

국가지하수 관측망의 양수시험 자료 해석을 통한 대수층 특성 분석

전선균, 구민호, 김용제*, 강인옥**

공주대학교 지질환경과학과, *한국지질자원연구원, **한국수자원공사
(e-mail : jeon@kongju.ac.kr)

<요약문>

For the hydrogeological data of the National Groundwater Monitoring Wells(NGMW), a statistical analysis is made to reveal aquifer characteristics of the country. Results of the pumping and recovery test are classified into 4~5 types by the pattern of drawdown and residual drawdown curves. The analysis of aquifer characteristics shows that the hydraulic conductivity of alluvial aquifers is greater than that of fractured-rock aquifers. The hydraulic conductivity of alluvial aquifers slightly increases as the distance to the discharge area decreases. 77.5% of the NGMWs, where the distance to the discharge area is more than 100 m, shows the constant head boundary. This result suggests that the fractured and the alluvial aquifers are fairly interconnected, and water can be supplied from one aquifer to the other where pumping tests are performed. It is analyzed that the wells showing the impermeable boundary are influenced by small scale of aquifers, poor aquifer transmissivities, and impermeable layers.

Key word : aquifer characteristics, pumping test, drawdown and residual drawdown curves

1. 서론

국내의 경우 최근 양수시험 자료를 해석하여 대수층의 특성을 규명한 연구가 여러 연구자들에 의해 수행되었지만 대부분의 연구가 제한적인 지역에서만 수행되었으며 우리나라 전역의 대수층 특성에 대한 통계적인 분석은 미흡한 상태이다. 본 연구는 우리나라 전역의 대수층의 수리적인 특성을 파악하는데 목적이 있으며, 이를 위해 우리나라 국가지하수 관측망 관측소를 암반대수층과 충적대수층으로 구분하여 각 대수층의 특성에 대한 통계분석을 실시, 수리상수를 비교하고 상관관계를 분석하였다. 또한 국가지하수 관측망의 314개 관측정(암반대수층 202개소, 충적대수층 112개소)에서 시행된 양수시험 자료를 이용하여 양수시험 및 회복시험 유형을 분류하였다.

2. 암반 및 충적대수층의 특성 분석

1) 통계분석

국가지하수 관측망 관측소의 암반대수층 202개소, 충적대수층 112개소에 대하여 기초통계량인 최소값, 최대값, 평균, 표준편차를 구하였다(Table 1). 암반대수층과 충적대수층의 수리전도도(logK)는 각각 -1.12 m/day , 0.098 m/day 로 나타났다.

Table 1. Statistical analysis of fractured and alluvial aquifers

구분	통계량	표고 (m)	지하수심도 (m)	logK	logT	logB	logC
암반	최소값	1.4	0.00	-3.15	-1.35	-6.39	-6.50
	최대값	699.1	46.92	2.79	3.22	0.44	-0.13
	평균	94.5	6.20	-1.12	0.52	-1.31	-3.49
	표준편차	103.8	5.43	0.90	0.82	0.79	1.17
충적	최소값	4.1	0.86	-1.79	-0.91	-4.4	-6.48
	최대값	416.6	11.72	2.49	3.23	0.12	-1.08
	평균	80.1	4.73	0.098	0.85	-1.60	-3.46
	표준편차	76.3	2.08	0.88	0.83	0.81	1.27

2) 상관관계 분석

Table 2는 국가지하수 관측망 관측소의 충적대수층과 암반대수층의 대수층 특성을 규명하기 위해 상관분석을 실시한 결과이다. 일반적으로 상관계수가 0.2 이하이면 상관관계가 없는 것으로 알려져 있으나, 본 연구에서는 이용된 자료가 많고 그 범위도 다양하기 때문에 상관계수가 낮게 나온 것을 감안하여 상관계수가 0.16 이상인 변수들을 추출, 각 변수들 간의 상관관계를 알아보았다.

