

일반공압파쇄에 의한 지하수위 변화 분석

김혜빈 · 부성안 · 김진성 · 김종태* · 정교철*

농업기반공사 · *안동대학교 지구환경과학과
(e-mail : rhyolite@hanmail.net)

<요약문>

농어촌연구원 내 화강암질편마암지층에 2차에 걸쳐 3공에 대한 공압파쇄 시험 결과 B-1공은 점토성분의 파쇄대 충전으로 수량이 도리어 감소하였다. 공압파쇄 시험 중 파쇄 도달거리를 측정된 결과, P-2공은 50m 거리에 위치한 B-1공에서의 공압파쇄시험 중에는 약 0.6m의 수위상승이 있었고, 20m 거리에 위치한 B-2공에서의 공압파쇄시험 중에는 약 3.1m의 수위가 상승하였다. 이는 공압파쇄의 유효거리가 암반층에서는 6~15m 정도라고 알려져 있으나 파쇄구간의 발달 정도에 따라 50m 이상 압축공기가 전달됨을 알 수 있다.

Key words : 공압파쇄, 양수시험, 수위강하량, 양수량, 시추공영상촬영시스템

1. 서론

원유채유량을 증대시킬 목적으로 행하는 수압파쇄법을 응용하여 지표 아래 인공적으로 고압력의 공기를 주입하여 파쇄대의 공간을 넓히거나 새로운 파쇄구간을 생성시킴으로써 지하수 산출량을 증가시키려는 기술이 최근에 시도되고 있다. 외국에서 이 기술을 적용하는 곳은 지하수량이 부족한 지역의 5~10가구 내외의 소규모 마을에서 5~15m³/D의 지하수량을 20~30% 증가시켜 사용할 수 있도록 하는 것이 주목적이다. 본 연구에서는 읍면지역 소규모부락에서 사용중인 간이 상수도를 대체하고자 암반관정을 시공할 경우 채수량을 늘려줌으로써 안정적인 지하수 사용을 목적으로 적용한 것이다. 또한 본 공법을 지하수 개발현장에서 저비용으로 손쉽게 적용할 수 있도록 하는 것도 연구의 중요한 목적이다.

2. 본론

2.1. 시험 항목 및 파쇄시험 방법

공압파쇄시험을 위하여 2차년도에 시공한 $\phi 6''$ 시험공(P-2)의 서쪽 50m 지점에 B-1공, 동쪽 20m 지점에 B-2공을 $\phi 6''$, 심도 100m로 각각 착정하였다(Table 1). P-2공은 2차년도에 이미 파쇄시험을 실시하였고, B-1공과 B-2공은 금회 파쇄시험을 실시하였으며 B-1, B-2공에 대한 파쇄시험과 양수시험시 P-2공에도 자동수위측정기를 설치하여 파쇄 및 양수에 의한 영향정도를 측정하였다. 파쇄시험 전·후에

BIPS(시추공영상촬영시스템, Borehole Image Processing System)촬영, 공내 TV검층과 단계 및 장기양수시험을 각 1회씩 실시하였으며, P-2공은 B-1, B-2공 파쇄시험 종료 후 양수시험을 실시하여 2차년도 파쇄시험 후 양수시험 결과와 비교함으로써 B-1, B-2공에서의 파쇄효과가 P-2공까지 도달하는지를 확인해 보았다.

파쇄시험은 시험 예정심도 상부의 공벽에 팍커를 밀착시킨 후 25kg/cm²의 고압 공기(고성능착정기에 일반적으로 사용하는 공기압축기 최대용량)를 주입하였으며, 파쇄는 10~20초가 일반적이므로(Yuan Ding et al., 1999) 20초씩 10분 간격으로 시행하였다. B-1공에서는 8회 시험 도중 팍커 고무부분의 파손으로 약 28시간 뒤에 다시 23회 실시하였고, B-2공에서는 47회 시행하였다.

단계양수시험은 각 단계별로 2시간씩 4단계로 시험하였으며, 양수량을 일정하게 유지시키면서 수위강하량을 측정하였다. 단계양수시험 완료 후 지하수의 수위가 회복된 다음에 각 공에 대하여 장기양수시험을 48시간 실시하였고, 장기양수시험의 종료와 동시에 펌프 작동을 중단시켜 회복수위를 측정하였다 (B-2공은 파쇄 후 양수시험 중임).

