

임팩트 빔의 단면 형상 변화에 따른 강성 개선 연구

김철홍*, 심경원*, 김정진**

*대구 미래형자동차산업 혁신아카데미

**계명대학교 기계자동차공학부

e-mail:kjj4537@gmail.com

A Study on Hardness Improvement by Change the Cross Sectional Shape of Impact Beam

Chul-Hong Kim*, Gyeong-Won Shim*, Jung Jin Kim**

**Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

* Daegu Future automobile industry innovation academy

요 약

본 논문에서는 측면 충돌 사고에서 탑승자 안전을 책임지는 임팩트 빔의 강성을 개선하기 위한 연구를 진행하였다. 기존의 파이프형 단면을 포함한 5가지 단면 형상을 동일한 조건 하에 유한요소해석통해 최적 형상을 찾아내었으며 기존 파이프형, '표'자형, 쌍모자형 대비 25%, 54%, 68%의 강성 개선을 확인하였다.

1. 서론

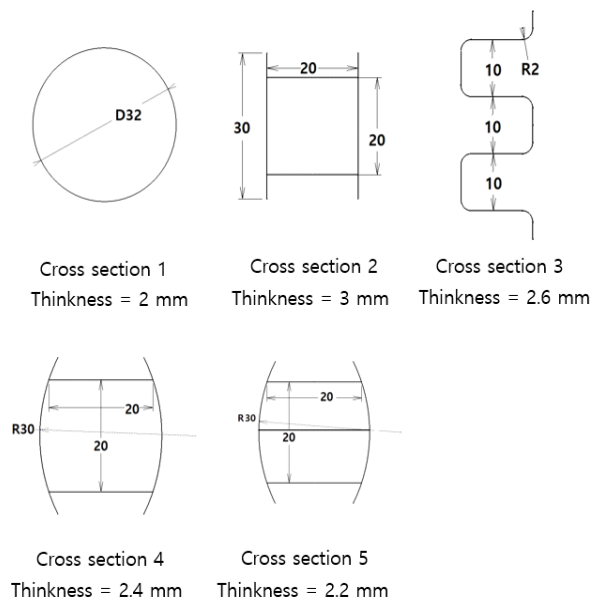
임팩트 빔은 도어 내부에 장착되어 필러 사이를 연결하며 도어의 충격 흡수와 강성 증가에 큰 효과가 있어 측면 교통사고 시 탑승자 안전을 책임지는 가장 중요한 부품 중 하나이다. 교통사고분석 시스템(TAAS)의 2020년 사고 유형별 교통사고 통계에 따르면 국내에서 발생한 차대차 사고 중 측면 충돌로 인한 사고가 46%에 달하며 부상자와 사망자 수도 가장 높은 비율을 차지했다[1].

측면 충돌은 충돌 지점과 탑승자 간의 거리가 가장 가까워 도어가 밀려들어와 탑승자와 부딪히는 과정에서 충돌 에너지가 직접 전달되기 때문에 그 충격이 매우 크다[2]. 이러한 측면 사고로 인한 피해를 줄이기 위해 임팩트 빔의 중요성이 계속 강조되고 있다. 북미의 NHTSA나 유럽의 ECE에서는 측면 충돌에 관한 법규를 제정하여 안전 기준을 충족하도록 규제하고 있다. FMVSS(연방 자동차 안전 기준)에 따르면 임팩트 빔은 충분한 굽힘 강도를 지니도록 설계하여 장착하여야 한다[3].

본 논문에서는 기존 단면 형상을 가진 임팩트 빔에 대해 강성 해석을 진행하고, 새로운 단면 형상을 적용함으로써 기존 단면들이 가지는 단점을 보완하여 기

존 임팩트 빔 대비 동등 이상의 측면 충돌에 대한 강성 성능을 만족하는 임팩트 빔 형상을 설계하는 것을 목표로 한다.

2. 본론



[그림 1] 임팩트 빔의 단면

2.1. 연구 대상

기존 임팩트 빔에 자주 적용되는 단면(Cross-Section)은 그림 1의 단면 1과 같은 파이프형, 단면 2와 같은 ‘ㄷ’자형 그리고 단면 3과 같은 쌍모자 형태의 판넬형이다. 파이프형 임팩트 빔은 중공축 형태의 강관으로 브래킷과 용접해 도어에 부착하는 방식이며 높은 강도를 가지고 있어 국내에서 가장 많이 쓰이고 있는 형상이다. ‘ㄷ’자형과 판넬형 임팩트 빔은 브래킷 또는 패널에 직접 볼팅 체결함으로써 공정이 단순하고 가벼워 경량화 추세에 맞춰 지속적으로 연구되고 있다[4].

