

PWR 사용후핵연료 콘크리트 저장용기의 운전제어 및 제한조건 개발

백창열^{1*}, 정성훈², 조천형¹

¹한국원자력환경공단, 대전광역시 유성구 가정로 168

²(주)코네스코퍼레이션, 대전광역시 유성구 유성대로 798-1

*baegcy@korad.or.kr

1. 서론

방사성폐기물관리기술개발 중장기기획과제로 수행중인 “사용후핵연료 수송/저장시스템 상용화 기술개발” 과제의 PWR 사용후핵연료 콘크리트 저장용기는 21다발의 사용후핵연료를 캐니스터에 저장하여 콘크리트 저장용기 본체에 의해 구조적으로 보호되고 공기에 의한 자연대류 냉각방식을 채택한 피동형 건식 저장용기이다. 따라서 콘크리트 저장용기는 사용후핵연료 저장기간 동안에 특별한 제어의 필요성은 없으나 일상 운전에서 따른 제어 및 제한조건을 미국 NRC의 표준심사지침인 NUREG-1536을 참조하여 개발하였다[1].

콘크리트 저장용기의 안전한 운전을 보장하기 위해 요구되며, 제어되어야 할 조건 및 변수는 설계 특성뿐만 아니라 본 과제의 특정기술주제보고서(TR)에 기술한 정상조건, 비정상조건 및 사고조건(자연재해조건 포함)에 따른 안전성 해석결과에 근거하여 설정하였다[2].

2. 본론

2.1 운전제어 및 제한의 개발

2.1.1 운전제한조건

콘크리트 저장용기가 안전하게 기능을 수행하는데 필요한 최소한의 성능으로 운전제한조건을 만족시키기 위해서는 사용후핵연료 피복재의 온도 제한치, 저장용기의 취급 및 운전 조건, 방사성물질의 누출방지, 작업자 및 일반 대중의 피폭을 ALARA로 유지하여야 한다. 주요 제한항목으로는 저장대상 사용후핵연료의 특성, 캐니스터 누설률, 콘크리트 저장용기 표면방사선량률/표면오염도, 저장용기 공기 입·출구 온도/운전성 검사, 저장용기 취급높이/이송차량 연료량 등이다.

2.1.2 설계 특징

콘크리트 저장용기가 안전기능을 수행하는데 중요한 설계특징으로는 사용후핵연료를 저장하는 캐

니스터와 이를 구조적으로 보호하기 위한 콘크리트 구조체(Fig. 1 콘크리트 저장용기 개략도 참조)로 구성되며 콘크리트 저장용기는 임계제어, 격납경계 건전성 유지, 열전달 제어, 방사선차폐 등을 위한 바스켓을 포함한 캐니스터와 저장용기 본체로 기계적 물성치, 열전달 제어를 위한 재료의 특성 및 치수, 붕괴열 제거를 위한 피동형 공기유로 형성을 위한 구조적 특성 등이다.

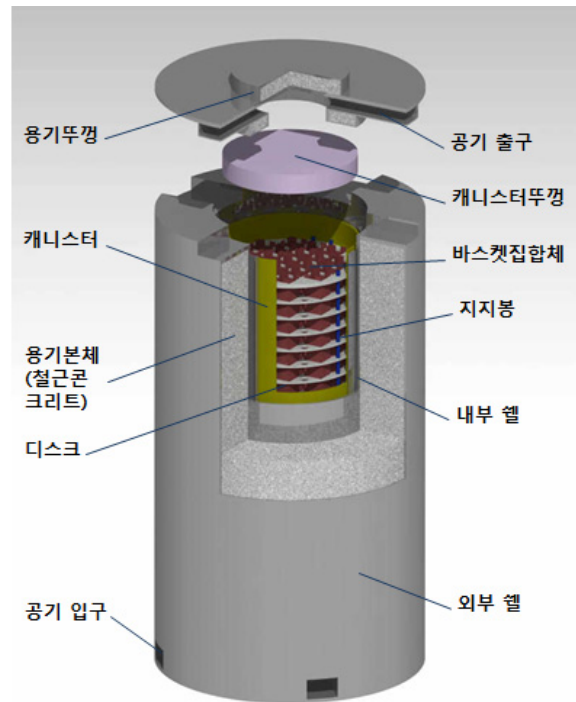


Fig. 1. Schematic Drawing of Concrete Storage Cask.

