

객차 및 동력차 실내소음에 관한 실험적 연구

An Experimental Study on the Interior Noise for Passenger and Power cars

문경호* 유원희** 김재철***
Moon, Kyeong-Ho You, Won-Hee Kim, Jae-chul

ABSTRACT

The purpose of this paper is to evaluate the noise level and the noise source for domestic trains. We measured and analyzed the interior noise, the rolling noise and the engine noise at Honam line(Seodaejeon-Jangseong) for passenger and power cars. The noise level is below 69dBA for Seamaeul PMC(Powered Motor Car) coaches, below 65dBA for Seamaeul and Mukungwha coaches, over 80dBA for the driver's room of PMC and diesel-electric locomotives.

1. 서론

철도차량 내부의 소음은 주행조건, 기기의 배치, 차량구조 등에 따라 복잡하게 변화하는 특성을 가지며 철도차량 소음의 발생원을 나열해보면 차륜/레일 상호작용에 의한 전동음, 판토품과 와가선계의 접촉 메카니즘에 의한 집전소음, 주행하는 차량표면에서 공력학적 메카니즘에 의한 공력소음, 견인전동기 및 엔진 등에 의한 추진장치소음, 차체 구조물의 진동에 의한 구조물 진동소음, 실내에어콘 및 환기팬 등에 의한 보조기기소음 등으로 구별된다.

국내의 여객열차인 경우, 운행속도는 150km/h 이하이므로 소음원은 전동음과 추진장치소음, 보조기기소음으로 볼 수 있고 세분해서 객차인 경우는 전동음이 주소음원이며 동력차의 경우는 전동음 이외에도 엔진 등 추진장치소음이 주소음원이 된다. 이러한 소음원이 객실 및 동력차의 운전실에 어떻게 영향을 미치며 국내 여객열차의 소음수준이 어떠한지를 알아보고자 본 연구를 하게 되었다.

실험대상열차는 무궁화호와 새마을호로 한정하였고 측정차량 및 측정위치는 무궁화호객실, 새마을호객실, 새마을호PMC객실, 디젤전기기관차운전실, 새마을호PMC운전실에서 측정하였다. 실험의 결과는 구간별로 소음수준을 나열하여 비교하였고 선로상태, 속도 및 측정조건에 대해서도 검토하여 소음수준이 변화를 판단하고 필요시 주파수분석을 하였다.

* 한국철도기술연구원 차량연구본부 주임연구원

** 한국철도기술연구원 차량연구본부 책임연구원

*** 한국철도기술연구원 차량연구본부 선임연구원

2. 객차소음 측정

객차소음 측정 대상차량은 무궁화호 및 새마을호로 한정하였으며 측정구간은 호남선(서대전-장성)구간에서 하였다. 무궁화호 객실은 실내소음만 측정하였고 새마을호 객실 및 PMC객실은 전동음의 영향을 보기 위해서 차량하부에 마이크로폰을 설치하였다. 객실소음 측정용 마이크로폰은 착석시를 기준으로 하여 객실 중앙에서 1.2m 높이에 설치하였고 전동음을 측정하기 위한 마이크로폰은 차륜에서 10cm 떨어진 곳에 설치하여 측정하였으며 설치위치는 그림 1과 같다.



그림 1. 마이크로폰 설치 위치

측정한 음압을 사람의 귀와 유사한 특성을 가지도록 A 특성곡선으로 Weighting하여 소음 수준을 나타내었으며 평균소음(등가소음)은 아래의 공식을 이용하였다.

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T} \int_0^T \frac{P^2}{P_0^2} dt$$

여기서 $P_0 = 2 \times 10^{-5}$ pa이다.

