차량 경량화를 위한 사이드스텝 설계 개선

권용태*, 장성호*, 김정진**
*대구 미래형자동차산업 혁신아카데미
**계명대학교 기계자동차공학부
e-mail: kjj4537@gmail.com

Design improvement of sidestep for vehicle weight reduction

Yong-Tae Kwon*, Seong-Ho Jang*, Jung Jin Kim**
*Daegu Future Automobile Industry Innovation Academy
**Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

요 약

노약자와 어린아이들을 위한 탑승 보조 장치인 사이드스텝이 권장되지만 추가적인 비용, 차량 무게 증가 등의 이유로 설계 개선이 필요하다고 판단된다. 본 논문에서는 사이드스텝이 2500N의 하중을 받는다는 가정하에 형상 변경을 통한 제작 공정 단순화, 무게 감소를 목적으로 한다. 그 결과 형상 변경을 통해 기준모델 대비 개선된 모델의 무게는 11.84% 감소함을 확인하였다. 또한, 형상의 단순화로 제작 비용의 감소가 기대된다.

1. 서론

최근 유럽과 미국을 중심으로 한 선진 각국의 연비에 대한 규제와 배기가스 및 온실가스 규제가 단계적으로 강화됨에 있어 자동차 산업에서 경량화에 대한 이슈가 가속화되고 있다[1].

차량의 무게를 줄일 경우 환경적, 경제적 다양한 측면에서 이점을 볼 수 있다. 1,500kg의 승용차 무게를 약 10% 줄일 경우 연비 4~6% 향상, 가속성능 약 8% 향상, 주행거리 약 10% 증가, 탄소배출 약 4.5% 감소 등의 효과를 낼 수 있다[2].

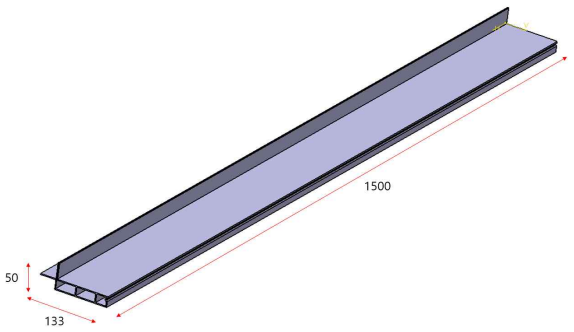
차량용 사이드스텝은 SUV, MPV, RV 차량 등 차량의 크기가 크고 높은 차종에 적용되는 파츠 중 하나로써 탑승자의 용이한 승하차를 위해 사용되는 제품이다. 노약자와 어린아이들의 안전을 위해 사용이 권장되지만, 추가적인 설치가 필요하므로 무게와 비용 부분에서 개선이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 차량용 사이드스텝 설계 개선을 통해 제작 공정 단순화로 인한 비용 감소, 무게 감소로 인한 연비 향상 효과를 목표로 한다. 이를 위해 기존 사이드스텝의 모델과 비교하여 개선 모델의 무게와 안전성을 정량적으로 분석하였다.

2. 본론

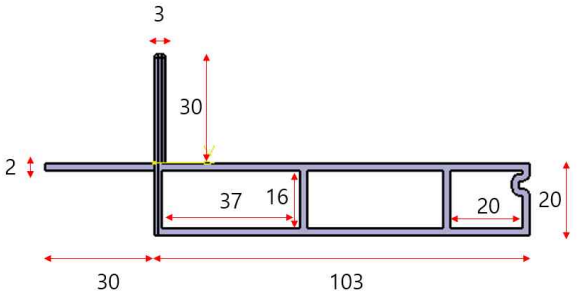
2.1 유한요소모델링

본 연구에서는 기아자동차 카니발 KA4 사이드스텝의 제원을 기반으로 모델링 하였다. 다만 사이드스텝의 정확한 치수는 공개되지 않았으므로 대략적인 치수를 기준으로 모델링을 하였다. 사이드스텝은 가로 133 mm, 세로 1500 mm, 높이 50mm의 크기를 가진다(그림 1).

