

# 시험을 통한 한국형 고속전철 차량의 속도에 따른 실내소음 수준 분석

## Analysis of the internal noise level according to the speed variation on the running test for for Korean High Speed Train

박찬경\*                      박춘수\*                      김기환\*                      이억재\*                      나희승\*  
Chankyong Park              Chunsu Park              Kihwan Kim              Ukjae Lee              Heeseong Na

### ABSTRACT

Korean High Speed Train (KHST) designed to operate at 350km/h has been tested on KyungBu high speed line since it was developed in 2002. The specification of the interior noise level for high speed train in Korea has been adopted through the contract between KHRC and Korea TGV consortium, not a national specification. But it can not be adopted to KHST designed at 350km/h because this has involved up to 300Km/h. Therefore, in this paper, the interior noise level at 350km/h are predicted in passenger car using the results at 300Km/h and these results show that the KHST's interior noise levels are good up to 300Km/h but need to be reduced at 350Km/h in the view point of limit value at 300Km/h of the contract between KHRC and Korea TGV consortium. Also it proposed to make a national specification for the interior noise level to evaluate it in detail at 350Km/h.

### 1. 서론

Fig.1에 보이는 한국형 고속전철은 선도기술개발 사업의 일환으로 2002년에 개발을 완료하여 현재 철도청과 한국철도시설 관리공단이 관리하고 있는 고속신선에서 KTX 상업운행과 함께 주행시험 중에 있다. 일반적으로 국내 고속철도 차량의 소음기준은 KTX의 도입에 따른 계약조건상에서 명시되어있으며<sup>(1)</sup>, 한국형 고속전철 차량에 대한 기준도 동일한 환경에서 주행하고 있어 300Km/h의 속도까지는 이를 따르도록 되어 있다. 현재 본선 시험은 310Km/h의 속도로 주행하고 있고 한국형 고속전철은 350Km/h의 최고 운행속도로 설계되어 있어 350Km/h에서의 소음수준에 대한 판단을 예측할 필요성이 있다.

또한 한국형 고속전철의 경우 지금까지 주행시험 결과에 대한 실내 소음수준이 발표된 바 없고 속도에 따른 변화 경향을 분석한 결과가 없어 본 논문에서는 소음계를 이용한 단순한 결과를 통하여 기준에 따른 소음수준을 판단코자 하였다. 이러한 분석은 실제 시험주행 속도에 대한 소음상승 경향을 볼 수 있으며 350Km/h에서의 소음을 예측할 수 있게 한다. 본 논문에서 발표되는 결과는 한국형 고속전철의 소음수준을 단순한 결과로 살펴보는 데 목적이 있으며, 향후 소음원 분석과 주파수분석을 통한 소음특성 분석이 요구되어 질 것이다.

---

\*. 정희원, 한국철도기술연구원 고속철도기술개발사업단



Fig.1 The photo of KHST on test site.

## 2. 주행시험 개요

시운전 시험노선은 Fig. 2와 같이 경부고속 신선에서 KP 21Km인 광명역과 KP 124Km지점인 오송 사이에서 시험이 수행되고 있으며, 차량내의 소음수준을 계측하기 위하여 Fig. 3과 같이 소음계를 열차의 객실에 설치하고 열차의 종합 시운전 시험계측 시스템에 포함시켜 열차 속도와 연동될 수 있도록 연결하였다. 소음계에 의해 계측된 신호는 Fig.4와 같이 열차에 장착된 NI의 PXI 장비를 기본으로 구성된 계측모듈의 신호 증폭기(Amplifier)와 A/D converter 및 필터를 통하여 디지털 데이터로 저장되며 저장을 위한 sampling frequency는 계측 모듈의 특성에 따라 1KHz로 설정하였고 디지털 필터는 200Hz를 사용하였다<sup>(2)(3)</sup>. 또한 계측 및 분석을 위한 프로그램은 LabView 6i를 이용하여 구현하였다.

