

다축 가진기를 이용한 시트 쿠션 프레임의 내구 전후 BSR 진동특성 연구

최호일¹, 남재현², 강재영^{1*}, 박정희²
¹공주대학교 기계자동차공학부, ²(주)다스 설계팀

Investigation of the BSR Noise characteristics in Seat Cushion-frame with respect to Vibration Durability Test Using Multi-simulator

Ho-il Choi¹, Jae-Hyun Nam², Jae-Young Kang^{1*}, Jung-Hee Park²

¹Department of Automotive and Mechanical Engineering, Kongju National University

²Das Company

요약 1차 소음원을 저감시키기 위한 많은 연구가 진행되어 왔지만 BSR과 같은 감성품질에 대한 연구는 상대적으로 적다. 본 논문은 다축 가진기를 이용한 시트 프레임의 BSR 시험을 실시한다. 정현파 스윕(sine wave sweep) 테스트를 실시하여 BSR 소음과의 관계를 연구하고 시트 프레임의 진동 내구 시험 전후 BSR 시험을 실시한다. 그 결과 첫 번째 수평(lateral)방향 공진이 고주파의 BSR소음을 발생시키며 또한 레일의 위치에 따라 BSR 소음 특성이 변하는 것을 확인했다. 또한 시트 프레임의 내구 시험 후 시스템 강성이 감소하였고, 그에 따라 BSR 소음이 감소되는 것을 확인할 수 있었다.

Abstract Many studies have examined the reduction of primary noise sources, but quality-related noise, such as BSR, is rarely studied. This study describes the quantitative BSR test method using a multi-axial simulator. The sine sweep test was conducted to detect the system resonance and its relation to BSR noise with high frequency. This method is applied to the seat frame with/without the vibration durability test. The results showed that the 1st lateral resonance leads to higher BSR frequency noise. In addition, the reduction of the lateral mode system stiffness after the durability test results in a decrease in the BSR noise in sine sweep test mode.

Key Words : BSR(Buzz, Squeak, Rattle), Multi-simulator, Sine wave sweep, Vibration durability

1. 서론

자동차에서 발생하는 진동 소음은 접촉한 두 물체의 상대 운동의 결과로 다양한 원인 및 메커니즘이 존재한다. 엔진, 파워트레인 및 기타 불안감을 유발시키는 1차 소음원에 대한 저감 설계는 많은 연구를 통한 결과로 감소하는 추세이다. 그러나 1차 소음원에 대한 저감 설계가 이루어질수록 BSR과 같이 감성품질에 의한 불쾌감은 상대적으로 민감해지고 있다. J. D. Power 기관에 따르면

BSR 소음을 소비자의 5대 불만 사항으로 간주하였으며, 자동차의 품질을 결정하는 주요한 요소로 인지하고 있다 [1].

BSR은 저주파에서 발생하는 구조적 결함에 의한 소음을 말한다. 버즈(buzz)는 구조물이 단독으로 진동하여 발생하는 소음이며, 스킵(squeak)은 접촉한 두 물체의 상대운동의 결과 이들 재료의 마찰력이 발생하며 진동과 소음이 발생하는 것을 말한다. 래틀(rattle)은 두 가지 물체 이상이 진동하여 서로 부딪히는 음이다. BSR 소음은

본 연구는 지식경제부 지정 공주대학교 자동차의장 및 편의부품 지역혁신센터의 지원에 의한 것입니다. 논문에 도움을 주신 다스 관계자 여러분께 감사드립니다.

이 논문은 2014년도 공주대학교 지역혁신센터의 지원을 받아 수행된 연구임

*Corresponding Author : Jae-Young Kang(Kongju Univ.)

Tel: +82-41-521-9263 email: jkang@kongju.ac.kr

Received May 8, 2014

Revised June 18, 2014

Accepted August 7, 2014

복합적인 메커니즘과 인자들에 의해 발생하기 때문에 음저감 설계에 대한 방안은 다양한 접근법으로 분석하는 것이 효율적이다.

과거 BSR 소음에 대한 연구는 엔지니어의 청감에 의존한 매우 주관적인 평가가 이루어지거나 마이크로폰을 이용한 음압의 크기에만 집중하였다. 그러나 Cook 외[2]의 연구에서 BSR 소음에 대한 기존 기술을 분석함으로 단시간 저주파 이벤트는 마이크로폰을 이용한 자료로는 한계가 있음을 확인 하였으며, 보다 나은 검증을 위한 여러 음질 요소를 제시 하였다.

