

하천 바닥 퇴적층의 투수성시험과 누수계수 추정

하규철 · 고동찬

한국지질자원연구원 지하수지열연구부
e-mail : hasife@kigam.re.kr

요 약 문

To quantify the hydraulic connection between river and aquifer, riverbed leakance values are required to be estimated. Silt, clay, and organic materials are often deposited in rivers resulting in the streambed having a lower hydraulic conductivity than the underlying alluvial aquifer. The riverbed hydraulic conductivities are measured through vertical and oblique permeameter test. Anisotropic and heterogeneous properties of riverbed hydraulic conductivity were identified. Grain size analysis and flood wave response technique were checked along with the permeameter test for the riverbed hydraulic conductivity.

key word : riverbed leakance, permeameter, river-aquifer interaction

1. 서론

강과 수리적으로 연결되어 있는 대수층의 수리적인 상호작용을 이해하는 것은 수자원 관리에 있어서 중요한 관심거리이다. 하천의 수질이 주변 대수층으로 영향을 미치는가 하면, 지하수를 뽑아 쓰므로 해서 하천이 마른다거나 하는 일이 발생할 수 있다. 하천바닥의 수리전도도는 하천과 대수층의 연결성을 평가하는 중요한 요소이다. 이 값은 하천의 대수층으로의 침투 또는 지하수의 하천으로의 배출에 영향을 미치기 때문이다(Sopocleous and others, 1995; Conrad and Beljin, 1996). 하천바닥의 수리전도도를 측정하는 것은 하천과 대수층의 상호작용을 연구하기 위한 첫 번째 단계이다.

2. 본론

하천바닥의 수리전도도를 측정하기 위하여 전주시 덕진구 도덕동일대 만경강 바닥에서 현장투수시험을 실시하였다. 실험실내에서 이루어지는 투수시험은 많은 수리지질 교과서에 언급되고 있다(Freeze and Cherry, 1979). 실험실내에서 이루어 지는 투수시험은 시료의 준비과정에서 교란 될 뿐만 아니라, 현장 수리전도도의 이방성에 대한 정보도 얻을 수 없는 단점이 있다.

이러한 실험실내에서의 투수시험의 단점 때문에 현장에서 투수시험을 실시하였고, 그림 1에 시험방법을 나타내었다. 수직투수시험을 통해서 수직수리전도도를 추정할 수 있고, 경사투수시험방법에 의해서는 경사수리전도도를 구할 수 있다. 수평으로 파이프를 설치하여 투수시험을 실시하게 되면 수평수리전도도를 구할 수 있는데, 수평으로 파이프를 설치하게 되면 퇴적층의 기밀성이나 안정성이 확보되지 않는 단점이 있다. 수평과 수직이 지하수 흐름의 주방향 이라는 가정 하에서 수리전도도 이방성 타원체로부터 경사수직수리전도도와 수직수리전도도에서 수평수리전도도를 구할 수 있다.

하천바닥 퇴적층에 파이프가 들어간 구간에 일정한 시간동안 수두차이를 측정하고, 변수 위 투수시험에서와 같은 다음의 식으로부터 수리전도도는 다음과 같은 식으로부터 구할 수 있다.

