방음벽 전면형상에 따른 소음 효과 분석에 관한 연구 The Analysis of Effect of Surface Shape and Pattern of Noise Barrier Panel on the Noise Reduction

김일호***[†] · 안호상* · 박종빈* · 김광수*** · 이주행** · 고준희***

IlHo Kim***[†] · Hosang Ahn* · Jong-Bin Park*

Gwang Soo Kim*** · Ju haeng Lee** · Junhee Ko***

*한국건설기술연구원 수자원환경연구본부 환경연구실

**과학기술연합대학원 건설환경공학과 · **서울시립대 에너지환경시스템 공학과

*Department of Water Resources & Environment Research, Korea Institute of Construction Technology

**Department of Construction Environment Engineering, University of Science and Technology

***Department of Environmental Engineering, University of Seoul

(2012년 11월 23일 접수, 2012년 12월 15일 채택)

Abstract : In recent decades, a lot of noise barriers have been installed along paved road in order to reduce the road induced noise, which increases as traffic volume grows. For better range of sight, transparent noise barriers are widely installed despite of reflecting noise. In this study, the effect of surface shape and pattern of noise barriers on the reduction of reflecting noise was analyzed to maximize the noise reduction. According to the number of shape and pattern, it was observed that there were noise reduction effect as of 0.9~1.5 dB(A). It was found that the spatial field where the noise concentrates or disperses changes according to the width of blocks on the barriers as well. It suggests that there might be possibility of surface shape modification to optimize the noise reduction technology.

Key Words : Reflecting Noise Barriers, Noise Reduction, Front Shape, Blocks on the front of Noise Barriers

요약 : 도심의 교통량의 증가와 더불어 급증하는 교통소음의 피해를 최소화하기 위하여 도로변 지역에 방음벽의 설치가 이루어지고 있다. 이에 따라 여러 형태의 방음벽 설치되었고, 그 형태와 재질에 따라 방음성능, 시야확보측면, 유지관리 등에서 장단점이 존재한다. 최근 꾸준히 적용되고 있는 반사형 투명형 방음벽의 경우, 시야를 확보할 수 있고 외관이 우수하지만 반사음의 영향을 고려해야 하는 단점이 있다. 본 연구에서는 방음벽 전면 형상에 의한 반사음의 영향을 분석하여 반사형 방음벽을 최적화하여 반사음의 영향을 최소화 하고자 하였다. 방음벽 전면에 두께가 다른 블록을 설치하고 일반 반사형 방음벽의 소음 반사 효과와 비교한 결과, 일반 반사형 투명 방음벽에 비하여 0.9~1.5 dB(A)의 소음저감 효과가 있었다. 또한 반사음이 증가 또는 감소하는 공간적 영역이 블록의 두께에 따라 변화하는 것을 알 수 있었다. 이러한 현상은 방음벽 전면 형상에 따라 소음의 집중 및 확산분포가 다양하게 변화하는 것을 나타내며 방음벽을 최적화하는 기술의 가능성을 보여주는 결과라고 판단하였다.

주제어 : 반사형 방음벽, 소음 저감, 반사음, 전면 형상, 방음벽 전면 블록

1. 서론

대도시의 산업화의 진행에 따라 도심의 과밀 현상이 심각해지고 있으며, 이러한 현상은 인구밀도의 증가 및 교통수단의 증가를 야기하였고, 도시내외의 도로변에 많은 공동주택이 건설되고 있는 실정이다. 또한 인구의 증가는 도심의 교통량의 비약적인 증가와 함께 도로교통소음 노출의 증가의 원인이 되고 있다. 이러한 도로교통소음은 도심지 전역에 건설된 도로에서 교통량, 교통흐름과 관련된 차량종류 및 차량운행 방법 등에 따라 시간적 변동성을 가지며 도로의 직진성, 토지이용의 조건, 건물이나 차폐물에 의한 음의 반사와 차폐효과 등의 요소의 영향을 받아¹⁾ 불규칙하게 반복적으로 발생하는 특성을 갖기 때문에 주거지역에서의 소음으로 인한 피해는 매우 크며, 이로 인하여 도로변의 공동

주택 거주 주민들은 지속적인 민원을 제기하고 있는 실정이다.²⁻⁵⁾ 정부에서는 소음규제지역을 지정 및 고시를 통해 소음규제를 위해 노력하고 있으나, 도로변에 있는 주거시설 등은 포함되어 있지 않아 효율적인 규제 및 대책 마련에 어려움이 있다.⁶⁻⁹⁾ 기술적인 측면을 살펴보면, 도로교통소음의 영향을 최소화하기 위한 수단으로는 도로변지역에 다양한 재질 및 형태의 방음벽의 설치가 이루어졌다.

