

방음벽 상단소음저감장치의 성능평가 방법에 관한 연구(I)

- 음향인텐시티에 의한 평가 -

Estimation Method of Noise Reducing Devices Installed on the Noise Barrier(I) - Estimation by Sound Intensity -

김철환[†]·장태순·이기정·강희만*·이수일·장서일·김봉석**
Chul-Hwan Kim, Tae-Sun Chang, Ki-Jung Lee, Hee-Man Kang,
Soo-Il Lee, Seo-Il Chang, Bong-Seok Kim

Key Words : Noise Barrier(방음벽), Noise Reducing Device(소음저감장치),
Noise Reducing Effect(소음저감효과), Sound Intensity(음향 인텐시티)

Abstract :

The acoustical performance of noise reducing devices installed on the top of a noise barrier were tested by small-scale outdoor tests. Noise measurements before and after installation of the devices were carried out using sound intensity methods. It is well known that the sound intensity method can specify the strength and directivity of sound, and it is convenient to consider the feature of sound around a noise barrier. The noise reduction effect of each edge device was evaluated using the difference between the input and output sound power levels calculated from sound intensities. It was investigated that each device had different efficiency in the shadow zone, while there was no significant difference between edge devices in the illuminated zone.

1. 서론

도로나 철도 등에서 발생하는 소음의 대책을 위해 방음벽의 설치가 일반화 되어 있다. 방음벽 높이가 증가할수록 차음효과는 증가하나 방음벽이 높아지면 높아질수록 주변 경관과 일조에 악영향을 미칠 뿐만 아니라, 방음벽의 자중 및 풍하중에 대한 면적 증가에 따른 기초공사 비용 등의 문제가 발생한다. 이에 대해 일본, 캐나다, 영국 등에서는 방음벽 높이를 최대한 낮추면서 방음 성능을 향상시키기 위하여 방음벽 상단부의 형상을 변형시키는 연구와 제품 개발이 활발하게 이루어져 왔다.⁽¹⁾ 방음벽 상단부에 소음저감장치를 부착하여 차음 효과를 향상시키는 연구의 기본적인 접근 방향은 방음벽 상단으로부터의 회절음을 감소시켜 수음 지역에 대한 가상 음원으로서의 에지 포텐셜(edge potential)을 감소시키는 것에 있다. 이러한 관점에서 시작된 제품개발이 이미 일본에서는 약 20여개 이상의 제품이 상용화 되어 있

으며, 최근 국내에서도 점차 적용 구간이 증가하고 있는 실정이다.

그러나 방음벽 상단소음저감장치에 대한 평가 방법과 차음성능에 대한 기준이 없어 각 제품의 특성과 차음효과를 정확하게 파악하기가 힘들고 적용을 위한 설계반영이 어려운 상황이다. 특히, 실제 도로에 적용하여 제품의 성능을 평가하고자 할 경우에는, 현장 주변의 환경 요인에 많은 영향을 받게 되기 때문에 제품에 대한 객관적이고 일관적인 성능 평가가 더욱 어렵다.

이번 연구에서는, 방음벽 상단 소음저감장치가 설치된 주변에서 음향 에너지의 흐름을 조사하기 위하여 국내에서 개발, 생산되고 있는 소음저감장치들에 대하여 스피커를 음원으로 하여 방음벽 상단부 저감장치주변에서 음향 인텐시티를 측정하였다. 음향 인텐시티 측정은 장비의 구성이 다소 복잡하고 측정 시간이 오래 걸리는 단점이 있으나, 현장 주변의 반사음 및 기타 배경소음 등의 영향을 어느 정도는 구별할 수 있기 때문에 음압 측정의 경우보다 유효한 많은 정보를 얻을 수 있는 장점이 있다. 음향인텐시티 측정 결과를 이용하여, 방음벽 전방으로 들어가는 음향 에너지에 대한 방음벽 소음저감장치 후방 및 상방으로 나가는 음향 에너지의 차를 산출하여 소음저감장치의 효과로서 분석하였다.

