

도시철도 실내소음에 관한 주관적 평가 Subjective Evaluation on Subway Indoor Noise

김병삼[†]
Kim Byoung-Sam

1. 서 론

철도차량 소음의 예측과 측정 등 기초연구 수행은 많이 진행되고 있다. 휠/레일 접촉소음, 공기역학적 소음 등 공력 소음에 대한 연구도 활발하다. 고속전철의 주요 소음원들이 실내소음에 미치는 영향에 대한 조사로 고속전철 외벽 알루미늄 주름패널의 음향투과손실에 대한 연구가 진행되고 있다. 철도차량의 경우, 개활지와 터널내 주행을 구분 실내소음기준치를 규제하고 있다. 종래의 연구 내용들은 차량설계 확정 및 제작 이전단계의 검토하기에는 제한적이다. 철도차량의 실내소음은 철도차량의 소음발생장치와 차량의 소음차단능성이 지배적이고, 차량 설계의 차이와 터널 단면적의 차이, 레일 및 차륜의 거칠기의 차이 등에 기인한 것으로 보고되고 있다.

본 연구에서는 도시철도의 실내소음 저감을 위한 기초 자료를 확보하기 위하여 도시철도의 실내소음에 대한 주관적인 평가에 대하여 조사하였다.

2. 측정방법

부산지역의 도시철도 2호선을 대상으로 도시철도 실내소음을 측정, 분석하였다. 부산지역 도시철도 2호선 차량의 실내소음 측정은 부산 호포역에서 장산역 구간에서 주행 중인 국내에서 제작된 전동차를 대상으로 측정을 실시하였다. 전동차 6량 중 3호차 내에 마이크를 설치하였으며, 차량 속도는 60km/h인 구간에서 실내소음을 측정하였다. 소음레벨은 A-weighting Filter를 이용하여 dB(A)로 변환하였다.

주파수 분석은 선형분석, 1/1, 1/3 옥타브대역, 명료도지수, 회화방해레벨, 라우드니스레벨 분석을 수행하였다. 측정된 소음과 진동신호의 주파수 분석대역은 1~125,000Hz사이이다. 측정된 소음과 진동신호의 비교 주파수 대역을 2,000 Hz 대역 이하로 설정하였다. 주요 소음원에 대한 규명은 측정자가 측정 구간에서 실제 청취하여 파악하였다. 부산 도시철도 철도 차량의 바닥 진동에 기인한 소음은 소음레벨 변화추이와 진동레벨변화추이를 비교 검토하였다.

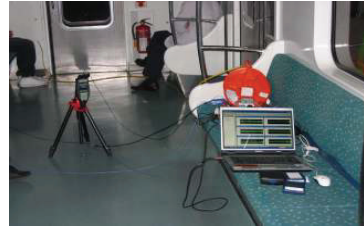
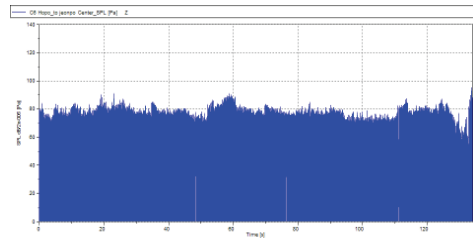


Fig. 1 Measurement set-up

3. 측정결과 및 고찰

본 연구에서는 부산시 도시철도 2호선 구간별 철도차량 실내소음레벨을 측정하였다. Fig. 2는 호포~금곡 구간 측정 결과이다. 측정 구간은 호포역에서 장산역까지 총 38개 구간이다. 측정 시간은 총 4325초이며 측정시간 중 운행시간은 3699초, 정차시간은 626초이다. 측정 구간에서 주요 소음원은 곡선구간에서의 스킵소음, 분기기에서의 충격소음, 도유기에 의한 소음 그리고 부산 도시철도 차량의 구동방식에 의한 VVVF 소음 등이다.

(a) Sound pressure level



(b) Vibration level

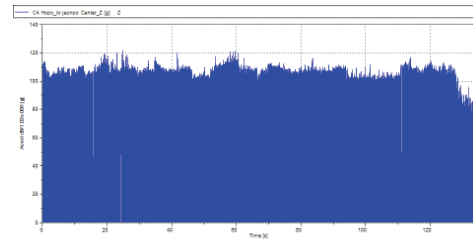


Fig. 2 Sound pressure level and vibration level (Hopo-Keumgok section)

[†] 교신저자: 원광대학교 기계자동차공학부
E-mail : anvkbs@wonkwang.ac.kr
Tel : (063)850-6697, Fax: (063) 850-6691

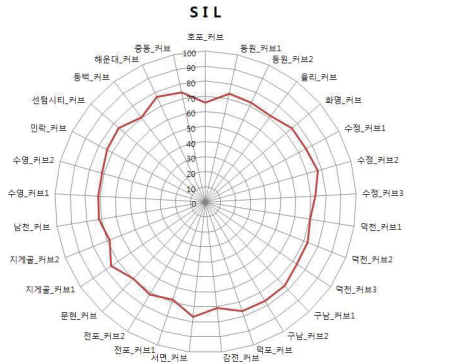


Fig. 3 Speech interference level of subway noise

Fig. 3은 부산지역 도시철도 실내소음에 대한 회화방해레벨에 대한 측정결과이다. 회화방해레벨은 도시철도의 주요 소음원인 곡선구간, 도유기, 분기기, VVVF 등으로 구분하여 분석하였다.

