

위상최적화 기법을 이용한 후륜 크로스멤버 강건 설계

윤석진^{*1)} · 정홍래¹⁾ · 손준형¹⁾ · 김성구²⁾ · 이정관³⁾

현대모비스 대형차시도설계팀¹⁾ · 현대모비스 차시도설계실²⁾ · 현대자동차 차시플랫폼개발팀³⁾

Robust Design of Rear Cross Member using Topology Optimization

Sukjin Yoon^{*1)} · Hongrae Chung¹⁾ · Joonhyung Sohn¹⁾ · Seonggoo Kim²⁾ · Jungkwan Lee²⁾

^{*1)} Large Chassis Module Engineering Team, Hyundai Mobis, 17-2 Mabuk-ro 240beon-gil, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 16891, Korea

²⁾ Chassis Module Engineering Group, Hyundai Mobis, 17-2 Mabuk-ro 240beon-gil, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do, 16891, Korea

³⁾ Chassis Platform Development Team, Hyundai motors, 150, Hyundaiyeonguso-ro, Namyang-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, 18280, Korea

Abstract : This paper introduce a robust design method of the rear cross member using topology optimization. The rear cross member is a functional part that supports the load of the vehicle and directly affects the movement of the vehicle. Durability is the most important performance for the stability of the suspension vehicle. In this paper, it was proposed a topology optimization problem in order to satisfy the durability target, optimize and confirmed an improvement over the analysis results.

Key words : Rear Cross Member(후륜 크로스멤버), Suspension(서스펜션), Topology Optimization(위상최적화), Lightweight(경량화), Finite Element Method(유한요소법)

1. 서 론

유한요소법을 이용한 구조물의 최적설계 기법은 목적함수를 만족시키면서 구조물의 강성, 강도, 고유 진동수와 같은 주요 인자를 개선시키는 것이 가능하다. 최적설계 기법은 설계변수에 따라, 치수(Size), 형상(Shape) 및 위상최적화(Topology Optimization)로 나뉜다. 치수 및 형상 최적화에 관한 연구는 상대적으로 위상최적화보다 용이하여 많은 연구자들에 의하여 수행된 바 있다.¹⁾ 그러나 최적화 과정 중, 구조물의 위상변화를 고려할 수 없으므로, 초기 형상에 따라 최적해가 변화하는 단점이 있다. 이를 극복하기 위하여 위상

변화를 고려하는 최적설계기법이 요구되고 있으며 많은 연구가 이루어지고 있다.²⁻⁵⁾

자동차 차시 시스템은 차륜과 차체를 연결하는 장치이며, 타이어 접지력을 확보하여 운동성능을 담당할 뿐만 아니라 노면을 주행하여 생기는 충격 하중을 흡수하는 역할을 한다. 또한 차량의 운행기간 동안 노면으로부터 다양한 하중을 받게 되는데 순간적인 충격하중뿐만 아니라 지속적인 도로의 하중에 의해 파손될 수 있다. 특히 크로스멤버 및 압류 부품의 경우 주기적인 유지보수를 하는 소모성 부품이 아니므로 자동차 수명기간 동안 피로내구하중을 견디는 강건설계가 필요하다.

* 윤석진, E-mail: sukjin.yoon@mobis.co.kr

본 연구에서는 후륜 크로스멤버의 설계 요구조건 중 내구수명에 대하여 강건설계(Robust Design)를 수행하였으며 특히 위상최적화 하중경로(Load Path) 분석을 통하여 프레스 판재 구조를 제안하고자 한다.

2. 위상최적화 기법 설계

2.1 후륜 서브프레임

후륜 크로스멤버는 Fig.1과 같이 차량의 후방 하단부에 위치하여 차체와 타이어를 연결하는 부품 중 하나이다. 본 연구 대상인 크로스멤버는 4 링크 구조의 샤시 시스템으로 어퍼 암, 로어 암, 어시스트 암 및 트레일링 암으로 연결되어 있다.

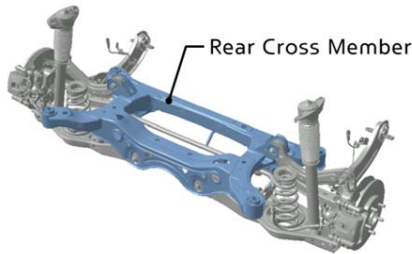


Fig.1 Rear Suspension

2.2 설계 프로세스

샤시 시스템은 차량의 운동성능을 담당하는 부품으로 초기 설계 시 동적 성능을 기반으로 하드포인트를 설계하게 되며, 그 후 차체, 속업쇼버 및 배기장치 등의 주변 부품의 레이아웃과 움직임을 고려하여 구조설계를 진행한다. 본 연구 대상인 후륜 크로스멤버는 차체의 하부에 결합되어 4 링크 구조의 암이 직접적으로 체결되며 노면으로부터 전달되는 하중을 지지한다. 또한 직접적으로 연결되지 않지만 전방부에는 연료탱크, 하측부에는 머플러가 위치하여 부품 간 간극을 유지하여 설계해야 한다. 상기 부품의 설계 요구 조건을 만족하여 설계가 가능한 영역을 Fig.2와 같이 나타냈으며, 위상최적화 시 설계유효부(Design Domain)로 활용된다. 전통적인 설계 방법은 기존에 설계했던 크로스멤버 부품 구조를 바탕으로 설계 노하우를 가진 엔지니어가 초기 구조설계를 하고, 내구 및 강성 등과 같이 요구성능을 만족하는지

