

철도차량 운행시 방사소음 저감을 위한 방음차륜의 성능 고찰

An Evaluation on the Performance of Low Noise Wheel for Railway Vehicle

이병철† · 김건영* · 호경찬* · 이용현* · 이진영*

Byoung-Chul Lee, Gun-Young Kim, Kyoung-Chan Ho, Yong-Hyun Lee and Jin-Young Lee

1. 서 론

철도차량의 운행 중 발생하는 소음은 직선구간에서는 차륜-레일 상호작용에 의한 전동음(Rolling noise), 급곡선구간에서는 스킨소음(Squeal noise)이 주요원인이다. 전동소음은 주행시 궤도의 전 구간에서 발생되며, 오랜기간 열차를 운행하면 레일과 차륜 접촉면의 미세한 요철에 의해 차륜과 레일이 상호 가진하게 되고 그에 따른 진동이 음파로 방사되는 것이다. 한편, 스킨소음은 곡선구간을 주행할 때 차륜이 레일 상부면을 횡방향으로 미끄러지거나, 차륜의 플랜지가 레일 두부의 옆면과 마찰하여 발생하는 소음이다.

이러한 소음은 발생원, 전달경로 및 수음점을 고려하여 여러 대책이 적용되고 있다. 발생원 대책은 도유기, 도상흡음재 등이 적용되고 있고, 전달경로 대책은 방음벽 등, 수음점 대책은 방음창, 이중슬래브 구조 등이 적용되고 있다. 그러나, 이러한 대부분의 방법들은 대책을 강구한 일부 구간에 한정하여 그 효과를 나타내는 단점이 있기 때문에, 차량이 운행하는 전 구간에서 소음저감효과를 발휘하기 위해서는 운행하는 차량에 직접 대책을 강구하는 것이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 철도차량 차륜의 소음을 저감시키기 위한 방법으로 차륜에 진동흡수용 댐퍼를 설치하는 방음차륜을 개발하였으며, 방음차륜 설치 전·후의 차량 내·외부 소음측정을 통하여 방음차륜의 소음저감효과를 검증하였다.

2. 소음 측정 개요

소음저감 성능시험 조건은 차륜과 레일의 연마상태를 동일하게 하기 위하여, 설치 전·후의 측정간격을 6일로 최소화하였다. 측정은 Fig. 1, 2와 같이 차량 내·외부에서 동시에 수행하였다. 또한 차량의 운행조건은 최대발생 소음을 유도하기 위해서 최대운행속도에 근접하게 운행하였으며, 실내

소음측정 중 공차운행을 통하여 승객소음과 차내방송을 제거하여 측정하였으며, 차량운행 방법은 설치 전·후가 동일하였다.

2.1 차륜 근접 소음측정

측정방법은 아래 Fig. 1과 같이 차륜 바깥쪽 100mm 지점에 마이크를 위치하고, 운행에 의한 풍압의 영향을 줄이기 위해 방풍망을 설치하여 잡음을 최소화하였다. 또 마이크를 단성재료 피복하여 차량 주행에 의한 대차의 진동영향을 최소화하였다.

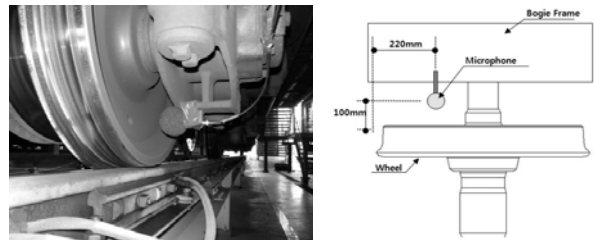


Fig. 1 Exterior noise measurement set-up

2.2 차량 내부 소음측정

차내소음의 경우 대차 정중앙 위 바닥으로부터 약 1.5m 높이에 마이크를 위치시켰다.

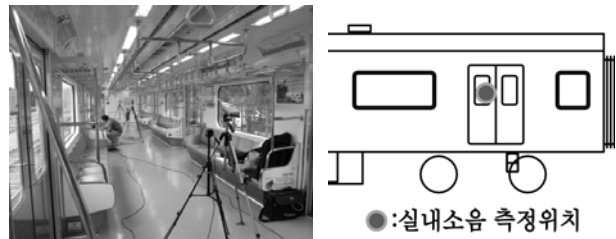


Fig. 2 Interior noise measurement set-up

2.3 측정구간 요약

Table 1 Summary of measured section

구분	구간	최고운행속도
전동음	A구간	60km/h
발생구간	B구간	65km/h
스킨소음	C구간	65km/h
발생구간	D구간	70km/h

† 교신저자; (주)에이브이티 기술연구소
E-mail : bcleee@avt.co.kr
Tel : (02) 3665-9685, Fax : (02) 3665-9686

* (주)에이브이티

3. 측정결과 및 고찰

측정결과 전동음의 경우 지속적으로 소음이 발생하지만 스켈소음은 간헐적으로 반복되는 소음발생의 경향을 갖는다. 이러한 소음특성을 고려하여, 측정결과의 분석시 데이터는 구간전체 측정결과를 스켈소음 발생시를 기준으로 10초와 1초로 샘플링하여 주파수를 분석한 후 1/3옥타브 밴드로 소음레벨 및 설치 전·후의 삽입손실을 계산하여 비교하였다.

