

방음벽 상단의 소음감소기 성능 평가

Performance Test of Noise Reducers Installed on Noise Barrier

강 대 준*. 이 재 원**. 구 진 회**

Daejoon Kang, J. W. Lee, and J. H. Gu

Key Words : Noise Reducer(소음감소기), Noise Barrier(방음벽)

ABSTRACT

The use of noise barrier is being increased to reduce the environmental noise in these days. Also, many noise reducers installed at the top of noise barrier are developed for improving the efficiency of noise reduction. So we evaluate the performance of the noise reducers and compare the results among the others. Results of field tests show that the insertion loss due to the noise reducers is up to 10.6 dB.

로 소음감소기 성능평가 및 제품 개발시 개선되어야 할 사항에 대하여 알아보려고 한다.

1. 서 론

여러 환경소음 저감을 목적으로 방음벽이 많이 사용되고 있다. 그러나, 건물 등이 고층화되면서 방음벽의 높이보다 높은 지점까지는 전혀 소음 저감 효과를 얻지 못하는 한계가 있다. 이에 최근에는 방음벽의 높이보다 높은 지점까지 최대한 소음 저감 효과를 나타내기 위하여 방음벽 상단에 소음감소기를 설치하는 사례가 증가하고 있다. 이러한 소음감소기의 종류가 다양해지고 한편으로 새로운 제품이 개발되고 있지만 현재까지 이들의 효과를 객관적이고 정확하게 평가하기 위한 통일된 평가방법이 마련되지 않은 실정이다. 일부 연구사례를 살펴보면 시뮬레이션이나 축소모델을 이용한 평가방법⁽¹⁾을 사용하기도 하지만 위의 방법들이 실제와는 많은 차이가 있다. 따라서, 이 연구에서는 소음감소기 7종을 실제 방음벽 상단에 설치하여 소음감소효과를 측정하고 현장에서 그대로 적용할 수 있는 적절한 소음감소기의 성능 평가방법에 대하여 논의하고자 한다. 또한 각 시험대상 소음감소기의 성능을 비교 분석하여 앞

2. 시험방법

2.1 시험대상 소음감소기

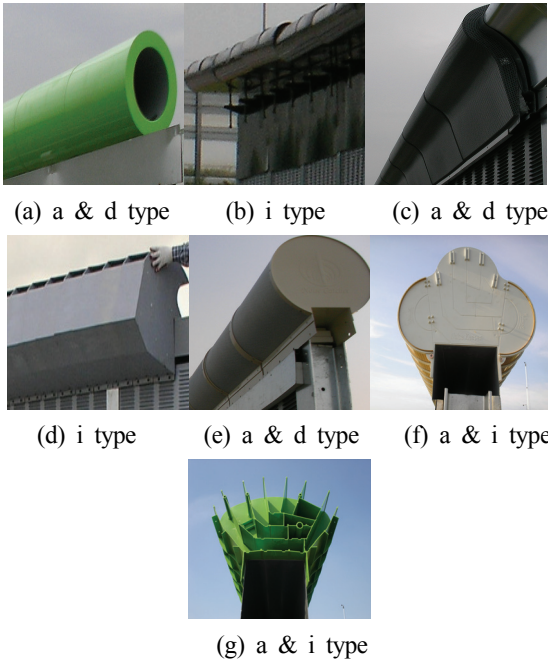
시험대상 소음감소기는 모두 7종으로 국내에서 생산되고 있는 제품들이다. Fig. 1에 시험대상 소음감소기의 모습을 보이고 있다.

