

DECOVALEX-2011 Task B 참여 연구결과 및 성과

권상기, 이창수, 최종원

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045

kwonsk@kaeri.re.kr

1. 서론

지하 처분장 주변에서 예상되는 열-수리-역학-화학(THMC) 복합거동의 예측은 처분장 부지선정, 처분시스템 개발, 처분장 안전성 평가에 필수적이다. 신뢰할 수 있는 THMC 예측 기법의 확보를 위해 세계 각국에서는 다양한 실험실 및 현장시험을 실시하고 이를 모델링 기법 개발에 활용하고 있다. 예측 모델의 신뢰도 증진 및 효율적인 기술개발을 위해 국제공동연구인 DECOVALEX (DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiment) 프로젝트가 1992년 착수되어 DECOVALEX-I, II, III 및 DECOVALEX-THMC 를 거쳐 2008년-2011년에는 DECOVALEX-2011 이 추진되고 있다. 현재 한국, 중국, 일본, 스웨덴, 핀란드, 프랑스, 영국, 체코가 funding organization 으로 참여하고 있다. 매년 2회 개최되는 워크숍을 통해 각 연구팀이 수행한 연구결과를 상호검증하며 매년 보고서를 발간하여 연구성과를 공유하고 있다. 그동안 영국 Oxford 대학, 일본 Horonobe URL, 한국 경주, 체코 프라하, 스위스 Mont Terri에서 워크숍이 개최되었으며 1, 2차 보고서가 완료되었다. 제 6차 워크숍은 중국에서 2010년 10월11~10월14일에 개최될 예정이다.

2. DECOVALEX-2011 Task

2.1 Task A(HMC processes in argillaceous rocks: the ventilation experiment): 스위스 Mont-Terri URL에서 수행된 환기 영향 시험으로 1.3m 직경의 소형 터널에서 환기에 따른 암반의 HMC 영향에 대한 해석을 실시한다. 터널 벽면에서의 거리/위치에 따른 상대습도, 압력변화, 화학적 변화를 예측하고 실측값과 비교한다.

2.2 Task B (Pillar stability and fracturing near excavation rock surface): 스웨덴 Aspo URL에서 실시된 팽윤압, 붕괴열, 지반응력, 굴착영향이 고려된 열-역학적 현장시험을 대상으로 하며 온

도, 응력, 변위, 균열발생 관찰 결과를 이용한 TM 해석기법을 검증하게 되며 최종적으로 처분공에서의 장기 THM 거동을 예측한다. KAERI 는 현재 서울대 연구팀과 함께 Task B에 참여하여 공동연구를 수행하고 있다.

2.3 Task C (HMC studies of single fractures and fracture networks): 균열망에 따른 HMC 영향을 평가하는 모델링과 함께 체코의 Bendrichov 수로터널과 실험실 실험에서 얻어진 자료를 바탕으로 현장 HMC 해석 기법을 개발한다.

3. Task B 현황

3.1 Task B 연구내용

스웨덴 Aspo 에서 수행된 대규모 pillar stability test 현장시험에서 측정된 현장 자료를 기반으로 열-수리-역학적 하중이 작용하는 지하 암반의 파괴거동을 예측하는 Task B에는 다음과 같은 단계목표를 두고 6개 국가가 참여하고 있다.

- Stage 1 : 실험실 자료의 검증과 터널 굴착에 따른 역학적 거동 예측
- Stage 2 : 처분공 2.5m, 4.1 m 심도에서의 소성발생 예측
- Stage 3: 처분공에서 발생하는 소성대의 심도와 폭을 예측
- Stage 4: Destress 를 위한 slot 을 시추함에 따른 암반의 거동을 예측
- Stage 5: 자연균열이 부근에 존재하는 수직 처분공에서의 장기 THM 거동을 모사.

현재 Stage 3까지 완료되었으며 Stage 4에 대한 연구가 진행 중에 있다.

3.2 KAERI 연구결과

KAERI연구팀은 3차원 상용 코디인 FLAC3D 를 이용하여 해석을 수행하였다. 그림 1은 시추공 심도 및 시간에 따른 온도 변화를 계산하여 실측값과 비교하고 있다. 실측값과 유사한 온도값과

변화의 양상을 통해 모델링 기법의 신뢰도가 높음을 알 수 있다. 그림 2는 실측된 균열 발생 규모 변화와 모델링을 통해 예측된 균열 발생 규모를 비교하여 보여준다. 히터 가열에 의한 열응력으로 암반의 균열의 발생이 확대됨을 모델링과 관측 결과를 통해 알 수 있다.

