

지하처분연구시설에서의 암반 히터 시험

권상기, 김진섭, 조원진
 한국원자력연구원
kwonsk@kaeri.re.kr

1. 서론

고준위 폐기물 심지층 처분시, 핵종의 붕괴에 따라 발생하는 붕괴열은 주변 암반과 완충재의 온도를 상승시켜 처분장의 성능에 영향을 미치게 된다. 방사성 붕괴열의 발생은 처분용기, 완충재와 암반에 열응력을 발생시키며 완충재의 방벽으로서의 성능과 완충재 및 암반 내 유체의 이동에도 영향을 준다. 따라서 완충재를 사용하여 폐기물 처분용기와 처분공 사이를 채우는 고준위 처분 개념을 고려하는 대부분의 국가에서는 완충재가 성능을 발휘할 수 있도록 하기 위해서는 최대온도가 100°C 를 넘지 않아야 한다는 기준을 적용하고 있다. 처분시스템의 주요 설계 인자로서의 온도 변화를 정확히 예측하기 위해서는 처분장 주변에 존재하는 불연속면, 처분공, 처분터널, 암반물성, 지하수 유입, 터널 환기, 암반 손상대 등이 열전달에 미치는 영향을 파악하는 것이 필요하다. 현재 국내에서는 암반의 열적 물성은 암석코아를 이용한 실험실 실험을 통해 결정하고 있으나 불연속면을 포함하고 있는 대규모 암반에서의 열적 물성에 대한 연구는 미미한 실정이다. 본 연구에서는 지하처분 연구시설(KAERI Underground Research Tunnel, KURT) 내 암반 벽면에서 시추공 히터시험(Borehole heater test)을 실시함으로써 열전달에 미치는 암반 불연속면, 암반내 이방성, 터널 환기, 암반 손상대 등의 영향을 파악하고자 하였다. 그림 1은 히터시험 장치의 개요도를 보여주며 그림 2는 히터시험 구간의 사진을 보여준다. 실험 결과는 처분시스템 설계를 위한 열해석, 안전성 평가를 위한 THM 모델링 그리고 향후 실규모 처분공에서의 완충재를 고려한 THM 현장시험의 설계 및 해석에 활용될 것이다.

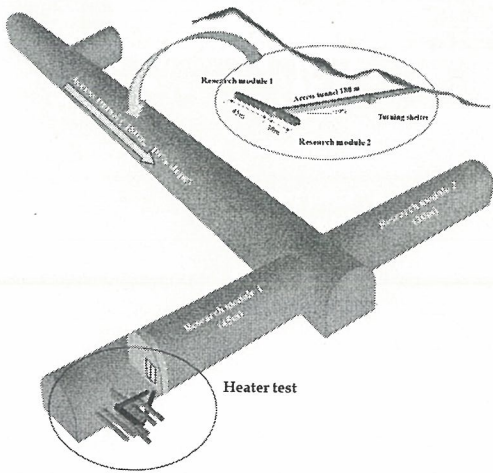


그림 1. KURT내 히터시험 위치

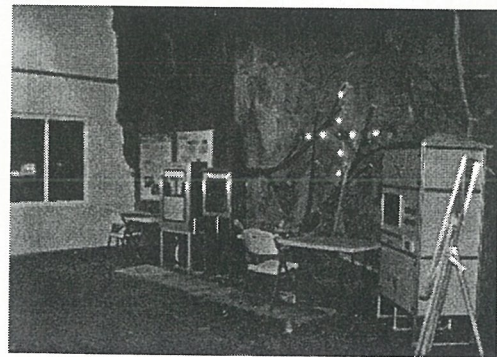


그림 2. 시추공 히터시험 전경

2. 실험 및 결과

시추공 히터시험은 KURT 진입터널 막장부에 위치하고 있는 우측 모듈 벽면에서 실시되고 있다. 시험구간은 비교적 양질의 화강암으로 지하수의 유출량이 과다하지 않아 열-역학적 시험에 적합한 곳을 선정하였다. 히터가 장착되는 11cm 직경의 히터공의 길이는 3.2m이며 용량 5kw, 길이 2m의 히터는 터널 벽면에서 1.2~3.2m 구간에 장착하였다. 히터공 주변으로 터널벽면에 수

