

## 고준위폐기물 처분용기의 자중에 의한 완충재의 영향 해석

김현아, 이종열, 최희주

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 덕진동

hyunah@kaeri.re.kr

### 1. 서론

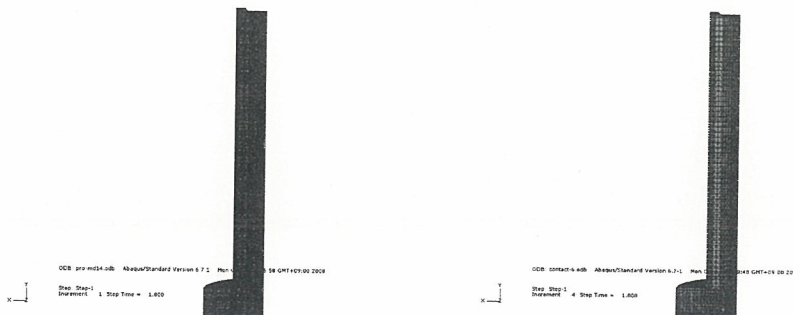
처분시스템의 기계적 강도의 평가는 형태의 복잡성, 경계조건 등의 특수성 때문에 유한요소법에 의한 해석에 주로 의존하고 있다. 처분시스템의 공학적 방벽을 구성하는 완충재는 처분용기와 함께 중요한 요소이다. 지하 처분시 처분용기 주변에는 완충재 기능을 하는 벤토나이트 블록으로 채워진다. 완충재의 주요 역할은 처분용기와 지하수의 접촉을 억제하는 것이며, 유출핵종의 이동을 저지시키고 지하 암반의 거동에 따른 처분용기의 직접적인 충격을 완화시키는 것이다. 따라서 완충재는 우수한 수리적 특성, 높은 핵종 저지능, 양호한 역학적 특성 및 높은 열전도도 등의 성질을 가져야 한다. 본 연구는 지하 처분 전 처분용기 자중에 의한 하부 완충재에서 발생하는 응력과 변형을 파악하기 위해 유한요소 해석을 실시하였다.

### 2. 해석 및 결과

처분용기는 주철로 이루어진 내부용기 부분과 부식을 방지하기 위한 구리로 이루어진 외부용기 부분으로 구성된다. 가압경수로 처분용기(KDC-1)는 PWR 사용후핵연료 4 집합체를 넣을 수 있는 구조이다. 기준 PWR 사용후 핵연료 집합체는 단면적이 21.4 cm × 21.4 cm 이고, 축방향 길이 453 cm이다. 이러한 집합체를 장전하기 위한 처분용기 내부 구조물 내에 바스켓이 있으며, 그 바스켓의 단면적은 22.4 cm × 22.4 cm이고, 내부길이는 455 cm이다. 이와 같은 바스켓 4개를 갖고 있는 KDC-1 처분용기의 주철 구조물은 직경 92 cm인 원통형 구조이다. 이와 같은 원통형의 주철 구조물 외부에 두께 5 cm인 구리 외부용기를 설치하였다. 해석프로그램으로는 ABAQUS ver. 6.7을 사용하였고, 대칭성을 고려하여 1/4만을 모델링하여 선형해석을 실시하였다. 표 1은 해석에 사용된 각 재료의 물성치이고 그림 1은 유한요소모델이다.

표1. 재료의 성질

	폐연료	주철용기	외부용기	완충재
탄성계수(Pa)	2.98E+10	1.62E+11	1.17E+11	0.1E+9
포아송비	0.3	0.3	0.3	0.1
밀도(kg/m <sup>3</sup> )	2000	7200	8900	2270



(a) 공유절점

(b) 접촉 해석

그림 1. 유한요소 모델

모델의 단면에는 대칭경계조건을 적용하여 절단면에 수직한 방향으로 변위를 구속하고 버퍼의 아래면에는 자중이 작용하는 방향으로 변위를 구속하여 주었다. 처분용기와 벤토나이트 블록의 결면은 적당한 구속으로 자중방향으로만 움직일 수 있도록 하였다. 하중은 처분용기 자체무게에 의한 중력하중으로 적용하였다.

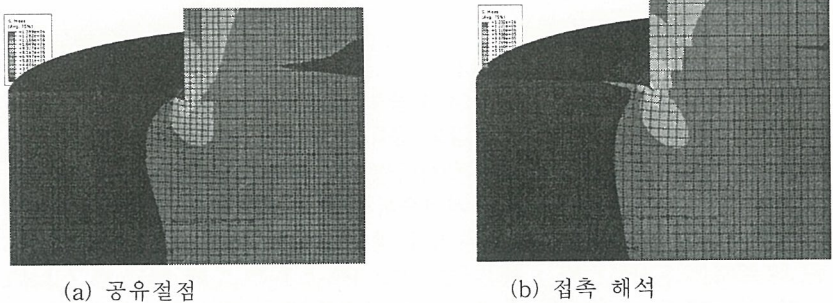


그림 2. 완충재와 처분용기 사이의 변형도

해석모델은 벤토나이트와 처분용기가 만나는 부분을 공유절점으로 해석한 경우와 접촉으로 정의한 경우 두가지 경우에 대해 해석을 수행하였다. 결과로는 벤토나이트 부분에 발생하는 최고응력만을 비교하였다. 공유절점의 경우는 응력이  $10.06E5$  Pa, 접촉의 경우는  $8.117E5$  Pa로 응력차를 보이고 있다. 이는 강성의 차이가 큰 처분용기와 완충재 사이의 slip을 무시한 결과로 볼 수 있다. 그림 2는 완충재와 처분용기 사이의 변형도를 나타내는데, slip이 발생하는 정도를 확인할 수 있다. 접촉으로 정의하여 해석할 경우는 완충재 부분의 변형에 따른 slip이 대략 0.36 mm가 발생되지만, 절점을 공유하여 사용할 경우에는 그러한 slip이 발생되지 않아 구조적인 제한점으로 작용을 하게 된다. 따라서, 보다 정확한 해석을 원한다면 공유절점으로 해석하기 보다는 접촉으로 정의하여 해석을 수행하는 것이 더 타당하다고 볼 수 있다.

참고문헌

1. 최종원 외, “고준위 폐기물 처분기술개발” 한국원자력연구원, KAERI/PR-2765/2006