

차량의 임팩트하쉬니스 성능 예측 연구

A Study on the Prediction of the Impact Harshness for a Passenger Vehicle

김진홍† · 정일수* · 김명규** · 심정수** · 이상우*

Jin Hong Kim, Il Soo Jeong, Myung Gyu Kim, Jeong Soo Shim and Sang Woo Lee

Key Words : Impact Harshness (임팩트하쉬니스), Multi Body Simulation (다물체동역학해석)

ABSTRACT

A multi body simulation (MBS) model is developed for predicting the impact harshness of the vehicle. Impact harshness is the vehicle performance to evaluate the impulsive vibration behavior during driving over an obstacle of the road. Thus, the approach is simulated on the time domain for considering the transient behavior of the vehicle. The validity of vehicle component modeling of bushes, dampers and structure flexibilities is verified. The simulations are compared with the test results in both of vertical and longitudinal directions. In particular, the vertical vibration of the vehicle is significantly affected by the body flexibility. Through the sensitivity analysis, main factors for the impact harshness performance are investigated.

1. 서 론

일반적으로 차량 진동 소음은 엔진 가진에 의한 진동소음과 노면 가진에 의한 진동 소음으로 나눌 수 있다. 노면 가진에 의한 경우, 평탄한 노면을 주행하거나 불규칙한 노면이나 돌기물을 주행할 때 등 다양한 경우가 존재한다. 그중에서 도로의 돌기 및 불연속 돌출부를 통과할 때 발생하는 충격 소음 진동 현상을 임팩트하쉬니스 (Impact Harshness)라고 정의한다. 안전 경보나 미끄럼방지를 위한 돌출부 등에 의해 나타나는 이러한 진동은 승차감에 밀접한 영향을 줄 수 있다.

임팩트하쉬니스에 대한 다양한 연구가 진행된 바 있으며 최근에는 성능 인덱스를 개발한 연구 있다.^(1~4) 또한 과도진동에 적합한 웨이블렛 기반 분석 연구가 수행된 바 있는데, 여기서는 차량의 연성

화된 모드들을 비연성화하여 분석하였다.⁽³⁾

본 연구에서는 임팩트하쉬니스 예측을 위해 과도 진동 특성 해석에 적합한 다물체 동역학해석 (Multi Body Simulation) 모델을 개발하였다. 차체, 서스펜션 구조물의 유연체 (Flexibility) 특성을 고려하였고, 부쉬 동특성 및 댐퍼의 과도특성을 고려한 모델을 사용하였다. 각 모델링에 대한 해석 결과를 비교하여 모델링 효율성과 타당성을 검증하였다.

또한 해석의 신뢰성을 검증하기 위해 시험결과와 비교하였다. 시험은 전후/상하 방향 모두 비교하였고, 차체 유연체 특성에 효과를 확인하였다. 기존의 연구에서도 해석시 유연체 모델을 고려한 바 있으나, 차체보다는 스프링/서스펜션 마운트 하중/진동을 검증하였다.⁽⁴⁾ 임팩트하쉬니스 성능에 대한 전달계 주요 부쉬, 댐퍼 특성 등에 대한 민감도 해석을 수행하였다.

2. 본론

2.1 차량 해석 모델링

차량모델은 상용 다물체 동역학 프로그램 ADAMS/CAR⁵⁾를 이용하여 구성하였다. 샤시계는

† 교신저자: 정희원, 현대자동차

E-mail : jinhongkim@hyundai.com

Tel : +82-31-368-2560, Fax : +82-31-368-8219

* 현대자동차

** TUR(주)

Fig. 1과 같이 전/후륜 헨가계, 조향계, 파워트레인 등으로 구성하였다.

전륜은 맥퍼슨 스트럿 서스펜션 타입으로 로워암, 서브 프레임, 속업소바로 구성되었다. 후륜은 멀티링크 서스펜션 타입으로 크로스멤버, 속업소바 및 링크류 등으로 구성되었다. 특히 전/후륜 서브프레임, 로워암 및 차체 (Body)는 유연성 (Flexibility)을 고려하기 위해 상용 유한 요소 프로그램⁶⁾으로 모델링하여 모드 결과를 활용하였다. 완성된 차량모델은 Fig. 2와 같다.

