

공간 확보를 위한 수직형 독립 조향장치 메커니즘 설계 및 동적 해석

조 규 형¹⁾ · 최 성 수²⁾ · 박 기 철^{*3)}

홍익대학교 기계공학과¹⁾, 홍익대학교 스마트디자인엔지니어링전공²⁾, 홍익대학교 기계시스템디자인공학과³⁾

Design and Dynamic Analysis of a Vertically Independent Steering Mechanism for Spatial Efficiency

Kyuhyoung Cho¹⁾ · Seongsu Choi²⁾ · Kicheol Pak^{*3)}

Hongik University Department of Mechanical Engineering¹⁾, Hongik University Smart Design Engineering²⁾, Hongik University Department of Mechanical and System Design Engineering³⁾

Key words : Wheel Independent Steering(독립조향), Fender Panel(펜더 패널), Suspension(현가장치), Cam mechanism(캠 메커니즘), Dynamic Analysis(동적 해석)

* 교신저자, E-mail: hide@hongik.ac.kr

차량의 조향장치(Steering System)는 바퀴의 회전축 방향을 변경하여 자동차의 진행 방향을 조절하는 역할을 한다. 기존의 현가장치는 크게 맥퍼슨 스트럿식 현가장치, 더블 위시본식, 멀티링크 서스펜션 등 여러 가지 형태로 발전해왔다. 이러한 현가장치에 적용된 차량에서는 랙&피니언 방식, 유압식 파워, 전동식 파워 스트어링 등의 조향 시스템을 적용하여 향상시켜 왔다. 그러나 최근 전기차량으로의 전환이 가속화됨에 따라, 전기 신호를 이용한 조향 제어 시스템(Steer-by-wire)과 각 바퀴를 개별적으로 제어할 수 있는 기술이 개발되고 있다. 이와 동시에 차량 내부 공간 활용도를 극대화하기 위해 인휠 모터(In-wheel motor) 기술이 도입되고 있다. 인휠 모터는 동력 전달 장치를 차량 내부가 아닌 바퀴 내부에 배치하여 공간을 확보할 수 있도록 한다. 독립 조향장치에 인휠 모터를 탑재하면 좁은 공간에서 평행 주차하거나 차량을 제자리에서 회전할 때 유리한 장점을 가진다. 현재 기존 독립 조향장치는 부피가 크며, 바퀴 주변의 공간을 크게 확보해야 하는 구조적 한계를 가진다.

기존 독립 조향장치에서는 회전축이 바퀴로부터 일정 거리 이상 떨어져 있어 90도 회전 시 펜더 패널(Fender Panel)과의 간섭이 발생한다. 이를 해결하기 위해서는 바퀴와 펜더 패널 간의 간격을 더욱 넓혀야 하며, 이는 차량 디자인과 공간 효율성을 저해하는 요인이 된다. (Sangjun Park et al., 2022)에 따르면, 4WS(Wheel Steering) 독립 조향장치는 크게 수직형(Vertical)과 수평형(Horizontal)으로 구분되며, 본 연구에서는 수직형 독립 조향장치를 중심으로 새로운 메커니즘을 설계하고 분석하고자 한다. 90도 회전이 가능한 독립 조향장치의 기존 메커니즘을 개선하여 바퀴와 펜더 패널 간섭을 줄이고 공간 활용성을 극대화하고자 한다. 이를 위해 인휠 모터가 내장된 조건을 가정하고, 새로운 메커니즘을 적용한 경우와 적용하지 않은 경우를 비교 분석하였다.

Autodesk Fusion 360으로 독립 조향장치를 모델링하였고, 수직부재와 회전축의 모터 케이스 사이에 cam 메커니즘을 추가하여 힌지가 약 15도 정도 기울일 수 있게 설계하였고, 이를 joint를 연결하여 간단하게 작동되는지 확인하였다. 기존 메커니즘과 새로운 메커니즘에 대한 공간 변화를 비교하였을 때, 새로운 메커니즘을 적용한 경우 기존 메커니즘 대비 약 30%의 공간을 추가로 확보할 수 있었다. 바퀴를 조향하였을 때의 특성을 분석하기 위해 동적 해석이 가능한 MSC Adams를 활용하였다. 바퀴가 90도 회전하는 동안 속도를 점진적 가속 및 감속하는 조건으로 설정하였고, 현가장치의 스프링 및 댐퍼 계수는 (J.A. Calvo et al., 2005)의 연구를 참고하였으며, 타이어의 마찰 계수는 (Jian Jun Zhu et al., 2016)의 연구를 기반으로 설정하였다. 바퀴가 90도 회전할 때 펜더 패널과의 간섭이 발생하지 않았고, 현가장치에 큰 진동 문제가 발생하지 않았다. 이는 기존 메커니즘에서 변형만으로도 공간 간섭 문제를 효과적으로 해결할 수 있음을 의미한다. 또한, 펜더 패널이 바퀴로 인해 발생하는 흙탕물이나 이물질을 차단하는 역할을 고려할 때, 새로운 메커니즘은 실용성과 디자인 측면에서도 유리한 요소를 제공할 것으로 판단되며, 차량뿐만 아니라 로봇을 포함한 모빌리티 분야에서도 도움이 될 것으로 기대한다.

이 연구는 2025년도 산업통상자원부 및 한국산업기술기획평가원(KEIT) 연구비 지원에 의한 연구임 (202302010001).

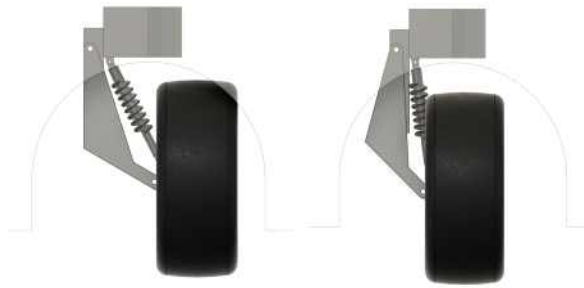


Figure. 1 Concept of before and after applying cam mechanism

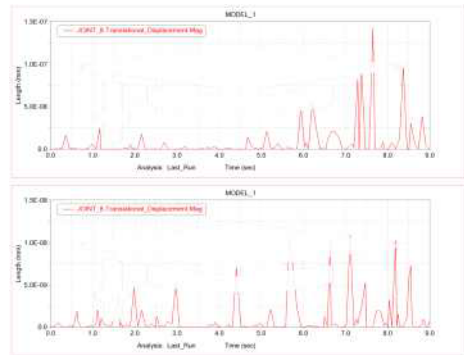


Figure. 2 Result of translational displacement based on mechanism application