

철도소음 저감을 위한 방음벽 상단 간섭효과에 관한 연구

A Study on the Interference Effect of the Noise Barrier Edge for Railway Noise Reduction

심상덕* , 장강석** , 김영찬*** , 김두훈****

Sim, Sang-Deok Jang, Kahg-Seok Kim, Young-Chan Kim, Doo-Hoon

Abstract

We have made known the study of shape development of interference device for vehicle noise control. It's primary object greatly attenuate the noise due to transport vehicle by small products installed on the noise barrier edge. Also, it is able to improve the insertion loss of a noise barrier without increasing the height of noise barrier. The present time, we set up a newly manufactured products on the noise barrier edge and testify to it's the performance use of an experiment and evaluation for the reduction of railway noise. In this paper the frequency characteristic of interference device of noise barriers with attached newly developed products in terms of shape, absorptive material and split panel, are examined using field test around of railroad.

1. 서론

도시의 인구집중화로 인한 교통문제 해결방안으로 철도는 정시운행과 대량수송이라는 장점으로 인해 계속 증설되고 있으나, 철도가 도심을 통과할 때 발생하는 소음은 인근 주민의 불만을 가중시키고 있는 추세이다. 아직까지는 철도소음을 줄이기 위한 가장 일반적인 대책으로 철도연변에 방음벽을 설치하고 있으며, 최근 방음벽의 개발 및 성능개선연구가 활발히 진행되고 그 종류도 점점 다양해지고 있다. 기존의 흡·차음 방음벽이 성능만을 고려하였다면, 지금은 음향성능 뿐만 아니라 도시미관을 해치지 않고 주민의 시야확보에도 상당한 노력을 기울이고 있다. 방음벽이 주민의 시야저해와 도시미관을 해치는 가장 큰 이유 중 하나가 소음을 보다 더 줄이기 위해 방음벽의 높이가 높아가고 있기 때문일 것이다. 한편 갈수록 고층아파트 건설이 증가하고 있어 높은 수음영

* 유니슨산업 기술연구소, 주임연구원

** 유니슨산업 기술연구소, 선임연구원

*** 유니슨산업 기술연구소, 책임연구원

**** 유니슨산업 기술연구소, 연구소장

역 주민의 소음피해가 크게 대두되고 있으며, 이러한 문제를 해결하기 위해서는 방음벽의 높이가 높아 질 수밖에 없는 실정이다. 그러나 방음벽을 높게 설치하더라도 가시선상 보다 높은 수음지점에서는 방음벽의 효과가 거의 없어, 가시선 보다 높은 수음지점의 소음저감을 위한 연구개발이 시급한 실정이다.

본 논문에서는 이미 수 차례 발표된 바 있는 음의 소멸간섭 소음저감기법이 적용된 방음벽상단 소음저감장치를 실제 선로연변에 설치하여 현장성능평가를 수행하였다. 이러한 성능평가를 통해 방음벽의 효과를 기대할 수 없는 가시선 상부의 소음저감에 관한 제어기법을 확보하였으며, 차종 및 주파수대역 별 감음 특성에 대한 설계자료를 확보하였다. 한편 성능평가를 위해 현장측정은 방음벽이 없는 경우, 단순방음벽을 설치했을 경우, 그리고 방음벽상단에 가시선 상부 소음제어를 위한 소음저감장치를 설치한 경우에 대해 각각 수행하였다.

2. 간섭효과를 이용한 저감장치

본 연구에서는 방음벽 상단에 그림 1과 같은 형상을 갖는 소음저감장치를 설치하여 방음벽상단 뒤편 가시선 상부 수음지역의 소음을 제어하고자 하였다. 이러한 소음저감 원리는 장치 입구단을 통해 들어오는 입사음이 장치내부 스피리트(Split)를 통과하면서 음이 지연되어 출구단으로 방출되는데, 이음과 방음벽 상단으로 직접 회절하는 음을 서로 다른 위상으로 만나 음 에너지 자체가 소멸된다. 한편, 출구단을 통해 나오는 음은 발생소음환경에 따라 내부 스피리트 배치기법을 통해 튜닝되며, 소멸간섭영역은 방음벽상부 뒤편 가시선 상부에 큰 소음저감 영역을 형성하도록 하였다. 본 연구에서는 적용장치 내부격자의 길이, 폭, 위치 등이 철도소음제어에 적합하도록 되어 있으며, 1차 소멸간섭 주파수대역은 일반방음벽으로 제어가 힘든 500Hz 이하에서 나타나도록 구성되어 있다.¹⁾