† 한국도로공사 도로교통기술원
E-mail : c.h.kim@ex.co.kr
Tel : (031) 371-3366, Fax : (031) 371-3359

* 한국도로공사 도로교통기술원

** 서울시립대

2. 방음벽 상단 소음저감장치의 음향성능 평가

2.1 외국의 평가사례

일본의 방음벽 및 방음벽 상단 소음저감장치의 차음성능 평가와 관련하여서는, 일본 건설성 고시에 의한 건설기술 평가제도의 방법에 근거하여, Fig.1에 도시한 규격으로 옥외 시험을 통하여 성능을 평가하고 있다. 음원인 스피커 주위를 3m 높이의 방음벽이 둘러싸고, 지상 0~5m 에 설치한 8개의 측정점에서 상단 소음저감장치의 설치 전·후의 주파수별 음압레벨을 측정하여 그 차로써 삽입손실을 산정하고, 소음저감장치의 효과를 평가하고 있다. 이 방법은 동일한 조건에서 각 장치를 비교, 평가한다는 의미는 있으나 음원, 측정점 및 방음벽의 한정적인 배치에 의한 국소적인 성능만을 평가할 수 있다. 또한, 지면 반사에 의한 음향간섭이 결과에 영향을 미칠 수 있고, 따라서 측정된 삽입손실이 수음점의 배치에 크게 영향을 받기 때문에 측정된 결과가 상단 소음저감장치의 본질적인 성능을 의미한다고 보기는 어렵다. 수치계산에 의해 산출한 회귀식으로 설치 효과를 나타내어 상단간섭장치의 방음벽의 예측에 사용하려는 연구사례도 있지만, 지면 반사의 영향을 포함하는 8개의 측정점에 대한 결과로 회귀 분석을 하는 것 자체에 무리가 있을 수 있다. 그리고, 이러한 측정을 위해서는 넓고 평탄한 부지가 필요하고, 기상 영향을 크게 받는 등 평가에 많은 제약이 따른다.⁽²⁾

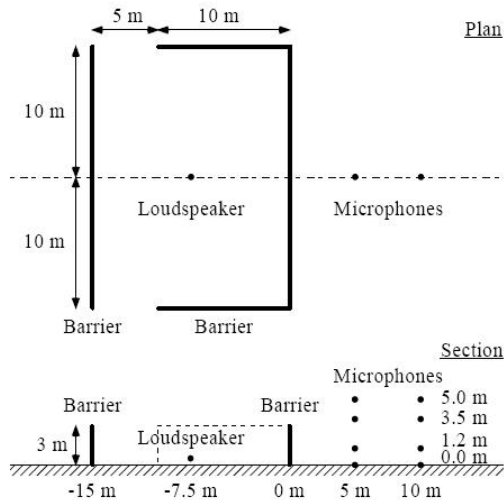


Fig.1 The conventional estimation method of the noise barrier's acoustic performance using in Japan

한편, 도로 관리자의 입장에서는 상단 소음저감장치의 설치 효과를 하나의 수치로 파악하는 것이 편리하므로, 앞에서 설명한 평가법에 의한 8개 측정점 중 하부 4개 측정점의

산술평균값, 또는 가장 큰 효과가 나타난 측정점에서의 수치가 이러한 지표로 사용된다. 그러나 고가, 절토부, 성토부 등과 같은 구조의 도로에 상단 소음저감장치를 설치하는 경우, 평가시의 평면 도로 구조와 배치가 다르기 때문에 평가 결과로부터 기대되는 효과와 현장에서 얻어지는 효과에 차이가 발생한다. 차이가 발생하는 원인에는 평가값 자체가 본질적인 효과를 나타내지 못 한다는 요인도 잠재하고 있다.