방음벽의 성능을 평가는 반무한 직립벽 형상의 방음벽에서 음파의 경로차와 파장을 이용하여 삽입손실을 계산할 수 있는 실용적인 도표 및 계산식이 제시되고 있으며,^{10,11)} 방음벽의 효과를 개선하기 위하여 방음벽 상단에 한 파장 정도의 완전 흡음재를 추가로 설치하면 특정 주파수 영역에서 방음벽 전면을 완전흡음재와 동일한 효과가 있음¹²⁾을 제시하였다. 이러한 방음벽 중 대표적인 것은 흡음형 방음벽과

[†] Corresponding author E-mail: ihkim@kict.re.kr Tel: 031-910-0649 Fax: 031-910-0291

반사형 투명방음벽이다. 흡음형 방음벽은 흡음에 의한 소음 저감 효과가 뛰어난 장점을 가지고 있지만, 재료의 특성상 지역적 단절감, 지역적 단절감 및 일조부족에 의한 동절기 도로노면의 동결 등이 단점으로 제기되고 있으며, 반사형 투명방음벽은 경관적 우수성, 지역적 단절감의 최소화의 장점과 함께 반사음에 대한 고려가 필요한 단점이 있다. 또한 특정 주파수 대역에서의 공명현상을 이용한 방음벽 형상의 변화에 따른 소음저감 효과의 수학적 모델을 이용하여 방음벽 형상변화에 따른 가능성을 제시하였다.¹³⁾

본 연구에서는 반사형 투명방음벽의 반사음의 최소화를 위하여 방음벽 전면의 형상에 따른 소음저감 효과를 분석하여 주거밀집지역에서 우수한 경관성을 유지함과 동시에 반사음의 영향을 최소화 하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 소음 예측 모델

방음벽 형상에 따른 소음 저감효과를 산정하기 위한 모델 구축 및 소음 예측을 위하여 상용 소프트웨어인 RAYNOISE 3.1을 사용하였다. RAYNOISE 3.1 프로그램은 Ray tracing 기법을 기본으로 하며, 이러한 기법은 기하음향학(geometrical acoustics)을 기본원리로 하며 광파(light wave)를 광선(light ray)으로 가정하는 것처럼 음파(sound wave)를 음선(sound ray)으로 가정한다. 고체표면에서는 반사하고 반사할 때마다 에너지의 일부분을 잃어버리게 되는 원리를 이용하며, 이 방법은 중·고주파수 대역의 해석에 적합하며 특히 스케일이 큰 공간, 또는 옥외에서의 음장해석에 유리하다. 그 구체적인 방법으로는 레이추적법(Ray Tracing Method, RTM)과 거울형상음원법(Mirror Image Source Method, MISM)으로 구분될 수 있다.

음선 추적법은 음원에 의해 방출되는 에너지가 유한개의 음선을 통해 동일한 양으로 배분되어진다고 가정한다. Fig. 1 및 2에서 보는 바와 같이 각각의 음선은 음속으로 이동하며 고체면과 충돌하여 반사하게 되고 고체면에서의 흡음과 공기 중에서의 흡음으로 인해 에너지가 감소하게 된다. 음선이 갖고 있는 에너지의 양이 어느 수준 이하로 떨어질 때 그 음선은 음장에 아무런 영향을 주지 못하므로 계산을 멈

Fig. 1. Propagation and reflection of sound rays.

Fig. 2. First-order mirror image reflection paths.

추고 다음 음선에 대해 같은 계산을 반복한다. 모든 음선에 대해 이러한 계산을 한 후 특정지점의 음에너지를 계산할 때 그 지점에 지나가는 모든 음선의 에너지 레벨을 합한다. 거울형상 음원법은 가상의 음원을 벽을 사이에 두고 반대쪽에 위치시키는 방법으로 수음점으로부터 음원으로, 음의 반사 경로를 역으로 추적한다. 거울 이미지와 수음점을 잇는 선, 즉 SiR과 벽의 교차점을 찾아 1차의 반사경로를 찾아낼 수 있으며 이러한 과정은 필요한 차수의 거울이미지에 대해 진행된다.

2.2. 대상 모델

방음벽 전면 형상에 의한 반사음의 영향 정도를 분석하기 위하여 방음벽 전면의 세부 블록의 크기는 가로 50 cm, 세로 50 cm의 형상을 기본으로 하여 블록의 두께에 따라 10, 20, 30 cm를 모델링하였다. Fig. 3은 방음벽 전면 형상을 모델링한 것이다. 또한 방음벽 전면형상에 따른 소음저감 효과의 시뮬레이션을 위하여 방음벽은 높이 5 m, 길이 5 m로

Fig. 3. The front shape of noise barrier.

Fig. 4. Forecasting modelling according to the front shape of noise barrier.

