

## 방사성 물질 운반용기 완충구조의 동특성 데이터 시험

최우석, 전재언, 서기석, 조상순\*, 허훈\*

한국원자력연구원, 대전광역시 유성구 대덕대로 1045

\* 한국과학기술원, 대전광역시 유성구 과학로 335

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

### 1. 서론

일반적으로 방사성물질 운반용기는 예상치 못한 낙하사고에 대비하기 위하여 운반용기 상하부에 충격완충체가 부착된다. 운반용기의 낙하사고시 발생하는 충격에너지의 대부분은 충격완충체가 흡수한다. 충격완충체를 특징짓는 항목에는 (1) 완충재질, (2) 충격완충체의 형상 및 치수, (3) 충격흡수효과를 높이기 위한 구조와 같은 것들이 있다. 충격완충체의 설계시 사용되는 완충재질의 물성치는 정적인 물성치가 아닌 동적인 물성치를 사용해야 한다. 또한 운반용기의 중량과 외곽치수를 고려하여 충격완충체의 형상 및 치수를 결정하여야 한다. 충격완충체 내부에는 거셋판(gusset plate) 등이 설치되어 완충재질의 과도한 이동을 방지하고 충격흡수 효과도 증대시킨다. 충격완충체의 성능을 보다 잘 평가하기 위하여 완충재질의 동적인 물성치를 취득하기 위한 연구가 진행되었다[1]. 충격완충체에 널리 사용되는 몇 가지의 완충재질을 정형화된 시편형태로 만들어 9 m 낙하높이에 해당하는 에너지가 시편에 작용했을 때 재료동특성을 취득하였다. 그런데 실제 충격완충체의 성능은 완충재질의 특성과 충격완충체의 구조가 결합되어 결정된다. 본 연구에서는 서로 다른 완충재질에 대한 충격완충체 시험모형을 제작하고 충돌시험을 수행하여 충격하중에 대한 동특성 자료를 취득하였다.

### 2. 완충구조의 충돌시험

충돌시험을 위하여 그림 1과 같은 한국과학기술원의 고속충돌시험기를 사용하였다. 고속충돌시험기는 유압을 이용하여 대차를 고속으로 발사한다. 대차의 질량은 250 kg이며 대차는 최대 90 km/h의 속도를 낼 수 있다. 고속충돌시험기는 시험모형에 최대 78,000 J 충격에너지를 부과할 수 있다. 완충재의 재질은 비치우드, 발사우드, 우레탄, 허니콤을 선택하였다. 거셋판은 중앙의 원형 거셋에서 방사선 방향으로 6개와 8개를 배치하였다 (그림 2). 충격완충체의 외부강판두께는 2 mm이며, 거셋판의 두께는 0.8 mm이다. 시편의 지름은 155 mm, 높이는 50 mm 이며, 충돌시험에 사용된 시편은 다음과 같다.

- (1) 비치우드 완충체 [거셋 6개] (2) 발사우드 완충체 [격자 8개] (3) 우레탄 완충체 [격자 8개]
- (4) 우레탄 완충체 [격자 6개] (5) AI-허니콤 완충체 [격자 8개]

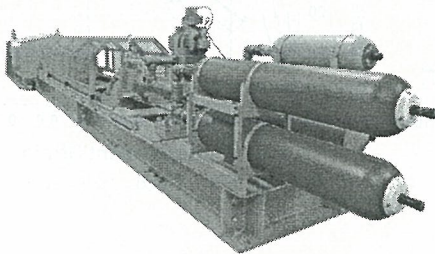


그림 1. 고속충돌시험기

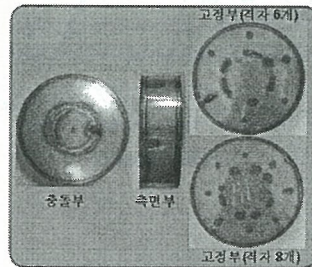


그림 2. 시편 형상

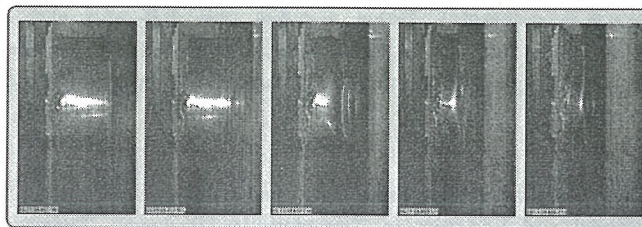


그림 3. 충격완충시편의 변형형상 이력 (발사우드 격자 8개)

