

투수성 단열의 연결성 및 수리경계에 대한 연구

조성일¹ · 송무영¹ · 김경수² · 김천수²
(¹충남대학교, ²한국원자력연구소)

초 록

본 연구는 지하시험시설을 통한 지하수유동연구의 대안으로 지하유류저장시설의 건설 과정 중 지하공동의 굴착에 따른 지하수위 변화와 수벽공(water curtain hole)의 수리특성을 조사하여, 지표조사만으로는 해석하기 어려운 투수성 단열의 연결성 및 수직·수평방향으로의 수리경계를 해석하는데 그 목적이 있다. 연구지역은 전남 여수시 낙포동에 위치한 제석산 일대로, 지하공동 굴착 중 지하수위변화를 측정하기 위해 지표관측공 2개와 한국원자력연구소에서 K-1공에 설치한 MP(Multi Packer) 시스템의 장기 계측자료를 이용하였고, 수리경계에 대한 해석을 위해 수평수벽공(93개)의 초기압 및 주입압, 수리전도도를 조사하였다.

공동 굴착 중 지표관측공의 수위변화에 따른 투수성 단열(대)의 연결성 분석결과, 100~500m의 추적거리를 보이는 것이 있는 반면, 특정 저경사 투수성 단열의 경우 주변의 단열대와 연계되어 1km 이상의 연결성을 나타내기도 한다. MP 시스템의 장기 계측결과 역시 굴착과정 중 심도에 따라 수위변화가 각각 다르게 나타났으며, 특히 Bench 1 굴착에 의해 유일하게 EL. -100~-120m 구간에서 나타내는 지하수위 강하는 심도에 따른 수리경계의 특성을 잘 대변한다. 수벽공의 초기압 및 주입압, 수리전도도 측정자료에 의해 수리특성을 달리하는 세 개의 수평적 영역을 구분할 수 있으며, 이는 추후 수벽공에서 채수된 지하수의 지화학 특성 및 체류기간 결과에 의해 검증되어야 할 것이다.

결과적으로 부지규모의 단열암반에 대한 지하수유동 해석의 신뢰도를 향상시키기 위해서는 투수성 단열의 연결성과 수평·수직방향으로의 수리경계에 대하여 많은 조사와 정확한 해석이 이루어져야 할 것이다.

※ 주요어 : 지하수, 단열(대), 수리경계, 수리전도도, 수벽공

서 론

단열암반 내의 지하수유동체계는 복잡한 단열의 분포특성에 의해 그 해석이 매우 난해

하다. 또한 조사의 제한성에 의한 불확실성 역시 신뢰도 저하의 요인이 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로 국외에서는 지하시험시설을 통한 지표 예측자료와 실제 지하공동의 조사자료를 비교함으로써 지질구조 및 지하수유동과정에 대한 이해도를 한 단계 높이는 계기를 마련하였다(SKB, 1997). 국내에서는 이러한 시도가 초기단계에 있으며, 지하시험시설에 의한 연구의 대안으로 지하저장시설을 이용한 연구 또한 현장의 여러 가지 여건에 의해 미흡한 실정이다.

단열암반 내 지하수유동체계는 독립된 부존체계(hydraulic compartment)를 이루고 있으며, 소수의 투수성 단열에 의하여 구성되어 있는 것으로 보고되고 있다. 따라서 지하수유동체계 해석 시 수리특성을 달리하는 경계설정과 투수성 단열의 연결성에 대한 해석은 비중있게 고려되어야 할 것이다. 본 연구는 지하유류저장시설 건설 과정 중 공동 굴착과정에서 도출된 단열 및 수위변화자료, 수벽공의 압력 및 수리전도도를 이용하여 투수성 단열의 연결성과 수평·수직방향으로의 수리경계에 대한 특성을 조사하고자 하였다.

Fig. 1의 (a)는 연구지역의 지형특성, 지표관측공 및 지하공동 위치를 나타내며, (b)는 지하공동에서 조사된 단열분포특성을 나타낸다.