메커니즘 검증에 대한 대표적인 방법 중 하나인 시험에 의한 분석법이다. 이에 따른 연구에서 Shin외[3-4]는 소음이 발생하고 있는 제품에 대한 가진 시험을 수행 하였으며, 음장 가시화 장비를 통해 소음원을 확인 하였다. 소음원에 대한 개선안을 제시하여 초기 시험 품 대비 개선 시험 품에 대한 소음을 저감 시켰다. Seo 외[5]는 백색 잡음 가진을 통하여 대상을 가진 하였고, 가시화 장비를 사용하여 소음원을 확인하였다. 또한 기여도 함수 기법을 적용하여 소음원들의 순수 기여도를 확인하여 소음 발생 주파수 대역의 모드 형상을 확인하였다.

다른 검증 법 중 하나인 해석적 검증 기법을 통해 Seol 외[6]는 대상에 대한 시험 및 해석 상관도를 비교하여 해석의 유효성을 검증 하였으며, Caamano 외[7,8]는 스피커와 래틀에 대한 시험과 ABAQUS를 이용한 해석의 상호관계를 규명함으로써 해석의 신뢰성을 보여주었다.

El-Essawi 외[1]는 MSC/NASTRAN을 이용하여 정현파와 스위프 랜덤 가진을 통해 FEM 시험과 실제 시험을 수행함으로써 발생하는 BSR 소음에 대해 상호관계를 규명하였다.

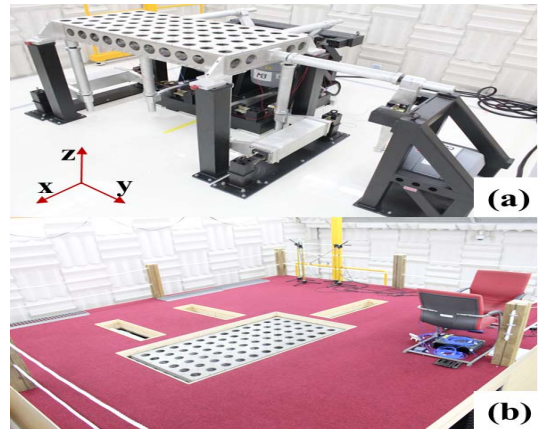
위의 문헌들과 같이 다양한 접근 방법들이 존재하지만 본 논문에서는 가속도계를 이용하여 BSR 진동에 기인하는 요소에 대해 연구를 수행하였다. 정현파와 스위프 시험을 통하여 공진 주파수를 확인하고, 공진에 의해 발생하는 BSR 소음의 특징에 대해 확인 하였으며, 내구 전후 BSR 진동 특성을 비교하였다.

2. 내구 시험 전 BSR 특성 분석

2.1 BSR 시험 환경 및 개요

시트 쿠션 프레임에 대한 BSR 소음 분석을 하기 위해

다축 무소음 가진기를 이용하였다. 다축 가진 시스템은 Fig. 1 과 같다. Fig. 1의 (a)는 시험에 사용된 다축 가진기로 4개의 단축 가진기들로 구성되어 있으며, z축 방향 2개, x축 방향 1개, y축 방향 1개로 설치되었다.



[Fig. 1] Vibration-excitation system (a)Multi simulator (b) Multi simulator

독립적인 3축 가진이 위치 변경 없이 가능하며, 2축(z+roll 모션) 3축(x, y, z) 4축(x, y, z + roll)과 같은 다축 가진도 가능한 시스템이다. Fig.1의 (b)는 가진기에 작업대를 설치하여 시험간 편의성 및 작동 소음을 저감시키기 위해 제작되었다. 가진 시스템은 PC와 연동하여 소프트웨어를 통해 제어가 가능하다. 데이터는 LMS(16ch.)을 통해 계측 및 분석 하였다. 시험은 암소음 25dB(A) 이하의 무향실에서 진행되었으며, 무향실은 복합 환경시험(-40℃~+50℃)이 가능한 시스템이 구축되어 있다. 가진 시스템의 사양은 Table 1 과 같다.

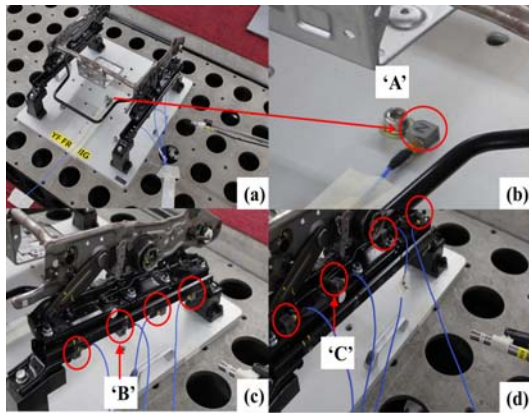
[Table 1] Specification of Multi-simulator

Vibration-excitation system	Model	Specifications
4 DOF BSR excitation system	MB Dynamics S&R Silver	Background noise : 28 dB(A) Max. payload : 350 kg Frequency range : 1 - 200Hz Max. displacement : 25 mm Feedback sensor : 4 EA

