

# 도로노면에 따른 차량 진동특성 해석 및 분석에 관한 연구

## A Study on the Vehicle Vibration Characteristic Analysis According to the Road Profile

이동원† · 배철용\* · 권성진\* · 김현중\* · 이봉현\* · 김종찬\*\*

Dong-Won Lee, Chul-Young Bae, Seong-Jin Kwon, Hyoun-Jung Kim  
Bong-Hyun Lee and Jong-Chan Kim

### 1. 서 론

차량의 승차감(ride comfort)에 대한 연구는 바운싱(bouncing), 피칭(pitching) 및 롤링(rolling) 등의 감성과 관계된 1~2Hz 대역의 저주파 영역부터, 웨이크(shake) 및 하쉬니스(harshness) 등의 감성과 연계된 수십 Hz 대역의 고주파 영역까지 다양한 영역에서 활발히 이루어지고 있다. 이러한 연구에서 통계적으로 운전자의 둔부(臀部)를 기준으로 3~6Hz 대역에서 공진주파수가 발생되며, 두부(頭部)를 기준으로 8~10Hz 대역에서 공진주파수가 발생하여 승차감에 많은 영향을 주고 있는 것으로 알려져 있다.

이에 본 연구에서는 타이어와 도로노면의 가진과 현가시스템 특성에 따른 차량 진동특성(vibration characteristics) 해석 및 승차감 해석을 수행하고자 하였다. 이를 위하여 단차로, 균일 장파형로, 비균일 장파형로를 대상으로 도로노면 모델을 구성하였으며, MF(Magic Formular)-Swift 기반 반실험적(semi-empirical) 타이어 모델을 구성하여 전차량 유연 다물체동역학(flexible multi-body dynamics) 해석을 수행하였다. 또한 실차 주행시험을 수행하여 해석 결과의 유용성을 검증하고자 하였다.

### 2. 진동특성 해석 모델 구성

본 연구에서 구성한 대상차량 모델은 더블 위시

† 교신저자; 정회원, 자동차부품연구원 대구경북연구센터 지능형시스템연구실

E-mail : leedw@katech.re.kr

Tel : 053)592-9214, Fax : 053)592-3169

\* 자동차부품연구원 대구경북연구센터 지능형시스템연구실

\*\* 넥센타이어(주) 기술연구소

본(double wishbone) 형식의 전륜 현가계, 멀티 링크(multi-link) 형식의 후륜 현가계, 랙 & 피니언(rack & pinion) 형식의 조향계, 디스크 브레이크(disc brake) 형식의 제동계 및 가솔린 2,700cc 형식의 구동계 등으로 구성된다. 현가계 특성에 따른 차량 진동특성 해석을 위하여 양산형 현가계, 스프링 교체형 현가계, 스프링 및 댐퍼 교체형 현가계를 별도로 구성하였다. 대상 타이어는 225/55 R17을 대상으로 내부 구조 설계변경을 통하여 트레드와 사이드월 강성을 변화시킨 C, E, G 타이어를 별도의 특성시험을 수행하여 MF-Swift 모델로 구성하였다.

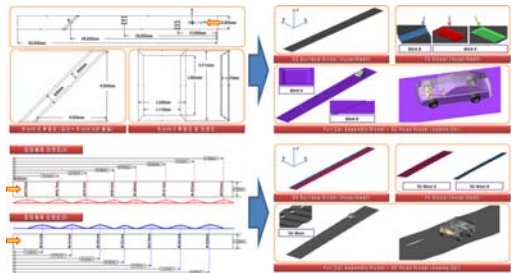


Figure 1. Road profile model

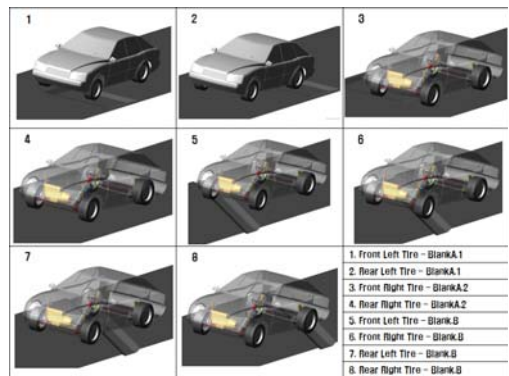
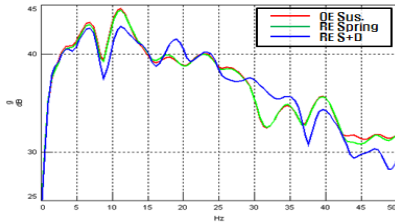
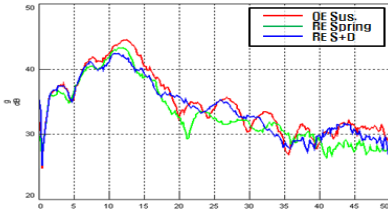


