

철도변 환경소음저감:세부실천계획과 방음대책

Community Noise: Guidelines and Policy

김정태* 김정수 * 김홍찬** 손정근*** 강대준****

Jeung T. Kim, Jung S. Kim, Hong C. Kim, Jung G. Soon, Daejoon Kang

ABSTRACT

Community noise has been serious social issues in Korea. This paper reviews current statistics and status on railway noise, with practical engineering tools in order to reduce the noise level from railway traffic noise sources. At the beginning, guidelines of the current environmental policy are discussed, with the new policy on railway noise to be enforced beginning in 2007 with 5 year schedule. Then, a noise reducer is proposed as a tool to reduce noise levels protecting people living near at the railway. Details on the acoustic effect in field test are discussed with the result of implementation in the street. We propose noise reducers as an effective and practical tool for the people who are exposed to rail traffic noise in cities.

1. 서론

철도변에 거주하고 있는 주민들의 환경보호 및 생활소음의 피해를 줄이려는 노력은 사회간접시설의 운영에도 새로운 접근을 요구하고 있다. 일본과 홍콩과 같이 도시화된 국가에서는 고속철도 등 신교통수단의 운행 시 생활소음피해지역을 고려하여 불가피하게 고속철도의 속도제한지역을 추가 설정하는 방향으로 있어, 막대한 경비를 투자한 사회간접자본이 효율적으로 운영하는데 취약한 문제가 발생되고 있다. 국제적으로도 생활환경소음(COMMUNITY NOISE)의 관심이 증대되고 있으며, WHO 등에서는 근래 들어 강화된 생활소음기준을 제안하고 있다. (1)

국내의 대부분의 도시지역은 소음환경기준을 초과하고 있고, 소음피해를 느끼는 주민의 수는 전 국민의 과반수인 2500만 명으로 조사되어 있다. 철도변에 거주하는 국민의 수는 430여 만명으로 추산되고 있는데, 이중 1/3인 174만 명이 철도변 소음피해 인구이다. 정부에서는 2005년 12월, 생활소음 문제를 종합적으로 관리하기위한 방안을 준비한바 있다. 이에 따라, 범 부처차원에서 추진하는 생활소음 줄이기 종합대책은 2007년부터 향후 5년간 진행되며, 기 합의된 세부실천계획에 따라 관리, 운영될 전망이다.

철도변 종합대책이 추진됨에 따라, 철도변에 인접되어 있는 아파트 등 고층건물에 살고 있는 주민에 대한 피해대책의 일환으로 방음벽이 설치되고 있다. 이러한 방음벽은 지표층에 대해서는 소음저감효과가 있으나, 고층화되면서 방음벽의 높이보다 높은 지점까지는 전혀 소음 저감 효과를 얻지 못하는 한계가 있다. 이에 대한 보완적인 방법으로 등장한 대안이 소음감소기라 할 수 있다. 최근에는 방음벽의 높이보다 높은 지점까지 최대한 소음 저감 효과를 나타내기 위하여 방음벽 상단에 소음감소기를 설치하는 사례가 증가하고 있다. 이러한 소음감소기의 종류는 다양하고, 새로운 제품이 매년 개발되어 상품화되고 있는 추세이다. 다만, 아직까지는 국내에서 소음감소기의 성능을 평가 할 수 있는 여건이 마련되어 있지 않으며, 표준화된 측정방법 및 평가방법이 없는 실정이며, 그 결과 소음감소기의 성능을 정량화하기에는 어려움이 있다.

* 홍익대학교 교수, 정회원

** 홍익대학교, 정회원

*** 동일기술공사, 정회원

****환경과학원, 정회원

본 연구에서는 철도소음의 방지대책의 일환으로 철도변인접에 고층으로 이루어진 아파트 등에 방음벽과 함께, 소음감소기의 설치를 제안한다. 감소기의 음향학적 효과와 국내 도시에 설치한 사례의 효과를 설명한다.

