

근계영역 열역학적 거동 평가를 위한 KURT 현장 히터 시험

권상기, 김진섭, 조원진

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

kwonsk@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위폐기물에서 발생하는 방사성 붕괴열은 장기저장 시설 및 처분 시설의 열, 수리, 역학적, 화학적 안전성 및 안정성에 영향을 주기 때문에 시설의 설계 및 안전성 평가에서 중요한 인자이다. 본 연구에서는 암반에서의 열역학적 거동을 평가하고 모델링 기법의 검증에 활용할 자료를 획득하기 위해 시추공 히터시험을 실시하고 있다(Fig.1). KURT 연구모듈 벽면의 비교적 양호한 암반에 직경 11cm 이며 길이는 3.2m의 히터공을 천공하고 히터공 주변에 5m 길이의 15개의 관측공을 설치하여 히터가 설치된 구간의 2m 주변까지 측정이 가능하도록 하였다(Fig.2). 온도센서는 수직과 수평 양방향으로 0.3m, 0.6m, 0.9m 떨어진 지점에 수평으로 설치하였으며 응력센서는 히터공에서 약 50cm 지점에 설치하였다. 2007년 12월 시추공 히터시험이 본격 가동되었으며 2009년 10월 현재 히터온도 90°C 로 유지시키면서 암반 내 열-역학적 변화에 대한 관찰 및 분석이 실시되고 있다.

2. 암반 물성 평가

시험구간에서 회수된 암석코어를 이용하여 암석의 열역학적 물성이 측정되었다. 히터시험 구간에서의 암석 물성값은 표 1과 같다. 또한 시험 구간 주변에 질리 조사를 통해 시험 구간 주변에는 70도 이상의 고경사 절리가 대부분을 차지하고 있음을 알 수 있었다.

표 1. 히터시험 구간 암석 물성

	Mean	Min	Max	
Specific gravity	2.65	2.55	2.74	
E(10 ⁵ kg/m ³)	5.62	2.88	10.1	
Poisson's ratio	0.2	0.14	0.35	
UCS (kg/m ²)	932	350	1580	
Porosity (%)	0.747	0.07	1.87	
P velocity (m/sec)	4666	3270	5950	
S velocity (m/sec)	2449	1980	2880	
Tensile strength (kg/m ²)	105	70	140	
Thermal conductivity(w/m°C)	2.9(dry) 3.1(wet)	2.1 2.4	3.5 3.8	
T.Exp. coeff (microstrain/°C)	20-50°C	6.77	2.03	10.36
	50-100°C	8.45	3.83	12.1
	100-150°C	9.98	5.94	14.5

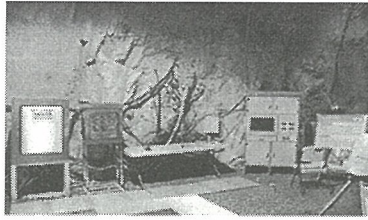


Fig.1. KURT 현장 히터시험

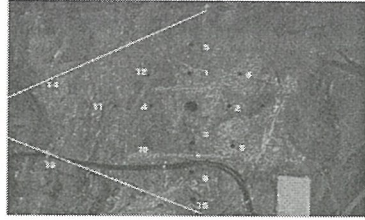


Fig.2. 히터시험을 위한 시추공

3. 현장히터 시험

현장 히터시험에서는 히터 가열에 따른 암반온도 변화, 터널 벽면온도 변화, 대기 온도 및 습도 변화, 변위, 응력 변화가 자동 또는 수동으로 측정되고 있다(Fig.3). 계절에 따라 유입되는 공기 온도의 차이가 남으로써 터널 벽면에서의 온도도 계절에 따라 차이를 보이지만 터널 막장 부에서는 터널벽면의 연간 평균온도가 14°C 내외에서 비교적 일정하게 나타났다(Fig.4). 측정된 데이터는 암반의 열역학적 거동 평가를 위한 3차원 해석 결과와 비교되며 이를 통해 암반의 규모에 따른 열역학적 물성, 손상대 및 절리의 영향, 환기시스템이 암반의 열적 거동에 미치는 영향 등에 대한 평가에 활용될 예정이다.

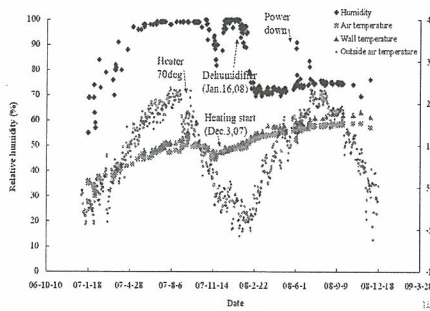


Fig. 3. 히터시험 측정 결과

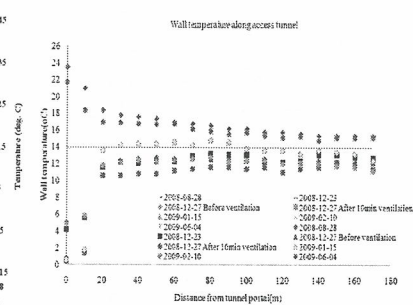


Fig.4. 암반 벽면 온도 변화

4. 결론

방사성 붕괴열이 지하처분장 근계영역의 열-수리-역학적 거동에 미치는 영향을 평가하기 위해 KURT 우측 연구모델에서 현장 히터시험이 실시되고 있다. 본 연구에서는 시험 구간의 암석 물성과 불연속면의 분포 및 특성을 파악하였다. 측정된 암반 물성을 이용한 컴퓨터 시뮬레이션 결과와 현장시험을 통해 얻어진 결과에 대한 비교 분석되었다. 이를 통해 시추공 히터시험은 암반 내에 존재하는 절리와 환기시스템이 암반에서의 열역학적 거동에 큰 영향을 미침을 알 수 있었다. 향후 비정상 과열조건에서의 암반 열역학적 거동 및 환기시스템 변화에 따른 영향을 평가할 계획으로 있다. 본 현장 히터시험은 국내 최초의 현장 열-역학적 거동 평가시험으로써, 향후 암반에서의 열-역학적 거동에 대한 이해가 필수적인 사용후핵연료 중간저장, 고방열 폐기물의 장기저장, 지열개발, 이산화탄소 지중격리, 유류지하비축과 같은 지하공간 개발을 위한 연구에 활용될 수 있을 것이다.