

브레이크 패드의 초음파 투과속도 산포와 스켈 노이즈 상관관계 분석에 관한 연구

A Study on the Correlation Analysis between Dispersion of Ultrasonic Propagation Velocity and Squeal Noise for Automotive Brake Pads

김현중† · 이동원* · 권성진* · 김효성* · 이봉현* · 이성주**

Hyun-Jung Kim, Dong-Won Lee, Seong-Jin Kwon, Hyo-Sung Kim, Bong-Hyun Lee and Seong-Joo Lee

1. 서 론

자동차용 디스크 브레이크 시스템(disc brake system)에서 소비자 불만사례 비율이 가장 높은 스켈 노이즈(squeal noise)의 소음 저감을 위한 많은 연구가 진행되었으나, 여전히 스켈 노이즈의 신뢰성 향상은 해결하기 힘든 영역으로 남아있다. 최근의 스켈 노이즈에 대한 연구동향을 살펴보면, 패드(pad) 마찰재(friction material)의 이방성 탄성물성(elastic property)은 스켈 노이즈와 높은 상관성을 가진 것으로 조사되고 있다.

이에 본 연구에서는 횡등방성(transversely isotropic) 브레이크 패드 마찰재의 탄성 물성을 초음파 투과속도(ultrasonic propagation velocity)를 바탕으로 측정하고자 하였다. 또한 대상 패드 마찰재의 초음파 투과속도에 대한 산포도(dispersion)를 분석하여 차시 노이즈 다이내모미터(chassis noise dynamometer)를 통한 스켈 노이즈 시험결과와의 상관관계를 분석하고자 하였다. 이를 통하여 디스크 브레이크 시스템의 스켈 노이즈 성능 향상을 위한 패드 마찰재의 설계 기술을 확보하고자 하였다.

2. 시험 방법 및 샘플

본 연구에서는 Fig. 1과 같이 일부 원재료 및 배

† 교신저자; 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터
E-mail : hjk@katech.re.kr

Tel : 041-559-3395, Fax : 041-559-3340

* 자동차부품연구원 ICE/EV구동융합연구센터

** KB오토시스(주) 재료연구팀

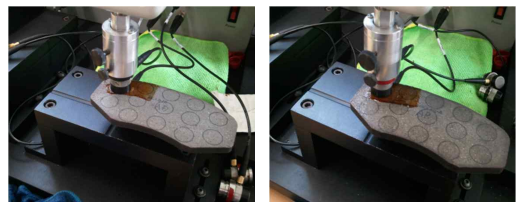
합비가 상이한 두 가지의 브레이크 패드 마찰재를 시험 샘플로 선정하였다. 대상 패드 마찰재의 초음파 투과속도 기반 3축방향 탄성상수 및 탄성계수 측정은 SAE J2725 기준으로 시험을 수행하여 데이터를 분석하였다.

또한 대상 패드 마찰재의 초음파 투과속도 산포도 측정을 위해서 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 대상 패드의 백플레이트(back plate)를 제거하고 13개 지점을 선정하여 4회 반복 시험을 수행하였다. 산포도 측정시험에서는 Fig. 2와 같이 v33, v32 방향의 수직 및 전단방향 초음파 투과속도를 측정하여 데이터를 분석하였다.



(a) Test sample A (b) Test sample B

Fig 1. Test samples of brake pads



(a) v33 test mode (b) v32 test mode

Fig 2. Test modes of brake pads

3. 상관관계 분석

대상 브레이크 패드 마찰재의 초음파 투과속도 기반 탄성계수는 Table 1과 같이 분석되었다. 샘플 B가 샘플 A에 비하여 상대적으로 탄성계수가 낮게 분석됨을 알 수 있다. 또한 대상 패드 마찰재의 13개 지점에서 측정된 초음파 투과속도의 평균(average)과 %표준편차(% standard deviation)는 Fig. 3과 같이 분석되었다. v32 전단방향 시험모드에서는 샘플 A와 샘플 B가 전반적으로 유사하게 분석되었다. v33 수직방향 시험모드의 경우, 샘플 A와 샘플 B는 평균 초음파 투과속도는 유사하지만, 샘플 B의 초음파 투과속도 산포도(1.892)가 샘플 A의 투과속도 산포도(3.850)에 비하여 50% 정도 감소함을 알 수 있다. 이는 샘플 B가 탄성을 및 국부 강성에 대한 균질성이 상대적으로 높음을 의미한다.

