

단열을 고려한 이중공극 기반 지하수 유동 모델링 방법론 개발

하재철*, 정재열, 이정환, 윤정현

한국원자력환경공단 기술연구소, 대전광역시 유성구 가정로 168

*jcha@korad.or.kr

1. 서론

현재 경주 증저준위방사성폐기물 처분장(이하 '경주방폐장')에서는 2단계 표층처분시설이 계획중에 있으며, 불포화대 상부에 위치하게 된다. 불포화대의 특성상 단열의 발달로 인하여 지표로 유입되는 강우 및 처분시설 내부로부터 침출된 방사성핵종의 대부분이 단열을 통해 이동할 것으로 예상된다. 따라서 본 연구에서는 불포화 암반 매질내의 지하수 유동 해석을 위하여 단열망 연속체와 암반 매질 연속체를 구분하여 해석하는 TOUGH2 전산코드의 meshmaker 모듈의 MINC(multiple interacting continuum) 기법을 활용하였다[1]. 또한 단열망 모델링을 통하여 도출된 k-field 적용을 통하여 단열의 투수성을 고려한 지하수 유동 모델을 모사하였다.

2. 연구방법

2.1 연구범위

본 연구의 대상은 경주방폐장 2단계 표층처분시설 하부의 불포화대 영역으로 선정하였다. 모델 개발의 방법론 개발을 위하여 모델링의 단계적 접근을 구분하였다. 첫 단계에서는 단열망 모델링을 통한 k-field 도출, 둘째 단계에서는 단열망 모델링 결과를 반영한 지하수 유동 모델링, 마지막으로 세 번째 단계는 지하수 유동 모델링 결과를 반영한 핵종이동 모델링의 순으로 방법론을 설정하였다. 본 연구에서는 지하수 유동 모델링까지의 방법론을 개발을 수행하였다.

2.2 단열망 모델

단열망 모델링은 경주방폐장 60여개의 시추공 현장조사 데이터를 이용하였다. Fig. 1의 현장 데이터의 BHTV(Borehole televiewer)를 통해 단열의 방향성을 확인할 수 있으며, 추계론적 방법에 의한 연구대상 지역의 단열을 생성하였다.

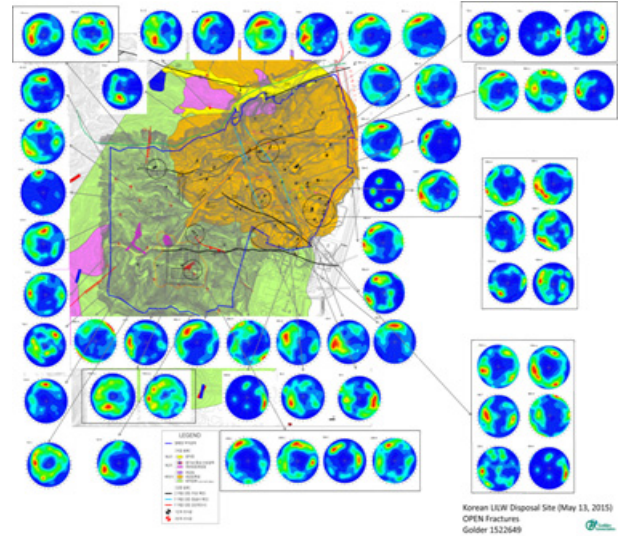


Fig. 1. BHTVs of LILW facility in Gyeongju.

2.3 지하수 유동 모델

지하수 유동 모델링을 위하여 MINC 기법을 이용한 2개의 격자를 생성하였으며[2], Fig. 2, 3과 같이 각각 단열 연속체와 암반매질 연속체로 이중 격자구조를 가지는 메쉬를 도출하였다.

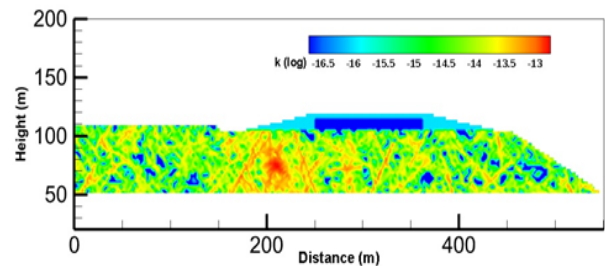


Fig. 2. Distribution of k-field in fracture continuum.