3.1 전동음 발생구간

전동음 발생구간 측정결과, 차내와 차외에서의 소음저감량은 Table 2와 같다. 차외소음은 7.8~10.1dB(A), 차내소음은 5.3~13.9dB(A) 저감된 것으로 나타났다. 차외소음의 경우 125Hz 미만에서는 약 5dB(A) 정도의 소음저감효과를 보였으며, 250Hz 이상과 특히, 2kHz 이상에서는 약 10dB(A) 이상의 소음저감효과를 나타냈다.

Table 2 Comparison of Interior/Exterior Noise (A,B section)

구 간	구 분	소음 저감량 [dB(A)]	
		차외	차내
A section	Leq	7.8	5.3
	Lmax	9.4	6.0
B section	Leq	9.2	9.2
	Lmax	10.1	13.9

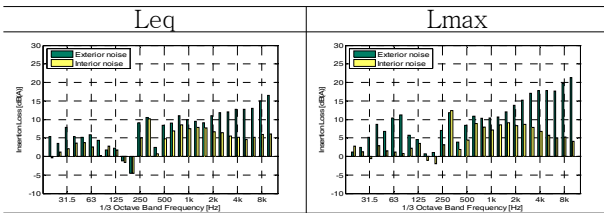


Fig. 3 Insertion loss of rolling noise (A section)

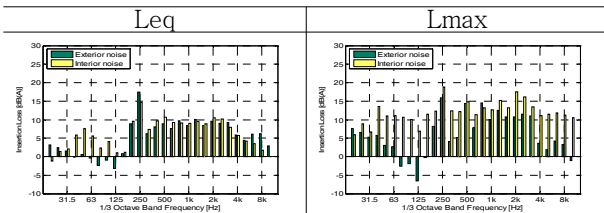


Fig. 4 Insertion loss of rolling noise (B section)

3.2 스켈소음 발생구간

스켈소음 발생구간 측정결과, 차내와 차외에서 소음저감량은 Table 3과 같다. 차외소음은 6.6~8.1dB(A), 차내소음은 1.5~9.0dB(A) 저감된 것으로 나타났다. 차외소음의 경우 125Hz 미만의 저주파수 구간에서는 약 5dB(A) 미만의 소음저감효과를 갖는 것으로 나타났으나, 250Hz 이상의 주파수 대역에서는 약 12~13dB(A)의 소음이 저감된 것으로 나타났다. 특히 4kHz 이상의 고주파대역에서 20~30dB(A)의 소음저감효과를 나타냄으로써 그 성능이 탁월한 것을 확인하였다.

Table 3 Comparison of Interior/Exterior Noise (C,D section)

구 간	구 분	소음 저감량 [dB(A)]	
		차외	차내
C section	Leq	8.1	7.9
	Lmax	7.4	9.0
D section	Leq	6.6	1.5
	Lmax	7.5	2.2

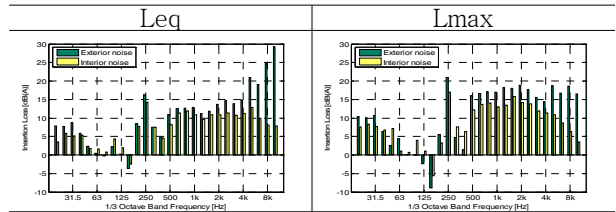


Fig. 5 Insertion loss of rolling noise (C section)

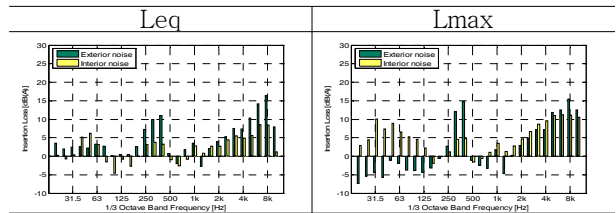


Fig. 6 Insertion loss of rolling noise (D section)

4. 결론

철도차량 운행 중 발생하는 소음을 저감하기 위한 방법으로 차륜에 댐퍼를 부착하는 방음차륜을 개발하였으며, 시험운행을 통해 그 성능을 분석하였다.

직선구간에서 주로 발생하는 전동음의 경우, 차외에서 7.8~10.1dB(A), 차내에서 5.5~13.9dB(A) 소음이 저감되는 것을 확인할 수 있었다. 곡선구간에서 주로 발생하는 스켈소음의 경우, 차외에서 6.6~8.1dB(A), 차내에서 1.5~9.0dB(A) 저감되었다. 또한, 주파수대역별 소음저감성능 분석결과, 댐퍼 설치 시 약 2kHz 이상의 주파수대역에서 약 10dB(A) 이상의 소음이 저감되는 것으로 나타났으며, 특히 8kHz 이상의 고주파수 대역에서는 약 20dB(A)의 소음이 저감되는 것으로 나타났다.

따라서, 철도차량의 차륜에 댐퍼를 설치하는 방법인 방음차륜은 직선구간과 곡선구간에 동시에 소음저감효과가 있는 것으로 확인되어, 철도차량이 운행하는 구간에 소음원대책으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

향후 데이터의 신뢰도 향상을 위해 방음차륜을 확대 적용하고 지속적인 모니터링을 통한 데이터 축적과 동시에 안전성에 관한 검증도 필요할 것이다.