

굽힘 거동 분석을 통한 루프랙 가로바 설계

안준영*, 이수진*, 주성현*, 김정진**

*대구 미래형자동차산업 혁신아카데미

**계명대학교 기계자동차공학부

e-mail: kj4537@gmail.com

Design of roof rack crossbar through bending behavior analysis

Jun-Young An*, Su-Jin Lee*, Sung-Hyun Ju*, Jung Jin Kim**

*Daegu Future Automobile Industry Innovation Academy

**Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

요약

본 논문에서는 루프랙 가로바의 굽힘 거동에 관한 연구를 진행하였다. 루프랙 가로바의 강성 개선을 위해 기존 모델과 재질, 두께, 형상에 따른 3가지 모델을 형성하여 유한요소해석을 진행하였다. 그 결과, 기존 두께를 2 mm로 변경하고 소재를 스테인리스로 변경했을 때 가장 좋은 결과를 도출하였다.

1. 서론

루프랙 가로바는 2개의 Bar가 가로로 연결되어 차 외부에 짐을 실을 수 있도록 도와주는 장치이며 적재 물품의 하중을 집중적으로 받는 중요한 부품이다. 코로나19가 시작된 이후로 야외활동을 즐기는 인구가 증가하여 차량 지붕 위에 다양한 물건들을 적재한 차량들을 쉽게 볼 수 있으며, 적재하는 무게 또한 증가하고 있다. 따라서, 루프랙 가로바는 상당한 무게의 하중들을 견뎌야 하는 극한의 상황에 놓여 있다. 이를 견디어 내지 못한다면 대형 사고로 이어질 수 있어 루프랙 설계의 대한 주의가 필요하다.

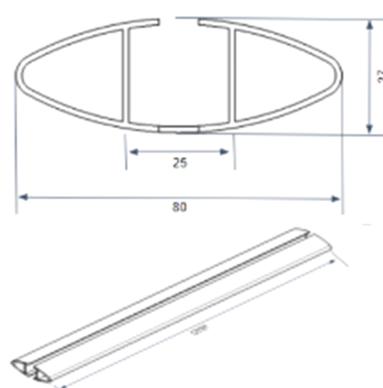
이러한 문제점들에 관련하여 최계광 외 1인은 루프랙의 형상에 관한 구조해석 연구를 진행하였다 [1]. 심규호 외 4인은 정하중 해석 및 시험을 통해 차량용 알루미늄 루프랙의 성능을 검증하였다[2]. 또한, 차량용 루프랙의 마운팅 조건에 따른 하중 및 변위 평가[3]도 진행한 바 있다. 하지만, 루프랙 자체에 관한 연구와 검증만 진행되었고, 루프랙의 가로바에 대한 연구는 미비하다.

본 연구에서는 기존 루프랙 가로바의 재질, 두께, 형상에 따라 굽힘 거동을 분석하여 강성이 개선된 설계안 제시를 목표로 한다.

2. 본론

2.1 루프랙 가로바의 형상

본 연구는 국내에서 판매되고 있는 유일캐리어社의 Yi-190WB 제품을 연구 대상으로 선정하였다. 가로바는 폭과 높이가 각각 80 mm와 27 mm이며 두께는 1.5 mm이다. 총 길이는 1,200 mm이며, 가로바의 아랫면에 루프랙과 가로바 간 체결장치의 고정을 위한 폭 10 mm, 길이 200 mm의 홈을 형성하였다. 또한 가로바의 윗면에 고무 몰딩을 연결하기 위한 가로 10 mm, 길이 1,200 mm의 홈을 형성하였다[그림 1].



[그림 1] 루프랙 가로바 형상

다만, 고정장치와 고무 몰딩은 제외하고 가로바 형상만을 고려하여 모델링하였다.