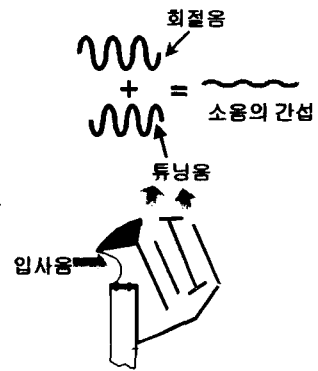


그림 1 음 소멸간섭원리 및 형상

3. 성능평가 방법

3.1 데이터의 분석방법

철도소음측정 공정시험법에 준하여 등가소음도는 주/야간 1시간 연속적으로 측정하였으며, 소음이 가장 심한 시간대에 측정을 수행하였다. 측정시간대는 공정성을 기하기 위해 주/야간 같은 요일에 4시에서 5시까지 측정하였고, 야간은 22시부터 23시까지 1시간 동안 등가소음도(Leq)를 측정

하였다. 암소음과 최고소음의 차이가 10 dB(A)이하인 경우와 암소음이 상당히 크다고 판단되는 경우는 식(1)과 같이 철도소음을 측정하였다.

$$L_{eq}(1h) = \bar{L}_{max} + 10 \log(N) - 32.6 \text{ dB(A)} \text{-----식(1)}$$

여기서 $\bar{L}_{max} = 10 \log \left[(1/N) \left(\sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{maxi}} \right) \right]$

N = 1시간 동안의 열차통행량(왕복대수)

L_{maxi} = i 번째 열차의 최고소음도 [dB(A)]

$$\overline{SPL} = 10 \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (10^{0.1L_i}) \right) \text{-----식(2)}$$

n : 열차 통과대수

L_i : i 번째 열차의 측정소음도

식(2)에 의해 열차의 종류별로 평균소음도(\overline{SPL})를 방음벽설치 전·후와 저감장치 설치 후의 소음 저감효과를 비교평가 하였다.

3.2 측정지형 및 방법

측정장소는 일반적인 철도소음의 특성을 잘 표현할 수 있는 그림 2와 같은 지역에서 실시하였다. 측정지점은 그림에서 나타난 바와 같이 마이크로폰을 방음벽 앞 4m 지점(p1)에 높이 1.5m로 설치하고 방음벽 뒤 9m 떨어진 지점에 높이 4m(p2)와 7m(p3)에 각각 설치하여 열차운행 소음과 등가소음도를 측정하였다.

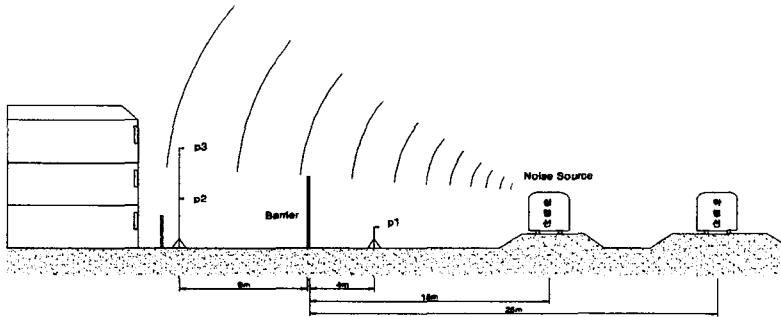
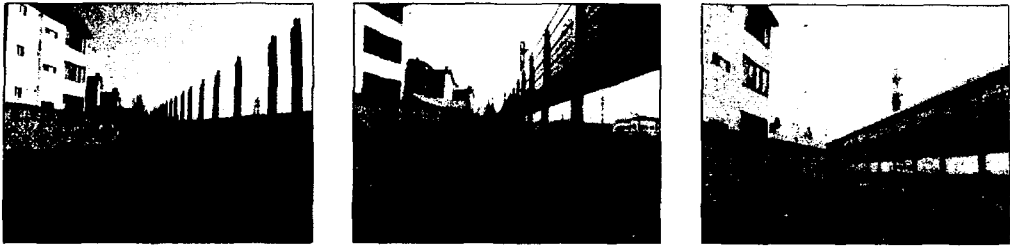


