

# Drive Point Dynamic Stiffness(DPDS)분석을 통한 Road noise 개선 Road noise improvement using Drive Point Dynamic Stiffness(DPDS) estimation

이상윤† · 김영호\* · 이근수\*  
Sangyun Lee, Youngho Kim, Keunsoo Lee

**Key Words** : DPDS(국부동강성), Road noise(노면 가진 소음), Chassis mounting point(샤시 부착 지점)

## ABSTRACT

This paper describes a procedure to improve road noise using DPDS estimation. We can estimate a body local stiffness at chassis mounting point where the path of road input vibration by DPDS with experiment and FE simulation. DPDS result from FE model has a good correlation with experiment data. FE model DPDS shows weak points among chassis mounting points. Body panel thickness and shape were changed to meet DPDS target. Improved DPDS of critical points makes a road noise level lower.

## 1. 서론

차량 운행시에 발생하는 road noise 에서 중저주파수 대역(0~250Hz)은 tire 에 입력된 노면가진이 chassis mounting 부위를 path 로 하여 body 를 가진하여 발생하는 구조기인 소음이다.

Chassis 가 body 에 부착되는 부위의 강성은 road noise 성능 향상에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다. 일반적으로 chassis mounting 부위와 같은 hard point 의 국부강성 평가에는 DPDS(Drive Point Dynamic Stiffness)가 주로 사용되며 개발초기에 DPDS 의 검토를 통한 body 의 적절한 강성확보를 통해 일정수준 이상의 road noise 를 달성할 수 있는 guideline 이 제시 된다면 효과적일 것이다. 더욱이 연료효율 향상을 위해 weight reduction 이 필수적인데 전체적인 weight reduction 후 부분적인 강성보강을 통해 weight reduction 대비 비교적 적은 무게 증가만으로 중요부분의 target stiffness 달성 시 매우 효과적인 방법이다.

본 논문에서는 실차를 이용하여 chassis mounting point 에서의 DPDS 를 실험하였고 동일한 FE 모델을 구성하여 FE simulation 데이터의 유효성을 확인하였다. 검토하고자 하는 가상차량의 FE 모델을 이용하여 DPDS 구하고 이를 이용하여 가장 취약한 부분을 발견하여 개선하였으며 DPDS 개선이 road noise 에 어떠한 영향을 미치는지 파악하고자 한다.

## 2. DPDS 검토

2.1 DPDS 해석을 위한 FE 모델의 유효성 확인  
본 검증은 실차의 trimbody 를 이용하여 실험을 하였고 이와 동일한 FE 모델을 구성하여 DPDS 를 검토하였다. 해석에 사용된 모델은 900,000 개의 node 와 940,000 개의 element 로 구성되어 있으며 CDH spot 을 사용하여 각 판넬을 접합하였다. 해석은 MSC Nastran SOL 111(Modal Response Analysis)을 사용하여 velocity 를 구한 후 적분하여 변위를 구하였다.

검토한 부위는 아래의 Fig. 1~4 와 같이 chassis mounting 부위 중 front shock tower, rear trailing arm, rear spring seat, rear damper mount 4 개 지점이며, FE 모델에 실험에서 사용된 각종 Zig 및 Sleeve 를 동일하게 반영하였다.

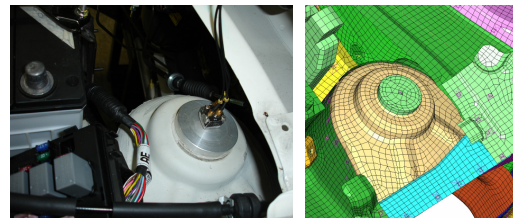


Fig. 1 Front Shock Tower

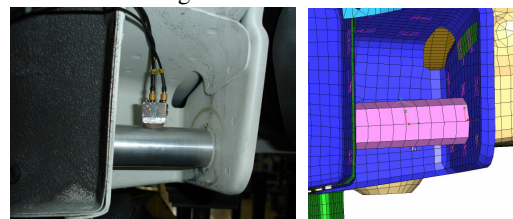


Fig. 2 Rear Trailing Arm

† GM Daewoo Auto & Technology Co.  
E-mail : sangyun.a.lee@gmdat.com  
Tel : (032) 590-6437, Fax : (032) 590-6002

\* GM Daewoo Auto & Technology Co.