설계하였으며, 수음점은 도로변과 방음벽의 수직 단면으로 길이 14 m, 높이 10 m로 설정하여 소음 예측 모델을 Fig. 4와 같이 구성하였다.

소음원은 도로교통소음을 감안하여 선음원으로 구성하였으며, 소음원의 소음레벨은 Table 1과 같이 구성하였다. 방음벽의 재질은 반사형 투명 재질을 고려하기 위하여 glass로 선정하였으며, 재질의 흡음률은 63 Hz에서 8,000 Hz까지 1/1 Octave band에 따른 Table 2와 같이 시뮬레이션에 제시되어 있는 흡음률을 적용하여 모델링 하였다.

Table 1. Sound power level in various frequency

Frequency (Hz)	Sound power level (dB(A))
63	100
125	100
250	100
500	100
1,000	100
2,000	100
4,000	100
8,000	100

Table 2. Sound absorbing coefficient of each frequency by materials

Frequency (Hz)	Sound absorbing coefficient	
	Glass	Concrete
63	0.03	0.07
125	0.04	0.08
250	0.05	0.04
500	0.06	0.03
1,000	0.06	0.03
2,000	0.07	0.02
4,000	0.09	0.02
8,000	0.09	0.02

3. 연구 결과

방음벽 전면 형상에 의한 반사음의 영향 정도를 분석하기 위하여 가로 50 cm, 세로 50 cm의 세부 블록의 두께를 10, 20, 30 cm로 조절하여 설계하였으며, 높이 5 m, 길이 5 m의 방음벽 전면에 3차원으로 설계하여 소음 시뮬레이션을 하였다. 이러한 결과는 연구 대상 방음벽과 규격이 같은 일반 반사형 방음벽의 소음 반사효과와 비교하였다. Fig. 5는 일반 반사형 투명 방음벽(유리재질)의 방음벽의 소음도를 공간적으로 예측한 것이다.

일반 반사형 투명 방음벽의 경우 반원 형태를 띠며 균일한 소음이 거리가 이격됨에 따라 감소하는 것으로 예측되었다. 이와 같은 소음원과 방음벽의 조건에서 방음벽 전면에 입체 사각형의 블록을 두께 10, 20, 30 cm로 변화시켜 소음의 공간적 분포를 분석한 결과는 Fig. 6~8과 같다.

소음 전면 블록의 두께에 따른 소음 예측결과, 전면 블록의 두께에 따라 소음도가 증가와 감소의 공간적 변화가 발생하는 것으로 예측되었다. 이러한 현상은 소음의 반사의 각도와 정도가 변화함에 따라 소음의 집중과 확산되는 공간적 위치가 변화하는 것으로 판단된다. 이러한 소음의 확산과 집중현상의 공간적 분포를 정량적으로 분석하기 위하여 일반 반사형 투명방음벽과 각각의 조건에서 비교 분석을 하였다.

Fig. 5. Result of noise prediction of transparent noise barrier.

Fig. 6. Result of noise prediction of block with thickness 10 cm.

Fig. 7. Result of noise prediction of block with thickness 20 cm.

Fig. 8. Result of noise prediction of block with thickness 30 cm.

Fig. 9~11에서 보는 바와 같이 이러한 결과를 예측지점의 공간적 분포를 정량적으로 분석하기 위하여 개별 소음 예측 지점을 좌표화 하였으며, 이러한 좌표에 대한 소음도를 보 간법을 이용하여 반사음의 공간적 분포를 분석하였으며, 분석한 결과는 다음과 같다. 또한 위 그림은 동일한 소음의 존재하에서 일반 방음벽과 전면 형상 방음벽의 소음도와의 차이로서 (+) 구간은 일반 방음벽에 비하여 소음도가 감소한 구간이며, (-)의 구간은 소음의 집중 현상으로 인하여 소음이 증가한 구간이다.

Fig. 9. Comparison of noise prediction between existing sound barrier and sound barrier with blocks (thickness 10 cm) on the front of noise barriers.

Fig. 10. Comparison of noise prediction between existing sound barrier and sound barrier with blocks (thickness 20 cm) on the front of noise barriers.

Fig. 11. Comparison of noise prediction between existing sound barrier and sound barrier with blocks (thickness 30 cm) on the front of noise barriers.

Fig. 9는 일반 방음벽과 전면블럭 10 cm 예측 소음도를 비교한 결과이다. 방음벽에서의 회절과 집중현상이 공간적으로 발생하는 것으로 분석되며, 소음도가 감소하는 구간에서는 최대 0.9 dB(A)이며, 소음이 집중되어 증가하는 구간에서는 최대 0.9 dB(A)인 것으로 나타났다.

