

HLW 장기 건식저장에 따른 열적 안전성 해석기법 연구

윤범수, 차정훈, 지준석, 김상녕
경희대학교, 경기도 용인시 기흥구 서천동 1
bsyoun@khu.ac.kr

1. 서론

현재 국내 원자력발전소에서 발생하는 사용후핵연료는 발전소내 저장조에 임시저장하고 있는데, 사용후핵연료의 누적량이 증가하여 2016년에 이르면 기존의 저장조가 포화상태에 이르게 되므로 원자력발전소를 계속 운전하기 위해서 뿐만 아니라 전력의 안정적인 공급을 위해서도 새로운 저장공간 확보가 절실한 실정이다.

대부분의 나라들이 사용후핵연료 처분부지를 선정하지 못하고 있으며, 중간저장을 통해 처리 문제를 연기하고 있다.

건식저장방식은 사용후핵연료 및 고준위폐기물을 공기나 불활성기체로 충전된 저장용기 내에 저장하는 방식으로, 습식저장방식에 비하여 저장용량 확장, 운영의 용이성, 안전성 및 경제적 측면에서 뛰어나며, 이미 미국을 비롯한 13개국에서 건설/운영 되고 있는 기술이다. 그러나 이러한 건식저장 기술은 대부분 대외비로 취급되거나 특허에 의해 보호되어 있어 기본 매뉴얼 등을 제외한 기술개발 자료들의 습득이 어려운 실정이다. 향후 건식저장 기술의 국산화가 이루어지지 않을 경우 기존 외국계 회사의 시장지배로 인한 국부의 유출은 막대할 것으로 예상된다.

향후, 원자력발전 비율이 높아지고 있는 신흥경제개발국에게 국내에서 개발된 장기 건식저장시설 기술의 수출도 기대할 수 있다.

2. 실험 및 결과

장기건식저장 기술개발을 위한 열해석은 열적 정상상태와 과도상태의 해석이 모두 필요하다. 열적 정상상태에 대한 해석을 위해서는 건식저장시설의 열원과 이에 대한 냉각 시스템을 고려하여야 한다. 냉각시스템은 자연대류를 고려한다. 하지만 장기건식저장시설의 운영기간동안의 열적 안전해석과 같은 과도상태 열해석을 위해서는 과도상태의 초기온도를 알아야할 필요가 있다. 하지만 현재 국내에는 이러한 열설계 기초자료를 제공할 수 있는 실증실험이 이루어 지지 않은 상태에 있다. 이에 본 연구는 미국과 유럽에서 사용중인 사용후핵연료 건식저장용기 모델(TN-24)을 기본으로 하여, 저장용기의 열적정상상태 및 과도상태를 ANSYS 11.0 CFX 코드를 이용하여 계산하고 합당한 저장용기 초기온도를 계산하고자 하였다.

본 연구에서 사용된 장기건식저장용기의 상세제원은 Table 1과 같다. 저장용기는 탄소강으로 용기 외형이 구성되어 있으며, 내부에는 24개의 PWR 사용후핵연료 바스켓이 삽입되어 있다.

발전소부지에서 습식저장시설에 저장되어 있던 사용후핵연료가 중간저장시설 또는 영구처분 전 장기건식저장시설로 운반되는 절차는 여러 단계를 거쳐 수행되며, 이러한 절차 동안 용기가 40℃ 공기중에서 자연대류에 의해 냉각 되고 있다고 가정하였다. 이에 대한 정상상태 열해석 결과 용기 최대 표면온도는 약 370.638K이며 용기 높이 약 2.895m(70%)지점에서 최대온도가 나타났다 (Fig 2).

저장용기의 과도상태 열해석을 수행하기 위하여 저장용기의 초기온도가 공기와 같은 40℃라고 가정하고 사용후핵연료다발을 용기에 모두 저장한 후부터 저장용기가 정상상태가 될 때까지의 시간을 계산하였다. Fig 4는 저장용기의 최대온도의 시간에 따른 온도변화를 보여주고 있다.

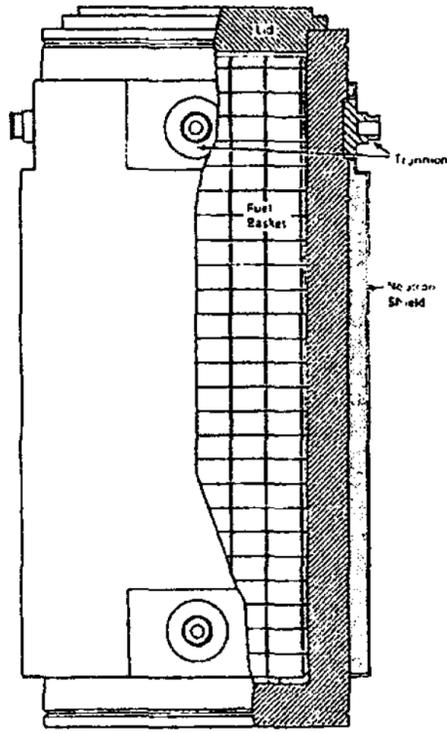


Fig 1 TN-24 Storage Cask

Table 1 Specifications

Attribute	TN-24P
Capacity	24 PWR
Design Heat Rejection	24kW
Max. Fuel Clad Temp.	706°F
Max. Burnup	35GWD/MTU
Shape	Cylindrical
Basket Length	162in
Basket Cross Section	57
Material of Basket	Boron S.S. w/Copper

