

운행 및 정지시 소음측정에 의한 전동차 소음원 특성 고찰

Consideration of Noise Source Characteristics for Subway by Noise Measurement

조준호*, 정우성**, 정종덕***, 김명룡***, 권성태***

Cho, Jun-Ho Jung, Woo-Sung Jung Jeong-Duck Kim Myeong-Ryong, Kwon, Sung-Tae

요 지

도시 중심가를 오가는 전동차의 경우 도시 사이를 운행하는 일반 기존선과는 다른 소음 특성을 가진다. 가장 두드러진 특징으로는 일반 기존선은 주로 디젤기관(디젤전기기관차 포함)에서 얻어지는 추진력을 이용하여 운행되나 도시철도에 사용되는 전동차의 경우는 그 추진력을 공급된 전기에너지에 의해 그 추진력을 얻는 것이다. 따라서 주요한 소음원의 특성도 상이하며, 또한 개활지를 중심으로 운행되는 기존선 열차에 반해 도시 전동차는 주로 터널내부에서 운행되고 있다. 따라서 본 연구에서는 도시 전동차의 소음원의 특성에 대해 측정 사례를 중심으로 나타내었다.

1. 서 론

국가 경제의 지속적 성장을 위한 사회 간접 시설 확충의 일환으로 지하철, 고속철도, 고속화 도로 등 대량·고효율 교통시설의 신설 및 증설이 지속적으로 진행되고 있다.¹⁾ 이와 같은 신설 교통시설은 그 대부분이 인구 밀집도가 매우 높고, 활용 가능한 공간이 극히 제한적인 대도시를 중심으로 건설되기 때문에 기존 교통시설과 건축물 및 도시 미관 등 기존 공간의 활용도를 최대한 보전할 수 있어야 한다. 이로 인해 최근 건설되고 있는 도시 고속화 도로 및 철도 등의 교통시설은 공사 난이도가 높고 고비용이 요구됨에도 불구하고 입체화 및 지하화 되고 있다. 특히, 교통분담 비율이 갈수록 높아지고 있는 도시 전철의 경우 대부분이 지하터널 구조로 건설되고 있는 실정이다.

도시 중심가를 오가는 전동차의 경우 도시 사이를 운행하는 일반 기존선과는 다른 소음 특성을 가진다. 가장 두드러진 특징으로는 일반 기존선은 주로 디젤기관(디젤전기기관차 포함)에서 얻어지는 추진력을 이용하여 운행되나 도시철도에 사용되는 전동차의 경우는 그 추진력을 공급된 전기에너지에 의해 그 추진력을 얻는 것이다. 따라서 주요한 소음원의 특성도 상이하며, 또한 개활지를 중심으로 운행되는 기존선 열차에 반해 도시 전동차는 주로 터널내부에서 운행되고 있다.

한편, 전동차가 지하터널을 통과할 경우 열차에 탑승하고 있는 승객은 개방된 공간과 비교하여

* 한국철도기술연구원 철도환경·재료연구팀 선임연구원
** 한국철도기술연구원 철도환경·재료연구팀 책임연구원
*** 한국철도기술연구원 시험인증연구팀 선임연구원

열악한 소음 환경에 노출된다.²⁾ 이는 제한된 공간을 갖는 지하터널에서는 개방된 공간과는 달리 전동차에서 발생한 소음이 터널 내부 벽면에서의 다중 반사 현상으로 인해 음 에너지의 공간밀도가 상대적으로 높기 때문이다.

따라서 본 연구에서는 도시 전동차의 소음원의 특성에 대해 측정 사례를 중심으로 나타내었다.

2. 철도 운행시 소음

본 장에서는 철도 운행시 각 소음원 위치와 차량 내부 소음과의 관계등을 알아보기 위해 소음 측정된 결과를 나타내었다. 그림 1에 소음측정을 위한 마이크론 부착 위치를 개념적으로 나타내었다. 열차 운행시 속도를 계측하기 위해 차륜에 속도감지 센서를 부착하여 모니터링하면서 소음을 측정하였다. 소음은 크게 차량 실내 3개 위치에서 측정하였고, 외부에서는 주요 소음원 위치로 판단되는 상부 팬위치와 T-car 보기 하부위치, M-car 보기 하부 위치 그리고 인버터 하부 위치에서 소음을 측정하였다. 소음은 역과 역사이에서 속도가 일정한 구간을 주로 선택하여 5초동안의 평균소음으로 분석하였다. 얻어진 소음도 결과를 표 1에 나타내었다.

