

KTX 실내소음 평가

The Interior Noise Evaluation of KTX

김경배* · 홍도관** · 안찬우†

Gyeong-Bae Kim, Do-Kwan Hong and Chan-Woo Ahn

1. 서 론

수송기계중에서 고속철도가 일반화되면서 승객들의 객차 실내소음에 대한 관심이 고조되고 있다. 철도차량의 주요 소음원은 차륜과 레일 사이의 전동음, 판토그래프와 가선계 사이의 접촉에 의한 집전소음, 고속주행 시 차량표면에서 발생하는 공력소음, 견인전동기 및 엔진에 의한 추진장치소음, 차체 구조물의 진동에 의한 구조물 진동소음, 실내 에어컨 및 환기팬 등에 의한 보조기기 소음으로 구분된다⁽¹⁾.

고속철도 KTX (Korea Train eXpress)의 실내소음을 평가하고자 하였으며 소음을 측정할 차량은 승객이 주로 타는 추진장치가 없는 객실을 기준으로 하였다. 개활지에서 300 km/h의 고속 주행과 터널에서 속도 변화에 따라 주행할 때 실내에서 발생하는 소음을 측정하여 실내소음을 평가하는 지표인 대화명료도 지수 (AI: Articulation Index), 대화간섭 레벨 (PSIL: Preferred Speech Interference Level)로 실내소음을 평가하였다⁽²⁾.

2. 실내소음 측정

2.1 측정대상 및 운행경로

고속철도의 실내소음은 예측하기가 힘들며, 다양한 조건이 존재한다. 본 연구에서 측정은 다양한 조건을 고려하여 진행되었다. 측정 위치는 Fig. 1에 나타내었으며 고속철도 객차 내 출입문 위치의 높이 130 cm와 출입문 위치의 높이 30 cm, 동반석 위치

의 높이 130 cm, 동반석 위치의 높이 30 cm에서 측정하였다.

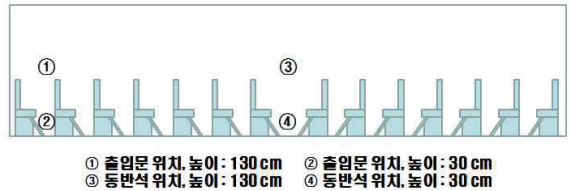


Fig. 1 Interior noise measurement position

측정 데이터의 신뢰성을 고려하기 위하여 마이크 로폰을 같은 높이에 4개씩 설치하여 측정하였으며, 각각의 데이터를 비교 분석하였다. 마이크로폰의 측정 위치는 Fig. 2에 각각 나타내었다.



Fig. 2 Microphone installation place

2.2 Articulation Index

단한 공간 내에서 대화할 때 소리의 주파수는 1/3 octave band 별로 16 band 주파수 영역이 있으며 각 band 대역에서 대화를 전달할 수 있는 가장 작은 소리와 가장 큰 소리의 차는 30 dB(A)로 나타난다. 측정된 소음레벨에 주파수별 인간의 청각 민감도를 반영하여 규정된 대화 명료도 지수 값을 부여하였다. 그리고 관심 주파수 대역 (200 ~ 10,000 Hz)별 값에 대해 합산된 값으로 음질을 평가하였다.

† 교신저자; 동아대학교 기계공학과
 E-mail: cwahn@dau.ac.kr
 Tel: (051) 200-7643, Fax: (051) 200-7635
 * 동아대학교 기계공학과 일반대학원
 ** 한국전기연구원 전동력연구센터

AI가 0%는 소음으로 인해 대화를 할 수 없는 상태를 나타내며, 100%는 차내에서 전혀 방해받지 않고 완전하게 대화를 할 수 있는 상태를 의미한다. 이런 AI를 이용한 음질평가 방법은 ANSI(American National Standard Institute) S3.5-1969 규격으로 제정된 이후, 자동차 실내소음을 평가하는 방법으로 지속적으로 사용되고 있다.