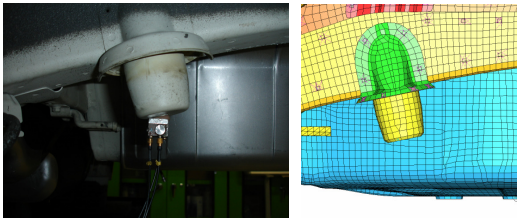


Fig. 3 Rear Spring Seat

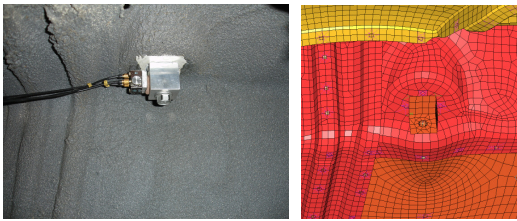


Fig. 4 Rear Damper Mount

일반적으로 test 에 사용되는 sleeve 는 damper 에 적용된 것을 사용하는 것이 가장 적절하나 front shock tower, rear damper mount 의 경우 적용이 불가하기 때문에 강성 및 무게의 영향을 최소화 하여 제작된 sleeve 를 사용하여 실험 하였고, 오차를 줄이기 위해 impact hammer 를 사용하여 accelerometer 와 가장 가까운 부위를 가진 하였다.

