

고속철도 방음벽 구간에서의 소음전파특성에 관한 연구

A Study on the noise propagation characteristics for noise barrier in high-speed railway lines

윤제원† · 김영찬* · 장강석* · 홍병국* · 조준호**

Je-Won Yoon†, Young-Chan Kim, Kang-Seok Jang, Byung-Kook Hong, Jun-Ho Cho

1. 서 론

‘전국 만나질 생활권’이 가능하게 한 고속철도는 빠르고 편리한 대중교통 수단이다. 이러한 고속철도를 안전하면서도 보다 빠르게 운행하는 것이 세계 여러 나라의 개발목표이며, 중국에서는 350km/h를 넘나드는 상업운행속도를 자랑한 바 있고 국내에서도 400km/h급 차세대 고속철도 차량(HEMU-400X) 개발 사업을 추진 중에 있다. 그러나, 열차 증속운전은 보다 높은 소음을 유발하게 되는데 국외에서 발표된 논문에 의하면 300km/h에서 350km/h로 증속 시 약 5dB(A), 그리고 400km/h로 증속 시에는 약 7dB(A)까지도 소음이 증가된다고 보고된 바 있다.

따라서, 증속에 따른 환경소음저감을 위해서는 저소음차량을 개발하는 것이 가장 바람직하나 이에 한계가 있으므로, 방음벽 높이를 증가시켜야 한다. 그러나 방음벽 높이를 증가시키면 구조물 하중설계에 큰 부담을 주게 되고 열차 승객들의 가시권 또한 심각하게 침해받게 된다. 따라서, 증속에 따른 방음벽 높이 증가를 최소화하기 위한 대안으로 흡음블럭 또는 방음벽 상단장치의 설치가 제시되고 있다.

따라서, 본 연구의 목적은 400km/h급 고속철도 소음저감용 방음벽 상단장치 개발을 위한 기초연구로 300km/h급 고속철도 구간에 설치되어 있는 방음벽 구간에서의 소음전파특성을 분석하기 위함이다. 이를 위해 300km/h로 운행되는 KTX 전용선 중 방음벽이 설치되어 있는 구간에서의 소음측정 및 소음전파특성에 관한 연구를 수행하고자 한다.

2. 소음측정 및 분석결과

2.1 소음측정방법

환경소음 저감을 위해 설치되는 방음벽의 소음전파특성 및 소음저감량 분석을 위해 방음벽이 설치된 고속철도 전용선 구간에서 소음측정을 수행하였다. 소음측정 및 분석장비는 B&K사의 Pulse 3560C를, 마이크로폰은 PCB사의 378B02(50mV/Pa)를 사용하였다. 또한, 측정전후 Pistonphone(NC-72)을 사용하여 측정신호의 감도를 확인하였고, 측정지점은 오송역 인근 하행방향 방음벽 설치구간이며 측정은 2011년 7월 20일에 수행하였다.

방음벽 후단으로 전파되는 소음특성분석을 위해 마이크로폰을 그림 1과 같이 설치하였다. 그리고, 주변 시설물에 의한 영향을 받지 않도록 방음벽 상단으로부터 0.5m 높이에 기준마이크로폰(CH1)을 설치하여 KTX 소음특성 및 주파수특성을 분석하였고, 이 지점에서의 측정값 중 소음레벨의 차이가 많이 발생하는 경우는 분석 시 제외하도록 하였다. 방음벽으로부터 마이크로폰까지의 이격거리는 각각 1m & 6m, 23.5m이며, 방음벽과 가까운 선로인 하선방향 중심선로부터 방음벽까지의 수평이격거리는 10.3m 이고 방음벽 높이는 레일 상면으로부터 4.6m 이었다. 그리고, 가시선 높이는 방음벽으로부터의 이격거리에 따라 그림 1과 같고, 측정결과는 ISO 3095에서 정한 통과소음도($L_{eq,passby}$)로 분석하였다.

$$L_{pAeq, T_p} = 10 \text{Log} \left(\frac{1}{T_2 - T_1} \int_{T_1}^{T_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \text{ [dB]}$$

L_{pAeq, T_p} : 통과시간동안의 A참감보정 연속음압레벨

$T_p = T_2 - T_1$: 통과시간(ISO 3095 중 Fig.1 참조)

† 윤제원; 정회원, 유니슨테크놀러지(주)
E-mail : jwyoong@unisontg.com

Tel : (041) 577-3457, Fax : (041) 577-3458

* 유니슨테크놀러지(주)

