

충돌 충격 안전성 향상을 위한 범퍼 백빔의 단면 형상별 안전율 분석

백윤균*, 신승민*, 유영재*, 김정진**
 *대구 미래형자동차산업 혁신아카데미
 **계명대학교 기계자동차공학부
 e-mail: kjj4537@gmail.com

Safety factor by the cross-sectional shape of the bumper beam for improvement of collision impact safety

Yun-Kyun Baek*, Seung-Min Shin*, Yeong-Jae Yu*, Jung Jin Kim**
 *Daegu Future Automobile Industry Innovation Academy
 **Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

요약

전기차용 배터리의 수요 및 공급은 전기차의 보급의 증가와 함께 성장세가 가파르다. 다만, 배터리의 급격한 확산과 함께 다양한 문제점들이 발생하고 있다. 그중 충돌시 배터리 손상으로 인한 경제적, 안전적 문제가 제기되고 있는 상황이다. 본 논문에서는 자동차 범퍼 백빔의 충돌 상황 가정 하에 단면형상 변경을 통한 범퍼 백빔 변형량 감소를 목적으로 한다. 그 결과 형상변경을 통해 기존모델 대비 개선된 모델의 변형량이 약 20.5%로 감소로 강성이 크게 향상됨을 확인하였다.

1. 서론

최근 자동차 산업에서 내연기관의 배출은 배출가스 및 이산화탄소 배출 규제 강화로 가속화되고 있는 상황이다. Bloomberg NEF의 조사에 따르면 전세계 전기차 점유율은 2020년 3%, 2030년 24%, 2040년 54%로 예측하고 있다. 다만, 전기차 시장의 급격한 성장과 함께 다양한 이슈들이 발생하고 있다. 그 중 전기차 부품 중 가장 핵심이 되는 배터리의 파손은 운전자 및 차량의 안전성과 금전적 측면 모두 직결되어 있어 대표적인 이슈로 꼽힌다.

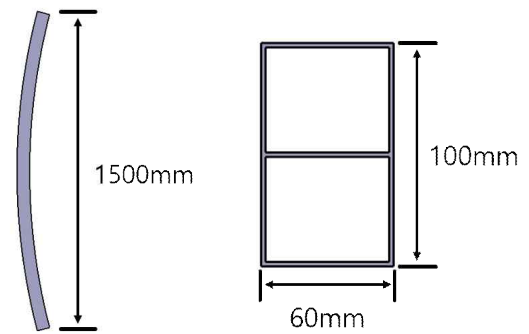
일반적으로 자동차 범퍼는 가장 먼저 외부의 충격으로부터 차량을 보호하는 역할 담당하고 있다. 범퍼는 크게 범퍼 커버, 폼(foam), 범퍼 백빔으로 구성된다. 특히, 범퍼 백빔은 차체 사이드 멤버에 장착되어 충돌시 상당한 충돌에너지를 흡수하는 역할을 하고 있다. 다만, SUV가 대중적이게 된 현재의 트렌드로 인해 도로 위 차량들의 무게가 증가하였고 외부 하중에 대한 구조적 취약성이 문제점으로 제기되어 범퍼 백빔의 강성을 높이는 연구들이 활발히 수행되고 있다.

본 연구는 범퍼 백빔의 강성 개선을 통해 충격에 대한 범퍼 백빔의 변형량 감소를 목표로 한다. 이를 위해 구조해석 기반의 취약점을 도출하고 이를 강화하는 설계안을 제시하였다. 그리고 기존 모델과 개선 모델의 변형량과 무게를 측정하여 비교 분석하였다.

2. 방법론

2.1 유한요소 모델링

본 연구에서는 현대자동차 아이오닉5 범퍼 백빔의 제원을 기반으로 모델링 하였다. 범퍼 백빔은 길이 1500 mm, 단면 기준 가로 60mm, 세로 100mm, 두께 2mm로 모델링 하였다(그림 1).