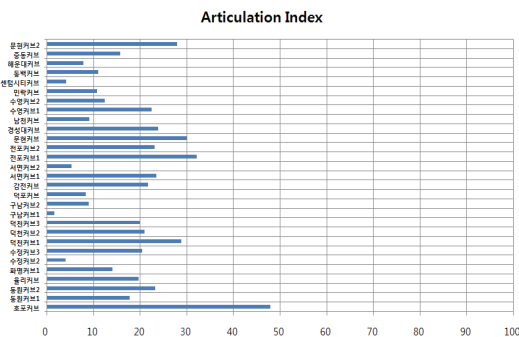


Fig. 4 Articulation index of subway noise

Fig. 4는 부산지역 도시철도 실내소음에 대한 명료도 지수이다. 명료도 지수는 구간별 큰 차이가 있다. 명료도 지수로부터 도시철도 실내에서 만족한 음해도가 얻어지는 최대거리를 예측할 수 있다.

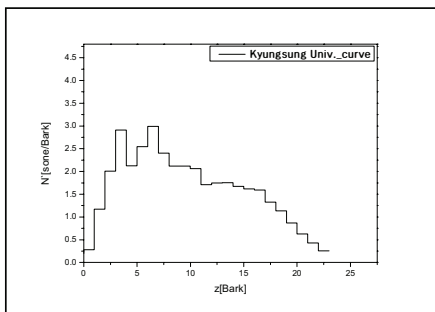


Fig. 5 Loudness level of subway noise

Fig. 5는 부산지역 도시철도 실내소음에 대한 라우드니스레벨 지수이다. 측정 구간에서 주요 소음원은 곡선구간에서의 스킵소음, 분기기에서의 충격소음, 도유기에 의한 소음 그리고 부산 지하철 차량의 구동방식에 의한 VVVF 소음 등이다. 부산 지하철 2호선의 주요 소음발생 횟수는 VVVF에 의한 소음이 가장 큰 비중을 차지하고 있다. 그 다음은 곡선구간에서의 스킵소음, 분기기에서의 충격소음, 도유기에 의한 소음 순이다.

부산지역 도시철도의 레일을 연마하면 레일을 연마하기 전보다 상대적으로 음압레벨이 감소하고 있다. 그러나 레일 연마 측정된 전·후 좌우(x-축), 전후(y-축), 상하(z-축)방향의 진동신호를 분석해 보면 상하(z-축)방향 진동레벨은 감소한 반면 좌우(x-축)방향과 전후(y-축)방향의 진동레벨은 크게 감소하지 않고 있음을 알 수 있다. 이는 레일을 연마하는 연마기가 한쪽 방향으로만 레일을 연마하는 것에 기인한 것으로 판단된다.

VVVF 가동시 철도 차량의 특성에 따라 음압레벨의 발생 주파수 대역이 약간 차이가 있었으나 400Hz 전후에서 높은 음압레벨을 나타내고 있다. 진동레벨과 소음레벨을 비교해 볼 때 거의 유사한 주파수 대역에서 피크치를 보이고 있다. 즉 VVVF 가동에 의해 발생하는 높은 음압레벨은 VVVF의 진동에 기인한 것으로 판단되며 철도 차량의 종류에 대한 변화는 거의 없고 VVVF 가동시 모터의 회전수가 진동과 음압레벨을 발생하는 주파수 대역에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

4. 결 론

본 연구에서는 도시철도의 실내소음에 대한 주관적 평가를 위하여 부산 도시철도 2호선을 대상으로 철도차량 실내소음을 측정, 분석하였다.

측정결과를 통하여 부산 도시철도 2호선의 실내소음은 철도 차량의 바닥 진동 기인에 의한 구조진동이 큰 비중을 차지하고 있고, VVVF 가동에 의한 소음, 곡선구간에서의 스킵소음, 분기기에서의 충격소음, 도유기에 의한 소음 등이 주요 소음원임을 규명하였다.

객관적인 방법으로 측정된 신호를 이용하여 도시철도 실내소음에 대한 주관적인 평가 도구인 회화방해레벨, 평료도 지수, 라우드니스레벨 등을 계산하였고 도시철도 소음의 주관적인 평가의 도구로 활용 가능성을 모색하였다.

참고문헌

1. 김태민, 김정태, 김경수, “고속철도 차량의 실내소음 해석 : SEA 응용,” 한국철도학회 2009년도 춘계학술대회 정기총회 및 추계학술대회 특별세미나 특별/일반세션, 2009. 5, pp. 447~453.