

국내 고속철도 차량의 실내소음 특성 비교

Comparison of Interior Noise for High Speed Trains in Korea

김재철* 이찬우** 정순철***
Kim, Jae-Chul Lee, Chan-Woo Jeong, Soon-Chul

ABSTRACT

There are the high-speed train of two types in Korea, KTX and KHST(Korean High Speed Train). The characteristics of interior noise appear differently because the car bodies of the trains are designed with the different materials.

In this study, we measure the interior noise for KTX and KHST. The experimental results show that the interior noise of KTX is equal to KHST in open territory and tunnel and interior noise in tunnel with concreted track increase about 3~4dB(A) compared to tunnel with ballasted track. We also know that interior noise level of KHST is higher than KTX in range of high frequency (above 630Hz).

1. 서 론

2004년 4월 1일 KTX가 성공적으로 개통되면서 국내에서도 고속철도의 시대가 개막되었으며, 프랑스로부터 KTX에 관한 기술을 이전받아서 1996년부터 독자적인 한국형 고속철도차량(KHST)을 개발하기 시작하여 2004년 12월에 350km/h에 성공하면서 본격적인 고속철도 차량 제작국이 되었다. 그러나, KTX가 운행되면서 고속철도 차량에 대한 기대감과 함께 승차감의 인식 높아져, 개통이후 KTX차량의 역방향 의자 배치와 함께 일부 터널구간 주행 시 차량의 실내소음의 민원이 제기 되기 시작되었다.

KTX차량의 실내소음 문제는 콘크리트궤도로 부설된 터널 통과 시 80Hz영역의 저주파 소음성분이 급격히 증가하면서 발생하였으며⁽¹⁾, KHST차량과 비교한 결과 이 소음으로 인해서 개활지 구간에서는 약 2~3dB(A), 터널구간에서는 2~6dB(A)정도 높게 나타났다⁽²⁾. 그러나 이 저주파 성분의 실내소음 문제는 KTX차량사이의 머드플랩(Mud-flap) 길이변경을 통해서 일부 해소되었다. 따라서, 본 연구에서는 2009년 호남선 실용화를 위해 시험운행 중에 있는 KHST차량과 저주파 성분의 소음을 저감시킨 KTX차량의 실내소음을 비교하여, 차체의 재질 및 흡차음 방식이 차량의 실내소음에 미치는 영향을 분석하고, 향후 개발되는 고속차량의 실내소음 개선을 위한 방향을 설정하고자 한다.

* 한국철도기술연구원, 철도시스템연구본부, 정희원

E-mail : jckim@krrri.re.kr

TEL : (031)460-5206 FAX : (02)123-1234

** 한국철도기술연구원

*** 한국철도기술연구원

2. 실내소음 측정방법 및 결과

KTX차량은 20량 1편성(동력차:2량, 객차:18량)으로 구성되었으며, KHST차량은 7량 1편성(동력차:2량, 객차:5량)으로 구성되어있다. 그리고 KHST차량은 3호차와 5호차에서만 실내소음이 가능하기 때문에 KHST차량은 5호차, KTX차량은 일반객차 3호차에서 소음을 측정하였다.

시험구간은 경부고속철도 고속선(광명-동대구)구간이며, 실내소음의 측정위치는 차량의 실내중앙 1.2m높이에서 마이크로폰을 설치하여 측정하여, 레코더(Sony: SIR-100)에 녹음한 후 분석하였다.

경부고속철도 고속선 구간의 궤도조건은 일반적으로 자갈도상 궤도(Ballast track)로 부설되어있지만, 일부 장대터널에서는 콘크리트도상 궤도(Concrete track)로 부설되어있다. 일반적으로 콘크리트도상 궤도는 자갈도상 궤도에 비해서 유지보수 측면에서 경제성이 좋기 때문에 최근 철도선진국에서도 콘크리트도상 궤도의 건설이 많다⁽³⁾. 그러나 콘크리트도상 궤도는 기존의 자갈도상 궤도보다 소음/진동 문제가 발생하기 때문에 아직도 연구가 진행되고 있다⁽⁴⁾. 따라서 본 측정에서는 개활지 구간과 터널구간으로 구분하고 터널구간에 대해서는 콘크리트도상 궤도와 자갈도상 궤도에 대한 결과를 분리하여 실내소음의 특성을 분석하였다.

