

# 차량 시트 가진 및 작동 내구 BSR 시험법 연구

최호일<sup>1</sup>, 강재영<sup>1\*</sup>, 박정희<sup>2</sup>

<sup>1</sup>공주대학교 기계자동차공학부, <sup>2</sup>(주)다스 설계팀

## BSR Test method for Vehicle Seat using Excitation and Operation Durability Test

Hoil Choi<sup>1</sup>, Jaeyoung Kang<sup>1\*</sup>, Junghee Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Automotive & Mechanical Engineering, Kongju National University

<sup>2</sup>Das Company

**요 약** 자동차에서 발생하는 BSR 소음은 감성품질로써 최근에 크게 대두되고 있다. 본 논문에서는 차량 시트에서 발생하는 BSR 소음에 대하여 두 가지의 시험법을 적용하였다. 첫째, sine sweep 가진 BSR 시험법을 이용하여 저주파 가진으로 인해 발생하는 고주파의 BSR 소음을 정량적으로 분석할 수 있음을 확인하였다. 둘째, 작동 시 주요 부위 가속도를 계속하는 작동 BSR 시험법을 이용하여 시트의 여러 조절 장치 중 하이트 조절 장치의 작동 BSR 소음원을 분석 할 수 있었다. 이때 내구 시험을 통해 소음원을 발생시켰으며 그에 상응하는 BSR 소음이 한 사이클 당 총 14회 발생하고 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제시된 두 가지의 시험법은 시트의 BSR 소음을 보다 효과적으로 분석할 수 있다.

**Abstract** BSR noise from automobiles is largely issued in recent as an emotional quality. This study describes the two test methods for determining BSR noise occurred in automotive seat system. First, the sine sweep test is found to be an effective excitation method for determining BSR noise with high frequency. Second, BSR operation test is introduced in such a way that BSR noise during operation of seat height system is measured by several accelerometer at each 800 cycles until 6400 cycles. The periodic noise signal is captured during one cycle after many cycles of operation. Two test method presented in this paper can be analyzed more efficiently BSR noise of the seat.

**Key Words** : BSR(Buzz, Squeak, Rattle), Excitation Test, Operation Test, Rattle Noise, Squeak Noise

### 1. 서론

자동차의 내부에는 엔진 및 파워트레인 등등 수많은 복잡한 메커니즘이 결합되어 구성되어있다. 특히 자동차의 BSR(Buzz, Squeak, Rattle)소음은 감성공학으로서 최근에 크게 대두되고 있다. 단일물체가 진동하여 발생하는 ‘윙윙’거리는 소리를 발생시키는 버즈(Buzz) 소음, 두 물체의 접촉마찰로 인하여 ‘끼익’ 하는 소리를 발생시키는 스크(Squeak) 소음과 두 물체가 서로 부딪히며

‘딱딱’ 거리는 충격음이 발생하는 래틀(Rattle) 소음이 있다. 그중에 시트의 BSR 소음은 차량 필드클레임을 유발하는 주요 요인으로 제품의 메커니즘을 정교하게 만들 필요가 있다.

시트의 BSR 소음을 평가하기 위해 Choi 외는 다축 가진기를 이용하여 시트에 여러 방향으로 가진하여 발생하는 공진 주파수에 대해 연구하였으며[1], Kang은 시트의 리드 스크류에 대한 운동방정식을 세워 시트의 틸팅 각도에 따른 해석을 진행하였다.[2] 또한 Seo 등은 시트

본 논문은 2014 한국자동차공학회 학술대회에서 일부 발표하였음.

본 연구는 지식경제부 지정 공주대학교 자동차의장 및 편의부품 지역혁신센터의 지원에 의한 것임.