Fig. 1의 (a),(e)는 원통모양으로 안쪽에 흡음재가 설치되어 있고, (b)는 상단을 양쪽으로 퍼지게 하고 끝을 원형으로 처리하였다. (c)는 최근에 가장 흔히 볼 수 있는 버섯 모양의 소음감소기이며, (d)는 내부에서 소음 간섭을 일으키는 구조로 되어있으며, (f),(g)는 간섭과 흡음을 함께 일으키는 형태로 되어 있다.⁽²⁾

2.2 시험방법

현재 소음감소기의 성능을 평가하기 위한 시험방법은 표준규격으로 제정되어 있지 않다. 따라서, 이 연구에서는 일본에서 간섭형 소음감소기의 성능을 평가하기 위하여 사용하였던 시험방법을 참고 및 보완하여 위의 시험대상 소음감소기에 대한 효과를 측정하였다. 일본에서는 Fig. 2에서처럼 방음벽 상단에

* 국립환경과학원 소음진동연구실
E-mail : dj kang@me.go.kr
Tel : (032) 560-7642, Fax : (032) 562-4193
** 국립환경과학원 소음진동연구실



(a) a & d type (b) i type (c) a & d type
(d) i type (e) a & d type (f) a & i type
(g) a & i type

※ a : absorption, d : diffraction, i : interference

Fig. 1. Outline of noise reducers

회절형 소음감소기를 설치하고 일정 거리 및 높이에 마이크로폰 6개를 두어 소음감소기의 효과를 측정하고 있다.⁽³⁻⁴⁾ 이 시험에서는 Fig. 3에서처럼 일본에서의 측정위치에 마이크로폰을 거리, 높이별로 5개를 더 추가(마이크로폰을 흰색으로 표시)하여 시험하였다. 방음벽 상단 1.5 m 높이에 마이크로폰을 두어 기준 위치로 선정하였다. 여기서 기준 위치는 매 측정마다 음원의 소음도가 같은 것을 확인하기 위한 지점이다. 높이별 영향을 좀 더 자세하게 평가하기 위하여 높이 7.5 m의 지점에 거리별로 5, 10, 20 m 지점에 3곳을 추가하였고, 높이 5 m, 거리 20 m 지점에 1곳을 추가하여 시험하였다.

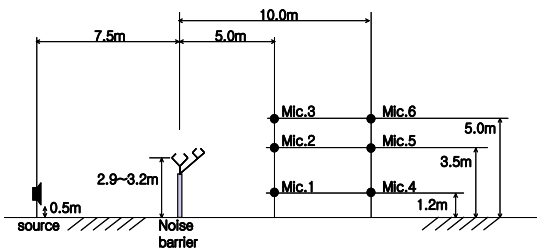


Fig. 2. Schematic diagram of test in Japan for interference type noise reducer⁽³⁻⁴⁾

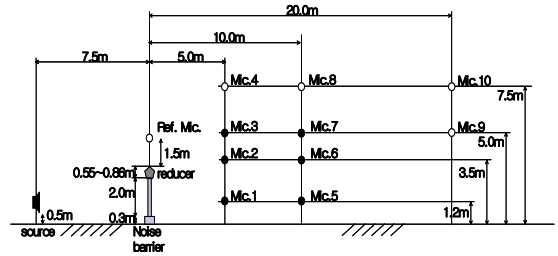


Fig. 3. Schematic diagram of test in this paper for noise reducers

측정을 위하여 시험 현장에 실제 설치된 방음벽의 높이는 2.0 m이고 방음벽 밑단에 0.3 m의 기초를 설치하여 상단에 소음감소기를 설치하기 전의 전체 높이는 2.3 m, 그리고 전체 길이는 20 m로 하였다. 또한 방음벽 상단에 설치한 시험대상 소음감소기의 높이는 0.55~0.86 m 이다. 음원(Type 4224, B&K)은 방음벽으로부터 7.5 m 전방, 높이 0.5 m 위치에 설치하였다. 음원의 높이를 지상에서 0.5 m 위치에 설치한 이유는 일반적인 자동차 소음의 음원과 높이를 같게 하기 위해서이다. 측정은 음원에서 랜덤 소스(random source)를 발생시키고 감소기의 성능을 평가하기 위하여 소음감소기 설치전과 설치후의 1/3옥타브대역 주파수별 음압도를 비교하였으며 2분간 5회 반복 측정된 등가소음도를 평균하여 각 마이크로폰에서의 소음도를 구하였다. 소음감소기의 성능평가는 방음벽에 소음감소기를 설치하지 않은 상태(높이 2.3 m)의 각 측정지점에서의 소음도와 방음벽 상단에 소음감소기를 설치한 후(높이 2.85~3.16 m) 각 측정지점에서의 소음도 차이를 비교하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 측정 지점별 소음도 비교

