

전달경로분석 기법에 기반한 브레이크 저더 진동에 관한 연구

The Study on the Judder Vibration of Brake based on Transfer Path Analysis

배철용† · 권성진* · 김찬중* · 이동원* · 신천세* · 이봉현*

Chul-Yong Bae, Seong-Jin Kwon, Chan-Jung Kim, Dong-Won Lee, Chun-Se Shin and Bong-Hyun Lee

1. 서 론

브레이크 저더 진동은 제동계에서 발생된 진동이 최종적으로 운전자의 스티어링 휠 혹은 브레이크 페달 등으로 전달되는 현상으로써, 타이어 시미 진동과 유사한 특성을 갖는다. 하지만 시미 진동이 특정 속도영역에서 공진성의 진동특성을 갖는 반면, 저더 진동은 일정한 속도영역에서 연속적인 과대 진동특성을 발생시키는 차이점을 갖는다. 또한 브레이크 저더 진동의 발생은 운전자에게 있어 차량 제동에 대한 불안감을 발생시켜, 차량 안전운행에 큰 저해요소로 작용하게 된다. 이에 브레이크 저더 진동 저감을 위한 많은 연구가 이루어지고 있는데, 실제 고속주행 중 발생하는 진동 특성상 일반적으로 정성적인 평가 또는 해석적 평가를 통하여 연구가 이루어지고 있는 실정이다.

본 연구에서는 고속주행 중, 발생하는 저더 진동을 정량적으로 평가하고 PCA(principal components analysis) 및 single reference TPA(transfer path analysis)의 두 가지 전달경로 분석을 통하여 브레이크 저더 진동에 적합한 기여도 분석방법을 선정해보고자 한다.

2. 본 론

2.1 계측시스템 구성 및 시험모드

(1) 계측시스템 구성

실차 저더 진동평가를 위한 시험대상차량은 국내 H社의 1,600cc 차량을 선정하여, 브레이크 패드 및 디스크 신품을 장착하여 평가를 수행하였다. 특히, 브레이크 패드와 디스크가 신품임을 감안하여 실차상태에서의 버니쉬(burnish) 작업을 통하여 차량 제동특성을 안정화 시켰다. 계측 시스템의 구성은 제동계와 조향계의 전달경로를 고려하여, 브레이크 패드가 고정되는 좌/우측 캘리퍼와 너클, 좌/우측 랙 및

조향기어 박스부와 운전석 시트레일 및 스티어링 휠 상단에 각각 3축 가속도계를 장착하였으며, 차량 주행 RPM은 엔진 CMP 신호를 이용하였고, 타이어 휠 RPM은 엔진 ECU 정보를 이용하여 연산하였다. 이외에 차량속도의 정밀 측정을 위해 GPS형 차량속도계와 제동압력 조절을 위해 아날로그 타입의 감속도계 및 서모스텝을 이용한 브레이크 패드의 온도를 측정 할 수 있도록 계측시스템을 구성하였다. 또한 저더 진동 가진원에 대한 전달함수 측정을 위해 캘리퍼부에 강력 에폭시를 정육면체로 다듬어 부착한 후, 3축 가진시험이 진행될 수 있도록 구성하였다.

(2) 시험모드

브레이크 저더 진동평가를 위한 실차평가는 크게 두 가지로 나누어 수행하였다. 첫 번째는 브레이크 패드로부터 스티어링 휠까지의 차량 전달함수 측정을 위한 충격시험이며, 두 번째는 저더 진동 재현을 위한 실차 주행평가이다. 특히, 저더 진동 재현평가는 Fig. 1에 나타난 바와 같이 차량 초기 주행속도를 160KPH 및 130KPH 상태에서 제동을 통해 브레이크 패드 온도를 80℃로 유지시킨 후, 0.3g의 감속도로 차량을 65KPH의 속도까지 제동시킨 이후, 다시 차량을 초기 조건으로 유지 시킨 상태에서 총 세 번의 65KPH 속도까지의 제동을 수행하였다. 이후 마지막으로 차량 완제동을 통하여 차량을 정지시키는 것을 연속적으로 수행하여 이를 1사이클 시험모드로 선정하였다.

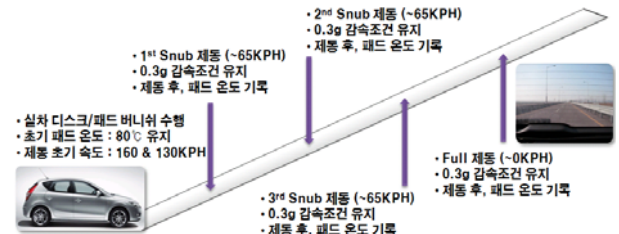


Fig. 1 저더 진동 재현을 위한 실차주행 모드

2.2 PCA를 이용한 기여도 분석결과

PCA 분석은 상호 부분적으로 연성되어진 가진원 혹은 다중 가진원에 노출된 응답에 대한 주성분 분석을 수행하여 다중 응답점에 대한 상호 독립적인 기여도 분석을 수

† 교신저자: 자동차부품연구원 소음진동연구팀
E-mail : cybae@katech.re.kr
Tel : (041) 559-3339, Fax : (041) 559-3070

* 자동차부품연구원 소음진동연구팀

행할 수 있으며, 이에 따라 로드노이즈 혹은 엔진 및 에어컨의 복합적 소음에 의한 차량 실내 소음원 기여도 분석 등에 활용이 이루어지고 있다. 저더 진동의 경우 양단의 제동계에 의한 다중 가진원이 상호 연성효과에 의해 스티어링 휠부에 응답을 발생시키기 때문에 적절한 기여도 분석효과를 나타낼 수 있게 된다.