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

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

Received December 22, 2014

Revised (1st March 18, 2015, 2nd April 1, 2015)

Accepted April 9, 2015

Published April 30, 2015

를 백색 잡음으로 가진시킨 후 발생하는 노이즈에 대한 기여도 평가를 실시하여 시트의 진동 특성을 확인하였다.[3] 또한 자동차의 시트뿐만 아니라 계기판, 도어 등에서 발생하는 BSR 소음에 관한 연구 역시 진행되어 왔다.[4~6]

또한 Roger 외는 새로운 시험 트랙을 직접 제작하여 저주파 가진으로 인한 래틀 및 스크 소음 분석을 진행하였으며[7], Cook 외는 차량의 완제품에서의 BSR 소음 테스트를 실시하였으며 차량 인식, 분류 및 현지화 이 세 개의 기능적 영역을 가지고 BSR 소음 분석을 진행하였다.[8]

본 논문에서는 시트를 저주파로 가진하여 발생하는 BSR 소음을 찾는 가진 내구 시험법과 시트의 메커니즘 가운데 상하 조절 장치인 파워 하이트의 작동 시 발생하는 ‘딱딱’거리는 Rattle 소음과 ‘끼익’거리는 Squeak 소음에 대해서 실험적으로 원인을 분석하는 작동 내구 시험법에 대하여 연구하였다.

## 2. 본론

### 2.1 가진 BSR 시험법

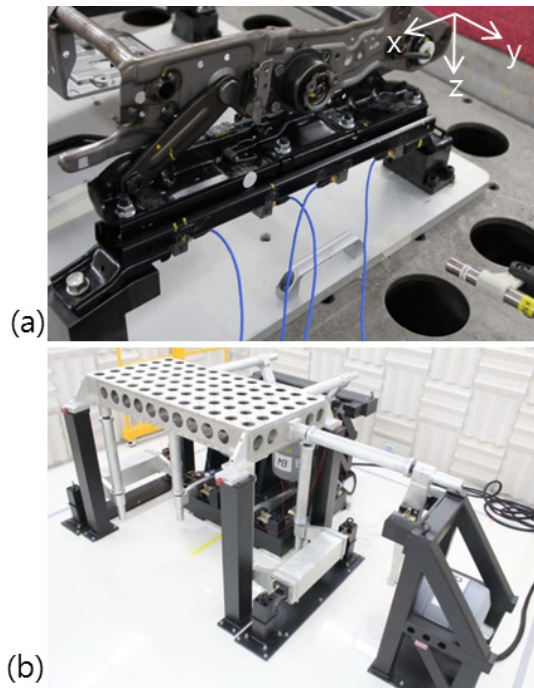


Fig. 1. BSR test by excitation  
(a) test set-up (b) 4-D BSR simulator

이번 장에서는 시트에서 발생하는 BSR 소음을 평가하기 위해 사용한 두 가지의 시험법 중 먼저 가진 BSR 시험법에 대하여 기술하였다. Fig. 1(a)는 Fig. 1(b)에 시트와 지그를 장착한 사진이다. Fig. 1(b)는 가진 BSR 시험에 사용된 장비로써 독립적인 4축 가진이 가능한 장비이며 다축 가진도 가능한 시스템이다. 먼저 지그를 가진 장비에 고정 시킨 뒤 3축 가속도계를 지그에 장착시킨다. 그 뒤 시트를 지그에 고정 시키고 시트의 레일 측 하단에 총 4개의 3축 가속도계를 장착시켰다. 가진 방향은 시트의 수평방향으로 가진하였다.

