방사성폐기물 지층처분을 위한 부지특성통합모델 연구

박경우*, 김경수, 고용권
한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 989번길 111
*woosbest@kaeri.re.kr

1. 서론

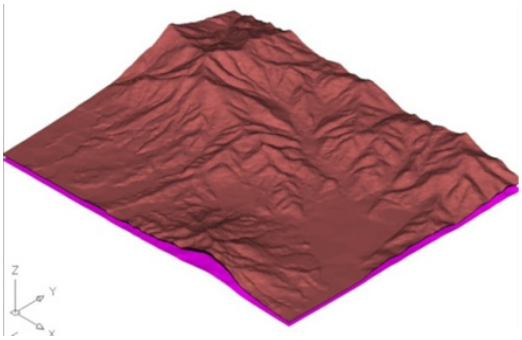
부지특성조사는 이 결과를 이용하는 각 산업 분야에서 그 목적에 맞도록 수행되어 모델로서 해석된다. 방사성폐기물의 지층 처분의 경우, 지질 환경 전반에 걸쳐 종합적인 조사가 필요한데, 특히 지질, 수리지질, 지화학 분야가 처분 안전성 관점에서 부지 선정 초기부터 중요성을 지닌다. 그리고, 도출된 지질환경 특성 조사 결과가 함께 해석되어야 비로소 공공의 수용성을 얻을 수 있는 부지특성평가가 될 수 있다.

본 논문은 KURT를 연구지역으로 하여 방사성폐기물 지층 처분을 위한 부지특성통합모델 중 지질-수리지질모델-지하수유동특성에 대한 종합 평가를 기술하였다. 본 논문의 부지특성통합모델에서는 지질모델을 근간으로, 이 결과를 이용하여 수리지질모델이 구축하였다. 수리지질모델 결과로 연구지역의 지하수 유동 특성을 해석하였으며, 향후 지화학적 특성을 종합하여 부지특성통합모델을 완성하고자 한다.

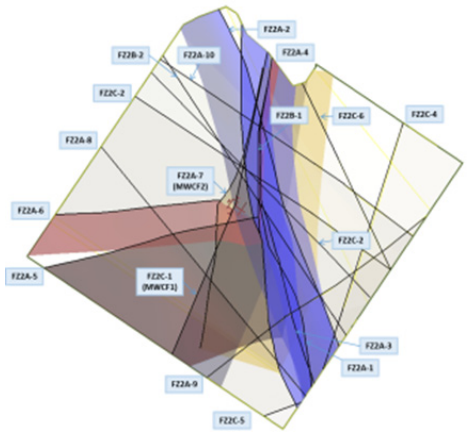
2. 본론

2.1 지질모델

일반적으로 땅속에서 지하수 흐름과 관련된 결정질 암반의 지질 모델 요소로는 층서상 지표에서부터 지하로 감에 따라 토양층 및 풍화대, 하부의 기반암 및 기반암에 존재하고 있는 단열대로 구분할 수 있다. 이는 국내 결정질 암반에 대한 일반적인 지질 모델로 적용할 수 있으며, KURT 연구지역의 지질모델에서도 개념모델을 구축할 때 같은 지질모델을 적용하였다. 특히, 지질모델의 요소 중 심부 지하수의 유동, 지하수 화학 성분 등 방사성폐기물 처분과 관련된 요소는 기반암 내에 존재하는 단열대를 들 수 있다. 결정질 암반에서의 단열대의 경우 주요하게 지구조 운동에 따라 만들어지게 되는데, 이러한 단열대의 지하수 유동 특성, 단열대내 부존하는 지하수화학 특성 등이 방사성폐기물의 지층 처분과 관련되어 안전성에 주요하게 영향을 미치게 된다. 따라서, KURT 연구지역에서 수행한 다양한 연구를 통해 지질모델에서 단열대의 폭과 방향성에 대해서 도출하였으며, 서로 연결된 단열대를 결정하여 일정한 폭을 갖는 2차원적인 평면의 지질구조를 도출하였다.



(a) Depth distribution of weathered zone and upper highly fracture rock



(b) Fracture zones

Fig. 1. Geological model around KURT area.

2.2 수리지질모델

구축된 지질모델을 근거로 각 지질모델 요소의 수리지질특성 도출을 위해 현장 수리시험을 수행하였는데, 현장시험방법으로 정압 주입시험, 양수시험과 순간충격시험을 이용하였다. 그 결과 KURT 연구지역에서 지질모델의 요소별 대응하는 수리지질모델을 도출하였으며 수리지질모델 요소에 대한 수리지질특성을 현장시험 결과를 분석하여 정리하였다. KURT 연구지역의 수리지질모델에서 가장 주요한

특성은 저경사단열을 다수 포함하고 있는 상부 수리암반대가 존재하는 것이다. 실제로 상부 수리암반대의 경우 1.05×10^{-7} m/sec의 수리전도도를 갖고 있으나 이는 주로 저경사 방향의 단열이 다수 분포하는 영역으로 수평방향의 수리전도도를 의미하며, 실제로 수직방향의 수리전도도는 하부 수리암반대의 수리전도도 만큰 낮은 값은 아니나 상당한 이방성을 예상할 수 있다.

