

주요 지하수 유동로 구분을 위한 시추공에서의 물리검층 적용

이대형, 박경우, 고용권, 여인옥*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

*전남대학교, 광주광역시 북구 용봉동

leedh@kaeri.re.kr

1. 서론

일반적으로 방사성 폐기물 처분장의 경우 지하 심부에 위치하므로, 심부결정질암반에 대한 연구가 필요하지만 공간적, 경제적 제약으로 인해 이러한 연구들이 미미한 실정이다. 우리나라의 경우 대수층의 대부분이 결정질 암반으로 구성되어 있어, 핵종들의 주 이동통로는 절리 및 단층대와 같은 파쇄대이며 지하수의 흐름을 통해 먼 곳까지 이동하게 된다.

단열의 투수성 여부를 판단할 수 있는 직접적인 방법으로는 시추공 내 패커시험이나 양수시험이 있는데, 이러한 시험은 대수층의 수리전도도 또는 유출입되는 유량을 규명하여 대수층 자체의 수리적 특성을 직접적으로 파악할 수 있는 장점이 있으나, 시추공 전 심도에 걸쳐 분포하는 단열에 대해 정량적으로 투수 여부를 결정하는 것은 많은 시간과 경비가 필요하다. 반면 시추공에서 간접적으로 단열의 투수성을 유추할 수 있는 방법으로 시추공 내부 암반의 불성 측정을 통하여 암반의 수리적 특성을 유추하는 물리검층 자료를 이용한 방법이 있다.

본 연구에서는 기존에 실시된 패커시험과 함께 시추공내 온도 검층, 전기전도도(EC) 검층, 자연감마(natural gamma) 및 자연전위(SP) 검층을 통해 공내 파쇄대 감지에 활용하여 보았다.

실험에 이용한 장비는 Mount Sopris사의 2WQA와 2PAG-1000 모델을 이용하였고 Matrix 및 Wellcad를 이용하여 해석하였다.

2. 본론

대전 유성지역의 한국원자력연구소 부지내에는 심부지질환경 해석과 지하수체계의 장기적 모니터링을 목적으로 다수의 NX 크기의 수직 및 경사 조사공이 설치되어 있다.

본 연구에 활용된 관정은 YS-2번 공으로 연구소 부지 내 서쪽에 위치하고 있으며, 주로 중생대 북

운모 화강암으로 이루어져 있고 심도는 200m 이다.

이들 시추공들은 단열분포특성 조사 및 단열구간별 수리특성을 조사하기 위하여 초음파 텔레뷰어 검층 및 다양한 수리시험을 수행한 바 있다. 본 연구지역은 비교적 단열이 많이 발달된 지역으로 암반의 투수성도 이에 상응하는 특성을 갖는다. 주요 투수성 구간은 주로 상부 지표부와 단열대 및 주변 파쇄구간에 집중되며, YS-2 공의 경우 케이싱으로부터 100m 부근, 160m 부근에 투수성 구간이 분포함을 알 수 있었다[2].

파쇄대 구분을 좀 더 명확하게 하고자 물리검층을 실시하였다. 물리검층 자료의 편집은 주변환경이나, 공내 케이싱 또는 시스템에 기인하는 잡음의 영향을 받은 구간 등에 대한 편집과 검층 시작과 끝 부분 등 불필요한 자료에 대한 편집으로써 자료를 삭제하거나 수정하였다.

파쇄대 구간의 구분을 위해 이용한 첫 번째 검층은 온도 및 전기전도도(EC) 검층이다. 일반적으로 온도는 심도가 깊어짐에 따라 선형적으로 증가하는 경향을 보이며 단열을 통해 지하수의 유출입이 일어날 경우 변화하는 양상이 나타나게 된다[4]. 또한 온도 검층은 공내 물의 전기전도도 측정에 선행하거나 동시에 측정하여 이를 보정하는데 쓰인다[3]. 본 연구에서는 이러한 변화양상을 보기 위해 심도에 따른 온도의 변화량을 함께 도시하였다(그림 1). 온도 변화량의 이상대는 5 ~ 15m, 20 ~ 30m, 60 ~ 70m, 100 ~ 120m 부근으로 확인되어 지하수 유출입이 일어나는 구간으로 추정할 수 있다. 전기전도도 검층도 온도 검층과 같이 깊이에 따른 온도의 변화치를 도출하였다. 전기전도도 검층 결과 변화량의 이상대는 5 ~ 15m, 20 ~ 30m, 100 ~ 120m, 140 ~ 160m 와 180 ~ 190m 구간이 확인되었으나, 180 ~ 190m 구간은 공바닥 퇴적물의 영향으로 추정되며, 특히 패커시험을 통해 투수성이 가장 양호한 구간인 140 ~ 160m 구간의 경우 전기전도도 값의 구배가 급격하게 변하는 것으로 지하수 유동의 주된 통로라고 추정할 수 있다.