그림 2 소음저감장치의 성능평가를 위한 지형 및 측정지점

그림 3에 방음벽 설치 전, 5m 방음벽 설치 후, 그리고 음 소멸간섭기법이 적용된 소음저감장치

가 설치된 후의 소음측정 전경을 나타내었다. 현장측정은 온도, 습도 등의 환경조건 뿐만 아니라 측정시간대, 암소음, 열차운행 횟수 등 될 수 있으면 동일한 환경을 갖출 수 있도록 하였다.



(a) 방음벽 설치 전 (b) 5m 방음벽 설치 후 (c) 저감장치 설치 후

그림 3 소음저감장치 성능평가를 위한 현장전경

3.3 열차운행에 따른 발생소음특성

철도소음제어를 위한 효과적인 소음저감장치의 개발을 위해서는 열차운행 소음원의 특성을 명확히 측정된 후에 주요 감음 대상 주파수대역을 정하고, 음향해석 및 기존자료를 통한 예측을 병행하여 실측치와 비교 검토를 통해 신뢰성 있는 자료를 얻는 것이 중요하다. 또한 측정지역의 지형, 주변 환경, 암소음, 거리감쇠 등을 고려한 자료를 확보하는 것도 필수적이다. 그림 4의 (a)와 (b)는 방음벽이 없는 상태에서 측정된 p1, p3 위치에서의 열차소음 주파수특성이다. 이러한 주파수특성은 p1과 p3지점에서 동시에 소음을 측정함으로써 보다 효과적인 소음원 자료를 얻을 수 있으나, 측정 사정상 p1 지점에서만 측정을 수행하였다. 측정지역의 소음은 전형적인 열차소음과 마찬가지로 1000Hz를 중심으로 100Hz~4kHz 범위의 넓은 주파수 특성을 갖고 있었으며 디젤엔진을 갖는 열차의 경우 125Hz 부근에서도 큰 소음레벨을 보였다²⁾.

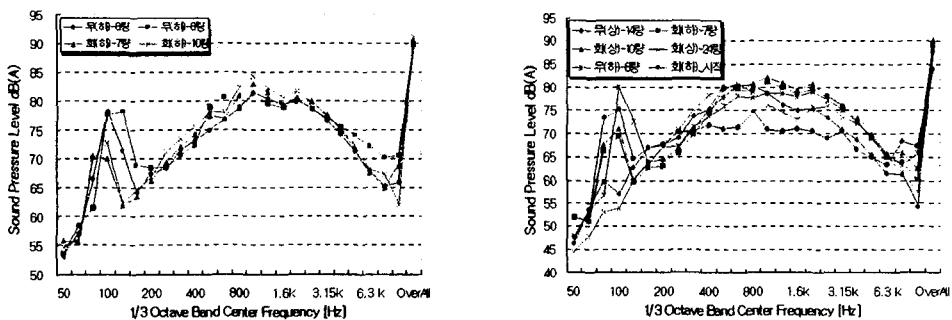
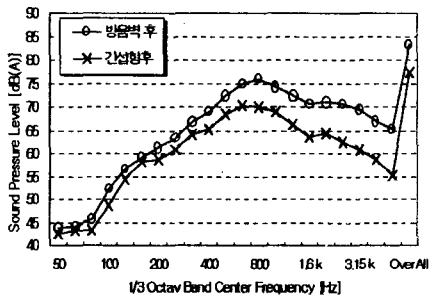