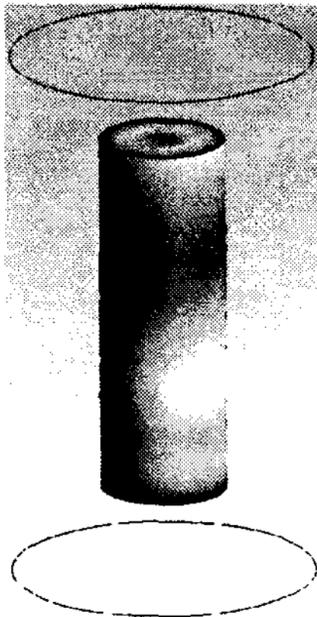


Fig 2 Static State

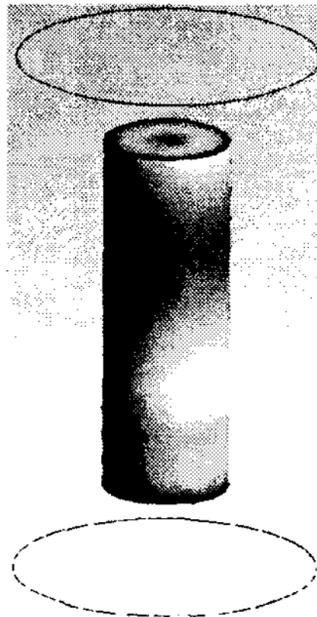


Fig 3 Transient

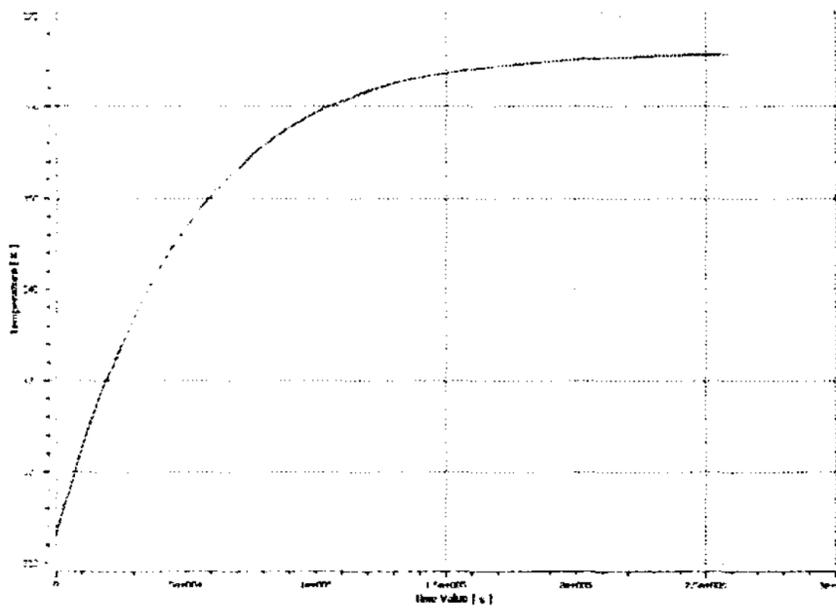


Fig 4 Temp. variation by the time at transient

과도상태 열해석 계산결과 사용후핵연료 저장용기의 과도상태 온도는 35시간 이전에 이미 정상상태 온도의 99%에 이르게 된다. 이와 같은 시간은 저장용기에 사용후핵연료를 저장한 후 공기 중에 충분히 노출될 수 있는 시간이라고 추정되며 장기간의 저장기간을 생각한다면 아주 짧은 시간이라고 말하기에 충분하다.

3. 결론

본 연구를 통한 HLW 장기 건식저장에 따른 열적 안전성 해석기법은 앞으로 건식저장시설 건설에 활용될 것이다. 또한 고준위폐기물 중간저장 부지선정에 따른 대국민 신뢰도를 제고하는 측면에 활용되고, 안전성 측면에서 확고한 기술능력 보유하여 차후 제반 수립에 활용될 것이다.

사 사

본 과제(결과물)는 산업자원부의 지원으로 수행한 에너지자원인력양성사업의 연구결과입니다.