먼저 방음벽으로부터 거리 5 m, 높이 5 m인 마이크로폰 3과 거리 10 m, 높이 5 m인 마이크로폰 7, 거리 5 m, 높이 7.5 m인 마이크로폰 4, 그리고 거리 20 m, 높이 5 m인 마이크로폰 9에서의 주파수별 소음도차이를 나타내면 각각 Fig. 4~7과 같다. Fig. 4를 살펴보면 감소기 B를 제외한 나머지 감소기들은 1,000 Hz대역에서의 감소가 가장 크게 나타나고 있다. 감소기 B는 1,600 Hz에서의 감소가 가장 크게 나타나고 있다. 또한 100 Hz나 250 Hz부

근에서 소음도 감소가 다른 주파수대역보다 다소 크게 나타나는 것은 소음감소기에 의한 간섭 및 흡음에 의한 것으로 판단된다.

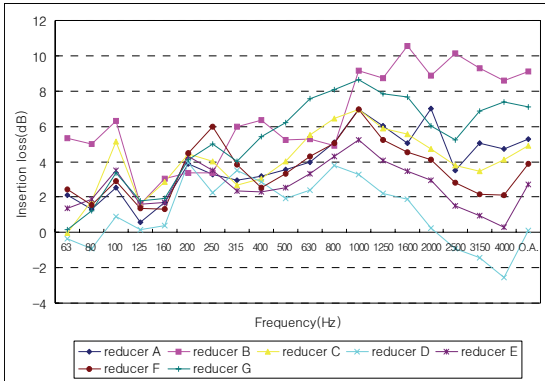


Fig. 4. Insertion loss at third octave bands of noise reducers at Mic. 3

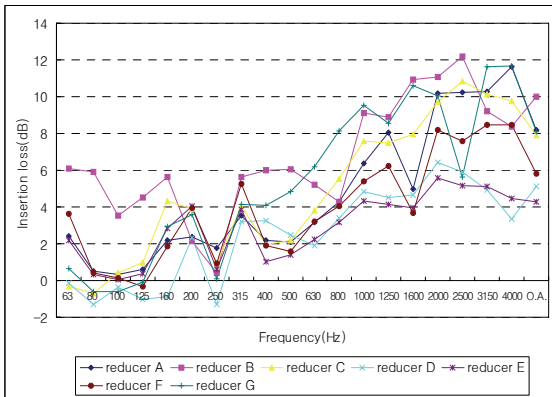


Fig. 5. Insertion loss at third octave bands of noise reducers at Mic. 7

Fig. 5를 살펴보면 Fig. 4에 비해 마이크로폰의 위치가 멀어져 대체적으로 회절 경로차 및 거리감쇠의 영향을 많이 받는 고주파수 대역으로 갈수록 소음도 감소가 커지는 것을 알 수 있다.

Fig. 6의 마이크로폰 4 지점은 방음벽에 의한 경로차가 생기지 않는 지점으로 O.A. 소음도 차이는 거의 나타나지 않는 지점이다. 그러나 소음감소기에 따라 63, 80, 160 Hz에서 감소효과가 나타나는 것으로 보아 소음감소기의 흡음 및 간섭⁽⁵⁻⁶⁾에 의한 효과가 일부 저주파수 대역에서 나타나고 있는 것으로 판단된다.

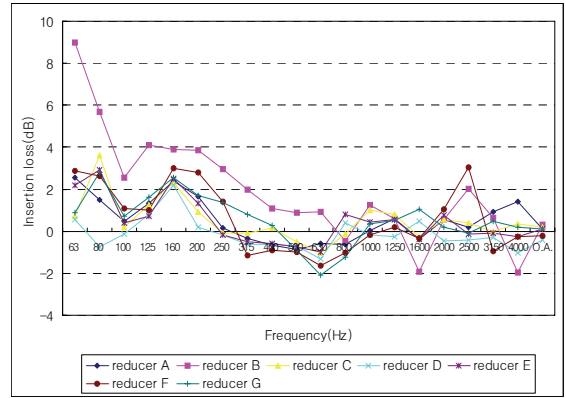


Fig. 6. Insertion loss at third octave bands of noise reducers at Mic. 4

Fig. 7의 마이크로폰 9 지점은 각 소음감소기의 감소효과가 주파수 별로 다양하게 나타나며, 전체 삽입손실이 1.0~5.7 dB로 각 소음감소기별로 큰 편차를 나타내고 있음을 알 수 있다.

