알루미늄 폼이 적용된 크래쉬 박스의 거동에 관한 연구

민병상*, 조재웅**
*공주대학교 일반대학원 기계공학과
**공주대학교 기계자동차 공학부
e-mail : jucho@kongju.ac.kr

Study on the Behavior of Crash Box Applied with Aluminum Foam

Byoung-Sang Min*, Jae-Ung Cho**
*Mechanical Engineering, Graduate Course, Kongju University
**Division of Mechanical & Automotive Engineering, Kongju University

요 약

충돌에서의 차체 손상과 충돌 성능 강화를 위하여 최근 크래쉬 영역의 개념이 설계개념에 도입되고 있다. 대표적인 예가 범퍼와 차체사이의 크래쉬 박스로 저속충돌시 충격에너지를 흡수하여 범퍼이후 차체에 에너지를 저감시켜 차량의 안전성 및 수리비 저감 등에 있어서도 매우 효과적인 역할을 하는 부품으로 이에 대한 개발을 위해 많은 연구들이 진행되고 있다. 본 논문에서는 충돌에너지 흡수성능이 우수한 크래쉬박스에 알루미늄 폼을 적용하였을 때 충돌에너지 흡수 및 거동에 대하여 충돌해석을 수행하였다.

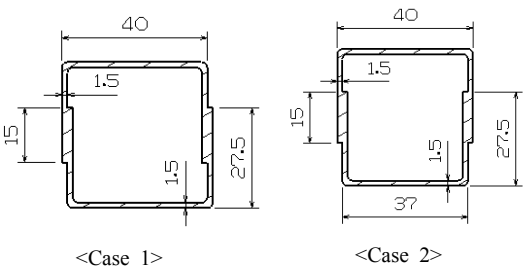
1. 서 론

최근 자동차의 급격함 증가에 따라 연비절감 및 주행안전 등의 관심이 고조되고 있다. 특히 자동차의 연비절감효과는 차량 경량화를 통해 획기적으로 얻어 낼 수 있으며 이를 위한 다양한 신소재의 적용이 노력되고 있다. 이러한 차체의 경량화는 충돌 안전성 확보된 상태에서 이루어져야 하므로 충돌시 발생하는 차체의 변형에 의한 재료의 동적 특성을 고려하여 차체설계가 이루어져야 한다. 일반적으로 알루미늄 차체는 기존 철강재에 대비 동일한 차체 강성을 만족시킨다고 가정할 때 약 30%의 경량효과를 얻어낼 수 있다[1-3]. 세계 각국의 정부에서는 자동차 충돌안전성 확보를 하기위해 자동차 안전기준의 제정하고 충돌시험을 통해 충돌시 안전성이 개선된 모델을 제시하여 승객의 안전성 확보여 기여하고 있다. 충돌시 차체손상과 충돌 성능 강화를 위해 크래쉬 영역에 대한 개념이 설계상 도입되어 범퍼와 차체에서 충돌에너지를 흡수 할수 있도록 크래쉬 박스가 적용되었다. 따라서 본 연구에서는 자동차의 저속충돌시 충격에너지를 흡수하는 역할을 하는 크래쉬 박스에 알루미늄폼을 적용하였을 때 충격에너지 흡수에 대해 알아보고자한다. 이를 위해 크래쉬박스를 설계 하였으며 설계한 모델에 8000J의 충격에너지를 주었을때 각 모델의 거동을 해석하였다[4,5].

