

KTX 객차의 실내소음 평가 및 분석

Analysis and Evaluation of Interior Noise for KTX Passenger car

문경호* 김재철** 이찬우***
Moon Kyeong-Ho Kim Jae-Chul, Lee Chan-Woo

ABSTRACT

Passengers are much interested in interior noise caused speed-up and mass reduction of railway vehicles. Generally, the major noise source for passenger cars are rolling noise and aerodynamic noise. The purpose of this paper is to evaluate the noise level and to analyze the noise sources for domestic and KTX trains. We also measured the interior noise and the rolling noise for passenger cars. In result, the noise level is below 65dBA for Seamaeul coaches, and below 66dBA for KTX coaches.

1. 서론

철도가 고급화, 고속화가 되면서 승객들이 차내소음에 대한 관심도 커지고 있다. 철도차량 주요 소음원을 나열해보면 차륜/레일 상호작용에 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 환기팬 등에 의한 보조기기소음 등으로 구별된다. 추진장치가 없는 객실의 경우, 공력소음 및 전동음이 주요 소음원이 된다. 이러한 소음원은 고속으로 갈수록 더 커지는 경향이 있으므로 KTX(Korea Train eXpress)와 같이 300km/h의 고속으로 운행하는 열차는 기존의 열차보다 소음수준이 높을 것으로 예상된다.

본 연구에서는 KTX의 실내소음을 측정하여 기존의 새마을호의 측정 결과 및 각국에서 사용되는 소음기준과 비교하여 보고자 하였다. 측정결과 KTX 객실의 소음은 타국의 고속철도 소음수준과 비슷하며 양호한 것으로 평가된다.

2. 국내외 소음 기준

일반객차의 차내소음에 대한 기준은 현재 여러 가지가 있다. 우선 적용될 수 있는 것은 1976년 영국의 Bryon이 제안한 기준으로 Bryon에 의해 제안된 기준은 사람이 어떻게 느끼는가를 기준으로 작성된 것이다. 이는 현재 유럽에서 많이 적용되고 있으며 표 1과 같다.

* 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 주임연구원, 정회원
** 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 선임연구원, 정회원
*** 한국철도기술연구원 차량기계연구본부 책임연구원, 정회원

표 1. Bryon에 의한 소음기준

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

한편, 미국 APTA(American Public Transit Association)에서 권장하고 있는 기준은 최대속도를 기준으로 철도환경에 따라 달리 표현하고 있는데 표2와 같다. 참고로 현재 유럽 및 일본 각 국에서 운행중인 고급 고속철도차량의 차내소음 수준을 나타내면 표 3과 같다.

표 2. APTA 권장 소음기준

운전조건(최대속도 운전시)	공차 시 설계기준(dBA)	소음계 반응
개활지, 자갈도상,	70	FAST(빠름)
개활지, 자갈도상, 비용접레일,	68~73	"
터널 통과 시	74~79	"

표 3. 고속철도 차량의 소음수준

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

3. 새마을호 소음 측정 결과

새마을호열차의 소음수준을 알아보기 위하여 실제로 호남선을 운행할 때의 소음에 대한 측정 결과를 그림 1에 나타냈다. 그림 1은 평탄구간인 김제-정읍구간을 통과할 때의 소음수준으로 교량, 분기기, 터널을 통과하면서 소음수준이 올라가고 있고 김제-정읍구간에서의 평균속도는 129km/h이며 등가소음은 63.3dBA이다. 교량이나 분기기의 경우, 선로조건이 안 좋기 때문에 실내 및 하부소음에 이에 대한 영향이 미친 것이며 터널의 경우는 선로보다 전동음이 터널에 반사되어 실내로 유입된 결과로 보인다.

그림 2는 객실소음에 대한 주파수 분석결과로 115km/h의 동일한 속도로 주행하였을 때 터널, 교량, 평지구간을 비교한 그림으로 소음수준은 터널이 가장 높고 교량, 평지순으로 되고 있다. 주파수는 500Hz 이하에서는 터널이 630Hz 이상에서는 교량쪽이 커지고 있다.

