

폐수지 운반용기 화재시험

방경식, 이주찬, 서기석, 최기섭*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

*한국수력원자력, 서울특별시 강남구 삼성동 167

nksbang@kaeri.re.kr

원자력발전소의 폐수지 건조설비(SRDS)에서 발생하는 폐수지, 폐필터 및 기타 폐기물 등을 운반하기 위한 폐수지 운반용기는 그림 1과 같이 원통형 구조를 가진 운반용기로 차폐체인 운반용기 본체(Cask body)와 상·하부 완충체(Shock absorber) 등으로 구성되어 있다. 폐수지 운반용기에 적재할 수 있는 운반물의 최대 방사능량은 폐수지의 경우 850 Ci까지 운반할 수 있으며, 이는 운반용기 관련법규의 규정상 B형 운반물로 구분된다. B형 운반용기의 경우 가상 사고조건인 800 °C 화재조건에서 견딜 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 따라서, 폐수지 운반용기의 화재조건에서의 안전성 여부를 평가하기 위하여 화재시험을 수행하였다. 화재시험은 4.0 m × 3.5 m × 3.0 m 크기의 무연화재시험설비에서 Open pool fire test 방법으로 수행되었다.

화재시험에 사용된 시험모델은 1/4 Slice model이다. 이 시험모델은 단면방향의 형상은 실제 운반용기와 동일하며 길이방향은 실제 운반용기 내부 cavity의 길이를 1/4로 자른 형상을 하고 있으며, 시험모델의 양 끝단에는 열 시험에 있어서 화염으로부터의 높은 열이 양 끝단을 통해 들어오는 것을 차단하기 위해 단열체를 설치하였다. 또한 시험모델을 취급하기 위한 lug를 시험모델에 설치하였다. 시험모델의 온도측정을 위해 그림 2와 같이 모델 본체에 상부·중앙부·하부에 각 6개씩 18개의 열전대를 부착하였으며, 폐수지 운반용기의 내용물인 수지부분의 온도를 측정하기 위해 7개의 열전대를 부착하였다. 화재시험에 있어서 화염으로부터 모델로 유입되는 열 유속을 평가하기 위해서는 시험모델 표면 및 시험모델 주변의 정확한 화염온도측정이 무엇보다 중요하다. Burgess는 화염온도는 시험모델로부터 50 cm 떨어진 곳에 설치한 열전대가 화염보다 차가운 모델표면으로부터의 복사에 의한 영향을 가장 적게 받는다고 하였다[1]. 실제로 KN-12 운반용기 화재시험결과로부터 보면, slice 모델표면으로부터 10 cm, 20 cm, 40 cm 떨어진 곳에서의 화염온도는 40 cm 떨어진 곳에 설치한 열전대에서 측정된 온도가 가장 높게 나타났었다[2]. 따라서, 모델 주변의 화염온도를 측정하기 위해 인코넬로 외장된 직경이 3 mm인 K형 열전대 27개를 용기의 상부·중앙부 및 하부에 모델로부터 50 cm 떨어진 곳에 설치하였다.

화재시험은 법규에서 규정하고 있는 시험방법 중 open pool fire 방법으로 3.5 m × 4.0 m × 3.0 m 크기를 가진 화재시험설비에서 수행되었다. 화재시험설비의 문을 열고 크레인을 사용하여 시험모델을 화재시험설비 내의 모델 supporter에 설치하였다. 시험모델 및 모델 주변의 화염온도를 측정하기 위해 설치된 총 52개의 열전대를 화염으로부터 보호하기 위해 세라믹 울을 사용하여 처리한 후 열전대는 열전대 탐지기에 연결하였다.

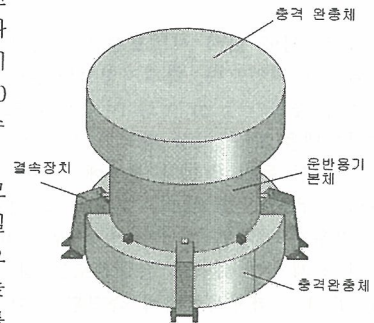


그림 1. 폐수지 운반용기

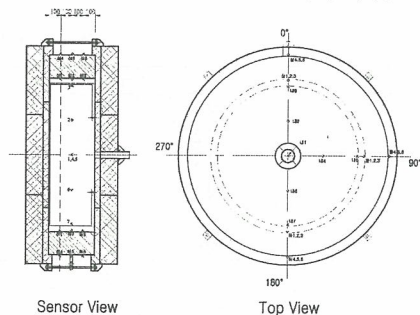


그림 2. 열전대 부착 위치.

