

# 3차원 유한요소해석을 이용한 강화 플라스틱으로 구성된 경량 범퍼 백빔의 충격 거동 분석

## A Study on Impact Characteristics of Lightweight Bumper Backbeam Consisting of the Reinforced Plastic Using 3D Finite Element Analysis

#안동규<sup>1</sup>, \*김세훈<sup>2</sup>, 선향선<sup>2</sup>, 박근성<sup>3</sup>, 안주일<sup>3</sup>

#D. G. Ahn(smart@chosun.ac.kr)<sup>1</sup>, \*S. H. Kim<sup>2</sup>, H. S. Sun<sup>2</sup>, K. S. Park<sup>3</sup>, J. I. Ann<sup>3</sup>

<sup>1</sup>조선대학교 기계공학과, <sup>2</sup>조선대학교 기계공학과 일반대학원, <sup>3</sup>(주)CAMS

Key words : Bumper back beam, Reinforced plastic, TPO, TPO+ $\alpha$ , Pendulum impact, FE analysis

### 1. 서론

현대 사회에서는 에너지 고갈 현상에 따라 높은 에너지 효율의 제품에 대한 수요가 증가하고 있다. 또한, 환경적인 문제가 크게 대두되면서 관련 규제를 강화하는 등의 방법으로 친환경적인 제품 수준을 요구하고 있는 실정이다. 이에 따라 학계 및 국내의 자동차 업계에서는 이와 같은 요구를 만족시키기 위해 자동차 외장 부품 중 범퍼 시스템의 경량화 및 강성/충격 흡수능 향상에 대한 연구를 폭넓게 수행하고 있다. Marzbanrad 등은 유한요소 해석을 이용하여 GMT와 SMC 범퍼 백빔의 두께와 리브형 구조체의 분포에 따른 충돌 해석을 수행하여 범퍼 백빔의 충돌 특성을 분석하였다<sup>1</sup>. Davoodi 등은 복합재료를 이용한 에너지 업소버를 제작하여 범퍼 페시아와 범퍼 백빔 사이의 설계 변경을 통해 저속 충돌에서의 충돌에너지 흡수능에 대하여 연구를 수행하였다<sup>2</sup>.

본 연구에서는 3차원 유한요소 해석을 통하여 강화 플라스틱으로 구성된 범퍼 백빔의 최적 소재 배치 및 구성안을 도출하고자 한다.

### 2. 재료 물성 특성 및 유한요소 해석 방법

본 연구에서는 TPO (Thermoplastic Poly Olefin)와 TPO에 20%의 유리섬유를 첨가시킨 TPO+ $\alpha$ 를 범퍼 백빔의 재료로 사용하였다. 정적 인장 실험과 고속인장실험을 통하여 해석에 적용할 기계적 물성과 재료의 변형을 속도 효과에 의존적인 소성 영역의 응력-변형을 선도를 취득하였다.

북미 자동차 안전 규정 중 펜듈럼 (Pendulum) 충돌 조건에 대해 3차원 유한요소 해석 모델링을 Fig. 1과 같이 수행하였다.

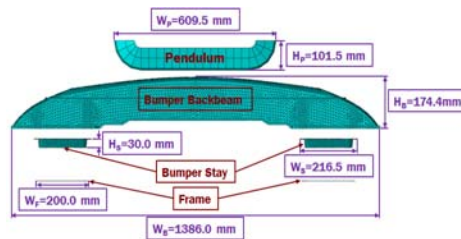


Fig. 1 FE model for the pendulum impact analysis

일반적으로 범퍼 시스템 충격 시험 시 범퍼 시스템을 구성하는 모든 부품을 대차에 마운팅하여 시험을 수행하지만, 본 해석 모델에서는 해석 시간을 최소화하기 위하여 범퍼 스테이에 연결되는 프레임 대신 평판 형상의 강체 구조물로 대체하였다.

내충격 유한요소 해석에 사용된 유한요소 격자수는 Table 1과 같다.

Table 1 Number of meshes

	Pendulum (EA)	Backbeam (EA)	Stay (EA)	Frame (EA)
Node	276	22,444	4,998	1,986
Element	242	70,006	13,920	1,990

3차원 유한요소 해석 시 실제 충돌 실험과 동일한 조건을 부여하기 위해 범퍼 백빔 및 스테이의 경우 자유단 상태로 가정하였고, 펜듈럼과 강체 평판의 경우 실제 충돌 방향인 Z 방향으로만 움직일 수 있도록 하였다. 차량의 무게 중심점과 펜듈럼에는 차체 공차 중량 1.6 ton을 부여하였으며, 무게 중심점과 강체 평판 사이에는 강체 요소를 생성하여 자동차 프레임을 구현하였다.

### 3. 범퍼 백빔의 유한요소 해석 결과 및 고찰

Table 2 및 Fig. 2, Fig. 3 은 범퍼 백빔의 소재 배치 및 구성에 따른 충돌해석결과를 나타낸다.

