

대전 유성지역 심부단열대의 연결성 확인

박경우, 배대석, 김경수, 조성일*

한국원자력연구소

*충남대 지질학과

(e-mail : woosbest@kaeri.re.kr)

<요약문>

대전시 유성구 한국원자력연구소 부근 지역의 심부 단열대 확인을 위해 BHTV 검증, 일정구간별 정압 주입시험을 실시하였다. BHTV 조사 결과 A Zone(100m~120m)과 B Zone(250m~280m)이 연결되었다고 판단되며, 일정구간별 정압주입시험을 통해 B Zone(250m~280m)과 C Zone(400~420m)의 연결성을 추측할 수 있었다. 또한, 시추공의 심도별 지하수위 자료를 통해 지하 250m 부근에서 그 상부와 하부의 지하수 시스템이 연속되지 않은 독립된 시스템을 갖는다고 추측된다. 이러한 결론은 MP system이 설치된 시추공의 구간별 압력변화 결과에 의해서도 확인된다.

Key word : 심부단열대의 확인, BHTV, 정압주입시험

1. 서론

광역 지하수 시스템은 일반적으로 다공성 연속체 개념으로 해석하는 것이 일반적이다. 그러나, 충전층이 수 미터 밖에 되지 않는 결정질 암반지역에서 전체적으로 연속체 개념을 도입하는 것은 REV (Representative Element Volume)을 설정하는데 어려우며, 지하수의 유동은 다공성 매질에서와는 매우 다른 양상을 나타낸다(Bear, 1993). 다공성 매질에서는 일반적으로 Darcy법칙에 따르는 3차원의 문제로 해석되고 있지만, 결정질 암반에서는 단열대가 지하수의 주요 유동로가 되어 지하수의 유동은 단열대를 통해서 주로 이루어지게 된다. 그러나, 관심영역에서 단열대를 확인하여 이를 주유동로로 정의하는 데에는 많은 어려움과 불확실성이 존재하기 때문에 일반적으로 결정질 암반에서도 다공성 연속체 개념을 적용한 지하수 수치모델로서 유체의 유동 및 용질이동에 대한 문제를 해석하고 있는 것이 현실이다(김경수, 2002).

수치모델에 있어 다공성 연속체 모델을 도입할 것인지, 아니면 분리단열망 모델을 사용할 것인지에 대한 선택의 문제가 중요하다. 여러 시험을 통해 REV라고 생각되는 규모가 결정되었다고 하더라도, 단열이 존재하는 구간과 그렇지 않은 구간에 일정한 수리인자를 적용하여 이 같은 문제를 논의하는 것은 바람직하지 못하다. 이를 보완하기 위해 Svensson(2001)은 결정질 암반의 수치 모의에서 다공성 연속체 매질의 Mesh에서 수리전도도를 조절하여 통계적 방법으로 단열대를 모사하는 방법으로 수행한 바 있다. 그러나, 이러한 접근방법도 관심영역의 단열대에 대한 수평, 수직 분포의 정보가 있어야 가능하다.

본 연구에서는 차후 심부 단열망에서 지하수 유동에 관한 수치모델에 적용할 목적으로 수행한 BHTV

검층 및 일정구간별 정압주입시험 결과 유추한 단열대를 2차원으로 연결하여 투수성 단열대를 확인하였다.

2. 본 론

가) 연구지역 및 시추공의 위치

대전시 유성구 한국원자력연구소(KAERI) 인근에 심부지질환경 특성 연구의 일환으로 YS series의 시추공이 굴착되었다(그림 1, 표 1).

표 39. 시추공의 고도 및 깊이

Borehole	Elevation	Depth	Size
YS-01	80.2	500m	NX(3")
YS-02	80.1	200m	NX(3")
YS-02-1	80.1	200m	NX(3")
YS-02-2	80.1	200m	NX(3")
YS-03	79.9	300m	NX(3")
YS-04	91.0	350m	NX(3")
YS-05	76.0	200m	NX(3")
YS-06	94.0	500m	NX(3")
YS-07	56.0	400m	NX(3")

