

지표수 수위변동을 이용한 대수층 수리상수 추정

하규철, 조민조

한국지질자원연구원 (hasife@kigam.re.kr)

<요약문>

In aquifers connected hydraulically, the levels of groundwater respond to stream stages. Analytical solutions by Laplace transform and convolution integral are used to get some response patterns about hydrogeologic parameter such as hydraulic conductivity, specific storage in confined aquifer. This method has the advantage to do hydrogeologic parameter estimations only with stream stage changes.

key word : stream stage, hydrogeologic parameter estimation, response

1. 서론

하천과 수리적으로 연결되어 있는 대수층에서의 지하수는 하천의 수위변동에 직접적으로 영향을 받기 때문에 그 양상이 지하수위에도 나타난다. 피압대수층에서의 지하수 방정식을 하천의 단위수위변화에 따라 변하는 반응을 라플라스 변환과 회선적분공식으로 해를 구하여 다양한 수리지질 변수들에 대하여 그 영향성을 판별하였다.

2. 본론

피압 또는 누수대수층에서의 지하수 흐름 방정식은 다음과 같은 가정에 의하여 식(1)과 (2)와 같은 지배방정식과 경계조건으로 나타 내어 진다(Moench and Barlow, 2000).

- 1) 대수층은 균질하며 일정한 두께를 가진다.
- 2) 대수층의 바닥은 수평이며 불투수성이다.
- 3) 수리상수는 시간에 따라 변하지 않는다.
- 4) 매질과 유체는 약간 압축성이다.
- 5) 관측정과 piezometer는 지름이 무시할 정도로 작아 대수층의 압력변화에 즉각적으로 변동한다.
- 6) 초기 하천 수위와 대수층의 지하수위는 같다.
- 7) 강바닥 퇴적층은 균질하며, 등방성이고 저류능은 무시할 만하다.

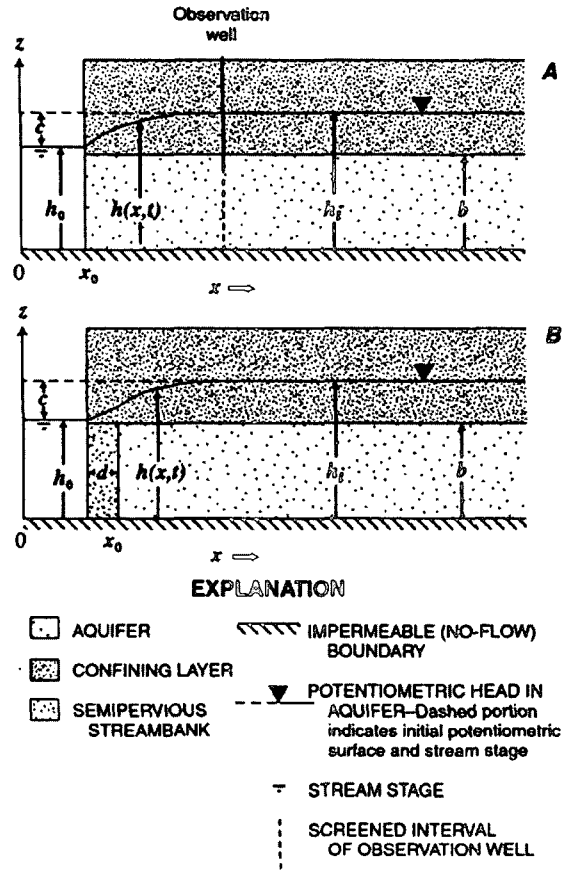


그림 1. 피압대수층(하천제방물질이 없는 경우(위)와 있는 경우(아래))(after Moench and Barlow(2000))

$$\frac{\partial^2 h}{\partial x^2} = \frac{S_s}{K} \frac{\partial h}{\partial t} + q' \quad (1)$$

h : 대수층의 수직적으로 평균화된 수두

x : 수평좌표

K : 수리전도도

q' : 공급원

$$q' = - \left(\frac{K'}{Kb} \right) \left(\frac{\partial h'}{\partial z} \right)_{z=b}$$

K' : aquitard의 수직수리전도도

h' : aquitard에서의 수두

피압대수층에서는 $K'=0$ 이므로 $q'=0$ 이다.