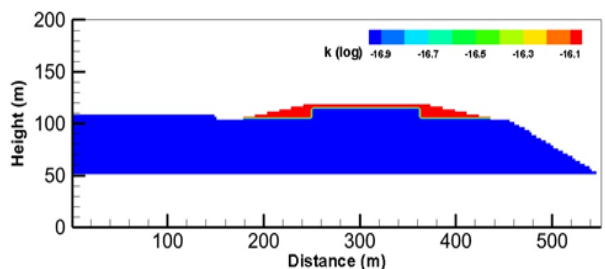


Fig. 3. Distribution of k-field in matrix continuum.

3. 본론

4. 결론

3.1 모델링 매질설정

본 연구 모델에서 매질은 단열, 암반매질, 상부강우격자, 대기, 포화대, EBS 등 총 7개로 설정하였다. 포화대와 EBS는 액상, 기체상이 공존하는 two phase의 초기조건으로 설정하였으며 나머지 매질은 기체상만 존재하는 one phase로 초기조건을 설정하였다[3].

3.2 강우조건

장기 수리 수문 분석 및 물수지 분석법을 적용하여 상부 강우격자에서 469 mm/yr의 침투율로 일정하게 침투하는 강우조건을 적용하였다[4].

3.3 지하수 유동 모델링 결과

지하수 유동 모델링 결과 Fig. 4의 초기상태의 압력분포에서 Fig. 5의 정상상태 도달 후의 압력분포 결과를 도출하였다. 초기에는 가운데 표층처분시설 하부의 압력이 1기압으로 존재하는 불포화 상태이었으나, 정상상태 도달 후 불포화대 부분의 압력이 증가한 결과를 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 상부에서 침투한 지하수로 불포화대의 암반이 포화되었음을 나타내는 것이다.

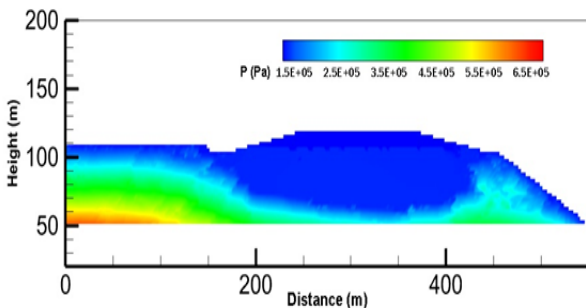


Fig. 4. k-field in matrix continuum.

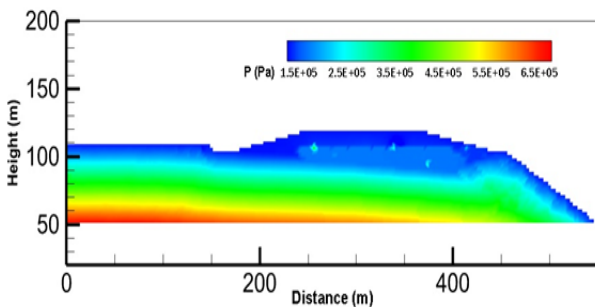


Fig. 5. k-field in matrix continuum.

본 지하수 유동 모델 방법론 개발을 통해 강우 침투 지표수의 정밀한 데이터와 지표로 침투시 적용되는 중력방향의 투수계수의 중요성을 도출하였다. 또한 이번 방법론 개발을 통하여 정확한 현장 데이터 자료나 매질별 특성자료의 보완이 이루어지면, 향후 개선된 모델링 결과를 도출할 수 있을 것으로 기대한다.

5. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다(No. 20141720100570).

6. 참고문헌

- [1] K. Pruess, C. Oldenburg and G. Moridis, "TOUGH2 user's guide, Version 2.0", LBNL-43134, Berkeley, CA (1999).
- [2] Pruess, K., "GMINC - A Mesh Generator for Flow Simulations in Fractured Reservoirs", Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-15227, Berkeley, CA (1983).
- [3] Pruess, K., "EOS7, An Equation-of-State Module for the TOUGH2 Simulator for Two-Phase Flow of Saline Water and Air", Lawrence Berkeley Laboratory Report LBL-31114, Berkeley, CA (1991).
- [4] 이정환, 정해룡, 박주완, "해안지역 암반대수층의 침투수량 산정 평가", 한국방사성폐기물학회 2015 춘계학술발표회 논문요약집, 13(1), 133-134, 5.27~29, 2015, 인천.