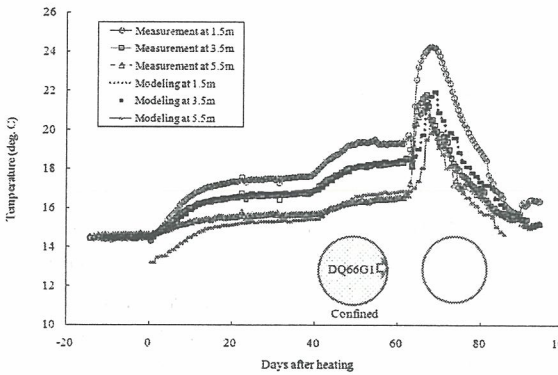
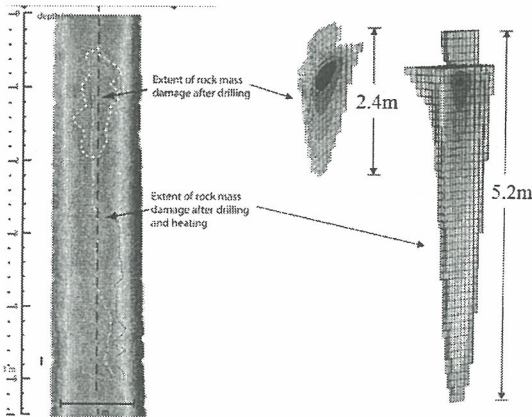


Fig. 1. 온도 변화 비교



(a) 관측결과 (b) 가열 전후 모델링 결과
Fig. 2. 암반 내 균열 발생

3.3 연구결과 비교

그림 3과 4는 Task B에 참여하고 있는 6개 기관에서 예측한 암반 내 응력 변화와 온도 변화를 비교해서 보여준다. 암반에 균열이 발생하기 시작하는 응력이 약 120 MPa로서 단축압축강도 210 MPa의 약 60% 정도로 낮게 나타남을 알 수 있다. 그림 4에서 일본 JAEA 연구팀의 결과는 다른 연구팀과 상이하게 나타나는데 이는 시추공 벽면의 온도 경계조건 설정에 착오가 있었던 것으로 여겨진다.

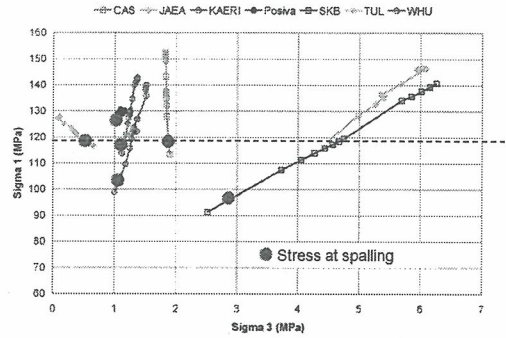


Fig. 3. 참가 기관별 가열 중 암반 응력 변화

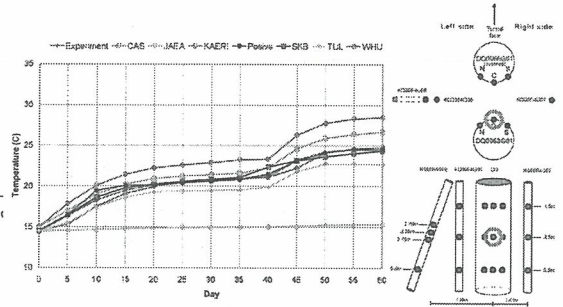


Fig. 4. 참가 기관별 온도 예측 결과 비교

4. 결론

세계적인 국제공동연구인 DECOVALEX에 정식 회원국으로 참여하여 동일한 문제에 대해 Blind test를 실시함으로써, 처분 환경에서의 열-수리-역학적 현상 예측에 필요한 모델링 기법을 효과적으로 확보할 수 있었다. FLAC3D를 이용하여 터널굴착, 처분공 굴착에 따른 응력재분포, 히터 가열에 따른 열응력, 완충재 팽윤압이 작용하는 환경에서 지질조건과 터널형상 등을 종합적으로 고려하는 열-역학적 복합거동 해석을 성공적으로 수행하였으며 이를 외국 전문가들의 해석 결과와 비교 검증함으로써 해석의 신뢰도를 높일 수 있었다.

5. 감사의 글

본 연구는 교육과학기술부의 원자력 중장기 연구개발 사업의 일환으로 수행되었음.