본 논문에서는 기존의 파이프형과 ‘ㄷ’자형, 판넬형 임팩트 빔에 대해서 강성 해석을 진행하였고 더 나아가 임팩트 빔의 강성을 개선하기 위해 단면 형상을 변형하였다. ‘ㄷ’ 형태의 단면에서 양 끝을 직선이 아닌 원호 모양의 형상으로 변형하여 단면 4를 제안하였다. 그리고 단면 4의 형상의 중앙에 보강재를 추가하여 단면 5를 제작하였다. 최종적으로 기존의 임팩트 빔과 변형한 임팩트 빔을 유한요소해석을 통해 변위를 비교하여 더 나은 형상을 선정하였다.

2.2. 유한요소해석

이번 연구에서는 위에서 결정한 각각 다른 단면 형상의 임팩트 빔을 유한요소해석을 통해 분석하였다. 단면 형상에 따른 차이를 확인하기 위해 재료, 길이, 무게, 경계 조건, 하중 조건 등의 상태를 동일하게 설정한 뒤 3점 굽힘 시험을 통하여 변위를 확인하였다. 시험 결과 변위가 가장 적은 단면 형상을 최적의 임팩트 빔 형상으로 선정하였다.

본 연구에서는 CATIA V5 R19를 이용하여 3D 모델링과 유한요소해석을 진행하였다. 해석을 위해 그림 1의 단면 형상들을 길이 700 mm의 임팩트 빔으로 제작하였고 재료는 Steel, 무게는 1.2 kg의 동일한 조건을 주었다. 사용한 재료의 물성치는 아래 표 1과 같다.

유한요소해석을 위하여 임팩트 빔을 Size 7 mm, Absolute Sag 1 mm의 정사면체 Mesh로 분할하였다. 그 결과 표 2와 같은 절점과 요소가 발생하였다. 3점 굽힘 시험을 위해 빔 아래 양단 80 mm 지점에 원통 형상을 Assemble 하여 지지부로 두었고 원통 양단을 Clamp로 고정하였으며 General Analysis Connection 기능을 이용해 빔 하단부와 지지부를 연결하였다. 그리고 빔 양 끝단의 한 점에 Mesh를 두고 x, y 축 방향으로 구속 경계조건을 주었다. 또한 하중 조건을 구하기 위해서 아래 충격력 공식을 사용하였다.

$$F = ma$$

$$= m \times \frac{dv}{dt} \quad (1)$$

$$\int Fdt = \int mdv \quad (2)$$

$$F = \frac{m(v_1 - v_2)}{t} \quad (3)$$

식 (3)에 $m = 2000 \text{ kg}$, $v_1 = 27.78 \text{ m/s} (= 100 \text{ km/h})$, $v_2 = 0 \text{ m/s}$, $t = 0.3 \text{ s}$ 의 조건을 대입하여 185,200 N의 충격력을 얻어냈고 이를 바탕으로 200,000 N의 하중 조건을 임팩트 빔 중앙에 아래 방향으로 주었다. 이렇게 경계 조건과 하중 조건을 동일하게 설정하고 단면을 변경하며 임팩트 빔에 대한 3점 굽힘 시험을 진행하였다. 해석을 위한 장비로는 Intel i7-9700 CPU, 16.0GB RAM, Windows 10 OS를 사용하였다.

[표 1] Steel 재료의 물성치

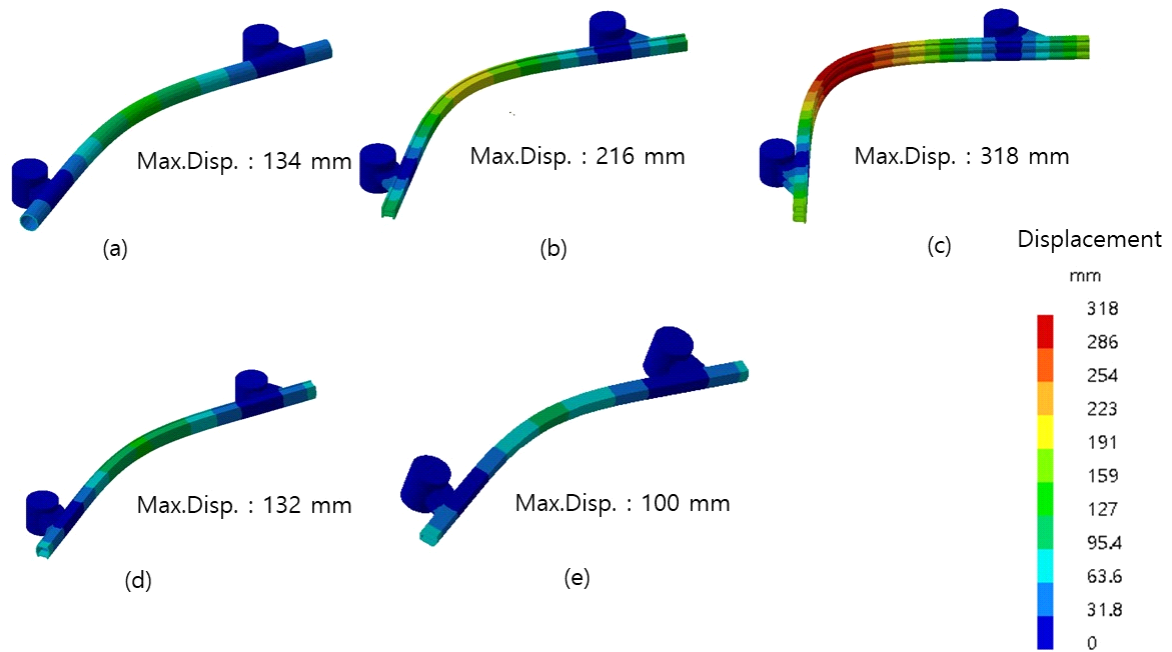
Material Properties	Steel
Young's Modulus [GPa]	200
Poisson's Ratio	0.266
Density [kg/m ³]	7860
Yield Strength [MPa]	250