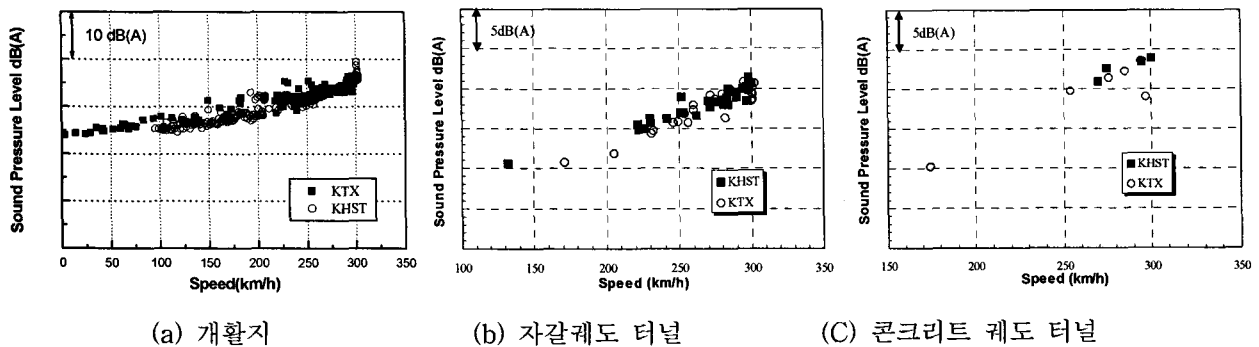


그림 1. 각 구간별 KHST와 KTX차량의 실내소음 측정결과

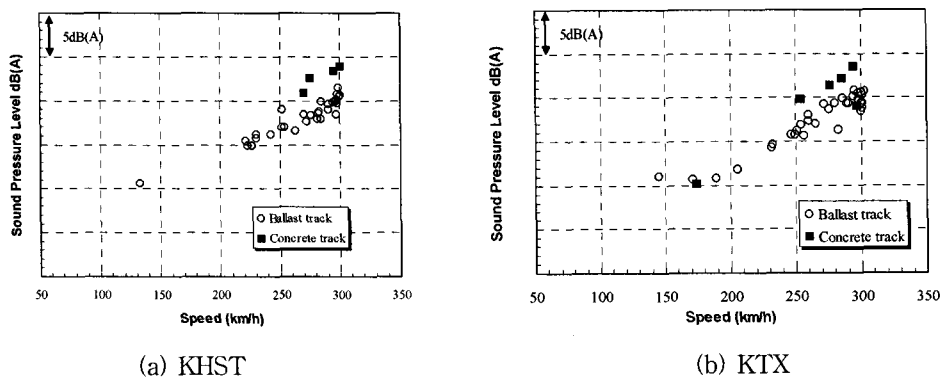


그림 2. 콘크리트궤도 터널과 자갈궤도 터널 주행 시 실내소음의 비교

그림1은 개활지, 콘크리트궤도 터널 및 자갈궤도 터널구간에 대한 KTX차량과 KHST차량의 실내소음 측정 결과이다. 터널구간의 측정값은 터널 통과 시 각 터널구간에 대한 실내소음과 차량속도의 평균값으로 나타내었다. 이 결과로부터 개활지구간과 터널구간(콘크리트궤도 및 자갈궤도)의 KHST와 KTX차량의 실내 소

음레벨이 유사한 것을 알 수 있다. 또한 그림2는 자갈케도 터널과 콘크리트케도 터널 통과 시 두 차량의 실내소음을 비교한 결과이다. 두 차량의 실내소음은 자갈케도보다 콘크리트케도에서 약 3~4dB(A)정도 높게 나타나는 것을 알 수 있다. 이상의 결과로부터 KTX차량의 머드플랩의 길이변화에 의한 80Hz의 저주파 소음 저감효과는 KHST차량의 실내소음과 유사한 수준까지 향상시킨 것으로 파악되었다.

3. 실내소음의 주파수 분석 및 차체 구조특성

제2장에서 KTX와 KHST의 실내소음을 측정된 결과 두 차량의 실내소음 수준이 유사한 것으로 나타났다. 그러나 두 차량은 기본적으로 차체의 재질 및 흡차음 구조가 다르게 설계되어 있어 실내소음의 주파수 특성이 다르게 나타날 것으로 판단된다. 따라서 각 차량에 대한 차체와 흡차음 방식의 특성을 조사하고, 위의 측정결과에 대한 주파수 분석결과를 비교 검토하였다.

