

심부시추공 지하수의 심도별 수두 장기모니터링

고용권 · 조성일 · 김건영 · 배대석 · 김천수

한국원자력연구소
nykkoh@kaeri.re.kr

<요 약 문>

방사성폐기물 처분 연구의 일환으로 화강암지역내 500m 심도의 심부시추공이 착정되었으며, 다중패커시스템이 설치되어 장기적으로 심도별 지하수의 수리 및 화학특성이 모니터링 되고 있다. 지하수 수두값의 심도별 특성은 천부에서 심도 250m까지는 대체로 감소하는 경향을 보이며 250m이하에서 500m 심도까지는 증가하는 경향을 보여준다. 각 심도구간에서의 지하수 수두값은 장기적으로 일정한 값을 보여주지만, 장마기간동안 집중적으로 모니터링된 결과에 따르면 심도 370m 상부에서는 지하수 함양변화에 따라 지하수 수두가 변화되는 반면, 심부구간에서는 지하수 함양변화에 대하여 영향을 받지 않음을 보여준다.

주제어 : 방사성폐기물, 심부시추공, 수리특성, 수두값, 지하수 함양

1. 서 론

방사성폐기물 처분연구와 관련하여 국내 지질조건에서의 심부환경에 대한 수리특성 및 지화학 특성연구가 진행중에 있다. 이에 대전시 북부 화강암지역인 한국원자력연구소내 다수의 심부시추공이 시추되었으며, 시추공에서 확인되는 단열에 대하여 방향성, 빈도, 틈 등 단열특성 (김경수 등, 2002)이 정량적으로 조사되었고 추적자시험 (박경우 등, 2003) 및 정압주입시험이 수행된 바 있다. 또한, 500m 심도를 갖는 심부시추공내에는 다중패커시스템 (Multi-packer system)을 설치하여 구간별 펄스시험 (Pulse test)이 수행된 바 있으며, 시추공지하수의 심도별 지화학특성 (배대석 등, 2002; 최현수 등, 2002)이 제시된 바 있다. 현재 다중패커시스템이 설치된 심부시추공에 대하여는 지속적으로 지하수 수두와 지화학 특성이 모니터링 되고 있다. 본 연구에서는 그간 모니터링된 심도별 지하수 수두분포를 제시하고 그 결과가 갖는 의미를 살펴보고자 하였다.

2. 본 론

가. 연구방법

연구지역의 지질은 유라기 중립질 복운모화강암이며, 연구지역내에는 200m~500m 심도를 갖는 6개의 심부시추 조사공이 굴착되었다 (그림 1). 이들 시추공들은 Core logging과 Borehole Televiewer로부

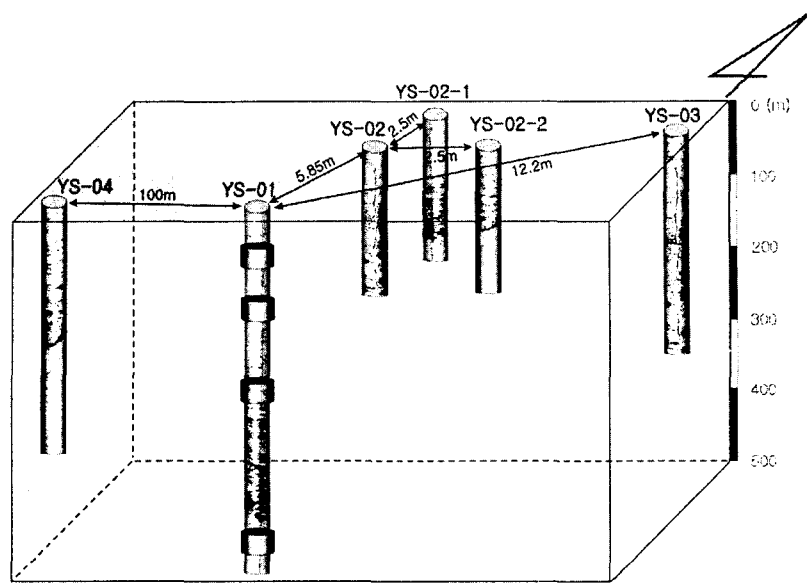


그림 1. 연구지역의 심부시추공 (심도: YS-01, 500m; YS-02, YS-02-1, YS-02-2, 200m, YS-03, 300m; YS-04, 350m)

