

KURT 시설 부지 내 DB-2 시추공에서의 암반 투수성 평가

김경수, 박경우

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

kskim@kaeri.re.kr

1. 서론

본 연구는 KURT 시설 부지의 심부 시추공을 이용하여 예상 처분장 심도의 암반 투수성을 정밀하게 평가하는 것이 주된 목적이다. 시추공에서의 단일 암반의 수리특성 조사 및 시험법에 대한 구체적인 기술 구축은 궁극적으로 단일 암반에서 HRD와 HCD의 영역을 어떻게 정량적으로 구분할 것인가가 핵심이며, 나아가 이들 각각의 영역에서 지하수의 흐름이 어떤 현상으로 이루어지는지를 해석하는 것이다. 이 결과는 지질구조 모델, 수리지질 개념모델, 그리고 지하수유동 해석 모델의 근간을 이루는 것으로서, 지하수 흐름 현상에 공간적으로 가장 큰 영향을 미치는 HRD와 HCD의 대표적인 수리특성을 결정하는데 기본적인 자료의 역할을 하게 된다.

2. 연구방법

일차적으로 수리적인 구조 해석을 위하여 DB-2 시추공의 시추주상도 분석을 통하여 예상되는 투수성 구조를 분류하여 이들이 수리특성과 어떤 상관관계를 갖는지를 분석하였다. 이를 위하여 시추조사 자료 중 단일(대)의 분포특성과 수리특성의 상관관계를 분석하기 위하여 시추코어의 RQD, 단열대와 암맥의 발달 심도 및 폭, 시추 과정 중에 계측된 지하수위의 변화, 그리고 시추 과정에서 단일 패커로 수행한 정밀 수리시험 결과를 종합적으로 해석하였다. 특별히, 정밀 수리시험은 시추 작업 중 매 100m 심도마다 굴진작업을 중단하고, 안정 수위에 도달한 이후 단일 패커를 이용하여 수행하였다. 시험방법은 안정 지하수위에 대하여 매 시험마다 rising/falling head slug test를 병행하였다.

3. 투수성 지질구조의 특성 해석

Rock Quality Designation

심도 80m까지는 최소 55%까지 불량한 암질지

수를 가지며, 20.0m 하부 구간부터는 경암이 분포하지만 RQD를 고려할 때, 상부층의 풍화 및 응력 제거로 인한 고투수성의 풍화대 혹은 파쇄대 구간은 GL.-80m까지 정의하는 것이 타당하다. 95~130m 구간은 염기성 암맥의 관입과 절리가 다수 분포하는 구간으로 최소 RQD는 73%이다. 180~200m 구간은 지질구조적인 파쇄대 구간으로 최소값은 22%이다. 290~350m 구간은 염기성 암맥의 관입과 절리가 다수 분포하는 구간으로 최소값은 RQD는 76%이다. 380~430m 구간에는 소규모의 지질구조적인 파쇄대가 분포하고 있으며, 전반적으로 절리가 많이 분포하는 구간이다. 450~500m 구간은 3개 조의 지질구조적인 파쇄대가 분포하여 최소 RQD는 32%이다.

Fracture Zone

상부층 파쇄대 구간 내에는 4개 조의 단열대가 분포하며, 43.2~43.3m, 45.5~45.6m, 51.3~51.7m, 그리고 53.3~53.5m 구간의 외견 폭은 0.1~0.4m로 소규모 단열대에 해당된다. 181.7~197.3m 구간에는 DB-2 시추공에서 가장 규모가 큰 외견 폭 5.6m 규모의 지질구조적인 단층이 분포하며 점토와 방해석의 충전물질이 관찰된다. 339.3~340.2m 구간과 427.2~427.5m 구간에는 소규모 단열대가 분포한다. 400m 하부에는 단층작용에 의한 3개 조의 단열대가 분포하는데, 그 분포구간은 각각, 465.8~467m, 472.3~476m, 477.3~478.3m 구간으로 그 외견 폭은 약 1~3.7m의 규모를 갖는다. 이들 단열대는 전체적으로 RQD 값에 영향을 미치고 있으며, 실트질 점토, 모래, 방해석 등의 충전물질이 관찰된다.

Dike Rock

관상형의 암맥은 관입 이전에 이미 단열구조가 있는 곳을 따라서 관입되기 때문에 원칙적으로 불연속면으로 취급되어야 하며, 암맥 자체 내에 단열이 발달하는 유형도 있으며, 경우에 따라서는 주변부에 교란대(damage zone)가 발달하는 특성도 있다. 77~102.5m 구간에 4개 조의 염기성 암맥이 분포하며, 100m 심도의 암맥은 단열이 다수

분포하여 RQD 값을 저하시키고 있다. 이 암맥은 주변부의 교란대를 형성하는 것으로 판단된다. 315~327m 구간에는 2개 조의 열기성 암맥이 분포하여 절리가 많은 편으로 RQD 최소값은 76%으로 이들 암맥은 304m 심도의 단열대와 더불어 주변부에 교란대를 형성하는 것으로 판단된다.

