

도시철도차량 브레이크 시스템의 스켈 소음 저감 인자에 관한 연구

A Study on the Effects of Squeal Noise Reduction for Urban Railway Brake System

안서연*, 남찬혁*, 최성진*[†], 안대권**, 서경수***, 김남기****

Seoyeon Ahn*, Chanhyuk Nam*[†], Sungjin Choi*, Daekwon An**, Kyoungsoo Seo***, Namki Kim****

초 록 본 논문은 도시철도차량의 디스크 브레이크 장치에서 발생하는 스켈 소음을 저감하기 위해 브레이크 패드의 물성인자 및 형상인자를 선정하고 실험계획법을 활용하여 스켈 소음 해석을 수행하였다. 스켈 소음 해석은 유한요소법을 기반으로 범용 소프트웨어를 이용하여 수행하였고 브레이크 패드의 탄성계수, 마찰계수, 접촉강성, 슬롯의 개수를 영향인자로 설정하였다. 해석 결과 중 12,000Hz 대역까지의 고주파 영역에서 분석을 수행하였으며, 브레이크 패드의 각 영향인자가 스켈 소음에 밀접한 영향을 미치고 있음을 파악할 수 있었으며, 스켈 소음을 저감할 수 있는 영향도 분석하였다.

주요어 : 도시철도차량, 스켈 소음, 고유진동수, 브레이크 디스크, 브레이크 패드

1. 서 론

도시철도차량의 브레이크 시스템은 차량 주행 중 감속 또는 정지시 제동 안정성에 영향을 미치는 핵심 요소로써, 디스크 브레이크 시스템의 경우 차량의 운동 에너지를 디스크와 패드의 마찰을 통해 브레이크 작용을 한다. 동시에 제동 시 디스크와 패드의 마찰에 의한 소음의 발생으로 환경 문제와 함께 승객 및 철로 주변의 주민들에게 불쾌감을 유발하여 민원 제기의 원인이 되고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 도시철도차량 디스크 브레이크 시스템을 대상으로 유한요소법을 이용한 복소수 고유치 해석을 수행하였고 스켈 소음의 저감을 위해 브레이크 패드의 탄성계수, 마찰계수, 접촉강성, 슬롯 패턴이 미치는 영향도를 분석하였다.

2. 본 론

2.1 스켈 소음 해석

2.1.1 유한요소해석 모델

도시철도차량 브레이크 시스템의 스켈 소음 저감을 위한 차량 브레이크 시스템의 유한요소모델은 Fig. 1과 같이 디스크(Disc)와 리벳(Rivet), 허브(Hub), 볼트(Bolt), 패드(Pad), 백플레이트(Back plate)로 구성하였으며, 반원형상의 디스크는 리벳으로 체결되어 있다.

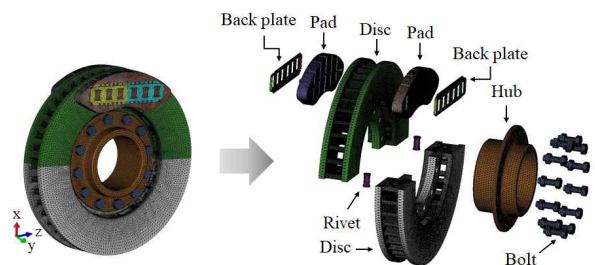


Fig. 1 The composition of finite element analysis model for brake system

또한 브레이크 시스템의 복소수 고유치 해석을 위하여 패드와 백플레이트, 디스크와 리벳, 허브와 디스크와 볼트의 체결은 Tie 조

† 교신저자: 자동차부품연구원
(sjshoi@katech.re.kr)

* 자동차부품연구원

** (주)상신브레이크

*** 서울교통공사 도시철도연구원

**** 한국철도공사 연구원

Table 1 Parameters of urban railway brake pad

Design variables		Level		
		1	2	3
1	Young's modulus [MPa]	5,200	7,285	9,370
2	Coefficient of friction	0.298	0.350	0.403
3	Contact stiffness [N/mm ³]	50%	100%	200%

