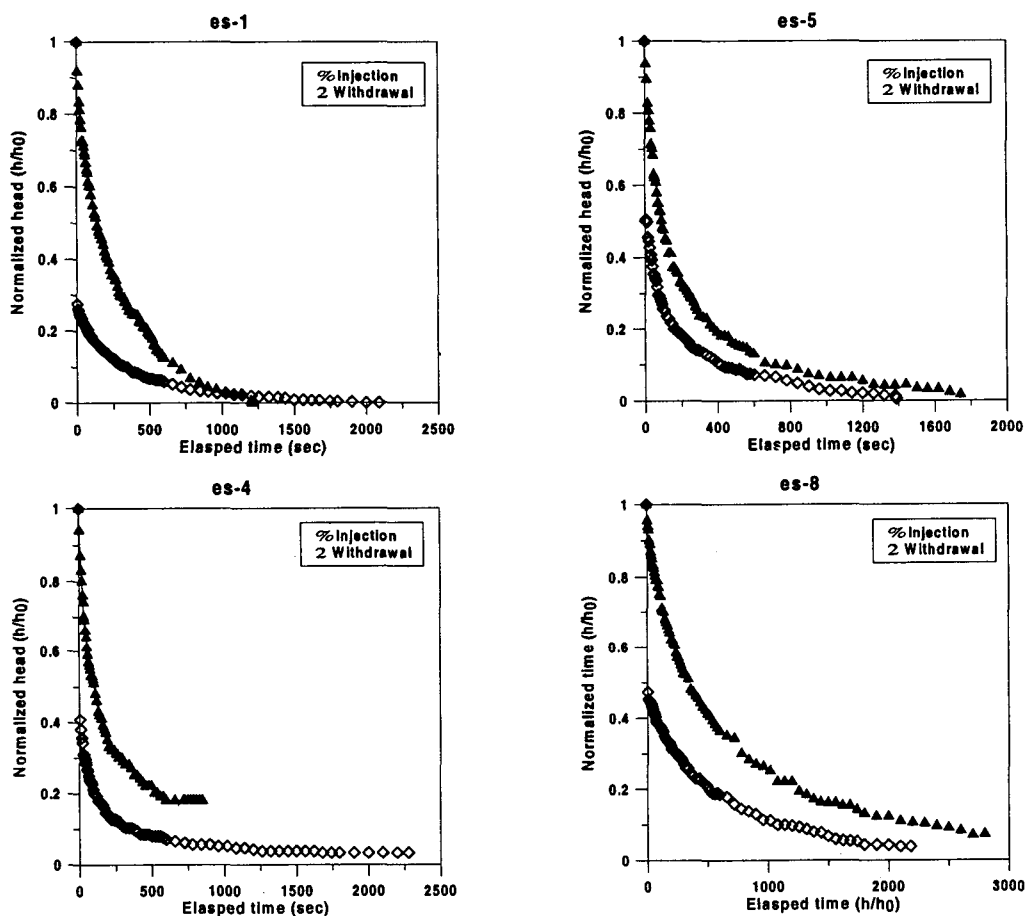


Fig. 1. Normalized head versus time for a series of coupled injection and withdrawal slug test at slug test well.

3. 결론

1. C-B-P법, Hvorselv법, Bouwer & Rice법에 의해서 산정한 수리전도도는 dummy 주입시 $7 \times 10^{-8} \sim 1 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$ 범위로 투수성이 양호하며, 투수량계수는 $1 \times 10^{-6} \sim 5 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$ 의 범위를 보인다.
2. Dummy 회수시 구한 수리전도도, 투수량계수, 저류계수는 각각 $5 \times 10^{-7} \sim 2 \times 10^{-6} \text{ m/sec}$, $2 \times 10^{-5} \sim 3 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{sec}$, $2 \times 10^{-10} \sim 1 \times 10^{-1}$ 의 범위를 보인다.

3. 일반적인 균열 암반의 수리전도도($10^{-9} \sim 10^{-4}$ m/sec)(Freeze and Cherry, 1979)와 비교하면 본 연구지역의 수리전도도는 일반적인 균열암반의 수리전도도를 대표한다고 볼 수 있다.
4. 이론적으로는 dummy의 주입과 회수에 관계없이 수리전도도는 같은 값을 보여 주어야 하지만, 본 연구지역의 대부분의 지하수공에서 스킨과 dummy의 주입과 회수시에 발생하는 압력의 차이에 따른 세립질 물질의 충전 및 침전의 영향으로 인해 서로 다른 수리전도도 값이 산정되었다.

4. 참고문헌

1. 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).
2. Dax, A., A note on the analysis of slug tests, Jour. Hydr., Vol. 91, 153-177(1987).
3. Freeze, R. A. and Cherry, J. A., Groundwater, Prentice-Hall, Inc., 604p(1979).