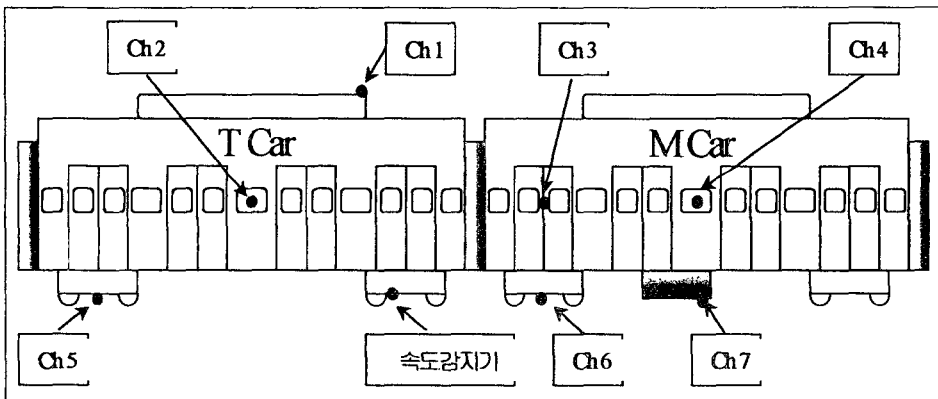


그림 1 국내지하철 A 마이크론 설치도

T-car 보기하부 위치인 Ch 5와 M-car 보기하부 위치인 Ch 6의 측정값을 비교하여 보면 특이 현상을 나타내는 곳도 있지만 대체적으로 전동차 구동용 모터가 부착된 Ch 6 위치에서 소음도가 3~4 dBA 높은 것을 알 수 있다. 즉 일반 차륜과 레일 사이의 전동음만 존재하는 곳과 모터 소음이 추가된 곳의 차이가 3~4 dBA 인 것을 볼 때 전동차 속도가 50~60 km/h 인 곳에서 모터 소음의 영향은 전동음의 양향과 거의 유사하다고 판단된다.

또한 차량하부의 주요 소음원인 인버터 위치인 Ch 7의 경우 Ch 6에 비해 3~6 dBA 정도 차이가 발생한 것으로 보아 그 영향이 상대적으로 적음을 알 수 있었고 M-car 보기하부의 주요 소음원(전동음과 모터)에 대한 거리감쇠의 영향으로 판단되었다.

또한 상부 팬 인근 위치의 소음도 전동음, 모터 및 인버터 소음보다는 영향이 적었지만, 그 소음도가 상당히 96~108dBA 이르는 것을 알 수 있었다.

차량 내부 소음의 경우 T-car 중앙위치에 비해 M-car 중앙위치에서 1 dBA 이내에서 소음도가 높았으며, M-car 대차상부 위치에서는 2~3 dBA 정도 높은 소음도가 높았다. 따라서 주요 소음

원 상부 위치로 전달된 소음이 상당함을 알 수 있었다.

표 1 국내지하철 A 위치별 소음도

측정구간	속 도 (km/h)	채널별 소음도(dB(A))						
		ch 1	ch 2	ch 3	ch 4	ch 5	ch 6	ch 7
㉓	65	97.4	76.1	78.9	77.3	102.2	105.5	101.7
㉔	60	99.4	78.1	79.9	78.5	104.6	105.1	102.7
㉕	60	104.1	84.9	86.3	84.3	114.3	113.4	107.4
㉖	65	96.6	76.2	78.7	77.4	100.8	104.8	101.7
㉗	65	99.0	78.0	80.6	79.2	103.0	107.4	102.7
㉘	50	108.2	87.4	89.1	87.4	114.0	114.5	109.7
㉙	60	96.3	74.4	77.3	75.8	100.5	103.5	101.4
㉚	75	101.5	79.5	82.8	81.2	104.7	109.3	104.2
㉛	65	97.1	75.8	77.8	76.4	100.4	104.2	101.4
㉜	75	102.7	81.7	83.1	81.9	110.4	109.6	105.3

3. 전동차 정지시 소음

본 장에서는 국내지하철 A에서 전동차의 가선 전원이 연결되어 있는 상태에서 차량내부의 환기 및 냉방기 작동상태에 따른 소음특성을 분석하여 표 2에 나타내었다.³⁾

전동차에 전원을 공급하여 M-car 하부의 인버터가 작동할 때의 소음을 암소음으로 간주하면 정지상태 전동차 내부의 암소음은 51dB(A)가 된다.

T-car 내부에서 송풍기만 작동할 때 소음도는 55dB(A)로 4dB 증가하며, 환풍기만 작동시킬 때 소음도는 60dB(A)로 9dB 증가하고, 냉방기 작동 중에는 69dB(A)로 18dB 증가하는 것으로 나타났다.

정차시 소음원 근접위치와 차량내부에서의 소음을 측정한 결과 인버터 작동시 인버터 인접위치의 소음도는 98dB(A)로 T-car 내부와는 36dB의 차이가 있었으며, 냉방기 작동 중 소음원인 상부 팬 위치의 소음도는 91dB(A)로 차량내부와는 22dB의 소음도 차이가 나는 것을 확인할 수 있었다. 표 1와 비교시 당해 지하철의 경우 열차가 터널내 주행시 보조기기의 작동에 의한 발생 소음이 차량 실내 소음도에 미치는 영향은 미미하여 무시할 수 있음을 알 수 있었다.

