

퓨전형 마찰재의 브레이크 NVH 특성 해석 및 평가 Analysis and Evaluation of the Brake NVH Characteristics for the Fusion-type Friction Material

권성진† · 배철용* · 김찬중* · 김완수* · 이동원* · 이봉현* · 서병연** · 정광기***
Seong-Jin Kwon, Chul-Yong Bae, Chan-Jung Kim, Wan-Soo Kim, Dong-Won Lee,
Bong-Hyun Lee, Byoung-Youn Seo, and Kwang-Ki Jung

Key Words : Fusion-type Friction Material(퓨전형 마찰재), Brake Pad(브레이크 패드), Disc Brake System(디스크 브레이크 시스템), NVH Characteristics(진동소음 특성), Squeal Noise(스켈 노이즈), Frequency(주파수)

ABSTRACT

Nowadays, noise and vibration phenomena of a disc brake system have been given various names that provide some definitions of sound and vibration emitted such as grind, grunt, moan, squeak, squeal, judder and wire brush. The most common and annoying noise of a disc brake system is squeal noise. It is defined as noise whose frequency content is 1 kHz and higher with excessively high and irritating sound pressure levels. In this paper, the noise and vibration characteristics of a disc brake system have been investigated to develop the fusion-type friction material, which overcomes the low steel and non-asbestos organic friction materials. For the purpose, both experimental evaluation and complex eigenvalue analysis have been carried out.

1. 서론

최근 자동차 브레이크 시스템의 고성능, 고신뢰성, 친환경성 확보를 위해서 패드 마찰재와 관련된 페이드(fade) 현상, 스켈(squeal), 저더(judder), 그로운(groan) 등과 같은 다양한 주파수 대역의 NVH (Noise, Vibration, and Harshness) 현상, 유해물질의 국내외 규제에 대한 문제가 대두되고 있다.⁽¹⁾

이에 따라, 세계 마찰재 시장을 양분하고 있는 저금속성(low steel) 마찰재와 비석면계(non-asbestos organic, NAO) 마찰재의 장점만을 결합시켜, 마찰재의 최적 NVH 성능 및 친환경성을 추구하는 하이브리드(hybrid) 마찰재이며 차세대 마찰재로 인식되는 퓨전형(fusion-type) 마찰재에 대한 연구개발이 절실히 요구되고 있다.⁽²⁾

본 연구에서는 퓨전형 마찰재 개발을 위한 자동차 브레이크 NVH 특성 해석 및 평가 기술을 개발하여, 저금속성 마찰재와 비석면계 마찰재 대비 퓨전형 마찰재의 진동소음 특성 평가와 더불어 퓨전형 마찰재의 진동소음 저감을 위한

CAE(Computer Aided Engineering) 기반 스켈 노이즈 해석, 브레이크 부품별 기여도 분석, 설계변수 영향도 분석을 Fig. 1과 같이 수행하였다.

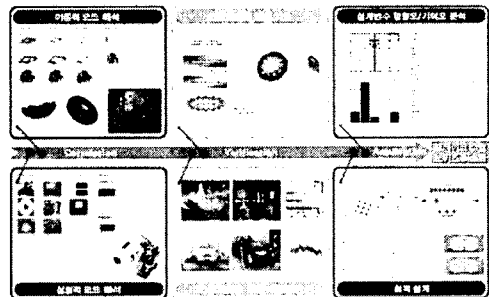


Fig. 1 Research process of the Brake NVH characteristics

2. 브레이크 NVH 특성 평가

본 연구에서는 1,600cc 급 승용차의 전륜 디스크 브레이크 시스템을 대상으로 하였으며, 디스크 브레이크 시스템을 구성하는 각 부품별 동특성 및 진동 특성 분석을 수행하기 위하여, 우선적으로 실험적 및 이론적 모드해석을 수행하였다. 그리고 브레이크 다이내모미터(brake dynamometer)를 이용하여 마찰재의 종류(low steel, NAO, fusion)에 따른 NVH 동특성을 분석하였다.

† 자동차부품연구원 에너지시스템연구센터
E-mail : sjkwon@katech.re.kr

Tel : (041) 559-3337, Fax : (041) 559-3070

* 자동차부품연구원 에너지시스템연구센터

** 현대모비스 기술연구소

*** 상신브레이크 기술연구소

각 시험모드를 통하여 측정되어진 데이터는 주파수 분석 (frequency analysis), 1/3 옥타브 맵 분석(1/3 octave map analysis), 스펙트럼 피크 홀드 맵 분석(spectrum peak hold map analysis), 커토시스(kurtosis) 및 크레스트 팩터 분석(crest factor analysis)을 통하여 결과분석이 수행되어졌다. 지면의 한계 상 Fig. 2와 같이 스킵 노이즈 성 진동/소음성분이 발생되어진 퓨전형 마찰재의 시험모드 #1의 20bar 및 40bar 시험조건에서 소음성분에 대한 1/3 옥타브 맵 분석 결과만을 도시하였다. 또한 Fig. 3은 전체적인 시험결과 분석과정 및 최종 결과도출에 대한 과정을 도식화 나타내었다.