2.3 Preferred Speech Interference Level

대화를 나누는데 있어서 주변 소음의 영향을 고려할 필요가 있으며 대화간섭 레벨은 이러한 평가를 위한 것으로 보통 우선 대화간섭레벨로써 판단한다. 우선 회화방해 레벨은 중심주파수 500 Hz, 1,000 Hz, 2,000 Hz의 중심주파수를 갖는 옥타브 대역에서 음압 레벨을 의미하며, 해당 주파수 대역의 주변 소음이 클수록 PSIL값이 커지므로 대화에 많은 방해가 받게 된다.

3. 실내소음 평가 결과

3.1 고속 주행

추진 장치가 없는 객실의 주된 소음은 공력소음과 진동소음이다. 진동소음은 차륜과 레일표면의 불규칙한 거칠기에 의해 발생하는 가진력으로 인한 진동이 발생시키는 소음으로 주행속도의 3제곱에 비례하며 주행속도 200 km/h 이하의 철도소음에서 주요 소음원이다. 고속 주행 시 공력소음은 주행속도의 6제곱에 비례하며 주행속도 250 km/h 이상 고속으로 운행 시 공력소음이 발생하게 된다.

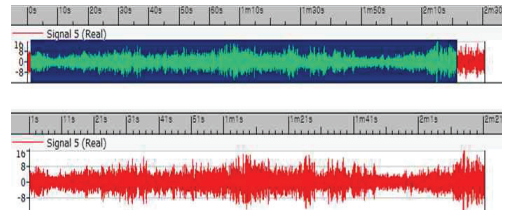
Table 1 Open section area, 300 km/s

Height (cm)	AI (%)	PSIL (dB(A))
130	61.5	52.6
30	54.0	59.5

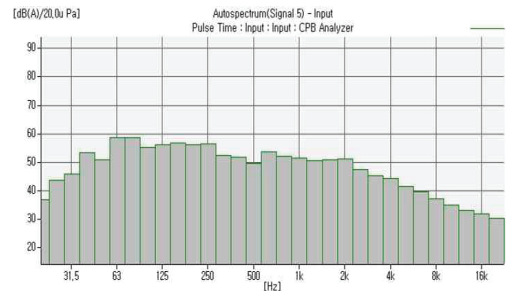
Dongdae-gu to Daejeon

Table 1은 동대구에서 대전 구간의 개활지에서 300 km/h로 주행할 때의 AI와 PSIL의 분석 결과를 나타낸다. 주로 열차 표면과 팬터그래프에서 공력소음이 크게 발생되는데 Table 1에서도 측정높이가 30 cm인 곳, 즉 바닥 열차표면과 가까운 곳의 AI와 PSIL 결과로 보면 소음이 더 심한 것으로 나타났다. 상대적으로 승객의 귀 높이에 해당되는 130 cm에서

평가된 AI와 PSIL을 보면 진동소음과 공력소음이 함께 올라오는 바닥에 비해 소음이 약 10% 작게 발생하였다.

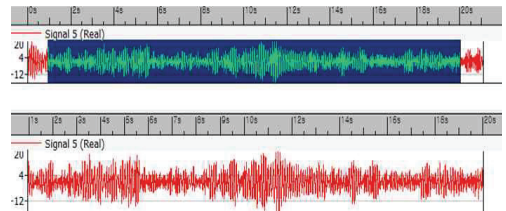


(a) Time signal of sound pressure

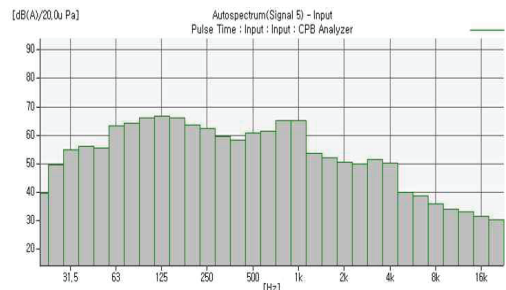


(b) 1/3 Octave of sound pressure

Fig. 3 1/3 Octave analysis
(Dongdae-gu to Daejeon, Height : 130 cm)