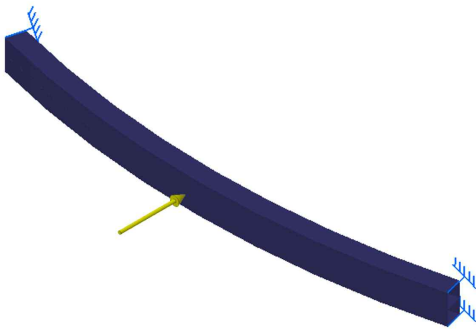
[그림 1] 아이오닉 범퍼빔 모델

[표 1] 단면 형상에 따른 Type 별 모델

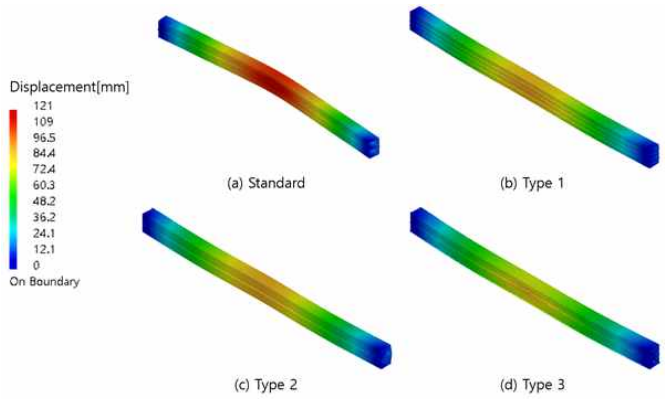
	기준모델	Type1	Type2	Type3
단면형상				

본 연구에서는 강성이 강화된 설계안을 도출하기 위해

범퍼 백빔의 단면형상이 서로 다른 3개의 개선된 모델을 생성하였다(표 1).



[그림 2] 하중조건, 구속조건 그림



[그림 3] 하중조건, 구속조건 그림

[표 2] Aluminium Alloy 7075-T6 물성치

Young Modulus [MPa]	71700
Poisson ratio	0.33
Density [kg/m ³]	2,810
Extreme Strength [MPa]	572
Yield Strength [MPa]	503

1의 모델의 평가점수는 67.37로 평가점수가 43.20인 Type2나 44.68인 Type3과 비교해 Type 1이 무게 증가율 대비 변형 감소율이 가장 우수함을 확인하였다.

[표 3] Type별 범퍼 백빔 변형량, 무게, 평가점수

	변형량[mm] / 변형 감소율[%]	무게[kg] / 무게 증가율[%]	평가점수
기준모델	120.59	3.135	
Type 1	95.840 / 20.52	4.090 / 30.46	67.37
Type 2	91.609 / 24.03	4.879 / 55.63	43.20
Type 3	89.278 / 25.97	4.957 / 58.12	44.68

2.2 유한요소 해석

정량적 변형량과 무게를 평가하기 위해 해당 모델들은 유한 요소 모델로 변환하였다. 이는 CATIA V5 Generative structural analysis를 통해 수행하였다. 범퍼 백빔의 요소의 크기는 5 mm로 생성하였다. 모든 유한 요소 모델은 일반적으로 범퍼 백빔에 사용되는 알루미늄 합금 7075-T6을 적용하였다. 알루미늄 합금 7075-T6의 물성치는 표 2에 나타내었다.

EDR관련 법규에 의하여 충격 속도를 48.6 km/h, 충격 시간을 0.15 s 로 가정하였을 때 범퍼 백빔에 가해지는 힘이 180 kN이라는 결과를 도출해낼 수 있다. 도출된 힘을 범퍼 백빔 중앙에 수직방향으로 부여하였다. 그리고 구속 고정 조건을 적용하였다(그림 2).

3. 결과 및 고찰

그림 3은 각 Type 별 해석 결과를 나타내었다. Type 1은 무게가 0.955kg이 증가하고 변형량은 24.75mm가 감소했다. Type 2은 무게가 1.744kg이 증가하고 변형량은 28.98mm가 감소했다. Type 3은 무게가 1.822kg이 증가하고 변형량은 31.31mm가 감소했다. 표 3은 해석 결과에 따른 기준 모델과 Type 별 모델의 변형 감소율, 무게 증가율, 평가점수를 나타낸다.

