

한국형 고속전철 개발열차의 차량별 속도에 따른 실내 소음 특성 분석

Analysis of the internal noise level according to the speed for the Korean High Speed Train

박춘수* 김기환* 서승일* 이태형* 박찬경*

Park, Choon-Soo Kim Ki-Hwan Seo Sung-Il Lee, The-hyung Park, Chang-Kyung

ABSTRACT

In order to develop a high speed train, various conditions have been considered. Internal noise level of cabins is an important one. In this study, The specification of the interior noise level for KHST(Korean High Speed Train) has been adopted the same level of KTX-spec. In this paper, the interior noise levels of KHST are measured and analysed through the speed and other conditions. According to the speed, the level of internal noise(driver's room(PC2), motorized trailer(TM1) and trailer car(TT2)) is compared. The results of measuring data show that the interior noise levels of KHST are good. And noise levels of this paper are useful in the decision of noise specification.

1. 서론

한국형 고속전철 개발열차는 지난 2002년 시운전시험을 실시한 이래 광명-서대원 구간의 경부 고속 선선에서 매주 시운전중에 있다. 시운전시험동안에는 각 시스템 및 전체시스템의 성능 및 신뢰성 등에 대한 각종 시험이 실시되고 있으며, 실내소음도 이의 한 부분으로 시행되었다. 본 논문에서는 한국형 고속전철 개발열차의 시운전시험을 통해 계측된 실내소음을 열차의 속도, 시험 구간(터널 및 개활지) 및 열차를 구성하는 차량별로 비교 분석하였다. 시험결과 설계시에 제시된 실내소음값을 만족하고 있음을 알 수 있었으며, 운전실, 동력개실, 복선 등의 각 차량별로 값의 차이를 보임을 확인하였다.

열차의 소음 측면의 특성 계측은 일반적으로 요구되는 사양으로 본 시험에서는 기준에 부합되는 구간의 선정 및 환경의 선정보다는 전체적인 경향을 보는 것에 관심을 두었으므로 엄격하게 적용하는 기준으로 소음값을 비교하는 것에는 적합하지 않다. 따라서, 성능 확인 측면의 엄격한 시험은 별도로 추진되어야 할 것이다.

* 한국철도기술연구원 고속철도기술개발사업단, 정화권

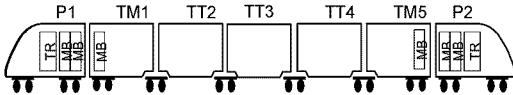
2. 시험개요

2.1 시운전시험 개요

한국형 고속전철 개발열차는 광명에서 서대원 구간의 고속선에서 매주 시운전시험을 실시하고 있다. 이 시운전에서는 개발열차의 각 시스템별 성능 안정화 및 신뢰성시험을 위하여 여러 가지 항목에 대해 조건에 따라 계속하고 이를 분석하는 과정을 반복하고 있다. 열차의 실내소음도 이와 같은 시험과 병행하여 실시되었으며, 소음시험만을 위한 조건의 설정 등의 환경을 제공하지는 못하였다.

2.2 실험장치 및 측정전자

열차가 고속으로 주행시 열차 내부의 소음도 계측은 시운전 시험이 실시되는 동안 연속적으로 계측이 될 수 있도록 계측시스템을 구성하였으며, 소음 계측을 위한 소음계는 운전실, 동력객차 객실 및 객차 객실 내부에 설치하여 시험하였다. 소음계측에 사용된 소음계의 주요 특성은 <표 1>과 같으며, <Fig. 1>과 <Fig. 2>는 개발열차의 편성도와 특선 내부 소음을 계측하기 위해 설치된 소음계를 보여주고 있다.



<Fig. 1> 한국형 고속전철 개발열차 편성도

<표 1> 계측에 사용된 소음계 특성

제조사 및 모델	LION사 NA-27
적용규격	제량법, JIS, ICE 등
측정주파수 범위	10 ~ 20000Hz(중폭기)
분석주파수 범위	12.5 ~ 12500Hz(1/3 옥타브)
연산기능	Lp, Leq, Le, Lmax, Lmin 등
자기잡음	20 dB 이하
기준음압레벨	85 dB



