

## 건설공사장 가설방음벽의 음향 특성

### Acoustic Properties of Temporary Noise Barriers on Construction Site

정진연†·임정빈\*·이성찬\*

Jin-Yun Chung, Jung-Bin Im and Sung-Chan Lee

(2009년 12월 24일 접수 ; 2010년 1월 19일 심사완료)

**Key Words** : Insertion Loss(삽입손실), Temporary Noise Barrier(가설방음벽), Sound Reduction Index(음향감쇠계수)

#### ABSTRACT

The noise by the construction activities is one of the main issues in Korea. To prevent the noise from construction site, construction company installs temporary noise barriers along the construction site boundary. Normally sound insulation performance ( $R_w$ ) of the temporary noise barriers made by metal or plastic is between 18 and 31 dB and metallic noise barriers are around 5 dB higher than plastic noise barriers. Sound absorption performance (NRC) of the temporary noise barriers are between 0.20 and 0.59 so it's difficult to characterize their acoustic performance. In this study, it has founded that sound insulation performance of the temporary noise barrier has been improved about 3dB by stick the high density acoustic sheet and insertion loss of noise barrier is getting increased as the source and receiver approached the temporary noise barriers.

#### 1. 서론

환경부(환경부령 제321호)에서는 정온한 생활환경 조성을 위하여 2009년 1월부터 공사장소음 규제 기준을 현행보다 5 dB 강화하였다. 공사장에서부터 발생하는 소음을 줄이기 위하여 각 건설사에서는 음원의 인접한 위치에 방음시설을 설치하거나 공사장 부지경계선에 가설방음벽을 설치하는 등의 조치를 취하고 있다. 그러나 가설방음벽은 일반적으로 음향성능이 높지 않고 설치하는 높이도 낮기 때문에 인근 지역의 소음저감에 한계가 있다. 따라서 강화된 규제기준을 고려하면 가설방음벽의 소음저감 효과를 현재보다 개선할 필요가 있다. 또 현재 가설방음벽의 기준으로 적용되고 있는 현장 삽입손실

측정결과는 잔향실에서의 음향투과손실 측정결과로 예측할 수 없는 상황이므로 현장 소음예측 등에 사용하기 위해서는 실험실과 현장에서의 결과를 상호 적용하기 위한 방안이 필요하다.

따라서 이 연구는 건설공사장에 설치되는 가설방음벽의 음향성능을 분석하고, 이를 통하여 실험실과 현장에서 상호 적용이 가능한 평가방법을 검토하며 향후 강화된 법규에 대응하기 위한 가설방음벽 성능향상을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

#### 2. 방음벽 성능기준

(1) 일반방음벽 관련 국내 음향성능 기준

소음저감을 목적으로 설치되는 장벽형태의 구조물인 방음벽은 환경부고시(제2009-221호)에서 각각의 방음판 투과손실을 수음자 위치에서 회절감쇠치에 10 dB을 더한 값 이상으로 하거나 500 Hz에서 25 dB 이상, 1000 Hz에서 30 dB 이상의 차음성능을

† 교신저자; 정희원, 대우건설기술연구원  
E-mail : jinyun97@dwconst.co.kr  
Tel : (031)250-1224, Fax : (031)250-1131  
\* 대우건설기술연구원

갖도록 규정하고 있다. 흡음형 방음판의 흡음률은 250, 500, 1000, 2000 Hz의 음에 대한 흡음률의 평균(noise reduction coefficients, NRC)이 70 % 이상으로 규정하고 있다.

(2) 가설방음벽 관련 국내 음향성능 기준

아직까지 가설방음벽 설치에 대해서는 특별한 기준이 정립되지 않은 상태이다. 다만 기존 연구<sup>(1)</sup>에서 가설방음벽의 설치기준(안)으로 차음성능이 500 Hz에서 20 dB 이상, 1000 Hz에서 25 dB 이상이며 250, 500, 1000, 2000 Hz의 음에 대한 평균 흡음률이 50 % 이상이 되도록 제시한 사례가 있으며, 일부 가설방음판 생산업체에서는 1000 Hz에서 20 dB의 값을 제품시방으로 하고 있다.

(3) 공사장 방음시설 설치기준

공사장 방음벽 시설에 대한 설치기준은 소음진동규계법 시행규칙 제33조5항 별표8의2에서 공사장 방음시설에 대해 방음벽시설 전후의 소음도 차이(삽입손실)를 7 dB 이상이 되고 높이 3 m 이상이며, 음 반사가 우려되는 경우에는 흡음형 방음벽 시설을 설치하도록 규정하고 있다.