4. 시추공 굴착 중 지하수위 변동특성 해석

DB-2 시추공의 안정 지하수위를 GL.-9.0m로 설정하면, 급격한 지하수위 강하는 200m 부근과 300m, 그리고 350m 부근에서 발생하였으며, 지하수위 상승은 유일하게 340m 부근에서 1회 발생하였다. 전체적으로 350m 심도까지는 약 GL.-9.0m의 수위를 형성하며, 그 하부에서는 GL.-10.4m의 정수두압을 유지하고 있다. 결과적으로 상부의 지하수 압력이 높기 때문에 수직적으로는 하향의 지하수 흐름이 형성되므로 전형적인 지하수 함양 지역의 특성을 나타낸다 (Table 1).

Table 1. Analysis of groundwater fluctuation during drilling work

심도	지질구조 특성	지하수위 특성	
		지하수위 (GL.-m)	변동 특성
150~200	단층 단열대 분포구간	11.4	급격한 하강
289~300	HRD 구간	9.5	소폭 하강
330~350	소규모 단열대 분포구간	8.5	소폭 상승
350~375	HRD 구간	10.4	급격한 하강
380~400	HRD 구간	10.8	소폭 하강
430~445	소규모 단열대 분포구간	10.6	
455~470	단열대 분포구간	10.8	
490~500		10.6	

5. 정밀 수리시험 결과의 해석

KURT 시설 부지의 암반 투수성은 전형적인 심도의 증가에 따른 투수성 감소 경향을 나타내고 있다. 시험의 정확성을 확보하기 위하여 시험 구간별로 최대 3회씩 수행하여 분석한 결과, 투수량계수는 1.08E-8 ~ 9.95E-5 m²/s의 범위를 가진다 (Table 2). 심도 300m 까지의 투수성은 유사한 경향을 보이나, 그 하부에서는 급격히 저투수성 특성을 나타낸다. 시험구간의 폭이 넓기 때문에 단열대와 암맥, 그리고 단열빈도(RQD)와의 상관관계를 직접적으로 분석할하기 힘들지만, 적어도 300m 하부 구간의 단열대 구조의 투수성은 HRD 영역의 투수성에 비하여 큰 차이를 갖지 않을 것으로 해석된다. 특히, 400m 하부 구간의 투수성은 매우 낮은 특성(1.21E-10 m/s)을 보인다 (Fig. 1).

Table 2. Hydraulic conductivity and transmissivity up to -500m depth

시험 구간 (GL.-m)	암반 투수성	
	투수량계수 (m ² /s)	수리전도도 (m/s)
0 ~ 129	4.78 ~ 9.95E-5	3.70 ~ 7.72E-7
100 ~ 200	6.15 ~ 8.65E-5	6.15 ~ 8.65E-7
200 ~ 300	2.77 ~ 3.59E-5	2.77 ~ 3.59E-7
300 ~ 380	4.52 ~ 6.12E-7	5.65 ~ 7.68E-9
400 ~ 490	1.09E-8	1.21E-10

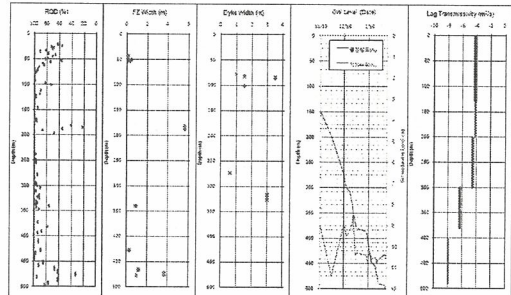


Fig. 1. Comparison with RQD, fracture zones, dike rocks, groundwater level, and permeability

6. 결론

KURT 시설 부지에서 지하 500m 심도까지의 수리-지화학 환경 조사 및 시험 기술의 기반 구축을 목적으로 DB-2 공의 시추조사 자료 중 단열(대)의 분포특성과 수리특성의 상관관계를 분석하기 위하여 RQD, 단열대와 암맥의 발달 심도 및 폭, 시추과정 중의 지하수위의 변화, 단일 패커로 수행한 정밀 수리시험 결과를 종합적으로 해석한 결과는 Fig. 2와 같이 그 상관관계를 설명할 수 있다.

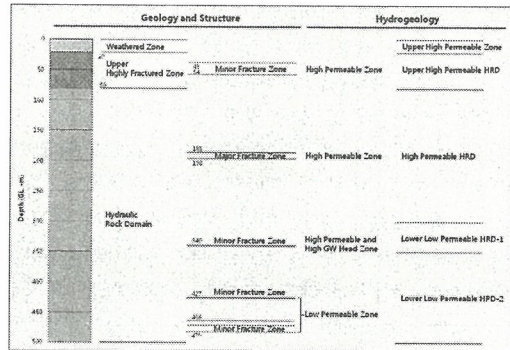


Fig. 2. Correlation of rock mass permeability with structural geological and hydrogeological properties

7. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력연구개발사업의 지원으로 수행되었다.