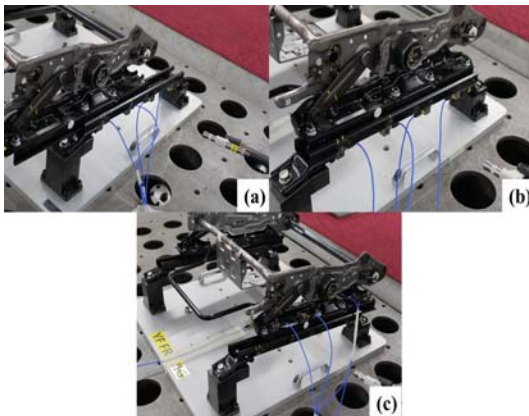
시트 쿠션 프레임 중 레일부의 BSR 문제에 초점을 두어 연구를 진행하였다. 이에 따른 가속도계의 부착 위치는 Fig. 2와 같다. Fig. 2 (a)의 'A' 위치에 Fig. 2 (b)와

같이 지그 바닥에 가속도계를 설치하여 FRF의 기준 가속도계로 정의 하였다. 데이터는 Fig. 2 (c)와 같이 로어 레일 네 곳 중 'B' 위치와 Fig. 2 (d)와 같이 상측 레일 (upper rail) 네 곳 중 'C' 위치에서 계측 하였다. 또한 슬라이드 레일의 위치를 Fig. 3 (a)와 같이 상측 레일이 앞으로 나와 있는 상태를 전 측(front)으로 정의 하였으며, Fig. 3 (b)와 같이 동일한 상태를 중앙측(center), Fig. 3 (c)와 같이 상측 레일이 뒤로 들어가 있는 상태를 후측(rear)으로 정의 하였다.

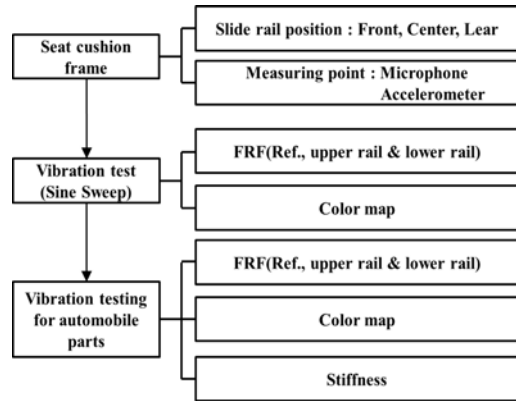
시험에 대한 개략도를 Fig. 4 와 같이 나타내었으며, 내구 시험 전후 동일한 절차를 거쳐 데이터를 비교 분석 하였다.



[Fig. 2] accelerometer of position (a) in detail of base, (b) in detail of base 'A', (c) lower rail 'B', (d) upper rail 'C'



[Fig. 3] Slide rail position (a)Front (b)Center (c) Rear



[Fig. 4] block diagram of the BSR test

2.2 내구 시험 전 정현파 시험 분석

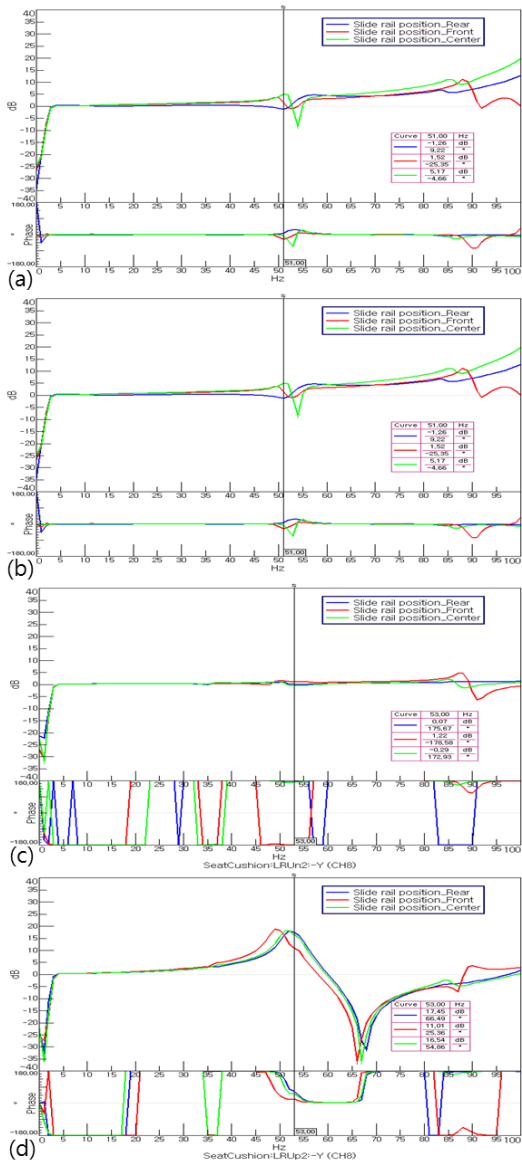
BSR소음에 대한 계측 및 분석 방법은 각 시험별로 다양하다. 일반적으로 랜덤 가진(random excitation)을 통해 소음원을 직접 확인하는 주관적인 평가와 마이크로폰 어레이를 통해 소음원을 확인하는 방법이 사용되고 있다. 그러나 본 논문은 저주파 공진 주파수가 높은 주파수 대역의 BSR 소음에 기인함을 정량적으로 확인하기 위하여, 정현파 스윕(sine wave sweep) 시험을 실시하였다.

