

# 400km/h 주행 시 한국형 고속철도의 실내소음 예측

## Estimation of Interior Noise for Korean High Speed Train at 400km/h

\*김재철<sup>1</sup>, #구동회<sup>1</sup>, #이찬우<sup>1</sup>

\*J. C. Kim(JCKIM@krri.re.kr)<sup>1</sup>, #D. H. Koo<sup>1</sup>, #C. W. Lee<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국철도기술연구원 차륜/궤도 연구실

Key words : Railway Noise, High Speed Train, Rolling Noise, Aerodynamic Noise

### 1. 서론

2004년 4월 1일 KTX가 성공적으로 개통되면서 국내에서도 고속철도의 시대가 개막되었다. 그러나, KTX 차량은 프랑스 알스톰(ALSTOM)사에서 제작한 TGV 차량을 도입하였기 때문에, 국내에서는 프랑스의 기술을 이전 받아서 1996년부터 독자적인 한국형 고속철도차량(한빛 350)을 개발하기 시작하여 2004년 12월에 350km/h에 성공하여 본격적인 고속철도 차량 제작국이 되었으며, 2010년에는 이 기술을 토대로 제작된 KTX-II 차량이 호남선에 투입될 예정이다.

유럽 및 일본에서는 고속철도의 속도증가를 위해서 많은 연구가 진행되고 있으며, 현재 국내에서도 400km/h 급 차세대 고속차량의 개발이 시작되어서 연구활동이 진행되고 있다. 그러나 차량의 속도가 증가할수록 차량의 추진장치, 주행안전성 등 여러 측면에 대한 연구가 수행되어야 하며, 이와 함께 KTX 개통초기 터널 내 차량의 실내소음에 대한 민원이 제기되면서 고속차량의 실내소음은 중요한 요소가 되고 있다<sup>(1),(2)</sup>.

따라서, 본 논문에서는 차량 속도 증가 시 차량의 실내소음 향상을 위한 방향 설정을 위해서 한국형 고속열차(KTX, 한빛 350)의 실내소음에 대한 측정결과를 분석하여 400km/h 주행할 경우 실내소음을 예측하였다. 또한 한국형 고속차량은 동력집중식(push-pull)으로 모터소음이 직접적으로 실내소음에 영향을 미치지 않는다. 그러나 현재 유럽과 일본에서 개발되는 고속차량과 국내에서 연구 중에 있는 차세대 고속차량은 동력분산식(EMU)이기 때문에 하부모터에 의한 소음의 영향을 분석하였다.

### 2. 한국형 고속차량의 실내소음의 예측

#### 2.1 차량 실내소음 측정결과에 의한 예측

Fig1과 Fig2는 KTX와 한빛 350 차량의 개활지구간과 터널구간에 대한 실내소음의 측정결과를 나타내고 있다.

Fig1은 개활지구간에서 실내소음의 증가 추세선에 대한 결과로서 400km/h 시 약 5~6dB(A)까지 증가하는 것으로 나타났으며, Fig2는 터널구간에서 자갈궤도와 콘크리트궤도 통과 시 실내소음의 증가 추세선으로 약 7~10dB(A)까지 증가되는 것을 알 수 있다.

#### 2.2 차량 소음원별 증가추이에 따른 예측

2.1항에서는 실내소음에 대한 증가 추세선을 이용하였으나, 철도차량의 소음원은 차량의 속도에 따라 소음원의 증가형태가 다르게 나타나서, 속도영역에 따라 각 소음원이 실내소음에 미치는 영향이 다르게 나타나기 때문에 소음원별 증가추이를 이용하여 실내소음의 증가형태를 분석하였다.

일반적으로 철도차량의 소음원은 크게 추진장치소음, 차륜/궤도에 의한 전동음 및 공력소음으로 분류되며, 고속으로 주행하는 차량의 실내소음은 전동음과 공력소음에 크게 영향을 받기 때문에 이 두 소음원에 대해서 식(1)을 이용하여 소음증가추이를 계산하였다

$$SPL = SPL_o + 10 \log(V/V_o)^n \quad (1)$$

여기서, 전동음의 경우  $n=2\sim3$ 이며, 공력소음의 경우  $n=6\sim8$ 이며,  $V_o$ 는 기준속도이고,  $SPL_o$ 는 기준속도에 대한 기준음압을 나타낸다.