### 2.2 가진 BSR 시험 결과

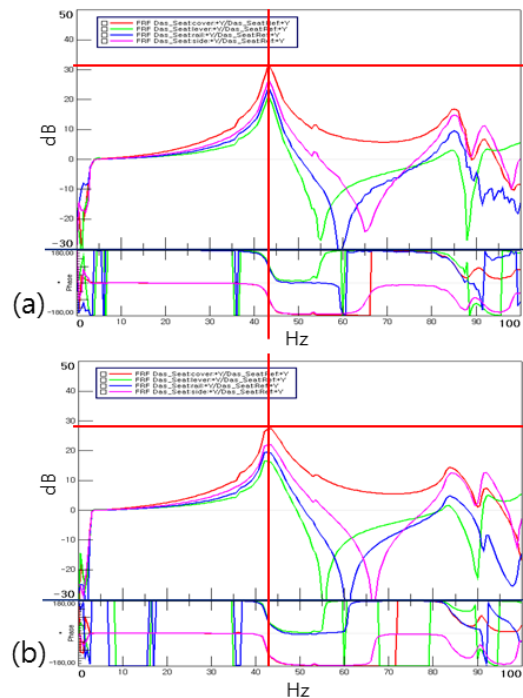


Fig. 2. Result of Excitation Test  
(a) 0 - 100Hz Random Excitation  
(b) 0 - 100Hz Sine Sweep Excitation

가진 주파수는 0Hz에서 100Hz까지 주었으며 초기 모든 주파수를 통합적으로 뿌려주는 랜덤 가진(Random Excitation)을 통해 공진 주파수를 파악한다. 그 후 더 정량적인 계측을 하기 위해 0Hz부터 100Hz까지 시간에 따라 증가하며 주파수를 뿌려주는 사인 스위프 가진(Sine-sweep Excitation)을 통하여 발생하는 공진주파수를 확인하였다. Fig. 2는 랜덤 및 사인 스위프 가진으로 받

생한 공진 주파수를 나타낸 그래프이다.

공진 주파수는 43Hz에서 발생하였다. 그래프 상에서는 랜덤 가진과 사인 스윙 가진 사이에 차이는 미미하며 실제 계측 하였을 때 사인 스윙 가진의 가진 주파수를 실시간으로 알 수 있으므로 더 정량적인 계측이 가능하다.

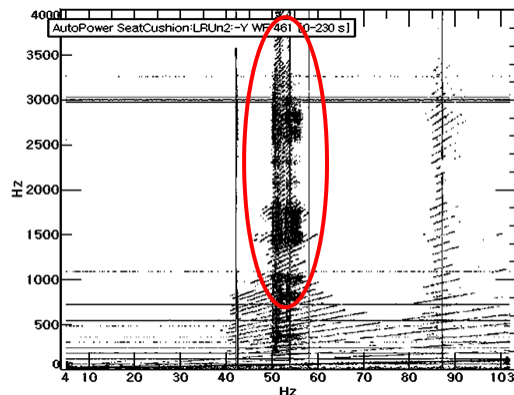


Fig. 3. Spectrogram of Excitation Durability Test in  
(x) Excitation frequency -  
(y) Response frequency curve

Fig. 3은 x축의 0Hz부터 100Hz까지 가진시킨 주파수에 대한 y축의 응답주파수에 대한 가진 내구 시험의 스펙트로그램(Spectrogram)이다. 그래프를 보면 약 50Hz로 가진하였을 때 응답 주파수는 약 4000Hz까지 매우 높은 고주파가 발생하는 것을 확인할 수 있다. 이는 저주파로 인한 공진이 시트의 복합적인 메커니즘에 의하여 서로 부딪혀 고주파의 공진이 발생할 수 있음을 확인하였다. 따라서 고주파수를 BSR 소음의 원인을 시트의 저차 고유 주파수에서 찾을 수 있다. 또한 상대적으로 작지만 fig. 2의 88Hz 근방의 고유 주파수에 의해서 고차 BSR noise 성분들이 발생하는 것을 볼 수 있다.