2. 모델 및 조건

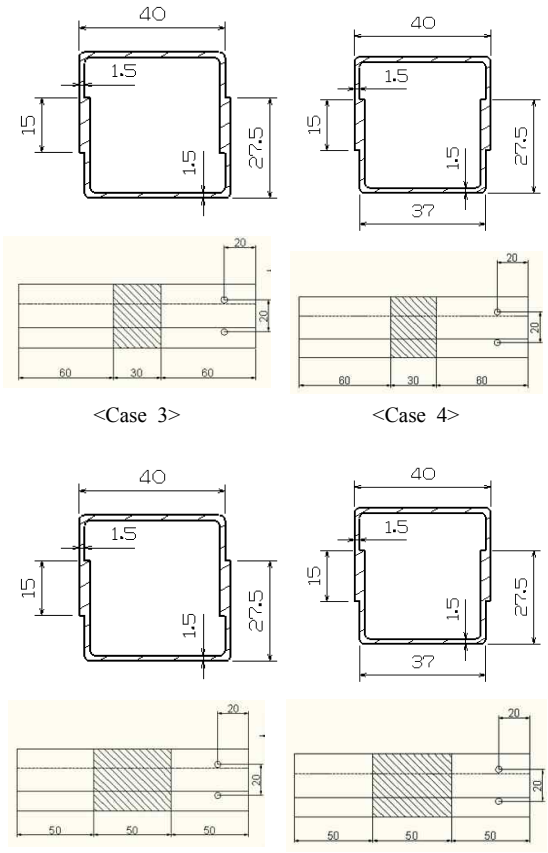
2.1 연구모델

본 연구에서는 그림 [1]과 같이 크래쉬 박스를 2가지형상으로 설계된 Case와 이 설계한 형상에 그림 [2]와같이 알루미늄 폼을 각각 30mm와 50mm 삽입한 Case, 총 6가지 Case로 채용하였다.



<Case 1> <Case 2>

[그림 1] 크래쉬 박스 형상 및 치수



<Case 3> <Case 4>

<Case 5> <Case 6>

[그림 2] 크래쉬 박스 형상 및 알루미늄 폼 치수

크래쉬 박스의 재질은 AL 7075-T6 이고 충격박스의 재질은 STEEL 4340 이며 각각의 물성치는 ANSYS에서 제공되며 알루미늄 폼은 실험을 통해 물성치를 산출하였다.

물성치는 [표 1, 2, 3]에 나타내었다.

[표 1] AL 7075-T6 물성치

Young's Modulus	71.7×10^{3}MPa
Poisson's Ratio	0.33
Mass Density	2.81×10^{-6}kg/mm³
Tensile Yield Strength	503. MPa
Tensile Ultimate Strength	572. MPa

[표 2] STEEL 4340 물성치

Young's Modulus	205×10^{3}MPa
Poisson's Ratio	0.29
Mass Density	7.83×10^{-6}kg/mm³
Tensile Yield Strength	470. MPa
Tensile Ultimate Strength	745. MPa

[표 3] AL 물성치

Young's Modulus	460 MPa
Poisson's Ratio	0.11
Mass Density	3×10^{-7}kg/mm³
Tensile Yield Strength	1.65 MPa
Tensile Ultimate Strength	2.3 MPa

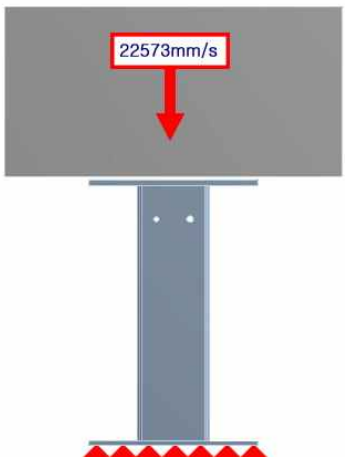
그림 [3]과 같이 크래쉬 박스 하단이 고정된 상태에서, 크래쉬 박스 위의 충격박스가 8000J의 충격량을 전달한다. 여기서 충격량 8000J은 범퍼가 충돌에 의해 16000J의 충격량을 받으면 범퍼후방에 장착된 2개의 크래쉬박스 중 한 개가 받는 충격량으로 이를 얻기 위하여 밀도 7.83g/cm^{3}의 STEEL 4340 재질 충돌박스가 22573mm/s의 속도로 충돌하도록 하였다.

식(1)은 STEEL 4340 재질의 200×200×100 사이즈 충돌 박스가 갖는 질량산출식이며

$$20cm\times20cm\times10cm\times7.83g/cm^3=31.32kg \quad \text{---- (1)}$$

얻어진 질량 31.32kg을 31.4kg으로 올림 한 후 8000J의 충격에너지를 전달할 수 있는 박스의 속도 B를 식(2)와 같이 구하였다.