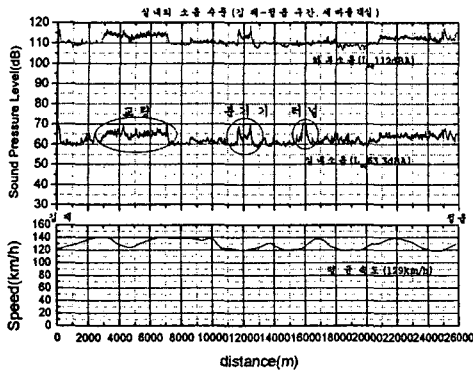


그림 1. 새마을호 실내의 소음 수준

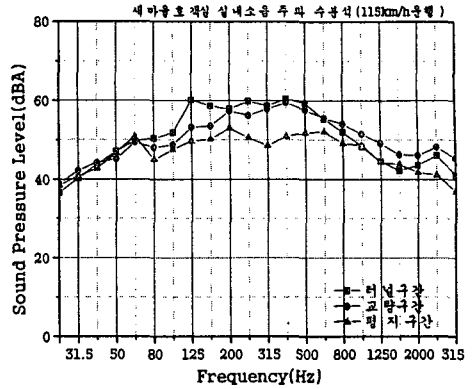


그림 2. 측정조건별 실내소음 옥타브 분석
(전체소음수준 : 터널 68.5dBA, 교량 66.8dBA, 평지 61.9dBA)

4. KTX 소음 측정

4.1 소음 측정 개요

시목-용정구간을 운행하면서 소음시험을 하였으며 KTX 일반실, 특실, 갱웨이 및 하부소음을 측정하였다. 객실 및 전동음 측정용 마이크로폰은 그림 3과 같이 설치 하였다. 측정에 사용된 장비는 표 3과 같으며 소음 측정 블록다이어그램은 그림 4에 나타냈다.

표 4. 소음시험에 사용된 장비

측정 및 분석 장비	사 양	개 수	비 고
Sound Level Meter	B&K 2236	1	소음신호 측정
	RION NL-14	2	
Microphone	B&K 4189	2	음압 측정
Preamplifier	B&K 2671	2	음압 증폭
Data Recorder	SONY SIR1000	1	데이터 저장
Photo Sensor	E3S-CD11	1	속도 펄스 측정
F/V Converter	K3TR-NB11A	1	펄스를 속도 전환
Power Supply	IV60 6-channel ICP Supply	1	신호 증폭기
신호분석시스템	LMS software	1	신호 분석
	Workstation	1	신호 분석

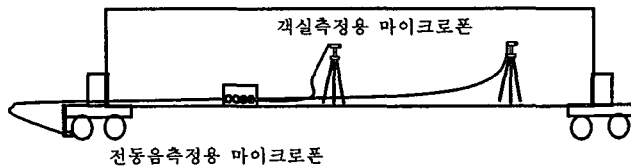


그림 3. 마이크로폰 설치 위치

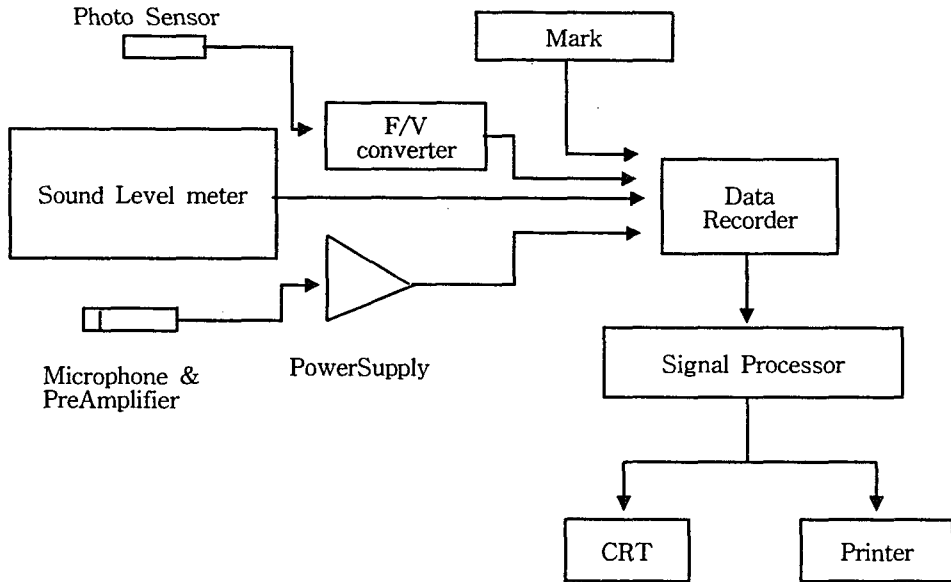


그림 4. 소음측정 블록 다이어그램

4.2 소음 측정 결과

그림 5는 KTX 시목->용정 구간에 대한 소음수준이며 그림 6은 용정->시목 구간에 대한 소음 수준을 나타낸 것이다. 터널 구간에서 실내소음이 약 7dBA 증가하는 것을 볼 수 있다. 앞의 새마을호 일반객차의 경우는 선로조건이 좋지 않은 곳을 통과할 때 하부소음이 커지고 이것이 바로 객실소음으로 전달되었지만 KTX는 이에 대한 영향이 적었다. 그렇지만 터널을 통과할 때는 새마을호와 마찬가지로 소음수준이 올라가고 있음을 알 수 있었다.

