

경주 중·저준위방사성폐기물 처분장 불포화대 해석 접근 방법

하재철*, 정해룡, 박주완

한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168

*jcha@korad.or.kr

1. 서론

2014년 12월 경주에 위치한 중·저준위 방사성폐기물 처분장(이하 경주 방폐장) 1단계 동굴처분시설이 완공되어, 2015년 9월 현재 중·저준위방사성폐기물 처분시설을 운영 중에 있다. 1단계 동굴처분시설은 지하 80~130 m에 이르는 대수층에 위치하고 있다. 또한, 1단계 동굴처분시설과는 독립적으로 표층처분방식의 2단계 처분장 건설을 위한 설계 및 준비가 현재 진행 중에 있다. 2단계 표층처분시설은 1단계와는 달리 대수층으로부터 약 70 m 위의 불포화대에 위치할 계획이다. 경주 방폐장은 동굴·표층 두 가지 방식의 처분장이 한 부지 내에서 동시에 존재하는 전 세계 최초의 복합처분시설이다. 이러한 복합처분시설이 갖는 이점과 의의를 잘 활용하는 동시에 안전성에 대한 입증은 명확히 할 필요가 있다. 특히 큰 불확실성을 가지고 있는 불포화대에서의 지하수 흐름은 처분장 안전성 측면에서 꼭 검토되고 연구되어야 하는 요소이다.

본 연구에서는 부지정지(산마루 부분의 약 60~70 m 부분 cut off) 후 노출되는 기반암반 위에 위치할 경주 방폐장 2단계의 안전성을 확보하기 위하여 처분장과 대수층사이인 불포화대의 해석에 대한 방법론을 기술하였다.

2. 본론

2.1 개념설정

연구대상은 경주 방폐장 전 영역 중, 표층처분시설 2단계 부지의 불포화대로 고려한다. 2단계 처분시설은 Fig. 1과 같이 1단계보다 남서방향으로 약 800m 이동하여 위치하게 된다. 2단계 처분시설은 1단계에 비해 상대적으로 내륙에 위치하게 된다. 불포화대 해석을 위하여 기본 해석 대상 도메인을 2D로 고려할 경우 절단면의 방향이 해석 결과에 상당한 영향을 미칠 것으로 예상된다. 동-서 방향으로 절단 시에는 표층처분시설로부터 해안까지 약 1.3 km의 거리가 해석 대상이 되는 반면에 남

-북 방향으로 절단했을 시에는 산마루의 경사면을 따라 계곡까지의 약 500 m의 거리가 해석 대상이 된다. 하지만 무엇보다 가장 우선시 고려되어야 할 요소는 침투수가 불포화대를 경유하여 포화대로 이동하는 경로에서의 지하수 이동 방향이다. 이러한 접근으로 지하수의 흐름을 고려한 불포화대 해석 대상 2D 도메인을 선정할 수 있다.



Fig. 1. Site area of the 2nd step.

2.2 연구대상

영역을 둘러싼 경계 조건으로 표층처분시설이 위치할 바로 아래 하부는 불포화대가 위치하고, 그 아래로 포화대가 위치하게끔 설정할 수 있다. 상기 2.1 연구대상에서 언급된 2D 절단면 중 산의 경사와 지하수 흐름을 고려하였을 시에 주변 환경 조건을 가장 타당성 있게 고려한 도메인은 북서-남동 방향의 단면으로 생각해 볼 수 있다. 산마루의 약 60~70 m를 제거한 부지정지 후 노출되는 기반암 위에 수평한 형태로 2단계 표층처분시설이 위치할 개념도를 Fig. 2와 같이 나타내었다.

