

스킬 노이즈 저감을 위한 브레이크 패드의 동탄성계수 비교분석에 관한 연구

A Study on Comparing and Analyzing the Dynamic Stiffness of a Brake Pad to Reduce the Squeal Noise

권성진† · 김현중* · 이동원* · 이봉현* · 최원준** · 백영수***
Seong-Jin Kwon, Hyun-Jung Kim, Dong-Won Lee, Bong-Hyun Lee,
Won-Jun Choi and Yeung-Soo Baek

1. 서 론

자동차용 디스크 브레이크 시스템(disc brake system)의 패드(pad) 및 마찰재(friction material)와 관련한 품질문제는 제동 시 소음, 떨림, 제동불량, 편제동 등으로 분류할 수 있으나, 주요 발생 소음은 제동 후반부에 고주파 영역에서 발생하는 스킨 노이즈(squeal noise)이다. 스킨 노이즈와 관련한 연구는 다양한 분야에서 활발하게 진행되고 있으며, 최근에는 이방성(anisotropy)과 점탄성(visco-elasticity)을 가지는 패드 마찰재의 동적 물성과 연관하여 주목하고 있다. 이를 통하여 패드 마찰재의 수직방향 탄성 물성(elastic properties)은 스킨 노이즈와 높은 상관 관계를 가지는 것으로 조사되고 있다. 이에 따라 해외 선진업체에서는 패드 마찰재의 동탄성계수를 기준으로 스킨 노이즈의 품질안정성 및 신뢰성 향상에 대한 대응방안을 마련하고 있다.

이에 본 연구에서는 다양한 해외 선진 브레이크 패드 마찰재의 3축방향 초음파(ultrasonic wave) 투과속도를 측정하여 패드 마찰재의 정확한 탄성 물성을 비교분석하고자 하였다. 이를 통하여 스킨 노이즈와의 상관관계 정립 및 패드 마찰재의 동탄성계수 품질관리 기준을 설정하고자 하였다.

2. 동탄성계수 측정방법 및 샘플

본 연구에서는 Figure 1과 같이 IMS(Industrial Measurement System, Inc.)의 ETEK-3000 장비를 활용하여 브레이크 패드 마찰재의 3축 방향별 초음파 투과속도 및 탄성 물성을 측정하였다. 시험방법은 SAE(Society of Automotive Engineers) J2725 규격을 사용하였으며, 시험샘플은 Table 1과 같이 해외 HEV(Hybrid Electric Vehicle) 차량을 포함 총 14개 차종을 대상으로 하였다.



Figure 1. Ultrasonic velocity measurement machine

Table 1 Test vehicles and friction materials

HEV 차량		소형 차량		대형 차량	SUV 차량	트럭 차량
Prius	Insight	Mini	Beetle	Taurus	RX 330	Dakota
중중형 차량				중형 차량		
IS 250	Golf GL2.0	Golf TDI	My8-B200	Passat	523i	G35

† 교신저자; 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터

E-mail : sjkwon@katech.re.kr

Tel : 041-559-3337, Fax : 041-559-3340

* 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터

** 상신브레이크(주) 기술연구소

*** 산도테크(주) 품질관리부

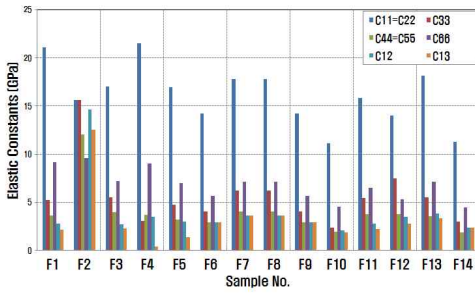


Figure 2. Elastic constants of front pads

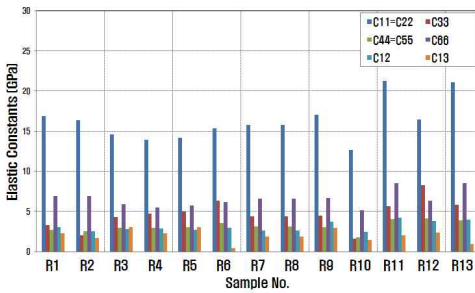


Figure 3. Elastic constants of rear pads

3. 동탄성계수 비교분석 결과

본 연구에서는 Table 1에서 선정한 대상차량에 대하여 전륜 및 후륜 패드 마찰재를 임의의 순서로 배열하여 초음파 투과속도 기반 탄성상수(elastic constants)를 계측하였으며, 그 결과는 Figure 2와 Figure 3과 같다. 모든 마찰재에서 c_{11} 탄성상수가 가장 높게 분석되었으며, c_{13} 탄성 상수가 가장 낮게 분석되었다. 하지만, 대상 마찰재의 재질 특성 (low steel, semi-metallic, NAO(Non Asbestos Organic) 재질), 압축변형률(compressibility), 경도 (hardness), 밀도(density) 등에 따른 분석을 위하여 각각의 마찰재에 대한 별도 특성시험을 수행하여 결과 분석에 활용하였다.

스켈 노이즈와 상관관계가 가장 높다고 알려져 있는 패드 마찰재의 수직방향 탄성계수(Young's Modulus, E_z)는 Figure 4 및 Figure 5와 같이 NVH(Noise, Vibration and Harshness) 성능이 우수한 NAO 재질이 전반적으로 낮게 분석되어 평균적으로 2.24GPa의 값으로 분석되었다. 반면 저금속 재질은 평균적으로 4.8GPa의 값으로 분석되었다.

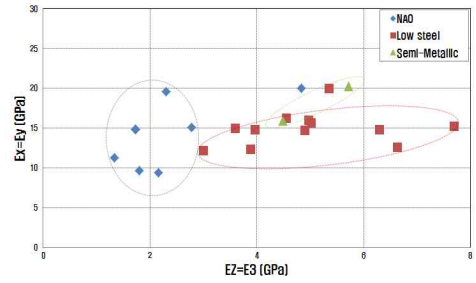


Figure 4. Directional engineering constants

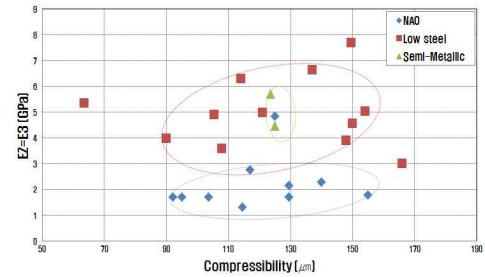


Figure 5. Engineering constants vs. compressibility

4. 결 론

본 연구에서는 자동차용 디스크 브레이크 시스템의 패드 마찰재에 대하여 3축방향 초음파 투과속도를 측정하여 동탄성계수 비교분석을 수행하였다. 이를 통하여 해외 14차종의 선진제품에 대한 탄성 물성, 재질 특성, 압축변형률, 경도, 밀도 등을 분석할 수 있었다. 또한 패드 마찰재 특성에 따른 동탄성계수와 스켈 노이즈와의 상관관계를 가지는 수직방향 탄성계수의 정량적 분석을 수행할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 스켈 노이즈 저감을 위한 패드 마찰재의 동탄성계수 품질 관리기준을 설정하여 추후, 패드 마찰재 설계 및 제조공정에 대한 개선방안을 정립할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

본 논문은 중소기업기술정보진흥원에서 주관하는 제조현장녹색화기술개발사업(하이브리드 차량용 친환경 브레이크 패드 제조공정 기술 개발)의 성과물로써 관계자 여러분께 감사드립니다.