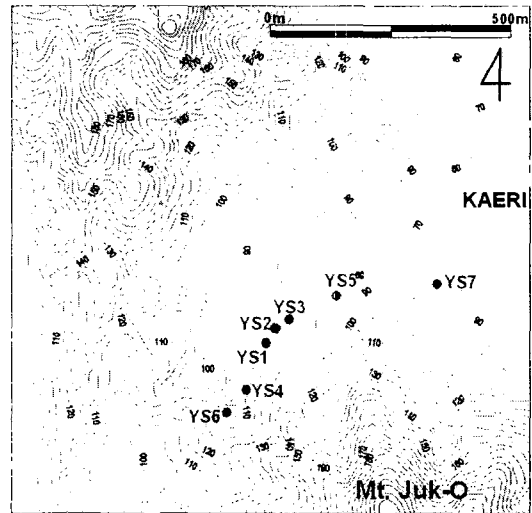


그림 1. 시추공의 위치

YS series 시험공에 BHTV 검층과 일정구간별 정압주입을 실시하였다. 정압주입/수위강하시험(constant injection test)은 이중패커를 이용하여 일정하게 10m 구간별로 별로 시행되었다. 시험은 주입 단계와 주입후 수위강하 단계로 구분하여 각각 20분 내외로 계속되었다. 주입수는 연구지역의 지표수를 이용하였으며, 주입압력의 안정화를 위하여 약 20m~40m의 정압이 걸리도록 상부 표고에 물탱크를 임시로 설치하거나, 물탱크 설치가 어려운 곳은 주입펌프를 사용하여 일정압력으로 물을 주입하였다. 주입호스 선상에 설치되는 압력계는 0.1 kg/cm²까지 판독 가능한 유압 압력계를 사용하였다. 주입량의 정밀한 측정에 가장 중요한 유량계는 Gilmont Instruments사의 rotameter를 계측 범위별로 중첩하도록 자체 제작되었다. 피압구간에서의 역류 현상을 방지하기 위하여 유량계 각각의 연결라인에 체크밸브가 설치되었다.

나) BHTV 조사 및 수리시험 결과

시추공의 단열 분포를 조사하기 위하여 BHTV 조사를 실시하였다. 조사 영상에서 나타난 단열의 폭을 구간별로 더하여 그 정도를 살펴보았다. 조사 결과 A Zone(100m~120m)의 연장성을 추측할 수 있고, 미약하게나마 B Zone(250m~280m) 또한 단열의 분포가 연결되었을 가능성을 확인할 수 있다.

수위 관찰결과 YS-02번 공과 그 주변의 시추공의 시간에 따른 수위 변화를 살펴보면 비슷한 고도를 가졌음에도 불구하고 YS-02, YS-02-1, YS-02-2번 시추공의 수위는 유사하지만, YS-03번 시추공의 수위는 1m 정도 낮은 값을 보이고 있음을 알 수 있다. 이러한 원인으로는 YS-02, YS-02-1, YS-02-2 시

추공의 심도가 200m이나, YS-03번 시추공의 심도는 300m이기 때문에 지하 200m~300m 구간에 수두 압력이 낮은 감압대가 존재하여 YS-03번공의 수위를 낮춰주는 것으로 판단된다.

이러한 감압대의 존재에 따른 수위 변화는 위에서 기술한 B Zone의 존재를 뒷받침해주는 증거가 될 수 있으며, 또한 지하 200m 윗부분에는 그 하부에 존재하는 감압대가 수위에 영향을 크게 주지 않는 것으로 보아 B Zone과 그 상부영역이 수리적으로 저투수층에 의해 격리되어 있음을 알 수 있게 한다. YS Series 시추공에서 수행한 일정 구간별 정압 주입시험의 결과는 아래와 같다. 전체적인 수리전도도는 $10^{-8} \sim 10^{-10}$ m/s로 화강암지역에서의 전형적인 수리전도도 값을 보였다. 주목할 만한 것은 YS-06, YS-01, YS-07 시추공에서 지하 400m 이하의 깊이에서 비교적 큰 수리전도도 값을 나타내었다는 점이다. BHTV결과 YS-01번 시추공에서 지하 400m 아래에 YS-07번 시추공에서 지하 400m 인근에 소규모 단열이 존재하였으며, 이 단열들이 투수성 단열로 정압주입시험에 영향을 준 것으로 판단된다. 정압주입시험 결과 C Zone이라고 추정되는 투수성 단열대를 추정할 수 있다.

