

방음벽상단 간섭장치 성능평가에 관한 연구

°장강석*, 윤제원**, 김영찬***, 김두훈****

The study of the experimental evaluation for the Interference Device on the noise barrier edge

ABSTRACT

Before 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. The present time, we set up a newly manufactured products on the noise barrier edge and testify to it's the performance make use of an experiment and evaluation. In this paper the performance of noise barriers with attached newly developed products in terms of shape, absorptive material and split panel, are examined using field test.

1. 서론

최근 교통량의 증가 및 운행차량의 속도향상에 따라 교통 소음·진동에 의한 영향으로 도로 및 선로 연변에 위치한 학교, 병원 아파트 주민 등의 불편이 날로 증가하고 있으나, 소음발생원이 상당히 넓은 주파수대역에 걸쳐 존재하고 있어 원하는 수준으로 소음을 제어하는 것은 대단히 어렵다. 이러한 교통소음은 주변환경, 지반, 그리고 수음구조물 등 여러 가지 조건에 따라 각기 다른 양상의

소음문제를 야기하고 있다. 근래에는 교통소음제어를 위한 방음대책이 이전의 단순한 차음벽 수준을 넘어 환경에 무해한 흡음재 사용, 기존 방음벽의 방음효율을 향상시킨 고효율 방음벽, 그리고 방음벽 설치 연변 주민의 조망과 일조권을 보호하기 위한 투명방음벽과 혼합형방음벽 등으로 다양화되고 있다. 물론 교통소음을 효율적으로 저감하기 위해서는 소음원 및 방음시설물에 대한 현실적이고 체계적인 측정 및 분석이 이루어지고, 방음시설의 설치에 따른 효과를 정확하게 예측하는 기술이 필요하다. 이러한 기술이 확보되어야만 적제적소에 경제적인 시공이 가능하므로 방음시설물의 설치효

* 유니슨 기술연구소 선임연구원
*** 유니슨 기술연구소 주임연구원
*** 유니슨 기술연구소 책임연구원
**** 유니슨 기술연구소 연구소장

과를 극대화 할 수 있을 것이다. 그러나 통상적인 교통소음원과 수음지점사이의 소음을 차단하는 차음 및 흡음시설 만으로 제어할 수 있는 소음수준은 일반적으로 5~15dB 내외로 알려져 있다.^{1)~2)}

그러므로 최근 갈수록 엄격해지는 환경소음규제치를 고려할 때, 기존 방음시설물과 병행하여 소음들 저감시킬 수 있는 기술개발이 시급히 요구되고 있다. 현재까지 방음시설물과 병행하여 사용이 가능한 국외의 소음저감장치로 극소수의 제품들이^{3)~4)} 있으나 특정주파수 및 설치환경에 따른 제어기법이 적용된 제품은 아직 개발된 사례가 없다. 당 연구소는 수년간 기존 방음벽의 단점보완, 성능개선, 그리고 주변환경에 적합한 제어기법 등에 대한 복합적인 시스템개발에 관한 연구를 지속적으로 수행하여왔다. 그리하여 지금까지의 꾸준한 현장경험, 측정 및 분석자료, 그리고 음향설계 및 해석기술을 바탕으로 새로운 소음저감장치의 형상개발을 이미 완료하였다.^{5)~7)} 또한 최근에는 주파수 및 감음영역에 대한 제어기법을 확보하고, 이러한 기술을 활용하여 교통소음저감에 가장 효율적인 제품을 개발하였다.

본 연구는 이 신기술 개발제품에 대한 현장적용 및 성능평가에 관한 연구로서, 교통소음이 발생하는 교통로 주변의 방음벽상단에 개발제품을 설치하고 설치 전/후의 성능평가를 수행하였다. 이와 같은 성능평가를 통해 음향예측의 타당성을 검증할 수 있었으며, 개발제품의 성능개선을 위한 자료를 확보하였다.

