

GoldSim을 이용한 Concrete 열화 평가방법

이성호

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

shlee10@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성폐기물 처분장 건설 및 운영에 따른 안전성 여부는 해당 지역주민은 물론 모든 국민의 관심사이자다. 미래 수십만 년 혹은 수백만 년 이후 처분 안전성이 보장될 수 있을 것인지 여부는 현재 안전성 평가에 의해 판단되고 있다. 처분장에 대한 안전성 평가는 기존에는 MASCOT를 이용하여 수행하여 왔으며 최근에는 GoldSim을 이용한 평가체제로 전환되고 있다. 미국 유키마운틴 처분장 인허가에 활용된 GoldSim은 User-friendly & Graphic Interface의 장점을 가진 코드이며, 본문에서는 MASCOT로는 평가할 수 없었던 콘크리트 열화를 GoldSim으로 평가하는 방법을 제시하고 중·저준위처분시설 일부에 적용할 경우 방사선 영향은 어떠한 형태로 나타나는지 확인하고자 하였다.

2. 본론

2.1. 기본 평가모델 개발

평가를 위하여 GoldSim으로 개발된 기본 평가모델은 Silo 1개를 대상으로 하고 있으며, 처분된 폐기물의 방사성 핵종들이 고화체-처분용기-분쇄석-Silo 콘크리트-천연방벽을 경유하여 바다로 유출되어 생태계로 전이되는 BS1 시나리오를 기반으로 설계되었다. 기본 모델은 기존의 국내 중·저준위처분시설의 안전성 평가에 사용하였던 데이터(핵종재고량, 반감기, 분배계수, 확산속도, 인공방벽 두께, 천연방벽 거리, 인공방벽에서의 유속, 천연방벽에서의 유속 등)를 최대한 활용할 수 있도록 설계되었다. 다만, 이번 모델에서는 열화시점을 전후한 천연방벽에서의 지하수 유속 변화를 고려하지 않았으며, 전알파는 우라늄 값을 사용하였다.

2.2. 열화시점을 전후한 단계적 변화

처분장 콘크리트 열화시점은 통상 1400년으로 간주하고 있으며, 열화과정을 거치면서 콘크리트의 공극율, 밀도, 분배계수 등이 변화하는 것으로 알려져 있다. 열화시점을 전후한 단계적 변화는 열화시점인 1400년을 전후하여 콘크리트 공극율, 밀도, 분배계수 등이 급작스럽게 바뀌는 평가방법을 의미한다. 이러한 방법은 결과적으로 1400년을 전후하여 콘크리트가 급작스럽게 열화하는 것을 의미하며 기존에 사용된 평가방법과 유사하다. 열화시점을 전후한 단계적 변화를 적용한 데이터는 표 1과 같다.

표 1. 열화를 전후한 단계적 변화에 사용된 데이터

항목	열화 전	열화 후
콘크리트 공극율	0.15	0.3
콘크리트 밀도	2300	1890
핵종별 분배계수	열화 전 콘크리트-지하수간 핵종 분배계수	열화 후 콘크리트-지하수간 핵종 분배계수

2.3. 열화시점까지 선형적 변화

처분 후 1400년이 되면 순식간에 콘크리트의 열화가 일어남을 의미하는 단계적 변화보다는 처분 후 콘크리트가 점차적으로 열화하기 시작하여 1400년이 되면 완전히 열화하는 것을 묘사하는 선형적 열화를 고려하는 것이 보다 타당할 것으로 판단된다. 이러한 선형적인 열화에 적용된 데이터는 표 2와 같다.

표 2. 선형적인 열화에 적용된 데이터

항목	열화 구간	열화 후
콘크리트 공극율	$0.15 + 0.15 \times \text{Time}(\text{yr}) / 1400(\text{yr})$	0.3
콘크리트 밀도	$2300 - 410 \times \text{Time}(\text{yr}) / 1400(\text{yr})$	1890
핵종별 분배계수	열화 전 Kd + (열화 후 Kd-열화전 Kd) $\times \text{Time}(\text{yr}) / 1400(\text{yr})$	열화 후 콘크리트-지하수간 핵종 분배계수

3. 평가 결과

처분 후 1400년이 되면 순식간에 콘크리트의 열화를 묘사한 열화시점을 전후한 단계적 변화의 결과로 그림 1 및 처분 후 콘크리트가 점차적으로 열화하기 시작하여 1400년이 되면 완전히 열화하는 것을 묘사하는 선형적 변화결과로 그림 2와 같은 평가결과를 얻을 수 있었다.

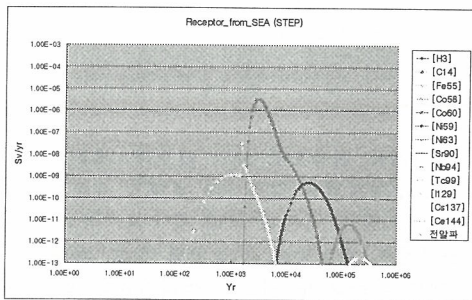


그림 1. 열화시점에서의 단계적 평가결과

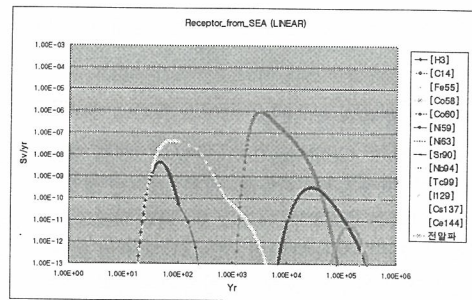


그림 2. 열화기간의 선형적 평가결과

4. 결론

콘크리트 열화시점을 전후한 단계적 변화개념 및 열화시점까지 선형적 변화개념을 활용하기 위하여 GoldSim으로 기본 평가모델을 개발하여 각각의 개념에 따른 입력방법을 적용한 결과는 다음과 같다. 먼저, 최대 피크치는 단계적 변화에서 2960년에서 3.22E-06 Sv/yr 및 선형적 변화3120년에서 9.2464e-07 Sv/yr로 나타나며, 둘째, 단계적 평가의 I-129 핵종의 피크치는 1400년에서의 열화를 고려한 입력인자의 급격한 변화로 나타난 것으로 판단된다. 마지막으로 단계적 평가에서 H-3 핵종이 나타나지 않는 것은 Near field에 적용된 열화 전 지하수 이동속도 및 반감기가 주 영향을 미쳤을 것으로 판단된다. 이러한 평가 결과를 거시적인 관점에서 볼 때, 단계적 평가방법의 경우 I-129의 피크치를 전후하여 급격한 변화를 볼 수 있으며, 처분장 전체에 대한 안전성 평가 시 Total dose의 피크치에 영향을 미칠 수도 있다. 단계적 평가방법의 이러한 단점은 선형적 평가방법으로 해결할 수 있으며, 개념상으로도 보다 현실적인 대안이 될 수 있다. 다만 콘크리트 열화는 점진적으로 진행되는 것으로 간주되지만 어떠한 패턴으로 진행되는지에 대한 보다 명확한 데이터를 확보하는 것이 안전성 평가의 정확도를 높이는 데 기여할 것이다.