표 2 정차시 환기 및 냉방기 작동에 따른 차량내부 소음 특성

주파수 (Hz)	T-car 내부 소음도 (dB(A))				소음원 (dB(A))	
	압소음	송풍기	환풍기	냉방기	상부팬	인버터
63	15.8	14.3	17.2	21.8	32.9	49.3
80	16.9	15.8	19.6	30.8	42.1	58.3
100	21.2	20.4	21.4	36.0	55.5	65.9
125	29.4	29.9	33.0	48.0	64.1	72.3
160	28.9	33.3	36.2	50.8	69.0	69.9
200	29.8	36.1	39.6	48.1	69.6	71.1
250	32.9	34.9	47.7	54.7	73.9	75.2
315	35.6	37.9	53.8	55.9	73.3	80.3
400	37.3	45.4	52.4	66.4	76.4	83.8
500	38.8	41.6	50.5	53.0	76.2	81.9
630	38.3	41.2	49.3	55.6	74.7	86.1
800	40.5	43.8	46.7	57.7	78.1	90.4
1k	40.3	48.1	46.4	54.1	82.1	88.8
1.25k	41.0	45.5	49.8	57.5	83.4	89.2
1.6k	41.1	43.9	47.7	55.0	83.5	89.0
2k	40.7	44.6	47.0	52.4	83.3	89.6
2.5k	39.3	43.3	46.6	49.4	81.2	88.3
3.15k	39.2	41.2	44.9	47.2	79.6	84.5
4k	38.9	39.8	42.5	44.3	77.6	80.4
5k	38.5	38.9	40.4	41.4	74.3	74.3
6.3k	38.4	38.9	39.2	39.8	72.0	72.1
8k	38.0	38.2	38.3	38.7	65.7	69.7
10k	37.2	37.3	37.3	37.5	57.7	68.5
O.A	51.4	55.2	60.4	69.0	91.4	98.1

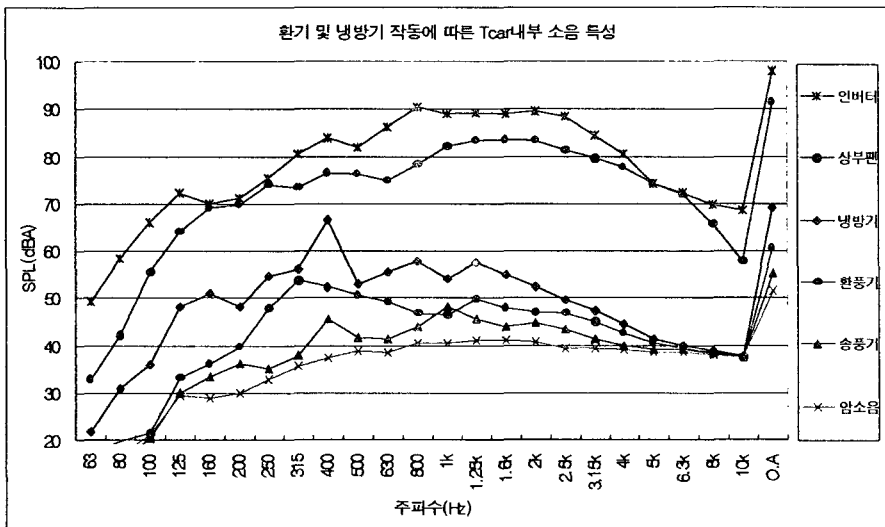


그림 2 환기 및 냉방기 작동에 따른 소음원과 차량내부 소음특성

5. 결 론

본 연구에서는 도심내의 주요 운송수단으로 활용되고 있는 전동차의 소음원 특성을 운행시와 정지시의 소음 측정을 측정하고 결과를 분석하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

첫째, 전동차 하부 소음원중 모터에 의한 소음 발생량은 차륜과 레일에 의한 전동음의 파워와 같은 영향을 끼침을 알 수 있었다. 인버터와 상부 팬은 그에 비해 적은 영향을 끼침을 알 수 있었다.

둘째, 전동차 내부 소음도의 경우 T-car 중앙 위치보다, M-car 중앙위치에서 소음도가 1dBA 이내에서 높았으며, 대차상부 즉 전동음과 모터의 영향이 직접적인 위치에서는 2 ~ 3 dBA 정도 높은 소음도를 나타내었다. 즉 소음원 인근에서의 소음 영향이 상당함을 알 수 있었다.

셋째, 전동차에 가선 전압이 가해진 정지상태에서의 소음도 측정결과를 볼 때 상부의 환기 및 냉방기 장치에 의한 내부 소음의 영향은 터널통과시 내부 소음도에 10dBA 이상 낮아서 그 영향이 미미함을 알았다.

감사의 글

본 연구는 건설교통부가 출연하고 한국건설기술연구원에서 위탁 시행한 건설기술연구개발사업에 의해 추진되었으며, 이에 관계자에게 감사드린다.

참고문헌

- 1 국가 기간 교통망 계획(2000~2019), 건설교통부, 1999
- 2 문경호, 유원희, 김재철, 국내 여객열차 실내소음 평가, 한국소음진동공학회 2001년도 춘계학술대회 논문집, 2001, pp1241-1246
3. 터널내부 소음 저감을 위한 흡음기술 개발, 한국철도기술연구원, 2002, pp 199-200