

자동차 도어의 BSR 소음의 실험적 평가와 개선

Experimental Evaluation of Buzz, Squeak and Rattle Noise of Vehicle Doors and Its Prevention

신수현* · 정철웅† · 정성수**

Su Hyun Shin, Cheolung Cheong and Sung Soo Jung

Key Words : Buzz(버즈), Squeak(스큽), Rattle(래틀), Visualization of acoustic fields(음장가시화), Vehicle Door(차량 도어)

ABSTRACT

Recent advances in automotive noise control engineering have reduced major sound sources in the vehicle, customers perceive Buzz, Squeak and Rattle (BSR) as one of important indicators of vehicle quality and durability. As the long-term goal, we expect to establish the integrated design cycle for the reduction of BSR noise in the early stage of development, which consist of design, prediction, and evaluation procedures. This is possible only with great bulk of experimental data for BSR noise. In this paper, BSR noise is experimentally identified for vehicle doors, which have been traditionally considered as one of main sources of BSR noise. Based on this result, we proposed method for the prevention of BSR noise in the vehicle doors.

1. 서론

자동차 시장에서 차량의 성능과 더불어 제품의 품질은 소비자의 선택에 중요한 부분 중의 하나이며, 그 중 차량의 정숙성은 운전자들에게 가장 민감한 영향을 미치는 것 중 하나이다.

기술적인 진보는 자동차의 주 소음원인 파워트레인, 구동계, 거친 노면에서 발생하는 소음과 공력소음 등을 크게 개선시켰다. 이로 인해 BSR(Buzz, Squeak, Rattle)과 같은 부품간의 간섭이나 마찰 등에 의한 소음이 상대적으로 부각되고 있다. 또한 가벼운 차체와 재료의 사용, 차량 전자 시스템 및 통신장치 사용 등의 증가에 따라 BSR 발생인자 역시 증가하게 되었다.

흔히 차량에서 발생하는 BSR이란, IP(Instrument Panel), 시트(seat), 도어(door), 콘솔(console)등에서 발생하는 공진(resonance)을 동반하는 소음, 재료 마찰음 및 기타 간섭에 의한 진동으로 인한 소음을 말한다.

† 교신저자; 정철웅, 부산대학교 기계공학부
E-mail : ccheong@pusan.ac.kr
Tel : (051) 510-2311, Fax : (051) 514-7640

* 정희원, 부산대학교 대학원 기계공학부

** 정희원, 한국표준과학연구원 기반표준부

과거의 BSR 평가는 엔지니어의 귀와 경험에 의존하였지만, 차량의 정숙함과 BSR 발생 인자들의 증가로 인해 예측의 한계가 있게 되었다. 또한 BSR 평가는 노면 진동조건과 크기, 소음측정방법, 감성평가 지표에 따라 그 결과는 달라진다[1]. 하지만 최근의 예측 기술과 발달된 시험방법으로 인해 BSR 발생원에 대한 정확한 예측이 가능하게 되었다.

본 연구에서는 다양한 BSR 발생원 중 자동차 도어 모듈에 초점을 두고 BSR 평가 절차와 진동조건에 따라 BSR을 측정하고, 개선 방법을 소개하고자 한다. 또한 음장가시화 기법을 통한 BSR 소음원을 측정하였다.

2. BSR 소음이란?

2.1 BSR의 정의

일반적으로 BSR은 저주파수 범위 내에서 구조적인 진동에 의해 발생하는 구조 전달음(structure born noise)이라 할 수 있다. 버즈(Buzz)는 단독으로 진동하는 구조체에서 방사되는 소리, 스큽(Squeak)은 서로 다른 두 면의 마찰 운동으로부터 방사되는 음, 래틀(Rattle)은 두 개 이상의 물체가 서로 수직방향으로 부딪쳐서 발생하는 음이라 말할 수 있다[2]. 특히 squeak은 접촉면의 재료 특성과 정적 마찰력과 관계되는 반면 rattle 소음은 외력이 가해지는 상태에서 부품간의 단차 또는 결속이 느슨한 상태에서 야기된다.[3]

차량에서 BSR이 발생하는 주요 요인을 요약해보면, 각 부품간의 구조적인 결합, 단차, 제품의 잘못된 설계, 접촉하는 두 부품의 상이한 재료의 사용 등이라 할 수 있다.

