

Waste Form Canister 충격흡수부의 형상에 따른 충격거동

김기영, 전재언, 최우석, 서기석
 한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045 번지
kimkv@kaeri.re.kr

1. 서론

방사성 물질 운반용기는 교육과학기술부 고시 제2009-37호[1] 및 IAEA Safety Standards Series No. TS-R-1[2] 등에 명시된 안전성시험을 통해 구조적 건전성을 평가한다. 운반용기 하부의 충격흡수부는 외부 충격을 흡수하여 운반용기 본체로 충격이 전달되는 것을 막아주고, 내부 운반물을 보호하는 역할을 한다. 또한 이러한 충격흡수부의 형상에 따라 그 충격흡수 효과가 달라지며 구조 평가의 결과를 좌우하는 중요한 변수로 작용한다.

2. 본론

2.1 충격흡수부의 충격흡수

외부 충격은 충격흡수부의 좌굴 및 역위 등 소성변형에 의해 흡수된다.[3] 설계자는 흡수부를 설계할 때 좌굴이 쉽게 일어나는 형상 및 공간을 고려하여 흡수부를 설계해야 한다. 충격흡수능력을 판단하는 것은 가속도를 통해 알 수 있다. 일반적으로 가속도 수치가 높고 구간이 좁으면 완충효과가 작고, 가속도 수치가 낮고 구간이 넓으면 완충효과가 크다.[4] 이러한 설계조건과 판단조건은 이미 많은 논문들을 통해 증명되었다. [5~6] 본 연구에서는 여러 형상의 흡수부 모델을 가지고 해석을 하여 실제로 어떤 형상이 가장 좋은 완충효과를 나타내는지 평가해보고자 한다.

2.2 해석모델

본 연구에 사용된 흡수부 모델은 총 4가지이다. 1) 반타원형의 흡수부, 2)사각형의 흡수부, 3)주름진 모양의 흡수부, 4) 안으로 말려있는 흡수부로서 그림 1~4에 개략적인 형상을 나타내었다.

완충체의 완충효과가 운반용기의 무게에 따라 어떤 영향을 받는지 알아보기 위하여 운반용기의 무게를 200 kg, 300kg, 400kg 으로 점차적으로 늘려서 해석을 수행하였다.

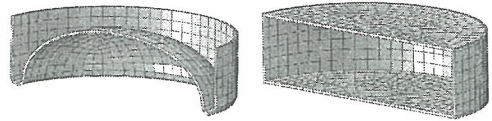


Fig. 1. Impact limiter No.1 Fig. 2. Impact limiter No.2

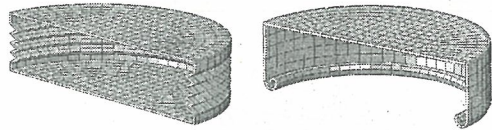


Fig. 3. Impact limiter No.3 Fig. 4. Impact limiter No.4

ABAQUS/Explicit 6.9-1 전산코드를 이용하여 해석을 수행하고 평가하였다. 전체 모델은 그림 5와 같으며 아랫부분의 흡수부만 달리하여 해석하였다.

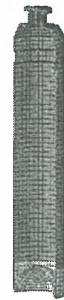


Fig. 5. Analysis model

안전성 평가 기준에 따라 낙하높이는 9 m로 하여 해석하였다. 초기 속도는 9 m에서 낙하할 경우 속도인 13.288 m/s로 설정하였다. 또한 충격가속도 9.81 m/s² 를 초기조건으로 설정하였다.

2.3 해석결과

4가지 흡수부에 대하여 중량을 200 kg, 300 kg, 400 kg으로 설정하여 총 12번의 해석을 수행하였다. 충격흡수 효과를 평가하기 위해 상부의 고정된 지점에서 가속도 값을 비교하였다. 그림 6에서 그림 8은 각각 중량이 200 kg, 300 kg 및 400 kg 일때 4가지 흡수부에 대한 가속도 값을 나타

낸다. 3번과 4번 흡수부가 1번 및 2번 흡수부 대비 충격흡수 효과가 좋은 것을 알 수 있다. 중량 200 kg과 300 kg에서는 4번 흡수부의 완충효과가 가장 좋지만 중량 400 kg에서는 3번 흡수부의 완충효과가 가장 좋다.