2. 방음벽상단 소음저감장치

새로 개발된 방음벽상단 소음저감장치는 방음벽의 단점인 낮은 주파수대역의 소음은 음파의 간섭효과를 이용해서 소멸시키고, 높은 주파수대역 및 광 대역 소음은 상단 음파의 회절부에 음에너지를 집중시킨 후 그 부위에 흡음재를 설치하여 소음을 저감시킨다. 이런 원리를 이용한 방음벽상단 소음저감장치는 신규방음벽 뿐만 아니라 기존방음벽에

도 적용할 수 있도록 개발되었으며, 폭 넓은 주파수대역을 갖는 교통소음을 가장 효율적으로 저감할 수 있다. 한편 특정주파수 및 감음영역 튜닝/적용기술로 개발된 소음저감장치는, 기존 기술로는 어려웠던 방음벽보다 높은 위치의 소음을 크게 저감시킬 수 있어 방음벽의 높이를 크게 낮추어 설계할 수 있게되었다.

3. 측정/분석 시스템

3.1 측정규격

소음측정은 ISO 10847:1997(E) "In-situ determination of insertion loss of outdoor noise barriers of all types" 및 소음공정 시험방법에 준하였다.

3.2 측정 및 분석방법

측정대상 소음원은 실제 차량이 운행할 때 발생하는 교통소음과, 이 교통소음의 음압레벨에 준해 Loudspeaker를 이용하여 1/3 옥타브밴드 별로 발생시킨 발생소음원을 사용했다. 차량이 운행할 때 발생하는 소음원을 이용하여 1시간 등가소음도 및 차량종류 별 소음특성을 평가하였고, Loudspeaker를 이용해서 발생시킨 소음원은 주파수별 음향특성을 연구하는데 이용하였다. 한편 설치 전/후의 성능비교를 위한 기준점은 방음벽 상단보다 1.5m 높은 지점에서 마이크로폰의 음압레벨로 하였다.

4. 현장적용 및 성능평가

4.1 성능평가 목적

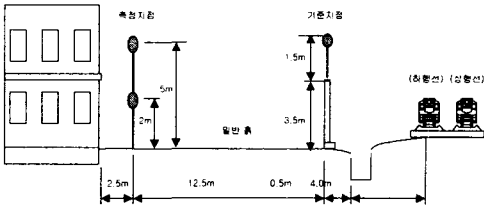
본 성능평가의 목적은 새로 개발된 방음벽상단 소음저감장치 현장적용 전/후의 방음성능을 평가하는 것으로, 소음저감장치의 감음영역 및 주파수 튜닝 기법의 타당성을 검증하는데 있다. 또한 음향해석과의 비교평가를 통해 방음시설물 설치 후에 대한 음향예측의 신뢰성을 높이고, 개발장치에 대한 성능을 향상시키고자 하였다. 물론, 본 연구의 최종목적은 교통소음문제가 심각한 지역에 적용하

여 소음도를 손쉽게 환경소음규제치 이하로 만족시키고, 환경 친화적인 방음시설 설치로 인해 인근 주민의 심리적인 불만족 해결 및 주변환경 미관을 개선시키는데 있다.

4.2 성능평가지역 및 발생소음특성

4.2.1 성능평가지역

성능평가 지역은 방음벽과 수음지점이 15m 밖에 떨어지지 않아, 현재 3.5m 방음벽이 설치되어있으나 심각한 소음문제가 발생 한 지역이다. <그림 1>에 지형조건 및 환경을 나타내었다.



<그림 1> 성능평가 지역의 지형조건

4.2.2 발생소음특성

현장측정과 기존자료를 면밀히 분석한 결과, 성능평가 지역에 발생하는 소음특성은 <표 1>과 같이 나타났다.

<표 1> 성능평가 지역의 발생소음특성

측정위치	1시간 등가소음레벨(dB(A))						
	125	250	500	1k	2k	4k	Over All
높이 6m 수음지점	63.0	60.2	63.0	63.1	63.3	59.3	70.0

4.3 BEM해석을 통한 음향예측

보다 실제적인 방음시설물의 설치환경을 고려하여 다양한 방음대책 별 음향해석을 수행하고 성능평가 지역의 소음예측을 수행하였다. 소음예측은

ISO 및 Kurse-Anderson 이론식, 그리고 범용 코드인 RAYNOISE 등을 이용 비교예측을 수행하였으며, 간섭효과파악을 위한 BEM 코드는 상용프로그램으로 타당성을 인정받고 있는 SYSNOISE를 사용하였다.