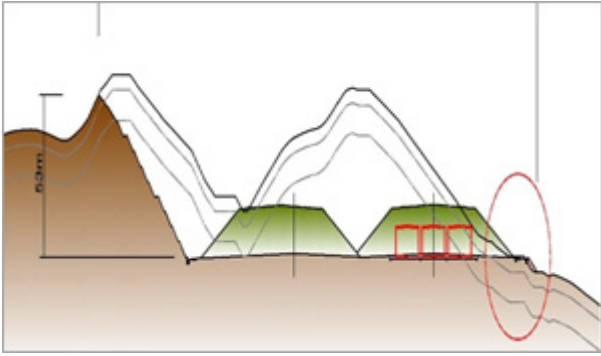


Fig. 2. Conceptual model after cutting off.

2.3 접근방법

불포화대 연구는 최초 강우가 발생하는 순간부터 시작되어 침투수의 흐름 관점에서 해석·접근해 볼 수 있다. 처분덫개 경사면을 따라 흘러내리는 경우를 제외하고, Fig. 3과 같이 침투수가 처분고 내부로 스며들어 처분용기 안으로 스며드는 현상을 예상해 볼 수 있다. 강우의 계속된 침투로 초기에는 지표와 근접한 천부의 불포화층의 수분함유량이 증가할 것으로 예상되지만, 표층처분시설 하부부터 시작되는 침투수의 이동은 중력방향으로 이동하여 불포화대로 침투하게 되고, 결국 포화대의 지하수와 만나 동해방향으로 이동할 것으로 예상된다. 따라서 시간경과에 따른 정상상태에 도달하게 되면 불포화대 내에서의 깊이에 따른 수분포화곡선의 일반적인 형태를 보일 것으로 예상할 수 있다.

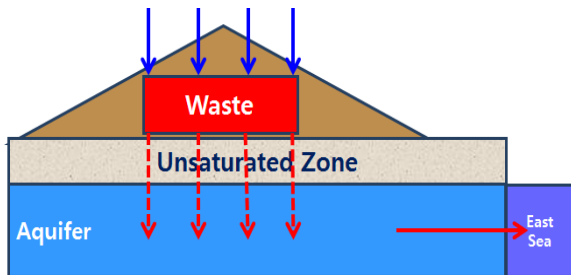


Fig. 3. Conceptual model for numerical modeling.

이러한 경로를 고려하였을 때, 불포화대 해석 접근과 관련된 중요한 요소들은 다음과 같다. 가장 중요한 고려 대상은 강우조건이다. 강우의 침투와 관련하여 지표에 노출된 처분장의 외부 요건에 가장 민감하게 반응하는 조건이다. 처분용기를 포함한 공학적 방벽의 역할 및 요건에 대해서는 설계시에 반영하고 고려될 사항이므로 이번 고려대상에서 제외하였다. 불포화대에서의 지하수 흐름이 중력방향으로 이동한다는 것은 보편적인 사실이다. 하지만 부지 특성상 단열의 발달로 불포화대를 통

과할 때의 지하수 흐름을 사실에 근접하게 모사할 필요가 있다. 따라서 불포화대의 단열 특성을 확보해야 한다. 단열 발달의 특성으로 불포화 암반의 k-field (매질별 투수계수 차이에 따른 해석 전 영역의 투수계수 분포)의 개념 도입이 필요할 것으로 보인다. 이러한 개념 도입을 통해서 단열을 포함한 암반의 지하수 유동 모사 및 암반과 단열 사이의 지하수 유동 특성 규명을 통하여, 불포화대 내에서의 지하수 유동 흐름에 대한 타당성을 확보할 수 있을 것이다.

3. 결론

강우에 따른 침투수량, 불포화대의 단열 및 매질의 특성, 수분함양량에 따른 불포화대의 모세관압과 2상 (two-phase) 유동 특성은 불포화대 해석에 있어서 중요한 요인으로 작용할 것으로 예상된다. 따라서 상기 조건과 관련된 데이터들의 실험값 도출 또는 문헌자료 검토 등을 통하여 적용 타당성을 확보해야 할 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 2014년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술연구원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 과제입니다.(20141720100610)

5. 참고문헌

- [1] 한국원자력환경공단, “중·저준위 방사성폐기물 처분시설 안전성분석보고서” (2008).
- [2] 한국원자력환경공단, “2단계 표층처분시설 사전 안전성평가” (2013).