두 물체가 상호작용하는 곳에서 항상 BSR이 발생하는 것은 아니다. 하지만 BSR은 항상 상호작용에 의해서만 발생한다. 따라서 BSR이 어디서 발생하는 가를 찾는 동시에 어떠한 외력에 의해 발생하는 지에 대한 물리적 메카니즘을 이해해야 한다.

2.2 BSR 평가방법

자동차의 모듈에 대한 BSR 평가방법은 Fig. 1의 시험절차로 간략하게 설명할 수 있다. 먼저 시제품에 대한 BSR 선형 평가를 통해 BSR을 개선하고, 최종 개선된 시험품에 대해 진동노화(key life test)의 과정을 거친 다음, 노화 후 BSR이 발생하는 지를 평가하고, 마지막으로 모듈 BSR 평가를 마친 다음 실차 감성평가를 한다[4,5].

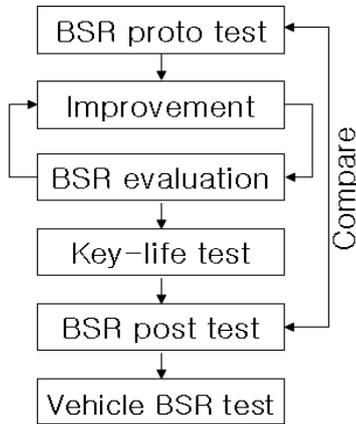


Fig. 1 Evaluation procedure for BSR.

일반적으로 자동차 모듈 BSR 평가 대상으로는 전기전자 시스템을 가장 많이 장착하고 있는 IP와 운전자의 귀와 가장 인접하고 있는 시트, 콘솔(console), 다양한 진동에 영향을 받는 도어 등이라 할 수 있다.

본 연구에서는 운전석 쪽 도어에 대해 Fig. 1의 시험절차 중 초기 BSR 평가, 개선, 개선 후 BSR 평가를 하였다.

3. 자동차 도어의 BSR 평가결과

3.1 BSR 시험방법

먼저 BSR이 주로 발생하는 노면을 찾아 진동 데이터를 수집하고, 이들 중 비포장의 거친노면과 block 노면 진동 데이터를 선택하여 사용하였다. 진동주파수 범위는 10~100 Hz로 편집하였다. Fig. 2는 거친 노면의 진동 데이터를 예로 나타내었다.

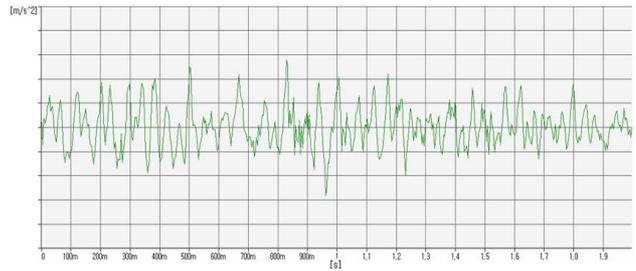


Fig. 2 Road load data of the vehicle with hard road

편집된 진동노면 데이터는 1축 전기식 타입의 진동가진기(LDS V9)를 이용하여 시험하였다. 도어의 경우 IP, 시트와 달리 3축 중 상하진동에 의한 영향이 크므로 단축 진동시험기로만으로도 가능하다.

BSR 소음원을 찾기 위해 Fig. 3과 같이 42 채널로 구성된 음향인텐시티측정용 마이크로폰(B&K 4951), 분석시스템(B&K 3560D) 그리고 STSF 프로그램(B&K Non-stationary STSF)을 이용하였다. 마이크로폰과 시편과의 거리는 100 mm, 각 마이크로폰과의 거리는 100mm이며, 측정 주파수 범위는 1.6 kHz까지, Δf 는 2 Hz 이다.

실험실 조건은 배경소음(background noise)이 25 dBA 이하, 실험실 온도 23 °C, 습도 30 %의 반무향실에서 측정하였다.

