

시추자료와 순간충격시험의 관련성에 의한 금정산 화강암지역의 수리적 특성

정재열, 함세영, 이병대*, 류상민, 김광성, 우윤정
부산대 지질학과, *한국지질자원연구원
hsy@pusan.ac.kr

요 약 문

금정산지역의 수리적인 특성을 파악하기 위하여 27개 지하수 공을 대상으로 순간충격시험(주입, 인양시험)을 실시하였다. 순간충격시험자료는 C-B-P법, Hvorslev법, Bouwer & Rice법을 이용하여 분석하였으며, 분석을 위해서는 AQTESOLV(Version 3.01) 소프트웨어를 이용하였다. 또한, 자료의 해석을 위해서 시추자료와 연관하여 해석하였으며, 이때 시추시 용출심도와 수리전도도와 관련성 분석으로 dummy의 충격과 심도의 관련성을 고찰해 보았다. 순간충격시험 분석결과 얻어진 수리전도도는 $7.69E-8 \sim 2.30E-5$ 를 보인다.

Key word : 순간충격시험, 수리전도도, 시추자료, 금정산, 화강암

1. 서 론

금정산 터널 예정 구간 주변부의 직경 3"의 시추공 6공(KJ4, KJ14, KJ17, KJ18, KJ21, KJ22)과 직경 6"의 시추공 21공(KJ1, KJ2, KJ2-1, K3, KJ6, KJ7, KJ8, KJ12, KJ15, KJ16, KJ19, KJ20, KJ23, TB1, TB2, TB3, TB4, TB7, TB9, TB10, TB12)에 대해서 순간충격시험을 실시하였다(Fig. 1, 2)(성익환 외, 1999). 특히, KJ2-1, KJ6, KJ19, KJ23, TB1, TB2, TB3, TB4, TB7, TB9, TB10, TB12호공에 대해서는 주입/인양시험을 실시하였으며, 나머지 공에서는 주입시험만 실시하였다.

순간충격시험시 시간에 따른 수위변화는 KJ 시추공에서는 자동수위측정기(미국 Telog사의 WLS-2102e)를 사용하여 1초 단위로 수위변화를 자동 계측하였으며 TB 시추공에서는 자동수위측정기(네덜란드 Eijkelkamp사의 Diver DI240)를 사용하여 0.5초 단위로 수위변화를 자동 계측하였다.

주입시험의 시간은 대부분 1-3시간이 소요되었으나, KJ14호공에서는 5시간이 경과해도 수위가 최초의 평형상태에 도달하지 않아 최초 자연수위에 99.8%정도 도달하였을 때 시험을 종료하였다. TB9호공의 경우는 수위 밑 3m 구간에서 시추공이 무너져 막혀있고, TB10호공의 경우는 수위(지표면하 50m)가 매우 낮아 시험이 제대로 이루어질 수 없었다.

순간충격시험자료는 C-B-P법(Cooper et al., 1967), Hvorslev법(Hvorslev 1951), Bouwer & Rice법을 이용하여 분석하였으며, 분석을 위해서는 AQTESOLV(Version 3.01) 소프트웨어를 이용하였다. 순간충격시험분석 결과는 직경 3"의 시추공에서 회수된 시추코어검층자료(Table 1)와 연관하여 해석하였다.

2. 본 론

2.1 수리전도도의 공간적 불균질성

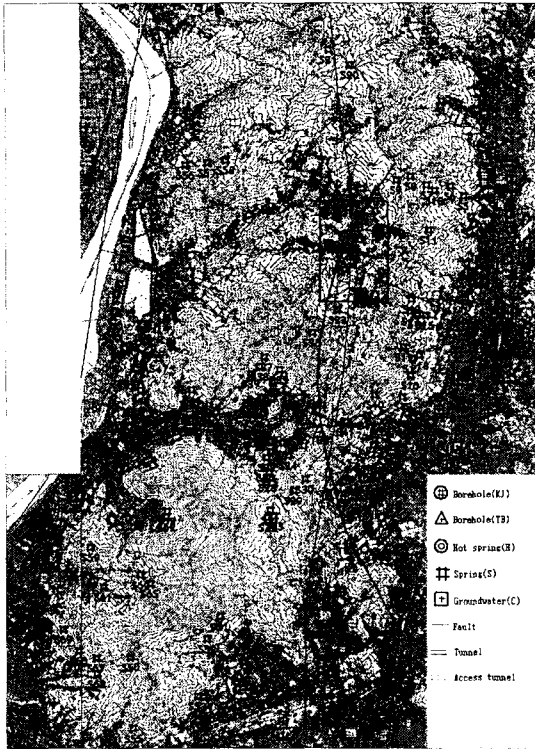


Fig. 1. Location of the study area.

