

파이로공정 발생 고준위폐기물 처분용기 구조적 안정성 분석

이종열, 조동건, 국동학, 이민수, 김현아, 최희주
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045
 nivlee@kaeri.re.kr

1. 서 론

원자력발전소에서 전기를 생산하고 난 후 발생하는 사용후핵연료의 안전한 관리는 원자력에너지를 지속적으로 사용하기 위한 필수조건이다. 사용후핵연료를 관리하는 방안으로는 크게 사용후핵연료를 직접처분하는 방안과 사용후핵연료 내에 존재하는 유용한 물질을 회수하여 재활용하고 나머지 폐기물을 영구처분하는 방안이 있다. 우리나라에서는 아직 사용후핵연료 관리정책이 결정되지 않고 있으며, 관련 연구로서 사용후핵연료를 직접 처분하는 기술을 개발하여 한국형 사용후핵연료 기준 처분시스템을 제안한 바 있다. 현재는 사용후핵연료로부터 유용한 물질을 회수하는 파이로 공정에 대한 기술개발 및 이 공정으로부터 발생하는 폐기물에 대한 처분기술 개발을 수행하고 있다.

파이로 공정에서 발생하는 처분대상 폐기물은 크게 금속폐기물, 세라믹 고준위폐기물 및 고방열 폐기물이 있다. 한국원자력연구원에서는 이들 폐기물 특성에 따라 각각의 처분용기 및 방벽 등 처분 모듈개념을 설정하였으며, 향후 이들 핵심기술에 대한 검증을 수행할 계획에 있다.

본 논문에서는 세라믹 고준위폐기물 처분용기 안전성평가의 일환으로서 지하처분환경에서의 구조적 안정성을 분석하였다. 이를 위하여 세라믹 고준위폐기물 처분용기 등 처분모듈을 검토하고, 심지층 지하에서의 구조적 환경을 분석하여 하중조건을 설정하였다. 이를 바탕으로 유한요소를 이용한 상용 해석 툴인 아바쿠스를 활용하여 처분용기의 구조해석을 수행하고 그 결과 분석에 따른 안정성을 평가하였다.

2. 세라믹폐기물 처분개념

PWR 사용후핵연료는 파이로공정을 거쳐 고준위폐기물로서 세라믹폐기물이 발생하게 되며, 세라믹폐기물은 다음 그림1.에서 보여주는바와 저장켄에 저장된다. 이 저장켄은 7개씩 2단으로 처분

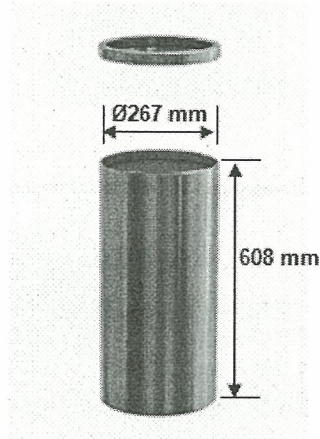


Fig. 1. 세라믹폐기물 저장용기.

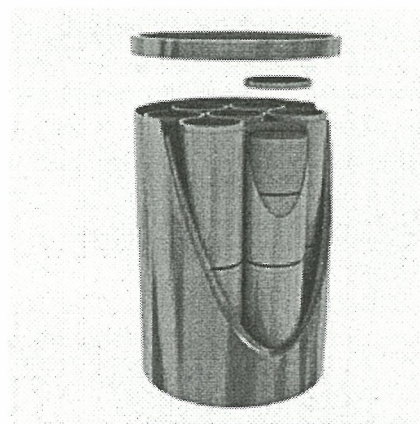
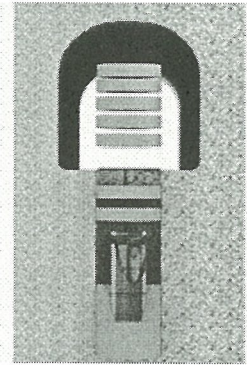


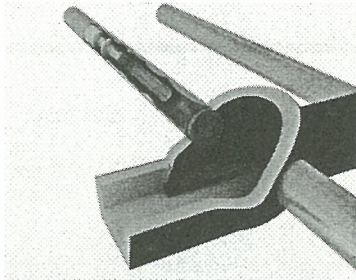
Fig. 2. 세라믹폐기물 처분용기.