시스템 가지는 정현파 스윕을 통해 0 - 100 Hz 까지 증가 시킨 후 두 개의 데이터를 계측하였으며, 수직방향과 수평방향 두 모드로 시험 하였다[Fig. 2 (c) 'B'].

공진 주파수 분석은 시트 슬라이드 레일 위치 및 가진 방향 별 계측한 데이터 중 Fig. 2 (c) 'B' 위치와 같이 하측 레일(lower rail) 한 곳, Fig. 2 (d) 'C' 상측 레일 한 곳을 지정하여 확인 하였다. FRF 측정결과는 Fig. 5에 나타내었다.

Fig. 5의 (a)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B']의 수직 방향을 가진한 결과이며, Fig. 5 (b)는 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']의 수직 방향의 가진 결과이다. Fig. 5 (c)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B']의 수평(lateral) 방향의 가진 결과이며 Fig. 5 (d)는 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']의 수평 방향의 가진 결과이다.

파란색 선은 슬라이드 레일이 Fig. 3 (c)와 같이 후측인 경우이며, 초록색은 Fig. 3 (b)와 같이 중앙측, 빨간색은 Fig. 3 (a)와 같이 전측 에 위치한 결과이다. 각각의 결과인 Fig. 5 의 (a), (b), (c), (d)는 FRF 형태가 유사한 경향을 보이고 있으며, 현재 스케일에서 FRF의 형태가 매우 뚜렷한. Fig. 5 (d) 의 결과를 확인 해본 결과 다음과 같다.



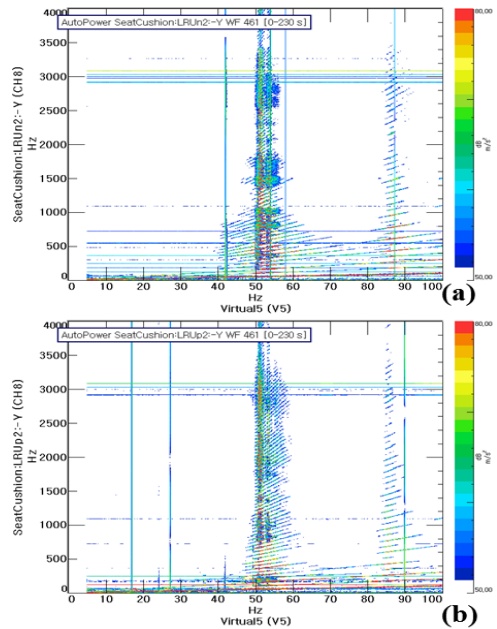
[Fig. 5] Frequency response with respect to the base excitation 'A' (a) Vertical response at lower rail 'B' (b) Vertical response at upper rail 'C' (c) Lateral response at lower rail 'B' (d) Lateral response at upper rail 'C'

슬라이드 레일 위치가 중앙측에 있을 때 시트 시스템의 공진 주파수가 50 Hz 근방, 후측 위치에서 50Hz 근방, 전측 위치 45 Hz 근방에서 나타나는 것을 알 수 있었다. 이는 슬라이드 레일의 위치가 후측 및 중앙측에 위치한 경우 전측에 비해 상대적으로 변화가 적고, 전측에 위치한 경우 상대적으로 크게 낮아지는 것을 알 수 있다. 이

