

# 대전 지하철 저주파 소음

## Low Frequency Noise of Daejeon Subway

정성수†·서상준·서재갑·전병수

Sung Soo Jung, Sang Joon Suh, Jae Gap Seo, Byeong Su Jeon

**Key Words** : Low frequency noise (저주파 소음), Infra-sound (초저주파음), Subway noise (지하철소음)

### ABSTRACT

The low frequency noise, including infra-sound is known to affect human physiology and psychology. Guidelines and measurement method of low frequency noise has been introduced in several countries in order to evaluate low frequency noise. In this work, low frequency characteristics of Daejeon subway was investigated in terms of the noise level and spectrum in the interior of running subway car and the subway station. The interior sound pressure level of the passenger car was between 60 and 102 dB in the frequency range of 1 ~ 250 Hz.

### 1. 서론

그 동안의 소음에 대한 특성평가는 주로 가청주파수 대역에 집중되어 왔으나 최근에는 20 Hz 이하의 초저주파 대역을 포함하여 250 Hz 이하의 저주파 소음에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 소음은 주파수가 낮을수록 귀에 잘 들리지 않는 특성이 있기 때문에 저주파 소음을 인지하기 어려운 점이 있으나 사람의 순화기, 호흡기, 신경내분비 등에 영향을 주는 것으로 보고되고 있다<sup>(1-2)</sup>. 따라서 독일, 덴마크, 스웨덴 등 유럽국가들은 저주파 소음에 대한 적극적인 대책으로서 1990년 중반에 지침서를 마련하였으며 일본의 경우도 2004년에 대책을 발표한 바 있다<sup>(3-5)</sup>. 이에 반해 국내에서는 자동차 분야에서 일부 연구된 적이 있지만 아직도 초기단계라고 할 수 있다.

본 연구에서는 대전 지하철을 대상으로 열차 운행 시 객차 내에서의 승강장에서 저주파 소음을 측정하고 분석하였다. 저주파 소음에 대한 주파수 범위는 각 국가별로 차이가 있지만 여기서는 1 ~ 250 Hz에서 1/3-옥타브 밴드별로 분석하였다.

### 2. 저주파 소음방법

대전 지하철은 1차 개통구간인 관암에서 정부청사까지의 총 12개 역으로 구성되어 있으며 이들 역사는 스크린도어가 모두 설치되어 있다. 소음 측정은 차량 내부와 승강장에서 수행하였다. 측정은 승객들이 대부분 앉아 있는 차량을 대상으로 함으로서 승객들의 이동이나 말소리에 의한 영향을 최소화하였다. 동일 차량에 대해 3개 역을 지나면 다른 차량으로 갈아탐으로서 차량의 다양성을 확보하였다. 소음은 저주파 전용 마이크로폰 (B&K 4193)을 정밀급 소음계 (B&K 2231)에 장착하고 측정 신호는 DAT (Sony PC208Ax)로 녹음한 후 실험실에서 신호분석기 (B&K 3550)로 1/3-옥타브 밴드별로 분석하였다. 마이크로폰의 설치 위치는 좌석에 앉은 승객의 귀 높이로 통로 중앙지점으로 하였다. 승강장에서의 차량의 진출입에 따른 소음은 스크린 도어로부터 뒤로 4 m 떨어진 지점을 기준으로 하였다. 소음측정과 함께 가속도 센서를 사용하여 객차 내 바닥면과 창문에서의 진동속도를 동시에 측정하였다.

신호 분석 시 A-보정 혹은 초저주파인 경우는 G 보정을 하지 않았다. 이것은 비록 저주파 소음에 초저주파와 가청주파수 대역이 포함되어 있지만 저주파 소음 평가 시 G 보정과 A 보정으로 이원화된 평가보다는 단일 지수로 평가하는 것이 일관성이 있기 때문이다. 외국의 경우도 저주파 소음에 대한 지침에서 보정하지 않은 값으로 제시하는 경우가 대부분이다.

