

# 국내 여객열차 실내소음 평가

## The Evaluation of Interior Noise for Domestic Trains

°문 경 호\*, 유 원 회\*\*, 김 재 철\*\*\*

Moon Kyeong-Ho, You Won-Hee, Kim, Jae-chul

Key words : Railway(철도), Interior Noise(실내소음), Passenger Car(객차), Power Car(동력차)  
Criteria of Interior noise(실내소음 기준)

### ABSTRACT

In this study, 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 DEL(Diesel-Electric Locomotive). We also proposed the criteria of interior noise in free field conditions, below 67dBA for passenger cars, below 86dBA for power cars.

#### 1. 서론

철도의 고속화 및 보다 쾌적하게 철도 여행을 하려는 욕구가 커지면서 철도환경에 대한 인식이 변화하고 있으며 이와 더불어 차내소음에 대해서도 많은 관심을 보이게 되었다. 이러한 철도차량 내부의 소음은 주행조건, 기기의 배치, 차량구조 등에 따라 복잡하게 변화하는 특성을 가지며 철도 차량 소음의 발생원을 나열해보면 차륜/레일 상호 작용에 의한 전동음, 판토품과 가선계의 접촉 메카니즘에 의한 집전소음, 주행하는 차량표면에서 공력학적 메카니즘에 의한 공력소음, 견인전동기 및 엔진 등에 의한 추진장치소음, 차체 구조물의 진동에 의한 구조물 진동소음, 실내에어콘 및 환기 팬 등에 의한 보조기기소음 등으로 구별된다. 기관차 운전실의 경우는 추진장치의 소음이 주된 소음원이 된다.

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 소음원에 의해서 차량의 종류마다 약간씩 다른 특성을 국내 철도차량의 경우, 차량제작 및 구매를 위한 설계기준 만이 세워져 있고 승객 및 승무원에 대한 별다른 기준이 제시되어 있지 않은 상황이다. 본 연구에서는 승객의 음향환경은 물론 승무원의 음향환경을 보호하고자 하는 차원에서 차량별로 차내소음에 대한 기준을 제시하였으며, 이를 통하여 기존에 운행중인 차량에 대해 측정 및 평가를 하고자 하였다.

측정대상열차는 무궁화호와 새마을호로 한정하였고 측정차량 및 측정위치는 무궁화호객실, 새마을호객실, 새마을호PMC객실, 디젤전기기관차운전실, 새마을호PMC운전실에서 측정하였다. 실험의

\* 한국철도기술연구원 차량연구본부 주임연구원

\*\* 한국철도기술연구원 차량연구본부 책임연구원

\*\*\* 한국철도기술연구원 차량연구본부 선임연구원

결과는 구간별로 소음수준을 나열하여 비교하였고 선로상태, 속도 및 측정조건에 대해서도 검토하였다.

## 2. 소음기준

### 2.1 객실 소음기준

일반객차의 차내소음에 대한 기준은 여러 가지가 있다. 우선 적용될 수 있는 것은 1976년 영국의 Bryon이 제안한 기준이다. Bryon에 의해 제안된 기준은 표 1과 같으며, 이는 현재 유럽에서 많이 적용되고 있다. 지하철과 같이 열악한 환경조건에서 운행되는 철도차량에서는 80dBA까지 허용되고 있다.

한편, 미국 APTA(American Public Transit Association)에서 권장하고 있는 기준은 표 2와 같다. 또한, 현재 일본 및 유럽 각국에서 운행중인 고급 고속철도차량의 차내소음수준은 표 3과 같다.

Table 2 Criteria of interior noise by Bryon

음향환경	소음수준(dBA)
양호(Quiet)	67 이하
보통(Noticeable)	68~73
방해(Intrusive)	74~79
불편(Annoying)	80~85
아주불편(Very Annoying)	86~91

Table 2 Criteria of interior noise by APTA

운전조건 (최대속도 주행시)	공차시 설계기준 (dBA)
개활지, 자갈도상	70
개활지, 자갈도상, 비용접레일	68~73
터널통과시	74~79

Table 3 Criteria of interior noise for High speed trains

차종	개활지	터널
TGV(300km/h)	66	71
신간선(240km/h)	69	74
ICE(250km/h)	65~68	70~73

이와 같은 자료들을 볼 때, 우리 나라에서 운행 중인 일반객차의 차내소음기준은 미국 APTA에서 제시하고 있는 수준을 만족함은 물론 어느 정도는 고급 고속철도차량의 소음수준에까지 이를 수 있도록 함으로서 승객에게 쾌적한 음향환경을 보장해 줄 필요가 있다. 물론 영국의 Bryon이 제시한 기준도 만족할 수 있어야 한다. 이러한 관점에서 우리 나라에서 운행중인 일반철도차량(객차)의 소음기준은 다음과 같이 제시할 수 있다.