### 2.3 작동 BSR 시험 장비 및 시험법

작동 BSR 시험법에서는 Fig. 4(a)와 같이 시트를 지그에 고정시키고 성인의 평균 무게는 70kg이지만 최대 하중을 고려하여 약 100kg의 더미를 올려두었으며 시트의 여러 가지 작동 시스템 중 상하로 작동이 가능한 시트 하이트의 내구 전후 발생하는 BSR 소음 분석을 위하여 하이트 주변부분을 집중적으로 분석하였다. Fig. 4(b)는 작동 내구 시험 시 사용된 장비이다. 최대 30V 및 30A까지 전압 및 전류를 하이트 모터에 가하여 줄 수 있으며 그 전류 값을 계측할 수 있다. 또한 모터에서 발생

하는 열을 측정하여 일정 온도 이상이 되었을 때 정지 및 냉각이 가능하여 장시간 내구가 가능한 파워 서플라이이다. Table 1은 작동 내구 시험 시 사용된 파워 서플라이에 대한 사양이다.

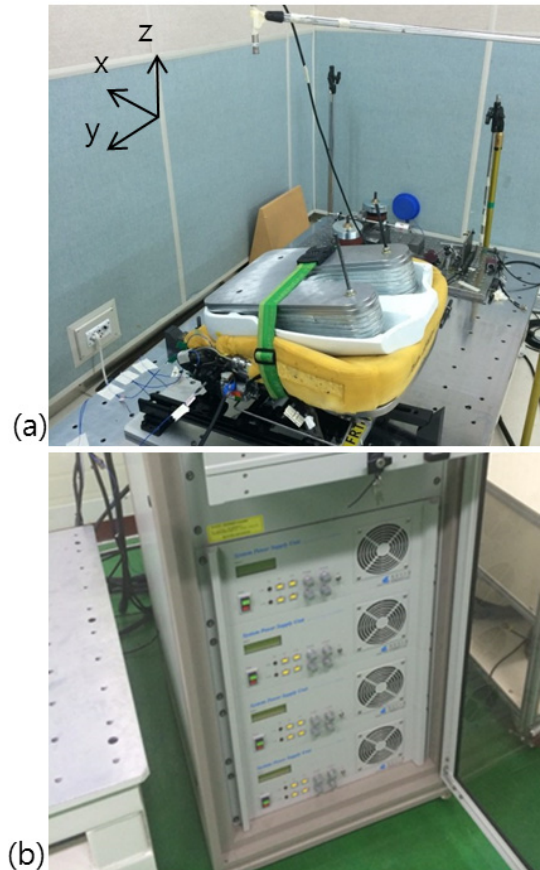


Fig. 4. Operation Durability Test (a) test set-up (b) test device

Table 1. Specification of Power supply

Model	Specifications
Programmable DC Power Supply	8 Channel
	Input : AC 220V / 60Hz
	Output : +/- Polarity Shift
	Output Voltage : 0 - 30.0V
	Output Current : 0 - 30.0A
	Temperature Sensor

시트가 하이트 모터에 의해 한 번 올라가고 내려왔을 때를 1회로 하여 총 6400회의 내구 시험을 실시하였다. 약 6000회의 내구 시험을 진행하게 되면 차를 약 10년

에서 15년정도 사용했을 때의 파워 하이트의 마모된 정도와 유사하다. 또한 매 800회 마다 가속도계를 이용하여 계측하였다. 가속도계는 시트 하이트 시스템의 주변 부위를 집중적으로 분석하기 위하여 시트의 섹터기어, 토션 스프링 그리고 기어박스에 3축 가속도계를 각각 장착하였으며 총 두 개의 샘플 시트를 각각 내구 시험하였다. 두 샘플 시트의 차이점은 첫 번째 샘플은 조수석의 시트이며 두 번째 샘플은 운전석의 시트이다. 조수석의 시트는 시트에 앉았을 때를 기준으로 파워 하이트의 장치가 우측에 위치하며 운전석은 좌측에 위치한다.

