

고속철도 구간 방음벽 상단 형상에 의한 음장 해석 및 효과 Effectiveness and Sound Field Analysis of Top Sections of Noise Barriers for High-speed Railway Lines

고효인* 한환수*

Hyo-In Koh

Key Words : Noise Barrier, High-speed Railway

ABSTRACT

On the basis of theoretical studies on the effect of the cylinders attached to semi-infinite screens, the effect of the tangential sound power-transport along the cylindrical top section of noise barriers is studied. Four types of acoustical mechanism between the surface of the cylinder and the adjacent air particles are investigated, namely $Z \rightarrow \infty$, $Z \rightarrow \rho c$, $Z \rightarrow 0$ and actively controlled surface sound field. In active control case the sound power parallel to the surface of the attached cylinder is minimized by means of a secondary sound field, which is generated from a part of the attached cylinder. In each case the change in the acoustical shadow zone was shown and compared. The numerical study shows the possibility of deflecting the incident sound by minimizing the acoustical surface impedance of the upper sections.

1. 서론

현재 운행중인 경부고속철도구간의 방음벽의 형태로는 전형적인 수직형태의 방음벽(레일위 2.4mH), 말단 절곡형 수직방음벽(상단에서 트랙을 향하여 45도 각도로 꺾어진 0.4m 길이의 부분이 있다)이 있으며 후자의 경우 기울어진 부분이 좀 더 길거나 휘어진 부분이 두 부분으로 나뉘어져 있는 경우로 나뉘어진다. 국내에서는 프랑스 CSTB에서 개발된 MITHRA 프로그램에 의해서 방음벽 효과를 예측하거나 시공 설계 및 성능평가 이루어져 왔으며 [1] 그

밖에 BEM 해석을 이용하여 효과연구 및 시뮬레이션이 이루어진 바 있다. 방음벽 설치의 궁극적 목표는 소음원의 직접전달 경로를 차단하여 수음위치의 소음레벨을 저감하는 데에 있으며, 현재 고속철도 환경소음 저감기술연구의 지표는 조망권을 위해서 최대한 방음벽의 높이를 낮게 유지하면서 소음저감 효과를 높여서 수음지역에서의 국내 고속철도 환경소음기준 (Table.1)을 만족시키는 데에 있다고 할 수 있겠다. 방음벽의 상단모서리는 방음벽 후면의 수음점까지의 소음원의 전파경로상에서 또 하나의 소음원으로 작용하기 때문에 방음벽 상단에서의 음향에너지의 저감하는 연구는 방음효과 향상기술의 주요안건이다. 본 논문에서는 방음벽 상단 모서리의 음향 임피던스에 따른 방음벽의 소음저감 효과의 향상도를 알아본다. 상단주변의 음향에너지의 흐름을 파악하고 수음점에서의 저감효과를 비교하여 본다.

† 책임저자, 한국철도기술연구원
E-mail : hikoh@krri.re.kr
Tel: (031) 460-5207, Fax: (031) 460-5279

* 한국철도기술연구원

**

Table.1 Noise criteria for high-speed vehicles

대상지역	시험선 외 구간		시험선 구간	
	개통 시	개통 15년 이후	개통 시	개통 15년 이후
지역 (A)	63	60	65	60
지역 (B)	68	65	70	65

(지역 (A) ; 주거지역 녹지지역, 준도시지역 중 취락지구 및 운동·휴양지구, 자연환경 보전지역, 학교·병원·공공도서관의 부지경계선으로부터 50m 이내)

(지역 (B) ; 상업지역, 공업지역, 농림지역, 준농림지역 및 준도시지역 중 취락지구 및 운동·휴양지구 외의 지역 미고시)

2. KTX 의 소음측정 결과

Figure 1 은 고속철도 300 km/h 운행구간에서 측정된 방음벽 설치 지역 (주거지역)의 수음거리 별 소음도를 나타낸다. Table 1. 과 비교했을 때의 방음벽 설치구간의 100 m 이격거리까지의 소음도는 기준치를 초과했으며, 이 지역의 경우 주된 소음주파수 영역은 250-4000 Hz 입을 알 수 있다.