Table 4 Proposed noise criteria for railway passenger car

운전조건 (최대속도 운행시)	공차시 설계기준 (dBA)
개활지, 자갈도상	67
터널 통과시	73

### 2.2 운전실 소음기준

운전실소음의 경우 일반객차와는 달리 음향쾌적감보다는 청각장해의 관점에서 접근해야 한다. 즉, 운전실은 철도차량에 종사하는 승무원의 근무지로서 시끄러운 환경에서 오랜 시간 동안 지속적으로 작업하는 근로자는 우선적으로 청력손상을 방지해야 하기 때문이다. 미국 노동안전위생연구소가 1998년 권장사항으로 제시한 작업장 환경소음의 기준은 다음과 같다.

Table 5 Recommended noise criteria of OSHA

소음수준(dBA)	1일 허용작업시간(Hr)
85	8
86	6.3
87	5
88	4
89	3.2
90	2.5

새마을호 디젤동차 및 무궁화호 디젤기관차 승무원들이 하루에 운전실에서 근무하는 시간은 약 최대 6시간 정도이다. 따라서 상기한 표에 의거하여 우리 나라 철도차량의 운전실의 소음기준은 **86dBA**로 제안할 수 있다. 참고로 86dBA의 소음수준은 '큰 소리'에 해당되며, 또한 매우 큰 소리로 대화할 수 있는 수준이다.

### 3. 실차시험에 의한 차량 실내소음

#### 3.1 측정 개요

객차소음 측정 대상차량은 무궁화호 및 새마을호 호로 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.

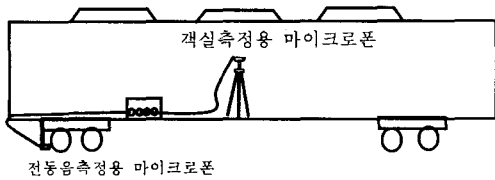


Fig. 1 Measured Position of noise for Passenger car

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 마이크로폰을 설치하였고 디젤전기기관차인 경우, 기관실에 설치할 공간이 없어서 출입문 옆에 설치하여 운전실로 유입되는 소음의 특성을 보고자 하였다. 설치장소는 그림 2~3과 같다.



Fig. 2 Measured Position of noise for PMC



Fig. 3 Measured Position of noise for DEL

#### 3.2 객차소음 측정 결과

새마을호 및 무궁화호에 대한 호남선 일부구간의 실내소음결과는 그림 4와 같다. 측정결과를 보면 PMC객실이 실내소음이 크고 무궁화호 객실과 새마을호 일반객실은 비슷한 수준을 보이고 있다. PMC객실의 경우 기관실에서 유입되는 소음의 영향에 기인한 것이다. 분기기, 터널 등을 고려하더라도 객실소음은 새마을 PMC객실의 경우 69dB 이하, 새마을객실 및 무궁화객실소음은 65dBA 이하로 철도청 구매사양인 직선평탄구간에서 72dBA 이하를 만족하고 있으나 PMC객실의 경우는 앞에서 제시한 기준을 넘어서고 있다.

그림 5는 김제-정읍 구간에서 소음 수준 변화를 나타낸 그림으로 속도가 비슷하더라도 분기기, 교량 등 선로조건이 나쁜 곳 및 터널을 통과할 때 소음이 크게 나타남을 알 수 있다.