용기인 오버팩에 적재되며, 그림 2에 나타난 바와 같다.

세라믹고준위폐기물은 지하 500 m 심도에 처분될 예정이며, 폐기물고화체, 처분용기, 완충재, 뒷채움재로 구성된 공학적 방벽과 암반의 자연방벽으로 구성된 다중방벽개념의 대표적인 개념인 KBS-3 개념의 수평처분과 수직처분개념을 고려하고 있으며, 그림 3.에 나타난 바와 같다.



수직처분개념



수평처분개념

Fig. 3. 세라믹폐기물 처분개념.

3. 처분용기 구조적 안정성 분석

세라믹폐기물 처분용기의 구조적 안정성분석은 정상하중의 경우와 극한 하중의 경우 2경우를 고려하여 수행하며, 다음 표에 나타낸 바와 같다. 정상하중은 완전포화 후 등분포하중을 고려하였으며, 비 정상하중은 포화 중 또는 포화 후 팽윤압의 비정상 작용을 고려한 것이다.

Table 1. 정상하중 작용.

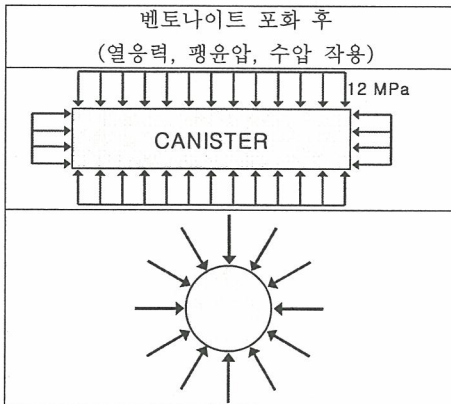
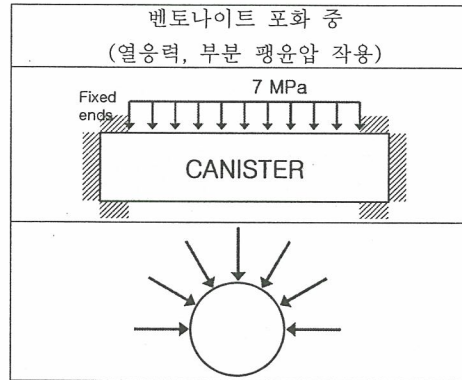


Table 2. 비정상 하중 작용.



4. 향후 계획

고준위폐기물 처분용기는 심지층 처분조건에서 구조적 안정성을 유지하여야 한다. 따라서, 세라믹폐기물 처분용기의 구조적 안정성 확인을 위한 해석 및 결과분석이 요구된다.

현재, 유한요소기법을 이용한 범용 구조해석코드인 ABAQUS를 이용하여 해석을 수행 중이며, 향후 결과를 분석할 예정에 있다.

5. 참고문헌

- [1] T. Saanio, Matti Kalliomaki, Paula Keto, "KRS-1, Pre-Conceptual Design of Korean Reference HLW Disposal System," Volume 1, Posiva Oy, R&D Report 2005-04, (2005).
- [2] 최종원 외, "처분시스템 개발," 한국원자력연구원, KAERI/RR-2765/2006, (2007).
- [3] SKB, "Underground Design Premises Edit. D1/1," SKB R-04-60, Kärnb. AB., (2004).
- [4] 이종열, 조동건, 최희주, 이양, "CANU 처분용기의 열적-구조적 안정성 평가," 방사성폐기물학회지, V.6, No. 3, pp.217-224, (2008).