

## 2.1 순간수위변화 시험 (Slug Tests)

순간수위변화시험(slug tests)은 단일 정호에 순간적인 수위변화를 유발시켜 그 회복 양상을 관측함으로써 수리상수값( $K, S_s$  또는  $T, S$ )을 추정한다. 수리상수를 추정하는 다른 방법과는 달리 이 시험법은 하나의 정호에서 시행할 수 있기 때문에 경제 적이며, 또한 대수층이 수위강하를 일으키기 어려운 저투수성 매질로 이루어져 있을 때 적용이 가능하다는 장점이 있다. 특히 이 시험은 오염지역에서 해당 대수층의 수리상수를 추정하고자 할 때 오염을 더욱 가속화시킬 우려가 있는 양수시험보다 선호 된다. 이 시험은 bailer를 사용해 물을 덜어 내거나 물을 더해서 순간 수위 변화를 야기시키는 bail tests와 부피를 알고 있는 slug를 정호에 집어 넣거나 빼서 수위변화를 일으키게 하는 slug tests로 나뉘는데 통상적으로 둘 다를 순간수위변화시험법(slug tests)이라고 부른다.

순간수위변화시험은 다음 장에 설명한 방법으로 수행된다. 시험을 통해 얻은 시간에 따른 수위회복데이터는 Hvorslev(1951), Bouwer and Rice(1976), Cooper et al.(1967), Miner(1986) 등 여러 연구자가 제시한 여러 해석모델을 이용하여 알고자 하는 수리상수를 구한다. 이 때 현장조건에 맞는 해석모델을 택하는 것이 가장 중요하다.

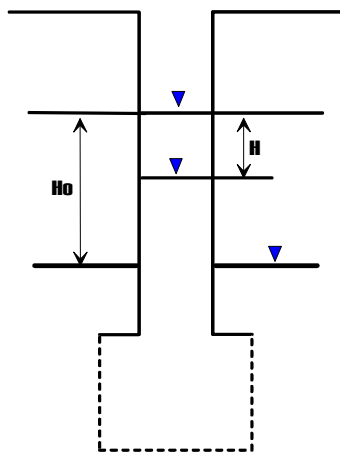
이 지침서에는 순간수위변화방법에 대해서 설명하면서 실행시 주의를 요하는 부분에 대한 지침을 제시하고, 간단하게나마 해석에 필요한 method에 대해 Hvorslev method(1951)와 Cooper et al.(1967) method를 중심으로 설명하겠다. 참고로 순간수위 변화시험법을 해석해주는 AQTESOLV라는 상용 프로그램이 있으며 실험에서 측정한 시간에 따른 수위변화를 데이터로 입력하면 후에 설명할 여러 해석 방법에 따라 수리상수값( $K, S_s$ )을 추정해 준다. 요즘에는 윈도우 환경하에서 입력과 출력이 자유롭게 이루어지는 다양한 대수층시험 해석 프로그램들이 개발되어 있다.

### 2.1.1 순간수위변화시험 수행순서

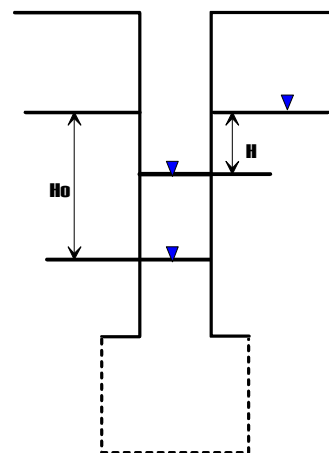
- 1) 정호에 대한 여러 정보 (정호의 깊이, 케이싱 길이, 정호와 케이싱 반경, 스크린 구간 등)를 조사한다.
- 2) 순간 수위 변화전의 초기 정류수위를 측정한다. 자동수위계측기를 이용할 때는

이 과정은 필요없다.

- 3) 슬러그나 베일러를 사용하여 정호내 수위변화 유발한다. 슬러그는 부피를 알고 있는 물체를 말하며 슬러그를 고정대에 매달아 놓아 다시 올릴 수 있게 한다. Bailer는 물을 퍼는 도구를 말하는데 통상적으로 길쭉한 바가지로 볼 수 있다.
- 4) 수위를 변화 시킨 후의 수위변화를 계속적으로 측정한다. 수위를 변화시킨 직후의 수위와 초기 정류 수위와의 차이가  $H_0$  인데 각 해석모델에 따라 초기 수위 변화를 얼마나 정확히 측정하는지에 대해 나중에 계산되어지는 수리상수값에 영향을 미칠수 있다. 자동수위계측기를 사용하는 것이 정확한 측정을 하는 데에 필수적이다. 수동수위계로써 수위변화를 측정하면 시간에 따른 수위 변화를 정확히 알기가 힘들다.
- 5) 가능한 초기정류수위로 수위가 회복될때 까지 수위를 측정한다. 가용실험시간이 많지 않다면 초기수위변화의 63% 이상만 회복되었다면 실험을 종료해도 된다. 그러나 이것은 최소한의 요구사항으로, 장려되는 것은 아니다.
- 6) 현장조건에 맞는 해석모델을 선택하여 수리상수값을 추정한다.