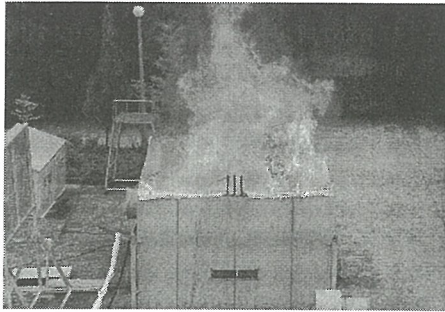


그림 3. 화염이 성립된 모습.

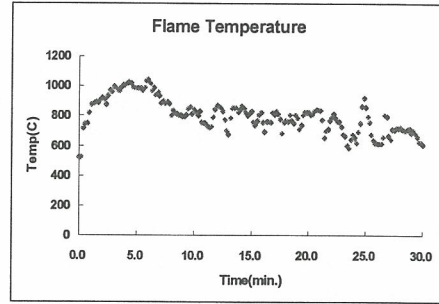


그림 4. 화재시험기간 동안 화염온도 변화.

화재시험에 앞서 시험모델은 태양 열유속(solar heat flux)이 있는 고요하고 정지된 약 9 °C의 주변온도에 노출되었으며, 화재시험설비 pit 내에 물을 20 cm 높이로 채우고, 시험모델의 가장 낮은 바닥면과 등유의 높이가 1 m 이상 차이가 나도록 등유를 채워 그림 3과 같이 평균 800 °C 이상의 화염 속에서 시험모델을 30분 이상 방치한 후 자연 냉각시켰다.

열 시험 동안 측정된 상부에서의 평균 화염온도는 801 °C로 그림 4와 같이 측정되었다. 화재시험에서 화염의 온도는 상부보다 중앙부 및 하부에서 높게 측정된다. 그것은 상부는 바람의 영향에 의해 노출되는 경우가 있지만 중앙부 및 하부는 바람의 영향에 의해 노출되지 않기 때문이다. 따라서, 시험모델 주변의 전체적인 화염의 평균온도는 상부에서 측정된 화염의 평균온도인 801 °C보다 높을 것으로 판단된다. 표 1은 화재시험에서 측정된 시험모델의 최고온도를 보여주고 있다. 화재시험에서 폐수지 운반용기의 최고온도는 화염이 발생한 시점에서 30분 경과한 후 본체 중앙부 표면에서 343 °C로 측정되었다. 폐수지 운반용기의 운반 내용물인 수지 부위에서의 최고온도는 약 32.5 시간이 경과한 자연냉각 상태에서 상부의 수지 최 외곽에 설치된 열전대에서 79 °C로 측정되었다. 따라서, 800 °C 열 조건에서 운반 내용물인 수지는 안전성을 유지할 수 있을 것으로 판단되므로, 폐수지 운반용기는 800 °C 화재조건에서 열적 건전성이 유지됨을 알 수 있다.

표 1. 화재시험에서 시험모델의 온도

위 치	Temp.(°C)	시간(hr)	위 치	Temp.(°C)	시간(hr)		
Cask Body Inside	상1	157	2.0	Cask Body Inside	중1	196	1.0
	상2	156	"		중2	197	"
	상3	157	"		중3	195	"
Cask Body Outside	상4	288	0.5	Cask Body Outside	중4	289	0.5
	상5	342	"		중5	343	"
	상6	271	"		중6	303	"
수 지	내2	30	32.5	수 지	내4	22	32.5
	내3	79	4.3		내5	63	5.0

참고문헌

- [1] M.H. Burgess, and C.J. Fry, "Fire Testing for Package Approval," Int. J. Radioactive Materials Transport, Vol. I, No. 1, pp. 7-16, Nuclear Technology Publishing, Ashford, Kent, England, 1990.
- [2] 방경식 외., "운반용기의 Pool Fire Test", 2002 원자력학회 추계학술발표 논문집, 용평 2002. 10.

감사의 글

본 연구는 한국수력원자력(주)로부터 수탁사업의 일환으로 수행되었음.