3. 객차소음 측정 결과

호남선 구간에서 정차역을 기준으로 구간을 구분하였을 때 새마을호 및 무궁화호의 실내소음결과는 그림 2와 같다. 측정결과를 보면 PMC객실이 실내소음이 크고 무궁화호 객실과 새마을호 일반객실은 비슷한 수준을 보이고 있다. PMC객실의 경우 기관실에서 유입되는 소음의 영향에 기인한 것으로 뒤에 동력차 소음측정에서 기관실 소음에서 보조엔진에 의한 소음의 영향으로 타 객실보다 약간 크게 나옴을 알 수 있다. 익산-김제구간에서 무궁화호 객실의 실내소음이 새마을호 일반객실에 비해서 약 4dBA 가량 높게 나온 것은 약 1분50초간 실내안내방송을 함으로써 높게 나온 것이다. 분기기, 터널 등을 고려하더라도 객실소음은 새마을 PMC객실의 경우 69dB 이하, 새마을객실 및 무궁화객실소음은 65dBA 이하로 철도청 구매사양인 직선평탄구간에서 72dBA 이하를 만족하고 있다. 참고로 속도는 다르지만 한국고속전철의 실내소음기준인 동력객차(70dBA), 객차(66dBA)도 만족하고 있었다.

그림 3은 선로조건에 의한 소음 수준을 변화를 나타낸 그림으로 속도가 비슷하더라도 분기기 및 교량 등 선로가 안좋은 곳을 통과할 때 소음이 크게 나타남을 알 수 있다. 그림 4는 터널 통과시를 보여주는 그림으로 비슷한 속도로 터널을 통과시 소음이 크게 나타남을 알 수 있다.

