

모듈 단위 열화조건을 고려한 자동차용 각핏 모듈 이음(BSR Noise)에 대한 시험적 고찰

Experimental Study of being vehicle cockpit module BSR Noise considering the deterioration condition of the module unit

이철현† · 양정민* · 조진호* · 이원구* · 우창수**

Chulhyun Yi, Jeongmin Yang, Jinho Cho, Wonku Lee and Changsu Woo,

Key Words : 모듈단위 열화(deterioration condition of the module unit), BSR(이음, Buzz, Squeak, Rattle Noise), Vehicle Cockpit Module(자동차용 각핏 모듈), Sound Camera(소음 가시화 장비), Excitation Profile(가진 프로파일)

ABSTRACT

In this paper, in order to impart the aging condition of the parts, by configuring the cycle of temperature from low temperature was performed by applying the aging conditions for vehicle cockpit module. The reason for the selected modules of the cockpit vehicle parts, because the joint occurrence typical components of the room component is a first module and ceiling cockpit module. After setting the excitation profile using the BSR exciter only that this is for the module degradation after the initial and grasp the change in the dynamic characteristics of the modules based on the before and after deterioration may be made in the module, grasp the noise generating position I measured the noise and proximity. Was also visualized on the position of the joint is generated using a sound camera to objective results occurring where the joint is selected through subjective evaluation.

기 호 설 명

PSD : 전력 스펙트럼 밀도, $(m/s^2)^2/Hz$
G : 중력 가속도, 9.8 m/s^2
FRF : 주파수 응답함수, $(m/s^2)/N$
H.V.A.C : 난방, 통풍 및 공기조화 장치
M.D.P.S : 전동식 파워 스티어링
BSR Noise : 이음(버즈, 스크, 래틀)

1. 서 론

자동차의 성능이 향상됨에 따라 발생하는 소음에 대한 연구가 여러 분야에서 진행되고 있다. 이는 현재 제정되어 있는 법규를 만족하기 위한 것이 아니라, 실제로 자동차의 실내로 유입되거나 발생하는 소음은 고객에게 큰 영향을 주게 되며, 구매한 차량과 제작회사에 대한 이미지에 영향을 주게 되어 향후 구매할 차량의 선택에 대해서도 영향을 주게 된다. 이러한 실내의 소음 중 최근 이슈가 되고 있는 것이 이음(BSR Noise)이다. 여러 가지 실내 소음 중 이음이 이슈화되고 있는 이유는 현재 법규화 되지 않았으나 운전자가 인지하고 있는 주행 중 발생되게 되는 엔진 및 외부 소음과는 별도로 직접적으로 불쾌감을 줄 수 있기 때문이다. 과거의 연구는 주로 발생된 이음의 현상과 감소에 초점이 맞춰진

† 교신저자; 정회원, 엔브이에이치코리아
E-mail : chulhyunyi@nhkorea.co.kr
Tel : 031-359-3143, Fax : 031-359-3159

* 엔브이에이치코리아

** 한국기계연구원

반면 현재는 설계 차원에서 부품의 형상 및 구조를 검토하고, 소재 차원에서 물성 등의 연구를 통하여 원천적으로 이음의 발생을 막기 위한 연구가 진행되고 있다. 이러한 연구들로 인하여 현재 신규 개발 차량에서 발생하는 이음으로 인한 소비자의 불만이 감소하고 있다. 그러나 계속적으로 이음의 연구가 필요한 이유는 이음의 발생의 원인이 설계 구조 검토 및 구성 소재 선정 등에서 충분이 검토하여 신규 차량에서 발생하지 않더라도 향후에 발생할 수 있기 때문이다. 그 주요 인자는 제품의 노후에 의한 것이다. 실제로 초기 차량 구매 시 발생되지 않았던 이음이 노후 차량에서 발생된다. 이는 차량의 실내 부품 중 대다수가 플라스틱 소재로 구성되어 있고, 이러한 부품이 시간이 지나게 되면서 마모 및 변형되게 되는 것이다. 특히 우리나라와 같이 사계절에 따라 저온 및 고온의 변화가 지속적으로 발생하게 되는 경우에는 더욱 큰 영향을 받게 된다. 본 논문은 이러한 부품에 대한 노후 조건을 부여하기 위하여 저온에서 고온, 온도 및 습도 변화의 사이클을 구성하고 자동차용 각뿔 모듈에 대해 열화 조건을 부여하여 진행하였다. 자동차의 부품 중 각뿔 모듈을 선정한 사유는 실내 부품 중 대표적인 이음 발생 부품이 각뿔 모듈 및 천정제 모듈이기 때문이다. 초기 및 열화 후 모듈에 대하여 이음 전용 가진기를 이용하여 가진프로파일을 구성 후 모듈을 가진하여 열화 전후에 따른 모듈의 동적 특성 변화를 파악하였으며, 이음 발생 위치 파악 및 근접 소음을 측정하였다. 또한 주관평가를 통하여 선정된 이음 발생 위치에 대한 결과를 객관화하기 위하여 사운드 카메라를 이용하여 발생하는 이음의 위치에 대하여 가시화 하였다.