이러한 배경에서 상단 소음저감장치의 본질적인 성능을 표현하여 소음도 예측에 사용 가능한 평가 방법에 대해서 모색이 시작되고 있다. 2003년 12월, 방음벽 배후의 회절음 측정에 대해서 유럽표준화위원회(CEN)에서 CEN/TS 1793-4가 발표되었다. 아직 정식 유럽규격(EN)은 없고 기술 사양서(technical specification)의 단계이지만, 수년 후에 유럽규격으로 승격을 목표로 하고 있는 것으로 여겨진다. 내용을 살펴보면, 임펄스 응답 측정에 의해 회절음만을 평가 대상으로 하여 지표면의 반사를 제외한 점이 특징적이다. 이 방법은 시험 시설이 설치되는 지역에 상관없이 상단 소음저감장치의 본질적인 효율을 평가하는 데 유용하지만 음원과 측정점의 배치에 대해서 명확하게 제시되어 있지 않으며, 그것들을 설명하는 관련 문헌이나 학회 발표도 거의 없다.

2.2 음향 인텐시티에 의한 평가

음향 인텐시티 (sound intensity)를 통하여 음원 위치 파악, 흡음, 음향임피던스 (specific acoustic impedance), 투과손실 (TL: transmission loss) 등 다양한 음향학적 특성을 측정할 수 있는 것은 잘 알려진 사실이다. 음향 인텐시티는 음압 (sound pressure)과는 달리, 음향 에너지 (sound power)의 단위면적당 세기로 음향에너지의 흐름을 나타내는 지표로 사용된다. 음향 인텐시티를 이용하면 에너지의 흐름으로부터 음원의 위치를 찾거나 음원을 둘러싸는 면적을 음향인텐시티에 곱하여 음원의 음향파워 크기를 구할 수 있으며, 다수의 음원이 존재하는 경우에도 하나의 음원을 구분하여 그 파워를 구할 수 있다. 이러한 음향 인텐시티의 특성을 이용하여 본 연구에서는, 음향 전달손실의 개념을 도입하여 방음벽 상단의 소음저감장치의 음향성능을 파악하고자 하였다. Fig.2 에 본 연구에서 제안하는 음향 인텐시티를 이용한 평가방법에 대한 개념을 도시하였다. 방음벽에 수직인 가상의 단면을 설정하여, 음원으로부터 방음벽의 전방으로 입사하는 음향 인텐시티를 측정하여 입사하는 음향 에너지를 산출하고, 이와 동일한 면적으로 상방 및 후방의 음향 인텐시티를 측정하여 각각에 대한 상방 및 후방으로 빠져나가는 음향 에너지를 산출하였다. 그리고, 가상의 단면에 입사하는 음향 에너지에 대해 방음벽의 후방 및 상방으로 빠져나가는 음향에너지의 차를 식(1), 식(2)와 같이 산출하여 각각 음향 전달손실 TL_1 , TL_2 로 정의하였다.

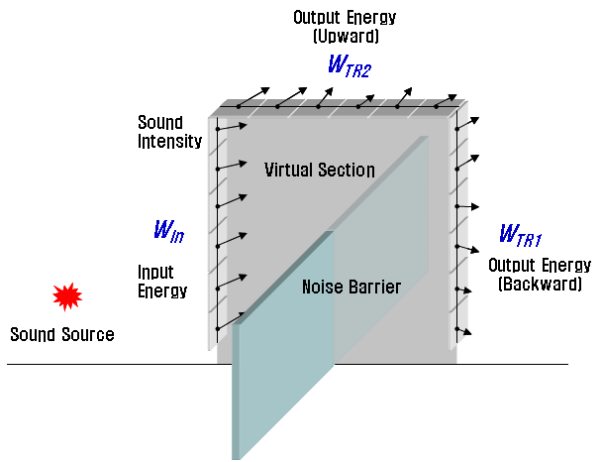


Fig.2 The schematic concept of transfer loss proposed in this study.

$$TL_1 = 10 \log \frac{W_{out(backward)}}{W_{in}} [dB] \dots\dots\dots (1)$$

$$TL_2 = 10 \log \frac{W_{out(upward)}}{W_{in}} [dB] \dots\dots\dots (2)$$

Fig.3 에 본 연구에서 진행된 음향인텐시티의 측정 지점 및 음원의 위치를 나타내었고, Fig.4 에 설치 사진을 나타내었다. 음향 인텐시티 측정을 위한 격자의 수는 방음벽 전면부 6개 지점, 상단부 5개 지점, 후면부 55개 지점을 설정하였다.