슬러그 삽입



슬러그 제거

그림 2.1.1 순간수위변화시험 기본 모식도

### 2.1.2 입력변수에 따른 추정수리상수의 민감도

실험결과 (시간에 따른 수위회복데이터)를 해석하기 위해서 해석모델을 선택하게 되는데 각 모델은 입력변수의 불확실성(부정확성)에 따라 그 추정 수리상수값에 변화를 가져오게 된다. 그러므로 어떤 해석모델에서는 어떤 입력변수가 중요한지를 알 필요가 있다. 여기서는 Cooper et al.(1967) 방법과 Bouwer and Rice(1976) 방법에 대해 간략히 기술한다.

#### 1) 초기 수위 변화 ( $H_0$ )

Cooper et al.(1967) method를 사용할 경우 초기 수위 미약한 변화가 계산되어지는 수리 상수의 값에 큰 영향을 주므로 정확한 초기 수위 변화값을 알아야 한다. 대개의 수동 수위계로 초기 측정치는 정확히 잴수 없기 때문에 자동수위계측기를 사용하는 것이 바람직한 방법이라고 하겠다. 초기 수위를 정확히 측정하지 못했을 경우 다른 방법으로 해석을 해야만 한다.

#### 2) 비등방성 (anisotropy)

매질의 비등방성(anisotropy)이 수리상수를 결정하는데 미치는 영향은 Cooper et al.(1967) method를 사용할 경우에 고려하지 않아도 된다. 그러나 Bouwer and Rice(1976) method를 사용할 경우에는 비등방성이 커짐에 따라서 수리전도도가 줄어드는 경향이 있으므로 비등방성 매질에 대한 해석 방법은 전자가 유리하다.

#### 3) 정호 반경 (well radius)

외부로 노출된 casing의 반경은 측정이 가능하지만 지하 내부에 있는 반경은 측정이 어렵다. 이런 정호의 반경은 얻어지는 수리상수 값에 큰 영향을 미치지 않으므로 측정이 가능한 외부의 반경으로 대체해도 별 무리가 없다.

### 2.1.3 실험 장비

1) 슬러그 혹은 bailer : 부피를 알고 있는 물체

2) 자동수위계측기: 수위를 자동으로 기록해 주는 장치로 컴퓨터에 연결하여 데이터를 다운 받을수 있다.

3) 수위계, 초시계, 줄자

## 2.1.4 순간수위변화 해석모델

### *Horvlev method*

수리전도도가 너무 작아서 양수시험을 하기 곤란한 곳에서 수리상수값을 추정하기 위해서, 이미 부피를 알고 있는 물체(slug)를 관정에 집어 넣거나 집어 넣은 후 수위가 안정된 상태에서 끌어 올리는 방법이다. Well screen이나 open hole이 대수층을 완전히 관통하지 않았을 경우에도 사용이 가능한 해석방법이다.

다음에서 설명할 풀이법은 아래와 같은 데이터를 이용해서 값을 구한 예제이다.

시간 (초)	수위	수위변화(H)	H/H <sub>0</sub>
정류상태	13.99		
0	14.87	0.88	1
1	14.59	0.60	0.682
2	14.37	0.38	0.432
3	14.20	0.21	0.239
4	14.11	0.12	0.136
5	14.05	0.06	0.068
6	14.03	0.04	0.045
7	14.01	0.02	0.023
8	14.00	0.01	0.011
9	13.99	0.00	0.000

1) 아래 그림과 같이 위 실험에서 얻어진 시간(  $t$  )에 따른 수위회복양상(  $H/H_0$  )을 semi-log scale로 수직축에 시간을 수평축으로 하는 좌표를 만든다. 이에 얻어진 data는 직선이 된다.

2) 수위회복이 0.37만큼 이르렀을 때 시간 (  $T_0$  )를 읽는다.