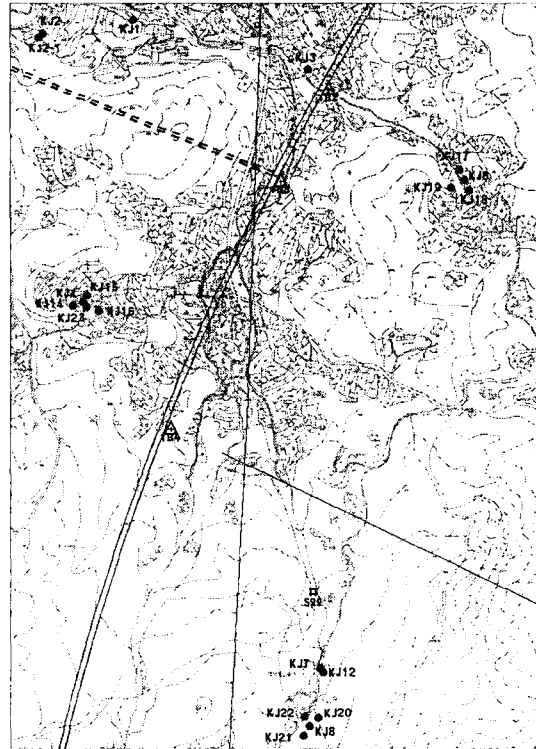


Fig. 2. Site A.

Table 1. Description of the test boreholes at the study area.

Hole No.	Description	Elevation (m)	Depth (m)	Well radius (cm)	Casing (m)	Alluvium (m)	Weathered zone (m)	Water bearing zone (m)	Bedrock
Seomoon	KI1	295	94	15.24	14	8	1	18, 23	Leucocratic Granite
	KI2	273	93	15.24	9	1	4		
	KI2-1	273	93	15.24	9	1	4		
	KI3	315	102	15.24	11	4	3	20, 94	
Gidowon	KI4	374	70	7.62	8	7	7.7		
	KI14	376	70	7.62	18	21	24.5		
	KI15	370	82	15.24	15	3	7	18, 30, 42	
	KI16	374	82	15.24	12	1.5	6.5	20, 30	
	KI23	370	102	15.24	12	1.5	6.5		
Dongmoon	KI6	383	142	15.24	11	2.5	3.5	33, 64, 98	
	KI17	378	70	7.62	4	3	5.1		
	KI18	385	70	7.62	6	2.2	3.5		
	KI19	380	102	15.24	11	2	5	20, 30, 94	
Nammoon	KI7	433	167	15.24	10	2	5		
	KI8	455	180	15.24	10	4	3.5	130	
	KI12	438	110	7.62	10	2.5	4	13, 36	
	KI20	455	70	15.24	11	4	5	34, 37	
	KI21	455	75	7.62	13	7.3	14.6		
	KI22	450	80	7.62	7	4.5	4.7		
Dongmoon	TB1	490	240	7.62	3	1.7	0.3		
	TB2	426	201	7.62	7.5	2.5	6.9		
Gidowon	TB3	423	182	7.62	12	3.5	7		
	TB4	438	198	7.62	6.5	3.5	2.8		
Mandeok	TB7	327	152	7.62	7	3	3.6		
Sachik	TB9	186	80	7.62	18	5.7	18.6		
Geoji	TB10	164	81	7.62	10.5	1.2	7.5		Granodiorite
	TB12	133	50	7.62	9	3.7	5.5		Hornblendite

순간충격시험에 의하면 27개 시험공(KJ4, KJ14, KJ17, KJ18, KJ21, KJ22, KJ1, KJ2, KJ2-1, K3, KJ6, KJ7, KJ8, KJ12, KJ15, KJ16, KJ19, KJ20, KJ23, TB1, TB2, TB3, TB4, TB7, TB9, TB10, TB12호공)의 수리전도도는 서문지역, 동문지역, 기도원지역, 남문지역 순으로 높으며 이 중에서 최저값은 $7.69E-8$ m/sec, 최대값은 $2.30E-5$ m/sec이다(Table 2). 따라서, 시험공에 따라서 약 300

배 정도 수리전도도의 차이를 보이고 있다. 지질구조의 차이에 따라 수리적인 불균질성이 크다는 것을 의미한다.

Table 2. Hydraulic parameters obtained by slug test analyses at the study area.