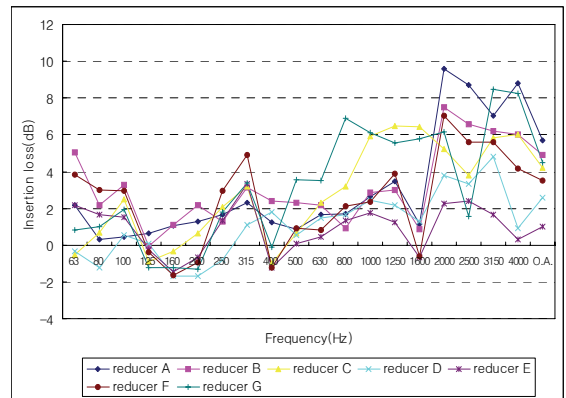
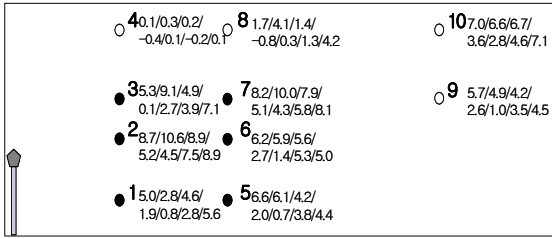


Fig. 7. Insertion loss at third octave bands of noise reducers at Mic. 9

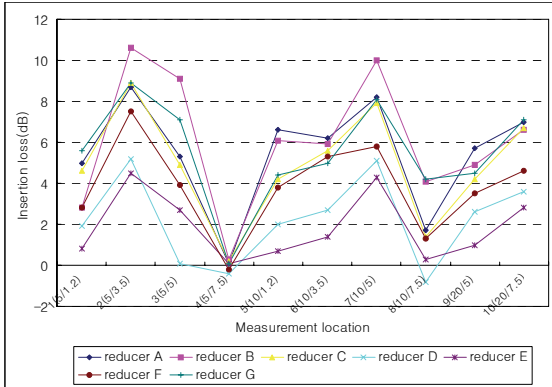
다음으로 O.A. 소음도 차이를 살펴보았다. Fig. 8은 마이크로폰 위치별로 소음감소기를 설치하기 전과 후의 소음도 차이를 보이고 있다.

Fig. 8의 (a)에서는 방음벽과 떨어진 거리, 높이에 따른 마이크로폰 1~10까지의 위치를 표시하여 소음감소기 A~G 설치 전·후의 소음도 차이를 차례로 나열하고 있다.

Fig. 8의 (b)에서 x축의 숫자는 마이크로폰 번호를 나타내고, 괄호 안은 (거리/높이)를 차례로 표시하여 결과를 그래프로 나타내고 있다. Fig. 8을 살펴보면



