

## Waste Form Canister 충격흡수부의 거동연구

김기영, 전재언, 최우석, 서기석

한국원자력연구원, 대전시 유성구 대덕대로 1045 번지

[kimkv@kaeri.re.kr](mailto:kimkv@kaeri.re.kr)

### 1. 서론

Waste Form Canister는 저장시설 내에서 단독으로 움직이며 외부로 이송할 경우 운반 Cask에 담겨 이송된다. 저장시설내에서는 저장실린더에 쌓아 보관하며 이때 저장실린더에 장입하는 운반 크레인의 사고로 Canister가 낙하하는 사고를 가정하여 본 연구를 진행하였다.

### 2. 본론

#### 2.1 시험모델

Waste Form Canister가 저장되는 중간저장시설의 설비가 확정되지 않은 상황에서 사고시 낙하 높이를 가늠할 수가 없다. 그러나 보수적인 관점에서 B형 운반용기의 사고 낙하 높이인 9m를 가정하여 연구를 수행하였다.

시험에 사용된 모델은 '주름형'충격흡수부를 가진 운반용기이며 이 모델은 4가지 모델 중 가장 충격흡수 능력이 뛰어난 모델로 확인된 모델이다 [1]. Fig. 1은 본 연구에 사용된 시험모델의 모습을 나타내고 있으며 용기 하단부에 '주름형'충격흡수부가 설치된 모습을 볼 수 있다.

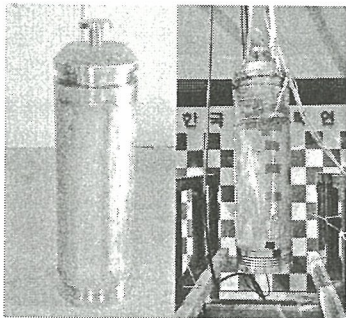


Fig. 1. 낙하모델과 센서부착 모습.

시험모델은 stainless steel의 일종인 SUS304 재질이며 두께는 8 t 이다. 400 kg의 Dummy weight를 포함하여 총중량은 504kg 이다.

#### 2.2 9 m 자유낙하

낙하시험은 호이스트를 이용하여 시험모델을 9 m 높이까지 들어올린 다음 유압 릴리즈 장치를 이용하여 바닥면으로 자유낙하시키는 방식으로 진행된다. 데이터 측정을 위하여 하단부에 8개의 스트레인 게이지를 부착하였으며 상단에는 가속도 센서를 설치하였다. 선행된 전산해석을 통하여 응력이 가장 큰 부분을 선정하여 스트레인 게이지를 부착하였다. 그 위치는 충격흡수부와 몸체가 연결되는 부분이며 연결부위를 중심으로 위쪽에 4개, 아래쪽에 4개의 스트레인 게이지를 부착하였다.

#### 2.3 낙하시험 결과

낙하시험 후 외형상의 변형을 살펴보았다. 해석 결과와 마찬가지로 하단부의 충격흡수부에서 가장 큰 변형이 생겼으며 몸체부위에서도 약간의 버클링현상이 일어났다. Fig. 2는 시험 전후 충격흡수부의 변형된 수치를 보여주고 있다. Table.1에 각 부위별 변형된 수치를 나타내었다.

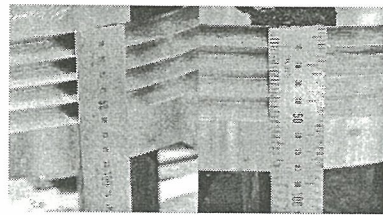


Fig. 2. 시험 전후 충격흡수부 변형.

Table 1. 시험 전·후 변형된 수치.

주름 부위 (위쪽부터)	시험 전 [mm]	시험 후 [mm]	변형량 [mm]
1단	15	10	-5
2단	15	12.5	-2.5
3단	15	15	0
4단	15	14	-1
전체	60	51.5	-8.5

### 3. 결과 비교

#### 3.1 가속도 비교

낙하시험에서 취득된 가속도와 전산해석을 통해 취득된 가속도를 비교 분석하였다. Fig. 3에 가속도 시간이력을 비교하여 나타내었다.