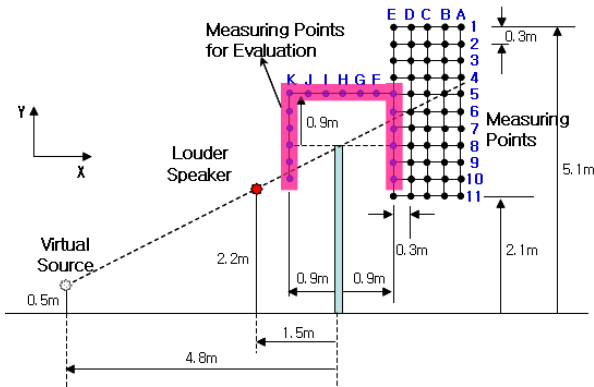


Fig.3 Configuration of sound intensity measurements.



Fig.4 The test facility of measurements.

3. 평가결과

Table1에 이번 연구에서 검토한 소음저감장치들의 후방 및 상방에 대한 차음효과를 정리하였다. 그리고, Table2, 3 및 Fig. 5, 6에 소음저감장치를 부착하지 않은 방음벽과 소음저감장치A를 부착한 방음벽에 대한 음향 인텐시티 측정결과를 일례로 나타내었다. Table2 의 측정값으로 평가한 소음저감장치가 없는 일반적인 방음벽의 후방 전달손실은 -12.2dB(A)이고, 상방 전달손실은 -4.4dB(A)이다. 그리고, Table3의 측정값으로 평가한 소음저감장치A가 부착된 방음벽은 후방 전달손실값은 -18.0dB(A)이고, 상방 전달손실값은 -4.9dB(A) 이다. 따라서, 이번의 시험조건과 같은 근접장에서의 소음저감장치A의 차음효과는 후방 및 상방에서 각각 5.8dB(A), 0.5dB(A) 로 볼 수 있을 것으로 판단된다.

Table1. Acoustic performance of noise reducing devices.

단위: [dB(A)]

구 분	차음효과(후방)	차음효과(상방)
소음저감장치A	5.8	0.5
소음저감장치B	7.4	2.0
소음저감장치C	4.3	0.1
소음저감장치D	3.9	1.0
소음저감장치E	4.6	1.1
소음저감장치F	2.9	1.3

4. 결론

방음벽 상단 소음저감장치의 성능평가를 위해 음향 인텐시티를 이용하는 방법이 시도되었다. 음원으로부터 전방에서 들어오는 음향 에너지에 대한 방음벽 후방 및 상방으로 나가는 음향 에너지의 차로 음향 전달손실을 정의하고, 상방 및 후방에 대한 음향 전달손실에 의해 소음저감장치의 음향 성능을 평가하였다. 이번에 검토한 방법은 음향 에너지의 흐름에 의한 전달특성을 고려하였기 때문에 기존의 방법에 비해 비교적 정밀하리라는 판단이지만, 그 유효성에 대한 검증은 좀 더 필요하다. 향후, 원거리에서의 차음성능 및 음압레벨과의 상관성, 실제 도로와 같은 이산, 이동 음원에 대한 효과 등에 대해 지속적으로 연구를 진행할 계획이다.

참 고 문 헌

- (1) Fujiwara. K. and Furuta, N., 1991, *Noise Control Engineering Journal*, Vol. 37, No. 1, pp. 5-11
- (2) Okubo. T. and. Yamamoto, K., 2006, *Applied Acoustics*, In Press, Corrected Proof, 2006.