3. 가설방음벽 음향성능 현황 및 평가방안

3.1 차음성능 분석

국내 건설공사장에서 주로 사용되고 있는 금속과 플라스틱 소재의 가설방음벽 25개 구조를 대상으로 KS F 2808(2001)<sup>(2)</sup>에 따라 잔향실에서 차음성능을 측정된 후 KS F 2862(2002)<sup>(3)</sup>에 의한 단일수치 평가량( $R_w$ )으로 분석하였다.

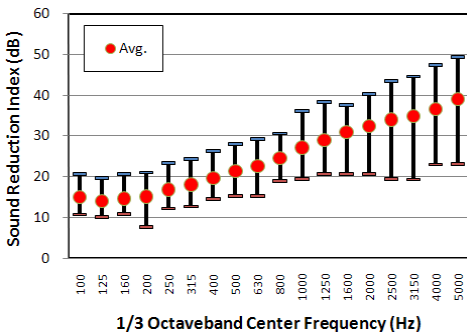


Fig. 1 SRI deviation of temporary noise barriers

시험 대상 가설방음벽의 두께는 30~35 mm이며 주파수 대역별로 측정된 차음성능(sound reduction index, SRI)은 Fig. 1과 같다. 그림에서 주파수가 높아질수록 가설방음벽 종류에 따른 차음성능의 편차가 커지고 있음을 볼 수 있다. Fig. 2는 주파수 대역별 차음성능을 단일수치로 평가한 결과로서  $R_w$  18~31 dB을 나타내고 있다.

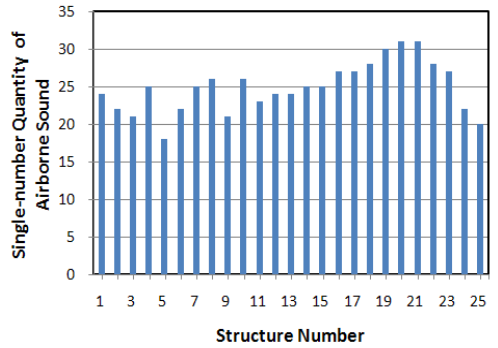


Fig. 2  $R_w$  results of temporary noise barriers

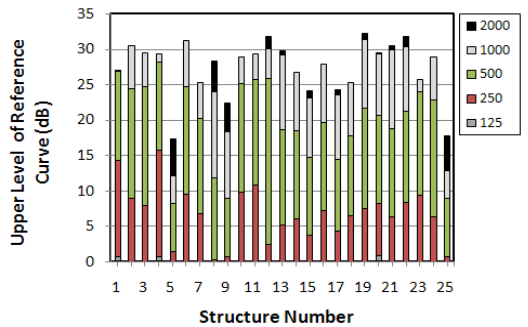


Fig. 3 Contribution quantity by frequency in  $R_w$  method

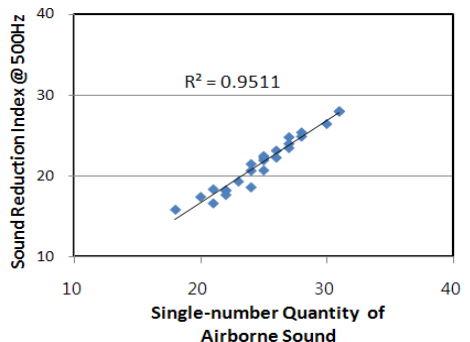


Fig. 4 Correlation coefficients between 500 Hz frequency and single-number quantity

Fig. 3은 고주파수 대역의 차음성능이 단일수치 평가량에 얼마나 기여하는지를 확인하기 위해 각 주파수 대역별로 기준곡선을 상회하는 값만을 비교한 결과이다. 그림에서 차음성능의 편차가 큰 고주파수 대역보다는 500 Hz 대역이 단일수치 평가량의

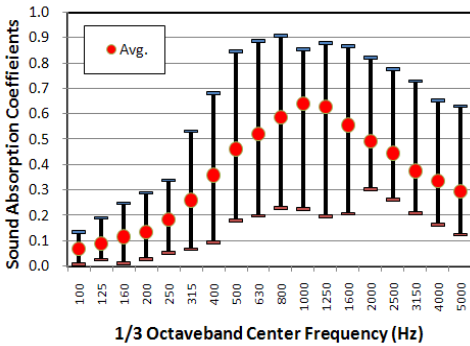
**Table 1** Analysis of correlation coefficients between frequency