충격완충체 충돌시험시 각각의 완충체가 받은 충돌 속도 및 충돌에너지는 표 1과 같다. 충격완충시편의 변형형상 이력은 그림 3과 같다. 각각의 완충체의 충돌시험 결과는 표 2, 그림 4 및 그림 5에 나타나 있다. 표 2에서 비치우드 완충체는 변형량 및 변형률이 매우 작으며, 허니콤은 매우 크다. 비치우드는 매우 딱딱하여 완충재질로 부적합하다고 판단된다. 하니콤은 충격저항성이 매우 작으므로 입자를 조밀하게 하여 저항성을 증가시켜야 완충재질로서 사용이 가능할 것이라 판단된다. 우레탄 완충체의 격자 6개와 8개를 비교해 보면, 격자 8개의 완충체는 저항성이 강해 최대응력 및 최대하중이 격자 6개의 완충체보다 큰 것을 알 수 있다. 완충재질로서는 발사우드와 우레탄이 좋은 성능을 발휘한다.

표 1. 완충체의 충돌시험 조건

시 편 종 류	충돌 속도(m/s)	충돌에너지(J)
1 비치우드 완충체 (격자 6개)	12.6	19,782
2 발사우드 완충체 (격자 8개)	12.4	19,220
3 우레탄 완충체 (격자 8개)	12.4	19,220
4 우레탄 완충체 (격자 6개)	13.4	22,445
5 AI-허니콤 완충체 (격자 8개)	13.7	23,461

표 2. 완충체의 충돌시험 결과

시 편 종 류	변형량 [mm]	최대변형률	초기 최대		최대응력 (B) [MPa]	최대 하중 (B) [kN]
			응력(A) [MPa]	하중(A) [kN]		
1 비치우드 완충체 (격자 6개)	7.8	0.162	49.0	924.6	51.2	966.1
2 발사우드 완충체 (격자 8개)	33.0	0.676	23.7	446.8	40.7	767.2
3 우레탄 완충체 (격자 8개)	23.0	0.510	25.5	481.4	48.9	922.1
4 우레탄 완충체 (격자 6개)	22.6	0.540	20.8	392.9	39.4	743.5
5 AI-허니콤 완충체 (격자 8개)	38.5	0.800	15.2	286.4	49.4	932.0

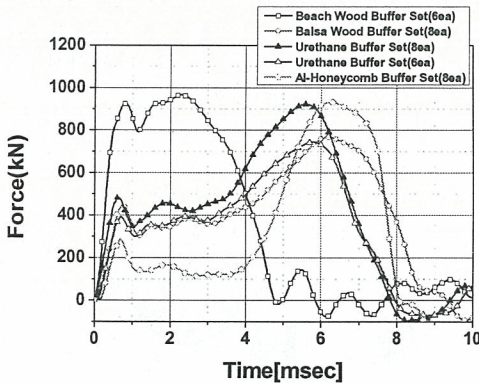


그림 4. 완충체의 하중-시간 이력

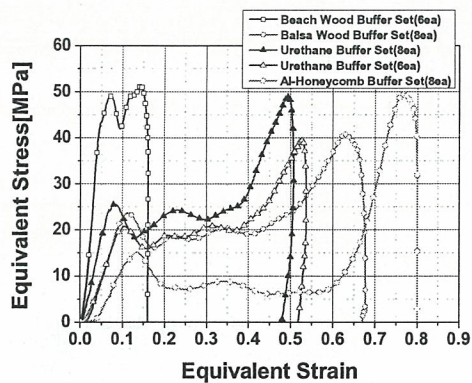


그림 5. 완충체의 등가 응력-변형률 선도

3. 결 론

비치우드, 발사우드, 우레탄 및 하니콤 완충재질에 대하여 외부 강판 및 거셋판이 포함된 충격완충체 모델을 제작하여 충돌시험을 수행하였다. 각각의 완충체에 대한 하중-시간 이력 및 등가 응력-변형률 선도를 획득하였다. 모든 조합의 완충체를 제작하지 못하고, 시편의 개수가 한정되어 제한적인 범위내에서 자료를 취득하였다. 충돌시험기의 충돌속도 및 충돌에너지를 세밀하게 조절할 수 있다면 좀 더 정확한 자료비교가 가능할 것이다.

참고문헌

1. J.E. Jeon et al., "Drop Weight Device Fabrication and Tests for a Dynamic Material Property of Shock-Absorbing Material and Structure in Transportation Package", Transactions of the Korean Nuclear Society Spring Meeting, 2009.