(a) Time signal of sound pressure



(b) 1/3 Octave of sound pressure

Fig. 4 1/3 Octave analysis
(Dongdae-gu to Daejeon, Height : 30 cm)

Fig. 3의 (a)는 동대구~대전 구간의 개활지에서 300 km/h로 주행 시 Fig. 1의 높이 130 cm, 4번 위치에서 측정된 음압의 시간과형을 나타내며, (b)는 A weighting된 1/3 옥타브 분석 결과를 나타낸다. 가청 주파수 영역 (20 ~ 20,000 Hz) 사이의 overall 음압레벨은 약 66.8 dB(A)로 나타났으며, 규제치 67 dB(A) 이내에 드는 것으로 평가되었다. Fig. 4 (a)는 동대구~대전 구간의 개활지에서 300 km/h로 주행 시 높이 30 cm, 4번 위치에서 측정된 음압의 시간과형을 나타내며 (b)는 A weighting된 1/3 옥타브 분석 결과를 나타낸다. overall 음압레벨은 약 75 dB(A)로 나타났으며, 측정 높이가 바닥에 가까울수록 소음이 상당히 증가하는 것으로 평가되었다.

3.2 터널 주행

일반적으로 터널에 열차가 들어서는 순간 압력파가 발생하여 개활지 허용치 67 dB(A) 보다 높은 72 dB(A)이다. Table 2와 같은 조건에서 주행속도에 따라 터널구간 주행 시 2개의 구간에서 실내소음을 평가하였다. 먼저 일직터널에서는 수음자의 높이에서 측정하였으며 열차의 주행속도는 200 ~ 230 km/h 일 때 평가하였다.

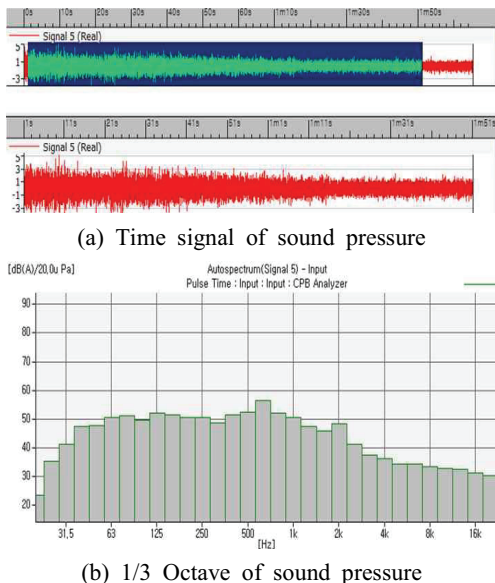


Fig. 5 1/3 Octave analysis (Iljik tunnel)

Fig. 5 (a)는 일직터널 구간에서 200 ~ 230 km/h로 주행 시 높이 130 cm, 4번 위치에서 측정된 음압의

시간과형을 나타내며, (b)는 A weighting된 1/3 옥타브 분석 결과를 나타낸다. overall 음압레벨은 약 63.2 dB(A)로 나타났으며, 72 dB(A) 규제치 이내에 드는 것으로 평가되었다.

앞선 고속 주행에 비해서 AI는 약 20% 개선된 것으로 판단되지만, PSIL의 경우 약 1% 정도 개선된 것으로 평가되었다. 그 다음으로 광명터널에서는 바닥에서 30 cm 높이에서 측정하였으며 주행속도는 130 ~ 170 km/h로 측정되었다. AI는 91.4%로 평가되었으며 PSIL도 42.7 dB(A)로 평가되었다.