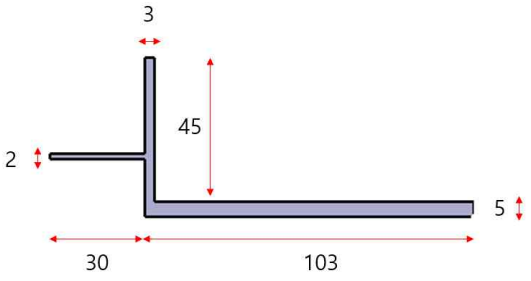


[그림 1] 사이드스텝 기준 모델

본 연구에서는 무게 감소, 제작 공정 단순화 효과를 위해 사이드스텝의 기존 발판의 형상과 다른 발판을 설계하여 개선 모델에 적용하였다(그림 2), (그림 3).



[그림 2] 기존 모델 발판 형상

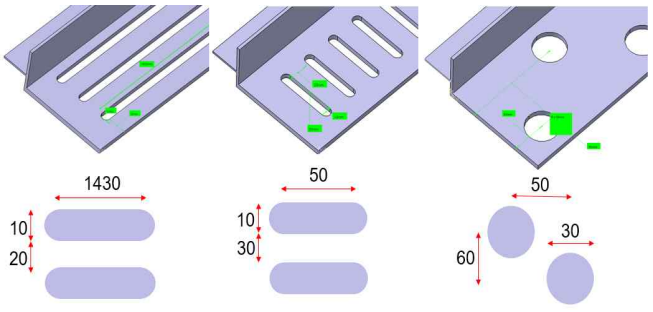


[그림 3] 개선 모델 발판 형상

[표 1] 발판 무게

	무게 [kg]
기존 모델 발판	2.838
변경 모델 발판	2.886

또한, 개선 모델의 발판에 각각 다른 형상의 구멍을 내주어 구멍 형상에 따른 무게 감소와 안전율을 비교해 최적의 형상을 설계하고자 함(그림 4)



[그림 4] 3가지 모델

[표 2] Aluminium 물성치

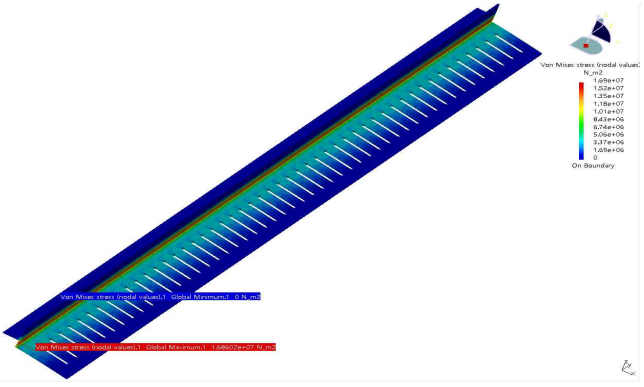
Young Modulus [MPa]	70,000
Poisson ratio	0.346
Density [kg/m^3]	2,710
Yield Strength [MPa]	95

정량적 안전성을 평가하기 위해 해당 모델들은 유한 요소 모델로 변환하였다. 이는 CATIA V5 Generative structural analysis를 통해 수행하였다. 사이드스텝의 요소의 크기는 5mm로 생성하였다.