초기조건과 경계조건은 다음과 같다.

$$h(x, 0) = h_i$$

$$h(\infty, t) = h_i$$

식(1)로부터 단위 하천 수위 변화에 대한 라플라스 변환에 의한 해를 구하고, 역변환 해주면 해석해가 얻어진다.

경계치 문제가 선형이면, 하천수위 또는 대수층의 지하수 수위의 단위변화 시계열에 대한 지하수 시

시스템의 전체 반응양상은 각각의 단위변화의 중첩에 의하여 결정될 수 있다. 이와 같은 중첩은 수학적으로 회선적분으로 표현될 수 있으며 지하수의 수두변화는 식(2)와 같이 나타내어 진다(Barlow et. al. 2000). 회선적분은 시간불변인 선형시스템에 유효하다.

$$h(x, z, t) = h_i + \int_0^t F'(z) h_D(x, z, t - \tau) d\tau \quad (2)$$

$F'(z)$: 시스템의 스트레스에 대한 시간변화율(units of length per time)

τ : 적분변수 (delay time)(units of time)

식(2)에서 구하여진 대수층의 하천수위에 대한 반응양상을 알아보기 위하여, 그림2와 같은 하천수위변화 시계열자료를 가상의 피압대수층에 적용시켜 보았다. 그림2의 하천수위변화는 2003년 7월의 대전시 유성구 문지동 갑천변의 수위의 일부분이다.

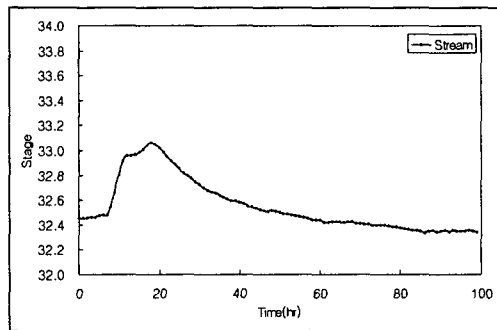


그림2. 하천수위 변화

1) 수리전도도에 대한 반응성

그림3은 하천으로부터 110m, 500m에 위치하고 있는 지점에서의 지하수위의 반응패턴을 나타낸 것이다.

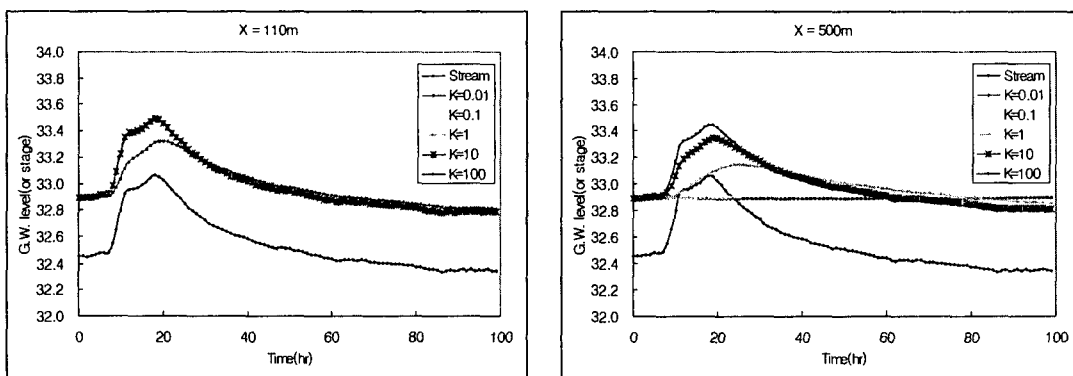


그림3. 수리전도도에 대한 대수층의 하천수위변화에 대한 반응

2) 비저류계수에 대한 반응성

비저류계수가 커지면, 지하수 수위 변화율이 작다. 그러나, 하천변에 가까이 위치하고 있는 지하수 수위는 민감하지 않는 반면, 하천과 멀리 위치한 지하수 수위는 민감하게 나타나는 것을 알 수 있다 (그림4).