마운트 부위의 경우는 비선형 및 동특성을 고려하였고, 액체 봉입형 엔진 마운트의 경우는 주파수에 따라 강성 (Dynamic Stiffness) 및 손실각 (Loss angle) 특성이 달라지므로 그 실험 특성을 반영하여 고려하였다. (Fig. 3)

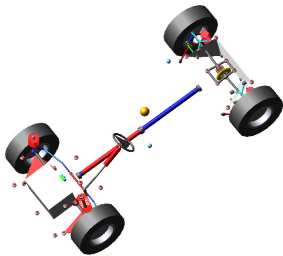


Fig.1 A chassis model

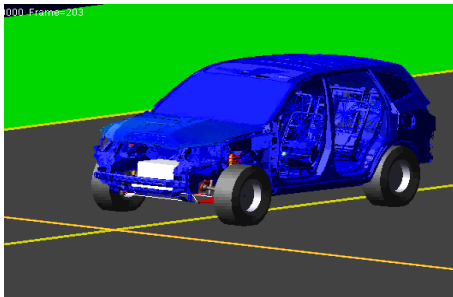


Fig.2 A full vehicle model

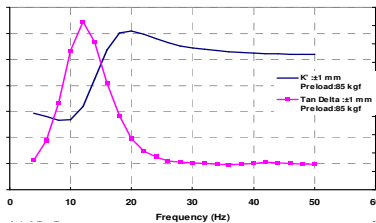


Fig. 3 Dynamic stiffness and loss angle of engine mount bush

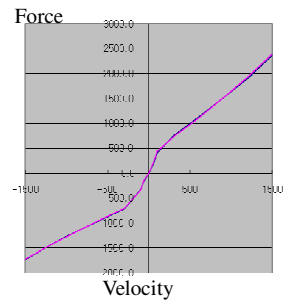


Fig.4 Damping characteristic of shock absorber

속업소바의 경우는 속도에 따른 댐핑력을 고려한 모델을 사용하였다. (Fig. 4) 타이어는 돌출 노면 가짐을 반영할 수 있는 스위프트(SWIFT)⁷⁾ 모델을 사용하였다.

2.2 해석 모델 검증

본 절에서는 해석 모델링의 타당성과 효율성을 검증하기 위해 요소 모델링에 대한 영향을 검토하였다.

해석 모델은 기본모델 (base, 멤버/링크류 강체로 가정), 부위의 동특성 특성을 고려한 모델(fdb), 속업소바의 과도 특성을 고려한 모델(tda), 샤시 프레임의 유연체 특성을 고려한 모델(fchassis)에 대해 비교하였다.

해석조건은 차량이 반원모양의 돌기물 위를 일정한 속도(40kph)로 지나가는 주행 조건에 대해 수행하였다. (Fig. 5) 이때 너클 → 속업소바 → 전석 플로어 순으로 상하/전후 방향 가속도를 비교하였다.

Fig.6과 Fig.7은 각각 상하, 전후 진동결과인데, 모델링 수준에 따라 크게 변하지 않는 것을 확인하였다.

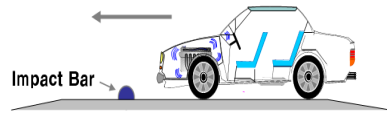
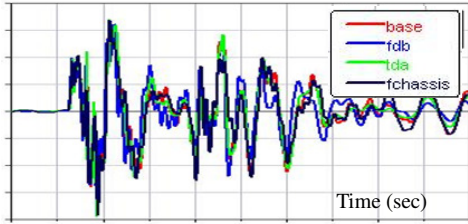


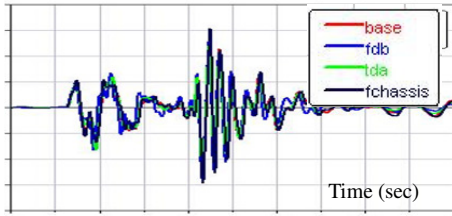
Fig. 5 Driving condition



(a)