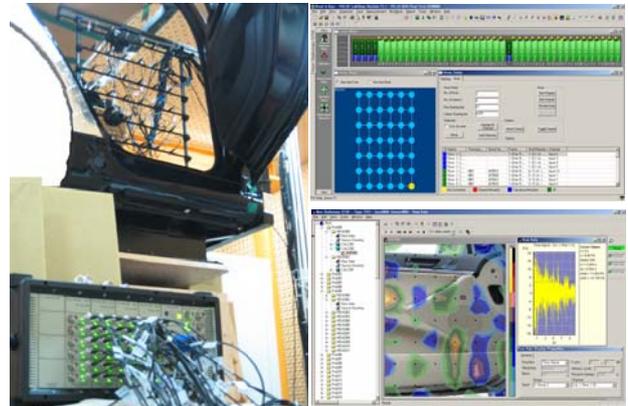


Fig. 3 Experimental set-up for the measurement BSR from the vehicle door.

도어 모듈은 일반적으로 Fig. 4와 같이 구성되어 있으며 이들 대부분이 주요 BSR 소음원이다. 본 연구의 도어 모듈에 대한 BSR 평가 중점은 각 부품간의 상호작용 또는 공진 등에 의한 소음발생 유무를 평가하는 것이다. 도어 모듈에 대한 BSR 측정은 Fig. 4에서처럼 A, B 두 파트로 나누어 시험하였으며, 도어 유리에 대한 시험은 BSR평가 항목에서 제외한다.

FR Door Module

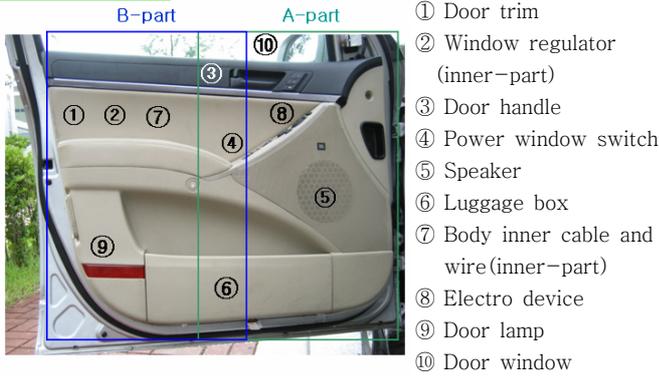
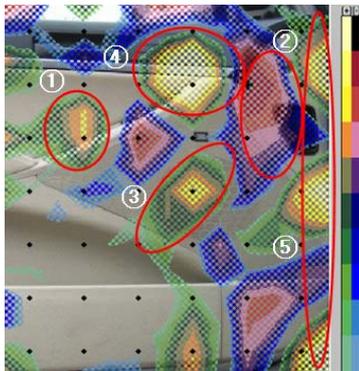


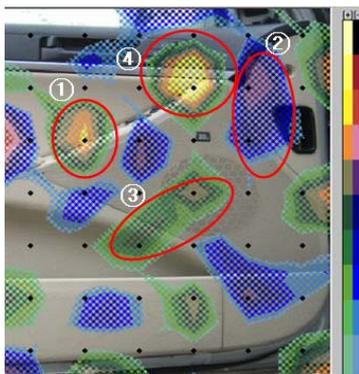
Fig. 4 Vehicle door Module Components

3.2 자동차 도어의 BSR 시험결과

측정된 시험결과와 감성평가를 통해 자동차 도어의 BSR 을 평가하였으며, 상대적으로 소음이 큰 발생원을 결정하였다.



(a) Hard road



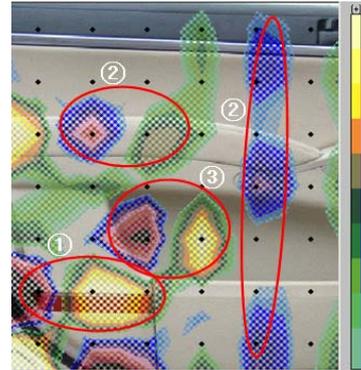
(b) block road

Fig. 5 Proto test result of front door module(A part)

Fig. 5는 운전석 쪽 도어(A part)에 대한 거친 노면, block 노면진동에 대한 BSR 음압 측정 결과이다. 문제가 되는 부분은 그림과 같이 분류하고 그에 대한 소음원은 아래와 같이 분류할 수 있다.