Table 2. Results of measuring in the case of no acoustic device on the top of a barrier.

◆ O.A. - 수평방향(X축) SIL

음에너지 진행방향 : →(+), ←(-) 단위 dB(A)

K	J	I	H	G	F	E	
							1
							2
							3
							4
72.6	72.7	73.3	74.0	74.0	73.7	69.0	5
74.5						67.0	6
76.1						62.0	7
79.0						59.0	8
80.0						55.0	9
78.0						53.0	10
							11

◆ O.A. - 수직방향(Y축) SIL

음에너지 진행방향 : ↑(+), ↓(-) 단위 dB(A)

K	J	I	H	G	F	E	
							1
							2
							3
							4
75.7	74.6	73.6	73.1	72.3	71.1	70.7	5
76.1						69.1	6
77.9						64.3	7
78.6						56.1	8
78.1						-49.1	9
75.9						-51.9	10
							11

$$TL_1 = 10 \log \frac{W_{out(backward)}}{W_{in}} [dB] = -12.2 [dB]$$

$$TL_2 = 10 \log \frac{W_{out(upward)}}{W_{in}} [dB] = -4.4 [dB]$$

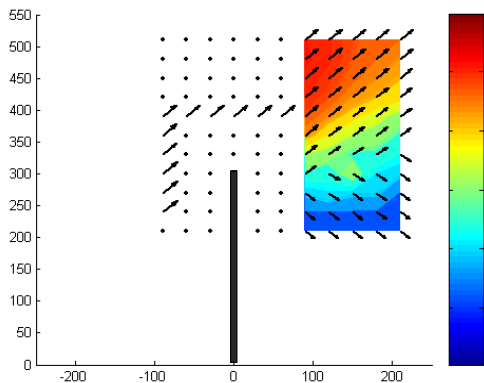


Fig.5 Distribution of sound intensity around a plane barrier.

Table 3. Results of measuring in the case of an acoustic device installed on the top.

◆ O.A. - 수평방향(X축) SIL

음에너지 진행방향 : →(+), ←(-) 단위 dB(A)

K	J	I	H	G	F	E	
							1
							2
							3
							4
55.5	57.7	58.4	52.7	53.8	55.8	55.9	5
57.3						48.9	6
61.8						41.6	7
56.7						35.6	8
68.3						33.0	9
70.9						32.7	10
							11

◆ O.A. - 수직방향(Y축) SIL

음에너지 진행방향 : ↑(+), ↓(-) 단위 dB(A)

K	J	I	H	G	F	E	
							1
							2
							3
							4
60.1	60.3	59.9	54.6	53.0	55.6	50.7	5
60.5						42.3	6
62.2						33.0	7
60.1						-20.1	8
65.8						27.6	9
66.8						26.9	10
							11

$$TL_1 = 10 \log \frac{W_{out(backward)}}{W_{in}} [dB] = -18.0 [dB]$$

$$TL_2 = 10 \log \frac{W_{out(upward)}}{W_{in}} [dB] = -4.9 [dB]$$

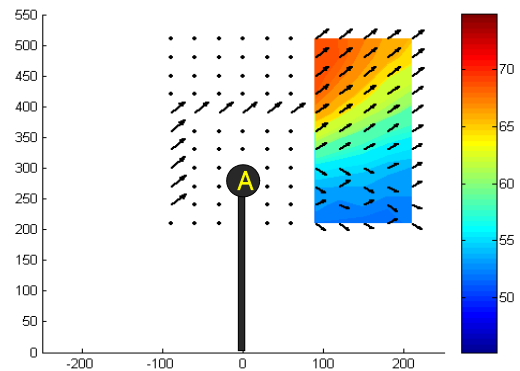


Fig.6 Distribution of sound intensity around a barrier with a noise reducing device installed on the top.