## 2.4 작동 BSR 시험 결과

Fig. 5는 첫 번째 샘플의 작동 내구 시험의 결과이다. Fig. 5(a)는 각 사이클마다의 dB 값을 나타내었다. 사이클이 증가함에 따라 상승 시에는 약 17dB에서 22dB까지 하강 시에는 약 20dB에서 27dB까지 각각 5dB와 7dB 가량 증가하는 것을 확인하였다. 그래프 중간에 값이 감소되는 구간이 존재하는데 매 사이클마다 가속도계의 측정을 위해 중간에 하이트의 작동이 정지되며 또한 다른 여러 복합적인 요인이 작용하여 발생한다. 하지만 평균적으로 보았을 때 그래프가 증가하는 것을 확인하였다. 또한 Fig. 5(b)에서는 시트 하이트에 인가되는 전류 값을 나타내었는데 약 4.3A에서 5.24A로 약 1A 가량 증가하는 것을 확인하였다. 이는 장시간 내구로 인해 모터의 토크가 증가했으며 기계간의 접촉 마찰에 의해 마찰 계수가 증가되어 전류 값이 증가한 것을 예측할 수 있다.

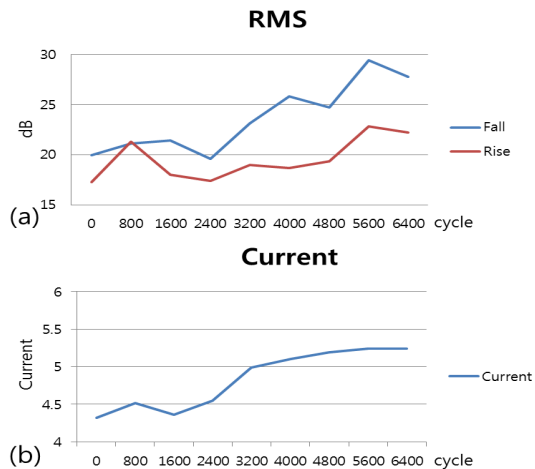


Fig. 5. BSR test during operation  
(a) cycle - dB Curve (b) Cycle - Current Curve

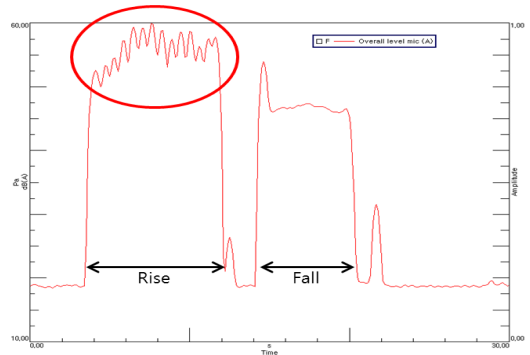


Fig. 6. BSR noise during operation

총 6400회의 작동 내구 시험 종료 후 마이크로폰을 이용하여 소음을 계측한 결과를 Fig. 6에 나타내었다. 계측 결과 상승 시 일정한 간격으로 총 14회의 스크 소음이 발생하는 것을 확인할 수 있었으며 하강 시에는 모터 소음 외의 특별한 소음은 발생하지 않았다. Fig. 7(a)와 (c)는 상승 시 발생하는 소음에 대한 시간에 따른 가속도 그래프인데 초기 약 800회 정도 내구 진행 했을 때부터 그래프와 같이 14회의 일정한 간격으로 '따닥'거리는 래틀 소음이 발생하였다. 또한 약 5600회 정도 진행 하였을 때 래틀 소음이 '끼익'하는 스크 소음으로 바뀌어 발생하는 것을 Fig. 7(c)에서 확인하였다.