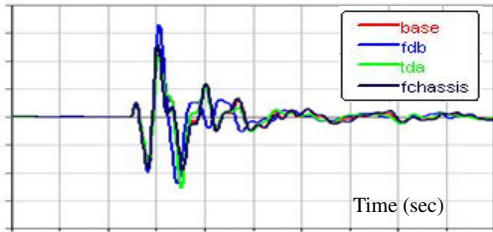


(b)

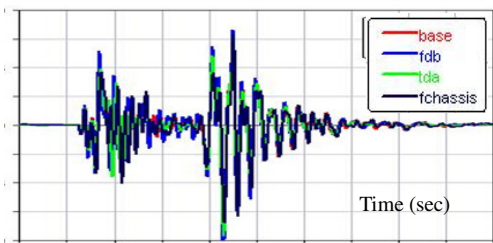


(c)

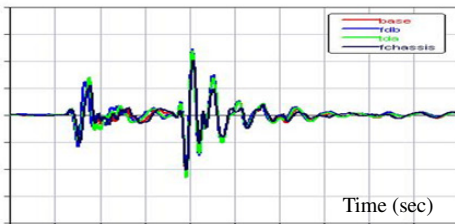
Fig.6 Vertical accelerations of (a) a knuckle (b) a shock absorber top and (c) the front floor



(a)



(b)



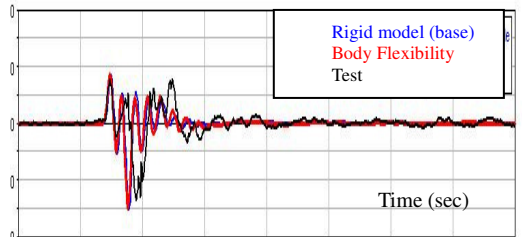
(c)

Fig. 7 For/aft accelerations of (a) a knuckle (b) a shock absorber top and (c) the front floor

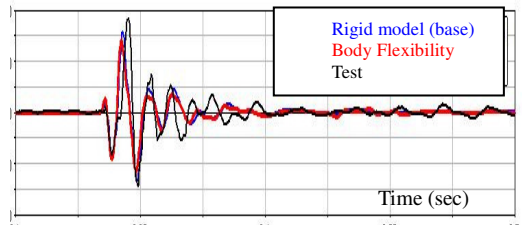
2.3 시험 해석 검증

본 절에서는 시험결과와 비교하였고, 차체의 유연성 (Body flexibility) 영향을 동시에 검토하였다. Fig. 8~10은 각각 너클, 속업소바 상단, 차체 (전석 플로어)의 시험 비교 결과이다.

너클 진동의 경우 (Fig. 8) 강체 모델과 차체 유연체 기반 모델이 큰 차이를 보이지 않았다. 속업소바의 경우는 (Fig. 9) 상하 진동에서 차체 유연체 모델이 시험 결과와 더 근접한 것을 볼 수 있다. 전석 플로어의 경우도 (Fig. 10) 상하 진동에서 차체 유연체 기반 모델 해석이 시험결과와 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. 반면 전후 진동 특성에서 차체 유연체 영향은 미미했다.

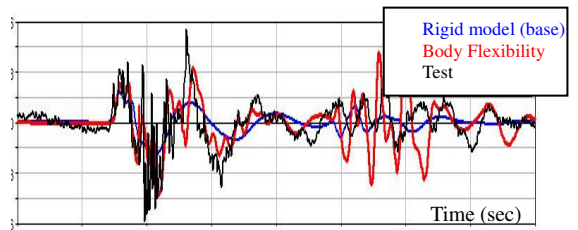


(a)



(b)

Fig.8 (a) Vertical and (b) for/aft accelerations of a knuckle



(a)

