

링크기능 통합형 복합소재 횡치 판스프링 서스펜션의 평가 및 개선

송 우 빈¹⁾·김 영 하¹⁾·오 상 훈¹⁾·김 현 수²⁾·도 현 석³⁾

현대모비스 모듈선행연구팀 ¹⁾현대자동차²⁾·코오롱글로벌³⁾

Evaluation and Improvement of

Link-Integrated Composite Transversal Leaf Spring Suspension

Woo Bin Song ^{*1)} · Young Ha Kim ¹⁾ · Sang Hoon Oh ¹⁾ · Hyun Soo Kim²⁾ · Hyeonseok Do ³⁾

¹⁾Hyundai Mobis, 7Mabuk-ro 105beon-gil, Giheung-gu, Yongin-si, Gyeonggi-do 16910, Korea

²⁾Hyundai Motor Company, 18280 Hyundaiakia-ro, Namyang-eup, Hwaseong-si, Gyeonggi-do, Korea

³⁾Kolon Glotech, INC., 110, Magok-dong-ro, Gangseo-gu, Seoul, Korea

Key words : Lightweight(경량화), GFRP(유리섬유강화플라스틱), Leaf Spring(판스프링), Spring(스프링), Function Integration(기능통합), Suspension(현가장치)

교신저자, E-mail: * Woo Bin Song, song@mobis.com

최근 자동차 업계는 전기차/PBV와 같은 기술 개발에 관심이 높다. 특히 전기차의 항속거리 증대를 위한 배터리 공간 증대와 상품성 개선을 위한 PBV의 승객 공간 증대가 시장의 요구조건으로 판단된다. 이를 구현하기 위해 서스펜션의 패키지를 축소하고 FLAT 한 드라이브 모듈을 구현하는 것과 경량화는 중요한 과제이다.

전통적인 서스펜션의 구조에서 코일 스프링은 노면으로부터 전달되는 하중, 진동을 절연하여 승차감을 구현하는 중요한 부품이지만, 상/하 방향으로 인장/압축하는 수직 구조는 FLAT 한 드라이브 모듈을 구현하는 데에 어려움이 있다. 이러한 한계를 극복하기 위해서 “링크기능 통합형 복합소재 횡치 판스프링 서스펜션”을 연구하였다.

본 연구는 코일 스프링의 수직 형상을 판 스프링의 FLAT 한 형상으로 구조를 변경하고 로어암 링크, 스테빌라이저 바의 기능도 구현하면서 해당 부품들을 제거하여서 서스펜션의 구조를 단순화하였다. 이를 위해 스프링의 강성, 강도와 로어암 링크의 좌굴 하중 및 서스펜션의 K&C 등을 설계 인자로 설정하고 목표 성능이 만족하는지를 평가하고 개선이 필요한 부분에 대해서 추가 연구하였다.

The automotive industry has recently focused on developing technologies such as electric vehicles (EVs) and purpose-built vehicles (PBVs). In particular, expanding battery space to enhance the range of electric vehicles and increasing passenger space in PBVs to improve marketability are seen as key market demands. To achieve this, it is important to reduce the suspension packaging, implement a flat drive module, and minimize weight.

In traditional suspension systems, the coil spring is a crucial component that absorbs load and vibration from the road to ensure ride comfort. However, its vertical structure, which functions through tension/compression in the up/down direction, makes it difficult to achieve a flat drive module. To overcome these limitations, we researched a "link-function integrated composite material lateral leaf spring suspension."

In this study, the traditional coil spring structure was replaced with the flat shape of a leaf spring, integrating the functions of the lower arm link and stabilizer bar, eliminating these parts to simplify the suspension structure. To this end, the stiffness and strength of the spring, the buckling load of the lower arm link, and the K&C characteristics of the suspension were defined as key design factors. The target performance was evaluated, and further studies were conducted in areas requiring improvement.

