

단열을 통한 지하수흐름과 자연전위와의 상관관계

이항복, 지성훈, 김병우, 고용권, 최종원
 한국원자력연구원, 대전광역시 대덕대로 989번길 111
 hblee@kaeri.re.kr

1. 서론

암반대수층에서 수리학적특성의 공간적분포를 파악하는 것은 지하수흐름과 오염물이동 예측의 중요요소이다. 일반적으로 양수시험이나 순간충격 시험을 통해 이를 파악하지만 경제적 지형적 이유 때문에 많은 수의 관정을 이용하지 못할 경우 정보가 매우 불충분한 한계를 지니고 있다. 이를 대신해 지구물리학적 접근들이 대수층환경을 파악하지 않는 저렴한 방법으로 대두되었다. 그러나 이 중에서 지하수의 흐름을 직접적으로 반영하는 것은 자연전위탐사법 (SP)뿐이다. SP는 불포화대에서 지하수흐름량과 방향 확인, 양수시험의 해석 등에 광범위하게 사용되어져 왔다. 이처럼 비록 SP 방법이 주로 다공질매질에서 수리학적특성을 정량화하는데 이용되었지만 암반대수층에서는 단지 이방성 흐름 패턴이나 개별 단열을 모사하는 정도에 그쳤다.

이 논문에서는 자연전위신호와 암반대수층 수리 특성간의 상관관계에 관해 연구하였다. 먼저 완전 open상태에서 양수시험을 실시하고 나머지 모니터링 공에서 자동수위측정기를 설치하여 기본양수에 의한 수위변화와 자연전위변화를 관찰하였다. 나아가 패커를 이용하여 기존 물리검층에서 나타난 단열 및 단열대를 고립시킨 상태에서 양수시험을 실시하여 실질적인 지하수 흐름이 발생하는 단열의 간극 및 경사도에 따라 전기적 신호가 어떻게 달라질 수 있는가에 관해서도 연구가 진행되었다.

2. 본론

실제 현장에 적용하기 전에 탐사장비들은 제대로 작동하는지 자연전위 전기신호는 지하수 수위 변화를 잘 반영하는지를 확인하기 위해 간단히 모래를 채운 아크릴 탱크를 이용해 실내실험을 시행하였다. Fig. 1에 보는 것과 같이 아크릴 탱크에 모래를 채우고 양쪽 수조에 물을 채워 수위를 만들고 전극은 Pb와 Ag 두 가지 종류를 이용하였다.

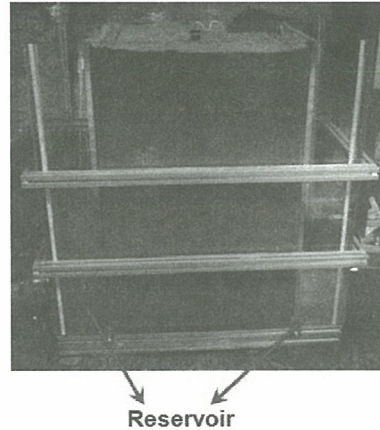


Fig. 1. Well field of the study area.

수조 밑 부분에 밸브를 설치하여 물을 배출시킴으로써 수위변화를 유도했고 Fig. 2에 각각 두 종류의 전극에서 자연전위 신호의 변화를 나타내었다. 전체적으로 두 전극의 신호는 비슷한 패턴을 보였고 아크릴 탱크에 물의 배출이 시작되면 시간에 따라 자연전위신호가 서서히 감소하게 된다. 그러다가 배출이 멈추지고 다시 탱크의 수위가 상승하게 되면 이에 따라 다시 전기신호도 상승하는 경향을 보이고 있다. 약간의 지연이 보이지만 수위변화와 전기신호사이에 분명한 상관관계가 보이며 신호의 noise도 데이터를 위협할만한 수준이 아닌 것을 확인할 수 있었다.

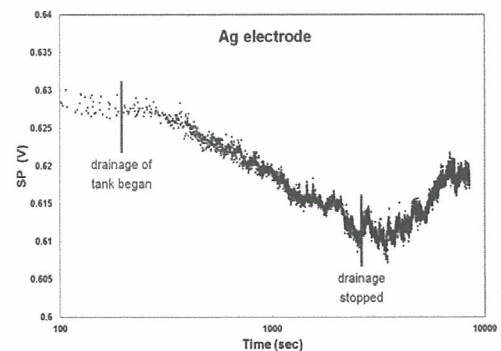


Fig. 2. The trend of SP signals according to water drawdown.

