

도시철도차량 캘리퍼 타입 제동장치의 스켈 소음에 관한 연구

Study on the Squeal Noise of Caliper Type Braking System of Urban Railway Vehicle

안서연*, 남찬혁*, 최성진*†, 안대권**, 김인기***, 서경수****

Seoyeon Ahn*, Chanhyuk Nam*, Sungjin Choi*†, Daekwon An**, Ingi Kim***, Kyoungsoo Seo****

초 록 도시철도차량의 제동장치에서 발생하는 과도한 스켈 소음이 승객 및 역사 주변 주민들에게 불쾌감을 유발시키는 것에 대하여 본 논문에서는 현차시험 및 유한요소해석 기반 복소 고유치 해석을 수행하여 스켈 소음 발생 영향에 대한 연구를 하였다. 현차시험을 통하여 캘리퍼 타입의 디스크-패드 제동 장치에서 발생하는 소음 및 진동 데이터를 획득하였고, 유한요소해석모델을 구성하여 복소 고유치 해석을 수행하여 시험결과와 비교·분석하였다. 또한 복소 고유치 해석에서 제동 시스템 주변 부품의 적용에 따라 스켈 소음 발생 주파수 영역을 확인하여 부품의 기여도를 확인하여 스켈 소음 저감 연구에 활용하고자 한다.

주요어 : 제동장치, 스켈소음, 제동디스크, 제동패드, 복소 고유치

1. 서 론

도시철도차량 제동장치는 차량의 운동에너지를 디스크-패드 시스템의 마찰을 통해 열 에너지로 변환하여 제동을 하는 핵심 장치지만, 디스크-패드 시스템의 마찰은 진동과 소음이 수반된다. 특히 1,000Hz 이상의 소음은 스켈 소음이라고 하여 승객 및 철로 주변 주민들로 하여금 민원 제기의 원인이 되고 있다.

본 논문에서는 현차시험을 통한 소음 및 진동 데이터와 유한요소법 기반의 복소 고유치 해석을 통하여 이러한 캘리퍼 타입 제동장치의 스켈 소음의 발생 영향 및 저감하는 연구에 이용하고자 각 결과를 비교·분석하였다.

2. 본 론

2.1 현차시험

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

** 상신브레이크

*** 한국철도공사

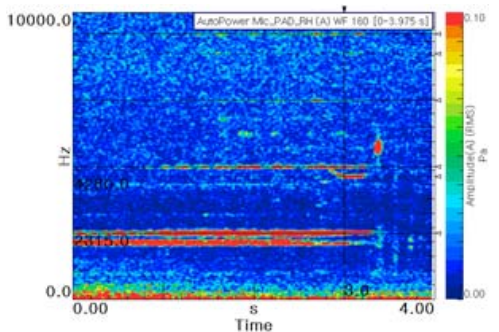
**** 서울교통공사

2.1.1 제동소음 측정

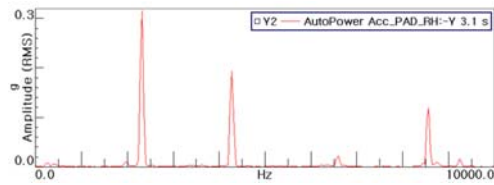
도시철도차량은 경의중앙선 일부를 따라 주행하였으며, 디스크-패드 제동장치에 마이크로폰(B&K type 2671)과 가속도 센서(PCB 353B15)를 부착하여 소음·진동 분석장비인 LMS SCADAS를 이용하여 데이터를 수집 및 처리하였다.

2.1.2 현차시험 결과

제동 직전 발생하는 스켈 소음 및 가속도 데이터를 Fig. 1과 같이 확보하였다. 약 2.3kHz 및 약 4.3kHz에서 스켈 소음이 발생하는 것을 알 수 있었으며, 4.3kHz의 배수 간격을 둔 2차 하모닉 성분이 나타났다. 이때 발생하는 소음의 크기는 106.1dB로 측정되었다.



(a) Sound pressure colormap



(b) FFT analysis graph

Fig. 1 Brake noise data

2.2 복소 고유치 해석

2.2.1 유한요소해석모델

현차시험 결과와의 비교를 위하여 유한요소해석모델을 Fig. 2와 같이 구성하였다. Case 1은 디스크(Disc)와 리벳(Rivet), 허브(Hub), 볼트(Bolt), 패드(Pad), 백플레이트(Back plate)로 구성하였으며, Case 2는 Case 1에 라이닝 헤드(Lining head), 라이닝 행거(Lining hanger), 레버(Lever)를 적용한 것이며, Case 3은 Case 1에 라이닝 헤드(Lining head)를 적용, Case 4는 Case 3에 레버를 적용한 것이며, Case 5는 Case 3에 행거를 적용한 것이다.

2.2.2 해석 결과

스켈 소음 분석을 위한 복소 고유치 해석

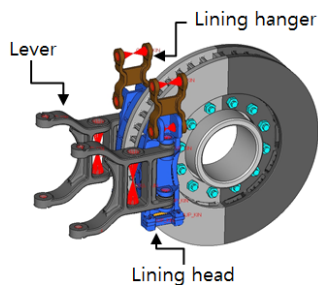


Fig. 2 Finite element method model

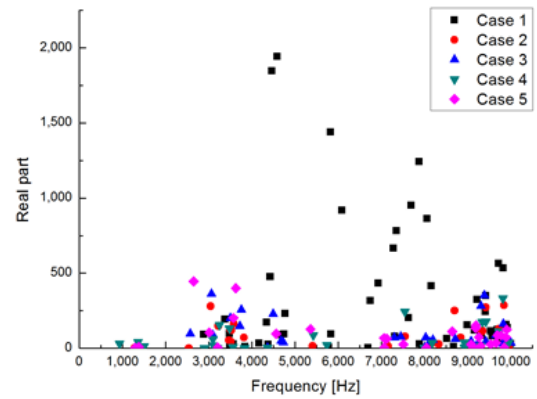


Fig. 3 Complex eigenvalue analysis result

결과는 Fig. 3과 같다. 복소 고유치 해석 결과는 10kHz까지 정리를 하였다. Case 4의 경우 현차시험 결과에서 스켈 소음이 발생한 2.3kHz와 4.3kHz에서 스켈 소음이 발생하지 않을 것으로 예측되었으며, Case 5가 2.3kHz 부근에서 가장 큰 양의 실수부를 나타내는 것으로 나타났으며, 4.3kHz 부근에서도 양의 실수부가 나타나 스켈 소음이 발생 할 것으로 예측되었다.

3. 결 론

현차시험 결과 분석 및 복소 고유치 해석 결과 분석의 비교를 통하여 디스크-패드 제동장치의 주변 부품에 대한 고려가 큰 영향을 미치며, 특히 복소 고유치 해석에서 라이닝 헤드 및 라이닝 행거의 영향이 가장 큰 것으로 판단된다.

후 기

본 논문은 국토교통과학기술진흥원 철도기술 연구사업의 연구비지원(19RTRP-B109166-05)으로 수행되었습니다.

참고문헌

- [1] S.Y. Ahn, C.H. Nam, S.J. Choi, D.K. An, K.S. Seo, N.K. Kim (2019) Study on parameter optimization of brake pad for squeal noise reduction for urban rail vehicle brake system, *Journal of the Korea society for railway*, 22(1), pp. 1-10

- [2] J.H. Lee, S.H. Kim (2013) A study on the squeal noise instability analysis on caliper brake, *Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering*, 23(11), pp. 957-965.