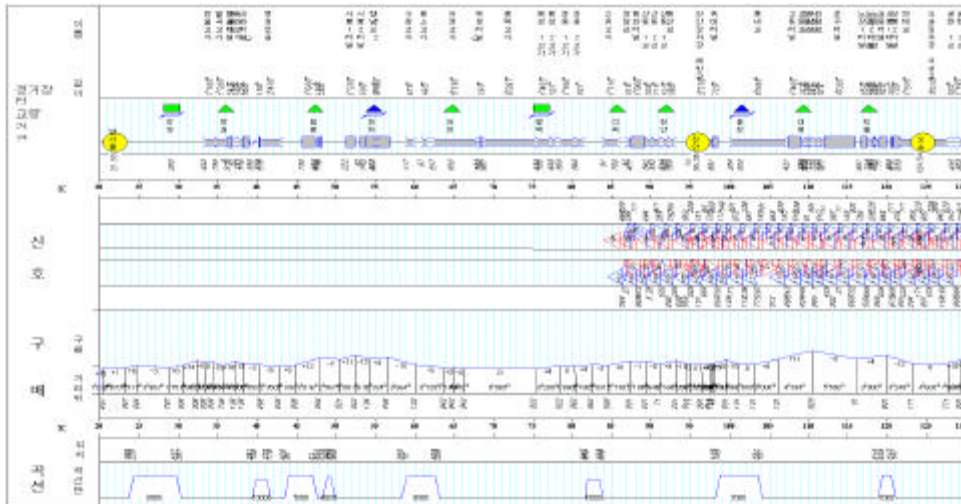


Fig. 2 Diagram of high speed test line from Gangmyung St. to Osong site.

Table 1 Specifications of sound level meter

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



Fig. 3 Sound level meter in passenger car



Fig. 4 Data Acquisition system (based NI PXI system)

### 3. 측정결과 분석

한국형 고속철도차량의 소음수준은 KTX의 소음규정과 동일하게 사용하고 있으며 300Km/h의 속도에서 객실내부에서는 Fig. 5와 같이 A type의 Frequency Weighting Filter를 사용한 경우를 기준으로 개활지에서 66dB, 터널에서는 73dB로 규정하고 있고 운전실에서는 개활지에서 78dB, 터널에서는 85dB로 규정하고 있다. 객실내의 소음계측결과를 살펴보면 Fig. 6과 같으며 이를 속도에 대한 소음레벨로 표시하고 개활지와 터널로 구분하여 도시하면 Fig. 7 및 8과 같다.

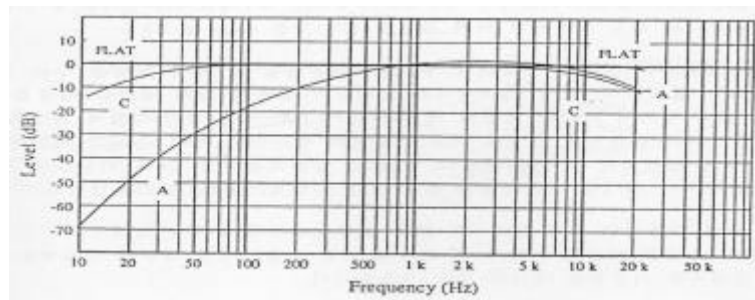


Fig. 5 The graph of frequency weighting characteristics



Fig. 6 The interior noise results and speed for overall test region.