Table 2. Correlation analysis of fractured and alluvial aquifers

암 반 대수층	표고 (m)	하천까지거리	인근하천규모	지형의경사도	지하수심도 (m)	LogK	LogT	LogB	LogC
표고 (m)	1								
하천까지거리	0.0024	1							
인근하천규모	0.0134	0.2467	1						
지형의경사도	-0.3844	-0.1666	-0.0814	1					
지하수심도 (m)	0.1690	0.0964	0.0292	-0.2261	1				
LogK(m/day)	-0.0835	-0.1252	-0.0742	-0.1462	-0.0311	1			
LogT(m ² /day)	-0.0805	-0.1355	-0.0717	0.1534	-0.0045	0.9345	1		
LogB(day/m ²)	0.1124	0.1931	-0.0199	-0.0972	0.0814	-0.8334	-0.8559	1	
LogC(day ² /m ⁵)	0.1145	0.2121	-0.0536	-0.1160	0.1140	-0.7839	-0.8306	0.8263	1

충 적 대수층	표고 (m)	하천까지거리	인근하천규모	지형의경사도	지하수심도 (m)	LogK	LogT	LogB	LogC
표고 (m)	1								
하천까지거리	0.1466	1							
인근하천규모	0.1026	0.2328	1						
지형의경사도	-0.3437	-0.2601	-0.1185	1					
지하수심도 (m)	0.0073	0.0378	-0.3025	-0.0866	1				
LogK(m/day)	-0.1516	-0.1564	-0.1200	-0.0349	0.1533	1			
LogT(m ² /day)	-0.0994	-0.1653	-0.0975	0.0141	0.0957	0.8660	1		
LogB(day/m ²)	0.1185	0.2589	0.0507	-0.0357	0.0977	-0.8116	-0.8283	1	
LogC(day ² /m ⁵)	0.1348	0.2180	0.0175	-0.0734	0.0205	-0.7946	-0.8446	0.8456	1

3) 대수층의 수리상수 비교

Figure 1은 수리전도도의 공간적인 분포를 도시한 것으로, 암반대수층에서보다 충적대수층에서 수리전도도가 더 크게 나타났다.

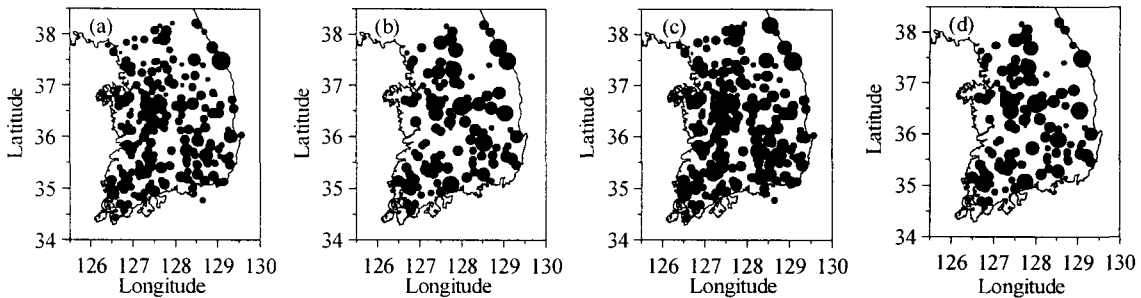


Figure 1. Hydraulic conductivity(LogK) and Transmissivity(LogT): (a), (c) Fractured-rocks (b), (d) Alluvial aquifers.

Figure 2는 배출지역까지의 거리에 대한 수리전도도의 분포를 암반대수층과 충적대수층으로 구분하여 나타낸 그래프로, 평균 수리전도도는 각각 -1.12 m/day , 0.10 m/day 이며, 암반대수층에서는 하천까지의 거리에 대해 수리전도도는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 반면 충적대수층에서는 배출지역까지의 거리가 가까워질수록 평균 수리전도도가 증가하는 경향이 보이지만, 그 값의 변화가 매우 작다.