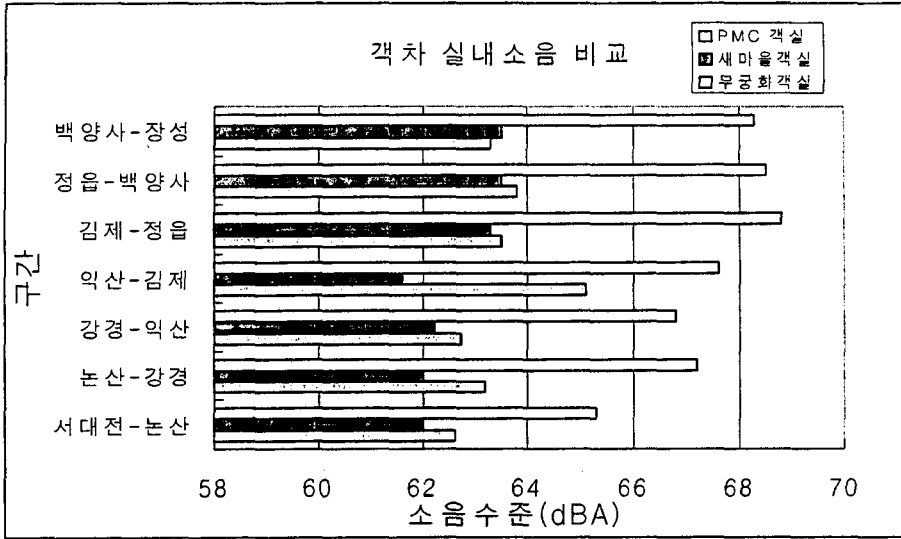


그림 2 호남선 객실 소음 수준 비교

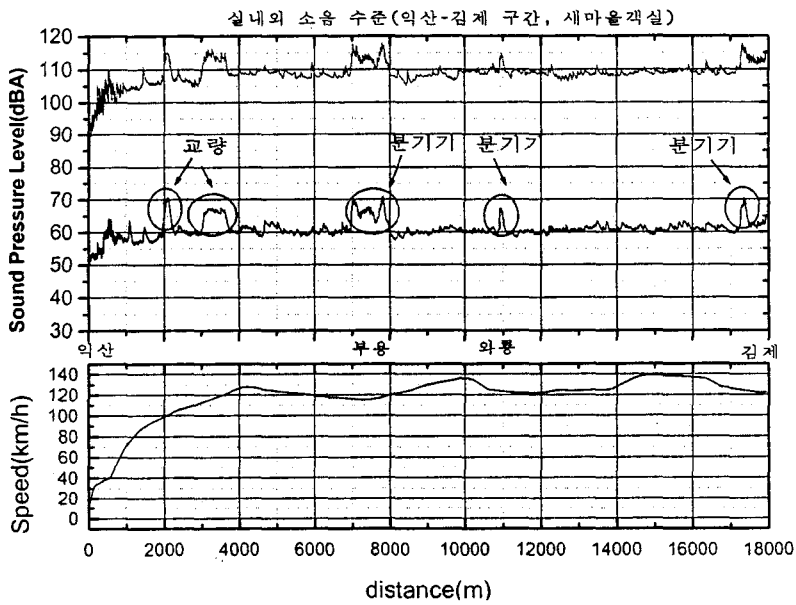


그림 3 선로에 의한 소음 수준 변화

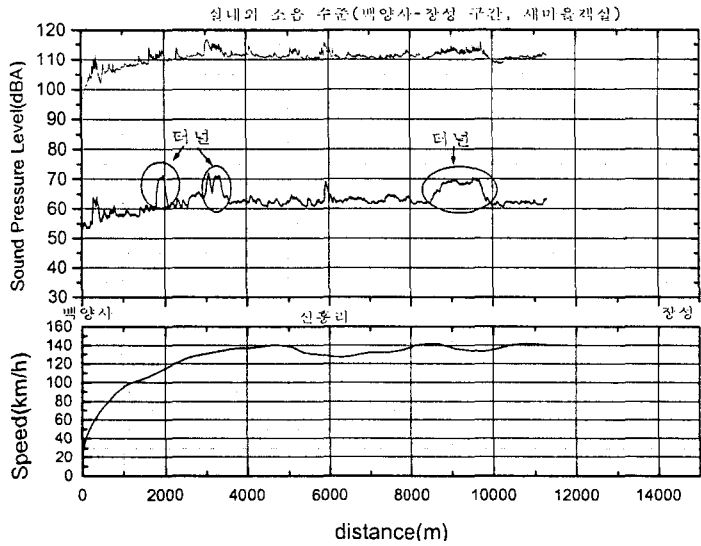


그림 4 터널통과시의 소음수준 변화

그림 5는 가속시 속도에 따른 실내소음의 변화를 나타낸 그림으로 속도의 증가에 따라 소음 수준이 올라가고 있다. 실내소음과 차량하부소음을 비교했을 때 속도에 대한 영향은 하부소음이 더 크게 나타나고 있다.

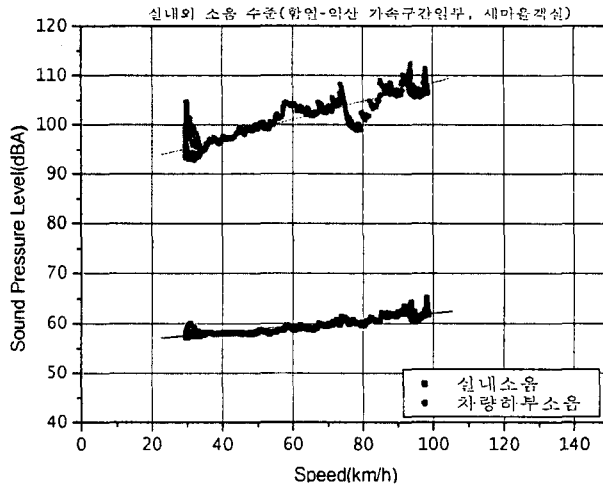


그림 5 속도에 따른 실내소음의 변화

비슷한 속도(115km/h)로 운행했을 때 터널 및 교량, 평지에서의 소음을 주파수 분석한 결과는 그림 6~7과 같다. 소음수준을 비교해 보면 실내소음은 터널(68.5dBA), 교량(66.8dBA), 평지(61.9dBA) 차량하부소음은 교량(113.8dBA), 터널(108.1dBA), 평지(105.5dBA) 순으로 작아지고 있다. 실내소음에서 터널과 교량의 경우 400Hz에서 60.4, 59.4dBA로 가장 크며 대체적으로 500Hz이하에서는 터널구간, 630Hz이상에서는 교량구간이 커지고 있다. 선로상태가 안좋은 교량에서 전동

음이 커서 하부소음은 교량에서 크지만 실내소음은 터널에서 반사되어 실내에 유입되는 소음의 영향으로 터널구간이 크게 나타나는 것으로 보인다.