Table 1. The Present Conditions of Tested Boreholes

Study Area	Test Hole Number	Geology	Hole Depth (m)	Hole Diameter (mm)	Casing Length (m)	Static Water Level (m)	Major Fractured zone (m)	Testing Depth (m)
RRI-KARICO	P-2	Pre-Cambrian Period Granitic gneiss	152.5	250~150	16.7	2.7	33.5 74.1-75.3	33.5, 74.0
	B-1		100	200~150	16.6	3.78	25.2-25.5 28.9-29.2	25.0
	B-2		100	200~150	16.2	3.28	29.0-29.3	28.5

2.2. 공압파쇄 시험 결과

가. 공압파쇄시험 전·후의 BIPS 촬영 결과

(1) B-1공 ; B-1공은 24.7~50.0m 구간에 절리가 상대적으로 발달되어 있으며 주대수층이라 할 수 있는 fractured zone은 심도 24.7m에 79mm, 심도 35.4m에 69.0mm로 발달하고 있다. 공압파쇄시험 전·후에 실시한 BIPS 촬영 결과 조사된 개구성 절리군이 36개에서 54개로 균열(Aperture)이 증가하였다.

(2) B-2공 ; B-2공은 심도 22.7~50.0m 구간에 절리가 발달되어 있으며 주대수층이라 할 수 있는 fractured zone은 심도 25.3m에 173.0mm, 심도 29.0m에 78.0mm의 규모로 형성되어 있다. BIPS 촬영결과, 조사된 개구성 절리군이 15개에서 42개로 균열(Aperture)이 증가하였다.

나. B-1공의 수위변화

B-1공의 단계양수시험은 파쇄시험 전에는 50, 90, 130, 170m³/D으로 4단계를 실시하여 수위강하량을 분석한 후 장기양수시 적정양수량을 140m³/D으로 실시하였다. 그 결과 안정수위강하량은 Fig. 1에서와 같이 34m를 유지하였다. 파쇄시험 후에도 동일한 양수량으로 실시하였는데 장기양수시 수위강하량은 26~27m을 유지하는 경향을 보이다가 경과시간 530분 이후 65.4m로 급격히 하강하였으며(Fig. 1) 점토 성분이 다량 유출되었다. 이는 파쇄대에 점착되어 있던 점토 성분이 급격한 공기 주입으로 인하여 파쇄대를 따라 지속적으로 유출되면서 도리어 파쇄대 공극을 메워줌으로써 지하수량을 감소시킨 것으로 판단되며 이로 인하여 파쇄시험이 실패한 것으로 추정하였다.

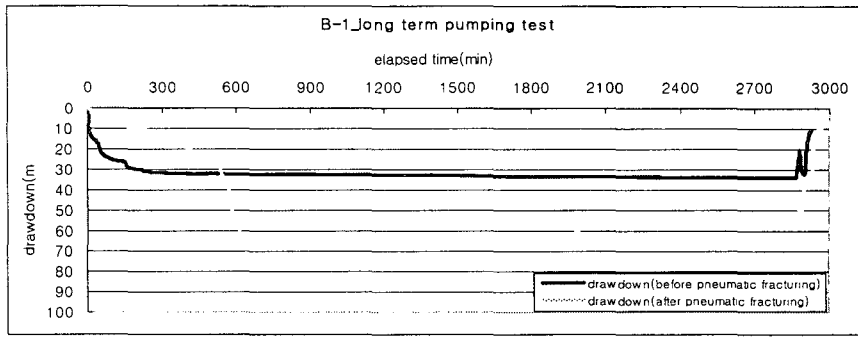


Figure 1. Drawdown curve in B-1 hole before & after pneumatic fracturing test

다. 파쇄시험시 P-2공의 수위변화 관측

P-2공은 B-1과 B-2공 사이에 위치하며 주파쇄대는 TV검층 결과, 28.6~28.9m와 33.5~33.8m에서 관찰된다. P-2공은, B-1공에서의 파쇄시험시 약 0.6m 정도 수위가 상승하였으며, B-2공에서의 파쇄시험시 약 3.1m의 수위상승이 있었다(Fig. 2).

P-2공은 2002년 12월 7일에 공압파쇄시험을 실시하였으며 당시의 파쇄시험 후 양수시험자료와 비교한 결과는 Fig. 3과 같다. 양수시험은 2차년도와 동일하게 시행하였는데 41m³/D으로 장기양수시, 2차년도 파쇄시험 후에는 수위강하량이 44.3m이었으나, 금회 B-1, B-2공 파쇄시험후에는 수위강하량이 41.1m로 3.2m가 상승하였다.

