

위상최적설계 기반 스트럿 바의 경량화

임세윤*, 김민규*, 김정진*

*계명대학교 기계공학과

e-mail:limseyun8486@gmail.com

Light-weight Strut bar based on Topology Optimization

Se-Yoon Lim*, Min Gyu Kim*, Jung Jin Kim*

*Dept. of Mechanical Engineering, Keimyung University

요 약

스트럿 바는 차량의 캐스터에 연결되어 차체의 비틀림을 줄여 적은 비용으로 주행 성능을 향상시킬 수 있다는 장점을 가진다. 다만, 전륜구동 장치의 무게와 차량 제조 단가의 증가의 문제점이 존재한다. 현재 여러 형상의 스트럿 바가 판매되고 있으나 결량화에 대한 고려가 부족하고 표준화되지 못한 경우가 많다. 이에 본 연구는 위상최적설계 기반의 스트럿 바 경량화를 목표로 한다. 이를 위해 스트럿바의 대표 모델을 선정하고 스트럿바의 중심부를 설계영역으로 설정하였다. 또한 스트럿바의 원래 기능을 유지하면서 결량화를 구현하기 위해 차체의 가장 큰 비틀림이 발생하는 회전 주행에 따른 하중조건을 고려하였으며, 위상최적설계를 통해, 불필요한 부위를 제거하여 경량화를 구현하였다.

1. 서론

2. 본론

스트럿 바는 캐스터에 연결되어 노면에서 전달되는 하중을 경감하고 차량 조향성을 향상시키는 부품이다. 하지만 장착 시 전륜 구동장치의 무게 증가시키고 차량 제조 단가를 올리는 문제점이 있다. 이에 후속시장에서 사용자에게 의해 판매 및 설치되고 있다. 다만 표준화되지 못하고 다양한 형태들의 스트럿 바들이 판매되고 있다.

최근 몇몇 연구자들에 의해서 스트럿 바에 관한 연구가 활발히 진행되어 왔다[1,2,3]. 다만, 현재까지의 연구는 안전성과 소재 위주의 연구만이 존재하며 스트럿 바의 경량 설계를 위한 연구는 진행된 바가 없다. 위상최적설계는 재료의 밀도를 하중조건과 파괴분율에 따라 변경하여 최적화된 구조물의 위상을 찾아내는 기법이다. 이를 기반으로 다양한 제품 제작 시 초기 개념 설계 과정에 사용되며 하중에 적합한 위상을 고려해볼 수 있다는 장점이 있다.

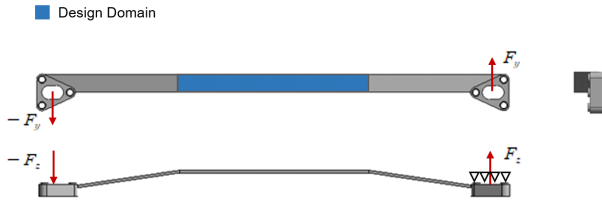
본 연구에서는 회전 주행 시 발생하는 하중을 고려한 위상최적설계를 이용한 경량 설계를 목표로 한다. 스트럿 바의 구조적 거동을 정량적으로 분석하고, 위상최적설계를 통해 기존 모델과의 무게 감소량을 비교하였다.

본 연구는 스트럿 바의 대표 모델을 선정하고 중심부를 설계영역으로 설정하였다. 해당 영역에 회전 주행 시 발생하는 하중조건을 고려한 위상최적설계를 진행하였으며, 기존 모델과 저감된 무게량 비교를 통해 최적 설계안을 검증하였다.

2.1 유한요소해석 모델링

본 연구에서는 국내에 판매되고 있는 Luxon Front Strut Bar 모델을 단순화하여 유한요소모델로 생성하였다. 이를 위해 상용 소프트웨어인 ANSYS 2021 R2 Workbench를 사용하였다. 스트럿 바의 지지대 길이는 가로 1225 mm와 높이 67 mm이며, 고정부의 크기는 가로 110 mm와 두께 7 mm이다. 스트럿 바에는 Aluminium 6061(Yield Strength Steel: 276 Mpa, Tensile Ultimate Strength: 310 Mpa) 물성치를 부여하였다[4].

본 연구에서는 차량이 회전 주행 시 스트럿 바에 발생하는 하중 조건을 고려하였다. 왼쪽 고정부에 Radial 방향 -20 N, Perpendicular 방향 -2 N을 부여하였으며, 오른쪽 고정부에 Radial 방향 20 N, Perpendicular 방향 2 N을 부여하였다.



[그림 1] 스트럿 바 경계조건

스트럿 바의 나사와 차체가 결속되는 부분의 한쪽을 고정하여 구속 조건을 부여하였다(그림 1).

유한요소모델은 13,868개의 질점과 64,478개 노드로 구성하였다.

2.2 위상최적설계

본 연구에서는 스트럿 바의 응력 분포에 따른 불필요한 형상을 제거하기 위해 위상최적설계를 수행하였다. 경량화를 위한 설계 영역은 스트럿 바의 중심부를 선정하였으며, 크기는 가로 494.2 mm와 세로 47.0 mm를 가진다(그림 1).

위상최적설계를 대칭구조로 생성하기 위해 Symmetry 구속 조건을 추가하여 설계안을 도출하였다. 또한, 결과 검증에 위해 설계안을 구조 해석을 통하여 정량적으로 분석하였다.

3. 결론

본 연구에서는 회전 주행 시 발생하는 하중조건을 고려하여 응력 분포가 적게 발생하는 부위를 위상최적설계를 통해 경량화를 하였다. 이를 위해 스트럿 바의 구조 해석에 필요한 해석 조건을 정의하여 해석 모델을 생성 후, 무게 절감을 위한 위상최적설계를 진행하였다. 위상최적설계 결과 스트럿 바의 중심 부위의 다공성 형상을 확인하였다. 최종적으로 스트럿 바의 위상 최적 설계안을 검증하였으며, 기존 형상과 비교하여 경량화를 통한 무게 감소량을 확인하였다. 따라서 본 연구를 기반으로 향후 스트럿 바의 경량 설계 방향에 기여하기를 기대한다.

참고문헌

- [1] 한문식, 조재웅, “스트럿 바의 구조 해석을 통한 피로 내구성에 관한 연구”, 한국자동차공학회, Vol.24, No.5, pp. 504-511, 2016.6.
- [2] Savkin A N, Andronik A V and Suhav M A “On the application of the approaches of continuous damage and propagation of cracks in the evaluation of fatigue life of structural elements of structural elements of vehicles Science and technology of transport” 1 86-94, 2015.

- [3] M.K. Marichelvam, K. Kandakodeeswaran, K. Maheswaran, M. Geetha, “Investigation on mechanical properties of automobile strut made by GFRP composites”, Materials Today: Proceedings, Volume 45, Part 2, Pages 1338-1347, 2021.
- [4] 정한섭, 박진호, 광동기, 연시모, 이해진, 박석희, 이낙규. 차량용 스트럿 바의 강성 특성에 관한 연구. 한국생산제조학회 학술발표대회 논문집, 0, 171-171. 2016