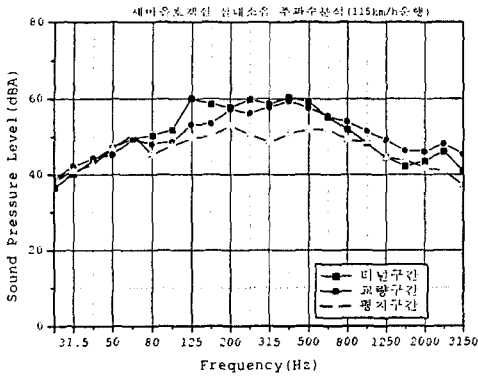


그림 6 측정조건별 실내소음 옥타브 분석

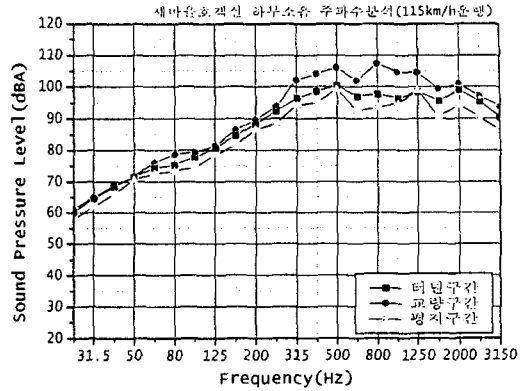


그림 7 측정조건별 차량하부소음 옥타브 분석

4. 동력차소음 측정

동력차의 소음 측정은 새마을호 PMC동차와 무궁화호 디젤전기기관차에 대해서 소음을 측정하였다. 측정위치는 새마을 PMC 동차인 경우, 운전실 실내소음 및 기관소음을 보기 위해서 운전실 중앙과 주엔진, 보조엔진 옆에 마이크를 설치하였고 디젤전기기관차인 경우, 기관실에 설치할 공간이 없어서 출입문 옆에 설치하여 운전실로 유입되는 소음의 특성을 보고자 하였다. 설치장소는 그림 8~9와 같다.