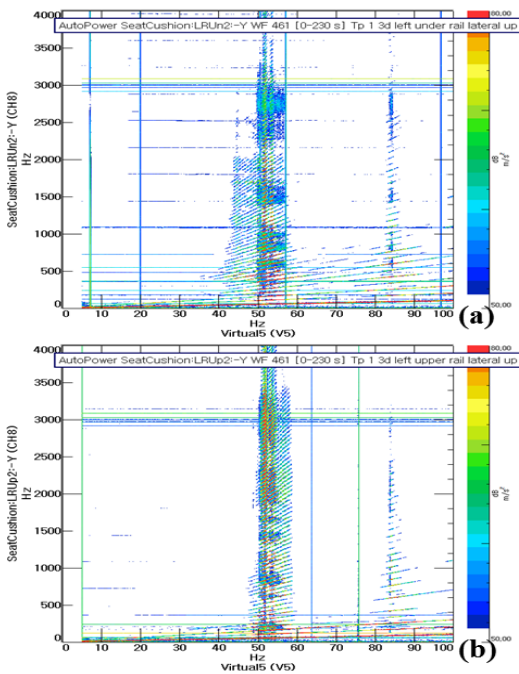
때 전달률의 크기는 각 위치 모두 유사한 것으로 보아 에너지의 변화는 거의 없음을 확인하였다. 또한 1차 공진 모드는 Fig. 5 (a), (b), (c)의 전달률의 크기보다 (d)의 전달률의 크기가 큰 것으로 보아 수평 방향의 상측 레일에 민감한 모드임을 확인하였다.

본 논문에서는 시스템의 저주파 수평 방향의 공진이 뚜렷하여 이에 의한 BSR 소음에 초점을 두어 연구하였다. 저주파 공진에 의한 고주파수 대역 BSR 소음 영향도를 확인하기 위해 수평 방향 가진 모드 시 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B']와 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']의 각 슬라이드 위치별 4000 Hz까지의 수평 방향의 가속도를 color map으로 도시하였다. 결과는 Fig. 6, Fig. 7, Fig. 8과 같다.

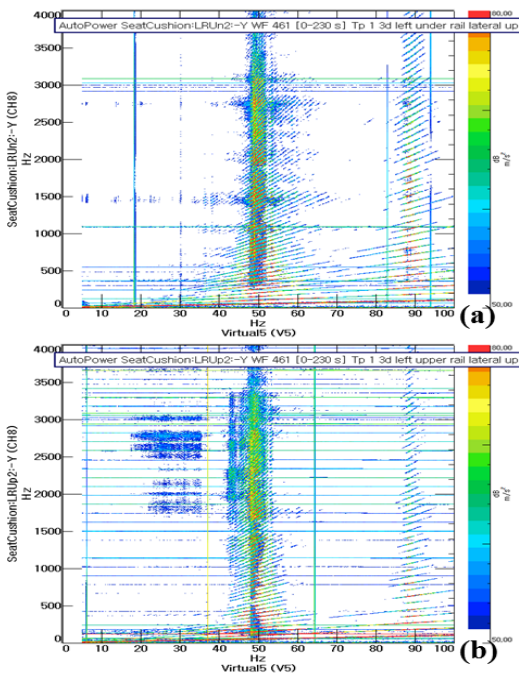
Fig. 6 (a)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B'], Fig. 6 (b)는 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']이며, 슬라이드 레일이 중앙측에 위치한 경우 4000 Hz 까지 color map을 확인한 결과이다. x축은 가진 주파수이며, y축은 응답주파수이다. 수평 방향의 공진 주파수 대역인 50 Hz 근방에서 높은 주파수 대역까지 진동이 매우 크게 발생함을 확인 할 수 있었다. 이러한 현상은 기본 공진 주파수에 의한 고차 하모닉 차수 성분 및 기타 상위 고유주파수들의 공진에 의해 저주파 가진이 고주파수 대역의 BSR소음을 유발 할 수 있음을 보여주고 있다.



[Fig. 6] Color map on center position (a)lateral response of lower rail 'B' (b) lateral response of upper rail 'C'



[Fig. 7] Color map on rear position (a) lateral response of lower rail 'B' (b) lateral response of upper rail 'C'



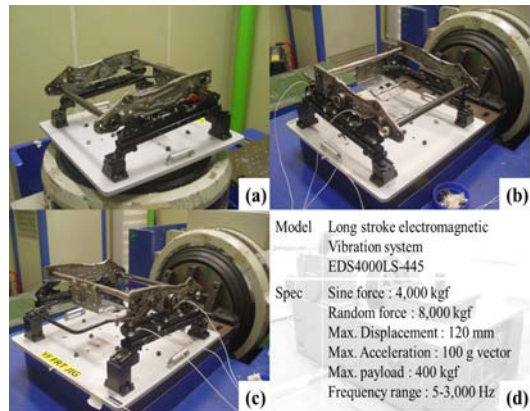
[Fig. 8] Color map on front position (a) lateral response of lower rail 'B' (b) lateral response of upper rail 'C'

Fig. 7 (a)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B'], Fig. 7 (b)는 상측 레일[Fig.2 (d) 'C']이며, 슬라이드 레일이 후측에 위치한 경우 4000 Hz 까지 color map을 확인한 결과이다. FRF 확인 결과 공진주파수 대역이 슬라이드 레일의 위치가 중앙측일 경우와 매우 유사 하였으며, color map 확인 결과 저주파 공진 주파수에 의해 높은 주파수 영역에서 진동이 발생함을 확인 하였다.