Area	Well Number	K(m/sec)	K(m/sec)	K(m/sec) by Average of T(m ² /sec)		S by	
		by B.R	by H	C-B-P	K(m/sec)	by C-B-P	C-B-P
Seomoon	KI1	1.90E-05	2.30E-05	6.74E-06	1.62E-05	5.39E-04	1.00E-01
	KI2	1.85E-06	2.15E-06	5.02E-07	1.50E-06	4.22E-05	1.00E-01
	KI2-1 *	1.23E-06	2.46E-06	5.05E-07	1.40E-06	4.24E-05	1.00E-01
	KI2-1 **	1.44E-06	6.00E-06	2.15E-06	3.20E-06	1.81E-04	1.00E-01
	KI3	1.46E-06	1.67E-06	5.36E-07	1.22E-06	5.31E-05	1.00E-01
Gidowon	KI4	2.22E-06	2.65E-06	1.15E-06	2.01E-06	7.10E-05	1.11E-02
	KI14	1.04E-07	1.22E-07	1.68E-07	1.31E-07	8.75E-06	1.70E-07
	KI15	2.32E-06	2.83E-06	9.76E-07	2.04E-06	6.54E-05	6.08E-02
	KI16	2.05E-06	2.57E-06	1.10E-06	1.91E-06	7.71E-05	9.54E-02
	KI23 *	5.94E-06	7.17E-06	1.56E-06	4.89E-06	1.40E-04	1.00E-10
	KI23 **	1.58E-06	1.83E-06	4.37E-07	1.28E-06	3.93E-05	1.00E-01
Dongmoon	KI6 *	3.62E-06	4.11E-06	2.96E-06	3.56E-06	3.88E-04	1.00E-01
	KI6 **	8.23E-06	1.08E-05	6.63E-06	8.55E-06	8.68E-04	1.00E-01
	KI17	1.50E-06	1.78E-06	3.39E-06	2.22E-06	2.24E-04	1.00E-10
	KI18	1.09E-05	1.29E-05	1.55E-05	1.31E-05	9.91E-04	5.26E-07
	KI19 *	5.20E-07	6.26E-07	1.24E-06	7.95E-07	1.13E-04	1.00E-10
	KI19 **	5.09E-07	6.13E-07	9.67E-07	6.96E-07	8.80E-05	3.21E-08
Nammoon	KI7	2.17E-07	2.55E-07	1.90E-07	2.21E-07	2.99E-05	2.48E-04
	KI8	4.60E-06	4.99E-06	1.17E-06	3.59E-06	1.99E-04	1.00E-01
	KI12	5.23E-07	6.04E-07	1.78E-07	4.35E-07	1.78E-05	9.00E-02
	KI20	1.65E-07	2.01E-07	4.15E-07	2.60E-07	2.45E-05	1.00E-10
	KI21	7.82E-08	9.23E-08	1.24E-07	9.82E-08	7.71E-06	1.57E-07
	KI22	1.24E-06	1.41E-06	1.14E-06	1.26E-06	8.24E-05	1.00E-01
Dongmoon	TB1 *	2.75E-07	1.84E-07	8.40E-08	1.81E-07	2.02E-05	8.40E-02
	TB1**	1.61E-07	1.84E-07	8.40E-08	1.43E-07	2.14E-05	7.08E-03
	TB2 *	4.97E-06	4.97E-06	5.50E-07	3.50E-06	1.08E-04	0.1
	TB2**	4.86E-06	3.68E-06	5.50E-07	3.03E-06	1.08E-04	0.1
Gidowon	TB3 *	7.80E-08	8.67E-08	7.69E-08	8.05E-08	1.37E-05	3.72E-07
	TB3**	8.22E-08	7.85E-08	1.31E-07	9.72E-08	2.33E-05	1.00E-10
	TB4 *	6.90E-07	5.39E-07	2.95E-07	5.08E-07	5.61E-05	2.94E-03
	TB4**	2.00E-06	1.89E-06	4.26E-07	1.44E-06	8.11E-05	0.1
1 Mandeok tunnel	TB7 *	3.69E-07	4.30E-07	1.36E-07	3.12E-07	1.43E-05	1.55E-02
	TB7**	7.97E-06	6.04E-06	3.98E-07	4.80E-06	4.20E-04	1.22E-03
Sachik-dong	TB9	-	-	-	-	-	-
Geojeri	TB10	-	-	-	-	-	-
	TB12 *	4.34E-06	6.80E-06	1.32E-07	3.76E-06	6.36E-06	1.23E-02
	TB12**	3.51E-07	4.32E-07	2.03E-07	3.29E-07	9.82E-06	1.21E-02
Min. (m/sec)	7.80E-08	7.85E-08	7.69E-08	8.05E-08	6.36E-06	1.00E-10	
Max. (m/sec)	1.90E-05	2.30E-05	1.55E-05	1.62E-05	9.91E-04	1.00E-01	
Mean (m/sec)	2.78E-06	3.32E-06	1.51E-06	2.54E-06	1.48E-04	4.84E-02	
Median (m/sec)	1.46E-06	1.83E-06	5.05E-07	1.40E-06	6.54E-05	1.55E-02	
Standard deviation(m/sec)	3.88E-06	4.62E-06	2.91E-06	3.56E-06	2.31E-04	4.75E-02	
Skew	2.63	2.74	3.77	2.64	2.61	0.09	
Kurtosis	8.44	9.29	16.15	7.47	6.68	-2.04	