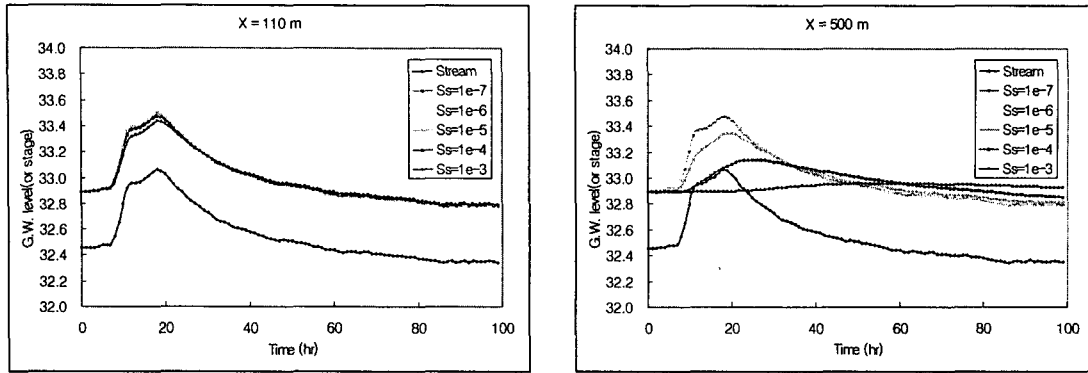


그림4. 저류계수에 대한 반응성

3) 하천제방 누수계수(streambank leakance)

하천제방 누수계수는 하천바닥면의 매질이 대수층으로의 물의 흐름을 저항하는 것을 표현해 주기 위한 변수이다. 누수계수가 크면 클 수록 흐름에 대한 저항성이 높은 것을 의미하기 때문에 반응양상은 작다 (그림5).

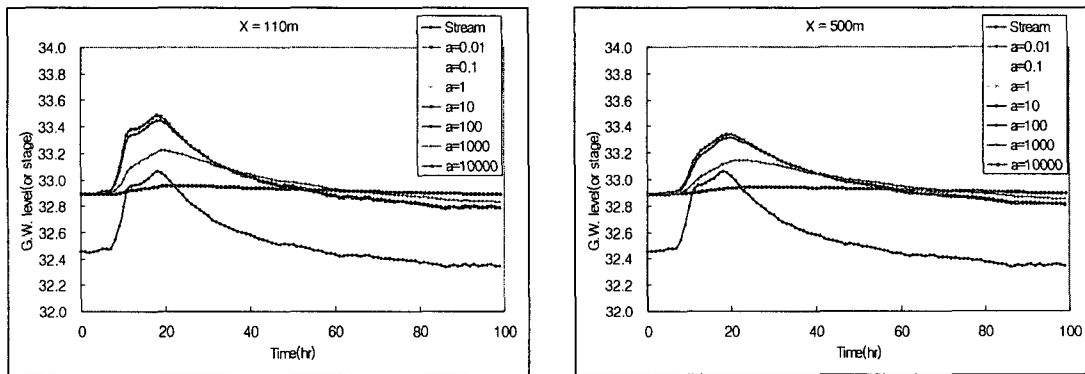


그림5. 하천제방 누수계수에 대한 반응성

4) 확산계수(diffusivity)

확산계수는 지하수 흐름 지배방정식이 근본적으로 확산방정식이기 때문에 붙여진 것으로 수리전도도를 비저류계수로 나눈 것이다. 이론적으로 지하수위의 하천에 대한 반응성은 확산계수가 크면 클수록 그 스트레스 전파가 빠른 것을 의미하므로 커진다.