◇ 일반사항

소 음 원: 현장측정 및 기존자료를 바탕으로 1/3 옥타브밴드 별 주파수분포도 작성

해석모델: SYSNOISE(2차원 모델)

RAYNOISE(3차원 모델)

요소크기: λ (주파수)/6 이상으로 충분히 분할

◇ 해석결과

방음벽의 높이 증가 및 방음벽상단 소음저감장치 설치 전/후에 따른 소음예측결과, 소음저감장치를 설치하면 1차 소멸간섭에 의해 기존방음벽으로는 제어가 힘든 500hz에서 좋은 방음성능을 보였다. 기존방음벽을 1m 높이고 소음저감장치를 설치할 경우 6m 높이의 방음벽 설치할 때 보다 훨씬 효과가 뛰어난 것으로 평가되었다.

한편, 성능평가지역의 소음원 중 125Hz 주파수대역은 소음원의 발생위치가 높아, 이 위치까지 방음벽을 높이지 않을 경우 제어가 힘든 것으로 나타났다. 또한, 2000Hz와 4000Hz에서는 방음 판 진동음에 기인한 소음영향이 큰 것으로 나타났다. 이와 같은 이유로 본 음향예측에서는 위 주파수대역들을 포함한 소음예측과 이 주파수영역들을 제외한 영 소음예측을 각각 수행하였으며, 예측결과는 <표 2>에 나타내었다.

<표 2> 소음저감장치 설치 전/후 음향예측결과

특정소음(125Hz) 포함유무	단순 방음벽		저감장치 설치 시	
	3.5m	6.0m	3.5m	4.5m
제외 시	67.3	62.5	59.8	59.4
포함 시	70.0	-	63.0	-

5. 현장측정 및 분석

기존 설치된 3.5m 방음벽을 4.5m로 높이고 방음벽상단 소음저감장치를 설치 전/후의 소음측정을 하였으며, 일관성 있는 소음도 산정을 위해 모든 측정은 평일 22:00~23:00까지 동일한 시간대에 측정하였다. 실제 교통소음원을 이용해 등가소음도 및 열차별 소음특성을 파악하기 위한 측정위치는 방음벽 뒤로부터 5m, 12m, 10m 떨어진 거리에서 높이별(2m, 3m, 5m, 5m)로 측정하였다. 한편 인위적인 발생소음원을 이용해 주파수별 간섭효과를 분석하기 위한 측정위치는 방음벽 뒤 2.5m, 5m, 7.5m, 10에서 높이별(1.5m, 3m, 4.5m, 5m, 6m)에서 측정하였다. 소음저감장치 설치 전/후의 측정결과를 <그림 2>~<그림 3>에 나타내었다.



<그림 2> 4.5m 방음벽 소음측정 전경사진



<그림 3> 저감장치 설치 후 소음측정 전경사진

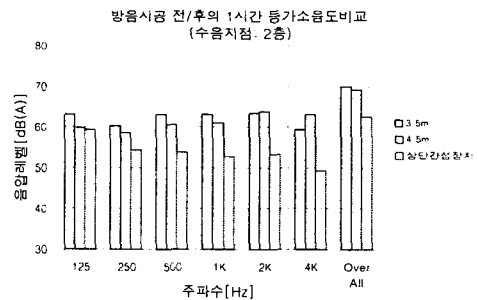
1시간 등가소음도는 LD2900과 LD3200을 이용 0.1초 간격으로 1시간동안 연속하여 측정한 결과를 이용하였다. 열차종류별 소음도 및 주파수특성과

을 위한 분석은, 계측기기를 통해 저장된 자료를 FFT 분석 후 ASCII 파일로 처리하여 그래픽화 하였다. 또한 정확한 평가를 위해 측정자료 중 약간이라도 의심되는 자료는 저장된 Record Tape을 이용하여 다시 분석하였다.

5. 성능비교 및 평가

5.1 1시간 등가소음도 비교

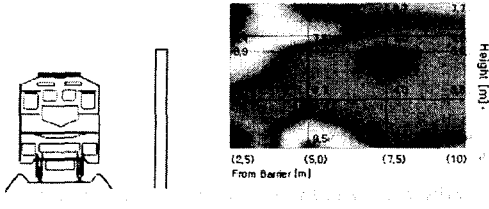
방음벽을 4.5m로 높이고 소음저감장치를 설치한 수음지점(이격거리 12m)에서의 1시간 등가소음도는 기존방음벽에 비해 2m 높이에서 67.2dB -> 59.3dB(A) 그리고 5m 높이에서 70dB(A) -> 62.6dB(A)로 소음이 7.4~7.9 dB 줄었다. 특히 방음벽보다 높이가 높은 위치의 소음도가 크게 줄었으며, <그림 4>에 수음지점(12m)-높이 6m에서의 1시간 등가소음도를 나타내었다.