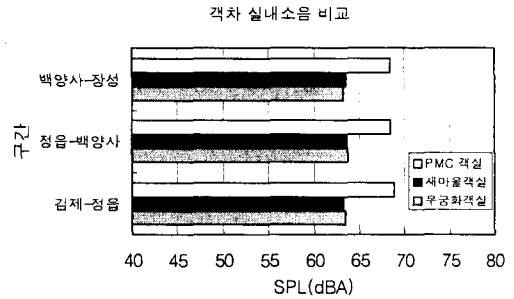


Fig. 4 Comparison of interior noise for passenger car

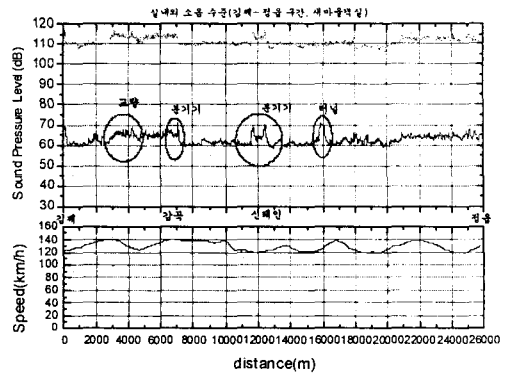


Fig. 5 Interior noise level between Kimje and Jongup

그림 6은 가속시 속도에 따른 실내소음의 변화를 나타낸 그림으로 속도의 증가에 따라 소음 수준이 올라가고 있다.

$$SPL = SPL_0 + 10 \log_{10} \left( \frac{V}{V_0} \right)^n \text{-----(1)}$$

일반적으로 속도에 의한 영향을 볼 때 식(1)을 이용하는데 n이 2~3층에 비례하면 전동음, 5~6층에 비례하면 공력음이 우세한 것으로 알려져 있다. 일반열차의 경우, 그림 6과 같이 2~3층에 비례하므로 전동음의 영향이 큼을 알 수 있다.

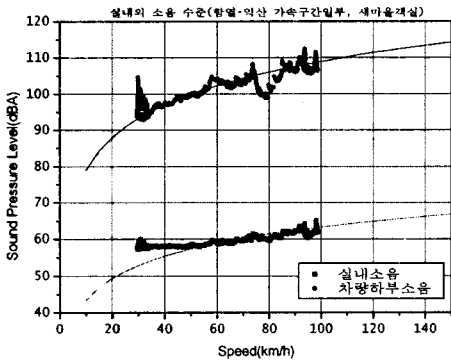


Fig. 6 Variation of noise level to speed-up

비슷한 속도(115km/h)로 운행했을 때 터널 및 교량, 평지에서 소음을 주파수 분석한 결과는 그림 7~8과 같다. 소음수준을 비교해 보면 실내소음은 터널(68.5dB(A)), 교량(66.8dB(A)), 평지(61.9dB(A)) 차량하부소음은 교량(113.8dB(A)), 터널(108.1dB(A)), 평지(105.5dB(A)) 순으로 작아지고 있다. 실내소음에서 터널과 교량의 경우 400Hz에서 60.4, 59.4dB(A)로 가장 크며 대체적으로 500Hz이하에서는 터널구간, 630Hz이상에서는 교량구간이 커지고 있다. 선로상태가 안좋은 교량에서 전동음이 커서 하부소음은 교량에서 크지만 실내소음은 터널에서 반사되어 실내에 유입되는 소음의 영향으로 터널구간이 크게 나타나는 것으로 보인다.

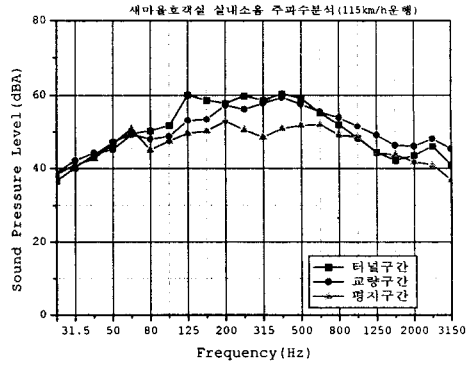


Fig. 7 Octave analysis of Interior noise to measuring conditions

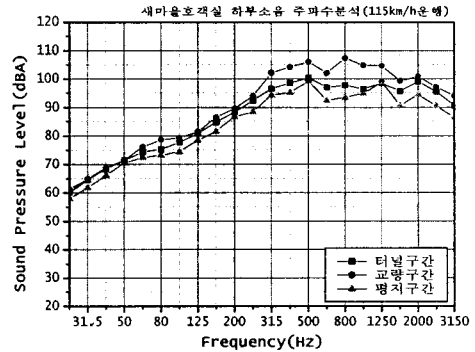


Fig. 8 Octave analysis of external noise to measuring conditions

### 3.3 동력차소음 측정 결과

그림 9는 동력차의 실내소음을 비교한 그림으로 낮게는 79dB(A)에서 크게는 89dB(A)까지 나타나고 있다.