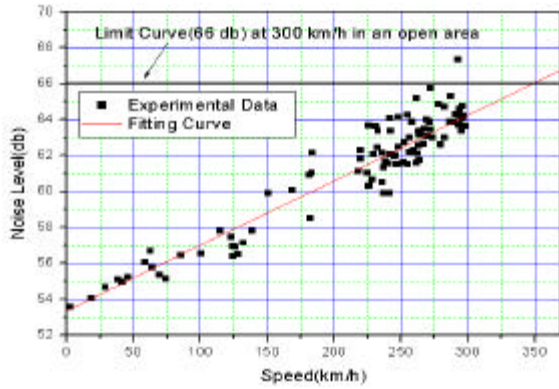


Fig. 7 The interior noise level vs. speed in open territories

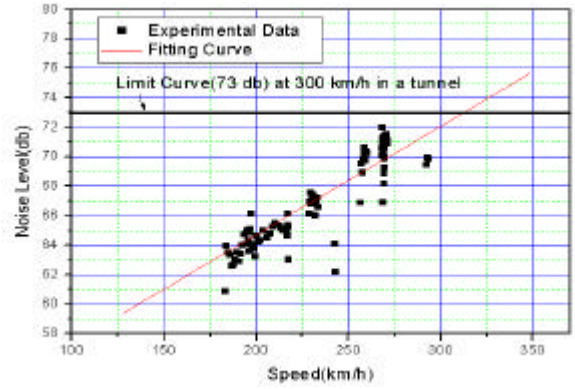


Fig. 8 The interior noise level vs. speed in tunnels

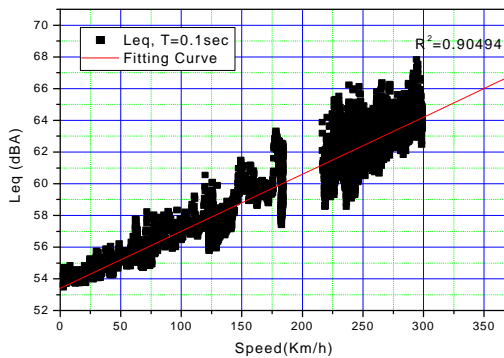
Fig. 6에서는 계측된 데이터를 분석 프로그램을 통하여 주행시간에 대한 속도와 소음레벨을 도시하였으며 이를 통하여 각 속도에 대한 소음레벨을 개활지와 터널을 구분하여 분리하였다. 분리된 소음레벨은 속도에 대하여 Fig. 7 및 8과 같이 도시하였으며 이를 통하여 속도에 대한 소음레벨을 유용하게 분석할 수 있다. 또한 속도에 대한 소음레벨의 경향을 살펴보기 위하여 1차 선형식으로 적합시켜 보았으며 그 결과 개활지의 경우  $R^2$ 값이 0.90666이었고 터널의 경우 0.93622 수준으로 나타나고 있어 1.0에 매우 근접하여 신뢰성 있는 적합식으로 판단되고 있다. Fig.7과 8은 계측 데이터를 정해진 1kHz의 sampling Frequency로 측정된 데이터를 간략하게 보여주고 있는 것으로, 이를 연속 정상음 소음레벨을 표현하는 식(1) 및 디지털 순시 음압레벨  $L_{A(t)}$ 를 이용한 식 (2)에 따라 시간에 따른  $L_{eq}$ 값으로 보정하여  $T_m=0.1, 1.0, 5.0, 10\text{sec}$ 로 구분하여 살펴보면 Fig.9 및 10과 같다.

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{T_m} \int_{t_1}^{t_2} \frac{pa^2(t)}{p_0^2} dt \quad (1)$$

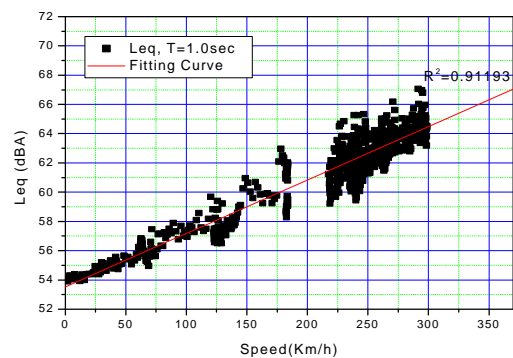
여기서,  $t_1$  : 측정시작시간,  $t_2$  : 측정종료시간,  $T_m$  : 측정시간( $t_2-t_1$ ),  $p_0$  : 기준음압( $20\mu\text{Pa}$ ),  $Pa(t)$  : 소음계의 A특성에서의 음압순시치 이다.

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \frac{1}{N} \sum_N 10^{L_{A(t)}/10} \quad (2)$$

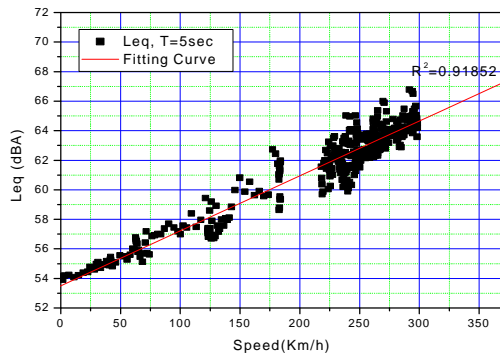
여기서 N은 sampling 갯수이다.