<그림 4> 수음지점의 1시간 등가소음도 비교

5.2 음원발생시험을 이용한 성능비교

소음저감장치 설치 전/후의 음원발생시험 결과, <그림 5>에 나타난 바와 같이 간섭영역에서는 간섭효과가 상당히 큰 것으로 나타났으며, 500Hz와 1250Hz에서 소멸간섭이 나타났다. 방음벽과 같은 높이를 갖는 측정위치에서는 500Hz영역에서 소멸간섭효과로 인해 최대 10dB 정도 소음이 저감됨을 알 수 있다.



<그림 5> 음원발생시험을 이용 성능평가

5.3 차량종류에 따른 성능비교

차량 운행 시 발생하는 소음은 주/야간 차이가 거의 없었으며, 방음벽과 가까운 위치(하행선)에서 운행되는 차량에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다. 무궁화(하행선)의 경우, 수음지점(방음벽 이격거리 12.5m)-측정높이 3m에서 3dB 그리고 측정높이 6m에서 4dB 정도 소음이 저감되었다. 화물열차(하행선)의 경우는 무궁화보다 2~3dB 정도 더 큰 소음저감효과를 나타냈다.

6. 결론

▶ 성능평가지역의 소음도는 현재 환경소음규제치인 65dB(A)를 훨씬 상회하는 70dB(A)로서 기존시설 및 주변환경을 고려할 때 단순히 방음벽만으로 소음을 낮추기 어려웠다. 그러나 방음벽상단 소음저감장치를 병행설치 함으로서 기존 방음벽의 높이를 크게 높이지 않고서도 큰 소음저감효과를 거둘 수 있었다.

▶ 차량 운행 시 발생하는 소음은 주/야간 차종별로 큰 차이를 보이지 않았으며, 방음벽에 가까운 위치에서 운행하는 차량에 의한 영향이 큰 것으로 나타났다.

▶ 기존 방음벽을 4.5m로 높이고 측정하였을 때는 방음벽보다 높은 위치인 6 높이의 수음지점에서는 소음저감효과가 거의 없었으나, 소음저감장치 설치

후에는 음압레벨이 현격히 줄어 높은위치의 소음 감소에 탁월한 효과가 있음이 입증되었다.

▶ 본 연구를 통해 기존방음벽의 성능보완 및 환경미관을 크게 개선시킬 수 있는 소음저감장치의 성능이 입증되었으며, 음향해석을 이용한 음향예측의 타당성을 검증할 수 있었다.

▶ 본 연구에서는 음향예측을 수행하여 설치환경 및 여건에 따라, 적절한 감음영역 및 주파수투닝이 가능하도록 하였다. 따라서, 향후 교통소음 문제가 대두되는 영역에 본 소음저감장치가 적용되면 손쉽게 소음문제를 해결할 수 있음을 알 수 있었다

참고문헌

- (1) "방음시설의 구조 및 설치기준 제정을 위한 연구", 한국환경과학연구협의회, 1994
- (2) "방음벽의 성능 및 설치기준", 환경부, 1999
- (3) Areg Gharabegian, Improving Soundwall Performance Using Route Silent, Inter-noise, July 1995.
- (4) Kohei Yamamoto, Yutaka Shono, Hiroaki Ochiai, Yoshihiro Hirao, Measurements of Noise Reduction by Absorptive Devices Mounted at the top of Highway Noise Barriers, Inter-noise, July 1995.
- (5) 장강석 외 3인, 철도소음 저감을 위한 간섭장치개발, 한국철도학회 춘계학술대회논문집, pp. 537-542, 2000.
- (6) 장강석 외 3인, 교통소음제어를 위한 간섭형 방음장치 형상개발에 관한 연구, 한국소음진동공학회 춘계학술대회논문집, pp. 1778-1783, 2000.
- (7) 김두훈 외 2인, 교통소음제어를 위한 간섭형 방음장치 개발연구, 대한전문건설협회 철물공사 기술자료집, pp.108-121, 9. 2000.