† 책임저자, 한국표준과학연구원  
E-mail : jss@kriss.re.kr  
Tel : (042) 868-5307, Fax : (042) 868-5643

### 3. 저주파 소음 측정결과 및 분석

#### 3.1 객차 내 저주파 소음

객차 내에서 측정한 저주파 소음 결과를 Fig. 1에 나타냈는데, 주파수 1 ~ 250 Hz 구간에서 60 ~ 102 dB의 음압레벨을 가진다. 결과에서 보듯이 차량과 측정 구간에서의 레일 상태 그리고 운행 속력이 다양하기 때문에 음압레벨 변화도 20 dB까지 차이가 나고 있다.

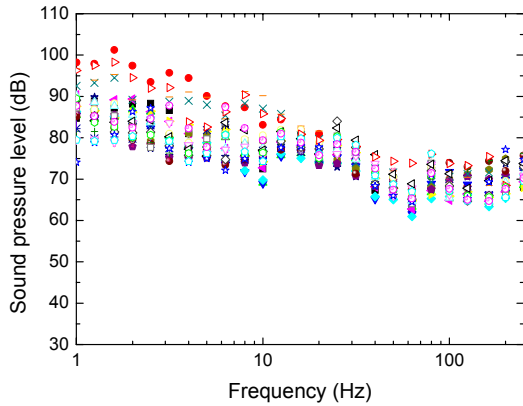


Fig. 1 Sound pressure level measured in the interior of a subway car.

대전 지하철의 경우는 Fig. 1에서 보듯이 특별히 피크 소음레벨이 나타나지 않는다. 하지만 예로서, 서울 지하철 5호선의 경우를 보면 Fig. 2에 나타낸 것처럼 8 Hz에서 피크 소음레벨을 가진다. 이러한 차이는 서울지하철 5호선의 경우를 포함하여 대부분의 지하철은 객차 한 량을 볼 때 양쪽에 문이 설치되어 있는 반면, 대전 지하철은 현재 4량이 모두 연결된 구조이다. 따라서 객차 한량이 밀폐된 공간을 이룰 때 첫 번째 공진 모드에 해당하는 8 Hz 대역 근처에서의 피크소음레벨이 나타나지 않게 된다.

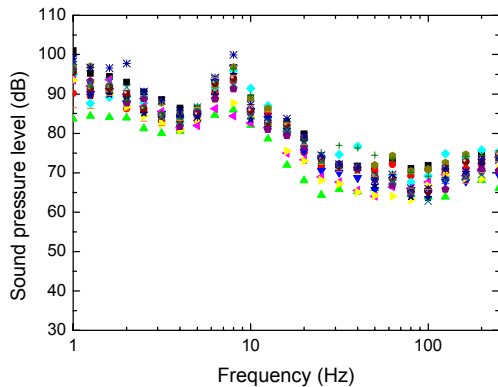


Fig. 2 Sound pressure level measured in the interior of a Seoul lane-5 subway car.

차량 운행 시 직선 구간과 곡선 구간에서의 차내 소음 측정결과를 Fig. 3과 Fig. 4에 각각 나타냈다. 두 결과를 보면 250 Hz까지의 저주파 소음 구간에서는 큰 차이가 없음을 알 수 있다. 이것은 곡선구간에서 큰 소음레벨은 주로 250 Hz 이상에서 발생하며 여기서는 나타나지 않았지만 300 ~ 800 Hz 범위에서 곡선구간이 직선구간에 비해 10 dB 정도 큰 소음이 발생함을 확인하였다.