Table 2 Results of impact analysis

Design	Intrusion (mm)	Deflection (mm)	Max.Eff. Stress (MPa)	Max. Principle Strain
CASE 1	57.64	58.93	27.15	0.2310
CASE 2	53.80	50.65	75.31	0.2477
CASE 3	44.91	46.89	73.98	0.2166
CASE 4	38.30	39.71	84.08	0.0799

Table 2 에서 TPO+ $\alpha$  가 범퍼 백빔의 하단부에 적용된 조건 (CASE 3, CASE 4) 이 TPO 가 하단부에 적용된 조건 (CASE 1, CASE 2) 에 비하여 백빔의 침투량 및 처짐량, 최대 주변형률이 현저히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한, Fig 2 에서 TPO+ $\alpha$  를 백빔의 하단부에 적용시킴으로써 범퍼 스테이와 백빔의 결합부에서의 최대 응력 발생 영역이 감소하는 것을 알 수 있었다. 이 결과를 바탕으로 백빔의 하단부에 TPO 에 비해 TPO+ $\alpha$  를 적용하는 것이 범퍼 백빔의 충격 특성 향상에 기여도가 크다는 것을 알 수 있었다.

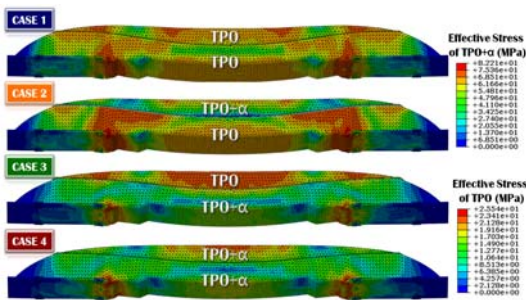


Fig. 2 Variation of effective stress distributions for different material combinations

그러나, TPO+ $\alpha$  를 백빔 하단부에 적용함으로써 침투량 및 처짐량은 25 % 이상 감소하는 반면, 최대응력의 경우 증가하는 경향을 보였다. 이 결과로부터 TPO+ $\alpha$  에 비해 상대적으로 연성이 높은 TPO 를 상단부에 적용한 CASE 3 의 경우 CASE 4 대비 최대 응력이 12 % 이상 감소된 충격 특성 결과를 얻을 수 있었다. 충격 시 에너지 흡수량과 에너지 흡수율을 타낸 Fig. 3 에서 침투량과 처짐량의 규정 조건 101mm/47mm 를 만족한 CASE 3

과 CASE 4 의 비교 결과 충돌 시 TPO 를 상단부에 배치한 CASE 3 이 충격 에너지 흡수능 또한 CASE 4 에 비해 6.5 % 정도 우수하다는 것을 알 수 있었다.

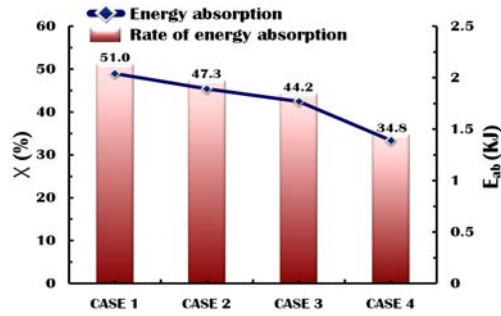


Fig. 3 The absorbed energy

이 결과로부터 TPO 와 TPO+ $\alpha$  를 각각 백빔 상·하단부에 배치한 CASE 3 이 대상 범퍼 백빔의 최적의 소재 배치 및 구성임을 확인할 수 있었다.

### 4. 결론

강화 플라스틱으로 구성된 범퍼 백빔의 소재 배치 및 구성에 따른 충격 특성 변화를 정량적으로 분석/고찰하였다. TPO+ $\alpha$  의 경우 범퍼 백빔의 하단부에 적용시키고, TPO 의 경우 펜들럼과의 접촉이 발생하는 상단부에 적용시켜 응력과 주변형률 발생 영역의 감소를 통해 침투량 및 처짐량의 감소와 충격 에너지 흡수율 증가 등의 충격 특성 향상에 기여함을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 CASE 3 을 가장 적합한 소재 배치 및 구성안으로 선정할 수 있었다.

### 후기

본 논문은 “현장 맞춤형 기술개발 사업 : 원가 절감형 신소재를 활용한 초경량 범퍼 백빔 개발” 의 연구 결과 중 일부임.

### 참고문헌

- Javad M., Masoud A. and Mahdi S K., "Design and analysis of an automotive bumper beam in low-speed frontal crashes, "Thin-Walled Structures, 47, 902-911, 2009.
- Davoodi M.M., Sapuan S.M., Yunus R., "Conceptual design of a polymer composite automotive bumper energy absorber, "Material and Design, 29, 1447-1452, 2008.