2. 철도소음피해현황과 세부실천계획

현재 국내에서 철도변에 주민 중 174만 명이 야간에 55 dBA 이상의 소음에 노출되어 있는 소음피해 인구이다. 이는 전 국민의 3.8 %에 해당된다. 소음한도를 적용해 보면,

- 70 dB이상(주간기준) 초과: 약 47만 명
- 65 dB이상(야간기준) 초과: 약 33만 명

으로 조사 보고되어 있다.(2)

한편, 철도변에 측정, 운영되고 34 개 지점의 측정결과를 분석해 보면, 낮 시간대보다 밤 시간대에 철도소음한도를 초과(낮 2개 지점, 밤 11개 지점)하고 있으며, 지면위보다 방음벽효과가 미치지 못하는 고층이 높게 나타나고 있다. 고층은 지면 위(1.2 ~ 1.5 m)보다 4 dB정도 높은 소음에 노출되어 있다. 방음벽이 설치되지 않은 지역과 설치지역의 소음도 차이는 약 4 dB 수준이다.

저속으로 운영되는 차량은 바퀴와 레일의 소음영향이 많고, 고속철도 등은 공력소음에 영향을 많이 받고 있다. 차량, 궤도 등 발생원에 대한 근본적인 소음대책이 미흡하여, 주로 소음피해지역으로 검토되면 방음벽대책등에 의존하고 있다. 제도적으로도 「환경정책기본법」의 규정에 의한 목표치인 철도소음의 환경기준이 미비한 실정이기도 하다. (3)

생활소음 줄이기 종합대책은 환경부주관으로 준비하여 2005년 12월 건교부 등 관계부처 합동으로 확정된 계획이다. 종합대책은 2007년부터 착수, 5년의 기간 동안 진행예정이며, 목표와 세부분야별 대책의 개요는 표 1에 정리되어있다. 그 내용 중 철도분야의 세부실천계획은 다음과 같다.(4)

- ▶ 철도차량 등 발생원 소음방지대책 강구
 - 저소음차량(디젤차→전기차)으로 교체
 - 기존의 정척레일(25m)을 장대레일(200m이상)로 교체
 - 기존의 체결구를 방진체결구로 교체하여 열차 통과시 발생하는 소음진동 저감 추진
 - 철도변 자동측정망에 의한 모니터링 정보를 활용, 일정 소음기준 초과시 경우 유지·보수 실시
- ▶ 철도변의 방음대책 강구
 - 방음효과가 우수한 방음벽 설치 지속추진 및 기존주택 이중방음창 설치 방안 검토
 - 철도부지를 활용한 완충녹지 조성 및 방음둑·방음림 식재
- ▶ 철도변의 소음현황과악 및 분석을 위한 측정망 구축
 - 철도차량의 다양한 정보를 얻을 수 있도록 자동측정망 구축
 - 운행회수, 속도, 레일상태, 통과시간, 종류 및 정비 상태 등
- ▶ 철도교통소음의 환경기준 및 철도차량 제작차소음기준 설정
 - 「환경정책기본법」의 규정에 의한 철도교통소음 환경기준을 설정
 - 철도차량의 제작시 소음기준을 설정하여 저소음차량 제작 유도
- ▶ 철도변의 교통소음규제지역 지정·운영
 - 철도소음한도 초과지역 및 초과우려지역을 교통소음규제지역으로 지정·관리
 - 도심지역의 속도제한, 방음벽 설치 등 방음대책 수립·시행
- ▶ 철도소음 평가방법의 합리적 검토
 - 등가소음도(Leq)와 최고소음도(Lmax)를 병행하여 사용하는 방법 등 합리적 평가방법 검토