2. 열화 전 · 후 조건에서의 구조진동 특성

2.1 각뿔 모듈 및 지그의 구성

(1) 각뿔 모듈의 구성

각뿔 모듈의 구성은 향후 해석과의 정합을 위하여 Figure 1의 해석 모델과 비교하여 시험품을 Figure 2와 같이 구성하였다. 해석 모델을 구현함에 있어 제외되는 부품에 대하여 실제 시험에서도 동일하게 제외한 상태에서 부품을 구성하여 시험을 진행하였다.

각뿔 모듈의 시험 제외 부품은 각뿔 후면 H.V.A.C (heating, ventilation and air conditioning), M.D.P.S (motor driven power steering) 및 M.D.P.S 커버, steering column, 오디오 모듈이다.

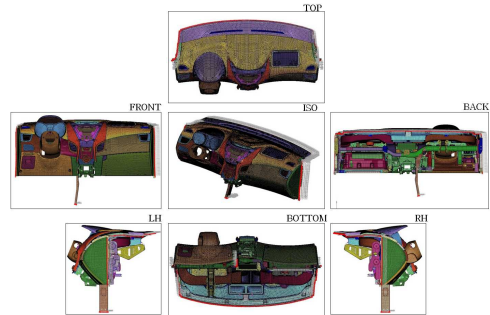


Figure 1 Analysis model of the cockpit module



Figure 2 Cockpit Module

(2) 각뿔 모듈 지그의 구성

지그 제작 시 실제 차량에 각뿔 부품이 고정되는 위치 및 형상을 동일하게 Figure 3와 같이 설계 및 제작을 하였다. 장착위치는 T-bar 를 기준으로 좌/우측 관통 가이드 부분과 상/하단 볼팅으로 고정하였으며, 하단부 또한 볼팅하여 고정하였다. 그리고 steering wheel 장착 부위 또한 볼팅으로 고정하였다. 실제 차량에 각뿔이 장착 시 H.V.A.C 과 dash panel 이 볼팅으로 결합되지만, 부품 구성 시 해석과의 정합을 위하여 H.V.A.C 이 제외되어 글러브 박스 후면에 2 점으로 볼팅하여 지그와 조립하였다.