** 한국철도기술연구원

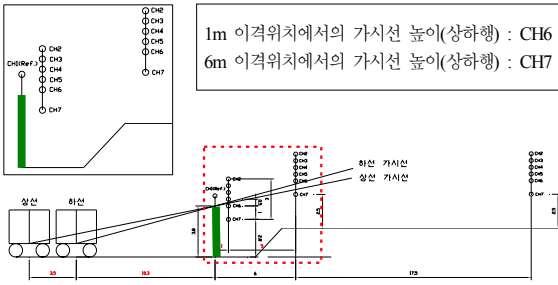


그림 1 소음측정을 위한 마이크로폰 설치위치



(a) 1m 이격 (b) 6m 이격 (c) 23.5m 이격
그림 2 측정지점 사진(방음벽으로부터의 이격거리)

2.2 소음측정결과

300km/h로 운행하는 고속철도의 소음특성을 그림 3에 나타내었는데, 열차 진출입시 피크가 발생하며 피크주파수는 2kHz인 것으로 분석되었다.

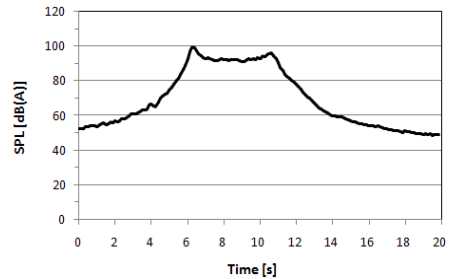
그리고, 방음벽 후단으로부터 동일한 이격거리에서의 높이별 소음레벨을 그림 4~그림 5에 나타내었는데, 가시선 하부에서 소음레벨이 급격히 저하되며, 측정높이별로 최대 14dB(A)까지도 차이가 나타남을 알 수 있는데 회절각($\angle AB$)이 작을수록 소음레벨 차이는 더욱 증가하고 있음을 알 수 있다. 반면에 방음벽으로부터의 이격거리가 23.5m인 경우에는 측정높이에 따른 회절각의 차이가 크지 않으므로 높이별 상호간의 소음레벨 차이도 3~5dB(A) 정도에 불과하는 것으로 나타났다.

표 1 회절각에 따른 소음레벨 차(SPL_{CH2} -평가점 CH_{xx})

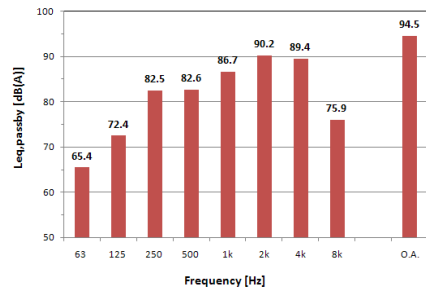
측정지점(방음벽으로부터 1m 이격위치)	하선방향	
	CH6	CH7
회절각($\angle AB$) [°]	165°	120°
소음레벨 차 [dB(A)]	1.5	13.8
회절각($\angle AB$)의 정의		

그림 4~그림 11은 방음벽으로부터의 이격거리에 따른 주행방향별 주파수특성을 나타낸 것이다. 우선, 1m 및 6m 이격위치에서의 주파수특성을 살펴보면 방음벽 상부 지점(CH1)과 비교 시 2kHz에서 피크주파수가 나타나는 특성이 크게 변하지 않으며 250~4kHz까지의 주파수에서는 10dB 이내의 차이를 나타내고 있는 것으로 나타났다. 반면에, 그림 12~그림 13에서 보는 바와 같이 23.5m 이격위치에서의 주파수특성을 살펴보면 2kHz에서 피크주파수를 나타내고 있기는 하지만 방음벽 회절감쇠에 의한 고주파영역에서의 소음저감영향으로 250~4kHz까지의 주파수에서는 5dB 이내의 차이를 나타내고 있으며, 250~500Hz가 상대적으로 많이 부각되어지는 것으로 분석되었다. 따라서, 향후 환경소음저감용 상단장치 개발 시 고주파영역에 대해서는 흡음재를 이용한 소음저감효과를 얻도록 접근하는 방안이 바람직하리라 판단된다.

다만, 그림 7(하행방향, 1m 이격위치)에서 보는 바와 같이 250Hz 부근에서 특이하게 피크를 나타내는 원인에 대해서는 보다 많은 측정을 통한 추가적인 분석이 필요하리라 판단된다.



