

바닥 구조물 구조 변경을 통한 고속철도 차량의 실내 소음 저감 연구

Analysis of Interior Noise Reduction in High Speed Trains via Redesign of the Floor Panel

김태민† · 김정태* · 김정수** · 김석현***

Taemin Kim, Jeungtae Kim, Jungsoo Kim and Seockhyun Kim

1. 서 론

현재 개발 중인 동력 분산형 고속 철도 차량은 최고 속도 시속 400 km를 목표로 연구되고 있다. 하지만 고속 철도의 주행 속도가 증가 할수록 공력 소음이 크게 증가 하게 되며 이에 따른 실내 소음은 급격하게 증가될 것으로 예상된다. 또한 구조물의 재질이 철에서 알루미늄으로 변경되어 질량 법칙에 의해 구조물의 차음 성능이 떨어져 실내 소음도는 더욱 증가될 것으로 예상된다. 따라서 고속철도 차량의 실내 소음에 대한 연구는 매우 중요하게 연구되고 있다.

본 연구는 고속철도 차량의 실내 소음 저감 연구의 일부로서 실내소음 기여도가 가장 큰 바닥 구조물의 구조를 변경하여 고속철도 차량의 실내 소음을 저감 시키고자 하였다. 또한 승객의 대화 영역에 방해가 되는 500 Hz의 차음 성능을 개선하여 대화 영역에 방해가 되지 않도록 설계 하였다. 고속철도 차량 바닥 구조물의 구조를 변경함으로써 강성을 유지하며 약 6 %의 질량 감소 효과를 얻을 수 있었다.

고속철도 차량의 실내 소음 해석은 통계적 에너지 해석 기법 상용 소프트웨어인 VA ONE을 이용하여 수행 하였다. 바닥 구조물 구조 변경 전과 변경 후 전체 실내 소음은 유사하였지만 승객의 대화 영역인 500 Hz 대역에서 약 3 dB 저감 효과가 있는 것으로 예측 되었다. 500 Hz 차음 성능 개선에 따른 1000 Hz의 차음 성능이 저하되었으나 이는 흡음재 적층과 폼재 충진을 통하여 개선 시킬 수 있을 것으로 판단되며 이는 고속철도 차량의 실내소음

을 더욱 저하 시킬 수 있을 것으로 예상 된다.

2. 본 론

2.1 고속철도 차량의 바닥 구조물 구조 변경
본 연구에서는 기존 KTX-산천 차량의 바닥 구조물의 구조를 변경하여 차음 성능을 개선시키고자 하였다. 그림 1은 변경 전과 변경 후 고속철도 차량의 바닥 구조물을 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 강성을 유지하기 위하여 코어의 개수가 늘어난 것을 볼 수 있다.

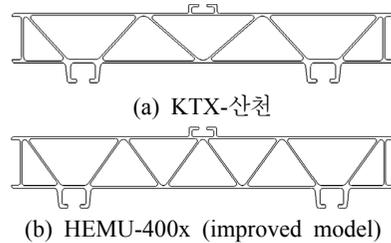


Fig. 1 Aluminum extruded panels for high speed trains

바닥 구조물의 변경 전과 변경 후의 재원은 표 1에 나타나 있다. 표에서 볼 수 있듯이 코어의 두께는 약 0.5 mm 감소하였으며 질량은 약 6 % 감소되었다.

Table 1 Specification of 1 unit floor extruded panel

Parameter	Model	KTX-sancheon	HEMU 400x
Height h (mm)		70	70
Width L _x (mm)		528	550
Length L _y (mm)		1500	1500
Upper plate thickness t _{pu} (mm)		2.8	2.9
Lower plate thickness t _{pl} (mm)		2.8	2.3
Core thickness t _c (mm)		2.6	2.2
Number of core		6	8
Mass m (kg)		26.15	25.82
Surface density m _A (kg/m ²)		33.02	31.30

† 교신저자; 정회원, 홍익대학교 음향진동실험실

E-mail : ktaemin@mail.hongik.ac.kr
Tel : 02)320-1438, Fax : 02)320-1113

* 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

** 홍익대학교 기계시스템디자인공학과

*** 강원대학교 기계메카트로닉스공학부

그림 2는 바닥 구조물의 차음 성능을 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 구조 변경 후 500 Hz에서 차음능력이 증가하였으며 1000 Hz에서 차음능력이 감소된 것을 볼 수 있다.