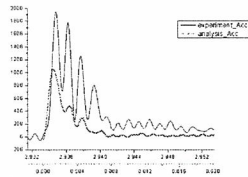


Fig. 3. 가속도 시간이력 비교.

가속도의 크기는 해석이 시험보다 작게 나왔으며, 가속도의 형상 및 지속시간은 해석과 시험이 비교적 잘 일치함을 확인하였다.

#### 3.2 변형률 비교

낙하시험에서 취득된 변형률과 전산해석을 통해 취득된 변형률을 비교 분석하였다. Fig. 4와 Fig. 5에 스트레인 비교 그래프를 나타내었다.

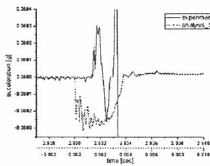


Fig. 4. strain #5 비교.

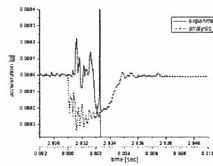


Fig. 5. strain #8 비교.

시험모델의 과도한 소성변형으로 인해 변형률 데이터의 후반에 오류가 발생하였다. 그러나 오류가 발생하기 전 데이터는 정상적으로 취득된 데이터이다. 취득된 데이터를 해석과 비교하였으며 변형률 수치가 유사함을 확인하였다.

#### 3.3 변형량 비교

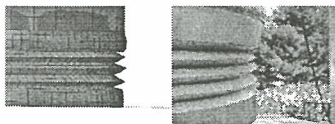


Fig. 6. 충격흡수부 변형량 비교.

해석에서는 원주방향으로 동일한 변형과 응력이 발생하였으나 시험에서는 270°방향에 편중되어 변형이 발생하였다. 그러나 변형된 수치를 비교한 결과 대부분 동일한 양상을 보였다. 시험과 해석의 비교에

서는 부분적인 차이를 보이지만 전체 양상에서는 동일한 경향을 보였다. 시험후 측정된 주름부위의 치수 변화와 전산해석 결과를 Table. 2에 정리하였다.

Table 2. 시험·해석 수치비교.

주름 부위 (위쪽부터)	초기값 [mm]	시험결과 [mm]	해석결과 [mm]
1단	15	10	7.11
2단	15	12.5	16.44
3단	15	15	21.07
4단	15	14	11.67
전체	60	51.5	56.58

### 4. 결론

본 연구는 기존의 해석을 통하여 결정된 충격 흡수부 모델을 가지고 실제 시험을 하였으며 그 결과를 해석결과와 비교 검토 하였다.

- 1) 가속도의 경향이 일치함을 확인하였으며 해석이 955.2 g, 시험이 1937 g로 나타났다.
- 2) 해석에서는 정확한 자세로 낙하하므로 캐니스터의 원주방향으로 동일한 변형을 일으키나, 시험에서는 270°방향에 편중되어 변형이 발생하였다. 그로 인해 한 쪽은 강한 변형과로 인해 순간적으로 인장이 발생하는 경향을 보이기도 하나 전체적인 경향은 유사함을 알 수 있었다.
- 3) 시험 후반부에서 변형률 센서의 과도한 소성 변형으로 인해 데이터의 소실이 발생했으나 유의미한 구간에서의 변형률 최대값은 해석 데이터와 매우 유사한 값을 보이고 있었다.
- 4) 기존의 연구를 통해 선정된 “주름형” 충격흡수부 모델을 가지고 실제 낙하시험을 수행하였으며 해석과 시험이 일치된 결과를 보이고 있었다.
- 5) 해석적으로 증명된 ‘주름형’ 충격흡수부모델의 흡수능력을 시험을 통하여 재확인 하였으며 이후 연구될 중간저장시설의 Waste Form Canister의 모델 선정에 주요 자료로 사용될 것이다.

### 5. 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발 사업의 일환으로 수행되었음.

### 6. 참고문헌

- [1] 김기영, “Waste Form Canister 충격흡수부의 형상에 따른 충격거동,” 방사성폐기물학회논문집, volume 8(2), pp. 353~354.