Table 1. The permeability of hydrogeological units around KURT area

Hydrogeological unit		K(m/sec)		
HSD		1.83E-7		
Upper HRD		1.05E-7		
Lower HRD		7.94E-11		
	FZI	Class	K(m/sec)	T(m^2/sec)
	FZ2A-1	A	1.85E-05	2.59E-04
	FZ2A-2	A	3.24E-06	5.61E-05
	FZ2A-3	A	6.40E-06	1.18E-04
	FZ2A-4	A	3.05E-08	4.58E-07
	FZ2A-5	A	4.25E-07	5.31E-06
	FZ2A-6	A	6.10E-06	1.14E-04
		A	8.79E-06	
	FZ2A-7	A	2.90E-05	4.19E-04
	FZ2A-8	A	2.03E-05	3.90E-04
HCD	FZ2A-9	A	3.70E-06	6.29E-05
	FZ2A-10	A	5.98E-06	1.20E-04
	FZ2B-1	B	1.96E-08	1.18E-07
	FZ2B-2	B	2.65E-05	7.68E-05
		B	8.79E-06	
	FZ2C-1	C	8.99E-07	2.92E-06
	FZ2C-2	C	2.69E-07	6.73E-07
	FZ2C-3	C	3.82E-07	1.38E-06
	FZ2C-4	C	8.60E-08	3.87E-07
	FZ2C-5	C	8.04E-07	3.14E-06
	FZ2C-6	C	1.32E-07	1.32E-07

2.3. 지하수유동 특성

KURT 연구지역의 지하수유동 특성은 다음과 같이 요약하여 기술할 수 있다. KURT 지역의 지하수는 강우에 기인한다. 강수량이 많은 하절기에는 지하수위가 높으며, 강수량이 적인 가을부터 다음해 봄 까지는 지하수위가 강하되는 경향을 보이고 있으며, 그 편차는 5 m 이내로 작다. 다중패커시스템이 설치된 시추공에서 심도에 따른 수리수두를 관측해보면 심도에 따라 증가하거나 감소하는 경향성을 나타내지 않고 불규칙적인 분포 양상을 나타내는 것으로 이는 단열 암반에 존재하는 투수성 구조의 영향에 기인하는 것으로 판단할 수 있다.

즉, 강수는 KURT의 수리지질모델의 구성요소 중 지표에서 10-20 m 심도에 해당하는 수리토양대와 하부에 위치한 수평방향의 투수성이 양호한 상부 수리암반대로 유입되어 대수층을 형성하고 있다. 상부 수리암반대의 경우 수리적 이방성에 의해 수평 방향의 지하수 유동이 우세하고, 수직 방향의 지하수 흐름이 적어 하부 암반대로 지하수의 유입은 극히 제한적이다. 그러나, 상부 수리암반대와 하부 수리암반대에 존재하는 단열대가 지하수의 유동 경로를 형성하여 수두구배에 따라 지하수가 흐르는 전형적인 결정질 암반의 지하수 유동 시스템으로 판단된다. 만약 단열대가 높은 수리수두를 갖는 영역과 연결되었을 경우 단열대를 따라 전체적으로 높은 수두를 형성하며, 이 단열대에 다른 낮은 수두를 갖는 단열대가 수리적으로 연결될 경우 수두 구배에 따라 지하수가 흐를 수 있다. KURT 지역의 심부환경에서 주요하게 고려해야 할 수리투수대는 18개가 도출되었으며, 수리투수대의 투수성이 수리암반대에 비해 4 order 이상 큰 값을 보여, 수리암반대 내의 지하수 흐름은 거의 없을 것으로 판단된다.

3. 결론

KURT 지역을 연구지역으로 선정하고, 방사성폐기물 지층 처분을 위한 부지특성통합모델을 구축하였다. KURT 부지특성모델을 요약하면, 상부 토양층 및 풍화대, 상부 고밀도 단열암반대, 하부 저밀도 단열암반대와 단열대의 총 4개의 지질모델요소를 갖고 있으며, 각 지질모델의 요소들이 수리지질모델의 요소들(각각 HSD, Upper HRD, Lower HRD, HCD)로 연결되어 구축되었다. 모델을 구성하고 있는 각 요소들에 대한 수리지질학적인 특성을 바탕으로 KURT 지역의 심부 지하수 유동 특성을 수리적으로 연결된 단열대로 우세하게 지하수가 흐르고 있는 것으로 종합적으로 평가할 수 있다.