3. 결론

B-1, B-2공에서 공압파쇄를 실시한 결과 B-1공은 점토성분의 파쇄대 충진으로 수량이 감소하는 결과가 나타났으나, P-2공은 50m 거리에 위치한 B-1공에서의 공압파쇄시험 중에는 약 0.6m의 수위상승이 있었고, 20m 거리에 위치한 B-2공에서의 공압파쇄시험 중에는 약 3.1m의 수위가 상승하였다. 또한 B-1공과 B-2공에 대한 파쇄시험 후, 이들 공 사이의 P-2공에서 양수시 이전보다 수위강하량이 3.2m 더 작게 측정되었다. 이는 공압파쇄의 유효거리가 암반층에서는 6~15m 정도라고 알려져 있으나 본 시험 결과, 파쇄구간의 발달 정도에 따라 50m 이상 압축공기가 전달됨을 알 수 있다.

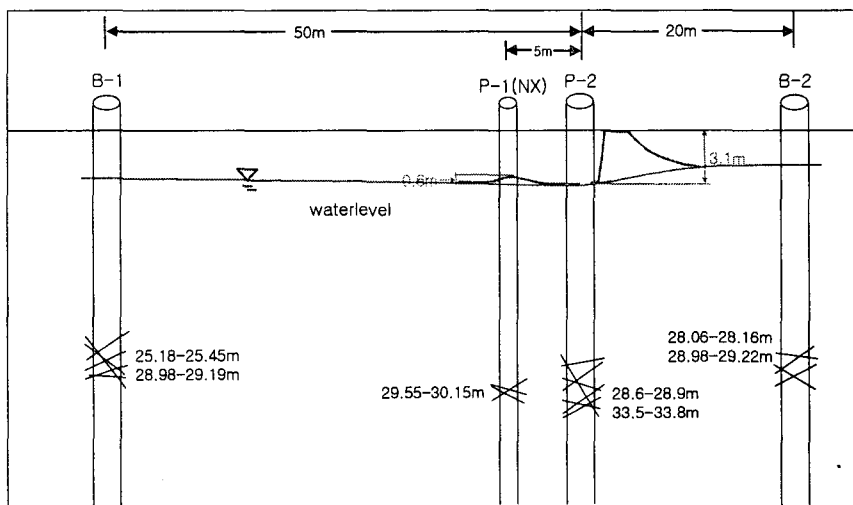


Figure 2. Variation of level in borehole No. 2 pneumatic fracturing between each test hole distance

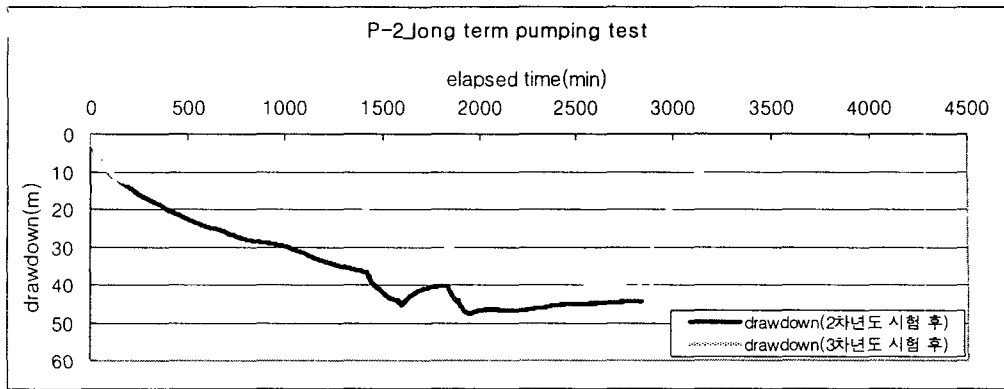


Figure 3. Drawdown curve in P-2 hole before & after pneumatic fracturing test

참고문헌

Yaun Ding, John R. Schuring, Member, ASCE, Paul C. Chan, 1999, Volatile contaminant extraction enhanced by pneumatic fracturing, Practice Periodical of Hazardous, and Radioactive Waste Management, pp69-76

사 사(Acknowledgement)

본 연구는 21세기 프론티어연구개발사업인 수자원의 지속적 확보기술개발사업단, 농업기반공사 및 한 국수자원공사의 연구비지원(과제번호#3-4-1)에 의해 수행되었습니다.