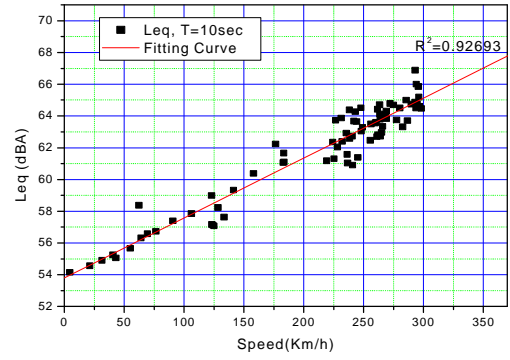
(a)



(b)



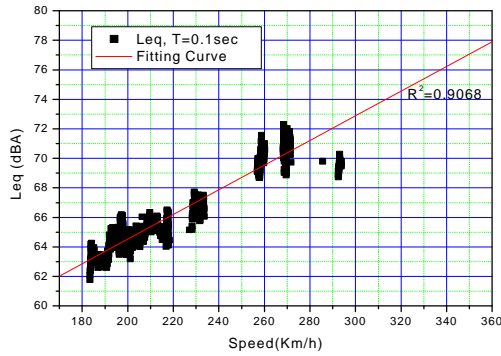
(c)



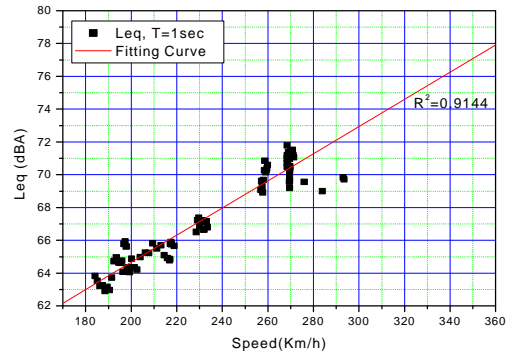
(d)

Fig. 9 The interior noise level  $Leq$  vs. speed in open territories.

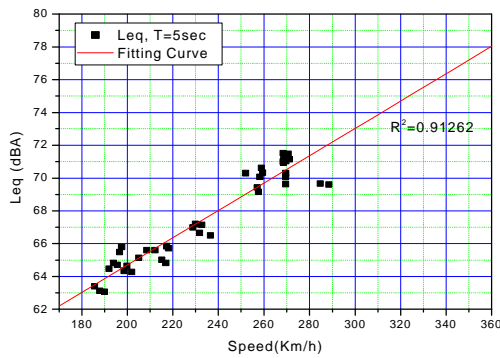
(a)  $T_m=0.1$  sec, (b)  $T_m=1.0$  sec, (c)  $T_m=5.0$  sec, (d)  $T_m=10.0$  sec



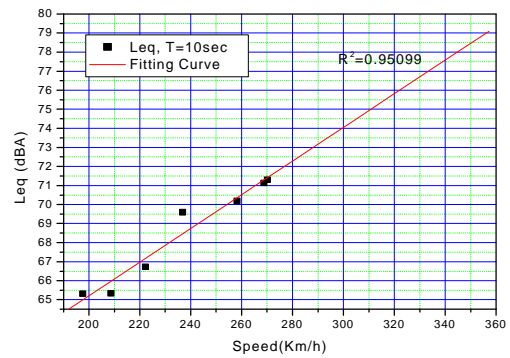
(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 10 The interior noise level  $Leq$  vs. speed in tunnels.

(a)  $T_m=0.1$  sec, (b)  $T_m=1.0$  sec, (c)  $T_m=5.0$  sec, (d)  $T_m=10.0$  sec

Fig. 9와 10에서 보듯이 적합 방정식은 모두  $R^2$ 값이 0.9를 넘고 있어 유효한 결과를 나타내고 있으며 이를  $T_m$ 의 변화에 따른 적합식을 살펴보면 Fig. 11과 같다.