Figure 2. Ride comfort analysis



(a) analysis result



(b) test result

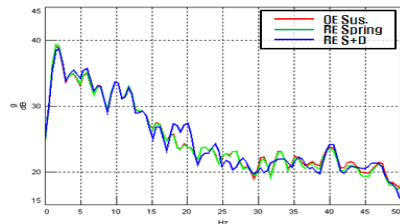
Figure 3. Vertical acceleration of the knuckle

또한 타이어와 접촉하는 도로노면 모델은 Figure 1과 같이 자동차부품연구원 주행시험로의 단차로, 균일 장파형로, 비균일 장파형로를 실측하여 구성하였다.

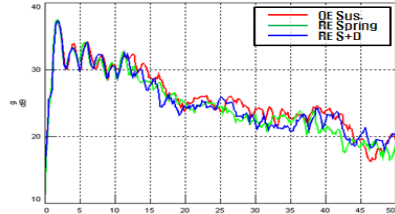
### 3. 진동특성 해석 결과

Figure 2와 같이 도로노면(단차로, 균일 장파형로, 비균일 장파형로)에 따른 대상차량의 진동특성 해석 및 분석을 위하여, 본 연구에서는 휠 하중, 너클 가속도와 시트레일 가속도를 주행속도(10, 20, 40, 60km/hr)에 따라 시간역과 주파수역에서 분석하였다. 또한 대상차량의 타이어(C, E, G)와 현가시스템(양산형, 스프링 교체형, 스프링-댐퍼 교체형)에 따른 진동특성 해석 및 분석을 수행하였다.

대상차량의 단차로 주행(20km/hr)에 따른 진동특성 해석 결과와 실차 주행시험 결과는 Figure 3과 Figure 4와 같다. 또한 스프링하 질량(unsprung mass)의 고유진동수 대역인 9~15Hz에서의 가속도 응답 평균값을 비교하면 Figure 5와 같다. 이를 통하여 대상차량의 현가시스템이 양산형, 스프링 교체형, 스프링-댐퍼 교체형으로 변화하면 너클의 수직 방향 가속도가 상대적으로 크게 감소하는 것으로 분석되었다. 또한 진동특성 해석 결과와 실차 주행시험 결과의 오차율은 약 12% 이하로 분석되어 진동특성 해석결과를 검증할 수 있었다.

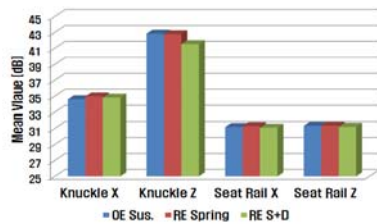


(a) analysis result

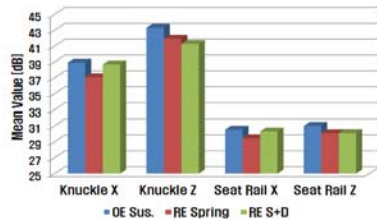


(b) test result

Figure 4. Vertical acceleration of the seat rail



(a) analysis result



(b) test result

Figure 5. Mean value of acceleration (9-15Hz)

### 4. 결론

본 연구에서는 타이어와 도로노면의 가진과 현가시스템 특성에 따른 차량 승차감 해석 및 진동특성 해석을 수행하였다. 이를 위하여 차량-타이어-도로노면 연계 유연 다물체동역학 해석을 수행하였으며, 실차 주행시험을 통한 해석 결과의 유용성을 확보할 수 있었다. 추후 다양한 주파수 대역으로 승차감 해석 범위를 확장하여 차량 NVH 특성분석이 가능할 것으로 기대된다.