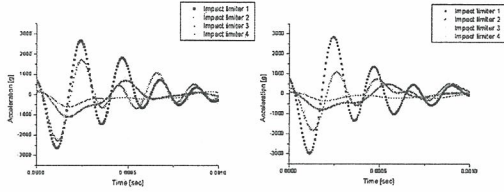


Fig. 6. Acceleration of 200 kg cask

Fig. 7. Acceleration of 300 kg cask

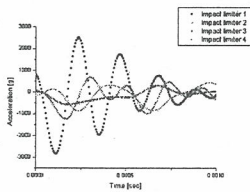


Fig. 8. Acceleration of 400 kg cask

그림 9~12는 동일한 흡수부가 무게가 변화함에 따라 충격흡수효과가 달라지는지 보여주고 있다. 1번과 4번 흡수부는 무게에 따른 완충효과가 변함이 없거나 일정치 않다. 반면 2번과 3번 흡수부는 무게가 무거울수록 완충효과가 좋아지는 경향을 보이고 있다.

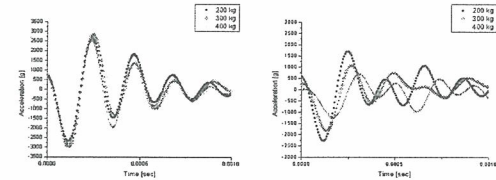


Fig. 9. Acceleration of Impact limiter No. 1

Fig. 10. Acceleration of Impact limiter No. 2

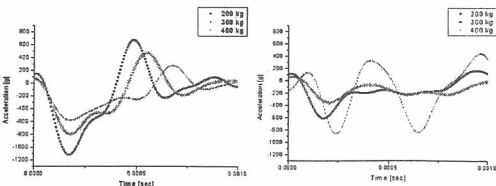


Fig. 11. Acceleration of Impact limiter No. 3

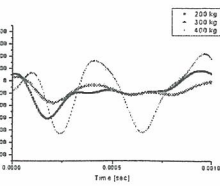


Fig. 12. Acceleration of Impact limiter No. 4

또한 무게가 가벼울수록 충격가속도가 높으며 무게가 무거울수록 충격가속도가 낮은 것을 알

수 있다. 특히 3번 흡수부는 같은 무게일 때 다른 흡수부들과 비교해서 월등히 좋은 충격흡수 효과를 보이고 있으며 무게가 무거울수록 더욱 좋은 충격흡수 효과를 보이는 것으로 나타났다.

3. 결론

본 연구는 기존의 충격완충체 설계조건과 판단 조건을 이용하여 충격완충체 형상을 선택하는 방법을 구하였다.

- 1) 충격흡수부의 형상은 좌굴 및 역위 등의 소성 변형이 일어날 수 있도록 구조물이 변형할 수 있는 공간이 필요하다.
- 2) 충격흡수부는 소성변형이 쉽게 일어날 수 있도록 하기 위하여 초기에 소성변형이 된 형상을 가지고 있어야 한다.
- 3) 여러 가지 흡수부 형상 중에서 주름진 모양의 충격흡수부가 가장 좋은 충격흡수 효과를 가진다.
- 4) 가벼운 물체의 충격가속도가 높으며 무거운 물체의 충격가속도가 낮은 것을 알 수 있었다.

4. 감사의 글

본 연구는 과학기술부의 원자력 연구개발 사업의 일환으로 수행되었음.

5. 참고문헌

- [1] 교육과학기술부 고시 제2009-37호. “방사성물질 운반용기의 제작검사 및 사용검사에 관한 규정”, 2009.
- [2] IAEA Safety Standard Series No. TS-R-1, “Regulations for the Safe Transport of Radioactive Material”, 2009.
- [3] Reid, S. R., “Plastic Deformation Mechanisms in Axially Compressed Metal Tubes Used as Impact Energy Absorbers,” Int. J. of Mechanical Science, Vol. 35, No. 12, pp. 1035~1052. 1993.
- [4] 박홍윤, “방사성물질 운반용기 완충체의 자유낙하 충격 거동에 관한 연구,” 충남대학교 대학원, 2002.
- [5] Ohkubo snd Y., Akamatsu, T. and Shirasawa, K., “Mean Crushing Strength of Closed Hat Section Members,” SAE 740040.
- [6] Yuan, Yongbin “A New Model for Axisymmetric Collapse of Circular Tubes,” SAE 921071.