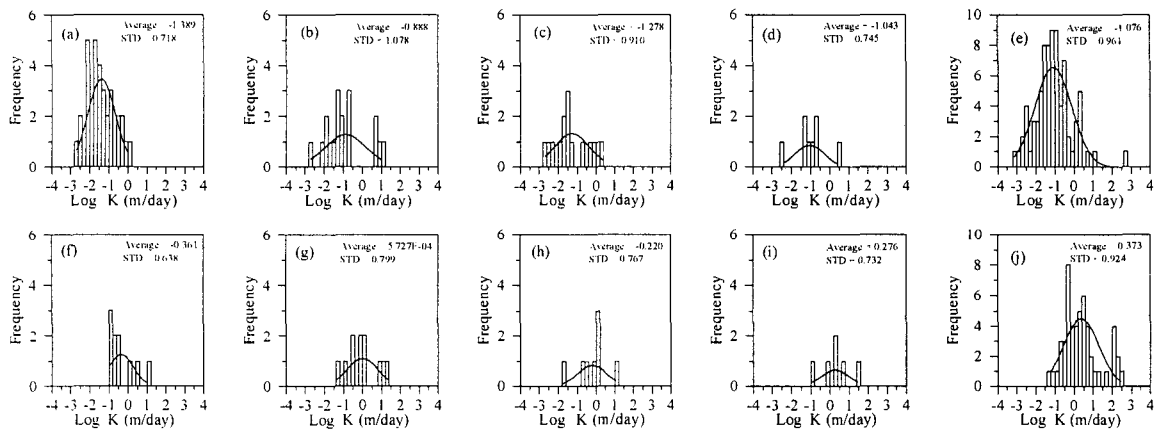


Figure 2. Variations of the hydraulic conductivity with the distance to rivers: (a)~(e) Fractured-rocks, (f)~(j) Alluvial aquifers.

3. 양수 및 회복시험 유형 분석

Figure 3은 양수시험 자료가 보고서에서 누락된 7개의 관측소를 제외한 국가지하수 관측망 관측소를 대상으로 시행된 양수시험을 5개 유형으로 분류한 것으로, (a)는 대수층이 바다나 호수, 하천 등에 의해 지속적인 수원의 공급이 이루어지는 함양경계형, (b)는 화성암체나 맥암, 불투수층이나 단층 등에 의해 지하수의 유동이 불가능한 불투수경계형, (c)는 수위강하가 3단계에 걸쳐 일어나는 자유면대수층형, (d)는 장기양수시험의 시간-수위강하량 그래프에서 2개의 기울기가 나타나는 혼합형, 그리고 (e)는 장기양수시험 시 수두경계를 보이지 않는 무경계형 그래프이다.

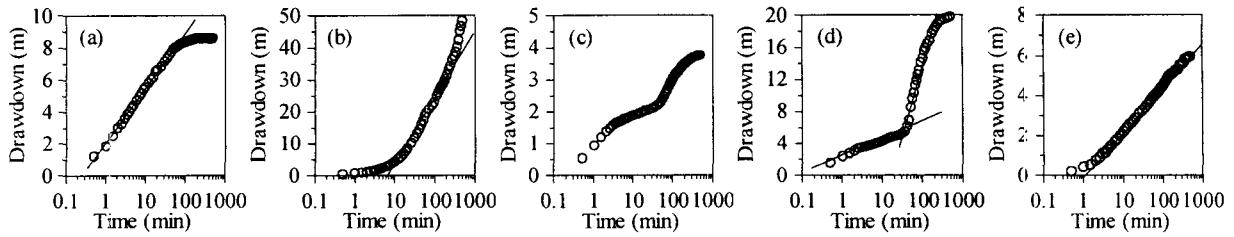


Figure 3. Classification of drawdown types for pumping tests.

Table 3은 배출지역까지의 거리에 따라 양수시험 유형을 분류해 놓은 것으로 우리나라 국가지하수 관측망 관측소 중 암반대수층의 52.5%, 충적대수층의 59.8%가 배출지역으로부터 100 m 미만에 위치한다. 양수시험 시 암반대수층의 74.8%, 충적대수층의 85.8%가 함양경계형을 보였으며, 배출지역까지의 거리가 100 m 이상으로 인근하천으로부터의 함양이 없다고 가정되는 관측소 중 암반대수층의 70%, 충적대수층의 82.5%가 함양경계형을 보였다. 이는 우리나라의 암반대수층이 충적대수층으로부터 물을 공급 받는 전형적인 암반대수층임을 시사한다.