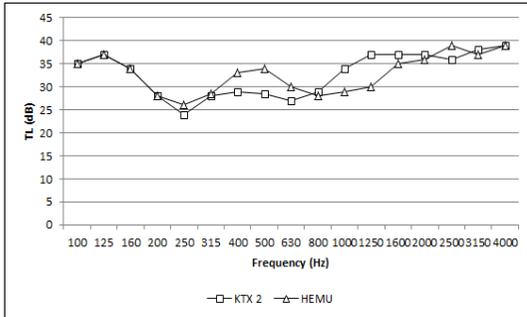


Fig. 2 Transmission loss of floor panel

2.2 고속철도 차량의 실내 소음

고속철도 차량의 실내 소음 기여도가 가장 큰 바닥 구조물의 구조를 변경하여 통계적 에너지 해석 기법을 통하여 예측하였다. 해석은 통계적 에너지 해석 기법 상용 소프트웨어인 VA ONE을 이용하였으며 소음원은 KTX-산천 소음원을 동일하게 모델링하여 해석 하였다. 그림 3은 고속철도 차량의 실내소음 해석 결과를 보여준다. 해석 결과 전체소음도에서는 큰 차이가 없는 것으로 예측되었다.

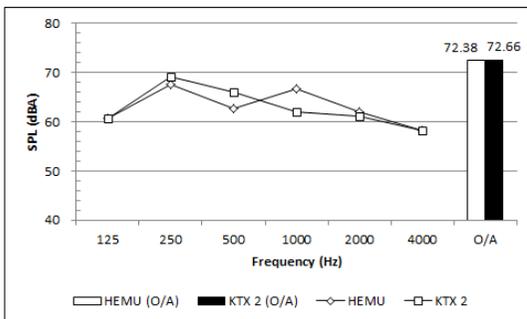


Fig. 3 Results of interior noise

2.3 고속철도 차량의 실내 소음 저감 효과

그림 4는 바닥 구조물 구조 변경에 따른 주파수별 차이를 보여준다. 그림에서 볼 수 있듯이 500 Hz 대역에서 약 3 dB 소음 저감 효과가 있는 것으로 예측되었으며 1000 Hz에서 실내 소음도가 약 4 dB 증가한 것으로 예측되었다. 따라서 본 연구에서 제

시한 변경 된 바닥 구조물은 승객의 대화 영역인 500 Hz에서 실내 소음 저감 효과가 높은 것으로 판단된다. 1000 Hz 대역의 경우 폼재 충전 및 흡음재 적층을 통하여 충분히 저감 시킬 수 있으므로 추후 폼재 충전 및 흡음재 적층에 따른 전체 소음도 저감 연구를 추가 수행할 예정이다.

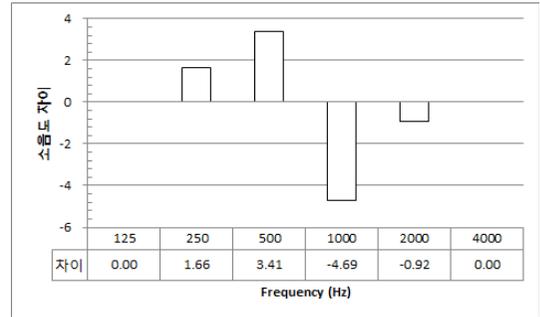


Figure 4 Comparison with redesign models

3. 결 론

본 연구는 고속철도 차량의 실내 소음 저감 연구의 일부로서 실내소음 기여도가 가장 큰 바닥 구조물의 구조를 변경하여 승객의 대화에 방해가 되는 500 Hz 대역의 차음 성능을 개선시켰다. 또한 강성을 유지하며 질량을 약 6 % 저감 시킬 수 있었다. 통계적 에너지 해석 기법을 통하여 실내 소음 예측 결과, 전체 소음도에서는 변경 전과 변경 후 큰 차이가 없었지만 500 Hz 대역에서 실내 소음도를 약 3 dB 저감시킬 수 있었다. 하지만 구조 변경에 따른 1000 Hz 대역의 차음 성능이 저하 되었으며 이에 따라 고속철도 차량의 1000 Hz 대역의 실내 소음도가 약 4 dB 증가 되었다. 이는 폼재 충전 및 흡음재 적층을 통하여 개선 시킬 수 있을 것으로 판단되며 추후 폼재 충전 및 흡음재 적층을 통한 전체 소음도 저감 효과를 추가 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업(과제 번호 07차세대고속철도A01)의 연구비 지원으로 수행되었습니다.