(a) 시간이력특성



(b) 주파수특성(하행방향 중점선로에서 측정점까지의 이격거리 : 10.3m)

그림 3 고속철도 상행방향 주행(300km/h) 시 'CH1' 위치에서의 소음특성

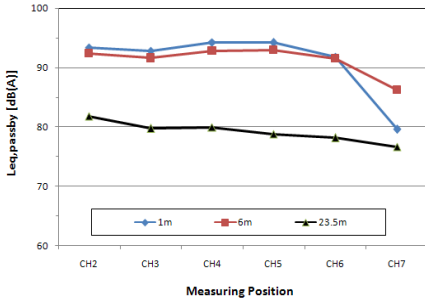


그림 4 300km/h 상행방향 주행 시 마이크론 설치위치에 따른 이격거리별 통과소음도 측정결과

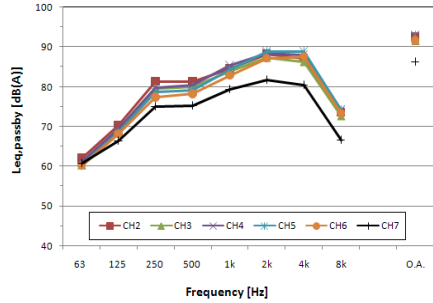


그림 8 300km/h 상행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리 6m 위치에서의 높이별 주파수특성 측정결과

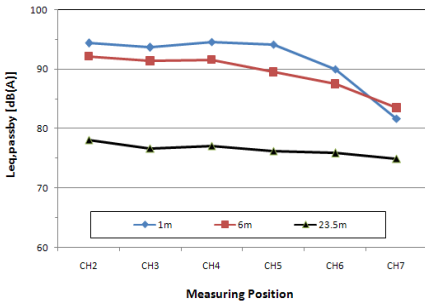


그림 5 300km/h 하행방향 주행 시 마이크론 설치위치에 따른 이격거리별 통과소음도 측정결과

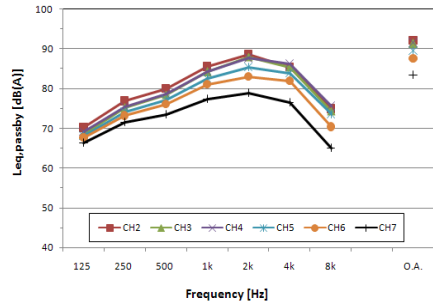


그림 9 300km/h 하행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리 6m 위치에서의 높이별 주파수특성 측정결과

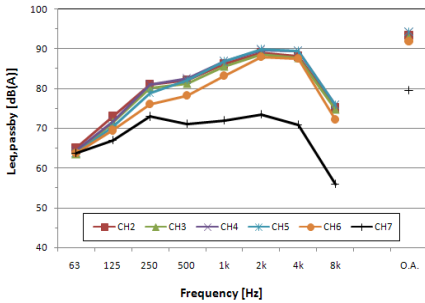


그림 6 300km/h 상행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리 1m 위치에서의 높이별 주파수특성 측정결과

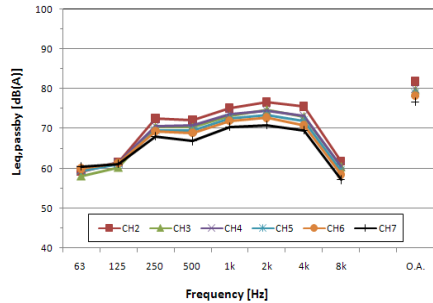


그림 10 300km/h 상행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리 23.5m 위치에서의 높이별 주파수특성 측정결과

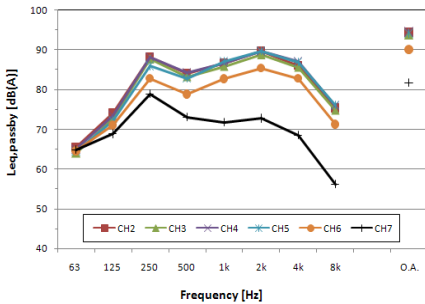


그림 7 300km/h 하행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리 1m 위치에서의 높이별 주파수특성 측정결과

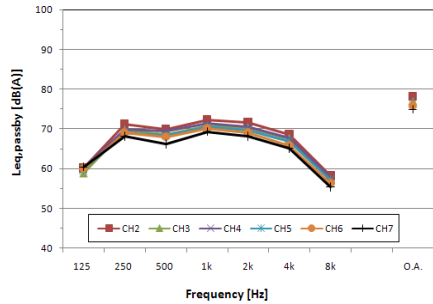


그림 11 300km/h 하행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리 23.5m 위치에서의 높이별 주파수특성 측정결과