Table 1 Engineering constants

	Young's Modulus (GPa)		Shear Modulus (GPa)	
	in-plane	out-of-plane	in-plane	out-of-plane
Test Sample A	8.77	2.09	2.04	4.10
Test Sample B	7.78	1.90	1.76	3.68

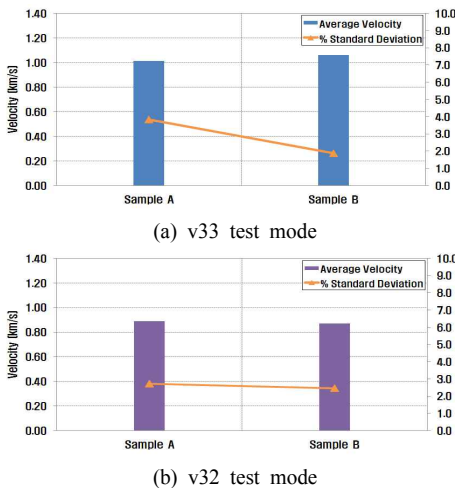


Fig. 3 Ultrasonic velocity and % standard deviation

대상 패드 마찰재의 초음파 투과속도 산포도에 따른 스킨 노이즈 평가를 위하여 본 연구에서는 사

시 노이즈 다이노미터를 활용하였으며, 시험결과는 Fig. 4와 같다. 샘플 B는 2.2, 3.2, 3.6, 5.3, 6.4, 7.2 kHz 주파수에서 스킨 노이즈가 발생하였으며, 총 스킨 노이즈 발생 주파수군은 6개로 분석되었다. 반면 샘플 A는 총 9개의 스킨 노이즈 발생 주파수군으로 분석되었다. 이를 통하여 초음파 투과속도 산포도가 낮은 샘플 B가 스킨 노이즈 저감에 기여함을 알 수 있었다.

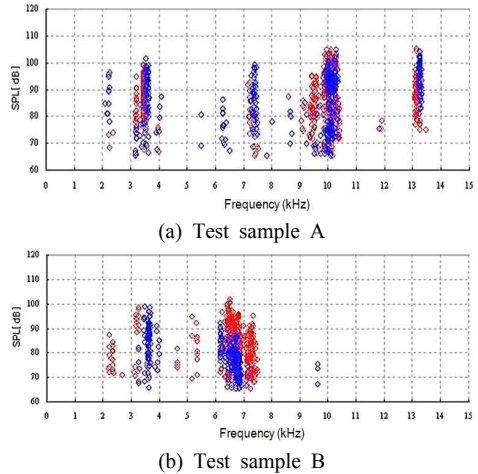


Fig. 4 Squeal noise test results

4. 결론

본 연구에서는 횡등방성 브레이크 패드 마찰재의 초음파 투과속도를 측정하여 3축방향 탄성상수 및 탄성계수를 분석하였다. 또한 대상 패드 마찰재에 대하여 13개 지점의 초음파 투과속도 평균과 %표준편차를 분석하였으며, 사시 노이즈 다이노미터를 활용한 스킨 노이즈 시험결과와 상관관계를 분석하였다. 이를 통하여 패드 마찰재의 수직방향 탄성계수와 초음파 투과속도 산포가 낮을수록 스킨 노이즈가 저감되는 것을 확인할 수 있었다.

후 기

본 논문은 중소기업기술정보진흥원에서 주관하는 첨단장비활용기술개발사업(초음파 탄성 물성 측정기를 활용한 브레이크 패드 마찰재의 스킨 노이즈 성능 향상 기술 개발)의 성과물로서 관계자 여러분께 감사드립니다.