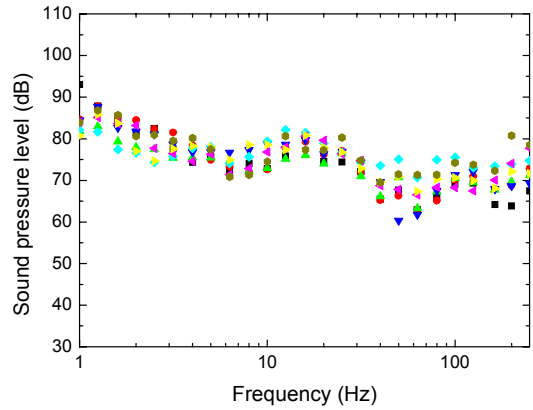


Fig. 3 Sound pressure level measured in the interior of a subway car passing curved rail.

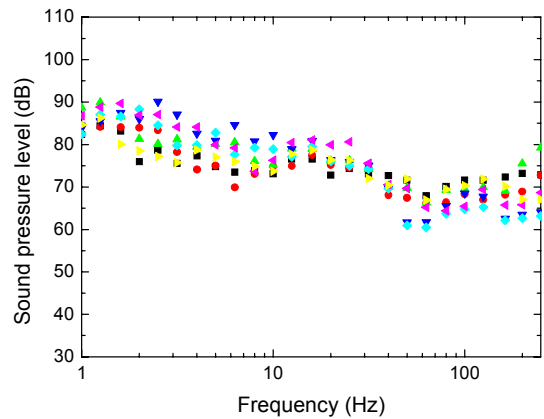


Fig. 4 Sound pressure level measured in the interior of a subway car passing straight rail.

차량이 정차한 경우 객차 내 저주파 소음 측정 결과는 Fig. 5에 나타냈다. Fig. 1과 비교할 때 정차 시에는 운행 시에 비해 평균 20 dB 정도 낮은 음압레벨을 보이고 있어 운행 시 소음이 증가함을 확인할 수 있다.

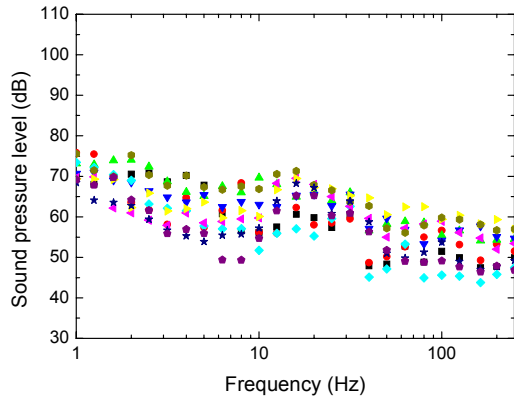


Fig. 5 Sound pressure level measured in the interior of a subway car stop state.

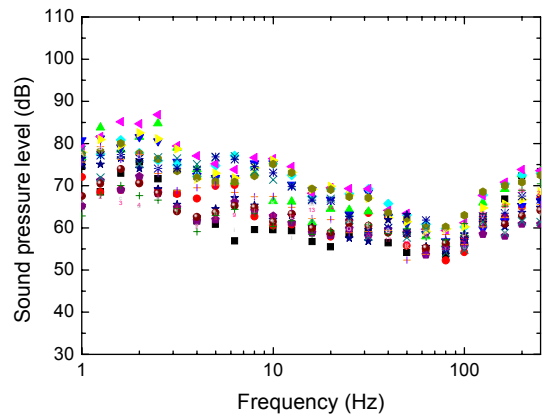


Fig. 7 Sound pressure level measured at the subway station platform (screen door).

### 3.2 승강장에서의 저주파 소음

대전 지하철의 경우 모든 승강장에 스크린 도어가 설치되어 있으며, 스크린 도어는 완전 밀폐형과 위쪽 부분이 일부 개방된 반밀폐형으로 구분할 수 있다. 이들 두 경우에 대해 차량이 승강장에 진입할 때와 출발 할 때 승강장에서 측정된 결과를 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 비교하였다. 결과를 보면 반 밀폐형 스크린 도어를 가진 승강장이 완전 밀폐형 승강장에 비해 일부 주파수 구간에서 음압레벨이 낮기는 하지만 전반적으로는 비슷한 음압레벨을 가진다.