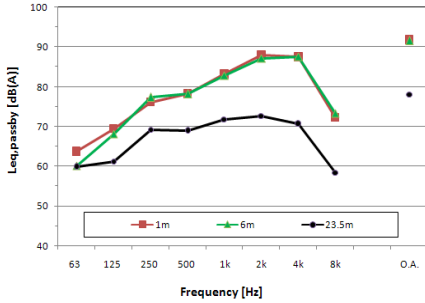


그림 12 300km/h 상행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리별 'CH6' 위치에서의 주파수특성 측정결과

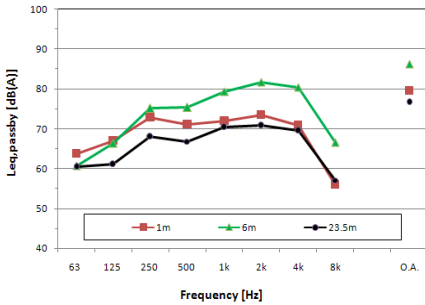


그림 13 300km/h 상행방향 주행 시 방음벽으로부터 이격거리별 'CH7' 위치에서의 주파수특성 측정결과

3. 결 론

본 연구의 목적은 고속철도 구간에 설치되어 있는 방음벽 구간에서의 소음전파특성을 분석하기 위함이다. 이를 위해 300km/h로 운행되는 KTX 전용선 중 방음벽이 설치되어 있는 구간에서 소음측정을 수행하였으며, 이에 대한 주요 연구결과는 다음과 같다.

- 1) 300km/h로 운행하는 고속철도의 소음특성은 열차 진출입시 피크가 발생하며 피크주파수는 2kHz인 것으로 분석되었다.
- 2) 방음벽 후단에서의 소음측정결과 측정높이별로 최대 14dB(A)까지도 차이가 나타남을 알 수 있는데 회절각($\angle AB$)이 작을수록 소음레벨 차이는 더욱 증가하고 있음을 알 수 있다.
- 3) 방음벽으로부터 23.5m 이격위치에서의 주파수특성을 살펴보면 2kHz에서 피크주파수를 나타내고 있기는 하지만 방음벽 회절감쇠에 의한 고주파영역에서의

소음저감영향으로 250~500Hz가 상대적으로 많이 부각되어지는 것으로 분석되었다. 따라서, 향후 환경소음저감용 상단장치 개발 시 고주파영역보다는 중저주파수 대역을 목표로 설계하되 고주파영역에 대해서는 흡음재를 이용한 소음저감효과를 얻도록 접근하는 방안이 바람직하리라 판단된다.

- 4) 본 연구를 통하여 얻은 결과는 향후 환경소음을 저감시키기 위한 상단장치 개발 시 주파수특성 및 개발방향 수립에 도움을 줄 것으로 예상된다.

후 기

이 연구는 한국건설교통기술평가원에서 발주한 400km/h급 고속철도 인프라 시범적용 기술개발 과제 중 '고속철도 400km/h 운영을 위한 환경소음 저감 핵심기술개발연구'에 의해 수행되었습니다.

참 고 문 헌

- (1) 건설교통부, '고속철도기술개발 통합 및 총괄', 2006.
- (2) 김정태, '차세대 고속철도차량 실내외 소음저감 기술개발', 기계저널 Vol.50 No.5, pp36~39, 2010.
- (3) 김정태 외 1인, '철도환경소음을 줄이기 위한 소음감소기의 설치제한', 한국철도학회논문 제10권 제3호, pp278~283, 2007.
- (4) 조준호 외 4인, '철도소음 저감용 방음벽의 현장 소음저감 성능분석에 관한 연구', 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp880~881, 2009.
- (5) 윤해동 외 2인, '방음벽 설치에 따른 철도소음의 수직음압레벨 분포특성에 관한 연구', 한국소음진동공학회 추계학술대회논문집, pp1099~1103, 2002.
- (6) C.Mellet, 'High speed train noise emission : Latest investigation of the aerodynamic/rolling noise contribution, Journal of s&v 293, 2006.
- (7) C.Talotte, 'Aerodynamic noise : a critical survey', Journal of s&v 231, 2000.
- (8) ISO 3095-2005, Railway application-Acoustics, Measurement of noise emitted by railbound vehicles