Table 3. Classification of drawdown types with the distance to the discharge boundaries

배출지역까지 거 리	양 수 유 형												총 개 소 수	
	함양 경계형		불투수 경계형		자유면 대수층형		혼합형		무경계형		No Data			
	암반	충적	암반	충적	암반	충적	암반	충적	암반	충적	암반	충적	암반	충적
50 m 미만	52	38	3	·	1	2	10	1	1	1	2	·	69	42
50 m~100 m	32	23	2	·	1	1	3	1	1	·	1	1	40	26
100 m~200 m	32	19	1	·	·	1	4	·	·	·	·	1	37	21
200 m~500 m	25	11	·	1	2	1	4	1	1	1	1	1	33	16
500 m~2 km	18	7	2	·	·	·	2	·	·	·	1	·	23	7
총 개 소 수	159	98	8	1	4	5	23	3	3	2	5	3	202	112

Figure 4는 회복시험 유형을 분류한 것으로, 회복시험 유형은 시간-수위강하량 그래프에서 기울기가 하나인 함양경계형(a)과 불투수경계형(b), 기울기가 두 개인 혼합함양경계형(c)과 혼합불투수경계형(d)으로 크게 4가지로 나누어진다.

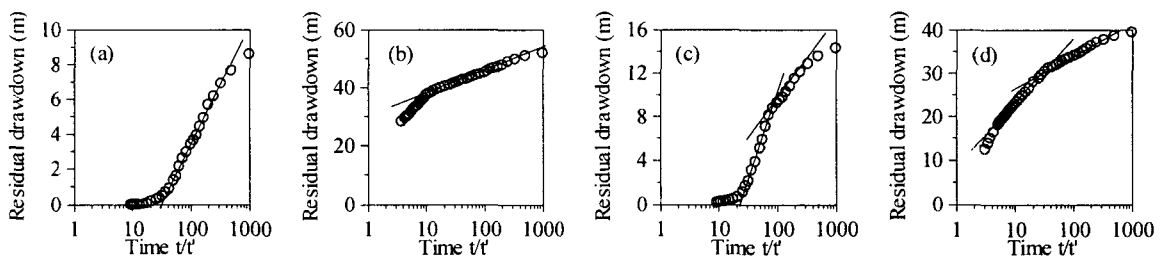


Figure 4. Classification of drawdown types for recovery tests.

4. 결 론

대수층 특성 분석 결과 충적대수층의 수리전도도는 13.90 m/day로 암반대수층의 3.63 m/day 보다 4배 이상 크게 나타났으며, 상관분석 시 수리전도도와 투수량계수가 증가하면 대수층수두손실과 우물수두손실은 감소하는 것으로 나타났다. 암반대수층에서는 배출지역까지의 거리에 대해 수리전도도는 거의 영

향을 미치지 않지만, 충전대수층에서는 배출지역까지의 거리가 가까워질수록 평균 수리전도도가 다소 증가하는 경향이 보였다.

양수시험 및 회복시험 유형 분석 결과 양수시험 유형은 함양경계형, 불투수경계형, 자유면대수층형, 혼합형 및 무경계형의 5가지로 분류되었으며, 회복시험 유형은 함양경계형, 불투수경계형, 혼합함양경계형 및 혼합불투수경계형의 4가지로 구분되었다. 양수시험 유형 분석 결과 우리나라의 암반대수층은 충전대수층에서 물을 공급받는 전형적인 암반대수층임을 시사하며, 충전대수층은 암반대수층에서 물을 공급받거나, 장기양수시험 시 자유면대수층형을 보이기 전 2단계에서 중력배수에 의해 물을 공급받는 것으로 추정된다. 이는 우리나라의 암반대수층과 충전대수층이 수리적 연결성이 양호한 두 층으로 구성된 대수층임을 시사한다. 장기양수시험 시 불투수경계형을 보이는 이유는 대수층의 규모가 작고 대수층의 수리적인 특성이 불량하거나, 대수층을 덮고 있는 저투수층에 의해 영향을 받기 때문인 것으로 해석된다.

사 사

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단의 연구비지원(3-2-1)에 의해 수행되었습니다.