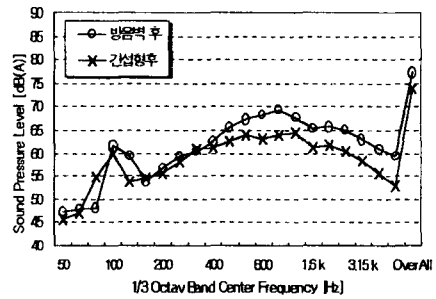
그림 4 성능평가지역의 발생소음특성

4. 성능평가 결과

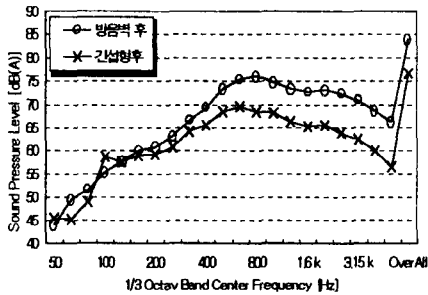
열차의 속도가 비교적 일정한 새마을호와 무궁화호를 대상으로 각 10회 이상 측정하여 기적을 올리거나 상대적으로 특이한 자료는 폐기하였으며, 그림 5에서 5m 일반방음벽과 소음저감장치 설치 후의 소음도를 주파수 대역별로 평균(\overline{SPL})하여 나타내었다. 또한 열차운행에 따른 발생소음 평균소음도(Over all값)로 상호비교 분석하여 그림 6에 나타내었다. 소음저감장치를 설치한 경우, 5m 방음벽만 설치 한 경우에 비해 새마을호의 상행선은 7m(p3) 위치에서 5.7dB, 하행선은 3.5dB의 감음효과가 있었으며 무궁화호는 상행선 7.3dB, 하행선 4.5dB의 소음저감효과가 있는 것으로 나타났다. 또한 4m(p2) 위치에서는 새마을호의 경우 상행 2.7dB, 하행 2.3dB의 소음저감효과를 나타내었다. 소음저감장치 적용 후, 소음레벨은 방음벽과 가까운 상행선에서 보다 효과가 크게 나타났으며, 가시선 보다 높은 수음지점인 7m(p3) 지점에서 가시선 아래인 4m(p2) 지점보다 훨씬 큰 효과를 나타내었다.



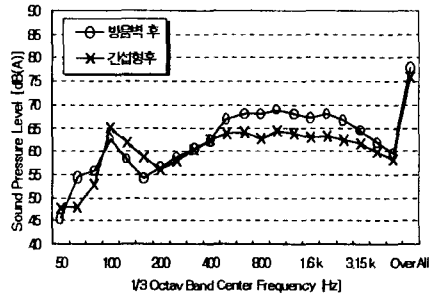
(a) 7m(p3)에서 새마을호(상행)



(b) 7m(p3)에서 새마을호(하행)



(c) 7m(p3)에서 무궁화호(상행)



(d) 7m(p3)에서 무궁화호(하행)

그림 5 방음시설물에 따른 소음저감효과 비교

측정자료를 분석하여 1시간 등가소음도로 상호 비교한 결과, 가시선상부인 측정지점 7m(p3)에서

주간 3.7dB 그리고 야간 4dB의 소음저감효과를 보였다. 등가소음도는 평균소음도(\overline{SPL})와 동일하게 7m(p3) 지점에서 효과가 더 큰 것을 알 수 있었으며, 표 1에 상세하게 나타내었다.