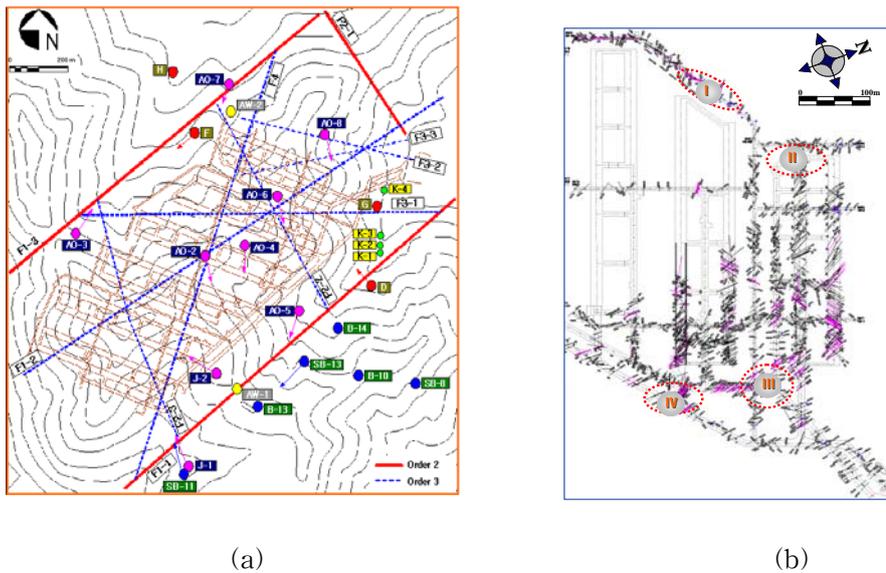


Fig. 1. Fracture system in the study site.
 (a) Location of boreholes and fracture zones delineated from the surface based investigation
 (b) Fracture map obtained during construction

결 과

1. 투수성 단열(대)의 연결성

지하공동 굴착과정 중 교차되는 단열(대)에 의한 주변 지하수체계 변화는 암반에 발달된 지하수유동로를 간접적으로 해석할 수 있는 기초자료가 된다. 공동굴착 중 지표관 측공의 수위변화 분석결과, Fig. 1(b)의 영역 I 에서 교차된 투수성 단열은 F, AO-7, AO-8공의 수위에 영향을 주어 그 영향범위가 약 100~500m로 그리 크지 않은 반면, 영역 II는 저경사 투수성 단열과의 교차에 의해 F1-3단열대 주변 시추공 뿐 만 아니라 N 5~15°W의 단열대 및 F1-1(N55°E) 단열대와 연계되어 비교적 먼 거리(약 1km 이상)에 있는 F1-1 단열대 부근의 AW-1 및 J-1, SB-11공에도 영향을 주는 것으로 조사되었다. III 과 IV 영역 역시 N5~15°W의 단열대 및 F1-1(N55°E) 단열대와 연계되어 AW-1, SB-11공 까지 영향범위를 나타낸다.

2. 수리경계

Fig. 2는 한국원자력연구소에서 연구목적으로 설치된 K-1공의 MP 시스템에서 조사된 심도별 수리특성을 나타낸다. 2001년 6월 굴착이 시작된 이래 측정된 심도별 수위변화는 각각 다르게 변화하였다. 특히 2002년 12월 4일 이후 Bench-I의 굴착으로 인해 EL. -100~-120m 구간의 측정값에만 국한되어 약 25m의 수위 강하가 발생하였다. 굴착공사심도가 EL -30에서 -40m 인 것을 고려할 때, 이는 EL -20~-110m 사이의 지하수체계 변화에 의하여 발생된 것으로 사료된다.

수평수벽공의 초기압 및 주입압, 수리전도도값의 분석에 의하면, 자연지하수압력의 분포가수벽공 32번과 67번을 경계로 3개영역으로 구분되며 (Fig. 3). 이를 토대로 Fig. 4와 같이 수리특성이 다른 3개의 수평영역으로 구분할 수 있다. Fig. 4의 빨간색으로 표시된 수벽공은 초기압이 3.2kg/cm² 이상 되는 비교적 압력이 높은 것을 나타낸다. 이러한 결과는 추후 수벽공에서 채수된 지하수의 지화학 특성 및 체제기간자료와의 대비에 의해 검증되어야 할 것이다.

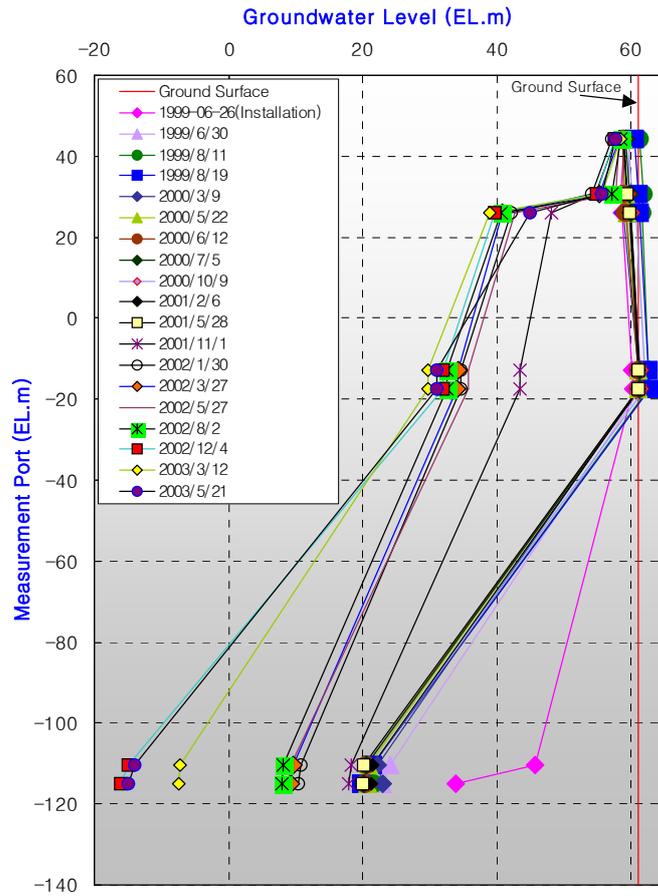


Fig. 2. Fluctuation of groundwater level from MP system.