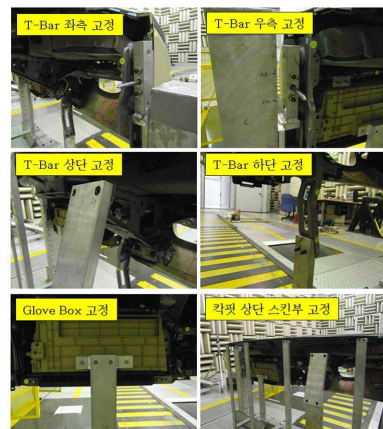


Figure 3 Jig mounting state

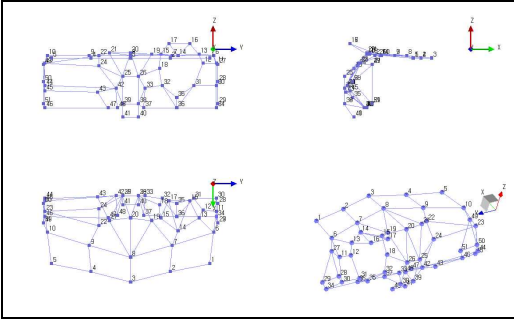


Figure 4 Measurement points and Geometry

2.2 측정점 선정 및 지오메트리 구성

측정점 선정은 전체적인 각핏 모듈의 형상 변화 뿐 아니라 부분적으로 움직이는 모드형상의 변화도 구현하여야 하므로 형상 변화가 예상되는 부위에 대하여 절점을 기준으로 구성하였다. 또한 T-Bar의 경우 각핏 모듈의 주를 이루는 플라스틱 소재와는 달리 steel 소재로 구성되어 별도의 형상이 나타날 수 있으므로 지오메트리 구성 시 별도의 지점으로 지정하였다. T-Bar를 제외한 각핏의 스킨부의 지오메트리 구성 시 전체적인 형상을 나타낼 수 있도록 Figure 4와 같이 구현하였으며 면(surface)을 적용하여 모드 구현 시 형상 변화를 잘 나타낼 수 있도록 하였다. T-Bar를 포함한 전체 72지점으로 구성되어 있다.

2.3 열화 전· 후 구조진동 특성 비교

각핏 부품의 실제 거동 중 변형 형상에 대한 특성을 보고자 ODS(Operational Deflection Shapes) 시험을 진행하였다. 시험 사항으로는 열화 전 각핏 부품의 ODS와 열화 후 각핏 부품의 ODS의 결과를 비교 분석하였다.

Table 1 Main resonance frequency

No.	상온 (Hz)	열화 (Hz)
1	28	29
2	42	42
3	35	34
4	48	48
5	56	56
6	61	61
7	74	70
8	82	84

시험결과 열화 전 상온 상태의 각핏 부품에서 발생된 공진 주파수와 열화 후의 각핏 부품의 공진 주파수는 Table 1과 같이 7번째 공진 주파수를 제외하고 거의 유사한 주파수에서 발생되었으며, 해당 공진 주파수에서 부품의 거동도 열화 전 상온 상태와 열화 후 상태에서 유사하게 나타났다. 이는 각핏 부품의 주요 골격을 이루고 있는 T-Bar의 소재가 금속이기 때문에 열화에 대한 물성 변화가 거의 발생되지 않았기 때문인 것으로 판단된다.

상온 조건과 열화 조건에서 공진 주파수의 차이가 발생한 상온 74Hz 열화 70Hz에서는 각핏 부품의 전체적인 거동은 유사하였으나 Figure 5와 같이 하단부의 거동이 변화 하였으며, Figure 6과 같이 주파수 전달함수의 변화가 나타났다. 하단부 국부적인 거동 변화는 상온 조건 74Hz에서 글러브박스에서 주로 모드 변형이 크게 발생하였으나 열화 후 70Hz에서는 센터페시아 하단 중앙부에서의 비틀어지는 변형 형태로 변동되어 나타났다. 전달함수 또한 상온 74Hz에서 167dB에서 열화 70Hz에서 173dB로 열화 후 FRF 레벨이 상승하여 나타났다. 공진 주파수 및 해당 주파수에서의 거동, 전달함수의 변화 등은 해당 부위를 구성하고 있는 부품들의 주요 소재가 플라스틱 계열로 구성되어 있어 저온과 고온, 온도 및 습도의 사이클 변화에 의하여 소재의 물성이 변동되어 각 부품의 미세 변형 및 체결력 등의 변동으로 인하여 결과적으로 국부적인 거동 변동 및 전달함수의 변화가 나타난 것으로 예상된다.