[거친노면과 block 노면에서의 BSR 시험결과]

- ① 윈도우 콘트롤 스위치의 buzz, rattle 소음
- ② 도어 에어 덕트의 공명음
- ③ 스피커 공진과 스피커와 도어 트림 간의 마찰음
- ④ 도어 트림의 서로 다른 부품간의 마찰에 의한 squeak 소음
- ⑤ 도어 모듈과 차체와의 마찰에 의한 충격성 소음



(a) Hard road



(b) block road

Fig. 6 Proto test result of front door module(B part)

Fig. 6은 운전석 쪽 도어(B part)의 거친 노면과 block 노면진동에 대한 BSR 시험결과이며, 그에 대한 설명은 다음과 같다.

[거친노면과 block 노면에서의 BSR 시험결과]

- ① 도어램프와 도어 트림간의 단차에 의한 rattle 소음
- ② 도어 내부에 장착된 윈도우 레귤레이터(window-regulator)의 공진과 도어 트림과의 마찰에 의한 rattle 소음
- ③ 도어 내구의 와이어와 트림간의 마찰에 의한 rattle 소음
- ④ 도어 트림의 서로 다른 부품간의 마찰에 의한 rattle 소음

4. BSR 개선 방법 및 개선 후 시험결과

4.1 개선방법

초기 시작품에 대한 BSR 시험결과를 토대로 아래와 같이 개선을 하였다.[6]

- 1) 콘트롤 스위치, 도어 램프와 도어 트림간의 유격이 없도록 재결속시키고, 접촉면에 얇은 제진재 부착
- 2) 에어 덕트 외부에 흡음재 처리
- 3) 스피커와 도어 트림 사이에 제진처리
- 4) 도어 트림 각 부품의 접촉면에 제진성이 있는 얇은 필름으로 squeak 및 rattle 소음 줄임

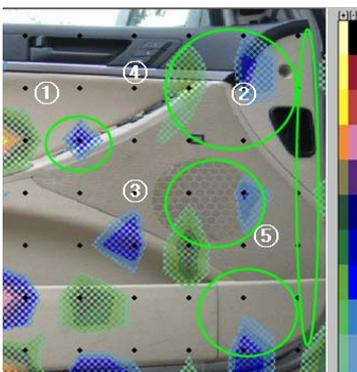


- 5) 도어 레귤레이터 등 재설계 또는 마찰 부분 최소화시킴
- 6) 도어 내부의 와이어는 흡음폼(foam)으로 감쌈.

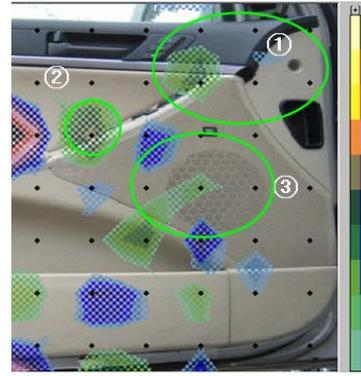
4.2 개선 후 BSR 평가

자동차 도어의 BSR 개선 후 측정 결과는 Fig. 7과 8에 나타냈다. 소음이 전체적으로 크게 개선되었다는 것을 Fig. 5와 6의 비교를 통하여 확인할 수 있다. 초기 소음 발생 부분과 최종 개선품에 대한 소음레벨은 약 2~6 dB 정도 감소하였다. 각 부품별 소음레벨을 정확히 언급하지 못한 이유는 진동노면 조건이 일정한 패턴을 지니지 않는 거친 노면과 block 노면 데이터를 이용하였기 때문이다.

본 연구에서는 각 부품간의 상호작용에 의한 BSR 측정과 개선에 중점을 두었다. Fig. 7과 8에서 도어 램프와 스피커, 도어 내부 모터 및 전자제품 등과 같은 부품 자체에 의한 BSR 소음은 각 부품에 대한 저소음 설계를 통하여 더 개선을 여지가 있음을 확인할 수 있다.