그림 7은 300km/h의 속도로 교량/평지구간을 지날 때의 소음수준으로 갯웨이(71.5dBA), 특실 단부(66.5dBA), 특실 중앙(65.6dBA), 일반실 중앙(64.7dBA), 일반실 단부(65.1dBA) 순으로 소음수준이 작아지고 있고, 그림 8은 300km/h로 터널구간을 지날 때의 소음수준으로 갯웨이(75.7dBA), 특실 중앙(71.3dBA), 특실 단부(70.8dBA), 일반실 중앙(69.8dBA), 일반실 단부(69.3dBA) 순이다.

300km/h 운행시 평지 및 터널구간에 대한 옥타브 분석 그림9~10을 보면, 갯웨이에서 실내로 들어오면서 200~2500Hz의 소음이 많이 줄어들고 있음을 알 수 있다.

그림 11은 가속시 속도에 따른 실내 및 차량하부소음의 변화를 나타낸 그림으로 속도의 증가에 따라 소음 수준이 올라가고 있다. 속도 증가에 따른 소음원의 영향을 보기 위해서 식 (1)을 주로 사용한다.

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

여기서 V_{ref} 는 기준속도, SPL_{ref} 는 기준속도에 대한 기준음압이다.

일반적으로 속도에 의한 영향을 볼 때 식(1)을 이용하는데 n이 2~3승에 비례하면 전동음, 6~7승에 비례하면 공력음이 우세한 것으로 알려져 있다. 운행속도 280km/h까지를 측정하였을 때 그림 11과 같이 2~3승에 비례하므로 전동음의 영향이 큼을 알 수 있었다. ■은 실내소음에 대한 실측값, ●은 하부소음에 대한 실측값이고 실선은 150km/h 일 때를 기준속도(V_{ref})로 하여 계산한 값으로 차량하부소음은 n=3, 실내소음은 n=2.5에 맞게 계산되어진 것이다. 차량하부소음은 잘 일치

하고 있으나 실내소음은 저속에서 잘 일치하지 않고 있다. 그 원인은 저속에서는 기기소음 등이 전동음보다 크게 작용하고 있기 때문으로 판단된다.