3. 방음벽 상단의 음향임피던스에 따른 음장효과

3.1 계산모델

본 논문에서는 방음벽 상단 주변의 음장을 계산, 연구하기에 용이하면서도 현실적으로 모델실험이 나 설비가 가능하도록, 임의로 표면 음향임피던스

$$Z = -\frac{p(b)}{v_r(b)} \quad (1)$$

를 설정할 수 있는 반무한평면의 모서리에 부착된 원통을 상단모델로 선택하였다. 음원은 입사하는

무지향성의 선 음원을 선택했고, 계산에서는 상단 모서리로부터 음원까지의 거리 a 가 충분히 멀기 때문에 $(a \gg \lambda)$, $(a \gg r)$ 평면파가 입사하는 것으로 간주한다. 계산은 이차원에서만 이루어졌다.

레일로부터의 이격거리 (m)	12.5 (ch1)	25 (ch2)	50 (ch3)	100 (ch4)
총합소음도 (dBA)	76.37	74.49	71.53	65.88

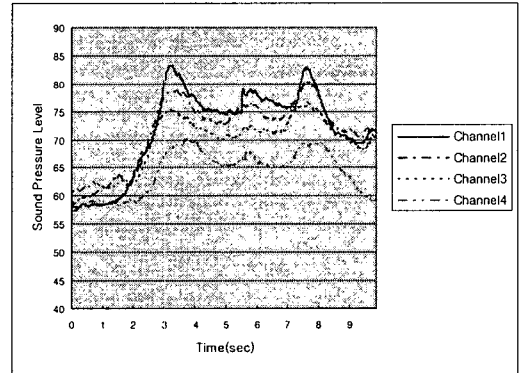
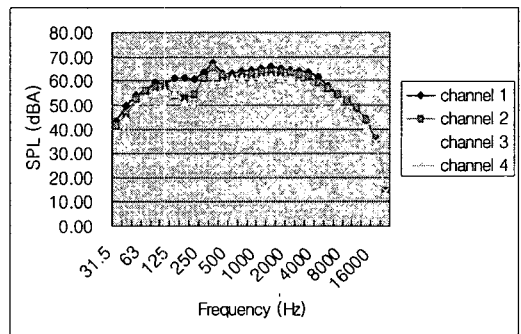


Figure 1 Sound pressure level of passing KTX at a speed of 300 km/h measured behind the noise barrier

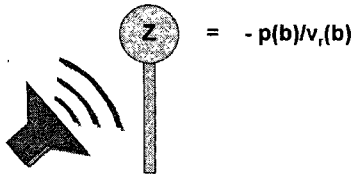


Figure 2 Model for calculation of the sound field around the noise barrier's top section

임의의 관찰점에서의 음압은 그 위치에서의 반평면 벽에 의해 야기되는 음압과 추가적으로 평면에 부착된, 임피던스 Z 가 무한대인 원통에 의해 야기되는 영향을 모두 합산해서 계산한다 ([2][3]).

3.2 음장효과 해석

임피던스가 각각 $Z = \infty$ (단단한 표면), $Z = \rho c$ (흡음형 표면), $Z = 0$ 과 능동음압제어를 한 경우의 네 가지 유형의 상단으로 인한 음장을 계산하여 상단장치 부분이 없는 단순한 방음벽이 존재하는 경우의 음압레벨과의 차이

$$Improvement = 10 \lg \left(\frac{|p_{without\ headpiece}|^2}{|p_{with\ headpiece}|^2} \right) \quad (2)$$

를 비교하였다 (Figure 4-7).

수음점의 위치는 그림 3의 R1에서 R7에 해당하며 이는 각각 레일로부터 0m, 1m, 2m, 3m, 4m, 5m, 6m의 높이를 의미한다. 그림 3은 네 번째의 경우인 “능동제어”로 상단 표면의 음장을 효율적으로 제어한 것을 나타낸다 [2][3].

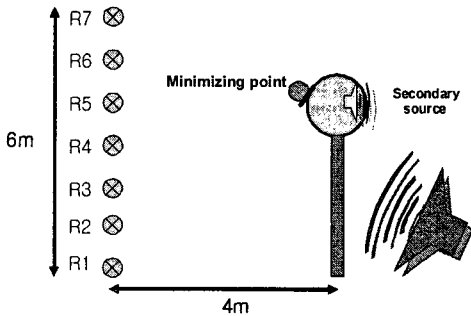


Figure 3 Actively controlled top section of a noise barrier for high-speed railway lines