Fig. 2는 주성분 분석을 통하여 계산된 세 개의 주성분을 도시한 결과이며, Fig. 3은 주성분 1에 의한 스티어링 휠 원주방향 진동에 대한 기여도 분석결과를 나타낸 것이다. 기여도 분석을 통하여 스티어링 휠의 횡방향 진동은 1차 오더성분이 주요한 진동성분으로 나타나지만, 좌/우측 캘리퍼는 스티어링 휠부의 2차 오더성분에만 기여도가 상대적으로 크게 발생하고 있음을 확인할 수 있다.

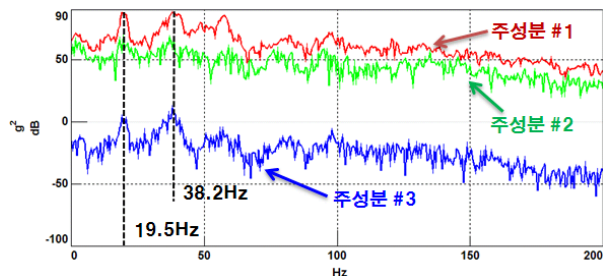


Fig. 2 Principal components of judder vibration

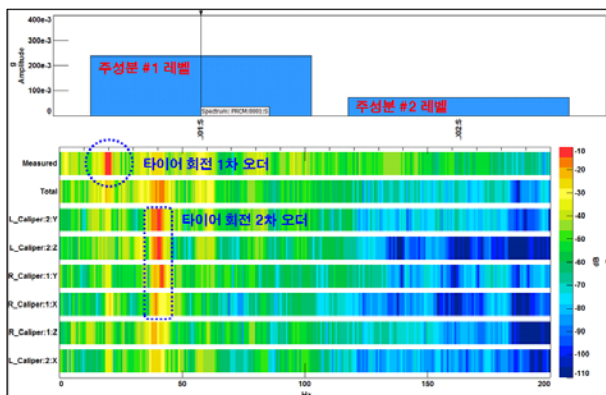


Fig. 3 Contribution analysis result of PCA

2.3 Single ref. TPA를 이용한 기여도 분석결과

Single reference TPA에 의한 기여도 분석은 PCA 분석과는 다르게 오더성분에 기반한 기여도 분석을 가능하게 한다. 이에 따라 측정된 데이터의 시간변화에 대한 응답특성을 연속적으로 고려할 수 있는 장점을 지닌다.

Fig. 4 및 Fig. 5는 TPA 분석을 통한 스티어링 휠의 원주방향 진동에 대한 1차 및 2차 오더의 기여도분석 결과를 도시한 것이다. 스티어링 휠의 1차 오더성분의 경우 제동 초기에 가장 큰 진동레벨을 발생시키지만, 캘리퍼에서의 기여도는 현저히 낮은 것으로 나타나고 있다. 이에 반하여 2차 오더성분은 스티어링 휠에서 1차 오더성분

대비 낮은 진동특성을 발생시키지만, 좌/우측 캘리퍼에 의한 기여도는 크게 발생하고 있는 것을 확인할 수 있다.

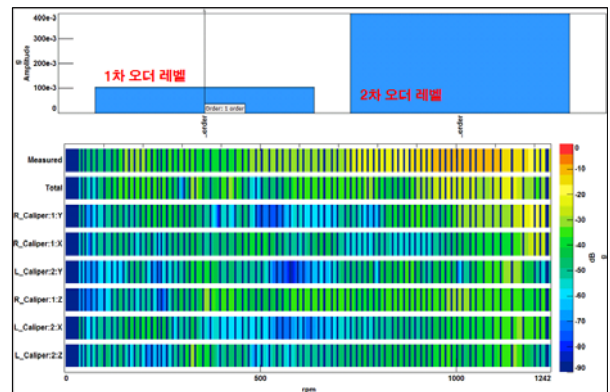


Fig. 4 Contribution analysis result at 1st order

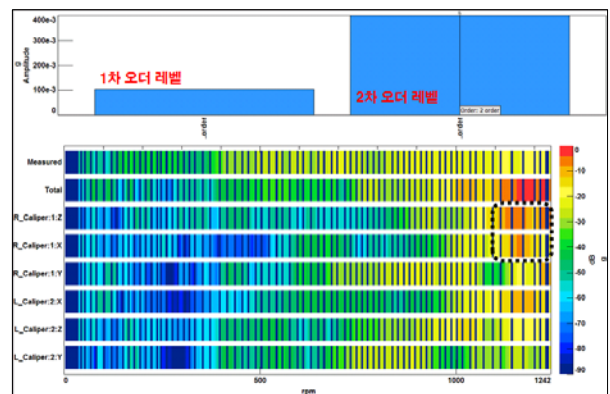


Fig. 5 Contribution analysis result at 2nd order

3. 결 론

본 연구에서는 브레이크 저더 진동의 실차 주행평가를 통하여 진동특성을 평가하고, 제동계 및 조향계에 대한 기여도 분석을 위해 PCA 및 TPA 분석을 수행하였다. 기여도 분석결과 PCA 및 TPA는 유사한 분석결과를 도출시켰으며, 저더 진동이 타이어 회전주파수의 오더성분으로 발생하는 특성을 고려할 때 PCA 분석 대비 TPA 분석이 보다 효율적일 것으로 예측되어진다.

후 기

본 논문은 지식경제부가 주관하는 부품소재 전문기업 기술지원사업(자동차용 브레이크 부품 진동소음 저감을 위한 CAE/CAT 기반 최적화 설계 기술 지원)의 성과물로써 관계자 여러분께 감사드립니다.