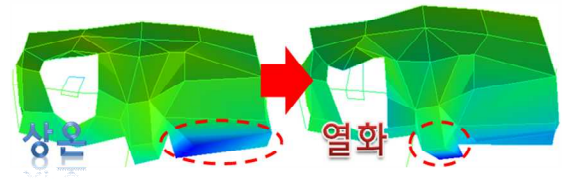


Figure 5 Mode Shape

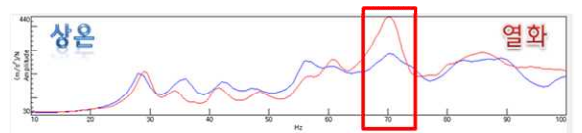


Figure 6 FRF(Frequency Response Function)

3. 열화 전·후 이음(BSR) 분포 변화

3.1 사운드 카메라 측정 조건

각핏 부품 BSR 소음 가시화 시험의 측정 조건으로 주파수 범위(frequency bandwidth)는 0~20kHz, 샘플링 간격(resolution) 10Hz로 하였다.

사운드 카메라의 마이크로폰 어레이는 Figure 7과 같이 각핏 부품 전체의 소음이 가시화될 수 있으면서 가장 근접한 위치에 설치하였다. 측정은 전면을 측정하였으며, 각각 측정면에서 700mm 거리에 마이크로폰 어레이를 설치하였다. 좌/우측의 경우 구조 진동에 의한 고유진동수 분석 시 별도의 부분적인 모드 형상 변화가 나타나지 않았으며, sine sweep을 통한 주관평가 진행 시 BSR 발생 소음이 전면부에서 발생하였다.

3.2 사운드 카메라 측정

사운드 카메라 마이크로폰 어레이를 설치한 후 프로그램을 구동하여 측정을 실시한다. 첫 번째로 마이크로폰 어레이에 장착된 36개의 마이크로폰 각각의 민감도(sensitivity)를 채널 셋업(channel setup) 창에 입력한다. 두 번째로 마이크로폰 어레이의 중앙에 설치된 카메라를 통하여 소음의 분포를 나타낼 사진을 촬영하게 되며 카메라의 상단에 설치된 적외선 센서를 통하여 자동으로 시험품 측정면과 마이크로폰 어레이까지의 거리가 측정된다. 세 번째로 측정을 시작하며, 측정 후 각각의 마이크로폰 autpower linear 및 타임 시그널 등을 확인한다. 마지막으로 소음에 대한 분포를 분석하기 위하여 타임 시그널에 대하여 타임 도메인 상에서 측정 신호를 분석하거나 우측의 Autpower Linear 신호를 이용하여 주파수 도메인 상에서 측정 신호를 분석할 수 있다. 또한 하단 좌측의 컬러 맵(color map)을 통하여 분석도 가능하다. 이렇게 분석된 범위는 최종적으로 계산되어 사진에 소음 분포가 가시화되어 나타난다.



Figure 7 Sound Camera Array Setting

3.2 사운드 카메라 측정 결과

각핏 부품의 열화 전·후에 대한 BSR 소음 가시화 측정 결과 Figure 8과 같이 800Hz에서의 소음 분석 결과 열화 전 상온 상태에서의 각핏 부품의 BSR 발생 부위는 계기판 부위와 글러브 박스 하단부에 집중적으로 나타났다. 해당 부위는 구조 진동 가진에 의한 고유진동수 56Hz 구간에서 나타나는 모드 형상 변화 위치와 동일하다. BSR 이음 중에서도 래틀음이 주로 발생되었고 계기판의 커버류에서는 버즈음이 발생하는 것으로 판단된다. 열화 후 상태에서의 BSR 발생 부위는 센터페시아 중앙부에서 집중적으로 나타났으며 상온 상태에서의 각핏 부품에서 발생된 계기판과 글러브 하단부에서는 발생하지 않았다. 센터페시아 중앙부의 BSR 발생음은 래틀음이 주로 나타나는 것으로 판단된다. Figure 9의 1000Hz에서의 소음분포도 800Hz와 유사한 경향으로 BSR 위치 및 주파수가 발생하였다.