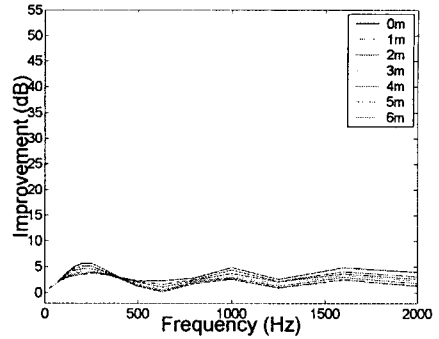


Figure 4 Improvement due to rigid ($Z = \infty$) surface

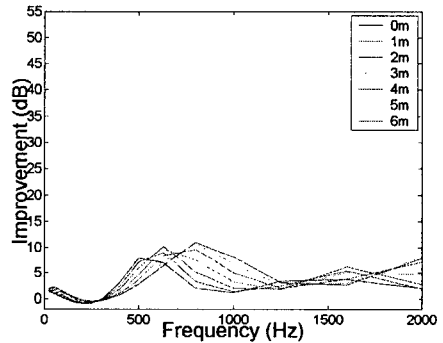


Figure 5 Improvement due to absorptive ($Z = \rho c$) surface

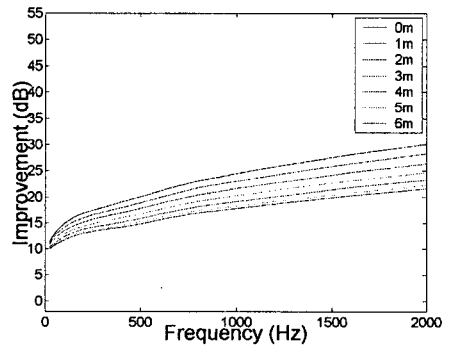


Figure 6 Improvement due to soft ($Z = \rho c$) surface

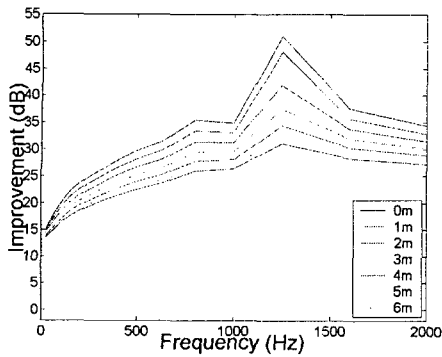


Figure 7 Improvement due to actively controlled surface

4. 결론

서론에서 언급한 바와 같이 방음벽 상단의 음장조건은 단순한 평면 방음벽의 소음저감 효과를 향상시키는 데에 중요한 역할을 하며, 방음벽의 높이를 최대한 낮게 유지하면서도 효율적으로 음향에너지의 흐름을 조정하여 저감효과를 향상시킬 수 있음을 해석적으로 확인 할 수 있었다. 단단한 표면의 원통형 상단장치인 경우 0-5 dB의 향상을 보였으며 흡음형인 경우 0-10 dB의 향상효과가 있으며 소리의 파장의 길이에 따라서 효과가 높은 주파수

영역이 두드러지며 이는 또한 수음점의 높이에 따라서 달라진다. Reflection coefficient r 이 $= 1$ 인 물체(단단한 표면)와 $r = -1$ 인 물체($Z=0$)는 주변의 음장으로부터 에너지를 가져가지 않는다는 공통점이 있지만 표면중변에서 일어나는 파워의 수송에 있어서나 그에 따라서 형성되는 그늘음장의 효과에서는 현저한 차이를 보인다. Figure 6의 경우 $Z = 0$ 인 상단장치는 10-30 dB 사이이며 6 m 수음위치에서도 전 주파수 영역에 걸쳐서 10-20 dB 까지 이르는 것을 볼 수 있다. 가장 높은 효과를 나타낸 것은 원통의 표면의 음장을 제 2 음원을 이용하여 효과적으로 제어한 경우이며 이에 대한 상세한 결과는 [2][3]에 기술되어 있다.

참고 문헌

- (1) 시험선구간 방음벽설계용역, 한국고속철도 건설공단, 1998
- (2) Koh, H., Möser, M., 2004, Efficiency of Actively Controlled Surface Impedance of Headpieces Attached to Noise Barriers, 'Building Acoustics', Vol.11, Nr. 2, pp. 115-131
- (3) 고효인, 이찬우, 방음벽 상단의 음장에 관한 능동제어, 소음진동공학회 논문집, Vol.15, No.8, 891-896