Fig. 8 (a)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B'], Fig. 8 (b)는 상측 레일[Fig.2 (d) 'C']이며, 슬라이드 레일이 전측에 위치한 결과이다. 위의 경우도 수평 방향의 1차 공진 주파수에 의해 높은 주파수 대역의 진동이 발생함을 확인 할 수 있었다. 따라서 슬라이드 레일의 위치 별 1차 공진 주파수 대역은 상이하지만 1차 공진 주파수에 의해 높은 주파수 대역에 진동이 발생하여 BSR 소음을 야기 시킬 수 있음을 확인하였다.

3. 내구 시험 후 BSR 특성 분석

3.1 내구시험 환경 및 개요



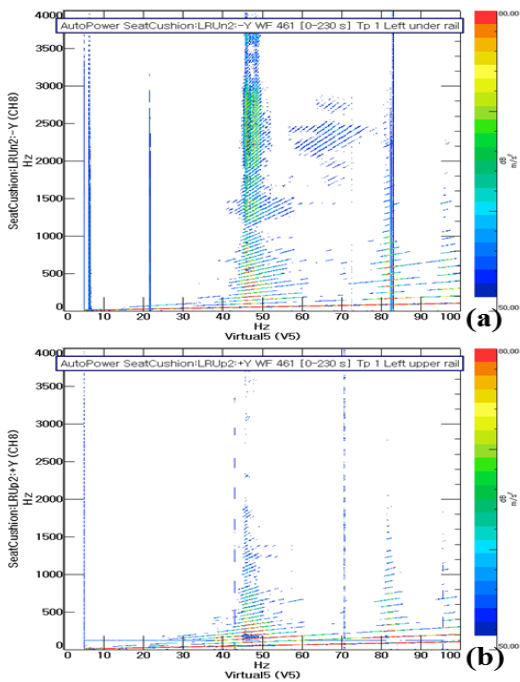
[Fig. 9] Vibration durability test mode (a) z-axis (b) y-axis (c) x-axis (d) test mode

내구 이후 시트 하부 프레임에 대한 BSR 특성 변화를 확인하기 위해 KS R 1034 : 2006의 33 Hz, 4.5G 1종의 B종으로 진동 내구 시험을 수행하였다. 내구 시험장비에 관한 스펙은 Fig. 9 (c)와 같이 x축 1.5시간 정규 내구 시험을 수행하였다.

3.2 내구시험 후 정현파 시험 분석

내구 시험 이후 상기 시스템에 대한 특성 변화 현상을 확인하기 위해 내구 시험 전 시험과 동일한 시험과정을 거쳐 각 슬라이드 레일 위치 별 4000 Hz까지 color map 을 확인하였다. 대상의 앞의 시험과 동일한 위치의 하측 레일 Fig. 2 (c) 'B'와 상측 레일 Fig. 2 (d) 'C'의 수평 방향의 진동모드에 대한 수평 방향 가속도 결과이다.

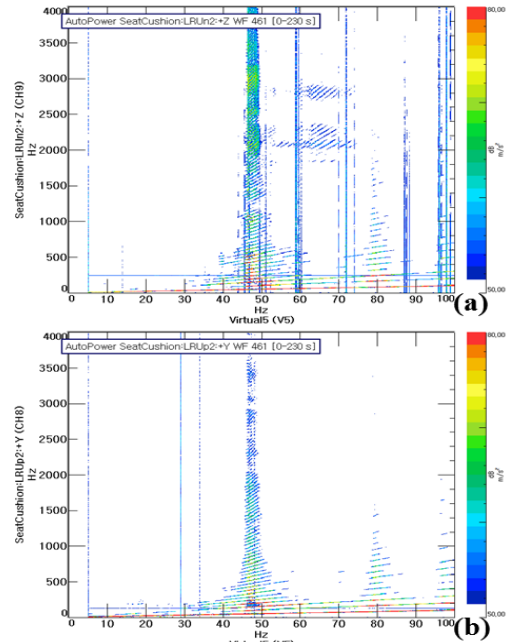
Fig. 10 (a)는 하측 레일[Fig.2 (c) 'B'], Fig. 10 (b)는 상측 레일[Fig.2 (d) 'C']이며, 슬라이드 레일이 중앙측에 위치한 결과이다. ϵ 축은 가진 주파수이며, y 축은 응답 주파수이다. 내구 이후 낮아진 공진 주파수인 45 Hz 부근에서 높은 주파수 영역까지 진동이 발생하고 있음을 확인 할 수 있다. 그러나 같은 위치의 내구 전 데이터 인 Fig. 6과 비교해 보면 상대적으로 진동의 크기가 감소했음을 알 수 있다.