일반적으로 공력소음의 영향이 크게 나타나는 속도는 약 290km/h 정도로 알려져 있기 때문에<sup>(3)</sup>, 공력소음에 의한 증가추이 계산시 이 속도 영역을 기준속도로 설정하였다.

Fig3과 Fig4는 2.1항의 측정결과에 공력소음( $n=6$ )과 전동음( $n=3$ )에 대한 소음원별 실내소음 증가추이를 계산한 결과이다.

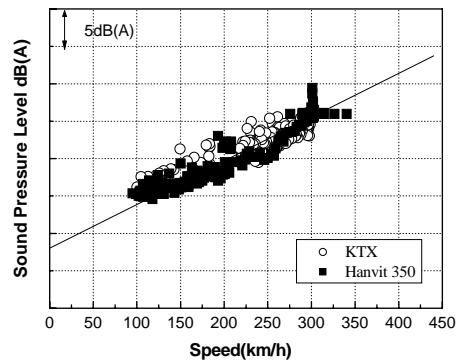
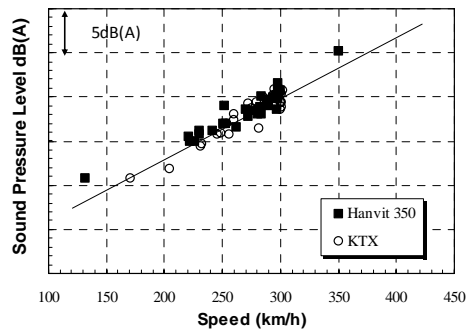
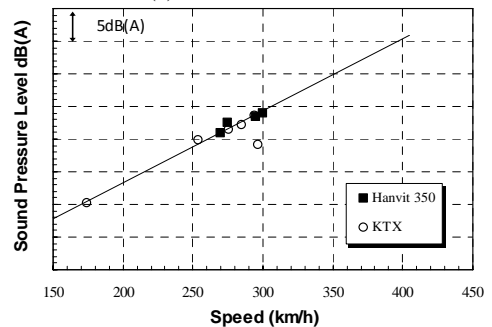


Fig. 1 Measurement results of interior noise for high speed train.



(a) Ballasted track



(b) Concreted track

Fig. 2 Measurement results of interior noise for high speed train in tunnel.

400km/h 주행 시 300km/h 속도에 대한 공력소음의 증가량은 약 7dB(A)이며, 진동음의 증가량은 약 4dB(A)로 나타났다. 터널구간에서 한빛 350 차량이 350km/h 주행 시의 결과는 공력소음의 증가형태로 나타났으며, 특히 콘크리트 궤도 통과 시에는 공력소음의 증가형태와 거의 유사한 것을 알 수 있다. 따라서 터널구간에서는 개활지보다 공력소음의 영향이 큰 것으로 생각된다.

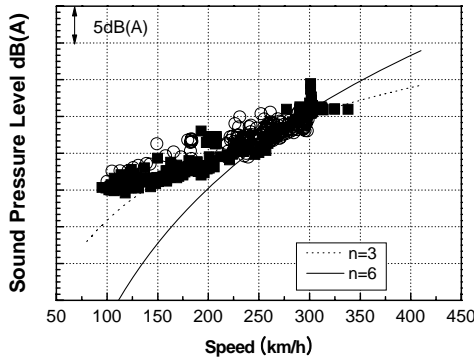
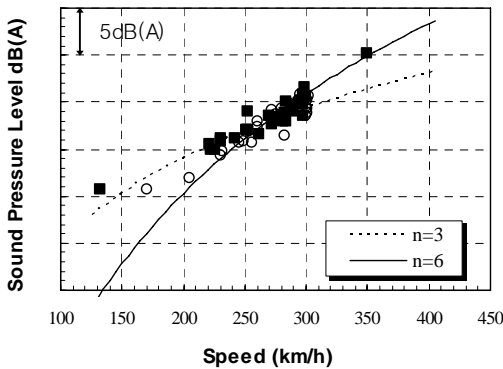
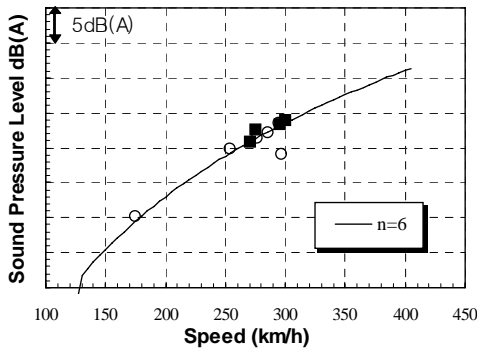