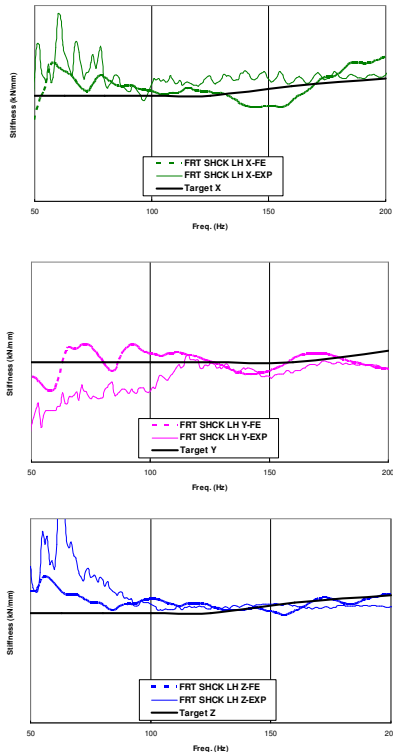


Fig. 5 DPDS Exp. & FE at Front Shock Tower

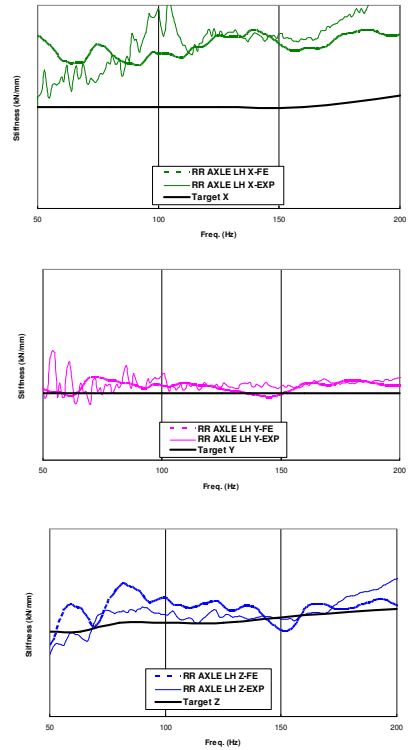


Fig. 6 DPDS Exp. & FE at Rear Trailing Arm

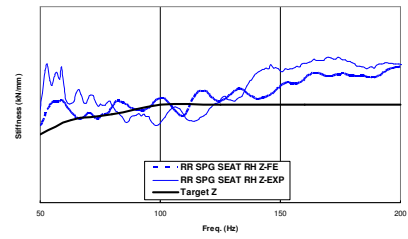
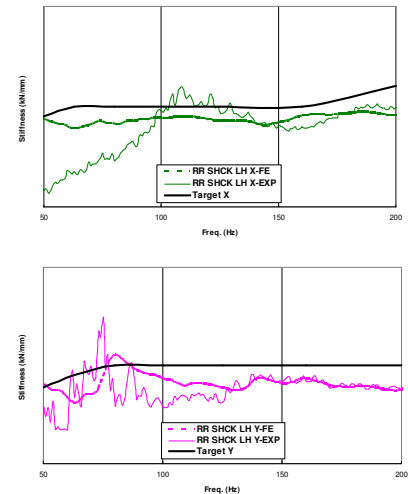


Fig. 7 DPDS Exp. & FE at Rear Spring Seat



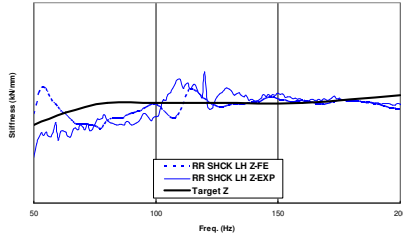


Fig. 8 DPDS Exp. & FE at Rear Damper Mount

대체적으로 해석결과가 실험결과의 경향을 추종하고 있으며, FE 모델을 이용한 해석결과를 통해 당사 spec.에 대한 만족여부를 판단 할 수 있다.

## 2.2 차량 각 부위의 DPDS 평가

검토하고자 하는 차량의 FE 모델을 이용하여 chassis mounting points 에 대한 DPDS 해석을 실시하였다. DPDS spec.은 유사 등급차량의 수준을 참고하여 결정하였으며 이를 기준으로 가장 취약한 부위는 front shock tower, rear damper mount 의 lateral 방향으로 밝혀졌다. 두 지점 모두 구조기인 소음이 발생하는 주파수 대역인 50~200Hz 대역에서 spec.의 50~60%수준으로 평가 되었다.