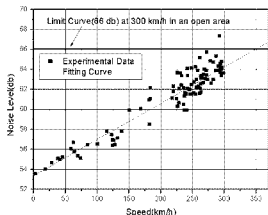
<Fig. 2> 소음계의 설치

3. 시험 결과 및 고찰

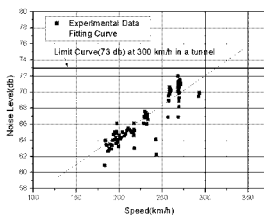
3.1 단독 주행시의 속도와 압력변동의 관계

실내 소음값은 열차의 속도와 운행구간의 조건 등에 따라 많은 영향을 받으며, 본 논문에서는 운행 구간중 개환지(방송비 유무 부시)와 터널로 구분하여 선로의 영향특성을 살펴보았다. 시험조건은 운행구간을 제외한 다른 사항들은 동일하게 하였으며, 계측은 객차(TT3, 특선)에서 실시하였다. 한국형 고속전철 개발열차의 소음기준은 사망시에 300Km/h의 속도에서 객실내부에서는 A type의 가중치(Frequency Weighting Filter)를 사용하여 개환지에서 66dB, 터널에서는 73dB로 정

하고 있고 운전실은 개활지에서는 78dB, 터널에서는 85dB이다. 객실내의 소음 예측결과를 개활지와 터널로 구분하여 속도에 대한 소음레벨도 표시하면 Fig. 3과 Fig. 4와 같다. 그림을 통하여 볼 때 한국형 고속전철의 경우 객실내에서는 300Km/h의 속도에서 개활지의 경우 64~65dBA 수준이며, 터널의 경우는 72~73dBA 수준임을 알 수 있다. 또한 350Km/h로 주행할 경우 예측을 위해 속도와 소음값의 관계를 선형 1차식으로 나타낼 수 있으며(두 변수간의 관계지합도를 판별하는 R²은 각각 0.907과 0.936이다), 이에 따른 350Km/h에서의 소음값은 개활지의 경우 66~67dBA 수준이며 터널에서는 75~76dBA 수준임을 예측할 수 있다.



<Fig. 3> 개활지에서의 속도에 따른 실내 소음값

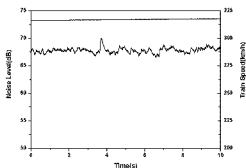


<Fig. 4> 터널에서의 속도에 따른 실내 소음값

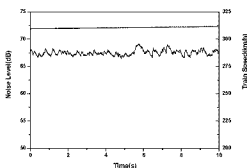
3.2 속도에 따른 소음 특성

실내 소음값이 열차의 속도에 따라 변화되는 경향을 앞서서도 살펴보았으나, 여기서는 좀더 넓은 속도 영역에 대하여 살펴보려고 한다. 시험구간 및 시험차량은 앞절의 조건과 동일하다. <Fig 5>는 다양한 속도에서의 소음값을 보여주고 있다. 여기서 속도는 10초 동안의 평균속도이고, 소음값은 아래식을 통해 계산된 10초 동안의 평균 소음값(LeqA)이다.

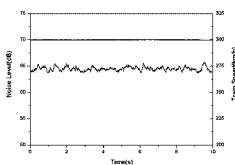
$$L_{Aeq} = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{L_{Ai}/10} \quad (1)$$



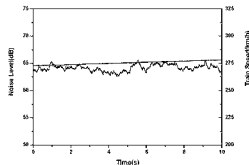
(A) 316.8km/h, 67.8 dBA



(B) 310.3km/h, 67.5dBA



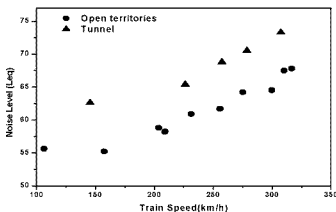
(C) 299.8km/h, 64.5dBA



(C) 275.3km/h, 64.2dBA

<Fig. 5> 각 속도별 평균 실내 소음값

이를 다시 속도별 소음값으로 표시하면 <Fig. 6>과 같다. (속도 및 소음도 모두 평균값임)



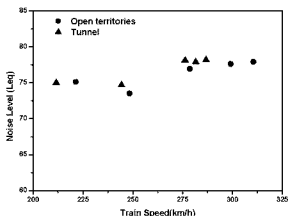
<Fig. 6> 주행속도에 따른 평균 실내 소음값 (Leq10A)

3.3 차량에 따른 소음 특성

각 차량별 실내 소음값의 특성을 살펴보기 위해 동력레차 및 운전실에 대해서도 동일한 방법으로 실내소음값을 계속하였다. 그러나 운전실 및 동력레차에는 시운전 시험을 위해 시운전시험 요원이 항상 탑승하고, 무전기 사용 및 시험요원이 빈번하게 출입하는 등 소음 측정을 위한 조건을 만족시키지 못하는 상황에서 계속되었음을 밝혀둔다. <표 2>와 <Fig. 7>은 운전실에서 계속한 각 속도별 소음값을 정리한 것이다.