터 단열분포특성이 확인되었으며, 500m 심도의 YS-01공에는 13개의 패커를 설치하여 최상부 천부지하수를 포함하여 시추공지하수를 14개 구간으로 격리시켰다. 다중패커시스템은 2001년 9월에 설치되었으며, 이를 이용하여 시추공 심도구간별 온도와 지하수 수압에 대한 직접측정이 현재까지 36회 수행되었다. 또한, 장마기간동안에는 가능한한 일별로 온도와 지하수 수압을 집중적으로 모니터링하였다.

나. 단열 및 수리특성

YS-01공에 대한 Borehole Televiewer Scanning 결과 (그림 2)에 따르면, 시추공내 단열의 방향성은 3개 set로 분류되며, N10°E와 N60°E가 우세함을 보여준다. 심도별로 단열의 빈도는 심도 100m 내외에서 큰 파쇄대가 존재함을 보이며, 약400~500m구간에 비교적 많은 단열이 확인되었다. 이들 단열들은 심도 약 100m, 250m 및 400~500m 구간에서 큰 단열틈이 확인되고, 산출된 투수량계수는 단열빈도보다는 단열틈과 더 밀접한 관계가 있는 것으로 사료된다. 또한, 10m간격으로 이루어진 정압주입시험과

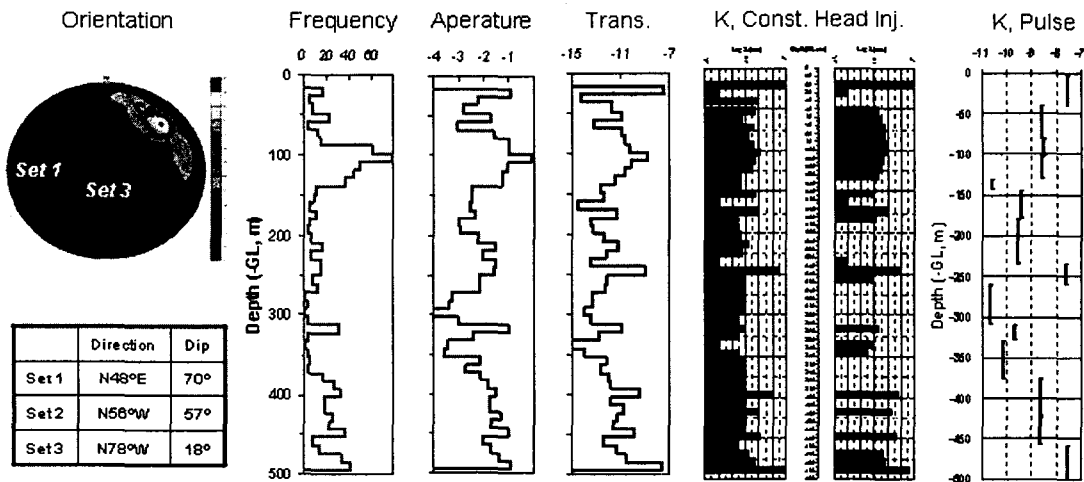


그림 2. YS-01공에서 수행된 BTV Scanning 결과 (단열의 방향성, 빈도 및 틈규모) 및 심도에 따른 수리시험 결과 (투수량계수 및 수리전도도)

다중패커시스템으로부터 수행된 펄스테스트로부터 산출된 수리전도도도 확인된 단열틈과 밀접한 관계를 보인다.

다. 모니터링 결과

YS-01공에 대한 심도별 지하수 수두 (Potential Head) 값의 모니터링 결과는 그림 3과 같으며, 시기에 따라 심도구간별 지하수압이 거의 일정함을 보여주고 있다. 심도에 따른 수압값의 변화는 심도에 거의 상응한 값을 보이나, 그림 2에서는 명확히 확인될 수 없지만, 몇몇 심도구간에서는 다소 심도에 상응한 값을 벗어난 값을 보인다. 이는 각 심도구간에 영향을 미치는 지하수체가 상이함을 반영하는 것이다 (그림 2).