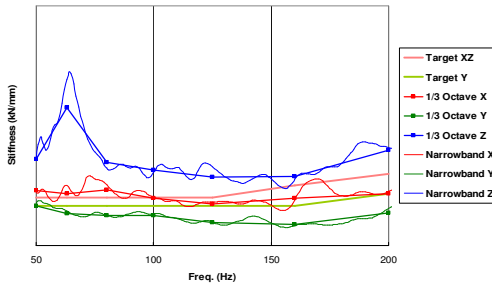


Fig. 9 DPDS at Front Shock Tower

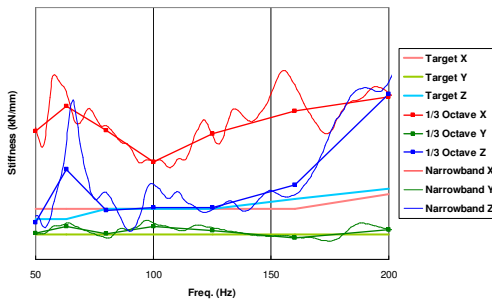


Fig. 10 DPDS at Rear Trailing Arm

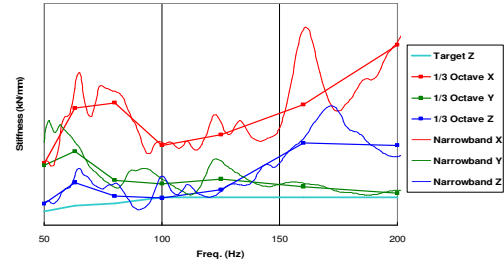


Fig. 11 DPDS at Rear Spring Seat

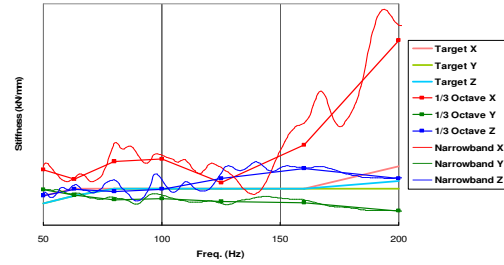


Fig. 12 DPDS at Rear Damper Mount

## 3. DPDS 개선

### 3.1 Body 강성 보강

앞에서 밝힌 바와 같이 front/rear shock tower 의 lateral 방향 강성을 증대시키기 위해서 다음의 부재를 추가 하거나 두께를 증가시켜 보았다.

Front shock tower 부위를 개선하기 위해서 Dash 판넬과 Shock tower 간에 보강 panel 삽입, dash 두께 14% 증가 및 #1 bar 의 두께를 25% 증가시켰으며, rear damper mount 부위를 개선하기 위해서 rear wheel housing 두께 15%, decklid 부위의 두께 증가 및 형상을 변경, floor panel 보강재 두께를 14% 증가 시켰고 총 3.1kg 의 무게 증가가 발생하였다. 그러나 보강에 의한 무게증가 이전에 40kg 이상의 mass reduction 을 한 상태에서 부분적인 강성 보강 만으로 target DPDS 를 만족시키고자 하였다.

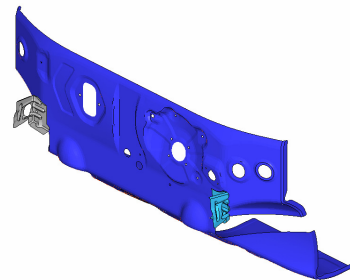


Fig. 13 Front Shock Tower 강성 보강 item

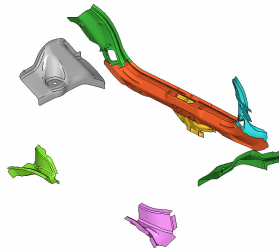


Fig. 14 Rear Damper Mount 강성 보강 item

### 3.2 개선된 DPDS

상기 item 들을 적용한 FE model 을 이용하여 DPDS를 검토해 보았고 front shock tower, rear damper mount 부위의 lateral 방향 DPDS 가 spec. 수준으로 개선되었음을 확인 할 수 있다.

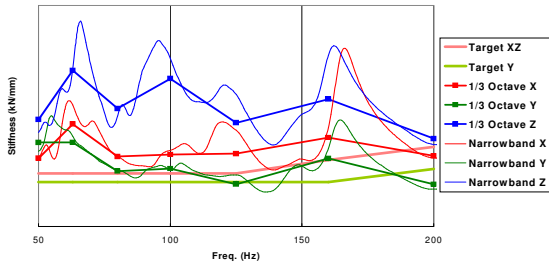


Fig. 15 DPDS at Front Shock Tower after Modification

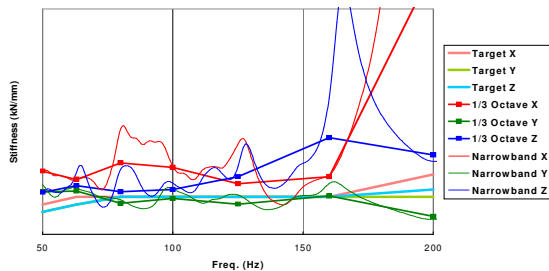


Fig. 16 DPDS at Rear Damper Mount after Modification

## 4. Road noise 검토

### 4.1 Road noise 해석을 위한 Full vehicle model

FE trimbody 는 DPDS 해석에 사용된 것과 동일한 모델을 사용하였고 여기에 chassis 를 부착하여 모델을 구성하였다. Road input 을 가하는 방법으로는 modal tire 없이 spindle center 를 가진 하는 방법, modal tire 를 부착하여 tire patch 를 가진 하는 방법이 있는데 전자를 사용하였다. 두 방법 모두 장단점을 가지고 있는데 전자의 경우 spindle center 에서의 input force 를 직접 측정하기 때문에 modal tire 에서 발생하는

uncertainty 를 제거 할 수 있는 장점이 있다. 본 논문에서 사용된 input force 는 coarse asphalt road 에서 60km/h 로 운행시 측정된 값이며 각 타이어에 input force 를 가한 후 각각 force 에 의한 음압값을 측정점에서 합하여 road noise 를 구하였다.