(a) Insertion loss in O.A. level of noise reducers at microphone positions



(b) Insertion loss of noise reducers

Fig. 8. Insertion loss of noise reducers

방음벽으로부터 5 m떨어지고 높이가 3.5 m지점인 마이크로폰 2에서의 소음감소효과가 가장 큰 것으로

나타나고 있다. 이는 소음감소기를 설치함으로써 회절에 의한 경로차가 가장 크게 발생하고, 소음감소기에 의한 간섭, 흡음 등의 영향이 가장 크게 나타나기 때문으로 판단된다. 반면에 회절에 의한 경로차가 거의 발생하지 않는 지점인 방음벽으로부터 5 m떨어지고 높이가 7.5 m지점인 마이크로폰 4와 방음벽으로부터 10 m떨어지고 높이가 7.5 m지점인 마이크로폰 8에서의 소음감소 효과는 미미한 것으로 나타나고 있다. Table 1은 마이크로폰별 각 소음감소기의 삽입손실을 나타내고 있으며 표의 마지막 열은 소음감소기 높이의 방음판이 설치되었을 때 경로차로 인해 발생하는 회절감쇠만을 고려한 삽입손실 값을 계산하여 실제 측정값과 비교하고 있다. 단, 이론적으로 구한 삽입손실은 음원을 1,000 Hz의 순음으로 가정하여 계산하였으므로 실제와는 차이가 있을 수 있다. 실제 측정된 삽입손실과 회절감쇠로 인한 이론적인 삽입손실의 차이가 클수록 소음감소기의 흡음 및 간섭에 의한 소음 저감효과가 큰 것으로 판단된다.

3.2 소음감소기의 종류별 성능

각 소음감소기 7종의 성능평가 결과를 종합하여 Table 1에 보이고 있다. 현재 소음감소기의 성능평가를 위한 표준측정방법이나 평가방법이 마련되어

Table 1. The results of noise reduction performance of noise reducers

distance (m)	height (m)	reducer A			reducer B			reducer C			reducer D			reducer E			reducer F			reducer G			theoretical I.L.
		before	after	I.L.	before	after	I.L.	before	after	I.L.	before	after	I.L.	before	after	I.L.	before	after	I.L.	before	after	I.L.	
5	1.2	73.9	68.9	5.0	72.1	69.3	2.8	70.7	66.1	4.6	71.6	69.7	1.9	67.9	67.1	0.8	69.9	67.1	2.8	66.6	61.0	5.6	2.1
	3.5	83.5	74.8	8.7	87.0	76.4	10.6	83.4	74.5	8.9	82.4	77.2	5.2	79.2	74.7	4.5	82.9	75.4	7.5	77.5	68.6	8.9	8.7
	5	92.2	86.9	5.3	91.7	82.6	9.1	91.2	86.3	4.9	93.0	92.9	0.1	88.8	86.1	2.7	89	85.1	3.9	86	78.9	7.1	0
	7.5	81.8	81.7	0.1	89.0	88.7	0.3	90.5	90.3	0.2	93.6	94.0	-0.4	88.2	88.1	0.1	85.9	86.1	-0.2	87.6	87.5	0.1	0
10	1.2	67.6	61.0	6.6	71.9	65.8	6.1	68.5	64.3	4.2	68.4	66.4	2.0	65.8	64.6	1.2	69.4	65.6	3.8	64.1	59.7	4.4	2.0
	3.5	70.8	64.6	6.2	75.6	69.7	5.9	80.7	75.1	5.6	74.7	72.0	2.7	71.8	69.9	1.9	75	69.7	5.3	69.3	64.3	5.0	2.9
	5	77.0	68.8	8.2	85.3	75.3	10.0	81.3	73.4	7.9	83.1	78.0	5.1	78.7	74.4	4.3	79.7	73.9	5.8	75.9	67.8	8.1	7.9
	7.5	82.1	80.4	1.7	87.8	83.7	4.1	88.1	86.7	1.4	89.5	90.3	-0.8	85.2	84.9	0.3	85	83.7	1.3	83.5	79.3	4.2	0
20	5	66.8	61.1	5.7	72.9	68.0	4.9	69.4	65.2	4.2	71.3	68.7	2.6	67.1	66.1	1.0	69.9	66.4	3.5	65.5	61.0	4.5	2.5
	7.5	72.3	65.3	7.0	78.1	71.5	6.6	76.6	69.9	6.7	77.5	73.9	3.6	73.9	71.1	2.8	75	70.4	4.6	71.6	64.5	7.1	1.5
Average				5.5			6.0			4.9			2.2			1.9			3.9			5.5	-
height of barrier(m)		2.3	3.0	0.7	2.3	3.16	0.86	2.3	3.0	0.7	2.3	2.9	0.6	2.3	2.85	0.55	2.3	2.98	0.68	2.3	3.15	0.85	

있지 않다. 먼저 일본 도로공단의 간섭형 소음감소기의 성능평가에서 사용된 마이크로폰 위치인 1~3, 5~7지점의 평균 소음도 차이를 살펴보면 Table 2에서 소음감소기 A는 6.7 dB, B는 7.4 dB, C는 6.0 dB, D는 2.8 dB, E는 1.9 dB, F는 4.9 dB, 그리고 G는 6.5 dB로 나타났다. 위의 평균 소음도 차이로 각 소음감소기의 정확한 성능 평가를 나타내는 값으로 보기는 어렵지만 다른 소음감소기에 비해 D, E, F는 소음감소기의 성능이 떨어짐을 알 수 있겠다.

