한국소음진동공학회 2011년 춘계학술대회논문집, pp.371~372

차량/타이어 연계 단차 충격 승차감 해석에 관한 연구

A Study on the Impact Ride Analysis Coupled with a Vehicle and a Tire

권성진† · 배철용* · 김효성* · 이봉현* · 김기현** · 나재봉**
Seong-Jin Kwon, Chul-Yong Bae, Hyo-Sung Kim, Bong-Hyun Lee,
Ki-Hyun Kim and Jae-Bong Na

1. 서 론

차량의 승차감(ride comfort) 관점에서 운전자 혹은 동승자에게 영향을 미치는 주요 차량 부품은 타이어(tire) 및 현가시스템(suspension system)이 1차적이며, 이후 차량 샤시의 강성과 시트 등의 연성된 진동전달력에 기인하여 승차감이 결정된다. 이 중, 타이어는 차량이 지면과 접촉하는 유일한 자동차 부품으로 불규칙적인 노면의 상태를 운전자에게 직접적으로 전달하거나 감쇠시키는 핵심적인 역할을 한다. 이에 따라 차량의 주행 동특성을 연구하기 위해서는 타이어 인자 연구에 대한 다양한 접근을 필요로 한다.

이에 본 연구에서는 노면의 임펄스(impulse) 성분에 의한 가진력이 차량 및 타이어에 전달되는 단차 충격(cleat impact)에 기인한 승차감을 대상으로 하였으며, 차량/타이어 연계 유연 다물체 차량동역학(flexible multi-body vehicle dynamics) 해석을 수행하고자 하였다. 이를 위하여 차량 모델, 타이어 모델, 운전자 모델을 독자적으로 구성하였으며, 다양한 단차 노면에 대한 동특성 해석을 수행하였다. 또한 실차 주행시험을 통하여 해석 결과의 분석 및 검증을 수행하였다.

2. 승차감 해석 모델 구성

본 연구에서 구성한 대상차량 모델은 Figure 1과 같이 더블 위시본(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 구성되며, 총 129 자유도를 가진다. 또한 차량 현가계 특성에 따른 단차 충격 승차감 해석을 위하여 양산형 현가계, 스프링 교체형 현가계, 스프링 및 댐퍼 교체형 현가계를 별도로 설정하였다.

대상 타이어는 215/55 R17를 대상으로 내부 구조 설계변경을 통하여 수직방향 및 횡방향 강성을 변화시킨 A, B, C, D, E 타이어를 별도의 특성시험을 수행하여 MF(Magic Formula)-Swift 타이어 모델로 구성하였다. 또한 타이어와 접촉하는 도로노면 모델은 Figure 2와 같이 5×5mm, 10×10mm, 15×15 mm의 단차를 가지는 노면을 구성하였다.

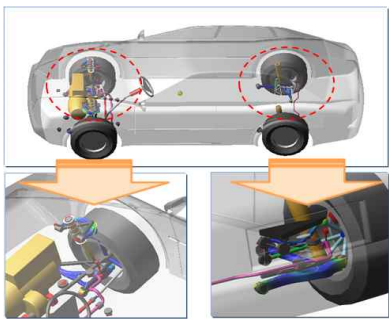

Figure 1. Vehicle dynamic analysis model

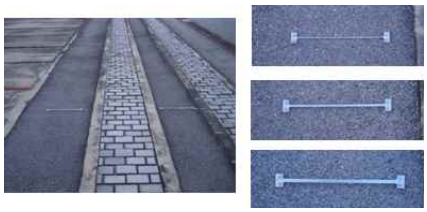

Figure 2. Test road and impact cleats

† 교신저자; 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터
E-mail : sjkwon@katech.re.kr
Tel : 041-559-3337, Fax : 041-559-3340
* 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터
** 넥센타이어(주) 기술연구소