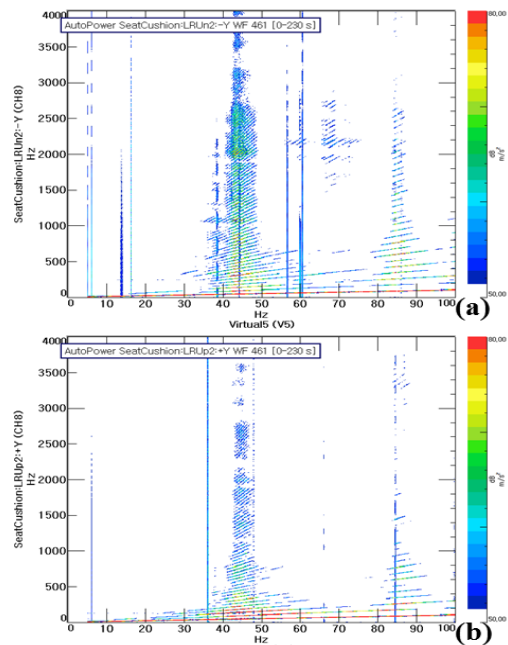
[Fig. 10] color map on center position (a) lateral response of lower rail 'B' (b) lateral response of upper rail 'C'

Fig. 11(a)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B'], (b)는 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']이며, 슬라이드 레일이 후측에 위치한 color map 결과이다. 공진 주파수 대역은 상대적으로 감소하였으며, 낮아진 공진 주파수 영역에 의한 높은 주파수 대역의 진동이 발생함을 확인 할 수 있다. 또한 같은

위치의 내구 전 데이터인 Fig. 7과 비교 하였을 때 역시 진동의 레벨이 감소한 것을 확인 할 수 있었다.



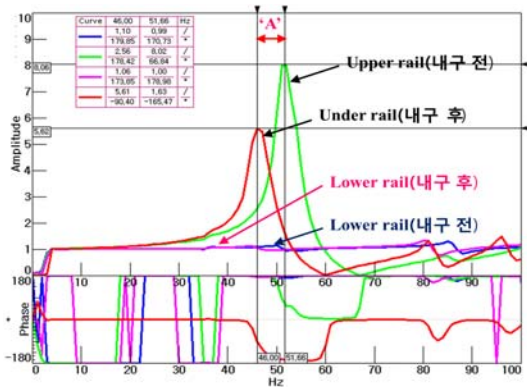
[Fig. 11] Color map on rear position (a) lateral response of lower rail 'B' (b) lateral response of upper rail 'C'



[Fig. 12] Color map on front position (a) lateral response of lower rail 'B' (b) lateral response of upper rail 'C'

Fig. 12 (a)는 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B'], Fig. 12 (b)는 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']이며, 슬라이드 레일이 전측에 위치한 결과이다. 공진 주파수 대역이 다른 위치에 비해 낮아진 것을 확인 할 수 있으며, 역시 저주파 공진주파수에 의해 높은 주파수 대역의 진동이 발생함을 확인 할 수 있다. 또한 동일한 위치의 데이터인 Fig. 8과 비교 했을 때, 진동의 레벨이 감소했음을 확인 할 수 있다.

위와 같은 현상의 원인에 대해 내구 전 후 시험의 FRF 결과를 분석해 보았다. 슬라이드 레일의 각 위치 별 FRF의 분석 결과 그래프 형태가 매우 유사하여, 슬라이드 레일의 위치가 중앙측일 경우 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B']과 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']의 내구 전 후의 FRF만 나타내었다. 결과는 Fig. 13과 같다.



[Fig. 13] FRF plot before/after durability test

Fig. 13과 같이 내구 후 수평 방향의 공진주파수가 5 Hz정도 낮아지는데 이는 내구에 의한 시스템 강성저하에 기인한다. 또한 상대적으로 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B']의 진동은 가진 베이스와 일치한다고 근사할 수 있으므로, 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']의 진동 자체가 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B']에서 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C']로의 진동 전달 크기로 근사할 수 있다. 따라서 하측 레일[Fig. 2 (c) 'B'] 대비 상측 레일[Fig. 2 (d) 'C'] 진동 전달률을 내구 전후로 비교해 보면 수평 방향의 공진 주파수에서 내구 전 8.06이었던 것에 비해 내구 후 5.62로 감소함을 알 수 있다. 이에 따라 color map 분석에서 내구 시험 전 수평 방향의 공진주파수 대역에서 높은 주파수까지 발생하던 진동의 크기가 내구 이후 감소한 것으로 유추 할 수 있다.