* : injection, ** : withdrawal

2.2 수리전도도와 심도의 관련성

KJ1, KJ3, KJ6, KJ8, KJ12, KJ15, KJ16, KJ19, KJ20호공에서 시추시 관찰된 지하수 용출 심도는 지표면하 13-130m로 풍화대 아래에 위치하고 있으며 수리전도도는 2.60E-07 ~ 1.62E-05m/sec로 다양하게 나타난다. 각 지하수 용출심도와 수리전도도의 관련성을 알아 보기 위해서 Fig. 3에 도시한 결과 거의 상관성이 없는 것으로 나왔다. 이는 순간충격시험의 결과가 천부의 흐름뿐만 아니라 비교적 심부의 유동성 단열을 통한 흐름도 대표하고 있음을 지시한다. 덧붙여서 대규모의 유동성 단열에 연결되어 있는 소규모의 유동성 단열이 지표면 가까이 위치하고 있는

경우, 시추시 이 소규모 유동성 단열을 통한 압력의 해방으로 인해 더 하부에 위치하는 대규모 유동성 단열을 감지할 수가 없는 경우가 있을 수 있다. 따라서 수리시험 자료와 물리검층 자료의 비교 해석이 중요하다.

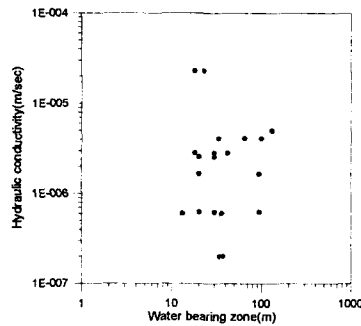


Fig. 3. Correlation between hydraulic conductivity and water bearing zone.

2.3 순간충격 주입시험과 인양시험의 수리전도도 비교

주입시험과 인양시험이 동시에 실시되어진 10개공에서 얻어진 수리전도도는 주입시험시 $8.05E-8 \sim 4.89E-6$ m/sec, 인양시험시 $9.72E-8 \sim 8.55E-6$ m/sec를 보인다(Table 2). 이론상으로는 주입시험과 인양시험시 같은 수리전도도를 보여야 하나 이렇게 차이를 보이는 것은 슬러그의 주입과 인양에 따른 충격의 차이와 절리내의 부유물의 퇴적과 이동, 공내 흐름 등에 그 원인이 있는 것으로 판단된다.

3. 결론

(1) 27개 시험공의 순간충격시험에 의하면 수리전도도는 $7.69E-8$ m/sec \sim $2.30E-5$ m/sec의 범위를 보인다. 이와 같이 시험공에 따라서 약 300배 정도의 수리전도도 차이를 보이는 것은 지질구조의 발달상태에 따른 수리지질학적인 불균질성 때문인 것으로 판단된다.

(2) 시추시 관찰된 지하수 용출심도와 수리전도도간에는 상관성이 없는 것으로 미루어 보아 순간충격시험의 결과가 천부뿐만 아니라 비교적 심부의 수리적 특성도 대변함을 지시한다.

(3) 주입/인양시험에서 얻어진 수리전도도가 다르게 나타나며, 이는 슬러그의 주입과 인양에 따른 충격의 차이와 절리내의 부유물의 퇴적과 이동, 시추공내 흐름 등과 관련이 있는 것으로 보인다.

4. 참고문헌

1. 성익환, 이병대, 조병욱, 류충렬, 김경수, 이춘오, 이봉주, 임현철, 이병태, 지세정, 김용욱, 성기성, 박덕원, 이대하, 김중렬, 현혜자, 김유성, 함세영, 윤선, 김학준, 금정터널 지하수 유동체계 분석 및 동래온천지역 영향평가, 한국자원연구소, 443p, 1999.
2. Cooper, H.H., Jr., J.D. Bredehoeft, and I.S. Papadopoulos, Respose to a finite diameter well to an instantaneous charge of water. Water Resour. Res., Vol.3, 263-269, 1967.
3. Hvorslev, M.J., Time lag and soil permeability in ground water observations, U. S. Army Corps of Engineers Waterway Experimentation Station, Bulletin 36, 1951.