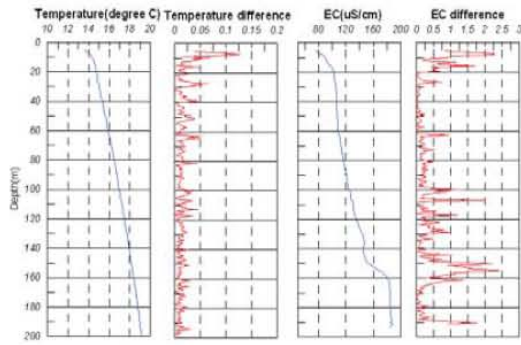


Fig 1. Temperature and EC profile from YS-2.

시추공 검층 자료 중 자연감마 검층은 시추공 내 암상에 대한 정보를 제공한다(그림 2). YS-2 시추공의 경우 심도가 깊어짐에 따라 대체로 150 cps를 기준으로 변동하지만, 다수의 구간에서 걸쳐 높은 자연감마 값을 보이는 것은 다수의 단열대를 통한 지하수 유동으로 인해 오랜 기간에 걸친 물-암석 반응에 의한 2차광물들의 충전과 열수변질작용에 의한 광물들의 증첩으로 생긴 것으로 판단된다[1].

마지막으로 자연전위(SP) 검층은 지표와 암석 사이의 전위를 기준으로 지층경계면 사이에서 발생하는 전기화학적 전위차를 측정하는 방법이다. YS-2 번공의 경우 케이싱의 영향이 없는 20m 아래 구간에서는 대체적으로 음의 값을 보인다. 자연전위 검층으로 확인된 이상대는 15 ~ 20m, 100 ~ 110m, 특히 150 ~ 160m 구간에서 급격하게 자연전위 값이 낮아지는 것으로 지하수 유동이 일어나는 구간으로 추정할 수 있다.

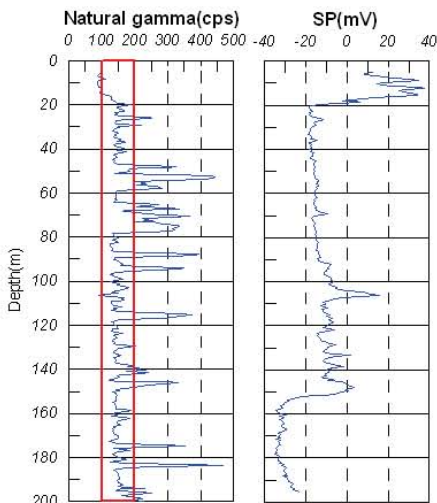


Fig 2. Natural gamma and SP profile from YS-2.

3. 결론

본 연구에서는 기존 패커 시험을 통해 알려진 고투수성 구간의 확인 및 세분화 하기 위해 물리검층을 실시하였다. 물리검층 결과를 종합한 결과 YS-2 시추공은 케이싱으로부터 상부 20m 구간, 100 ~ 110m 구간, 140 ~ 160m 구간이 지하수 유동의 주된 통로 역할을 하고 있음이 확인되었으며, 패커시험을 통해 상대적으로 가장 큰 수리전도도를 보이는 구간인 약 160m 부근에 가장 큰 지하수 유동로가 존재하고 있음을 확인할 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 원자력연구개발중장기연구사업의 일환으로 수행되었음을 밝힌다.

5. 참고 문헌

- [1] 김진영, 고용권, 배대석, 김천수, 방사성폐기물 처분연구를 위한 유성지역 화강암내 심부 시추공 단열충전광물의 광물학적 특성, 한국광물학회지, 17(1), pp.99-114, 2004.
- [2] 김경수, 김천수, 배대석, 동연속체매질로서의 화강암지역의 유효수리전도도 산출, 지질공학회지, 12, pp.319-332, 2002.
- [3] Keys, W. S. and MacCary, L. M., Application of borehole geophysics to water-resources investigations, U. S. Geological Survey Tech. Water Resources Inv., 2(1), pp.126, 1971.
- [4] Paillet, W.S., Borehole geophysics applied to ground-water investigations, U.S. Geological Survey Tech. Water Resources Inv., 2(2), p.150, 1990.