4. 결론

본 논문에서는 정현파 스위프 시험을 이용해서 시트 부 공진 주파수에 의한 BSR 소음 특성에 대해 분석하였다. 분석 결과 공진 주파수는 시트 슬라이드 레일의 위치에 따라 공진에 의해 높은 주파수 대역에 BSR 소음이 상이하게 나타날 수 있음을 보여주었다. 또한 내구 시험을 통해 내구 이후 발생하는 BSR 특성에 대해 분석하였으며, 강성저하에 따른 내구 전후 BSR 소음의 특성에 대해 확인해 보았다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

- 1) 다축 가진기를 이용한 정현파 스위프 시험을 통해 저주파 공진에 의해 고주파수의 BSR 소음 발생을 분석 할 수 있었다.
- 2) 수평 방향의 가진 시험의 결과 슬라이드 레일 위치에 따라 BSR 소음 특성이 변한다.
- 3) 내구 시험 이후 수평 방향 모드의 시스템 강성이 저하됨을 확인하였다.
- 4) 내구 시험 후 강성의 변화 외 수평 방향 모드의 공진 크기가 감소하고 이에 상응하는 고주파수 BSR 소음이 상대적으로 감소하였다.

본 연구결과를 바탕으로 종합해보면 구조물이 복잡하지 않은 단일 품목에 대해서 내구 후 BSR 소음레벨이 감소할 수 있다고 판단된다. 하집나 이음새가 많은 복잡한 시스템 모듈의 경우 상이한 결과가 발생할 수 있다고 추측된다.

References

- [1] M. El-Essawi, J. Lin and G. Sobek, "Analytical predictions and correlation with physical tests for potential buzz, squeak, and rattle regions in a cockpit assembly", 2004-01-0393, SAE, Warrendale, PA., 2004.
DOI: <http://dx.doi.org/10.4271/2004-01-0393>
- [2] V. Cock and A. Ali, "End-of-line inspection for annoying noise in automobiles : Trends and perspectives", Applied Acoustics, Vol. 73, Issue. 3, pp. 265-275, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.06.019>
- [3] S. Shin, C. Cheong and S. Jung, "Experimental evaluation of buzz, squeak and rattle noise of vehicle doors and its prevention", Transaction of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 17, No. 12, pp. 1217-1222, 2007.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVN.2007.17.12.1217>

[4] S. Shin and C. Cheong “Experimental characterization of instrument panel buzz, squeak and rattle (BSR) in a vehicle”, Applied Acoustics, Vol. 71, Issue. 12, pp. 1162-1168, 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.07.006>

[5] B. Seo, J. Jeong, G. Park, H. Kim, S. Park and J. Oh, “Evaluation of vehicle seat rattle noise using coherence function technique”, Transaction of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 21, No. 8, pp. 774-780, 2011.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVE.2011.21.8.774>

[6] Y. Seol, J. Choi, J. Kim, S. Kim, J. Cho, S. Shin and I. Jun, “The analytical study on a BSR assessment using the auralization method for the seat module”, KSAE Spring Conference Proceedings, pp. 812-818, 2011.

[7] I. Lama, J. Vinas, Y. Blecon and X. Montane, “Analysis of S&R phenomena through simulation in abaqus”, SCC, 2009.

[8] E. Caamano, I. Lama, A. Rousounelos and J. Vinas, “Improved methodology for squeak & rattle analysis with abaqus and correlation with test results”, SCC, 2011.

최 호 일(Ho-il Choi)

[정회원]



- 2014년 2월 : 공주대학교 기계시스템진공 (기계공학학사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 일반대학원 기계공학과 재학중

<관심분야>
소음, 진동

남 재 현(Jae-Hyun Nam)

[정회원]



- 2012년 2월 : 공주대학교 기계설계 전공 (기계공학학사)
- 2014년 2월 : 공주대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : ㈜다스 설계팀

<관심분야>
차량 시트 설계

강 재 영(Jae-Young Kang)

[정회원]



- 1996년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (기계공학학사)
- 1997년 2월 : Univ. Michigan, Ann arbor (기계공학석사)
- 2008년 3월 ~ 2006년 2월 : Purdue Univ. (기계공학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 천안공과대학 기계설계공학 부교수

<관심분야>
소음, 진동

박 정 희(Jung-Hee Park)

[정회원]



- 1994년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (기계공학학사)
- 1996년 2월 : 단국대학교 기계공학과 (기계공학석사)
- 2004년 3월 : 단국대학교 기계공학과 (기계공학박사)
- 2004년 3월 ~ 현재 : ㈜다스 수석 연구원

<관심분야>
차량 시트 설계