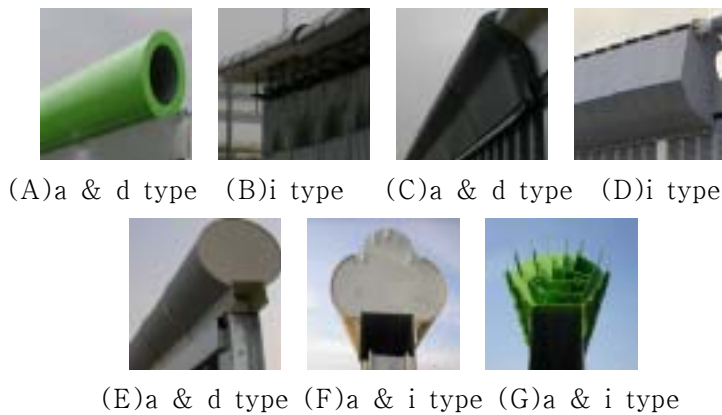
Table 1. 철도소음분야의 년차별 기본계획

철도소음	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도소음기준 설정 및 평가방법 합리적 검토 <ul style="list-style-type: none"> - 철도소음 환경기준 설정 - 철도제작차 소음실태조사 및 평가방법 연구 - 철도제작차 소음기준 설정 - 철도소음 평가방법 합리적 검토 	<p>2008</p> <p>2007~2009</p> <p>2010</p> <p>2008</p>	<p>환경부</p> <p>환경부,건교부</p> <p>“</p> <p>“</p>
	<ul style="list-style-type: none"> ○ 철도소음관리 강화 <ul style="list-style-type: none"> - 철도차량 등 발생원 소음방지대책 강구 - 철도변의 방음대책 강구 - 철도변 교통소음규제지역 지정·운영 - 철도소음 자동모니터링 설치 	<p>2006~</p> <p>2007~</p> <p>2010~</p> <p>2008~</p>	<p>건교부</p> <p>환경부,건교부</p> <p>환경부,건교부</p> <p>환경부</p>

3. 철도변 방음대책: 소음감소기의 음향학적 효과

3.1 소음감소기의 형태와 종류

국내에는 도로변 중심으로 소음감소기가 사용되고 있으며, 음향학적 측면에서 다양한 제품이 있다. Fig. 1는 소음감소기의 몇 가지 모습을 보이고 있다. (A),(E)는 원통모양으로 안쪽에 흡음재가 설치되어 있고, (B)는 상단을 양쪽으로 퍼지게 하고 끝을 원형으로 처리하고 있다. (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.(5)



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

Fig. 1 Various Types of Noise Reducers.

3.2 소음감소기의 음향효과

소음감소기는 0.55~0.86 m 의 높이를 가지고 있으며, 방음벽 위에 설치된다. 소음감소기의 성능평가는 방음벽에 소음감소기를 설치하지 않은 상태(높이 2.3 m)의 소음도와 방음벽 상단에 소음감소기를 설치한 후(높이 2.85~3.16 m)의 소음도 차이를 비교하게 된다.(6,7) 일반적인 높이의 방음벽에 소음감소기후 음향평가를 위해 측정된 삽입손실의 특성은 Fig. 2에 보여져 있다. Fig. 2는 방음벽인접위치에서 평가된 결과이다. 감소기 A, B, D를 제외한 나머지 감소기들은 1,000 Hz대역에서 감소가 가장 크고, 감소기 B는 1,600 Hz에서 감소가 가장 크게 나타난다. 한편, 100 Hz나 200 Hz부근에서 소음도 감소가 다소 크게 나타나는 것은 소음감소기에 의한 간섭 및 흡음 효과라 볼 수 있다.

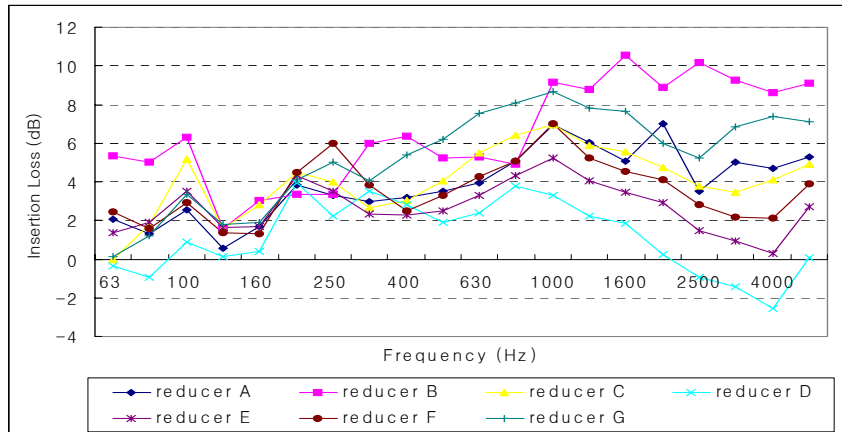


Fig. 2 Insertion Loss at 1/3 Octave: Near

소음감소기의 성능은 Table 2에 정리되어 있다. 소음감소기가 나타내는 삽입손실의 효과는 작게는 1.9 dB, 크게는 7.4 dB, 값을 보여준다. 소음감소기에 따라, 소음감소기의 성능에서 차이가 나타나고 있음을 볼 수 있다.

