

주행 조건에 따른 고속열차 종류별 실내소음 특성 평가

Evaluation of interior sounds in high-speed trains according to train types and running conditions

김호준* · 차용원* · 장형석* · 전진용†

Ho Jun Kim, Yongwon Cha, Hyung Suk Jang and Jin Yong Jeon

1. 서 론

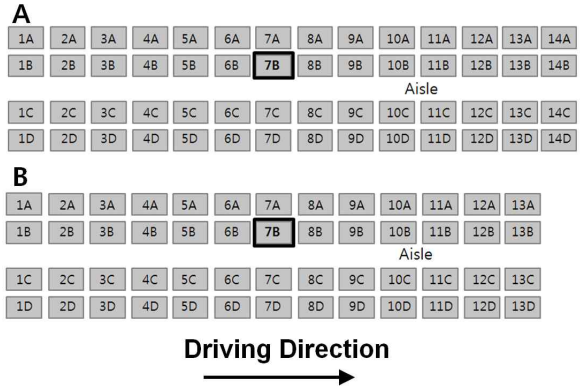
고속철도 내부소음에 관련된 연구는 주로 주행 속도별 실내소음도 및 열차의 기계적 설계요소 변화에 따른 실내소음 저감효과에 대한 연구가 진행되어 왔으나 승객들이 직접적으로 느끼는 객실 내부 소음에 대한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 양귀에서 수음된 녹음원을 대상으로 주행 조건에 따른 고속열차의 종류별 실내소음 특성을 비교하였다.

2. 측정 셋업

고속열차의 실내소음 측정을 위하여 Figure 1에서와 같이 서로 다른 열차종류 중 열차 A와 열차 B 객실의 통로측 좌석(순방향, 7B)을 측정지점으로 선정하였다.

비디오 레코더를 사용하여 주행 중 열차의 외부 환경을 녹화하였고, 열차의 주행속도와 지리 정보를 기록하기 위하여 속도 및 GPS정보 기록이 가능한 스마트폰 어플리케이션이 사용되었다. 녹화된 영상 및 GPS 정보는 고속열차의 주행상황에 따른 녹음원 구분에 사용되었다.

측정장비는 Binaural microphone (B&K, Type 4101)을 통로측 좌석에서 측정자가 착용하여 주행 중 실내소음을 측정하였으며 데이터 저장장치는 Zoom H4n을 사용하였다.



3. 고속열차 내부 소음레벨 측정

본 연구는 경북 황학터널 내부의 콘크리트 도상 궤도와 터널 진입 전후 각각 20 km 구간 내 개활지의 자갈도상 궤도, 경부 2차 고속선(동대구-부산)의 콘크리트 도상 궤도의 고속주행(300 km/h)시 음원을 대상으로 평가를 진행하였다.

터널구간은 두열차가 동일한 터널을 통과 할 때의 음원이며, 음원의 길이를 4초로 추출하여 분석을 진행하였다. 열차 A의 경우 부산-서울구간 운행 시, 열차 B의 경우는 서울-부산구간 운행 시 열차 내부 소음을 녹음하였다. 내부소음의 분석결과는 Binaural microphone을 통해 녹음된 좌우 음원의 분석 평균값을 사용하였다.

열차의 종류 별 소음레벨의 차이를 LAeq 단일값으로 비교해 보면 개활지의 자갈도상 궤도에서는 열차 A가 열차 B보다 0.6 dB, 콘크리트 도상은 0.1 dB 더 높게 나타났으며, 개활지와 터널구간의 소음도 차이를 비교해보면 열차 A의 경우 8.1 dB, 열차 B는 10.1 dB 터널구간이 더 큰 것으로 나타났다.

