

ABS 작동 조건에서 최적화된 타이어 성능 평가용 Virtual 시험 환경 구축

김 다 정¹⁾ · 오 한 슬¹⁾ · 김 수 영¹⁾ · 이 수 진²⁾ · 이 은 재²⁾

숙명여자대학교 기계시스템학부¹⁾ · 한국타이어엔테크놀로지 Supercar & Performance Project²⁾

Development of a Virtual Test Environment for Tire Performance Evaluation Optimized under ABS Operating Conditions

Dajeong Kim¹⁾ · Hanseul Oh¹⁾ · Sooyoung Kim¹⁾ · Sujin Lee²⁾ · Eunjae Lee²⁾

Department of Mechanical Systems Engineering, Sookmyung Women's University¹⁾ Super Car 1 & Performance Project Team, Hankook Tire & Technology²⁾

Key words : ABS(제동 잠김 방지 시스템), Tire Dynamics(타이어 동특성), Peak Slip Ratio(피크 슬립율), Tire-Road Interaction(타이어-노면 상호작용), Longitudinal Slip Control(종방향 슬립 제어)

교신저자, E-mail: 김수영 syk@sookmyung.ac.kr

Anti-lock Braking System (ABS)는 급제동 상황에서 타이어의 잠김 현상을 방지하여 차량의 안정성을 유지하는 시스템이다. 실차 시험을 통한 차량 통합 제어 시스템(ABS)의 타이어 성능 평가에는 높은 비용과 시간이 소요된다. 특히, 다양한 타이어 조건에서 제어 성능을 검증하려면 반복적인 실험이 필요하지만, 실차 환경에서는 높은 비용으로 인해 물리적 제약이 많다. 이에 따라 시뮬레이션 기반의 Virtual 타이어 성능 평가 환경의 필요성이 커지고 있다.

본 연구는 정확한 타이어 Virtual 성능 평가 환경을 구축하고, ABS 제어가 작동하는 상황에서 타이어 성능 평가를 정확하게 수행하기 위한 시스템 설계를 목표로 한다. 차량 제어(ABS) 로직이 작동했을 시, 타이어 성능을 정확하게 평가하는 것이 중요하다. 이를 위해 ABS 제어 성능을 타이어 특성에 맞춰 자동으로 최적화하도록 설계하여, 타이어 성능을 객관적으로 평가할 수 있도록 구현하였다. 일반적인 ABS 알고리즘을 기반으로 차량 시뮬레이션 소프트웨어인 CarMaker와 Simulink를 사용하여 제어 시스템을 모델링하였다. 연구에는 승용차용 타이어 모델을 적용하였으며, 이를 통해 다양한 타이어 조건에서의 제어 성능을 평가하였다.

타이어 모델 특성을 분석하여 타이어 별 최대 제동력이 발생하는 피크 슬립(peak slip) 값을 실시간 도출하고, ABS 제어 성능을 최적화하는 방식으로 ABS 제어 로직을 구성하였다. 특히, 타이어 모델을 활용하여 수직 하중(F_z)에 따른 제동력(F_x)의 변화를 고려하여 실시간으로 피크 슬립 값을 제어 로직에 반영하는 방식으로 설계하였다. 이때 도출된 F_x 기반 피크 슬립 값은 임계값으로 적용되어, 다양한 타이어 특성에 맞춰 제어 성능이 자동으로 최적화되도록 하였다. 이 방식으로 타이어 특성에 따라 달라지는 최적 슬립 영역을 반영하여, 타이어 하드웨어 특성에 따른 ABS 성능이 최적화될 수 있게 하였다.

또한, 실차 제동 시험에서 계측된 마스터 실린더 압력, 휠 제동 압력, 휠 속도, 차량 속도 등 주요 데이터를 분석하고, 주요 제어 파라미터 및 브레이크 하드웨어 파라미터를 규명하는 과정을 수행하였으며, 최종 시뮬레이션 제동 시험 결과를 실차 제동 시험데이터와 비교 검증하였다. 성능 확인 결과, 시뮬레이션 환경에서도 실차 시험 환경과 유사하게 타이어 성능 평가가 가능함을 확인하였다. 압력 제어 조정, 피크 슬립 매핑, 휠 가속도 기준 조정 등의 방법이 제어 성능 향상에 기여함을 확인하였다.

타이어 Virtual 성능 평가용 ABS 제어 알고리즘 구조도

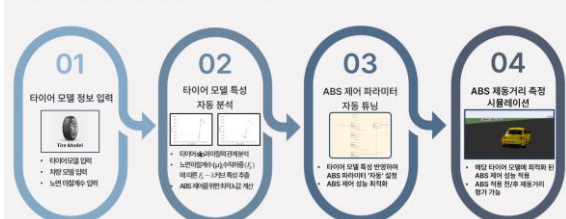


Fig. 1 System Overview

References

- 1) Robert Bosch GmbH, Bosch Automotive Handbook, 11th ed., Germany: Bosch, 2022, pp. 1260-1269.
- 2) R. Rajamani, Integrated Vehicle Dynamics and Control, 2nd ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2016.

Acknowledgement

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임

(Nos. RS-2023-00279679 and NRF-2022H1D8A3037394).