직 방향으로 13개, 경사방향으로 2개의 관측공이 천공되어 있다. 모든 관측공의 직경은 약 4cm 이며 수직 방향 관측공의 길이는 5m, 경사 관측공은 10m 내외이다. 관측공에는 암반 내 온도 변화를 계측하기 위한 100여개의 온도센서와 열응력에 의한 응력변화를 측정하기 위한 응력센서가 설치되어 있다. 터널 내 공기 순환을 위해 작동되는 터널 환기 시스템에 의한 열손실을 발생을 막기 위해 히터시험 구간은 차단벽을 설치하였다. 2007년 9월 시험 장치에 대한 예비시험이 실시되었으며 이를 통한 장치보완 후, 2007년 12월 본 시험을 위한 히터 가열이 시작되었다. 히터 온도는 5°C 단위로 단계적으로 상승시켰으며 현재 90°C로 유지하고 있다. 히터 가열을 위한 전력 사용량, 히터온도, 암반온도, 벽면온도, 대기 온도 및 습도, 열응력, 벽면 변위변화가 자동 또는 수동으로 기록되고 있다. 히터공이 위치한 수직, 수평면에서의 온도분포와 시추코아에서 확인된 절리면을 함께 나타내면 그림 3과 같다. 암반 내에 위치하는 4개의 불연속면이 온도 분포에 상당한 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 또한 터널 벽면의 상대적으로 낮은 온도는 터널 벽면을 통해 열손실이 발생하고 있음을 알 수 있다. 향후 보다 면밀한 조사, 분석을 통해 환기, 손상대, 절리면, 암반 이방성이 온도 분포에 미치는 영향에 대해 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

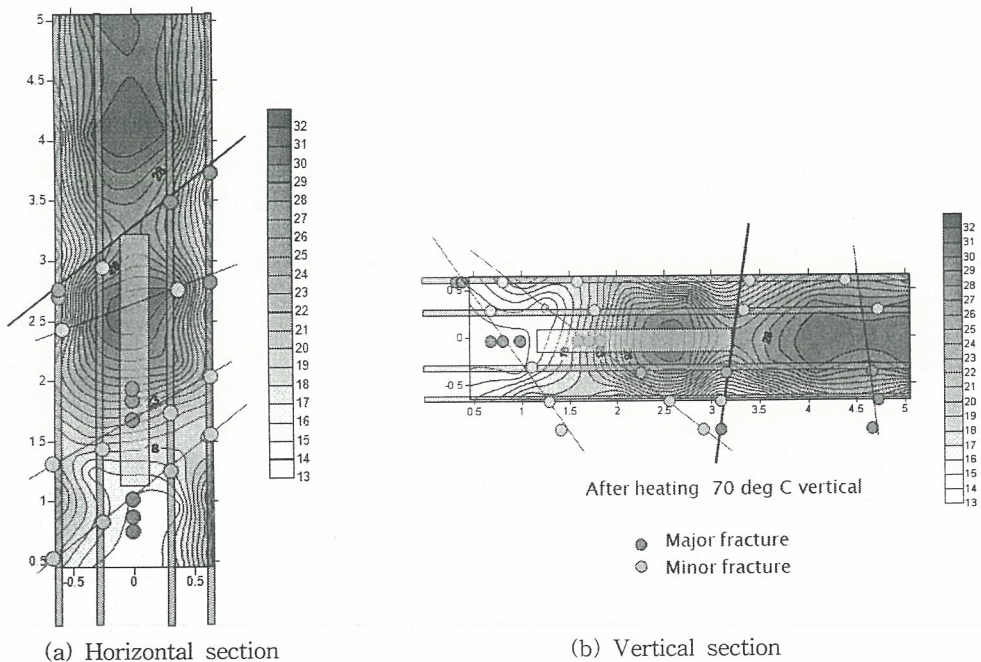


그림 3. 히터온도 70도시 암반 온도 분포

3. 결론

원자력연구원 부지 내에 건설된 지하처분연구시설에서는 고준위폐기물 처분연구를 위한 다양한 현장 시험이 실시되고 있다. 고준위폐기물에서 발생하는 방사성붕괴열에 의한 처분장 인근에서의 열-역학적 거동에 대한 이해를 위한 시추공 히터시험은 2007년 12월 개시된 이후, 성공적으로 진행되고 있다. 현재 히터 온도 90°C를 유지하고 있으며 투입된 전력량, 히터온도, 암반온도, 벽면온도, 대기온도 및 습도, 열응력, 변위발생 등이 자동 또는 수동으로 측정되고 있다. 향후 히터시험을 통해 얻어지는 자료는 손상구간에서의 열적 거동, 환기에 의한 열 손실 평가, 균열을 따른 유체이동, 불연속 암반의 열적 물성 결정 등에 입력자료로 활용될 것이다.