3.1 KTX와 KHST의 차체 구조특성 비교

현재 시험운행 중에 있는 KHST차량은 국내에서 개발하면서 소음진동측면을 향상시키기 위해서 KTX차량과는 다른 재질과 특성을 갖고 있다. 표1은 KTX차량과 KHST차량의 차체 재질, 창문 구조 및 흡차음 방식을 비교한 결과이다. 대체적으로 흡차음 방식 및 창문의 구조 등을 비교하면 KHST차량이 KTX차량보다 소음진동 측면에서 유리하게 설계된 것으로 생각된다.

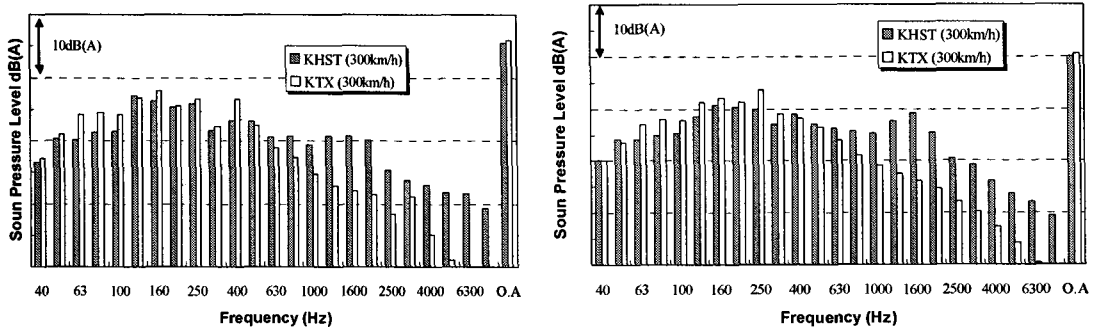
표 1. KTX와 KHST차량의 차체 재질 및 흡차음 구조의 비교

항목		KHST	KTX
차체 두께 및 재질		3mm의 2겹 알루미늄 중공 압출재 44mm (Roof)~70mm(Floor)	1.5mm 한겹 마일드 스틸
흡/차음 방식		두께 40mm 유리 섬유(37K) + 우레탄 폼(floor 중공 단면에 적용) 관절대차 상부 유리섬유 두께 120mm 적용	두께 40mm 유리 섬유(37K) 관절대차 상부 유리섬유 두께 15mm 적용
창문	설치 방식	외부 연속창(4겹)	내부 개별창(3겹)
	외측 유리두께 (mm)	12(강화 유리 6mm+필름0.75mm+강화유리 5mm)	12(강화 유리:6mm+필름0.75mm+강화유리 5mm)
	사이두께(mm)	16(아르곤 가스)	12(건조공기)
	내측 유리두께 (mm)	9(강화 유리:4mm+필름0.75mm+강화유리 4mm)	5(강화유리5mm)
	총 두께(mm)	37	29

3.2 실내소음의 주파수 분석결과

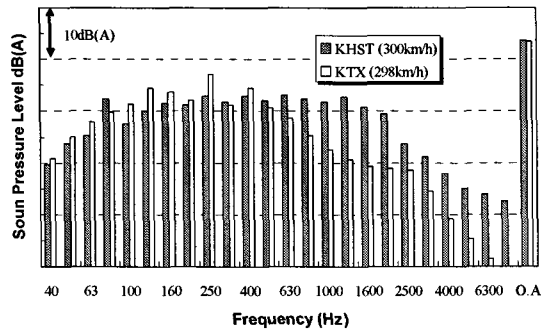
표1로부터 두 차량의 차체 재질 및 흡차음 구조가 다르며 KHST차량이 소음진동을 향상시키기 위해서 KTX차량보다 흡차음재가 많이 적용된 것을 알 수 있다. 그러나 그림2와 그림3의 측정결과에서는 KTX와 KHST차량의 소음레벨이 유사한 것으로 나타났다. 이러한 원인을 파악하기 위해서 그림3과 같이 개활지와 각 터널에 대한 KHST와 KTX차량의 실내소음 주파수 특성을 비교하였다. 이 결과로부터 대체적으로 400Hz이하의 저주파수 영역에서는 KTX차량의 실내소음이 KHST차량보다 높게 나타났으나, 630Hz이상의 고주파 영역에서는 KHST차량이 KTX차량보다 크게 나타났다. 특히 터널구간에는 KHST보다 KTX차량에서 250Hz 주파수 성분의 증가량이 큰 것을 알 수 있다. 이러한 원인은 KTX 창문의 고유진동수와 관계가

있는 것으로 생각된다⁽¹⁾.