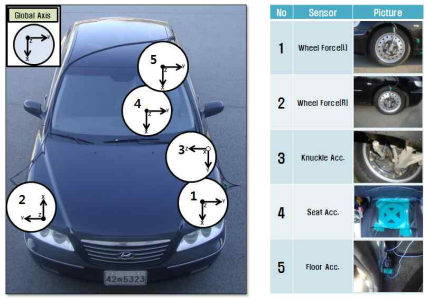

Figure 3. Test vehicle and measuring system

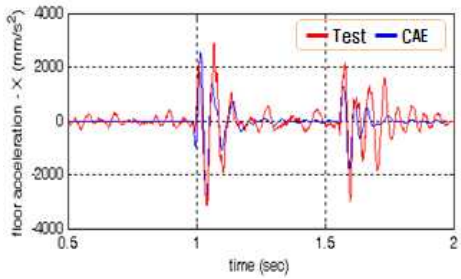

Figure 4. Analysis and test results

유연 다물체 차량동역학 기반 단차 충격 승차감 해석 결과의 비교 및 검증을 위하여 본 연구에서는 Figure 3과 같이 실차 주행시험을 수행하였다. 이를 통하여 차량속도 20, 40, 60km/hr에서 단차 통과 시의 타이어 휠 하중, 너클 가속도, 시트레일, 시트 가속도를 계측하여 Figure 4와 같이 해석과 시험 결과를 분석하였다.

3. 승차감 해석 결과 분석

대상차량의 현가시스템(양산형, 스프링 교체형, 스프링-댐퍼 교체형)에 따른 단차 충격 승차감 분석을 위하여 본 연구에서는 너클 수직방향(Z방향) 가속도와 시트레일 수직방향(Z방향) 가속도를 차량 주행속도(20km/hr, 40km/hr, 60km/hr)에 따라 RMS(Root Mean Square)로 동시에 분석하였다. 이를 통하여 현가시스템의 강성이 증가함에 따라 너클의 수직방향 가속도는 감소되며 시트레일의 수직방향 가속도는 증가하는 것을 알 수 있었다. 또한 실차 주행시험과 단차 충격 승차감 해석 결과의 비교는 Figure 5와 같으며, 해석과 시험에 따른 시트레일의 수직방향 가속도에 대한 오차율은 차량속도 20km/hr인 경

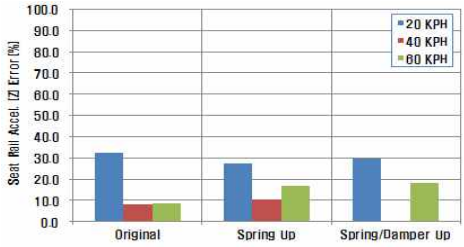

Figure 5. Vertical acceleration error of seat rail

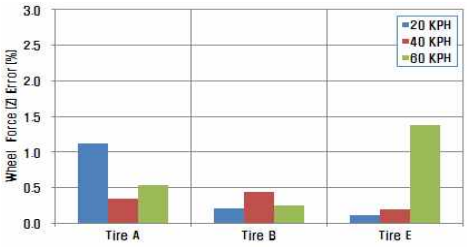

Figure 6. Vertical wheel force error

우는 약 30%, 차량속도 40km/hr, 60km/hr인 경우는 오차율이 약 20% 이하로 분석되었다.

대상차량에 장착되는 타이어(A, B, E 타이어)에 따른 단차 충격 승차감 분석을 위하여 본 연구에서는 종방향(X방향) 휠 하중과 수직방향(Z방향) 휠 하중을 차량 주행속도에 따라 RMS로 동시에 분석하였다. 이를 통하여 A 타이어의 강성이 상대적으로 높기 때문에 종방향 휠 하중과 수직방향 휠 하중이 전반적으로 높게 분석됨을 알 수 있었다. 또한 실차 주행시험과 단차 충격 승차감 해석 결과의 비교는 Figure 6과 같으며, 해석과 시험에 따른 수직방향 휠 하중의 오차율은 1.5% 이하로 분석되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 유연 다물체 차량동역학 모델과 MF-Swift 타이어 모델을 연동한 차량 승차감 해석의 기본 해석 기법을 정립하고, 차량/타이어 특성에 따른 단차 충격 승차감 해석을 수행하였다. 또한 실차 주행시험 기반 승차감 성능 분석을 수행하여 승차감 해석 기술의 유용성을 확보하였다. 본 연구의 결과를 바탕으로 추후 Basic Ride 및 Choppy Ride 등과 같은 다양한 주파수 대역의 승차감 해석 분야로 연구범위를 확장할 수 있을 것으로 기대된다.