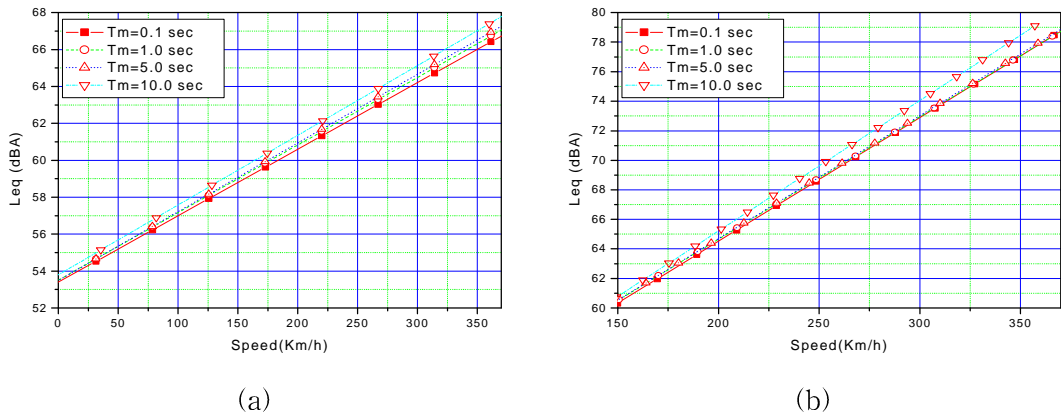


Fig. 11 The graph of Leq vs. speed for variation of Tm.

(a) In open territories. (b) In Tunnels

Fig.11를 통하여 볼 때 Tm이 0.1sec~10.0sec 까지의 변화는 1.0dBA 정도 변화를 나타내고 있으며 한국형 고속전철의 경우 객실내에서는 300Km/h의 속도에서 개활지의 경우 64~65dBA 수준이며, 터널의 경우는 73~74dBA 수준인 것으로 판단되고 있다. 또한 350Km/h로 주행할 경우 예측치는 개활지의 경우 66~67dBA 수준이며 터널에서는 77~78dBA 수준인 것으로 판단되고 있다. 그러나 현재 350Km/h의 속도에서는 소음에 대한 기준이 아직 마련되어 있지 않으며, 300Km/h에서의 소음기준이 인체에 미치는 영향을 고려할 때 설정된 최대값 기준이라 가정하면 역시 350Km/h에서도 이 기준을 적용될 수 있으며, 이러한 관점에서는 현재의 상태에서 개활지의 경우는 1.0dBA 정도, 터널에서는 5.0dBA 정도 소음레벨을 낮추는 노력이 필요할 것으로 판단된다.

#### 4. 결론

지금까지 한국형 고속전철의 객실내 소음수준에 대한 실험적 연구가 없었던 바 본 연구는 이에 대한 객실내 소음수준 분석을 단순하게 소음계의 dbA값을 이용하여 측정시간과 속도에 따른 변화값으로 기준에 따른 개활지와 터널에서 살펴보았으며 그 결과 300Km/h의 속도에서는 기준을 만족할 수 있을 것으로 판단된다. 그러나 350Km/h에서는 300Km/h에서의 기준 소음수준을 적용할 때 소음저감에 대한 노력이 필요하며 우선 이에대한 기준마련이 필요할 것으로 판단된다. 또한 본 연구결과에 대한 내용을 확장하여 정밀한 주파수 분석등이 요구되며 이를 통하여 소음저감을 위한 방안이 마련될 수 있을 것으로 판단된다.

#### 후기

본 내용은 건설교통부에서 시행하는 고속철도기술개발사업의 기술결과임을 밝힌다.

#### 참고문헌

- 1 KHRC, CONTRACT for provision of Rolling Stock Exhibit D", May, 1994
3. 김석원 외 4인, 2002, 고속전철 시운전 시험 및 평가용 측정시스템 개발(I)-하드웨어, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp 169-173.
4. 김석원 외 4인, 2002, 고속전철 시운전 시험 및 평가용 측정시스템 개발(II)-소프트웨어, 한국철도학회 추계학술대회 논문집, pp 174-181.