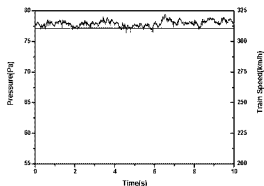
<표 2> 속도에 따른 실내 소음값 (위치 : PC2, 10초 평균(LeqA))

개환지		터널	
속도(km/h)	Leq(dBA)	속도(km/h)	Leq(dBA)
221.4	75.1	211.6	75.0
248.5	73.5	244.4	74.7
278.6	76.9	276.3	78.1
299.1	77.6	281.6	77.9
310.6	77.9	286.8	78.2

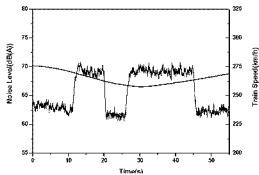


<Fig. 7> 주행속도에 따른 운전실 평균 소음값

<Fig. 8>은 개활지와 터널을 통과하는 동안 운전실에서 계속한 순간 소음값을 그린 것인데, 다른 차량(TTL, TML, Fig. 9)에서 계속한 Data와 달리 터널과 개활지간의 소음변화가 매우 작음을 알 수 있다. 이는 운전실 소음 레벨이 기본적으로 높기 때문이며, 개활지에서도 공벽 소음이 매우 크기 때문에 터널 내부에서의 영향이 상대적으로 작은 것으로 보인다.

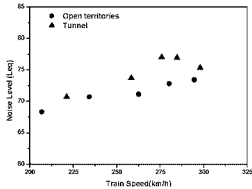


<Fig. 8> 터널과 개활지 통과시 운전실 소음값 변화 (dB(A))

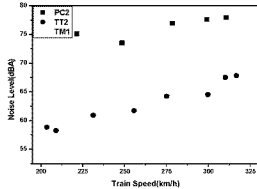


<Fig. 9> 터널과 개활지 통과시 특실 소음값 변화 (dB(A))

<Fig. 10>은 동력객차에서 계속한 각 속도별 소음값을 속도에 따라 보여주고 있는데, 시험차이므로 중간 중간 무전기 및 시험요원의 음성이 계속되었을 뿐 아니라 동력실과 객실을 연결하는 통로문이 열린 경우도 있었다. <Fig.11>은 시험 속도별 각 차량의 개활지에서 10초평균 소음값을 그린 것으로 차량별 소음값이 현저하게 차이 남을 볼 수 있다. 특실(TT2)과 운전실(PC2)간의 소음값의 차이가 약 10dBA 정도이다. 그러나, 특실의 계속값은 시험요원의 출입 등 소음값에 영향을 주는 부분이 없었던 반면, 운전실 및 동력객실(PC 및 TM)은 시험요원의 출입뿐 아니라 무전기 등 여러 주변 소음이 있었으므로 이에 대해서는 향후 지속적으로 계속되고 검토되어야 할 것이다.



<Fig. 9> 주행속도에 따른 동력객실 평균 소음값 (Leq)_{10(A)}



<Fig. 10> 주행속도에 따른 각 차량의 평균 소음값 (Leq)_{10(A)}

4. 결 론

열차가 선로를 주행할 때 실내에서 계속되는 소음은 여러 가지 인자들에 의해 지배된다. 그 중 가장 주요한 요소는 열차의 주행속도와 터널 및 개활지와 같은 선로 환경이라고 말할 수 있다. 이러한 일반적인 기준에 대해 현재 시운전시험중에 있는 한국형 고속전철 개발열차에 대해서 계속하고 그 현상들을 정리할 필요가 있어 본 연구에서는 한국형 고속열차 고속신선 주행시 각 차량별 실내소음을 개활지 및 터널통과시 계속하고 속도변화에 대하여 정리하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 객실의 실내소음은 개발열차의 사양에 명기된 기준을 만족하고 있다.
- (2) 객실의 소음은 시운전 시험속도와 밀접한 관계가 있으며, 이를 2차식을 이용하여 표현하였다. 이를 이용하면 한국형 고속전철 개발열차의 속도별 소음값을 예측할 수 있다.
- (3) 신선 구간 주행시 개활지와 터널구간에서 소음값의 차이는 TT2에서는 약 6dB(A) 정도를 보이고 있으며, 운전실 및 동력객차에서는 차이가 작아짐을 알 수 있다.
- (4) 신선 구간 주행시 각 차량별 소음값을 순시 및 평균(Leq) 값으로 정리하였다.

참고문헌

1. 박관영, 박준수 외(2004), "시험을 통한 한국형 고속전철 차량의 속도에 따른 실내소음 수준 분석", 한국철도학회 춘계학술대회 논문집
2. "고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발", 인차보고서, 한국철도기술연구원, 2003. 10

후 기

본 연구는 국토부 고속철기술개발사업으로 지원된 "고속철도시스템 신뢰성 및 운영효율화 기술개발"과제 연구결과의 일부입니다.