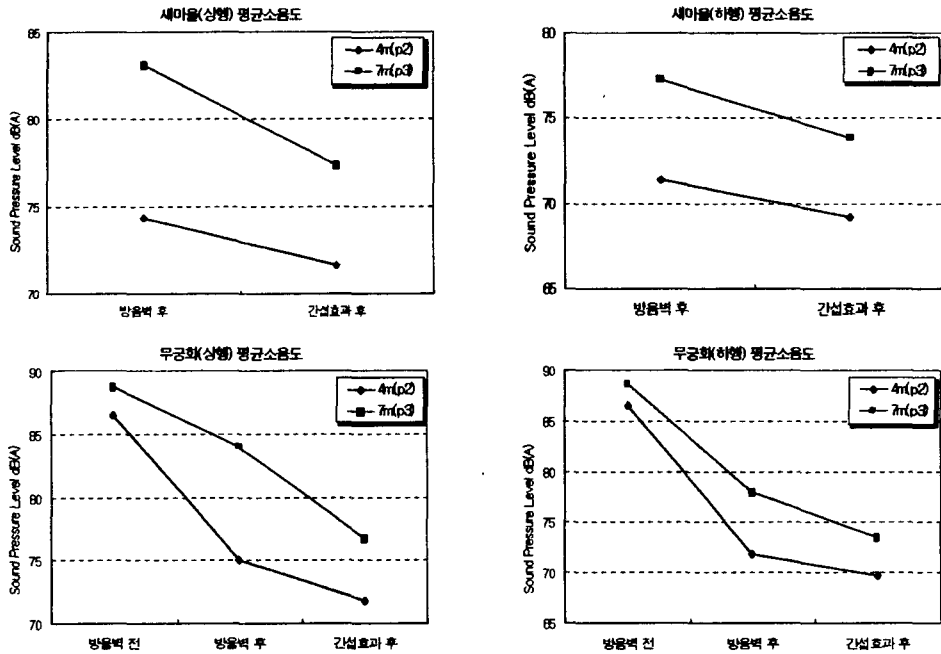


그림 6 소음저감장치 설치 후의 평균소음도 비교

표 1 등가소음도 비교 dB(A)

종류 \ 구분	주간 Leq		야간 Leq	
	3.5m	7m	3.5m	7m
방음벽 무	74.0	75.7	73.8	75.5
방음벽 후	64.6	72.1	63.1	71.8
저감장치 후	63.1	68.4	60.8	67.8
감음효과	1.5	3.7	2.3	4.0

5. 결론

본 연구에서는 가시선 상부의 간섭효과를 이용한 소음저감장치의 현장성능평가를 수행하였으며, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

(1) 방음벽 높이보다 높은 가시선 상부의 수음영역에서의 소음저감효과가 가시선 아래 수음영역보다 월등히 크게 나타나 충분히 기존방음벽의 높이를 낮출 수 있음을 확인하였다. 따라서 이러한

소음저감장치는 높은 수음영역의 소음제어에 효과적으로 활용될 수 있음을 확인하였다.

(2) 소음저감장치를 방음벽상단에 설치한 결과, 일반 단순방음벽만 설치된 때에 비해 열차소음이 가시선 상부의 수음영역에서 4.5dB정도 저감되었다.

(3) 1시간 등가소음도(Leq)의 경우도 단순방음벽만 설치 한 경우에 비해 약 4dB(A)의 소음저감 효과가 있었으며, 열차소음과 마찬가지로 가시선 상부의 소음제어에 효과적인 것을 알 수 있었다.

(4) 현 지역과 같은 경우 소음을 1dB 낮추기 위해서는 방음벽의 높이를 1m 정도 높여야 하는 것을 감안하면, 이러한 소음저감방법이 적용되면 방음벽의 높이를 낮출 수 있음이 입증되었다.

(5) 향후 다양한 환경에 대해 손쉽게 적용할 수 있도록 하는 DB화 및 현장 적용기법개발이 요구되고 있으며, 고속철도 등 다른 주파수특성을 갖는 소음원에 대한 지속적인 연구가 필요하다.

참고문헌

1. 장강석, 윤제원, 김영찬, 김두훈, “철도전파소음저감을 위한 간섭장치의 성능평가”, 한국철도학회, 2001년도 추계학술대회 논문집 pp. 192~197
2. 심상덕, 장강석, 김영찬, 김두훈, 조준호, 정우성, 2000, “ 철도연변의 방음시설의 소음측정 사례 보고”, 한국소음진동공학회 창립 10주년 기념 소음진동학술대회 논문집, pp. 1350~1354
3. 장강석, 심상덕, 김영찬, 김두훈, 2000, “철도소음 저감을 위한 간섭장치 개발” 한국철도학회 논문집, pp. 537~542
4. 장강석, 심상덕, 김영찬, 김두훈, 2000, “교통소음제어를 위한 간섭형 방음장치 형상개발에 관한 연구” 한국소음진동공학회 창립 10주년 기념 소음진동학술대회 논문집, pp. 1778~1783
5. “철도소음 저감용 방음벽 상단 간섭장치의 성능평가 연구”, 한국철도기술연구원 보고서