한편, 동일한 승강장에서 냉방 공조기 작동 여부(봄과 여름에 측정)에 따른 음압레벨 차이는 Fig. 8에 나타났다. 결과에서 보듯이 승강장 상부에 설치된 공조기를 작동할 경우 15 dB 이상의 소음이 증가함을 볼 수 있다.

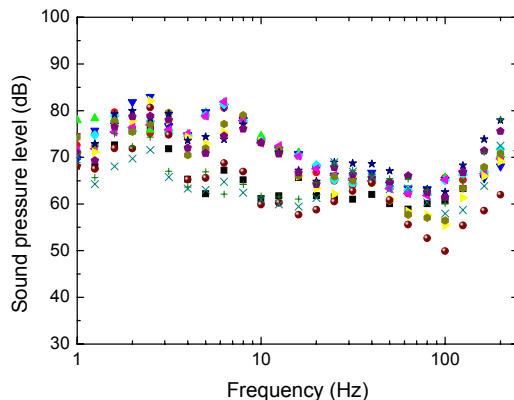


Fig. 6 Sound pressure level measured at the subway station platform (partially opened screen door).

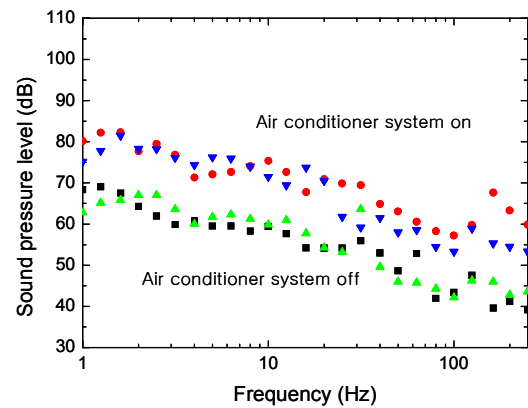


Fig. 8 Sound pressure level measured at the subway station platform under the on- and off-air conditioner system.

### 3.3 객차 내 진동

소음 측정과 동시에 차량 운행 시 지하철 바닥면과 창문에 가속도 센서 (B&K 4370)로 진동을 측정하였다. 바닥면에 대한 결과는 Fig. 9에 그리고 창문에 대한 결과는 Fig. 10에 나타났다. 두 결과를 비교하면 바닥면에서는 진동속도가 최대 12 mm/s 정도로서 창문에서의 4 mm/s에 비해 3배 정도 높았다. 진동은 3 Hz 이상에서는 급격히 줄어 10 Hz에서는 0.1 mm/s 정도가 된다. 진동속도를 평면파로 가정하여 음압레벨로 환산하면 12 mm/s인 경우는 108 dB 그리고 0.1 mm/s인 경우는 66 dB 정도가 된다. 비록 평면파로 근사시켰지만 Fig. 1과 비교할 때 소음 측정 범위에 들어오고 있어 진동이 저주파 소음을 발생하는 주요 원인으로 고려할 수 있겠다.

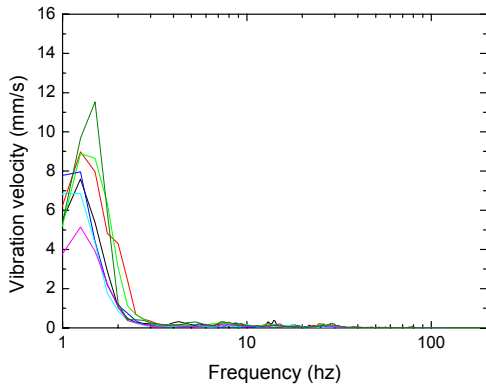


Fig. 9 Vibration velocity measured on the floor of the subway car.