Fig. 6 (a)는 광명터널 구간에서 130 ~ 170 km/h로 주행 시 높이 30 cm, 4번 위치에서 측정된 음압의 시간과형을 나타내며, (b)는 A weighting된 1/3 옥타브 분석 결과를 나타낸다. overall 음압레벨은 약 62.4 dB(A)로 나타났으며, 72 dB(A) 규제치 안에 드는 것으로 평가되었다. 터널의 압력파에도 불구하고 바닥에서 발생하는 소음은 대화 명료도 지수에서도 양호하게 평가되었으며 전동소음과 공력소음이 저속에서 적게 발생하여 소음이 낮은 것으로 평가되었다.

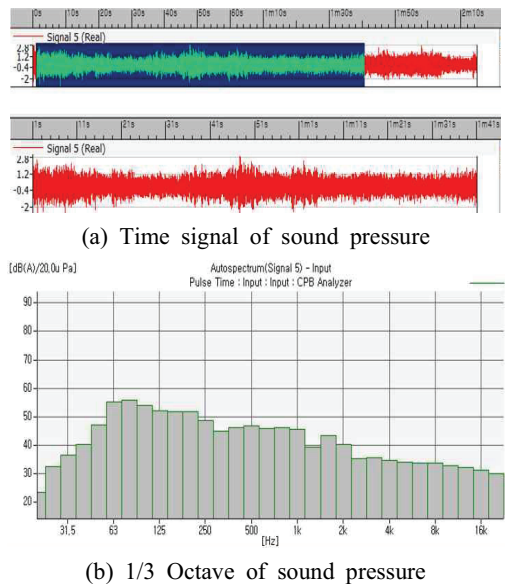


Fig. 6 1/3 Octave analysis (Gwangmyeong tunnel)

Table 2 Iljik and Gwangmyeong tunnel section

Height (cm), Velocity (km/h)	AI(%)	PSIL(dB(A))
¹ 130, 200-230	73.9	49.5
² 30, 130-170	91.4	45.5

¹Iljik tunnel section, ²Gwangmyeong tunnel section

3. 결 론

본 연구는 고속철도 KTX가 개활지에서 고속주행과 터널 주행 시 실내에서 발생하는 소음의 특성을 분석하여 실태를 파악하고 나아가 실내소음을 저감하기 위한 대책마련의 기초자료로 활용하고자 한다. 이를 위해 측정자들을 제외한 공차상태의 열차, 전기장치 및 안내방송은 평시 운행과 동일하게 진행하였으며 측정센서 높이를 분류하여 개활지 및 터널 구간에서의 KTX 실내소음을 분석 평가하였다. 실내소음 평가지표로 AI와 PSIL을 활용하여 평가를 수행하였으며 overall 음압레벨과 비교를 수행하였다. AI, PSIL 및 overall 음압레벨의 경향이 비교적 잘 일치하였다. 300 km/h로 고속 주행일 경우에도 수음자의 높이에서는 실내소음 규제치를 만족하였으며, 공력소음과 전동소음이 크게 나타나는 바닥쪽의 소음치는 규제치를 넘어서는 것으로 평가되었다. 터널 주행일 경우에는 압력파의 영향에도 불구하고 AI와 PSIL이 양호하게 평가되었으며 상대적으로 저속으로 주행하기 때문에 수음자의 높이와 바닥 높이에서 소음치도 모두 규제치를 만족하게 평가되었다.

후 기

이 논문은 동아대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- (1) Moon, K. H., Kim, J. C., and Lee, C. W., 2003, Analysis and Evaluation of Interior Noise for KTX Passenger Car, Proceedings of the KRRI Annual Autumn Conference, pp. 114~119.
- (2) Hong, D. K., Jeong, J. B., Jung, S. W., Kang, H. W., and Ahn, C. W., 2012, Interior Noise and Low Frequency Noise Characteristics of Busan Metro Line 3 Noise, Transactions of the KSNVE, Vol. 22, No. 11, pp. 1113 ~ 1120.