† 교신저자: 정희원, 한양대학교 건축공학부
E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr
Tel : 02-2220-1795, Fax :02-2220-4794
* 한양대학교 첨단건축도시환경공학과

주파수 대역별 음압레벨을 비교해보면 Figure 2와 같이 열차 A가 열차 B에 비해 160 Hz 이하의 저주파 대역이 평균 4.0 dB 높은 것으로 나타났으며 열차 B의 경우 250 Hz~2.5 kHz의 중고주파 대역에서 평균적으로 2.5 dB 더 높은 것으로 나타났다.

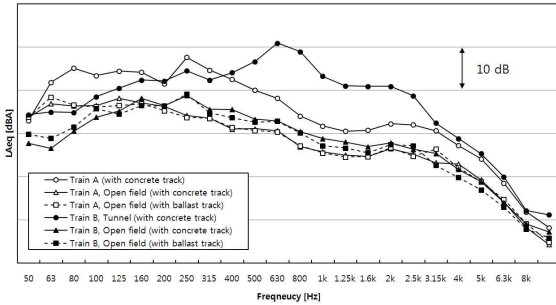


Figure 2. Interior noise of high-speed trains

열차별로 터널구간의 내부소음을 1/3 옥타브 주파수 대역별 LAeq를 비교한 결과 열차 B의 400 Hz~10 kHz 까지의 중고주파 대역의 소음레벨이 열차 A보다 평균 6.2 dB 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었으며 63 Hz~160 Hz의 저주파 소음은 열차 A가 평균 5.6 dB 높은 것으로 나타났다.

4. 고속열차 소음의 음질지표 분석

음질지표 분석결과 Table 1과 같이 열차 B의 터널구간에서 Loudness가 가장 높은 것으로 나타났으며, 열차 A보다 5 sone 정도 더 높은 것으로 나타났다. 개활지의 열차 간 차이는 자갈도상 궤도에서 열차 A가 3 sone 정도 더 높게 나타났으며 콘크리트 도상의 경우에도 열차 A가 1.5 sone 높은 값을 나타냈다.

Sharpness 분석결과와 열차 B가 열차 A보다 전반적으로 다소 높게 나타났으며 Roughness 지표는 열차 B의 개활지 자갈도상 궤도가 전체 음원 중에서 가장 높은 값을 나타냈다. 또한, Fluctuation strength는 열차 A의 콘크리트도상 궤도가 전체 음원 중에서 가장 높은 값을 나타냈다.

Table 1. The results of Sound quality parameters (Left, Right channel average)

SQ Parameter (Unit)	Train	Open field		Tunnel (with concrete track)
		Ballast track	Concrete track	
Loudness (sone)	A	24.80	24.55	37.80
	B	22.25	23.05	42.80
Sharpness (acum)	A	0.90	0.88	0.84
	B	0.94	1.00	0.99
Roughness (asper)	A	1.75	1.78	1.49
	B	1.83	1.61	1.78
Fluctuation strength (vacil)	A	1.54	2.00	1.38
	B	1.52	1.53	1.54

5. 결 론

두 열차의 소음레벨을 비교한 결과 LAeq 단일값 레벨 차이가 개활지의 경우 0.6 dB 이내였으며 터널구간의 경우는 열차 B의 소음이 열차 A보다 2.0 dB 더 많이 증가하는 것으로 나타났다.

1/3 옥타브 주파수대역 별 LAeq 분석 결과 열차 A는 저주파 대역에서 그리고 열차 B는 중고주파 대역에서 소음도가 더 높은 것으로 나타났다.

또한, 음질지표 분석결과 Loudness의 경우에도 터널구간이 개활지보다 높은 값을 나타냈으며 그 중 열차 B의 터널구간이 가장 높은 값을 갖는 것으로 나타났다.

본 연구결과는 열차 종류 및 주행조건에 따라 특정지점의 소음원을 대상으로 진행한 분석결과이므로 대표성을 갖기 위해서는 향후 다양한 소음원을 추가로 추출하여 음향특성을 분석할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토해양부 미래철도기술개발사업의 연구비지원(13PRTD-C061727-02)에 의해 수행되었습니다.