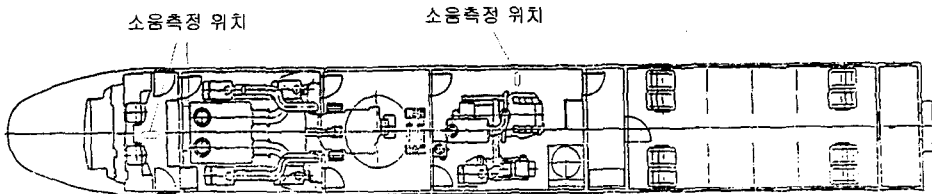


그림 8 새마을PMC 동차 소음 측정 위치

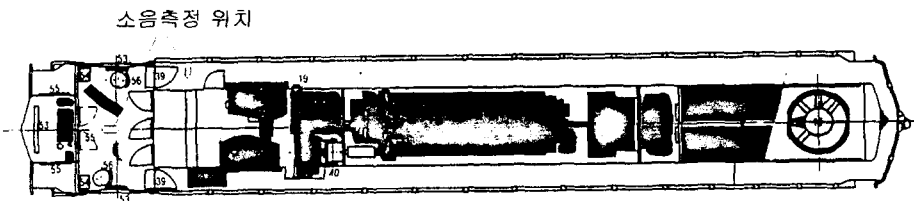


그림 9 디젤전기기관차 소음 측정 위치

5. 동력차소음 측정 결과

동력차의 소음원은 전동음 이외에 기관실의 엔진 소음이 주소음원이 되므로 엔진 가동여부에 따라서 운전실 소음수준이 달라진다. 그림 10은 PMC 동차의 소음수준을 나타낸 그림으로 보조엔진은 항상 일정하게 가동하므로 소음수준은 일정한 값을 가지며 주엔진은 가감속에 따라서 가동여부가 결정되므로 주엔진에서 나는 소음은 변화한다. 새마을 PMC동차(그림 8)에서 보는 바와 같이 운전실은 주엔진 바로 옆에 있으므로 주엔진의 가동여부에 따라서 운전실 소음이 변하고 있고 분기기, 교량 등에 의한 전동음의 변화에 의한 영향도 있음을 알 수 있다. 그림 11은 디젤전기기관차의 소음수준으로 제동시 공기가 빠지는 소리가 크게 들리고 있으며 PMC 동차보다는 전동음에 의한 영향을 더 받는 것으로 보인다.

그림 12~13은 PMC 동차의 주엔진의 고부하 및 저부하시 1/3옥타브분석을 하여 비교한 그림이다. 소음수준은 저부하시 보조엔진소음(101.3dBA), 주엔진소음(92.4dBA), 운전실소음(82.7dBA)이며 고부하시는 주엔진소음(108.4dBA), 보조엔진소음(101.6dBA), 운전실소음(89.2dBA)의 순으로 소음수준이 나타나고 있다. 저부하시 보조엔진소음수준이 높음에도 불구하고 100Hz 이하에서는 다른 소음에 비해서 낮게 나타나고 있다. 저부하시 운전실과 주엔진소음은 100Hz, 400Hz, 1600Hz 근처에서 크게 나타나고 있고 소음의 경향은 비슷하게 나타나고 있다. 고부하시에도 운전실과 주엔진소음은 대체적으로 올라갔지만 비슷한 경향을 나타내고 있다.

그림 14~15는 디젤전기기관차의 소음을 터널 및 평지에서 비교한 그림으로 평지에서는 실외(99.3dBA), 운전실내(83.4dBA), 터널에서는 실외(112.7dBA), 운전실소음(89.0dBA)을 나타내고 있다. 외부소음의 경우 평지에서는 100Hz 부근의 저주파수에서 크게 나타나고 있으며 터널에서는 실외소음과 운전실 소음이 비슷한 경향을 나타내고 있다.

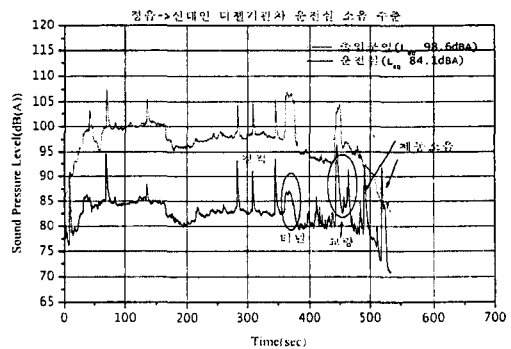
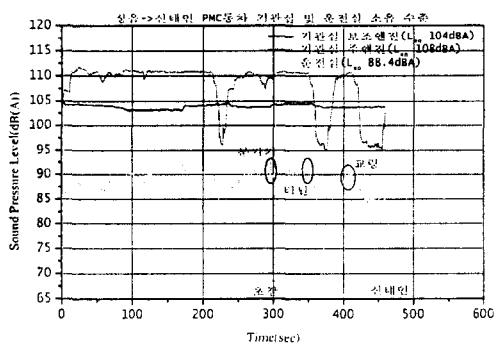


그림 10 PMC 동차의 소음 수준(정음->신태인) 그림 11 디젤기관차의 소음수준(정음->신태인)