소음감소 효과가 높게 나타나기 위해서는 Table 2의 결과에서 볼 수 있듯이, 소음감소기의 높이를 증가시키고, (약 0.26 m), T자 형태로 만들어서 회절 경로차를 증가시켜야 한다.(10)

Table 2. Noise Reducer Effect

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

4. 소음감소기의 설치효과

소음감소기를 방음벽현장에 신설 설치하여 소음저감효과를 분석한 결과를 보여주고자 한다. 설치 구간은 지역특성과 거주 주민의 의견을 고려하여 선정하고, 소음측정을 진행하였다.

소음감소기는 경제성, 소음저감효과 등 제품의 우수성, 제품의 구조적특성 및 유지관리의 용이성, 설치실적 등을 고려하였으며, 종류는 버섯 흡음형과 원통 회전형, 간섭형 Green wave의 세 가지가 있다. Figure 3와 같이 방음벽과 소음감소기가 설치되는 구간을 고려해 보자. 방음벽 및 소음저감장치의 설치 효과에 대한 분석 방법은 방음벽과 소음저감장치의 시공이 완료되는 각각 단계마다 지정된 측정지점에서의 소음의 크기를 최소 2회에서 최대 3회 측정하고 비교, 분석하였다. 측정장비로는 소음계와 레벨레코더, 그리고 DAT를 이용하였고 전 실험 분석 과정에서 동일한 장비를 사용하여 객관성을 유지하였다.

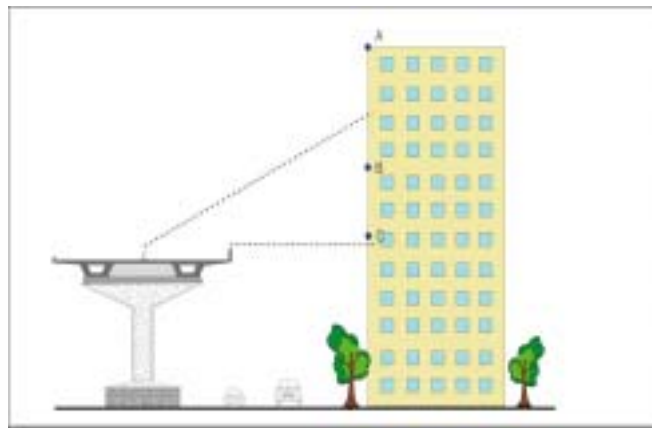


Figure 3. Location of Noise Barrier and Noise Reducer

4.1 방음벽 설치에 따른 효과 분석

다음의 Table. 3은 방음벽 신설 설치 구간의 효과 분석을 정리한 것이다. 방음벽을 신설한 5개 구간에서는 3~ 11dB의 높은 소음 감소 효과를 보여주고있다.

Table. 3 Barrier Installation Effect

position	Reference point	Before newly silencer set up		newly silencer set up	final result
A	Top of the Apartment	A.1	1.1dB decrease	5.9dB decrease	4.8 dB decrease
		A.2	0.7dB decrease	3.3dB decrease	2.6 dB decrease
B	Top of the new building	B.1	2.5dB decrease	5.6dB decrease	4.1dB decrease
		B.2	4.2dB decrease	8.9dB decrease	5.7dB decrease
C	Top of the Apartment	C.1	1.4dB decrease	6.9dB decrease	5.5 dB decrease
D	Top of the Apartment	D.1	0.2dB increase	2.8dB decrease	3.0 dB decrease
		D.2	4.0dB decrease	7.9dB decrease	3.9 dB decrease
E	The hill near the silencers	E.1	0.9dB increase	10.4dB decrease	11.3 dB decrease
		E.2	6.6dB decrease	10.6dB decrease	4.0 dB decrease