$$\text{속도B}=\sqrt{\frac{8000\times2}{31.4}}=22573mm/s \quad \text{----- (2)}$$

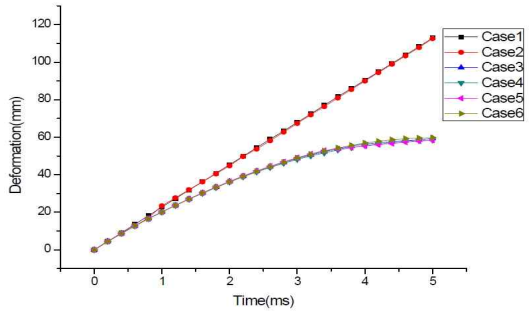


[그림 3] 경계 및 구속조건

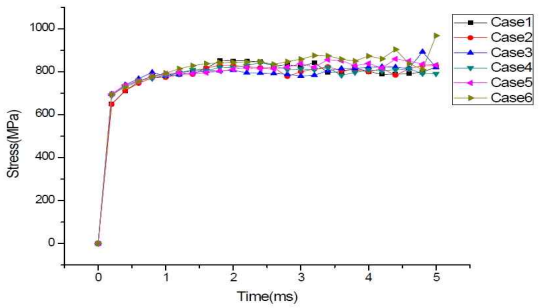
3. 해석 결과

크래쉬 박스에 8000J의 충격을 주었을 때 해석을 수행하였다. 그림 4는 크래쉬 박스의 변형에 대한그래프이다. Case 1과 2가 같은 양상으로 상승하는 그래프를 나타냈고, Case

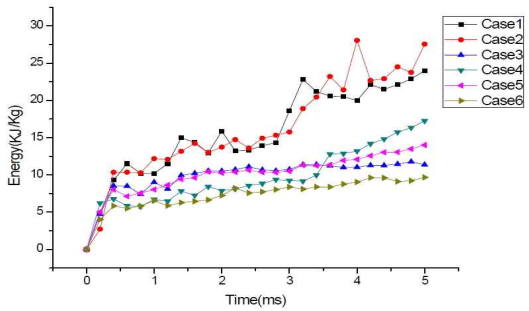
3에서 6은 3ms까지 상승하다가 그 후로 수렴하는 그래프를 나타내고 있다. 그림 5는 크래쉬 박스의 응력그래프로 응력의 양상은 모든 Case가 800MPa 전후로 나타내고 있다. 그림 6은 크래쉬 박스 내부의 최저에너지 그래프로 양상은 Case 1과 2가 20KJ/Kg 중반으로 나타났으며, Case 3에서 6은 10KJ/Kg 전후로 나타내고 있다.



[그림 4] 크래쉬 박스의 변형에 대한 그래프



[그림 5] 크래쉬 박스의 응력에 대한 그래프



[그림 6] 크래쉬 박스의 최저내부에너지에 대한 그래프

4. 결론

본 연구를 통해 크래쉬 박스에 알루미늄 폼을 적용하였을 때 충격량 전달 및 충격흡수능력을 동일한 시간동안 해석을 수행하였을 때 얻은 결과와 결론은 다음과 같다.

1) 각 Case별 해석 결과를 표 4와 같이 정리하였다.

[표 4]

	Deformation (mm)	Stress (MPa)	Energy (KJ/Kg)
Case1	112.9	822	23.98
Case2	112.6	827.5	27.55
Case3	59.4	819.5	11.37
Case4	58.4	790.3	17.25
Case5	58.36	830.9	14
Case6	59.73	967.5	9.672

2) Case 1,2의 변형의 대한 결과는 앞의 그래프와 같이 수직상승하는 양상을 보이고 있다. 이는 8000J의 에너지가 크래쉬 박스에서만 흡수되어 나타낸 것이다. 반면 Case3에서 6은 에너지가 크래쉬 박스 및 알루미늄 폼에 흡수되어 변형이 줄여든 것으로 나타났다. 또한 응력의 결과는 800MPa 근방에서 나타나고 있다.

3) 최저 내부에너지는 Case 1과 2가 20 KJ/Kg 중반으로 나타났으며, Case 3에서 6은 10KJ/Kg 전후로 나타내고 있다. 이 최저내부에너지는 차체에 전달되는 에너지로 Case 6이 가장 좋은 것으로 나타났다.

후기

본 연구는 한국연구재단 국제협력연구사업 (D00004) 지원으로 수행되었음.

참고문헌

[1] 이경호, 김석봉, 허훈, 유정수, 이문용, 2006, “유한요소해석를 통한 알루미늄 크래쉬 박스의 형상 연구”, 한국자동차공학회 추계학술대회논문집, pp. 1125-1130.

[2] Lorenzo Peroni, Massimiliano Avalle, Giovanni Belingardi, 2009, “Comparison of the energy absorption capability of crash box assembled by spot-weld and continuous joining techniques”, International Journal of Impact Engineering, No. 36, 498-511

[3] A. Rusinek, R. Zaera, P. Forquin, J.R. Klepaczko, 2008, “Effect of plastic deformation and boundary conditions combined with elastic wave propagation on the collapse site of a crash box”, Thin-Walled Structures, No. 46, pp. 1143-1163.

[4] CATIA V5R18, 다쏘시스템, 프랑스, 2007.

[5] Swanson, J.," Ansys 11.0," Ansys Inc., 2008.