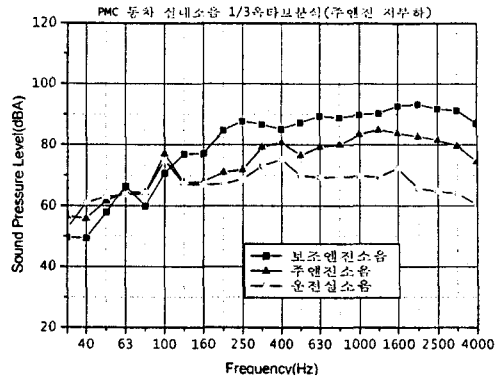
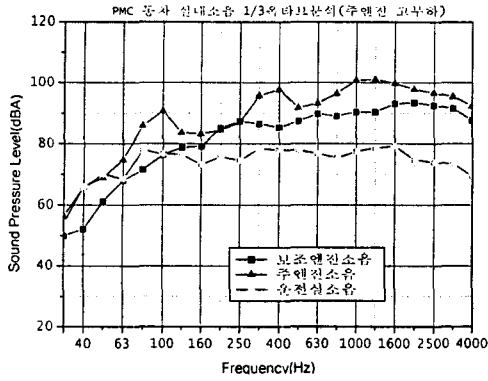


그림 12 PMC 동차 실내소음 1/3옥타브분석(주엔진 고부하) 그림 13 PMC 동차 옥타브분석(주엔진 저부하)

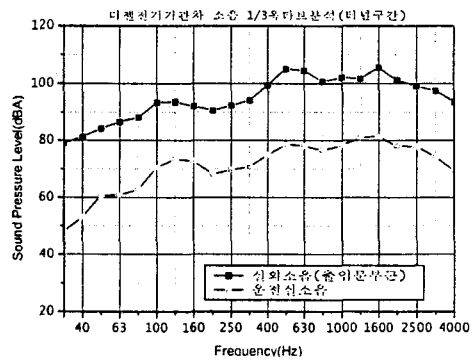
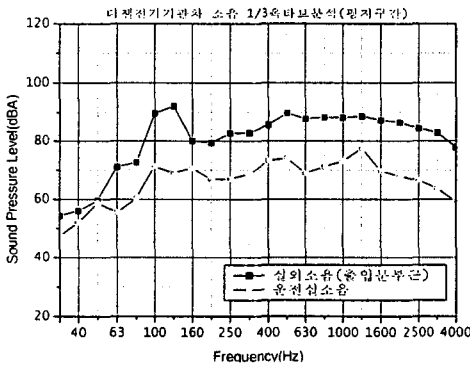


그림 14 디젤기관차 옥타브분석(평지구간) 그림 15 디젤기관차 옥타브분석(터널구간)

6. 결론

분기기, 터널 등을 고려하더라도 객실소음은 새마을 PMC의 경우 69dB 이하, 새마을객실 및 무궁화객실소음은 65dBA 이하로 철도청 구매사양인 직선평탄구간에서 72dBA 이하를 만족하고 있다.

속도가 증가, 교량, 분기기 등 선로상태가 안좋은 구간, 터널 등을 통과할 때 소음이 올라가고 있음을 확인하였고 같은 속도로 운행시에 터널, 교량, 평지를 비교하였을 때 하부소음은 선로상태가 안좋은 교량 통과시가 컸고 실내소음은 터널 통과시가 크게 나타났다.

동력차 운전실의 소음은 전동음이외에도 기관소음, 경적소음, 7200호대 이하 디젤전기기관차에서는 제동에 의한 공기가 빠지는 소음이 크게 나타나고 있다. 이러한 동력차 운전실내 소음은 80dBA를 넘을 정도로 소음수준이 높게 나타나고 있어서 이에 대한 대책이 필요한 것으로 보인다.

참 고 문 헌

1. 대우중공업(1996), 무궁화 객차 정비지침서
2. 철도청(1996), 디젤전기기관차 검수지침서
3. KHRC KTGVC(1994) SEOUL-PUSAN HIGH SPEED RAIL PROJECT CONTRACT