이를 토대로 복운모 화강암으로 이루어진 단열 암반에서 실제 시험이 적용되었는데 전체적인 시추공과 전극들의 위치는 Fig. 3에 보이는 것과 같다. 가운데 5번 시추공에서 양수를 실시하고 나머지 1번부터 9번까지 시추공이 모니터링으로 이용되었다. 각 시추공에는 leveltroll이 설치되어 실시간으로 수위변화를 관측하였다. 전극은 지표면 아래 30cm정도의 얇은 깊이에 설치되었다.

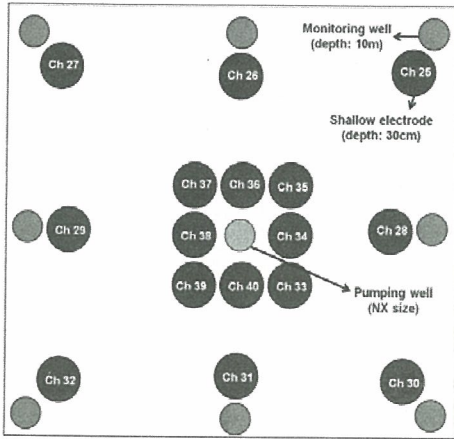
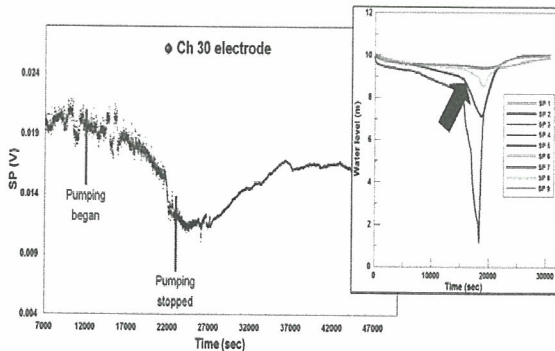
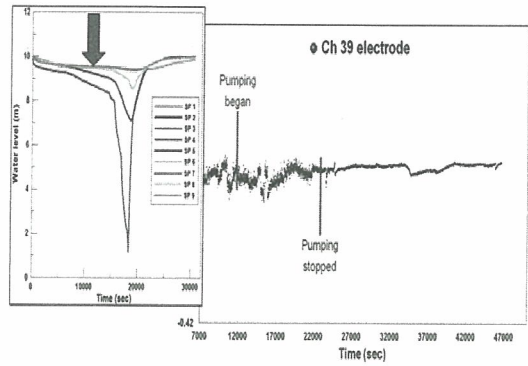


Fig. 3. Layout of SP experiments.

완전 open상태에서 1.89 L/min의 양수량으로 시험을 시행하였고 Fig. 4에 대표적인 두 위치에서 지하수 수위 변화와 자연전위 전기 신호변화를 표시하였다. 그래프를 보게 되면 두 데이터가 거의 비슷한 형태로 연결되는 것을 알 수 있다. 그리고 양수하는 동안에는 인위적인 흐름으로 인해 약간의 신호의 흔들림이 발생하는 것을 볼 수 있고 회복 시간동안에는 전기신호의 잡음이 거의 발생하지 않는다.



(a)



(b)

Fig. 4. SP signals and groundwater drawdown. (a) Ch 30 (b) Ch 39.

3. 결론

본 연구를 통해 암반대수층 내에서 지하수 수위 변화에 따른 자연전위 신호의 변화는 매우 높은 상관관계를 보이는 것을 알 수 있었다. 기존의 다공질 매질에서 전기신호를 이용해 수리학적 특성을 추정하던 이론식을 본 실험 결과에 적용하고 있고, 수리단열을 고립시킨 상태에서 양수 및 순간충격시험을 실시하고 이에 따른 단열의 고유 특성과의 관계에 관해서도 연구가 분석 정리중이다.

4. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원을 받아 수행되었으며 이에 감사드립니다.