표3의 평가점수는 범퍼 변형 감소율을 무게 증가율로 나눈 값으로 각 Type 별 순위를 매기기 위해 작성하였다. Type

$$\text{변형감소율} = \frac{\text{기준 모델 변형량} - \text{Type 1,2,3 변형량}}{\text{기준 모델 변형량}} \times 100$$

$$\text{무게증가율} = \frac{\text{기준 모델 무게} - \text{Type 1,2,3 무게}}{\text{기준 모델 무게}} \times 100$$

$$\text{평가점수} = \frac{\text{변형 감소율}}{\text{무게 증가율}} \times 100$$

범퍼 백빔의 강성 개선을 통해 충격에 대한 범퍼 백빔의 변형량 감소를 목표로 진행하였으며 범퍼 백빔 중앙에 수직방향의 충격시 Type 1의 형상이 기준 모델과 비교해 변형량이 24.75mm 감소함을 확인하였다. 따라서 범퍼 백빔에 가해지는 힘의 방향으로 지지대를 추가하였을 경우 가장 변형량이 적음을 확인할 수 있었다.

CATIA V5 Generative structural analysis로는 충돌상황의 구현이 원활하지 못하여서 적합한 다른 해석 프로그램을 활용한 충돌상황의 동적해석이 필요하다. 또한 Full Overlap에서의 충돌상황을 가정하여 범퍼 백빔의 중앙에 힘을 가하였지만 Small Overlap의 경우도 가정하여 힘의 작용점을 다르게 진행한 연구가 추가적으로 필요하다고 판단한다. 더불어 경량화 소재를 적용한 연구를 진행할 경우, 경량화와 안전성을

모두 확보할 수 있을 것이라 예상된다. 또한, 차량 바디 전체를 고려하지 않고 범퍼 백빔만 고려하여 해석해 보았지만 범퍼 백빔과 차량 바디를 결합한 상태의 연구가 진행된다면 차량의 안전성 부분에서 효과적인 연구가 될 것이다.

4. 결론

본 연구를 통해 범퍼 백빔의 단면 형상 변경을 통한 충격시 변형량 감소를 연구하였다. 범퍼 백빔의 재질로 알루미늄 합금 7075-T6을 적용하고 CATIA V5 Generative structural analysis를 통해 변형량을 분석하였다. 여러 Type 별 무게 증가율 대비 변형량 비교를 통해 기존 모델에서 단순 지지대를 2개를 추가한 Type 1이 평가점수 67.37로 세 모델 중 적합하다는 것을 확인할 수 있었다. 본 연구를 토대로 단면형상 변경을 통해 변형량이 적은 범퍼 백빔을 사용한다면 안전성이 향상된 차량 설계가 가능할 것으로 판단된다.

참고문헌

- [1] 고전원 전기장치 충돌시험기준 (제 91조 4항)
- [2] 자동차 및 자동차부품의 성능과 기준에 관한 규칙 (제 56조의 2제 2항)
- [3] 설계변수에 따른 알루미늄 범퍼 시스템의 저속 충돌해석, 김대영 외 4인, 한국자동차공학회, 2017
- [4] 고속정면충돌 대응 알루미늄 범퍼 백빔 단면형상 최적화, 강성중 외 2인, 한국기계 가공학회, 2016
- [5] 보론강을 이용한 리어 범퍼 임팩트빔의 경량 설계 및 해석, 김기주 외 5인, 한국자동차공학회, 2012
- [6] 경량 고강도 알루미늄 범퍼 빔 개발, 강동포 외 3인, 한국소성가공학회, 2005
- [7] 자동차 범퍼빔 적용 차세대 재료기술의 개발, 이상제 외 3인, 한국자동차공학회, 2002
- [8] Crash Performance of Steel, Aluminum and Carbon Fiber Composite Bumper Beams with Steel Crush Cans, Kudav. D and Mallick. P. K, SAE International, 2021
- [9] Electric Vehicles to Accelerate to 54% of New Car Sales by 2040, Bloomberg NEF, 2017