1. 서 론

자동차의 경량화에 대한 요구가 증가하면서 기존 철강소재의 부품을 복합소재와 같은 초경량 소재로 대체하기 위한 연구가 다양한 부품에서 활발히 진행되고 있다. 특히, 유리섬유나 탄소섬유와 같은 복합소재의 경우 기존 철강재에 비해서 비강도나 비강성이 매우 우수할 뿐만 아니라, 제조공법이나 직조방법, 그리고 섬유와 수지의 함유량을 조절함으로써 재료의 기계적 성질들을 크게 향상시킬 수 있다는 장점이 있다. 본 연구에서는 복합소재 스프링에 서스펜션의 로어암 링크와 스테빌라이저바 역할을 할 수 있도록 부품을 통합시켜서 부품수 축소를 통한 조립성 개선과 경량화를 극대화 하고 제품의 경쟁력을 갖추기 위한 서스펜션을 구성하고자 하였다.

2. 본 론

2.1 개요

그림 1과 같은 전형적인 멀티링크 후륜 서스펜션 대비하여 그림 2와 같이 코일스프링, 로어암 링크, 스테빌라이저바의 기능을 통합 제품을 제작하였다.

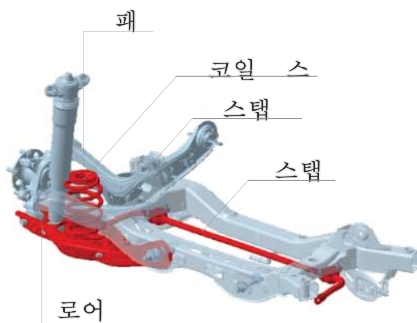


Fig. 1 멀티링크 후륜 서스펜션



Fig. 2 링크기능 통합형 복합소재 횡치 판스프링

2.2. 평가 조건 및 결과

모터식 피로 시험기를 이용하여 실차에 준하는 스트로크로 변위와 정해진 속도로 피로시험을 그림3과 같이 하였다. 그리고, 스프링의 강성이 일정한지를 확인하였다. 초품의 피로 시험결과는 목표했던 Cycle의 10% 내외에서 강성 저하가 발생하여 목표 내구에 한참 미치지 못하였다.

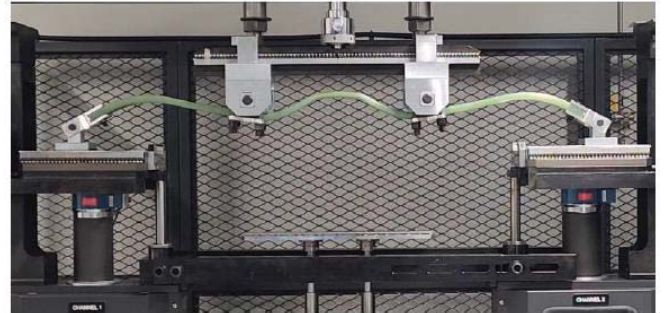


Fig. 3 시험장비와 평가모습

2.3 결과 분석 및 개선 방안

평가 고품을 조사한 결과 두가지 특징을 확인하였다. 그림 4와 같이 유리 섬유와 레진이 고르게 함침되지 못한 Resin-Rich 현상이 스프링의 센터부 표면에 발생하였다. 그리고, 그림 5와 같은 마운팅부의 Bush에서 고무의 파손을 확인할 수 있었다. 이와 같은 분석으로 초도 제품의 설계/해석 결과와 다르게 목표 내구를 만족하지 못한 이유를 확인할 수 있었고, Resin-Rich와 Bush 열화의 발생이 되지 않는 방안을 모색하였다.



✓ Fig. 4 제품 제조 불량 (Resin-Rich 현상)

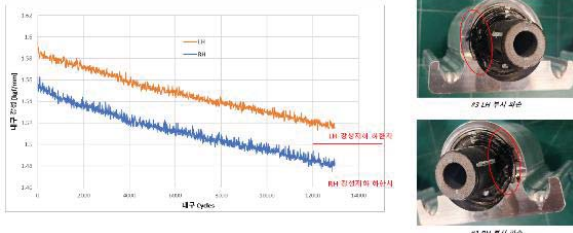


Fig. 5 Bush의 파손 현상

2.4 개선 및 평가 결과

Resin-Rich 개선을 위해서 온도/압력 등 성형 조건의 개선과 섬유 함침이 용이하도록 곡률 부 등의 설계 형상을 변경하였다. 그리고, Bush의 Void 위치를 변경 설계하여 스프링 작동시 고무의 변형량을 완화할 수 있도록 하였다.