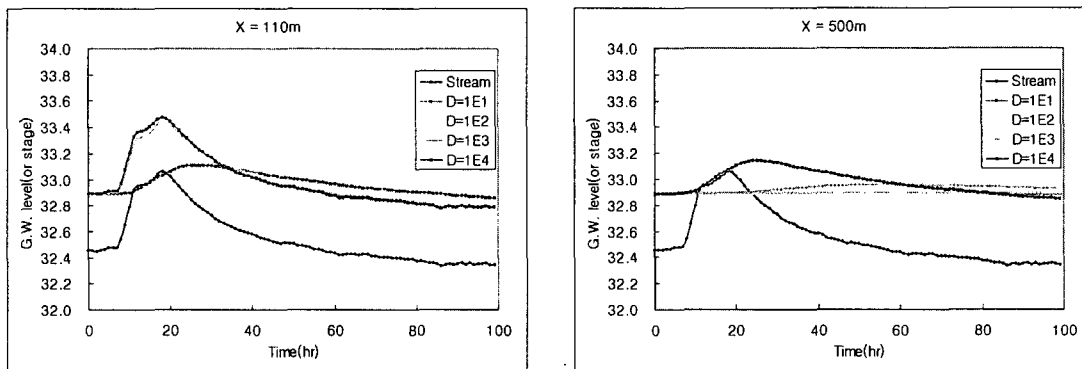


그림6. 확산계수에 따른 지하수위 반응양상

5) 상호상관분석

해석해에 의하여 구하여진 지하수위의 반응양상을 상호상관분석을 통하여 확산계수 만큼 스트레스의 전파가 일어나는 것을 확인하였다(그림7).

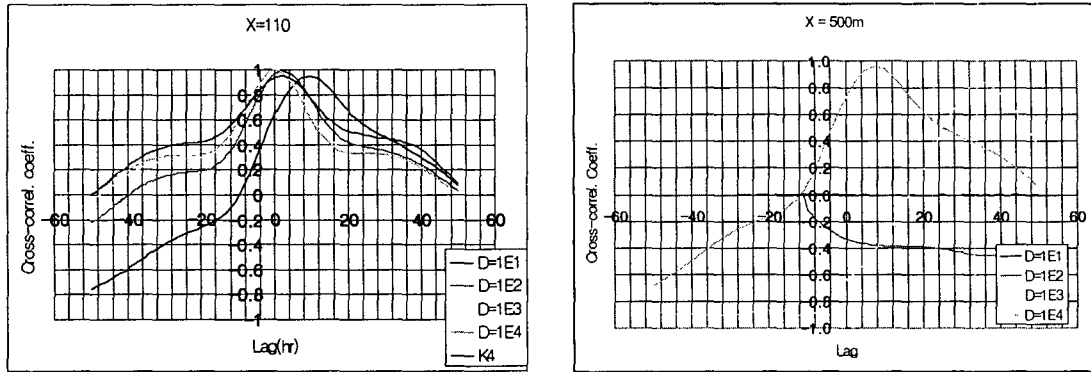


그림7. 지하수위 반응과 하천수위와의 상호상관

3. 결론

하천수위 반응에 대한 지하수위의 변화율은 수리지질변수에 따라 그 양상이 달라지며, 이러한 경향성을 알아보기 위하여 다양한 변수에 대하여 수치실험을 실시하였다. 이와 같은 실험에 의하여 구하여진 반응양상을 현장의 지하수위의 변화와 비교함으로써 적절한 수리지질변수를 추정해 낼 수 있을 것으로 판단된다.

4. 참고문헌

- Barlow P. M., DeSimone L. A., and A. F. Moench, 2000, Aquifer response to stream-stage and recharge variations, II. Convolution method and applications, *Journal of Hydrology*, 230, p211-229.
- Moench A.F., and P.M. Barlow, A., 2000, Aquifer response to stream-stage and recharge variations, I. Analytical step-response functions, *Journal of Hydrology*, 230, p192-210.