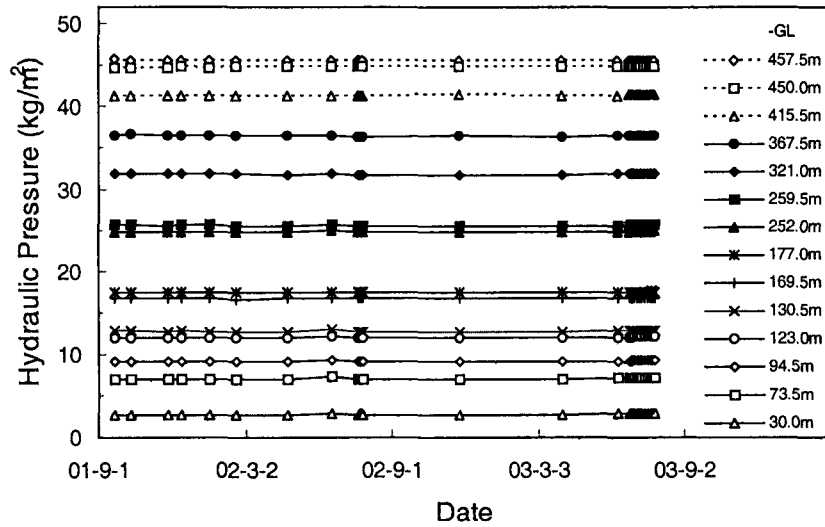


그림 3. YS-01공에 대한 심도구간별 수압 모니터링 결과

이를 확인하기 위하여 측정된 지하수 수압 값을 환산한 지하수 수두 값의 평균값을 심도별로 도시하였다 (그림 4). 그림 4에서와 같이 YS-01공의 심도별 수두값은 최하부 구간인 370m이하에서 최상부 구간보다도 높은 수두값을 보이는 반면, 약 심도 250m 구간에서 특이하게 가장 낮은 수두 값을 보인다. 이는 앞서 기재된 바와 같이 심도 250m 구간에 발달한 비교적 큰 단열틈을 가진 단열특성과 관련이 있는 것으로 사료된다. 또한, 시추공 상부보다도 낮은 수두값을 보이는 심도 약 250m 구간에서는 상부 지하수체와의 연결성이 없는 것으로 해석될 수 있다. 이러한 연구지역 지하수체에 대한 특성은 현재 진행 예정인 주변 시추공에 다중패커시스템이 설치된 후에 확인 될 수 있을 것이다.

이와 더불어 상부 지하수의 변화, 즉 강수에 의한 지하수 함양특성에 따라 심도에 따른 지하수 수두 변화를 확인하기 위하여 지하수의 변화가 비교적 크게 일어나는 장마기간동안 YS-01공에 대한 심도에 따른 지하수 수압변화를 집중적으로 모니터링 하였으며, 대표적인 심도에 대한 변화특성을 강수량과 함께 그림 4에 도시하였다. 나공상태 (open borehole)에서 지하수위에 상응하는 최상부구간 (-30m GL)에서는 지하수 수두 값은 강수량을 반영하며 변화됨을 보여주고 있다. 또한 심도 170m, 250m, 350m 구간에서도 지하수 수두 값은 강수량의 변화, 즉, 지하수 함양변화에 의해서 변화됨을 보여준다. 그러나, 그림 4를 자세히 살펴보면, 심도 30m와 170m구간과는 달리 심도 250m 이하의 구간에서는 지하수 함양 변화에 따라 변화되는 시기가 다소 차이가 나며, 변화 폭도 감소됨을 알 수 있다. 즉, 지하수 함양에 대한 심도에 따른 지하수 수두의 영향은 심도가 깊어질수록 지연 및 감소함을 보여준다. 심도 375m 이하의 구간

