

# 고속열차 음장 변화에 따른 실내소음의 성가심 평가

## Evaluation of interior noise annoyance to the sound field changes in high-speed trains

차용원\* · 김재호\* · 전진용†  
**Yongwon Cha, Jae Ho Kim and Jin Yong Jeon**

### 1. 서 론

일반적으로 고속열차의 실내소음에 대한 심리음향학적(psychoacoustical) 특성은 열차내부의 쾌적환경에 밀접한 관계를 갖는 것으로 알려져있다. 따라서 본 연구에서는 고속열차의 객실 음환경을 조사하기 위하여 정차시에 실내음향 지표를 측정하였고, 주행시 Binaural recording 을 통하여 고속열차 내부 음장변화에 따른 승객의 실내소음 성가심도를 평가하는 실내실험을 진행하였다.

### 2. 고속열차 측정

#### 2.1 정차시 실내음향지표 측정

정지 객차에서의 실내음향 지표는 정차 중 승객이 없는 상태에서 ISO 3382-1에 따라 측정하였다. Figure 1은 객차내부의 치수 및 음원과 수음점의 위치를 나타낸다. 각 측정의 편차를 줄이기 위해 2개의 음원 위치를 설정하였고, 수음점(1/2" mic, Type 4189, B&K)은 통로 및 통로측 좌석 그리고 창가측 좌석 총 24지점을 선정하였다. 음원과 수음점은 바닥에서부터 1.1 m 높이에 설치하였다.

실내음향 지표는 RT, EDT,  $C_{50}$ 을 측정하였으며 평균 측정치는 Table 1과 같다. RT와 EDT는 평균 0.20초보다 작은 값을 가지고 있는데 이것은 고속열차의 단면이 좁고 길며, 흡음계수가 높은 마감재질 때문으로 사료된다.  $C_{50}$ 의 경우에는 평균 18.2 dB로 높게 나타났다.

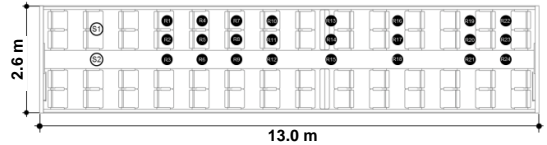


Figure 1 Configurations of source (white circle) and receiver (black circle) positions

Table 1 Room acoustical parameters in a passenger car

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
RT	0.22	0.15	0.17	0.18	0.17	0.18
EDT	0.19	0.15	0.19	0.22	0.18	0.16
$C_{50}$	18.2	21.1	17.5	16.6	17.4	18.1

#### 2.2 주행 중 실내소음 녹음

본 연구에서는 성가심도를 평가하기 위해 고속열차가 개찰지 직선구간에서 자갈도상 위를 100, 300 km/h로 주행시에 내부소음을 녹음하였다. 열차 내부소음은 객차 통로측 좌석에서 binaural microphone (Type 4104, B&K)을 이용하여 1.1 m 높이에서 측정하였다. Figure 2와 같이 주행속도 변화에 따른 주파수 별  $L_{eq}$  차이는 저주파와 고주파에서 분명하게 나타났으며, 비교적 200 Hz 와 630 Hz 사이에서는 속도 변화에 따른  $L_{eq}$  차이가 크게 나타나지 않았다.

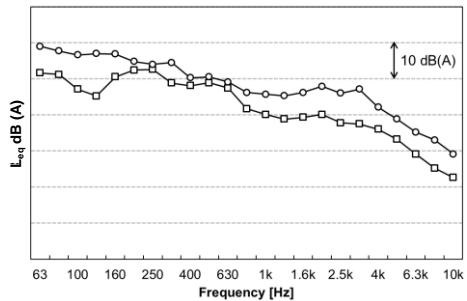


Figure 2 Interior noises in the passenger car at 100 km/h (square) and 300 km/h (circle)

† 교신저자; 정희원, 한양대학교 건축공학부

E-mail : jyjeon@hanyang.ac.kr

Tel : 02)2220-1795, Fax : 02)2220-4794

\* 한양대학교 첨단건축도시환경공학과

### 3. 실내소음 성가심 평가

#### 3.1 실험 개요

본 연구에서는 고속열차의 소음특성이 성가심도에 미치는 영향을 살펴보기위해 청감실험을 진행하였다. 청감실험은 음장특성(Exp. 1)실험과 주파수비율(Exp. 2)실험으로 구분된다. Exp. 1에서는 측정된 잔향시간(125~4k Hz)을 기준으로 총 3단계(0.18, 0.26, 0.34)로 IRs를 설정하고 가청화 실험음원을 제작하였다. Exp. 2에서는 고속/저속 주행시의 주파수 특성 차이를 기준으로 그림 3과 같이 주파수 비율을 3단계로 설정하였다. 각 실험에서는 설정한 변인들을 SPL과 비교함으로써 변인들이 성가심도 변화에 미치는 영향을 정량적으로 평가하였다.