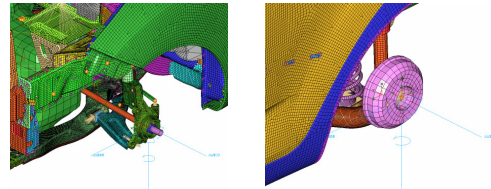


Fig. 17 FE Model for Road Noise and Spindle Input Force

### 4.2 Road noise 특성 및 개선 효과

다음은 rear passenger 에서의 road noise 해석 결과이다. 105Hz, 165Hz 대역의 소음은 주로 front spindle 가진에 의한 것이 주된 성분이며, 120Hz 대역의 소음은 주로 rear spindle 가진에 의한 성분이다.

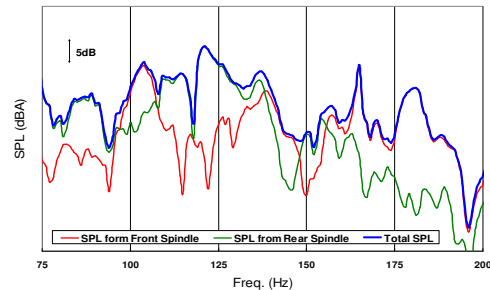


Fig. 18 Road Noise at Rear Passenger Ear

DPDS 개선을 위해서 앞서 개선되었던 item 들을 적용 하였을 경우 아래와 같이 105Hz 및 120Hz 대역이 저감 되었으며, front/rear shock tower 의 lateral 방향 DPDS 확보로 road noise 가 저감됨을 확인 할 수 있다.

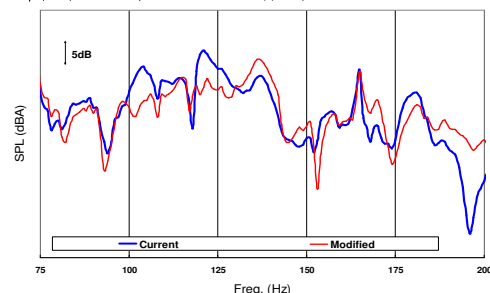


Fig. 19 Road Noise at Rear Passenger Ear before & after Modification

## 5. 결 론

본 연구는 DPDS 검토를 통하여 road noise 의 주 전달 경로인 chassis mounting point 의 local stiffness 를 평가하고 취약점을 보완하여 road noise 를 개선하고자 하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1) Chassis mounting point 의 local stiffness 를 실험 및 해석적인 방법으로 구하였고 FE 모델의 유효성을 확인하였다.

2) FE 모델의 DPDS 해석을 통해 local stiffness 가 취약한 chassis mounting point 를 찾아내어 이를 개선 하였으며 개선 정도를 DPDS 로 확인 하였다.

3) Local stiffness 개선을 통해 road noise 의 소음레벨이 저감됨을 확인 하였다.

4) 차량 설계 초기단계의 DPDS 검토로 weight reduction 을 병행한 적절한 body 강성 확보가 가능하며 개발시간의 단축 및 test 횟수 저감에 기여 할 수 있다.

## 참고문헌

- (1) D. J. Ewins, "Modal Testing: Theory, Practice and Application"
- (2) GMW14209, Body Structure Interface Attachments – Drive Point Dynamic Stiffness and Mobility Level Evaluation Procedure
- (3) 김달식 등, 2006, "Hybrid modeling 을 이용한 Roadnoise 분석에 관한 연구", 춘계학술대회 논문집 4 호, pp 2108-2114.