$$K_v = L_v / (t_2 - t_1) \ln(h_1/h_2) \quad (1)$$

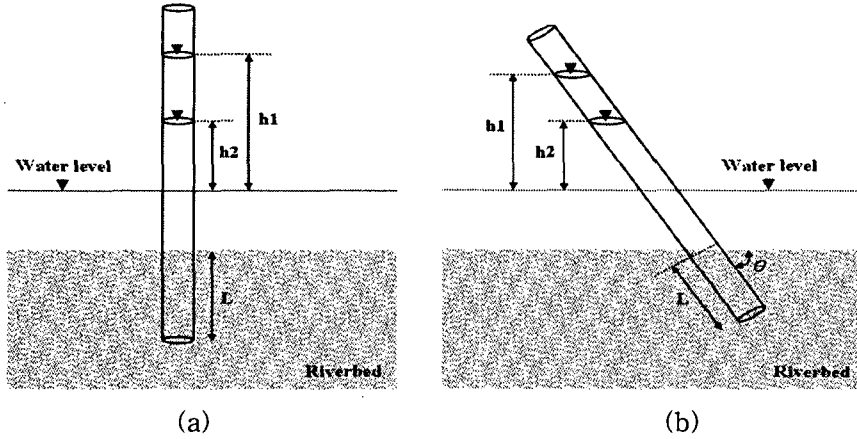


Fig. 1. Schematic diagrams showing the measurement of riverbed hydraulic conductivity along (a) the vertical direction, (b) an oblique direction.

표1은 수직 투수시험 결과를 나타낸 표이고, 표2와 표3은 경사투수시험결과로 퇴적층에 약 10도, 20도로 기울여 시험한 결과이다. 수직 수리전도도는 6회의 시험으로 평균 4.79E-05 cm/sec의 값을 얻을 수 있었고, 10도의 경사수리전도도는 1.91E-04 cm/sec, 20도의 경사수리전도도는 7.34E-05 cm/sec의 값을 얻었다.

얻어진 경사수리전도도와 수직수리전도도를 가지고 이방 타원체를 작성하면, 그림2dhk 같다. 수평 수직수리전도도 비율, 즉 이방성 정도는 1.41부터 5.63까지의 분포를 가지는 것으로 나타났다.

하천바닥의 퇴적층과 가까운 곳에서 지표로부터 1.5내지 3.0미터지점의 불교란 시료를 떠서 입도분석한 결과를 표4에 나타내었다. 모래가 많은 부분인 0내지 10 cm지점에서는 Hazen의 경험식으로부터 3.12E-04cm/sec, 실트질 토양이 많은 부분에서는 5.77E-05cm/sec의 수리전도도값이 얻어졌다. 이 값은 하천바닥의 투수시험결과와 거의 일치한다.

Table 1. The K_v values calculated for the standpipe tests.

Test No.	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Elapsed time (sec)	L (cm)	K_v (cm/sec)	K_v (m/day)
1	69.5	68.2	7680	20	4.92E-05	4.25E-02
4	77.0	74.3	13500	20	5.29E-05	4.57E-02
2	75.0	73.0	7260	15	5.58E-05	4.82E-02
3	69.5	69.0	2580	15	4.20E-05	3.63E-02
5	80.0	76.5	13500	15	4.97E-05	4.29E-02
6	76.0	73.5	13200	15	3.80E-05	3.28E-02
				Ave.	4.79E-05	4.14E-02
				Std.	6.72E-06	5.80E-03

Table 2. The $K_s(\theta = 10^\circ)$ values calculated for the standpipe tests.

Test No.	h1 (cm)	h2 (cm)	Lapsed time (sec)	L (cm)	Angle ($^\circ$)	K_s (cm/sec)	K_s (m/day)
1	92.0	89.0	2580	15	10	1.93E-04	1.67E-01
2	88.5	85.5	2760	15	10	1.87E-04	1.62E-01
3	65.0	55.0	12900	15	10	1.94E-04	1.68E-01
					Ave.	1.91E-04	1.65E-01
					Std.	3.59E-06	3.10E-03
					Kh	2.15E-04	1.85E-01

Table 3. The $K_s(\theta = 20^\circ)$ values calculated for the standpipe tests.

Test No.	h1 (cm)	h2 (cm)	Lapsed time (sec)	L (cm)	Angle ($^\circ$)	K_s (cm/sec)	K_s (m/day)
1	71.5	70.7	2280	15	20	7.40E-05	6.40E-02
2	71.0	70.0	2880	15	20	7.39E-05	6.38E-02
3	65.0	61.0	13200	15	20	7.22E-05	6.24E-02
					Ave.	7.34E-05	6.34E-02
					Std.	1.03E-06	8.89E-04
					Kh	7.85E-05	6.82E-02