이렇게 변경된 제품에 대한 설계안은 기존보다 동등이상의 강도 해석 결과를 확인하였다.

개선된 제품은 목표 내구 대비 50% 이상 증대된 결과를 도출하였다.

3. 결 론

유리섬유 강화 플라스틱 소재의 판스프링으로 기존의 멀티링크 현가장치의 코일 스프링, 로어암, 스테빌라이저 바 기능을 통합하여 멀티링크 시스템 대비 40% 경량화 하였고, 조립 부품 수를 11개에서 1개로 축소하였다. 이를 통해 실제 모듈의 체결소는 약 71.4%를 줄일 수 있었는데, 이는 조립시간 단축이 가능하고 조립인원 최소화가 제품의 가격 경쟁력에 도움이 될 수 있다는 것도 확인하였다. 다양한 해석과 평가를 수행하여 공정 조건과 설계안을 수정하였고, 목표한 스프링 강성 및 강도 및 양산 수준의 내구 목표를 만족할 수 있었다. 향후 시스템 및 실차 단위에서의 평가를 진행할 예정이다.

References

- 1) Kyung Uk Roh, "Optimal design of parabolic shape of longitudinal type composite leaf spring for commercial vehicles", KSMTE, Spring Conference Papers., 22Page, 2023.
- 2) Jun K., et al., "A review on material selection, design method and performance investigation of composite leaf springs," Composite Structures, Vol. 226, 2019.
- 3) Ashwini, K., et al., "Design and analysis of leaf spring using various composites-an overview," Materials Today: Proceedings, Vol. 5, No. 2, 2018, pp. 5716~5721.
- 4) Bhattacharjee, S, et al., "Composite leaf spring," Int. Res. J. Eng. Technol, Vol. 4, 2017, pp. 1534~1541.
- 5) Ma, L., et al., "Structure design of gfrp composite leaf spring: An experimental and finite element analysis," Polymers, Vol. 13, No. 8, 2021.

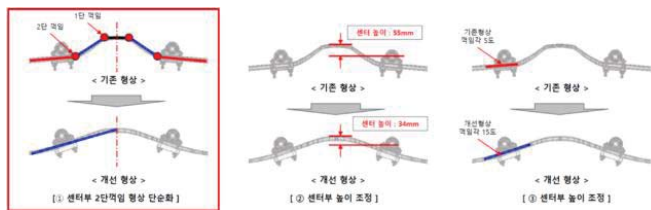


Fig. 6 스프링의 개선 형상

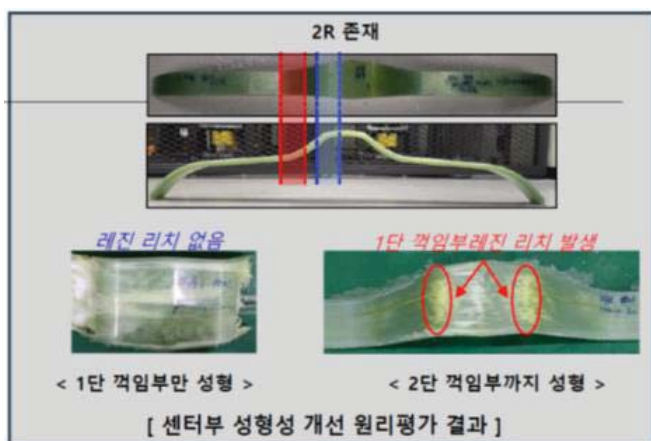


Fig. 7 개선 스프링의 제작 T/O 결과