2.1.3 훈련 모듈(Training Modules)

훈련 모듈은 운영자(Licensee)의 훈련 프로그램에 따라 개발되어야 한다. 훈련 모듈은 콘크리트 저장용기와 중간저장시설의 운영과 유지보수를 위한 포괄적인 프로그램이 필요하며 최소한 다음과 같은 항목을 포함하여야 한다.

- 콘크리트 저장용기 설계(개요)
- 중간저장시설 설계(개요)
- 시스템, 구조 및 구성요소

- 콘크리트 저장용기 안전성 해석보고서/설계 승인서
- 콘크리트 저장용기 기술시방서/규제요건
- 필요 장비 및 사용/운영경험/운영 및 유지 보수 절차

2.1.4 운전제한 및 제어 개발

콘크리트 저장용기의 안전한 운전을 보증하는데 필요한 운전제어, 제한조건 및 변수는 본 과제의 특정기술주제보고서(TR)에서 기술한 정상/비정상 및 사고조건하에서 안전한 저장을 보장하기 위한 조건별 해석결과에 근거하여 설정하였다. 그 설정 내용의 요약은 아래 표(Table 1. 콘크리트 저장용기 운전제어 및 제한조건 안 참조)와 같다.

3. 결론

본 연구에서는 PWR 사용후핵연료 21다발을 콘크리트 저장용기에 건식저장 시 저장기간 동안 안전운전을 보증하기 위해 요구되며, 제어되어야 할 기술지침/제한조건을 USNRC의 NUREG-1536을 참조하여 정상조건, 비정상조건 및 사고조건(자연 재해조건 포함)하에서 안전성 해석결과를 바탕으로 설정하였다. 향후, 사용후핵연료를 건식저장하는 경우 안전운전을 위한 운전제한조건으로 활용할 수 있을 것으로 판단된다.

4. 감사의 글

본 연구는 산업통상자원부의 방사성폐기물관리기술개발 중장기기획과제의 일환으로 수행되었습니다.

5. 참고문헌

- [1] NUREG-1536, "Standard Review Plan for Spent Fuel Dry Storage Systems at a General License Facility", Rev. 1, 2010.
- [2] 콘크리트 저장용기 특정기술주제보고서(TR) Rev. 8, 2015.

Table 1. Cask Operating Controls and Limits

Items	Condition to be Controlled	Requirements/limits
1. Spent Fuel Characteristics	1) Assembly Type and Physical Condition	Requirements in TR ch. 6 - Intact & mechanically sound
	2) Max. Enrichment	
	2) Max. Burnup	
	3) Min. Cooling Time	
	4) Assembly Dimension and Weight	
2. Canister	1) Helium Leak Rate	ANSI N14.5-1997(After closure weld) - $\geq 1 \times 10^{-7}$ ref-cm ³ /sec
3. Concrete Storage Cask	1) Surface Radiation Dose Rate	ALARA - ≥ 0.5 mSv/hr(once/week)
	2) Surface Contamination	NSSC Notice 2014-50 - ≥ 4 Bq/cm ²
	3) Air Inlet and Outlet Temperature	Requirements in TR ch. 4(Daily base) - NC : $\geq 88^\circ\text{C}$, ONC : $\geq 105^\circ\text{C}$
	4) Air Inlet and Outlet Blockage	Requirements in TR ch. 4 - No blockage(Min. once/3days)
	5) Handling Height	Requirements in TR ch. 3 - $\geq 0.6\text{m}$
	6) Fuel Quantity of Transfer Vehicle	Requirements in TR ch. 4 - $\geq 400\text{t}$