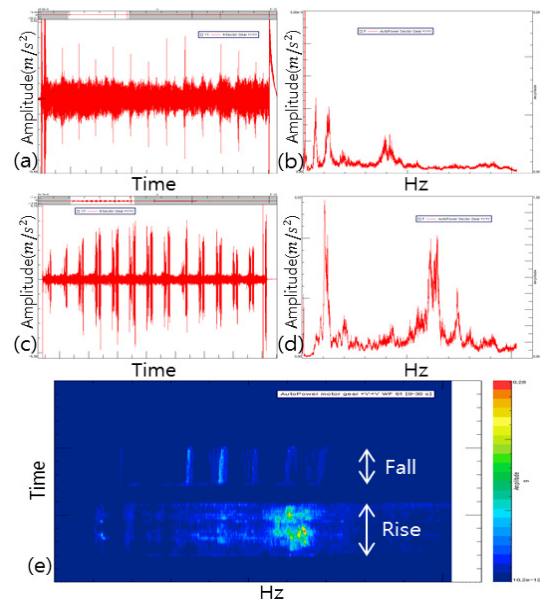


Fig. 7. BSR noise about Sample. 1

(a) Rattle noise (b) Rattle frequency (c) Squeak noise (d) Squeak frequency (e) Spectrogram

Fig. 7(b)는 Fig. 7(a)에서 발생한 래틀 소음의 주파수를 분석한 결과이다. 이는 내구 초기에 발생한 고유 모드들의 피크이며 래틀 소음의 충격음으로 인하여 각 피크들의 값이 증가하였다. Fig. 7(d)는 Fig. 7(b)의 스크 소음 주파수를 분석한 결과를 나타내었는데 약 6000Hz 부근에서 피크 주파수가 발생하는 것을 확인하였다. 또한 상승 및 하강에 대한 피크 주파수를 확인해 보기 위해 스크 소음이 발생했을 때의 컬러맵 그래프를 Fig. 7(e)에 나타내었다. 상승할 때 약 6000Hz에서 피크 주파수가 발생하는 것을 확인할 수 있다.

첫 번째 샘플 시트에서 발생하는 일정한 간격의 래틀 및 스크 소음을 확인하였으며 또 다른 샘플에서도 유사한 소음이 발생하는지 확인해보고자 두 번째 샘플에 대한 시험을 진행하였다. 두 번째 샘플 역시 첫 번째 샘플과 동일한 100kg의 더미와 총 6400회의 내구 시험을 진행하였다.

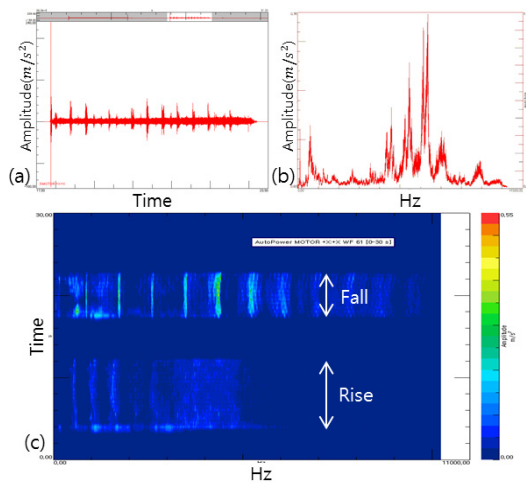


Fig. 8. BSR noise about Sample. 2  
(a) Squeak noise (b) Squeak frequency (c) Spectrogram

내구 결과 이번 시험 역시 첫 번째 샘플과 동일하게 총 14회의 스크 소음이 발생하는 것을 Fig. 8(a)에서 확인하였다. 다만 특이점은 두 번째 샘플에서는 래틀 소음이 발생하지 않았으며 내구 초반 모터 소음 이외에는 어떠한 소음도 발생하지 않다가 내구 후반에 바로 스크 소음이 발생하였다. 또한 첫 번째 샘플에서는 상승 시 래틀 및 스크 소음이 발생하였고 하강 시에는 소음이 발생하지 않았지만 두 번째 샘플에서는 상승 시에는 소음이 발생하지 않았으며 하강 시에 총 14회의 스크 소음이 발생

하는 차이점을 보였다. 스크 소음은 주변 환경에 매우 민감하여 이러한 차이가 발생하였다. Fig. 8(b)는 스크 소음이 발생했을 때의 주파수이다. 이번 역시 약 6000Hz 부근에서 피크 주파수가 발생하는 것을 확인하였다. 또한 상승 및 하강 시 발생한 소음을 Fig. 8(c)와 같이 컬러맵에 나타내었다. 이렇듯 작동 내구 시험을 통해서 측정한 가속도 및 소음레벨로 사이클 당 BSR의 소음 유무 및 특성을 효과적으로 판별할 수 있다.