본 연구의 목표인 가로바의 재질, 두께, 형상에 따른 굽힘 거동을 분석하기 위해, 기존 모델 형상(Model A)을 기반으로 Model B, C, D를 생성하였다. Model B는 Model A의 형상은 유지한 채 두께만 2 mm로 변경한 모델이다. Model C는 Model A에 가로지지대를 추가한 형상이며 두께는 Model A와 동일하다. Model D는 Model A와 동일한 형상에 스테인리스로 소재만 변경하였다.

2.2 유한 요소 해석

본 연구에서는 효율적 구조적 거동 분석을 위해 양단 고정보를 MBB beam의 구조를 참고하여 구조의 절반만 해석을 진행하였다. 켄틸레버보의 끝 벽면에 수직방향으로 롤러 지지하여 z축 방향을 자유 상태로 두고 해석하였다.

하중 조건은 루프랙 가로바 설치 후 도로 과속 방지턱 등을 고려하여 최대 3.0G의 수직 가속도가 작용하는 것으로 하중 조건을 적용하였다[4].

유한요소 모델 Model A, B, C에는 알루미늄의 물성치를 부여하였다. Model D는 스테인리스(STS304)의 물성치를 부여하였다[표 1]. 각 Model의 절점과 요소수는 [표 2]와 같다.

[표 1] Structural properties

Material's Properties [Units]	Aluminium	STS304
Young's modulus [GPa]	70.00	190.00
Poisson's ratio	0.346	0.29
Density [kg/m ³]	2710	7.93
Yield stress [MPa]	95.00	215.00

[표 2] Model별 Node와 Element의 수

	Model A	Model B	Model C	Model D
Node	170,310	194,579	216,042	127,334
Element	596,389	722,737	762,736	465,260

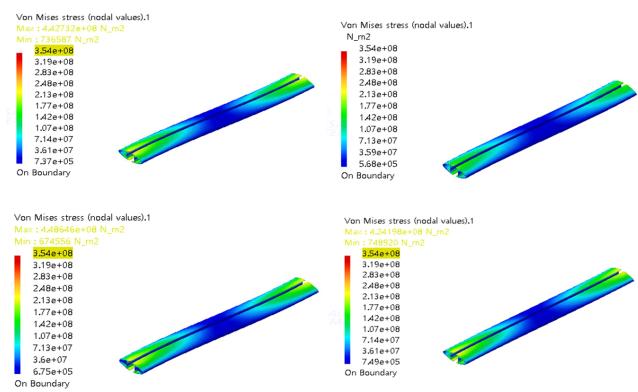
3. 결론

표 3과 그림 2는 Model별 Maximun Von-Mises Stress를 나타낸다. 기존 모델을 기준으로 재질별 두께에 따른 굽힘 거동에 관한 연구를 진행하였다.

기존 모델과 대비하여 두께를 증가시킨 Model B가 가장 뛰어난 결과가 나타났다. 기존 모델 대비 약 20%가 줄어든 최대 응력 값을 가졌다. 또한, 소재를 변경한 Model D는 약 4.2% 줄어든 수치를 가졌다. 결론적으로 두께를 2 mm로 변경하고 소재를 스테인리스(STS304)로 변경했을 때 가장 좋은 결과로 도출되었다.

[표 3] Model별 유한요소해석 결과

Maximum Von-Mises stress [MPa]	
Model A	442.732
Model B	354.031
Model C	448.646
Model D	424.198



[그림 2] Model별 Von-Mises Stress 해석

참고문헌

- [1] 자동차 루프랙의 형상에 따른 구조 해석을 통한 융합 연구, 최계광 외 1인, 한국융합학회, 2019
- [2] 정하중 해석 및 시험을 통한 차량용 알루미늄 일체형 루프 랙의 성능 검증, 심규호 외 4인, 한국자동차공학회, 2018
- [3] 차량용 루프랙의 마운팅조건에 따른 하중 및 변위 평가, 심 규호 외 4인, 한국자동차공학회, 2019
- [4] 과속방지턱의 설치효과 분석 및 수직 가속도에 의한 개발 연구, 금기정, 대한교통학회, 1996