Fig. 3 Estimation of interior noise by increasing trends on rolling noise and aerodynamic noise



(a) Ballasted track



(b) Concreted track

Fig. 4 Estimation of interior noise by increasing trends on rolling noise and aerodynamic noise in tunnel

### 3. 차량하부 모터소음의 영향

현재 개발되고 있는 차세대 고속차량은 KTX 와 달리 차량하부에 모터를 탑재하는 동력분산식(EMU)차량으로 계획되어있어 모터차량의 경우 모터소음이 실내소음에 영향을 미칠 것으로 판단된다. 따라서 이러한 모터소음의 영향을 파악하기 위해서 EMU 차량에 대한 모터차량과 트레일러차량의 실내소음의 측정결과를 Fig 5 에 나타내었다.

차량하부 모터소음에 의해서 트레일러차량보다 모터차량의 실내소음이 약 2~3dB(A)정도 높은 것을 알 수 있다. 따라서, 모터차량의 경우에는 공력소음과 진동음 이외에도

모터소음에 의해서 실내소음이 증가할 것으로 판단된다.

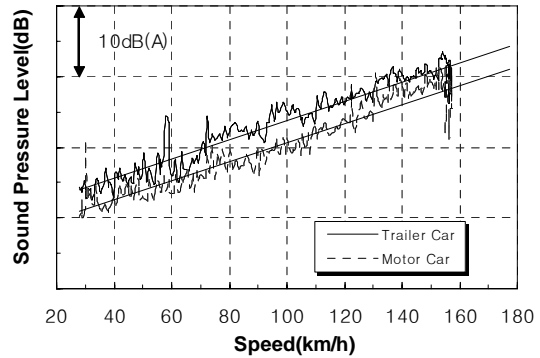


Fig. 6 Comparison of interior noises of trailer car and motor car

### 4. 결론

한국형 고속철도 차량(KTX, KHST)이 400km/h 까지 속도를 증가시킬 경우, 300km/h 까지 측정된 실내소음의 결과를 이용하여 실내소음을 분석하여 예측한 결과 다음과 같이 판단된다.

- (1) 400km/h 까지 속도가 증가하면 실내소음은 공력소음의 영향으로 약 7dB(A)까지 증가할 수 있으며, 진동음은 약 4dB(A)까지 증가할 수 있다.
- (2) 동력분산식 차량의 경우 하부에 모터가 부착된 차량은 공력소음과 진동음 이외에도 모터소음에 의해서 약 2~3 dB(A)정도까지 증가할 수 있다.
- (3) 터널구간에서 한빛 350 차량이 350km/h 주행 시의 결과는 공력소음의 증가형태로 나타났으며, 특히 콘크리트 궤도 통과 시에는 공력소음의 증가형태와 거의 유사한 것으로 나타났다. 따라서 터널구간에서는 개활지보다 공력소음의 영향이 큰 것으로 판단된다

### 참고문헌

1. 김재철, 이찬우, "콘크리트 궤도 터널 내 KTX 차량의 실내소음 특성 분석," 한국소음진동공학회지, 제 17 권, 제 11 호, 1037-1042, 2007.
2. 김재철 "터널 구조에 따른 KTX 고속차량 실내소음 특성 분석," 한국정밀공학회 춘계학술논문집, 25-28, 2005.
3. C.Talotte,"Aerodynamic Noise:A Critical Survey", Journal of Sound and Vibration, 231(3), 549-562, 2000.