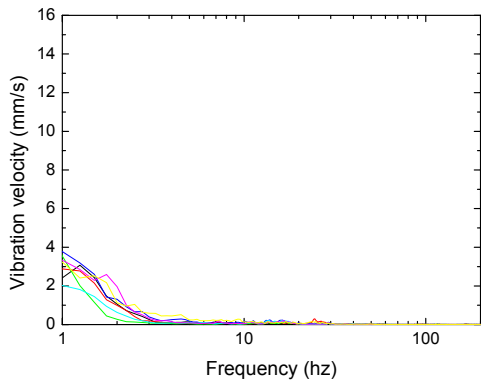


Fig. 10 Vibration velocity measured on the window.

#### 4. 결론

대전 지하철에 대한 저주파 소음 측정 결과, 250 Hz 이하에서 60 ~ 102 dB의 음압레벨을 가졌다. 직선구간과 곡선구간에서 소음은 250 Hz 이하의 저주파수 구간에서는 큰 차이가 없었다. 승강장에서의 소음은 객차 내 소음에 비해 낮은 음압레벨을 나타냈다. 객차 내 진동속도는 3 Hz 이내에서 주요하였으며 소음과 연관성이 높았다.

대전 지하철 객차 내 저주파 소음결과를 일본의 저주파 소음에 대한 기준곡선(기준 곡선 이상의 소음레벨에 노출 시 정신적 그리고 육체적으로 불쾌감을 줄수 있음) 그리고 주파수 밴드에 따른 인체에 미치는 Ochiai<sup>(6)</sup> 곡선과 비교하면 Fig. 11과 같다. 결과에서 보듯이 10 ~ 80 Hz의 기준곡선과 비교할 때 30 Hz 이상에서는 기준 곡선 이상을 넘어서고 있어 장시간 노출 시 불만족감을 느끼게 된다. 한편, 심리영향을 나타내는 압박감과 진동 그리고 불쾌감을 나타내는 곡선과 비교해 보면 소음레벨이 대부분 낮기 때

문에 이러한 영향은 받지 않는다는 것을 보여주고 있다. 이것은 대전 지하철을 개통한지 얼마 되지 않기 때문에 현재는 차량이나 레일 상태가 양호한 것이 원인일 수 있으므로 지속적으로 확인할 필요가 있다.

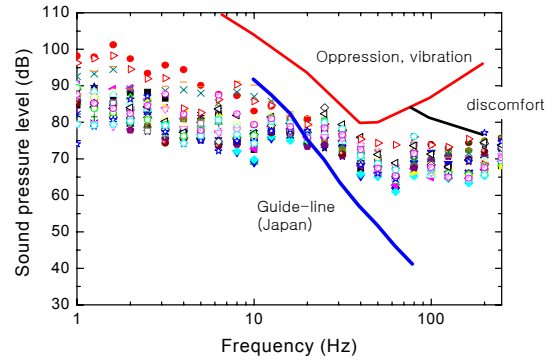


Fig. 11 Comparison between the sound pressure level measured in the interior of Daejeon subway car and the Japanese low frequency guideline values and the threshold curve of oppressive feeling or vibration and discomfort.

#### 후 기

본 연구는 환경부 차세대 핵심환경기술개발사업의 지원을 받아 수행되었습니다.

#### 참 고 문 헌

- (1) Broner, N., 1978, "The effects of low frequency noise on people - a review," J. Sound and Vib. Vol. 58. pp. 483~500.
- (2) Berglund, B., Hassmen, P., and Soames Job, R. F., "Sources and effects of low frequency noise," J. Acoust. Soc. Am., 1996, Vol. 99 pp. 2985~3002.
- (3) DIN 45680, 1997, Measuring und bewertung tieffrequenter gerauschmissionen in der nachbarschaft.
- (4) SOSFS, 7E, 1996, General guidelines issued by the Swedish national board of health and welfare, indoor noise and high sound levels.
- (5) Guidance to counter low frequency noise problems, 2004, Ministry of Environment of Japan.
- (6) Ochiai, H., 1999, "Measurement of infra and low frequency noise," The Journal of the INCE of Japan, Vol. 23 pp. 306~310.