(a) 개활지

(b) 자갈궤도 터널



(c) 콘크리트궤도 터널

그림 3. 각 구간별 KTX와 KHST차량의 실내소음 주파수 분석결과

3.3 KHST차량의 실내소음 저감효과

이상과 같이 KHST차량은 창문의 구조 및 흡차음 방식 등이 KTX차량보다 소음진동 측면에서 유리하게 설계되었지만, 실제 측정결과에서는 고주파 영역에서 KTX차량보다 소음레벨이 높게 나타났다. 따라서 현재 KHST차량의 흡차음 구조를 변경하여 630Hz이상의 고주파 영역의 소음레벨을 KTX차량과 동등한 수준으로 향상시킨다면 KHST차량의 실내소음을 저감시킬 수 있다.

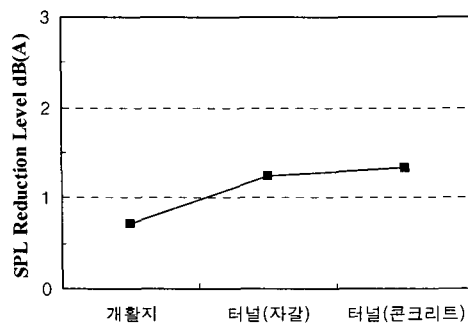


그림 4. KHST차량의 실내소음 저감효과

그림 4는 KHST차량의 실내소음에서 630Hz이상의 고주파 성분을 KTX차량과 동등하게 향상시켰을 경우

실내소음의 저감량을 나타내고 있다. 대략 개활지에서는 0.8dB(A)정도이고 터널구간에서는 1.2dB(A)정도 실내소음의 저감효과가 있다. 따라서 향후 개발되는 고속차량은 현재 보유하고 있는 고속차량의 차체 구조, 창문 및 흡차음 구조 등을 충분히 비교분석하여 소음진동측면에 대한 최적의 설계가 이루어진다면 실내소음을 향상시킬 수 있을 것으로 생각된다.

4. 결 론

이상의 연구결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 현재 시험운행 중에 있는 KHST차량과 상업운행 중에 있는 KTX차량의 터널 내 실내소음을 비교 분석한 결과 개활지구간과 터널구간에서 KTX와 KHST차량의 실내소음은 유사하게 나타났으며, 특히 터널구간에서 콘크리트궤도 터널 통과 시 자갈궤도 터널보다 3~4dB(A)정도 높게 나타났다.
- (2) KHST와 KTX차량의 차체 재질 및 두께, 창문과 흡차음 구조 등을 비교한 결과 KHST차량의 구조가 소음진동측면에서 유리하게 설계된 것으로 생각된다.
- (3) 그러나 두 차량의 실내소음에 대한 주파수 분석결과 약630Hz이상의 고주파 영역에서는 KTX보다 KHST의 소음레벨이 높았으며, 약400Hz이하의 저주파 영역에서는 KTX보다 낮아서 총 소음레벨은 거의 유사하게 나타났다.
- (4) 만약 KHST차량의 흡차음 구조 변경을 통해서 630Hz이상의 고주파 영역에서 소음레벨을 KTX차량의 수준으로 저감시키면 개활지에서는 약0.8dB(A)정도, 터널구간에서는 약1.2dB(A)정도의 소음을 향상시킬 것으로 판단된다.
- (5) 향후, 개발되는 고속차량의 경우 KTX와 KHST의 실내소음 특성 및 차체와 흡차음 구조 등을 분석하여 설계 전 단계부터 소음진동에 대한 연구가 수행된다면 현재의 고속차량보다 실내소음을 향상시킬 수 있을 것으로 판단된다.

참 고 문 헌

1. 김재철 등, 2004, "터널 주행 시 KTX차량의 실내소음 저감방안 도출을 위한 연구용역", 한국철도기술연구원 보고서, pp.1~206.
2. 김재철 등, 2004, "KTX와 KHST의 실내소음 특성 분석", 한국소음진동공학회 추계학술발표회 논문집, pp. 49~52.
3. Coenraad ESVEL., 1997, "Low-maintenance Ballastless Track Structures", Rail Engineering International Edition., Number 3, pp. 14~16.
4. Kouicchi Kubomura, 1997, "Development of Noise Absorbing Material for Track", WCRR 97, pp. 16~19.