### 3. 결론

본 연구에서는 차량 시트에서 발생하는 BSR 소음을 분석하기 위하여 가진 내구 시험법과 작동 내구 시험법 두 가지의 방법을 이용하여 가진 시 발생하는 BSR 소음과 작동 내구 시 발생하는 BSR 소음을 분석하였다. 본 연구의 결론은 다음과 같다.

- [1] 가진 BSR 시험 시 시트의 복합적인 메커니즘에 의하여 저주파로 가진 하였을 때 고주파의 소음 성분이 발생하는 것을 확인하였다.
- [2] 가진 BSR 시험 시 사인 스위프 가진은 정량적인 BSR 소음 연구에 유용하였다.
- [3] 작동 BSR 시험법은 사이클 당 작동 전류, 음압, 가속도를 분석하여 작동관련 BSR을 효과적으로 분석할 수 있다.

### References

- [1] H. Choi, J. Nam, J. Kang, J. Park, "Investigation of BSR Noise characteristics in Seat Cushion-frame with respect to Vibration Durability Test Using Multi-simulator", *KAIS*, 2014  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.8.4776>
- [2] J. Kang, "Tilting Effect of Automotive Seat System on Squeak Noise", *Transactions of the KSNVE*, Vol.20, No.8, pp.577-582, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVE.2010.20.6.577>
- [3] B. Seo, J. Jeong, G. Park, H. Kim, S. Park and J. Oh, "Evaluation of vehicle seat rattle noise using coherence function technique", *Transactions of the KSNVE*, Vol.21, No.8, pp.774-780, 2011.



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

- [4] S. Shin, C. Cheong, S. Jung, D. Kang, "A study on BSR Noise and Sound Quality Property for Vehicle Interior Module", *Transactions of the KSNVE*, Vol.22, No.6, pp.550-555, 2012.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVE.2012.22.6.550>
- [5] S. Shin, C. Cheong, D. Kim, S. Jung, "Evaluation of BSR Noise Properties of Instrument Panel in a Vehicle", *Transactions of the KSNVE*, Vol.20, No.7, pp.644-650, 2010.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVE.2010.20.7.644>
- [6] S. Shin, C. Cheong, S. Jung, "Experimental Evaluation of Buzz, Squeak and Rattle Noise of Vehicle Doors and Its Prevention", *Transactions of the KSNVE*, Vol.17, No.12, pp.1217-1222, 2007.  
DOI: <http://dx.doi.org/10.5050/KSNVN.2007.17.12.1217>
- [7] J. Roger, O. Johan, R. Matti, "A new test track for automotive squeak and rattle (S&R) detection", *Applied Acoustics*, Vol.80, pp.79-85, 2014  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2014.01.010>
- [8] V. G, C. Cook, A. Ali, "End-of-line inspection for annoying noises in automobiles: Trends and perspectives", *Applied Acoustics*, Vol.73, pp.265-275, 2012  
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apacoust.2011.06.019>

## 최 호 일(Ho-il Choi)

[정회원]



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

<관심분야>  
소음, 진동

## 강 재 영(Jae-Young Kang)

[정회원]

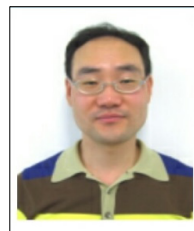


- 1996년 2월 : 인하대학교 기계공학과 (기계공학학사)
- 1997년 12월 : Univ. Michigan, Ann arbor (기계공학석사)
- 2005년 8월 ~ 2008년 8월 : Purdue Univ. (기계공학박사)
- 2009년 3월 ~ 현재 : 공주대학교 천안공과대학 기계설계공학 부교수

<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 수석연구원

<관심분야>  
차량 시트 설계