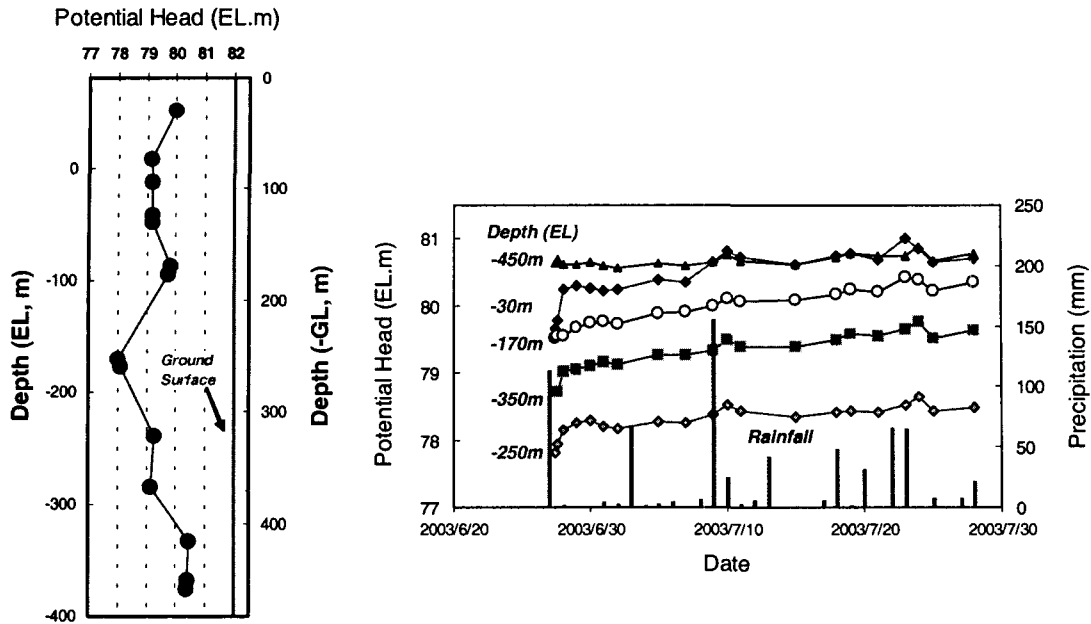


그림 4. YS-01공의 심도구간에 따른 지하수 수두분포 및 시기에 따른 각 심도의 수두 변화

에서는 상부의 지하수 함양 변화에 무관하게 거의 일정한 지하수 수두 값을 보여준다 (그림 4).

3. 결론 및 토의

결정질 암반인 화강암지역에서 다중패커시스템으로부터 시추공에서의 지하수 수두의 모니터링 결과는 다음과 같이 요약될 수 있다. 결정질 암반에서 심도에 따른 지하수 수두분포는 심도가 깊어질수록 증가하는 것이 아니라, 단열특성에 따른 수리특성에 의해 좌우됨을 보여준다. 또한 지하수 함양정도에 따른 지하수 수두 값이 변화되는 양상은 심도에 따라 다르게 나타내어 이는 암반내 지하수 유동로 역할을 하는 단열의 연결성과 밀접한 관련이 있는 것으로 사료된다. 추후, 진행될 연구지역의 다른 시추공에서 확인 될 단열특성과 수리특성과 함께 단열 및 수리특성이 확장되어 보다 정량적인 해석이 가능할 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 특성은 결정질 암반에서 지하수 유동체계를 해석시 단열특성과 함께 지하수 유동특성을 평가하여야 함을 보여준다. 특히, 결정질 암반에서의 지하수 유동 모델링은 이러한 수리특성을 반영해야 할 것이다.

4. 참고문헌

- 김경수, 김천수, 배대석, 2002, 등연속체매질로서의 화강암지역의 유효수리전도도 산출, 지질공학, 12권, 319-332p.
- 박경우, 김경수, 배대석, 김천수, 2003, 비흡착성 추적자시험에 의한 단열대의 수리파라미터 해석, 지질공학회 춘계학술발표회 논문집, 139-145p.
- 배대석, 고용권, 김건영, 김천수, 김경수, 2002, 방사성폐기물 처분연구를 위한 심부 시추공지하수의 지화학특성, 한국지하수토양환경학회 추계학술발표회, 335-338p.
- 최현수, 고용권, 김경수, 배대석, 김천수, 2002, 심부시추공 지하수의 심도별 지화학 특성, 한국지하수토양환경학회 춘계학술발표회, 229-232p.