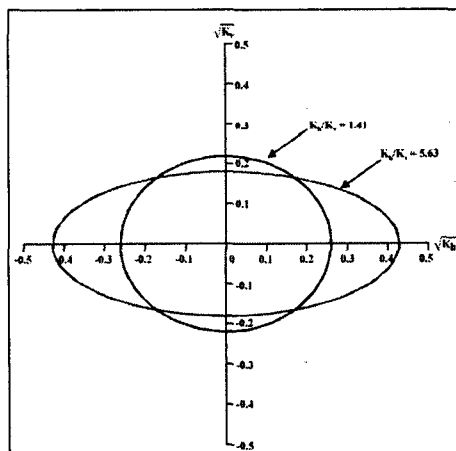


Fig. 2. Hydraulic conductivity ellipse showing maximum and minimum anisotropic ratio of the riverbed in the study site.

Table 4. Grain size analysis results of undisturbed soil samples, and hydraulic conductivity estimated by Hazen method.

Sampling depth (from land surface)	Sections	Clay (%)	Silt (%)	Sand (%)	K (cm/sec)
1.5-3.0 m	0.0 - 10.0 cm	0.6	22.0	77.4	3.12E-04
	16.0 - 34.0 cm	1.5	44.0	54.5	5.77E-05

홍수파 전달방법(flood response technique)에 의하여 하천바닥의 누수계수를 추정할 수 있다. 하천바닥의 누수계수는 하천바닥의 퇴적층 두께와 대수층과 하천바닥퇴적층의 수리전도도의 비를 곱한 것으로 누수계수가 크면 대수층과 하천과의 연결성 정도가 낮고, 작으면, 그 연결성 정도가 큰 것이다. 즉 하천과 대수층 사이의 흐름에 대한 저항정도를 나타내는 값이다. 연구지역의 하천바닥의 누수계수를 홍수파 전달방법에 의하여 추정해보면 130내지 269m 값을 가지는 것으로 나타났는데, 하천바닥 퇴적층 두께를 50cm로 가정하면, 대수층의 수리전도도에 비하여 260배내지 538배정도 낮은 값을 가지는 것으로 평가된다. 그러나 하천바닥누수계수는 하천의 부분관통에 의한 영향과 하천바닥의 투수성을 같이 포함하는 일종의 lumped parameter이므로 직접적으로 수리전도도 값을 추정해서는 안 된다. 양수시험에 의한 결과에 의하면 연구지역의 주대수층인 자갈 모래층의 수리전도도가 $1.16E-05$ 내지 $1.16E-4$ m/sec의 값을 가진다. 하천이 주대수층인 자갈모래층에 완전 관통한 것으로 가정하면, 약 -7, -5의 order를 가지는 낮은 투수성을 갖는 것으로 볼 수 있지만, 이 값은 앞서 기술한 방법들에 비하여 매우 낮은 값이므로, 하천이 완전관통하고 있다는 가정은 잘 맞지 않는다고 볼 수 있다.

3. 결론

현장 수직, 경사투수시험을 실시하여 수직수리전도도와 경사수리전도도를 추정하였다. 수직 수리전도도는 6회의 시험으로 평균 $4.79E-05$ cm/sec의 값을 얻을 수 있었고, 10도의 경사수리전도도는 $1.91E-04$ cm/sec, 20도의 경사수리전도도는 $7.34E-05$ cm/sec의 값을 얻었다. 얻어진 경사수리전도도와 수직수리전도도를 가지고 이방 타원체를 작성하면, 수평수리전도도는 수직 수리전도도에 비하여 1.41부터 5.63배 정도 투수성이 좋은 것으로 나타났다.

4. 참고문헌

- Conrad and Beljin, 1996, Evaluation of an induced infiltration model as applied to glacial aquifer systems, Water Resou. Bull., 32(6), p1209-1220.
- Freeze and Cherry, 1979, Groundwater, Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Sopocleous, M., Koussis, A., Martin, J.L., and Perkins, S.P., 1995, Evaluation of simplified stream-aquifer depletion models for water rights administration, Ground Water, 33(4), p579-588.