3) 수리전도도(  $K$  )는 다음 식과 같다.

$$K = \frac{\pi r^2}{F T_0} \quad (2.1.1)$$

$F$  : 정호의 물리적인 성질을 나타내는 인자,  $r$  : well casing의 반경

4) 스크린의 길이와 스크린 반경비(  $L/R$  )가 8이상인 경우,  $F$ 를 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$F = \frac{\ln(L/R)}{2\pi L} \quad (2.1.2)$$

$L$  : 스크린의 길이,  $R$  : 스크린의 반경

즉, 위의 수리전도도는 다음과 같은 식이 된다.

$$K = \frac{r^2 \ln(L/R)}{2LT_0} \quad (2.1.3)$$

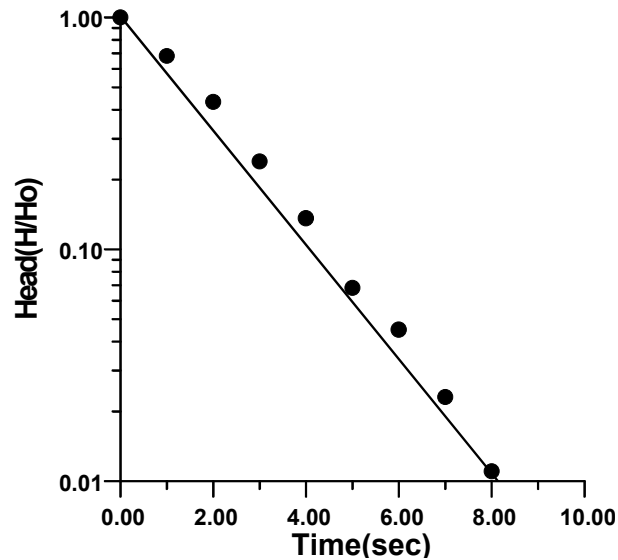


그림 2.1.2 Horvlev method

#### *Cooper-Bredehoeft-Papadopoulos Method*

순간수위변화 직후의 관정에서 수위의 회복도는 대수층의 특성에 따라 달라진다. 이 테스트 방법은 피압 대수층에서 적용되며 well screen이나 open hole이 대수층을 완전히 관통한 경우에 사용한다. 다음에서 설명할 풀이법은 아래와 같은 데이터를 이용하여 값을 구한 예제이다.

시간 (sec)	$H$	$H/H_o$
2	0.37	0.88
5	0.34	0.81
10	0.27	0.64
21	0.18	0.43
46	0.09	0.21
70	0.05	0.12
100	0.02	0.05

1) 아래 그림과 같이 반대수방안지(semi-log paper)에 수위의 회복양상( $H/H_o$ )을 시간

( $t$ )에 따라 도시한다.

2) 위에서 도시한 데이터 곡선을 이미 알고 있는 Type curve에 중첩한다.

3) 중첩된 curve를 이용하여  $Tt/r_c^2=1$  인 시간 ( $t_1$ )을 읽고  $\mu$  값을 구한다.

4)  $T = r_c^2/t_1$ ,  $S = r_c^2\mu/r_s^2$  를 이용 투수량계수 ( $T$ ) 와 저유계수 ( $S$ )를 구한다.

$r_c$  : well casing의 반경,  $r_s$  : well screen의 반경

$\mu$  : type curve와 중첩시켰을 때의 계수,  $Tt/r_c^2$  : type curve의 수평축의 값

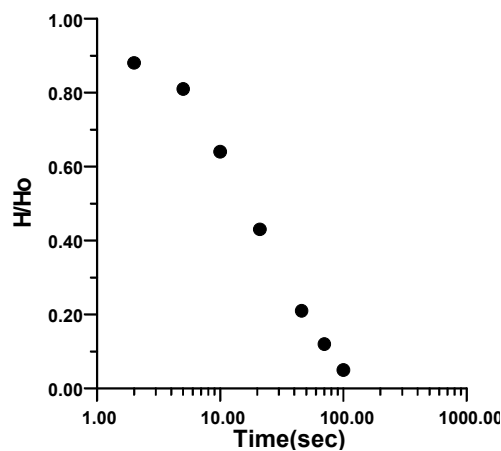


그림 2.1.3 Cooper et al. method.

## 2.1.5 참고 문헌

Fetter, C. W. 1988, Applied Hydrogeology, Merrill Publishing Company, Columbus, Ohio, 173p, 175p, pp 197-199.

Cooper, H. H., J. D. Bredehoeft, and I. S. Papadopoulos, 1967, Response of a finite-diameter well to an instantaneous change of water, Water Resources Research, v.3., no.1, pp 263-269.

Lee, J. Y., 1998, Use of field observations to characterize a fractured porous aquifer system in Won-Ju, Korea, M.S. Thesis, SNU, pp 14-29.

Lee, J. Y. and K. K. Lee, 1999, Analysis of the quality of parameter estimates from repeated from pumping and slug tests in a fractured porous aquifer system in Wonju, Korea, Ground Water, 37, no. 5, pp 1531-1537.