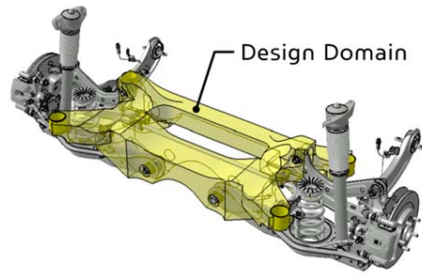


Fig.2 Design Domain of Rear Cross Member

검증해석을 통해 평가하고 개선하는 과정으로 진행된다. 하지만 차량의 서스펜션 타입과 하드포인트의 위치에 따라서 하중의 방향과 크기가 달라지게 되어 기존 차량의 설계 구조를 적용하기 어려운 경우가 많아서 설계, 해석과 시험 엔지니어의 시행착오법을 통해 개발되고 있는 실정이다. 최근 강건하면서 경량구조를 가진 샤시 시스템을 개발하기 위해서는 설계자의 노하우뿐만 아니라 최신의 설계 기법을 적용해야 한다. 본 논문에서는 Fig.3과 같이 위상최적화기법을 사용하여 설계 요구성능을 만족하는 후륜 크로스멤버의 설계 프로세스를 적용했다.

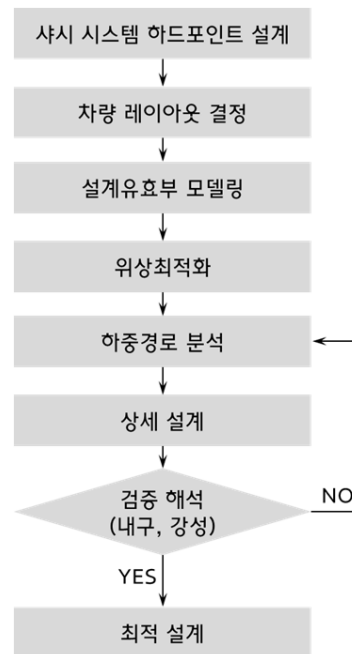


Fig.3 Design Process

2.3 최적설계 결과

내구 하중에 강건한 후륜 크로스멤버를 설계하기 위하여 바디 마운트, 어퍼 암, 로어 암, 어시스트 암 마운트 부분의 하중 조건을 고려한 위상 최적화를 수행한 결과는 Fig.4와 같다. 하중 경로를 분석하여 초기 설계 모델에서 Fig.5와 같이 설계 개선 구조를 도출하였고, 설계 반영 및 검증 해석을 수행하여 유효성을 확인할 수 있었다.

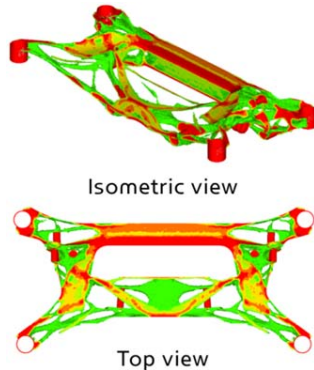


Fig.4 Results of Topology Optimization



Fig.5 Results of Optimal Design

3. 결론

본 연구에서는 위상최적화 기법을 활용하여 후륜 크로스멤버의 강건설계를 진행했고, 본 연구에서 소개한 기법의 결과를 정리하면 아래와 같다.

- 1) 내구 성능을 강건화하기 위하여 위상최적화를 수행했고 하중 경로를 분석을 통해 외곽 형상 및 상세 구조에 대한 아이디어를 도출할 수 있었다.
- 2) 위상최적화 하중경로를 분석을 통한 후륜 크로스멤버의 강건 설계한 모델을 검증 해석한 결과 중량 증가분은 최소화 하면서 내구 성능을 효과적으로 개선할 수 있었다.
- 3) 위상최적화 기법은 주조, 사출 공법 외 프레스 판재구조를 설계할 때 하중경로를 바탕으로 기초 설계 아이디어를 얻을 뿐만 아니라, 향후 문제 발생 시 개선안 도출을 위한 분석자료로 활용 가능할 것으로 보인다.

References

- 1) R. T. Haftka, R. V. Grandhi, "Structural Shape Optimization - A Survey", Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, Vol. 57, pp.91~106, 1986
- 2) S. Kee, J. Kim, H. Bai, Y. Kim, "Load Path Development using Topology Optimization for Body Stiffness and Crashworthiness", KSAE, Annual Conference Proceeding, pp.1654~1657, 2012
- 3) J. Fusushima, K. Suzuki, N. Kikuchi, "Shape and Topology Optimization of a Car Body with Multiple Loading Condition", SAE paper, No.920777, 1992
- 4) J.S. Lee, H. Huh, "Topology Optimization of Structure in Plastic Deformation using Finite Element Limit Analysis", KSME Spring Fall Conference Proceeding, pp.603~608, 2008
- 5) S.J. Yoon, K.H. Lee, S.G. Kim, H.J. Jung, J. Kim, J.H. Lee, "Lightweight Design of Front Sub Frame using Optimization Method", KSAE Spring Conference Proceeding, pp.370~374, 2016