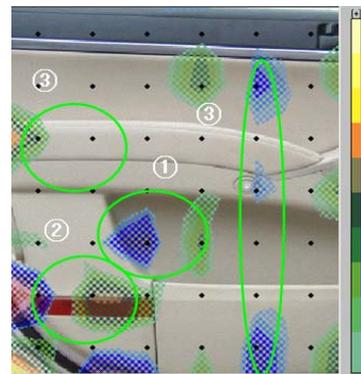


(a) Hard road

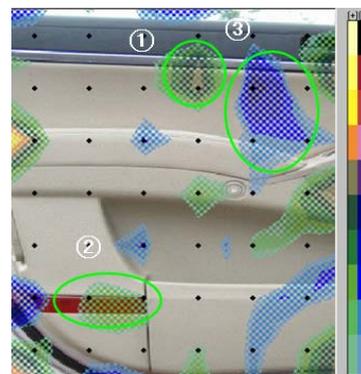


(b) block road

Fig. 7 Post test result of front door module(A part)



(a) Hard road



(b) block road

Fig. 8 Post test result of front door module(B part)

5. 결 론

자동차 실내에서 발생하는 다양한 소음원 중에 BSR 소음은 도로노면 조건과 차량 실내환경, 차량 노후화 정도에 따라 그 크기와 소음원의 위치는 다르며, 차량 개발단계에서의 평가와 실제 소비자들

이 느끼는 평가도 다르다. 따라서 자동차 BSR 문제를 해결하기 위해서는 다양한 진동노면 조건과 시험환경, 소음측정방법에 따른 시험절차 및 방법이 필요하다. 이를 위해서는 진동재현성을 높이기 위한 다축 진동시험기와 환경시험기, 소음원을 정확히 찾기 위한 소음측정 시스템의 많은 투자비용이 필요하다. 실차시험 역시 다양한 도로 노면과 다양한 감성 평가 지표가 필요하며, 자동차 개발단계에서 시험과 전산공학(CAE)을 동시에 사용하여 평가해야 할 것이다.

본 연구에서는 자동차 BSR을 평가하기 위한 시험 절차, BSR 측정방법과 그에 대한 개선 방법을 제시하였다. 그 중 자동차 상하진동의 영향이 상대적으로 큰 도어를 대상으로 BSR을 평가하였다. 거친노면과 shock 형태의 block 노면 진동 데이터를 이용하여 시험하였으며, 음장가시화 시스템을 통해 소음원을 측정하였다. 초기 시험품과 최종 개선된 시험품을 비교한 결과 약 2~6 dB 정도 소음저감이 되었음을 확인하였다.

하지만, 플라스틱 종류의 내장재로 이루어진 자동차 실내 부품들은 온습도 환경 조건에 따라 음질이 달리 평가된다. 체계적인 BSR 소음의 음질(Sound Quality)에 대한 시험과 평가방안에 대한 연구도 향후 병행해야 될 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- (1) Mohamed El-Essawi, et al. "Analytical Predictions and Correlation with Physical Tests for Potential Buzz, Squeak and Rattle in a Cockpit Assembly," SAE Technical Paper No. 2004-01-0393, 2004.
- (2) Santosh S Gosavi, 2005, "Automotive Buzz, Squeak and Rattle(BSR) Detection and Prevention", SAE Paper No. 2005-26-056.
- (3) Frank Fahy, John Walker, 1998, Fundamentals of Noise and Vibration, Spon Press, London.
- (4) Eberhard Michael Kreppold, 2007, "A Modern Development Process to Bring Silence into Interior Components", SAE Paper No. 2007-01-1219.
- (5) Kyung-Hwan Park, Man-Suk Bae, et al., 2005, "A Study on Buzz, Squeak and Rattle in a Cockpit Assembly", SAE Paper No. 2005-01-2544.
- (6) S. H. Shin, C. Cheong, et al. "Experimental Identification of Buzz, Squeak and Rattle Noise in Automotive Doors and Its Prevention" Inter-noise 2007, Paper, 07-472