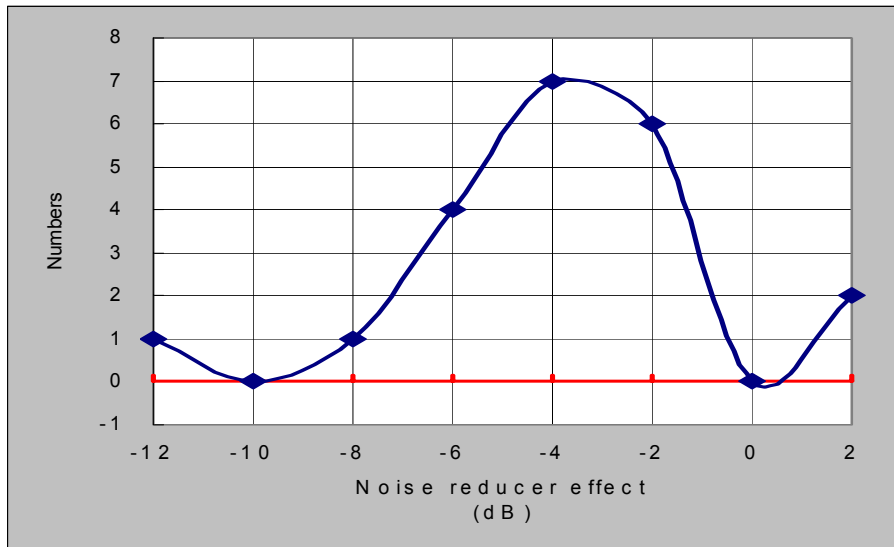
4.2 소음감소장치 설치효과

다음의 Table. 4는 방음벽 신설 설치 구간의 효과 분석을 정리해 보았다.

방음벽이 기 설치되어 있던 곳에 소음저감장치가 추가되면 1~7dB정도의 소음 저감 효과가 있는 것으로 데이터가 정리되고 있다. 소음감소의 정도는 측정 점 인근에 위치한 교통량과 주변 환경에 영향을 받게 되므로, 위치에 따라 그 정도에 많은 변화가 존재한다. 소음감소크기에 비해 소음발생원의 변화크기를 무시할 수 없기 때문이다. 따라서 소음감소효과를 정량화하기 위해서는 측정된 데이터를 평균과 표준편차로 통계처리를 하여야 한다. Figure 5는 소음감소기의 설치효과를 통계 처리한 결과를 보여주고 있다. 평균적으로 3.2 dB 수준이므로, 개략적으로 3-3.5 dB수준의 저감효과가 나타난다고 볼 수 있다.

Table 4. Noise Reducer Effect

position	Reference point	Before noise reducer set up		Outside noise reducer set up	Median strip set up	Noise reducer of Median strip set up	final result
F	Top of the Apartment	F.1	0.3dB increase	1.5dB decrease	-	-	1.8dB decrease
		F.2	3.7dB decrease	5.5dB decrease	-	-	1.8dB decrease
G		G.1	0.2dB decrease	0.9dB decrease	-	-	0.7dB decrease
H		H.1	1.5dB decrease	3.5dB decrease	-	6.3dB decrease	4.8dB decrease
		H.2	3.0dB decrease	6.0dB decrease		8.9dB decrease	5.9dB decrease
		H.3	2.1dB decrease	7.0dB decrease		9.8dB decrease	7.7dB decrease
I		I.1	2.1dB decrease	-	4.1dB decrease	5.0dB decrease	2.9dB decrease
J		J.1	1.4dB decrease	-	3.0dB decrease	5.1dB decrease	3.7dB decrease
		J.2	5.3dB decrease		4.8dB decrease	7.1dB decrease	1.8dB decrease
K		K.1	3.8dB decrease	4.5dB decrease	-	5.4dB decrease	1.6dB decrease
L		L.1	2.9dB decrease	3.2dB decrease	-	3.9dB decrease	1.0dB decrease
M		M.1	4.2dB decrease	0.1dB decrease	-	3.3dB decrease	0.9dB increase
	M.2	4.7dB decrease	3.8dB decrease	4.6dB decrease		0.1dB increase	