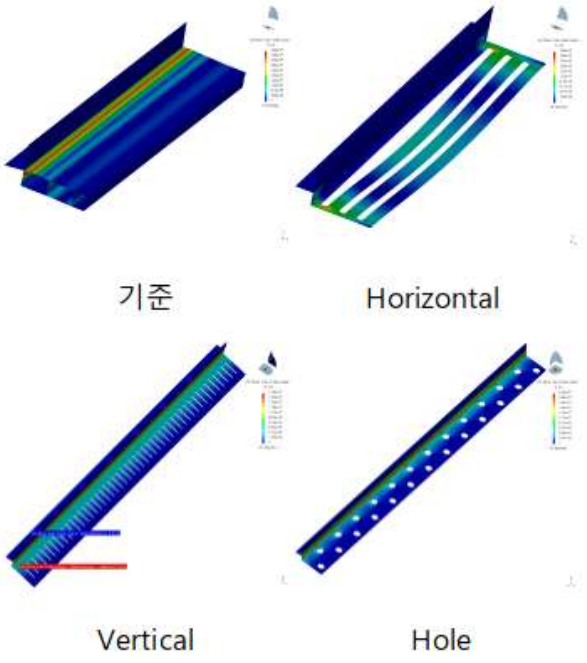
2.2 유한요소해석

본 연구에서는 2500N의 분포하중이 아래로(-Z축) 가해지는 상황을 가정하였다. 그리고 구속 조건으로는 사이드스텝이 차량과 맞닿는 부분 즉, 두 부분에 고정 조건을 적용하였다. 모든 유한 요소 모델은 일반적으로 사이드스텝에 사용되는 알루미늄을 적용하였다. 알루미늄의 물성치는 표 2에 나타내었다.

3. 결론



[그림 5] Von-Misses Stress 해석 결과



[그림 6] 각 타입 별 Von-Misses Stress 해석 결과

[표 3] 기존 모델 대비 안전율

	무게 (kg)	Von-Mises stress (Mpa)	안전율
기준모델	2.838	40.6	2.340
Horizontal	2.302	2040	0.047
Vertical	2.502	16.9	5.621
Hole	2.647	20.4	4.657

표 3과 그림 5은 해석 결과에 따른 기존 모델과 Type 별 모델의 안전율, Von-Mises Stress를 나타낸다. 그림 6은 각 Type 별 해석 결과를 나타내었다.

먼저 표 1에서 발판의 형상을 그림 3처럼 변경 했을 때 무게는 1.691% 증가했지만 제작 공정이 보다 단순화된 것을 볼 수 있다. 이로 따라 제작 비용 감소 효과를 얻을 수 있다.

또한, 개선 발판에 추가적인 구멍을 내주어 무게 감소 효과를 내주었다.

Horizontal 모델의 경우 무게가 2.302kg으로 기준모델(2.838kg)보다 18.89% 감소를 확인하였다. 안전율은 0.05로 기존 모델(2.34)보다 약 0.02배가 되었음을 확인하였다.

Vertical 모델의 무게는 2.502kg로 기존 모델보다 11.84% 감소를 확인하였다. 안전율은 5.62로 기존 모델보다 약 2.4배가 되었음을 확인하였다.

Hole 모델의 경우 무게가 2.647kg으로 기준 모델보다 6.73% 감소를 확인하였다. 안전율은 4.66으로 기준 모델보다 약 2배가 되었음을 확인하였다.

결과적으로 Horizontal 모델의 경우 매우 낮은 안전율로 부적합한 모델이라 판단하였고, Vertical 모델이 무게 2.502kg, 안전율 5.62로 기존 모델 대비 무게 10% 감소, 제작 공정 단순화라는 연구 목적에 부합하는 모델임을 확인하였다. 다만 본 연구는 사이드스텝과 차량이 연결되지 않은 즉, 사이드스텝 그 자체가 하중을 버티는 조건으로 연구를 수행하였다. 따라서 향후 실제 사이드스텝과 차량을 연결한 모델링을 통한 연구가 추가로 필요하다고 판단된다. 또한, 기준 모델 대비 11.84%의 무게 감소가 되었지만 줄어든 절대적 무게가 다소 크지 않음이 확인되었다. 그럼에도 구조의 변경이 사이드스텝의 설계 개선을 통해 무게 변경(경량화) 및 안전율 분석을 성공적으로 수행하였다. 본 연구의 결과와 한계를 통해 추후 연구가 활성화되기를 기대해본다.

참고문헌

[1] “1300MPa급 초고강도강 적용 자동차 부품의 성형 공정 최적화 및 금형 구조/내구 특성 평가 기술 개발”, 한국생산기술연구원, pp 7, 2월, 2017년

[2] “자동차 다이어트를 위한 경량화소재 경쟁”, 한국자동차연구원, 11월, 2020년