청감실험에는 정상청력을 가진 20~30대 성인 30명이 참여하였으며, 실험음원은 배경소음이 25 dBA 미만의 반무향실에서 헤드폰(Sennheiser, HD600)을 통해 제시되었다.

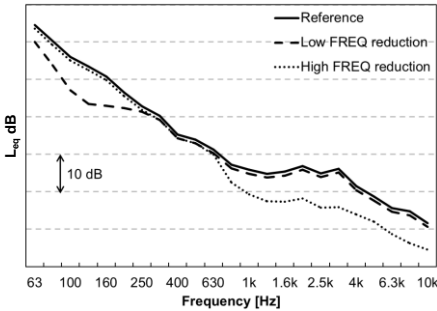


Figure 3 Frequency characteristics of stimuli (Exp. 2)

#### 3.2 실험 결과

Exp. 1, 2의 결과를 Figure 4 (a) 와 (b) 에 각각 나타내었다. 그림의 x, y축은 각 실험음원의 SPL과 성가심도 Scale value를 나타내며, 각 그림 내의 선 및 기호는 Exp. 1, 2의 주요 변인인 음원의 잔향시간 및 주파수비율을 나타낸다.

실험결과 두 실험 모두 SPL 증가에 따라 성가심도가 크게 증가하는 것으로 나타났다. 반면 주요 변인인 잔향시간과 주파수비율은 SPL에 비해 성가심도 변화에 주는 영향력이 상대적으로 작은 것으로 나타났다. 특히 잔향시간 증가에 따른 변화가 크게 드러나지 않았다.

각 변인이 주관평가 결과에 미치는 영향을 통계적으로 살펴보기 위해 Exp. 1, 2 실험 결과 각각에 대한 분산분석을 진행하였다. 분석결과 Exp. 1의 경우 SPL, RT 모두 성가심도 변화에 통계적으로 유의한 영향을 주는 것으로 나타났으나 RT가 성가심도에

주는 영향은 미미한 것으로 사료된다. Exp 2의 경우 SPL과 주파수 특성 모두 성가심도 변화에 유의한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, F값 기준으로 주파수 특성이 성가심도 변화에 미치는 영향은 SPL의 약 90% 정도인 것으로 분석되었다.

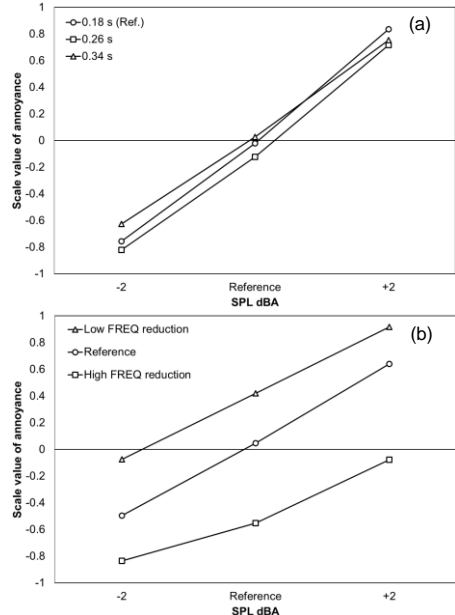


Figure 4 Scale values of annoyance: Exp. 1(a), and Exp. 2(b).

### 4. 요약 및 결론

본 연구에서는 고속열차의 실내 소음특성을 조사하고 주관평가를 통해 주행시 내부소음이 성가심도에 미치는 영향을 고찰하였다. 측정결과 고속열차의 잔향시간은 0.18초(125~4k Hz) 로 명료도가 매우 높았고, 주행 속도 변화에 따라 실내 소음의 주파수 특성 및 SPL이 달라지는 것으로 분석되었다. 또한 변인들은 모두 성가심도 평가에 유의한 영향을 주는 것으로 나타났으나 RT의 경우 성가심도 변화에 주는 영향력이 상대적으로 작은 것으로 분석되었다.

### 후 기

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