

## 단공 회석 시험을 통한 지하수 유동 방향 결정

이대형, 박경우, 고용권, 여인옥\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111

\*전남대학교 지구환경과학과, 광주광역시 북구 용봉동

[leedh@kaeri.re.kr](mailto: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[2][3]. 반면 시추공에서 간접적으로 단열의 투수성을 유추할 수 있는 방법으로 시추공 내부 암반의 물성 측정을 통하여 암반의 수리적 특성을 유추하는 물리검층 자료를 이용한 방법이 있다.

본 연구에서는 물리검층법의 종류 중 전기전도도(EC) 검층법을 활용하였다. 기존의 실험이 자연 상태에서의 전기전도도를 측정할 반면, 소금물을 추적자로 이용하여 자연 상태에서 시간이 지남에 따라 회석되는 양상을 관찰하여 공내의 지하수의 흐름을 유추하여 보았다.

실험에 이용한 장비는 Mount Sopris사의 2WQA-1000 이고, Matrix 및 Wellcad를 이용하여 해석하였다.

### 2. 본론

대전 유성지역의 한국원자력연구원 부지내에는 심부지질환경 해석과 지하수체계의 장기적 모니터링을 목적으로 다수의 NX 크기의 수직 및 경사 조사공이 설치되어 있다[1].

본 연구에 활용된 관정은 YS-2, 3 관정으로 연구소 부지 내 서쪽에 위치하고 있으며, 주로 중생대 복운모 화강암으로 이루어져 있고 심도는 각각 200 m, 300 m 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 갖는 것으로 추정된다.

파쇄대 구간 중 지하수의 흐름을 좀 더 명확하게 추정하고자 단공 회석 시험(Single borehole dilution test, SBDT)을 실시하였다. 시험은 전기전도도(EC)값의 배경치(Background) 측정, 추적자(소금물 8000 uS/cm) 주입, 추적자 주입 후 시간에 따른 EC 변화 관측의 순서로 진행되었다.

YS-2 관정의 SBDT 결과는 Fig. 1과 같다. 배경치는 약 20 m 부근에서 급격하게 증가하는 양상을 보이거나, 이후 심도에서 선형으로 증가하는 경향을 보인다. 추적자 주입 후, 초기값에서는 약 160 m 보다 깊은 심도에서는 배경치 값과 같은 전기전도도 값을 나타내는 것으로 소금물의 주입이 원활하게 이루어지지 않음을 알 수 있다. 그러나 추적자 주입 후 시간이 지남에 따라 변화하는 전기전도도 값을 보게 되면 약 20 m 부근에서 전기전도도 값의 감소가 뚜렷하게 나타나는 것으로 지하수의 유입으로 인한 상향 흐름이 일어나는 것을 알 수 있다. 심도가 깊어짐에 따라 두드러진 변화 구간이 나타나지 않고 오히려 값이 증가하는 것으로 상부 20 m 부근에서의 지하수 유입 이후 하부 구간은 지하수 유동이 없는 구간으로 판단된다.

YS-3 관정의 SBDT 결과는 Fig. 2 이다. 배경치 값은 약 20 m 부근, 100 m 부근, 약 210 m 부근에서 이상대를 보이며 대체적으로 선형으로 증가하고 있다. YS-2 관정과 같이 약 260 m 이후의 구간은 추적자 주입 후 초기값 측정시 배경치의 값과 같은 값을 나타내는 것으로 추적자주

입이 원활하지 않았음을 알 수 있다. YS-3 관정의 경우 YS-2 관정과 달리 다수의 이상대 구간을 확인할 수 있다. 20 m 부근에서의 지하수 유입에 의한 상향 흐름과 100 m 부근에서의 지하수 유입으로 인한 상향 흐름, 220 m 부근에서의 지하수 유입으로 인한 상향 흐름이 추정되어 전체적으로 3 구간에 걸쳐 상향 흐름이 형성되고 있음을 확인하였다.

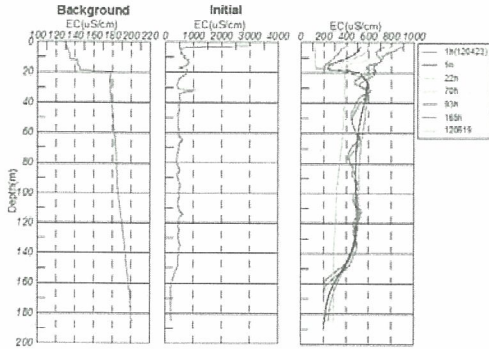


Fig. 1. SBDT result for YS-2.

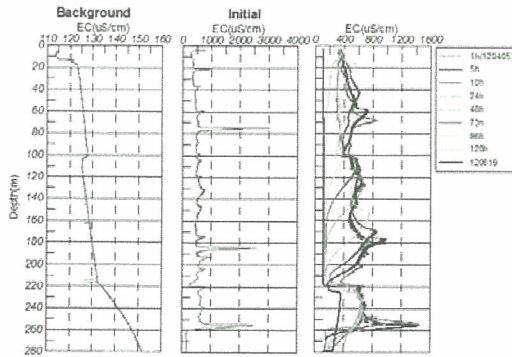


Fig. 2. SBDT result for YS-3.

### 3. 결론

SBDT 시험을 바탕으로 YS-2, 3 관정에서의 수리지질개념도를 추론해 보았다(Fig. 3). YS-2 관정에서는 다수의 단열과 파쇄대가 관찰되나 회석시험 결과 지하수 유동은 케이싱과 인접한 구간인 약 20 m 부근에서의 지하수 유동만이 관찰된다. 반면, YS-3 관정은 NWN의 방향성을 갖는 고각의 단열이 다수 분포함이 확인되었고, 회석시험을 바탕으로 추정한 결과 YS-3 관정을 관통하는 220 m 부근의 단열대와 100 m 부근의 단열대를 통해 전체적으로 상향 흐름이 발생하는 것

으로 판단되며 상부 구간의 저경사 단열을 통해 지하수의 유입이 일어나고 있음을 추정하였다.

그러나, YS-2, YS-3 관정간의 거리가 5 m 이내의 거리로 매우 인접함을 감안할 때 매우 상이한 결과를 나타내는 것으로 서로 다른 수리지적 특성을 나타냄을 알 수 있다. 그러므로 두 관정간의 연결성을 확인하기 위해 양수 시험을 동반한 유향 유속 시험을 적용하여 본 연구 결과와 같이 활용하는 것을 고려할 수 있다.

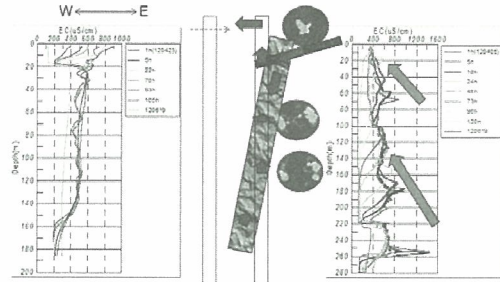


Fig. 3. Conceptual model for YS-2, YS-3.

### 4. 감사의 글

본 연구는 원자력연구개발중장기연구사업의 일환으로 수행되었음을 밝힌다.

### 5. 참고문헌

- [1] 김건영, 고용권, 배대석, 김천수, 방사성폐기물 처분연구를 위한 유성지역 화강암내 심부 시추공 단열층전광물의 광물학적 특성, *한국광물학회지*, 17(1), pp.99-114, 2004.
- [2] 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.
- [3] Paillet, W.S., Borehole geophysics applied to ground-water investigations, *U.S. Geological Survey Tech. Water Resources Inv.*, 2(2), p.150, 1990.