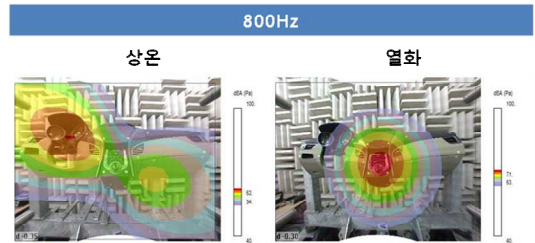


Figure 8 BSR Noise Visibility Results – 800Hz

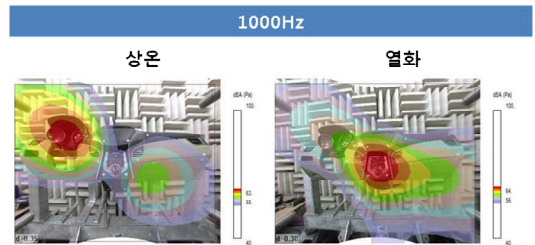


Figure 9 BSR Noise Visibility Results – 1kHz

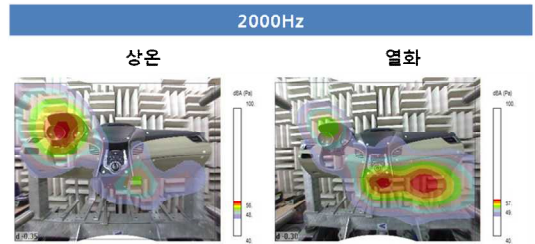


Figure 10 BSR Noise Visibility Results – 2kHz

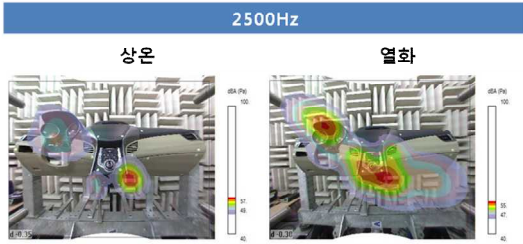


Figure 11 BSR Noise Visibility Results – 2.5kHz

Figure 10의 2000Hz에서는 상온 상태에서의 BSR 발생 부위는 계기판 주위에서 주로 발생하며 글러브박스 하단에서도 발생됨을 알 수 있다. 열화된 각핏 부품에의 BSR 발생 부위는 상온 상태와 동일하게 계기판과 글러브박스 하단에서 발생이 되었고 센터페시아 중앙 하단부에서 집중적으로 발생됨을 알 수 있다. 여기까지의 결과에서 보면 내구 열화가 진행된 후 각핏 모듈의 체결부, 조립부의 형상이 변경 되었거나 유격이 생겨 BSR 이음 중에서도 래틀음이 주로 발생된 것으로 예상된다. 2500Hz 분석 데이터인 Figure 11의 결과에서 상온 상태에서 센터페시아 우측 하단에서 주로 BSR이 발생되었고, 열화 상태에서는 계기판과 센터페시아 우측 하단부에서 BSR이 발생되었다.

3. 결 론

열화 전·후 각핏 부품의 BSR 부요 발생부가 변경 되었음을 알 수 있었고, 주요 발생 부위로는 계기판, 센터페시아 중앙, 글러브박스 하단부인 것으로 나타났다. 열화 전과 후의 주파수 별 분석 결과에서 BSR 발생부의 차이가 나는 것은 내구열화에 의한 각핏 부품의 주 소재인 플라스틱의 물성이 변화되면서 부품 구조의 조립부나 연결부의 형상 변형이 생긴 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부에서 시행한 “제조기반 산업핵심기술개발사업(과제번호 : 1007360)” 연구 결과의 일부임을 밝히며 연구비 지원에 감사 드립니다.

참 고 문 헌

- (1) Kim, B. J., Moon, N. Su., Park, J. S., Park, H. W., Kim, M. S., 2012, The Experimental Study on the Squeak & Rattle Noise Changes with Environment Test of Cluster , Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 283~287.
- (2) Shin, S. H., Cheong, C. I., Jung, S. S. and Kang, D. H., 2012, A Study on BSR Noise and Sound Quality Property for Vehicle Interior Module, Journal of Sound and Vibration, Vol. 22, No.6, pp. 550~555.
- (3) Choi, J. M., Lyu, S. J., Seol, Y. S., Jun, I. K. and Yi, C. H., 2013, A BSR Analytical Evaluation Method Considering the Sound Quality Perception, SAE International , SAE paper 2013-01-1913.
- (4) DJ Pickering and J.Gabiniewicz, J. Gatt, 2001, Automotive Detection of Buzz, Squeak and Rattle Events, SAE International, SAE paper 01NVC-43.