The mean value in reduction (dB)	3.2 (dB)
Standard deviation	2.8

Figure 4. Standard deviation of Noise Reducer Effect

5. 결론

본 논문에서는 국내의 철도변 소음의 특수성, 국내 철도소음피해 현황과 함께, 철도분야의 소음저감을 위한 범정부적 생활소음 저감방향을 설명하였다. 생활소음 줄이기 종합대책의 일환으로 추진되는 철도변 소음방지 세부실천계획이 진행되면, 서울을 비롯한 수도권지역의 철로변 거주 주민들에게 정온한 환경을 제공하는데 기여하리라 예상된다. 그동안 지자체나, 철도운영기관에서 단기적이고 국지적인 수준에서 처리되었던 소음문제를, 정부차원에서 계획적이고 5년이라는 장기간동안 법적인 지원체제를 갖추고 진행한다는 것 자체만으로도 의미 있는 정책변화라 사료된다. 철도변의 소음피해를 줄이기 위해서는 근본적으로 발생원에서 나타나는 소음원 자체를 감소시켜야 한다. 그러나 이는 현재 운영되고 있는 철도차량과 차륜, 레일을 구조적으로 변경시켜야 하는 어려움이 따른다. 따라서 소음원의 감소를 통한 중장기적 접근은 지금 당장에 철도변 소음노출인구를 저감시키는 데는 근본적인 대책이 될 수가 없다.

단기적이고 현실적인 소음방지대책은 철도변에 방음벽을 설치하는 방법이다. 방음벽을 설치하는 경우, 소음감소기를 추가로 시공하면, 소음방지효과는 증대된다. 이는 철로변에 있는 고층건물 등 아파트에 거주하는 주민들에게 다소나마 정온한 환경을 제공하게 된다.

본 논문에서는 철도변에 소음감소기의 적극적 설치를 제안한다. 소음기의 설치효과를 알아보기 위하여, 음향학적 효과를 삽입손실의 측정데이터를 통해 정량화하였다. 이와 함께, 도시에 설치되는 방음벽 위에 추가하여, 소음감소기로 보완하였을 때 나타난 소음측정데이터를 활용하여 소음감소기의 실제 설치효과를 객관적으로 보여주었다. 소음감소기의 설치를 통해 나타나는 저감 효과는 평균적으로 3dB(A)에서 3.5dB(A)를 보여주고 있다. 이는 철도변의 소음피해주민을 줄이고 주거환경을 개선하는데 상당히 기여할 것으로 판단된다. 향후 생활소음종합대책의 일환으로 추진되는 철도변소음을 저감시키기 위한 정책방향은 1차적으로는 방음벽과 소음감소기를 동시에 설치하면, 현실적이고 단기적으로 효과를 볼 수 있게 된다. 이와 함께, 중장기적으로 철도차량, 궤도, 레일 등의 구조 개량을 통해 소음원의 발생크기를 줄이려는 노력이 요구되고 있다.

참 고 문 헌

1. Commission of the European Communities, " E.C Environment Legislation", Vol 5 Noise, 1992.
2. 장성민, 강대준 등, "교통소음 노출인구 산정에 관한 연구", 2001, 국립환경연구원
3. 박영민 등, "21세기 소음진동 환경정책방향", 2001.4, 환경부
4. 김정태, 박영민, 손정곤, 김정수 등, "생활소음저감 종합대책수립을 위한 연구", 2005.9, 환경부
5. Shono, Yutaka, Yoshida, Yukinelow and Yamamoto, Kohei, 1994, "Development of noise abatement devices applied at the top of highway noise barriers", Journal of construction management and engineering, Japan society of civil engineers, Vol. 25, No. 504.
6. 日本建設省告示 1324号, 1992, 技術評價制度 測定法.
7. Okubo, Tomonao, 2004, "先端 改良刑 防音壁", 騒音制御, Vol. 28, No. 5, pp.317~322.
8. Fujiwara, Kyoji, Hothessall, David C. and Kim, Chul-hwan, 1998, "Noise Barrier with Reactive Surfaces", Applied Acoustics, Vol. 53, No. 4, pp. 255~272.
9. 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.
10. 강대준, 이재원, 구진희, 2006, "방음벽 상단의 소음감소기 성능시험", 한국소음진동공학회 2006년 추계학회.