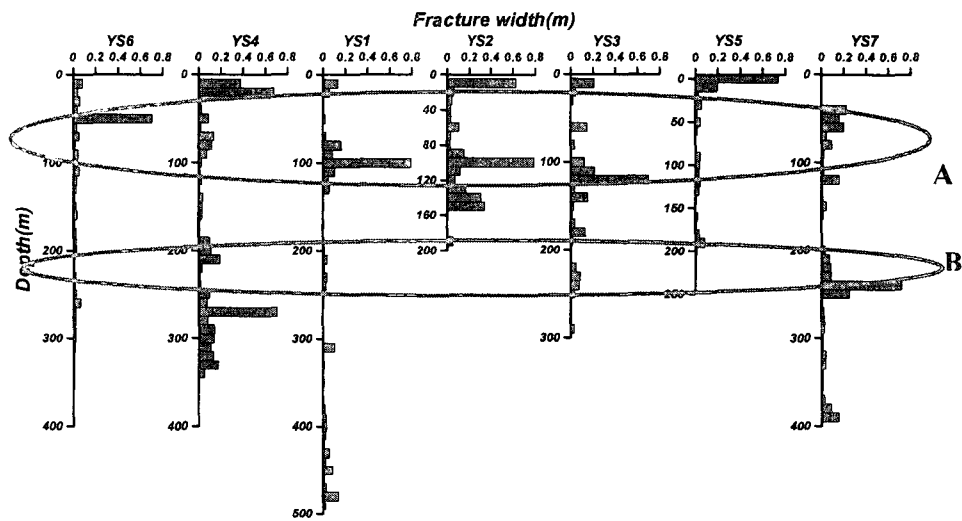


그림 113. BHTV로 조사한 단열 분포

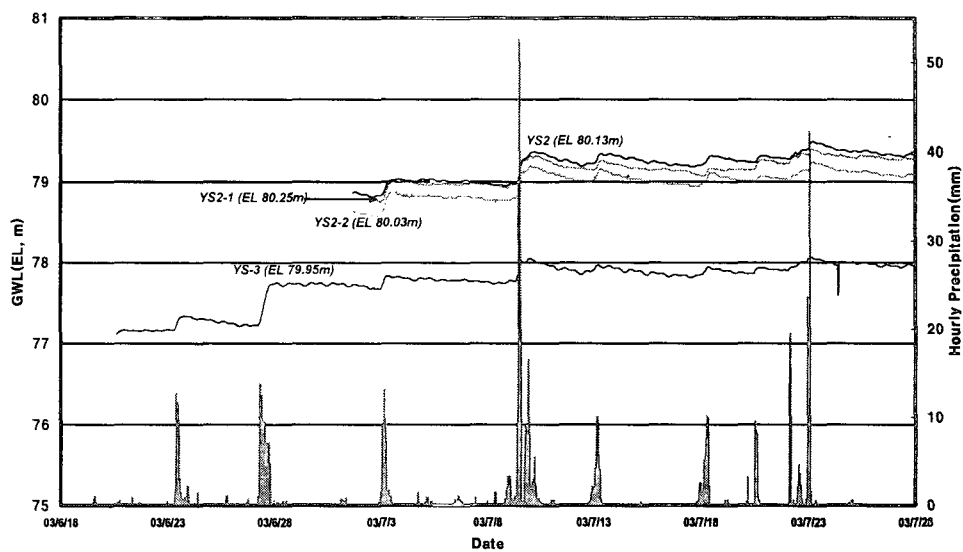


그림 3. YS 시추공의 수위 변화

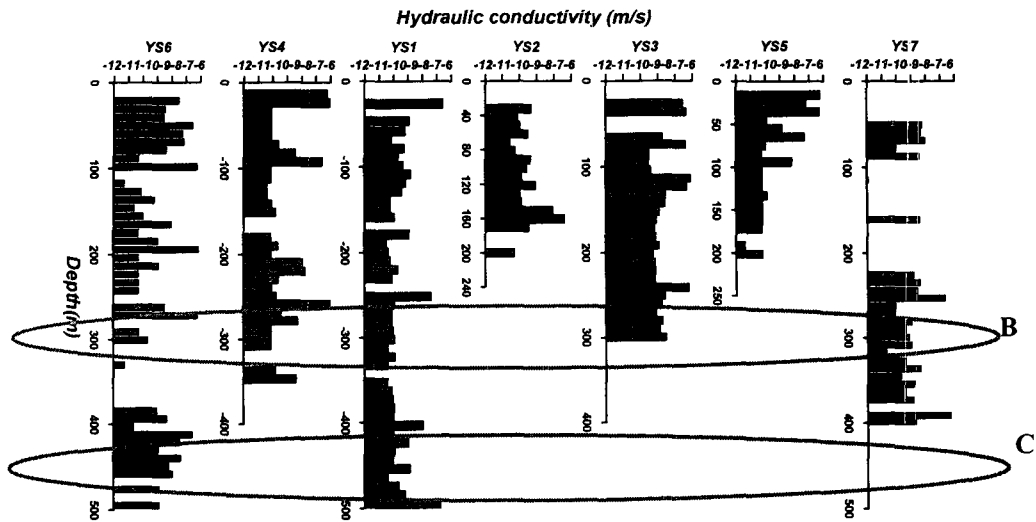


그림 4. 정압주입시험 결과 수리전도도 분포

3. 결론

BHTV 조사와 정압주입시험을 통해 단일대로서 판단되는 3개의 Zone을 확인할 수 있었다. 본 논문에서는 YS-6번 시추공과 YS-7번 시추공 굴착 후 YS-1번 시추공(MP system 설치)에서 관측된 압력변화에 대한 내용은 기술하지 않았지만, YS-1번 시추공의 구간별 압력변화도 위의 결론을 뒷받침해준다. 연구결과 유추한 심부유동로로 작용하는 3개의 영역에 대한 결론이 반드시 정확하다는 확실하다고 할 수 없으나, 차후 심부영역 지하수 시스템의 연결성을 증명할 수 있는 주요한 방법으로 활용될 것이다.

참고문헌

1. 김경수, 김천수, 배대석, 등연속체매질로서의 화강암지역의 유효수리전도도 산출, 지질공학, 12권 3호, 2002, 319-332p.
2. Bear, J., Tsang, C.F. and De Marsily, G., Flow and contaminant transport in fractured rock, 1993, Academic press, United Kingdom, 6-10p.
3. Svensson Urban, A continuum representation of fracture networks, Journal of Hydrology, 250, 2001, 170-186p.