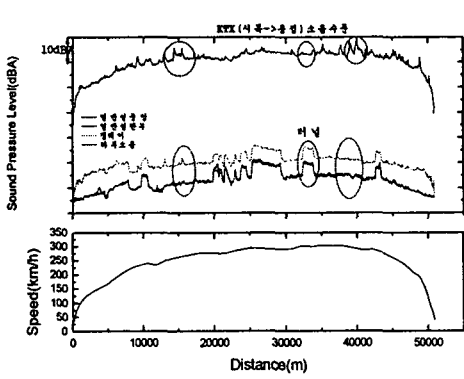


그림 5. KTX 시목→용정 소음 수준

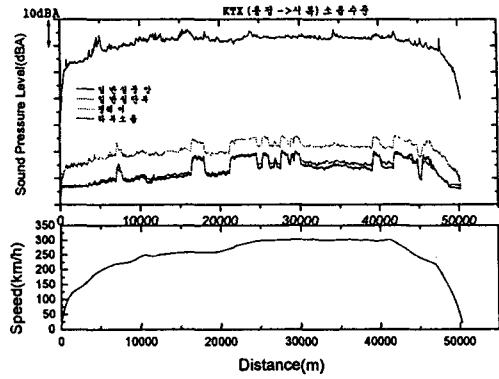


그림 6. KTX 용정→시목 소음 수준

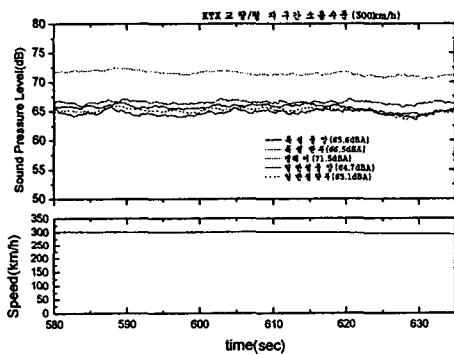


그림 7. 교량/평지구간 소음 수준

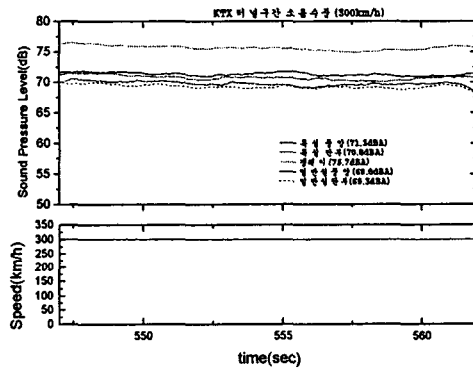


그림 8. 터널구간 소음 수준

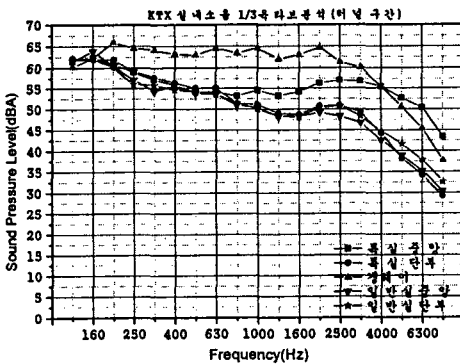


그림 9. 터널구간 옥타브 분석

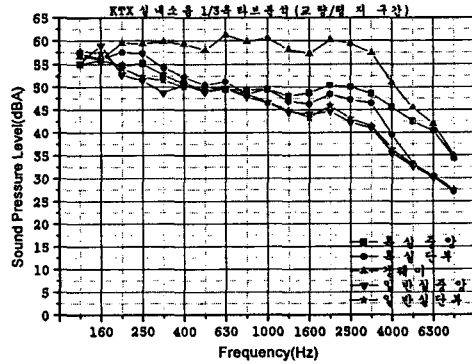


그림 10. 교량/평지구간 옥타브 분석

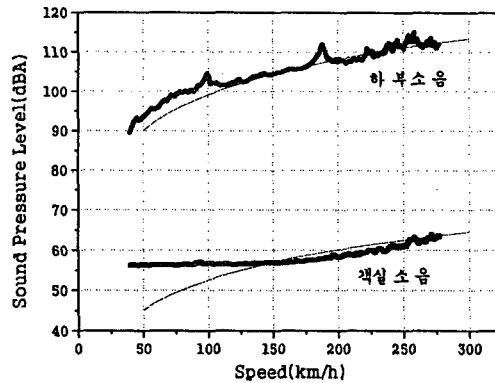


그림 11. 속도증가에 따른 소음레벨 형태

5. 결론

300km/h 운행시 일반실 실내소음은 APTA(미국공공운송협회) 기준을 만족하며 유럽의 고속철도와 비슷한 수준이었다. 다만 한국고속전철 구매사양서 상에는 실내소음이 66dBA 이하인데 특실의 경우 단부는 66.5dBA, 특실 중앙은 65.6dBA로 구매사양서와 비슷하거나 약간 넘어가는 수준을 나타내고 있다.

새마을호의 경우 선로에 조건에 의한 하부소음이 객실로 많이 유입되어 터널 통과시와 비슷하게 실내소음이 커지는 데 반하여 KTX는 차량은 선로조건에 의해서 소음수준이 높아지고 보다는 터널을 통과할 때가 소음수준이 올라가고 영향을 많이 받고 있었다. 옥타브 분석결과를 보면 갱웨이에서 실내로 넘어오면서 200 ~ 2500Hz의 소음이 많이 줄어들고 있어서 실내와 갱웨이사이에도 흡차음이 잘되어 있는 것으로 보인다.

차량속도별 소음레벨의 증가형태를 보면 저속에서는 기기소음, 중·고속에서는 전동음에 의한 영향이 실내소음에 많은 영향을 미치고 있고 대체적으로 전동음이 주소음원임을 알 수 있었다.

참 고 문 헌

1. 문경호 외 2명, 2000, 객차 및 동력차 실내소음에 관한 실험적 연구, 한국철도학회I 2000년 추계 학술대회
2. 저소음 철도차량설계(Designers seek the low-noise railcar), Railway Gazette International, November 1996. pp.753-755
3. Criteria for a Recommended Standard - Occupational Noise Exposure, Revised Criteria 1998, U.S. Department of Health and Human Services, June, 1998.
4. KHRC KTGVC(1994) SEOUL-PUSAN HIGH SPEED RAIL PROJECT CONTRACT