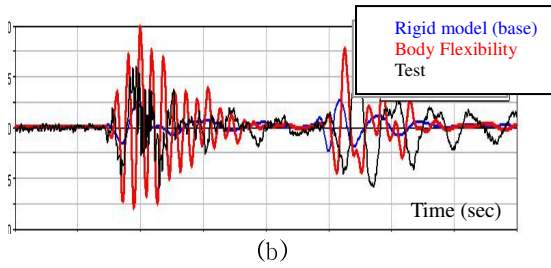


Fig. 9 (a) Vertical and (b) for/aft accelerations of a shock absorber top

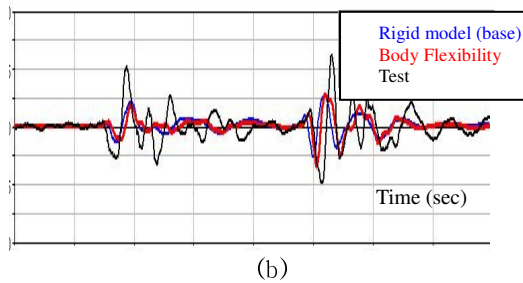
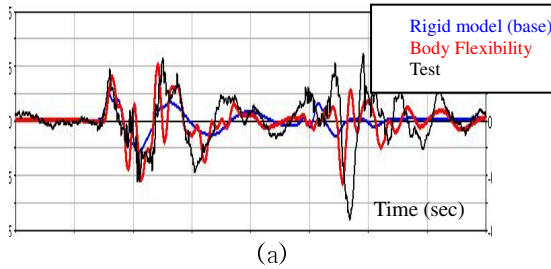


Fig. 10 (a) Vertical and (b) for/aft accelerations of the front floor

2.4 민감도 해석

본 절에서는 임팩트하쉬니스 성능에 대한 서스펜션 설계인자들에 대한 영향도를 분석하였다.

Fig.11은 설계 인자에 대한 민감도 해석결과로서, 서스펜션 부위 강성이 커질수록 임팩트하쉬니스 진동특성은 악화되었고, 상하 방향보다는 전후 방향에서 그 영향이 크다는 것을 확인하였다. 속업소바는 댐핑력이 커질수록 임팩트하쉬니스의 진동특성은 향상되었다.

3. 결 론

본 연구에서는 임팩트하쉬니스 성능을 예측할 수 있는 모델을 개발하였다. 각 요소 모델링에 대한 타당성을 검증하였다. 실차 시험결과와 비교하면서 차체 유연체 영향을 검증하였다. 특히 상하진동은 차체 유연체를 고려해야만 정확한 예측이 가능하였다.

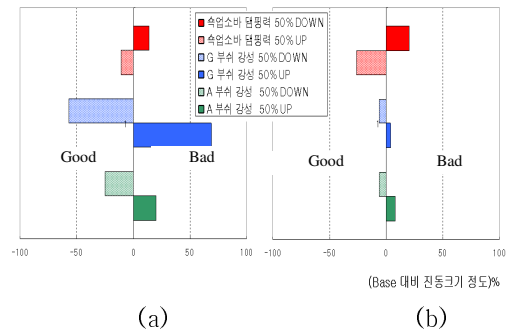


Fig. 11 Sensitivity results for suspension parameters in (a) for/aft and (b) vertical vibrations

전달계 설계 인자에 대한 민감도 해석을 수행하였고, 서스펜션 부위의 경우 상하 진동보다는 전후 진동에 더 효과적이라는 것을 확인하였다.

참 고 문 헌

- (1) Yang, X. and Medepalli, S., 2005, Sensitivities of Suspension Bushings on Vehicle Impact Harshness Performance, SAE 2005-01-0827
- (2) Yang, X., Zhang, D., Medepalli, S. and Malik, M., 2006, Suspension Tuning Parameters Affecting Impact Harshness Performance Evaluation, 2006-01-0991
- (3) Lee, S. K., 1999, A Study on Estimation of Damping Coefficient Using Wavelet Transform and Its Application to the Evaluation of Harshness in Passenger Car, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 9, No.3, pp. 577~586.
- (4) Sung, J.H. and Jang, J.H., 2006, Analysis and Test for the Development of Impact Harshness Performance, KSAE Annual Conference (Autumn), KSAE06-F0166, pp. 1064~1069
- (5) ADAMS/CAR 2005r2
- (6) MSC NASTRAN Software
- (7) MF-SWIFT tire 6.1.1