

사용후 연료 건식저장용기의 전복예비해석 평가

김동학, 서기석, 이주찬, 정기정, 최병일*, 이연도*, 이홍영*

한국원자력연구소, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

* 한국수력원자력 원자력환경기술원, 대전광역시 유성구 덕진동 150번지

사용후 연료 건식저장 용기는 전복사고 조건에 대하여 구조적 건전성이 유지되어야 한다. 건식 저장용기의 전복 평가를 위하여 간단한 모델을 이용하여 예비 해석 평가를 수행하였다. 모델은 건식저장용기 약 1/9크기로 콘크리트와 모의연료, 바스켓 등을 제외한 내·외부 강통형상만을 이용하였다. 전복해석은 초기의 강제운동, 바닥 면과의 1차 충돌, 반발, 2차 충돌 등으로 이루어진다. 초기의 강제 운동은 전체 해석 시간의 많은 부분을 차지하면서도 실제로 해석결과에서 중요한 바닥 면과의 충돌에 대한 초기 조건을 결정하는 역할을 한다. 강제 운동을 정확히 모사하여 전복직전 모델의 초기 조건을 결정하고 해석을 수행하면 해석시간을 크게 줄일 수 있다. 예비모델에 대하여 전복각도와 바닥 면과 모델의 마찰계수에 따른 해석을 수행하여 초기각속도를 이용한 해석결과와 비교하여 보았다. 전복각도에 대한 영향을 알아보기 위하여 마찰력이 없는 경우와 마찰계수가 0.35인 경우에 대하여 전복각도가 10°~60°의 범위에서 해석을 수행하였다. 또한 마찰계수의 영향을 알아보기 위하여 전복각도가 50°인 모델에 마찰계수가 0.2, 0.5, 0.75 및 1인 경우에 대하여 해석을 수행하였다.

전복각도 [°]	바닥 면과 모델사이 마찰계수	최대운동에너지 [J]	이론 최대 운동에너지 [J]	전복충돌시간 [msec]	초기각속도 [rad/sec]
10	0	2.249	2.359	99.75	5.61
	0.35	2.138	2.359	103.5	5.47
20	0	4.205	4.646	140	7.67
	0.35	3.978	4.646	150	7.46
30	0	5.813	6.792	171.5	9.01
	0.35	5.51	6.792	196	8.78
40	0	7.071	8.731	202.5	9.94
	0.35	6.951	8.731	234.5	9.86
50	0	7.901	10.405	420.75	10.51
	0.35	7.911	10.405	379.5	10.52
60	0	8.52	11.763	331.5	10.91
	0.35	8.506	11.763	587.5	10.90
50	0.25	7.573	10.405	330	10.29
	0.5	7.958	10.405	382.5	10.55
	0.75	7.982	10.405	382.5	10.56
	1.0	7.983	10.405	382.5	10.56

Table 1. Maximum Kinetic Energy, Tip-Over Impact Time and Angular Velocity.

표1은 전복각도와 마찰계수에 따른 최대 운동에너지와 전복이 일어나는 시간을 나타낸다. 이러한 결과는 무게중심 전복각도에서의 전복충돌직전에서의 위치에너지의 차이인 이론적 운동에너지와 상이한 결과를 보여준다. 강제운동을 포함한 해석에서 전복시간이 최대 0.58msec로 20kHz(시험에서 실시하는 데이터 취득률)의 데이터를 얻기 위하여서는 약 만개 이상의 데이터를 얻어야 한다. 그러므로 충돌직전에서의 각 절점에서의 속도를 초기조건으로 하여 전복직전모델에 대한 해석을 수행하였다. 해석은 10msec의 시간동안 수행하였으며 200개의 데이터를 저장하였다. 몇 개의

초기 각속도를 가정하여 각 절점에서의 속도를 계산하여 전복직전모델의 초기조건을 결정하여 해석을 수행하여 최대운동에너지를 구하였다. 그림 1은 초기 각속도에 따른 최대 운동에너지를 나타낸다. 최대 운동에너지로부터 계산된 초기 각속도를 전복각도 및 마찰계수에 따라 표 1에 나타내었다. 그림 2는 전복각도 10°인 경우에 대한 해석에서 내부 원통 쉘의 한 점에서의 응력을 나타낸다. 강체운동을 포함한 해석결과와 강체운동을 포함한 해석에서 얻은 속도를 이용한 해석결과는 유사한 결과를 보이지만 초기 각속도로부터 얻어진 속도를 이용한 해석결과는 이보다 더 큰 응력을 보여준다. 강체운동을 포함한 해석에서 얻어진 속도가 전복지점(회전축)에 대한 회전속도와 다른 분포를 보여주기 때문이다.

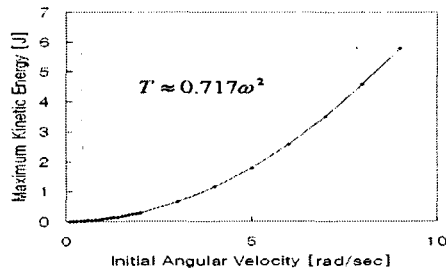


Fig. 1. Maximum Kinetic Energy for Initial Angular Velocity

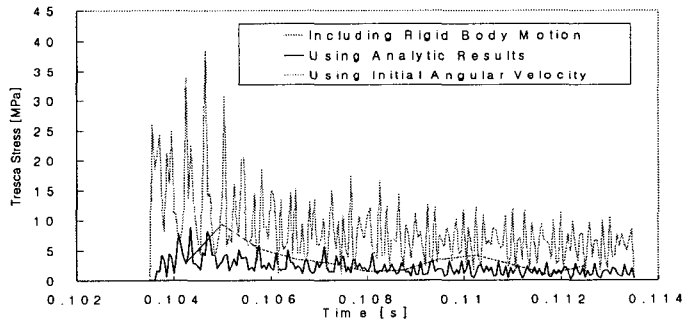


Fig. 2. Tresca Stress for 10° Tip-Over Analysis.