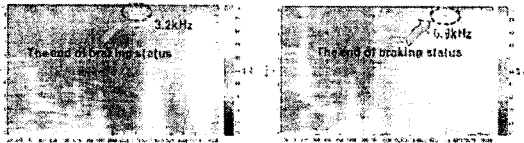


Fig. 2 Test results of 1/3 octave map analysis

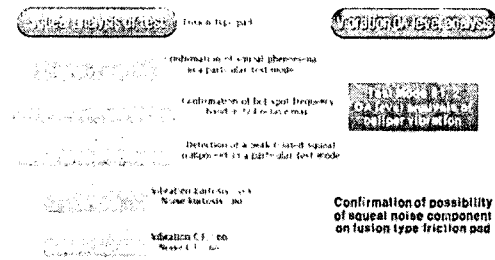


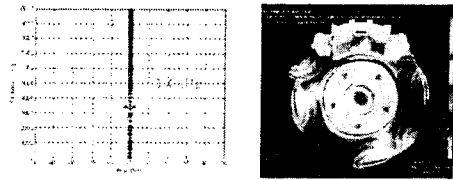
Fig. 3 Analysis process for NVH Test

3. 브레이크 NVH 특성 해석

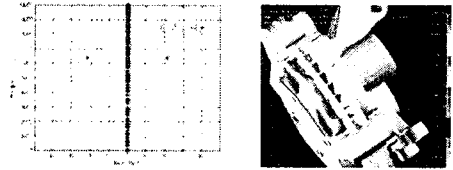
본 연구에서는 퓨전형 마찰재 개발단계에서 스킵 노이즈와 같은 브레이크 NVH 특성을 해석하기 위한 방법으로 유한요소모델 기반 복소 고유치 해석(complex eigenvalue analysis)을 수행하였다. 이를 통하여 디스크 브레이크 시스템의 스킵 노이즈 발생 가능성 확인 및 부품별 기여도 분석, 설계변수 영향도 분석 등을 수행하였다.

본 연구에서 구성한 스킵 노이즈 해석 모델을 바탕으로 제동 압력에 따른 복소 고유치 해석 결과와 기여도 분석 결과는 Fig. 4와 Fig. 5와 같다. 20 bar 제동조건에서는 약 3.4 kHz 대역에서 디스크에 기인하고, 40 bar 제동조건에서는 6.4 kHz 대역에서 패드, 백플레이트 및 캘리퍼에 기인한 브레이크 시스템의 스킵 노이즈 발생 가능성이 있는 불안정성을 확인할 수 있었다.

또한 퓨전형 마찰재 개발 및 설계단계에서 스킵 노이즈에 영향을 미치는 다양한 설계변수에 대한 추가적인 영향도 분석을 수행하여 스킵 노이즈 저감을 위한 방안을 분석하였다.

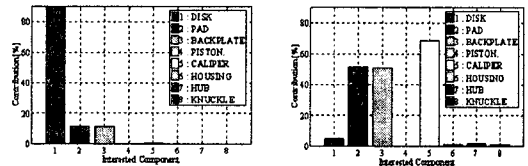


(a) brake pressure = 20 bar



(b) brake pressure = 40 bar

Fig. 4 Analysis results of complex eigenvalues



(a) brake pressure = 20 bar (b) brake pressure = 40 bar

Fig. 5 Contribution analysis results of squeal noise

4. 결론

본 연구에서는 퓨전형 마찰재 개발을 위한 브레이크 NVH 특성 해석 및 평가 기술을 개발하고자 하였다. 이를 위하여 저급속성, 비석면계 마찰재 대비 퓨전형 마찰재의 진동소음 특성 평가를 통하여 주파수 분석, 1/3 옥타브 맵 분석, 스펙트럼 피크 홀드 맵 분석, 커토시스 및 크레스트 팩터 분석을 수행하였다.

또한, 디스크 브레이크 시스템의 유한요소모델 기반 복소 고유치 해석을 통하여 브레이크 시스템의 불안정성 및 스킵 노이즈 발생 가능성을 확인하였다. 그리고 스킵 노이즈에 영향을 미치는 부품별 기여도 분석 및 브레이크 시스템의 설계변수 영향도 분석을 수행하여 스킵 노이즈 저감을 위한 설계기술을 개발하였다.

참고 문헌

- (1) Chen, F., Tan, C. A., and Quaglia, R. L., 2006, Disc Brake Squeal - Mechanism, Analysis, Evaluation, and Reduction/Prevention, pp.95-130, *SAE International*.
- (2) Fieldhouse, J. D., Ashraf N., and Talbot, C., 2008, "The Measurement and Analysis of the Disc/Pad Interface Dynamic Centre of Pressure and Its Influence on Brake Noise", *SAE International*, Paper No.2008-01-0826.