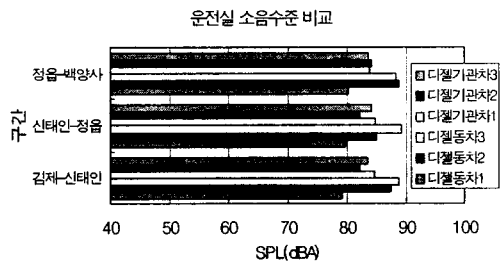


Fig. 9 Comparison of interior noise for power cars

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 2)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 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.

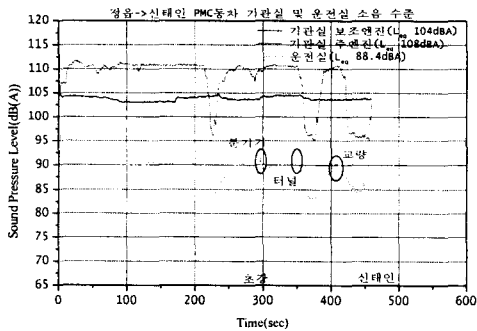


Fig. 10 Noise level for PMC between Jongup and Sintaein

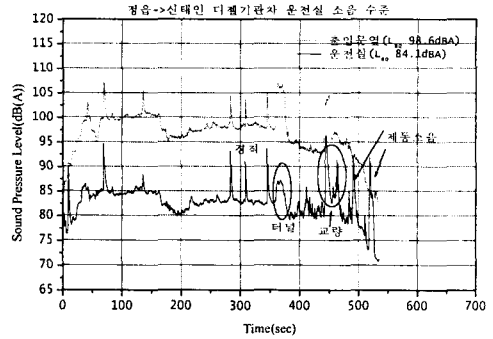


Fig. 11 Noise level for DEL between Jongup and Sintaein

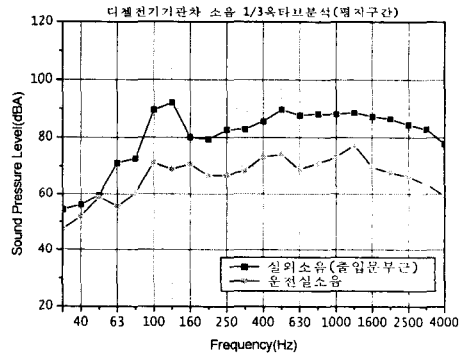


Fig. 12 Octave analysis of noise for DEL in free field condition

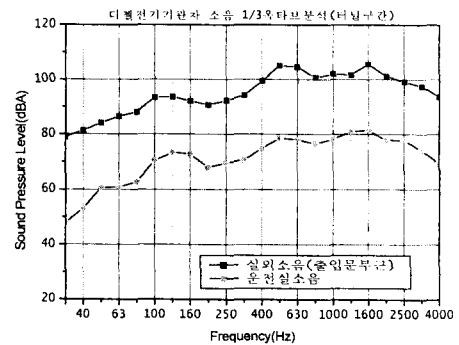


Fig. 13 Octave analysis of noise for DEL in tunnel condition

#### 4. 결론

본 연구에서 소음기준 조사 및 국내철도차량을 평가해본 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 일반철도차량 객실의 소음기준으로 자갈도상인 개활지를 최대속도로 주행할 시 67dBA, 터널통과 시에는 73dBA로 제안되었다.

2) 승무원의 청각장해 관점에서 볼 때 운전실의 소음기준으로 개활지에서의 최고속도 조건에서 86dBA로 제안되었다.

3) 국내여객열차 측정 결과, 속도 증가 및 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 통과시 컸고 실내소음은 터널 통과시가 크게 나타났다.

4) 국내철도차량의 소음수준을 평가한 결과, 객실의 소음수준은 양호한 것으로 판단되나 기관실에 접해있는 PMC 객실의 경우 타 객실과 비슷한 수준을 맞추기 위해서는 소음저감이 필요하며 운전실의 소음은 1일 허용작업시간을 기준으로 했을 때 일부차량의 경우 기준치를 초과하므로 소음저감이 필요함을 알 수 있었다.

#### 참 고 문 헌

1. Criteria for a Recommended Standard - Occupational Noise Exposure, Revised Criteria 1998, U.S. Department of Health and Human Services, June, 1998.
2. KHRC KTGVC(1994) SEOUL-PUSAN HIGH SPEED RAIL PROJECT CONTRACT
3. 대우중공업(1996), 무궁화 객차 정비지침서
4. 철도청(1996), 디젤전기기관차 검수지침서