[표 2] 유한요소모델의 절점 수와 요소 수

	Number of node	Number of element
Cross Section 1	23,090	35,661
Cross Section 2	64,356	39,187
Cross Section 3	64,454	38,573
Cross Section 4	63,596	39,187
Cross Section 5	64,269	39,400

2.3 해석 결과

그림 2는 각 단면에 대한 해석 결과를 보여준다. 해석 결과 각 임팩트 빔에 표 3과 같은 변위가 발생하였다. 먼저 기존에 사용하던 단면 1, 단면 2, 단면 3을 비교했을 때 각각 134 mm, 216 mm, 312 mm의 변위가 발생하여 중공축을 사용하는 단면 1에서 가장 적은 변위가 나타났다. 그리고 새롭게 제작한 단면 4에서는 132 mm로 기존 임팩트 빔 중 최소 변위를 보인 단면 1과 거의 비슷한 수준의 변위가 발생하였으며 단면 5에서는 100 mm로 모든 임팩트 빔 중에서도 가장 작은 변위가 나타났다. 단면 5의 임팩트 빔을 사용했을 때 변위가 단면 1 대비 25%, 단면 2 대비 54%, 단면 3 대비 68% 감소하였다. 이러한 결과값을 바탕으로 단면 5 형상을 지닌 임팩트 빔을 가장 높은 강성을 지닌 최적의 임팩트 빔으로 선정하였다.



[그림 2] 임팩트 빔 변위 (a)단면 1, (b)단면 2, (c)단면 3, (d)단면 4, (e)단면 5

[표 3] 단면 별 변위

	Displacement[mm]
Cross Section 1	134
Cross Section 2	216
Cross Section 3	312
Cross Section 4	132
Cross Section 5	100

3. 결론

이번 연구에서는 총 5가지 단면 형상에 대하여 동일 조건과 하중을 주고 3점 굽힘 시험을 진행하였다. 그리고 해석을 통해 나온 결과값을 바탕으로 최적 단면 형상을 선정하였다. 연구를 통해 나온 결론은 아래와 같다.

1. 길이 750 mm, 무게 1.2 kg, Steel로 제작된 임팩트 빔에 동일한 경계 조건과 200,000 N의 하중 조건을 주고 단면 형상을 변형하여 3점 굽힘 시험을 진행한 결과 단면 5의 임팩트 빔에서 100 mm로 최소 변위가 발생하여 최적의 임팩트 빔으로 선정하였다.
2. 단면 5의 임팩트 빔을 사용했을 때 기존 파이프형 임팩트 빔 대비 25%, ‘교’자 형 임팩트 빔 대비 54%, 쌍모자형 임

팩트 빔 대비 68%의 강성 개선이 이루어짐을 확인하였다.
3. 단면 5는 모두 같은 조건을 바탕으로 해석을 진행하였음에도 가장 적은 변위가 발생해 추가적인 연구에 따라 기존의 임팩트 빔을 대체할 수 있을 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] 도로교통공단, "사고유형별 교통사고(2005~)"
- [2] 김종수, 조현권, 김희중, 박현민, 강두안, "도어트립 SHARP EDGE 예측을 위한 전면 충격 시험법 연구", 한국자동차공학회 추계학술대회 및 전시회, 2014.11, pp.825-828
- [3] 김선용, "3점 굽힘 하중 해석을 통한 금속 판재형 도어 임팩트 단면형상 최적설계", 한국산학기술학회, Vol.20, No.7 pp. 166-172
- [4] 소범식, 김제현, 정희진, 김종원, 최해태, 허철, '제조성 및 구조강성을 고려한 자동차 도어 임팩트빔 형상 개발', 대한기계학회 춘추학술대회, 2014.11, pp.926~931