또한 Fig. 10에서 보는 바와 같이 일반 방음벽과 전면블럭 20 cm의 두께인 경우의 소음도 비교로서 최대 소음도 감소치는 최대 1.2 dB(A)이며, 소음의 집중으로 인하여 증가하는 소음도는 최대 1.5 dB(A)인 것으로 분석되었다.

일반 방음벽과 전면블럭 30 cm의 두께인 경우에는 소음도 비교로서 최대 소음도 감소치는 최대 1.2 dB(A)이며, 소음의 집중으로 인하여 증가하는 소음도는 최대 1.2 dB(A)인 것으로 분석되었다.

본 연구결과, 다양한 방음벽의 전면블럭의 두께에 따라 소음의 집중 및 확산이 상이한 것으로 분석되었으며, 특히 소음의 집중과 확산되는 공간적 분포가 다양하게 변화하는 것으로 보인다.

4. 결론

본 연구는 반사형 투명 방음벽의 반사음의 최소화하기 위하여 방음벽 전면에 다양한 두께의 블록을 모델링하여 블록 두께에 따른 반사음의 영향을 분석하였다. 블록의 두께는 10, 20, 30 cm를 각각 모델링하였으며, 동일한 소음원에서 반사음의 집중 및 확산에 따른 공간적 소음도를 일반 반사형 투명 방음벽과 비교분석하였다. 두께에 따라 일반 반사형 투명 방음벽에 비하여 0.9~1.5 dB(A)의 소음저감 효과가 있는 것으로 분석되었다. 따라서 고층건물이 위치한 지역에 설치되는 방음벽의 경우, 고층에서의 반사음에 대한 영향을 최소화하기 위한 방안으로 활용이 가능할 것으로 판단된다.

특히, 반사음이 증가 또는 감소하는 공간적 영역이 블록의 두께에 따라 변화하는 것으로 분석되었다. 이러한 현상은 방음벽 전면 형상에 따라 소음의 집중 및 확산현상이 공간적으로 다양하게 분포되는 것을 의미하는 것으로 판단되며, 형상의 변화 및 두께의 변화를 통하여 주거지역에서 소음의 영향을 최소화하기 위한 최적화 기술이 가능함을 보여주는 것이라 판단된다. 이러한 최적화기술을 통하여 주거시설이 밀집한 도심지에서 방음벽 설치를 최소화하고 도로교통소음의 노출을 최소화하는데 기여할 것으로 판단된다.

전면 형상 방음벽의 소음저감을 위한 기초 연구는 방음벽 전면 블록의 형상의 조절을 통하여 소음의 집중현상을 통제하여 소음이 저감하는 위치 및 소음저감 수준을 향상시킬 수 있을 것이다.

사 사

본 연구는 한국건설기술연구원 주요사업(2012-0246)의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

KSEE

참고문헌

1. Ministry of Environment, "Research on improvement of traffic noise" (2004)
2. Korean Institute of Construction Technology, "Development of light noise barrier based on polymer and removal of dust with activated carbon thin plate electrode" (2012)
3. Hoon, E. J. and Hee, Y. H., "Noise Mapping of Residential Areas by Estimating Urban Traffic Noise," *J. ASPRS*, **29**(3), 229~235(2011)
4. Choi, D.-S., Oh, J.-H., Kim, J.-H. and Lee, S.-H., "Prediction of Highway Traffic Noise-Estimation of Sound Power Level Emitted by Vehicles," *J. KSNVE*, **12**(8), 581~588(2002)
5. Yun, J. H. and Kim, W. J., "Noise Map Analysis for the Design of Noise Barrier at School Site," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **34**(4), 232~239(2012)
6. Lee, K. S., "Study on traffic noise in populated roadside areas," Master degree, Chosun University, Republic of Korea (1995)
7. Olson, N., "Statistical study of traffic noise" Report APS-476, National Research Council of Canada, Division of Physical(1970).
8. Glorig, A., "The problem of noise in industry," *Am. J., Public Health*, 51(1961).
9. Lee, H.-J. and Kim, J.-S., "The Effects of Noise Barrier in Reducing Road Traffic Noise and Related Problems," *J. Kor. Soc. Environ. Eng.*, **26**(10), 1166~1171(2004).
10. Maekawa, Z., "Noise Reduction by Screens," *Appl. Acoustics*, **1**, 157~173(1968).
11. Kurze, U. J. and Anderson, G. S., "Sound Attenuation by Barriers," *Appl. Acoustics*, **4**, 35~53(1971).
12. Rawlings, A. D., "Different of Sound by a Rigid Screen with a Soft or Perfectly Absorbing Edge," *J. Sound Vibration*, **45**(1), 53~67(1976).
13. Lee, J.-S. and Kim, T.-R., "A study on the Sound Resonating Barrier," *J. KSNVE*, **12**(6), 413~419(2002).