Table 2. The efficiency of noise reducers

Classification	Mean I.L. of Mic.1~3, 5~7 (dB)	Mean I.L. of Mic.1~10 (dB)
reducer A	6.7	5.5
reducer B	7.4	6.0
reducer C	6.0	4.9
reducer D	2.8	2.2
reducer E	1.9	1.9
reducer F	4.9	3.8
reducer G	6.5	5.5

Table 1과 Table 2의 결과에서 소음감소기 B의 효과가 가장 뛰어난 것으로 나타났다. 단, 소음감소기 B의 효과가 가장 뛰어난 이유는 다른 소음감소기에 비해 높이가 약 0.26 m 높고 형태가 T자 형태로 되어 있어 회절 경로차가 커진 것이 가장 큰 원인으로 판단된다.

4. 결 론

이 논문에서는 국내에서 개발되어 사용 중인 소음감소기 7종의 현장 성능평가 시험을 수행하였다. 현재는 소음감소기를 실제로 현장에 설치하여 성능을 평가할 수 있는 여건도 쉽게 마련하기 어렵고 표준화된 측정방법 및 평가방법이 마련되어 있지 않아 그 성능을 정량화해서 판단하는 데에는 어려움이 있다. 그러나 시험 결과 소음감소기 7종 중 3종은 다른 소음감소기에 비해 그 성능이 확연히 떨어지는 것을 알 수 있다. 즉, 소음감소기의 성능평가를 위하여 현장 시험이 필수적으로 시행되어야 할 것으로 보인다. 이번 연구에서는 여건상 소음감소기를 설치했을 때의 높이와 일반 방음벽이 같은 높이일 때의 비교시험을 하지 못하였지만 실제 측정된 삽입손실

과 회절감쇠로 인한 이론적인 삽입손실의 차이가 클수록 소음감소기의 흡음 및 간섭에 의한 소음 저감 효과가 큰 것으로 판단된다. 그러나 성능평가결과 소음감소기 자체의 흡음 및 간섭효과도 작용하지만 회절 경로차도 작용하여 감소효과의 차이를 보인 것으로 여겨진다.

이번 연구에서의 소음감소기 성능평가 시험을 통하여 앞으로 표준화된 소음감소기의 성능평가 측정방법 및 평가방법이 제정되는데 기초 자료로 활용이 되었으면 한다.

후 기

이번 연구는 서울시 시설공단의 협조로 수행되었으며, 관계자 여러분들께 감사 را 드린다.

참 고 문 헌

- (1) Kim, Y. C. and Jang, K. S., 2002, "Noise reducer installed on noise barrier used for reducing of transportation noise", Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 12, No. 6, pp. 414~422
- (2) Shono, Yutaka, Yoshida, Yukinelow and Yamamoto, Kohei, 1994. 12, "Development of noise abatement devices applied at the top of highway noise barriers", Journal of construction management and engineering, No. 504/VI-25, pp. 81~89
- (3) 日本建設省告示 1324号, 1992, 技術評價制度測定法.
- (4) Tomonao, Okubo, 2004, "先端 改良刑 遮音壁", 騒音制御, Vol. 28, No. 5, pp.317~322.
- (5) Fujiwara, Kyoji, Hothesall, David C. and Kim, Chul-hwan, 1998, "Noise Barrier with Reactive Surfaces", Applied Acoustics, Vol. 53, No. 4, pp.255~272.
- (6) Watts, G. R. and Morgan, P. A., 1996, "Acoustic Performance of an Interference-Type Noise-Barrier Profile", Applied Acoustics, Vol. 49, No. 1, pp.1~16.