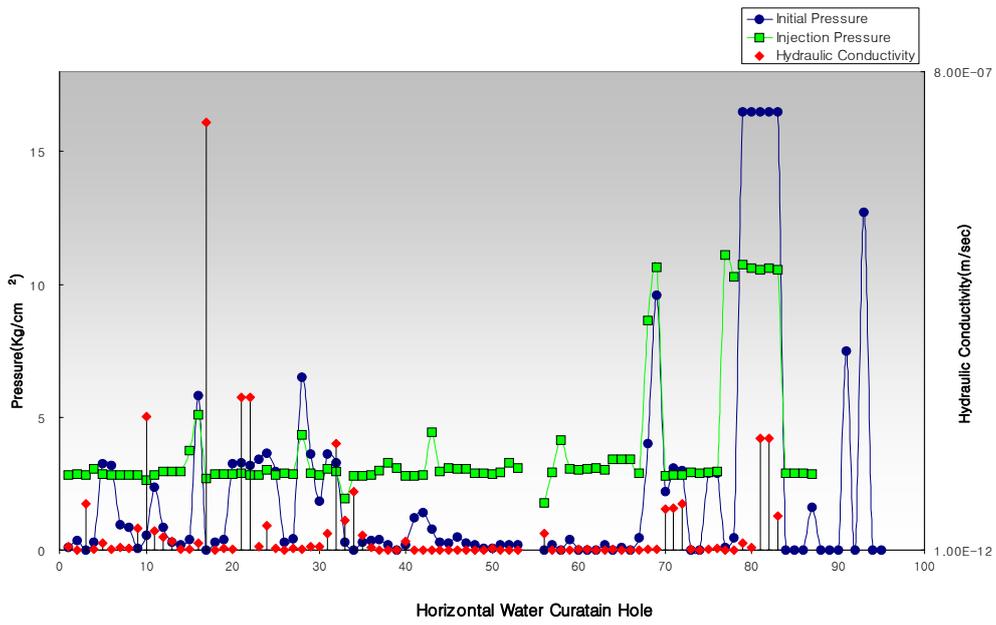


Fig. 3. The pressure and hydraulic conductivity of the water curtain holes.

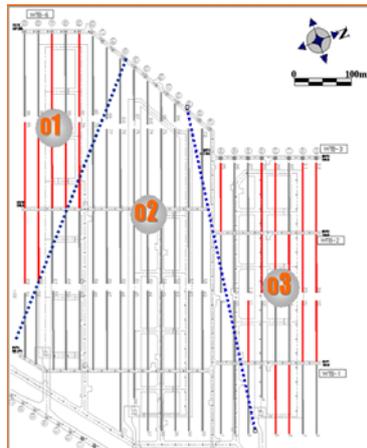


Fig. 4. The hydrogeological domains divided by pressure and hydraulic conductivity.

토의 및 결론

본 연구의 결과는 지하유류저장시설 건설 과정 중 도출되는 조사/시공 자료를 토대로 지표조사에서 예측된 자료와 실제 지하공동에서 조사된 자료의 대비에 의해 조사단계에서 발생하는 지하지질상태에 대한 불확실성을 최소화할 수 있는 방안연구 중 일부분에 해당한다. 투수성 단열의 연결성과 지하수저류체(hydraulic compartment)의 수리경계구분은 단열암반에서 지하수유동해석 시 중요한 인자로서, 불확실성 저감을 위해서는 많은 조사와 지질조건에 따른 정확한 해석이 뒷받침되어야 할 것이다.

투수성 단열의 연결성은 해석 영역의 규모와 대상단열의 크기에 따라 각각 다를 수 있기 때문에 향후 다양한 규모와 조건 하에서 좀 더 많은 연구가 수행되어야 할 것이다. 수벽공의 초기압 및 주입압, 수리전도도에 의해 나뉘어진 3개의 영역 역시 수벽공 지하수의 지화학 특성 및 체제기간분석에 의해 그 타당성이 검증되어야 하며, 단열체계와 관련하여 재해석이 이루어져야 할 것이다.

본 연구의 결론을 정리하면 다음과 같다.

1. 투수성 단열의 연결성은 100m~1km이상까지 다양하게 나타났으며, C12 말단부에 위치하는 저경사 투수성 단열은 N5~15°W방향의 단열대 및 F1-1 단열대와 연계되어 있다.
2. 수평수벽공의 압력 및 수리전도도에 의해 32번과 67번을 경계로 수리특성이 다른 3개의 영역으로 구분 가능하며, 추후 수벽공 내수의 지화학 특성 및 연대측정자료에 의해 검증되어야 할 것이다.