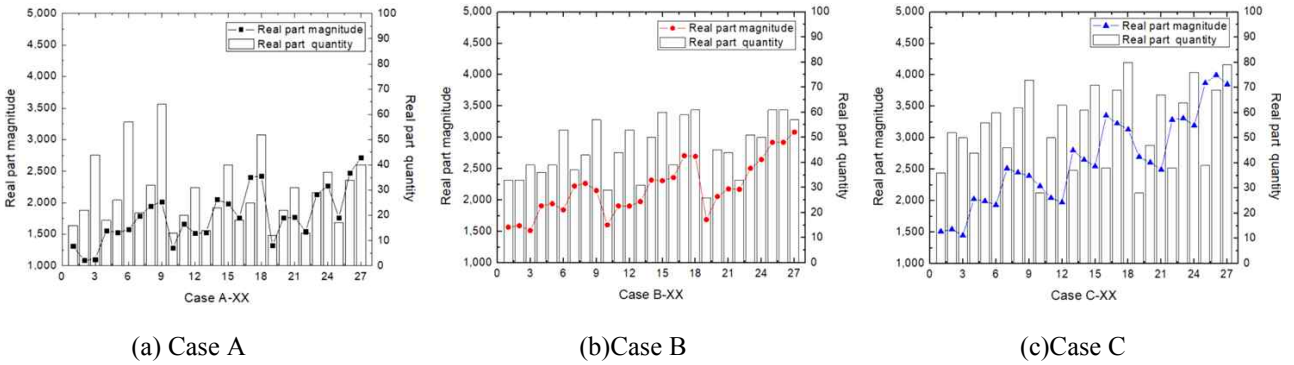


Fig. 3 Squeal noise analysis results of each cases

건을 적용하고 허브와 디스크를 체결하는 볼트 부분의 모든 자유도를 구속하였다. 또한 백플레이트와 패드가 접촉하는 면에 4.9 bar의 압력을 적용하였으며, 제동 시 디스크의 회전에 의한 마찰 적용을 위하여 패드와 디스크 사이에 마찰 접촉 조건을 적용하였다.

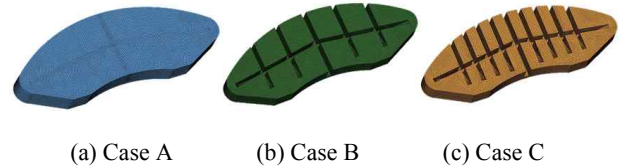


Fig. 2 Slot pattern of each cases

2.1.2 영향인자

브레이크 시스템의 스켈 소음 저감을 위하여 패드의 변수에 해당하는 물성인자로 탄성계수, 마찰계수, 접촉강성을 Table 1과 같이 선정하였으며, 형상인자인 슬롯에 의한 각 Case는 Fig. 2와 같다.

스켈 소음의 영향도 분석을 위해 3수준의 실험계획법을 적용하였다. 1수준, 3수준의 경우 탄성계수는 Modal impact test를 통하여 보정된 값이며, 마찰계수는 K공사와 S공사의 규격인 0.35 ± 0.15 , 접촉강성은 각 Case 별로 계산한 값을 2수준 정의하고 2수준을 기준으로 50%, 200%로 설정하여 3가지 영향인자에 대한 3개의 수준을 각 슬롯의 Case 별로 스켈 소음 해석을 수행하였다.

2.1.3 해석결과

각 Case에 따른 스켈 소음 해석 결과는 Fig. 3과 같이 나타났으며, 2,000Hz에서 12,000Hz 대역까지 스켈 소음이 넓게 분포하였다.

3. 결론

도시철도차량 브레이크 시스템에서 스켈 소음은 브레이크 패드의 탄성계수 및 마찰계수가 증가할수록 진동의 불안정성도 증가하는 것을 나타냈다. 슬롯 패턴과 접촉강성은 유기적 관계로 스켈 소음에 영향을 미치는 것으로 판단되며, 이러한 브레이크 패드 제어인자의 수치 변화에 따른 스켈 소음의 영향도에 대해서는 추후 실험을 통한 검증이 필요하다고 판단된다.

후 기

본 연구는 국토교통과학기술진흥원 철도기술연구사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다(18RTRP-B123167-04).

참고문헌

- [1] B.C. Goo (2013) Analysis of Unstable Vibration Modes due to KTX Brake Disc/Pad Interaction, *Journal of the Korean Society for Railway*, 16(4), pp. 253-261.
- [2] K.W. Park, J.H. Nam, J.Y. Kang (2017) Investigation of brake squeal with contact stiffness variation using experiment and FE simulation, *The Korean Society of Mechanical Engineers*, 41(5), pp. 345-352.