	Octaveband center frequency(Hz)						Average	R <sub>w</sub>
	125	250	500	1000	2000	4000		
Hz	125	1.00						
	250	0.93	1.00					
	500	0.55	0.75	1.00				
	1000	0.37	0.42	0.44	1.00			
	2000	0.09	0.16	0.29	0.78	1.00		
	4000	0.02	0.04	0.13	0.36	0.60	1.00	
Average	0.48	0.59	0.66	0.85	0.75	0.53	1.00	
R <sub>w</sub>	0.59	0.79	0.95	0.57	0.41	0.19	0.78	1.00

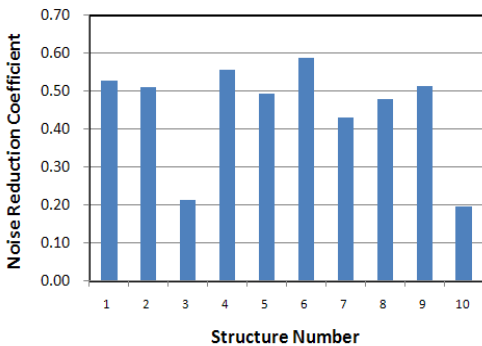
\* Average SRI @ 125 ~ 4000 Hz

결정에 보다 크게 영향을 미치고 있음을 볼 수 있다. Fig. 4는 500 Hz 대역에서의 차음성능과 단일수치 평가량과의 상관성을 분석한 결과로서 상관계수가 0.95로 나타나 단일수치 평가량에 대한 기여도가 매우 높음을 확인할 수 있다. 그러나 Table 1에 나타난 바와 같이 단일수치 평가방법은 고주파수 대역으로 갈수록 상관성이 급격히 작아지므로 단일수치 평가량에서 고주파수 대역의 차음성능에 따른 변별력이 떨어질 수밖에 없다.

이에 반해 125~4000 Hz 대역의 차음성능을 평균하는 방법(average 평가방법)은 기여도가 특정 주파수 대역에 집중되어 있지 않고 전 주파수 대역에 걸쳐 비교적 균등하게 분포되어 있으므로 가설방음벽의 차음성능에 대한 변별력 측면에서 단일수치 평가방법보다 적합할 것으로 사료된다. 또한 average 평가방법은 각 주파수대역의 차음성능을 단순히 산술 평균하는 방법이므로 실험실과 현장에서 측정한 차음성능을 단일수치로 손쉽게 평가할 수 있을 것으로 판단된다.



**Fig. 5** SAC deviations of temporary noise barriers



**Fig. 6** NRC results of temporary noise barriers

### 3.2 흡음성능 분석

가설방음벽 10개 구조를 대상으로 KS F 2805 (2001)<sup>(4)</sup>에 따라 잔향실에서 흡음률을 측정 후 평균 흡음률(NRC)로 분석하였다.

시험 대상 가설방음벽에 사용되는 흡음재는 대부분 PE 발포재와 Polyester 20 mm로서 주파수 대역별 흡음률은 Fig. 5에 나타난 바와 같이 방음벽 구조 및 내부 흡음재 종류에 따라 흡음성능(sound absorption coefficient, SAC)이 매우 다양하게 나타났다. Fig. 6은 250, 500, 1000, 2000 Hz 대역의 평균 흡음률(NRC)로 분석한 결과로서 0.20 ~ 0.59의 값을 나타내고 있다. 이러한 4개 주파수 대역을 평균하는 NRC 평가방안은 흡음재 종류와 두께 등의 변수에 따라 특정주파수의 흡음성능을 변화시키기 쉬운 흡음특성을 반영하므로 가설방음벽 평가방안에서 적합한 것으로 사료된다.

## 4. 설계요소별 차음성능 분석

가설방음벽의 음향성능을 개선하기 위해 기존문헌을 참고하여<sup>(5)</sup> 현장 삽입손실에 영향을 미치는 주요설계 요소별로 차음성능 특성을 분석하였다.

### 4.1 후면판 두께

가설방음벽의 차음성능에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 후면판 두께이다. Fig. 7은 아연도강판 0.8, 1.0, 1.2 mm 두께의 후면판에 대해 차음성능을 측정 한 결과로서,  $R_w$ 값으로 각각 26, 28, 29 dB로 평가되었다. 이는 Mass-law 법칙에 의한 차음성능 예측 결과와도 잘 일치하였다. Fig. 8은 1.0 mm 두께의 후면판에 대한 실측결과와 예측결과를 비교한 결과

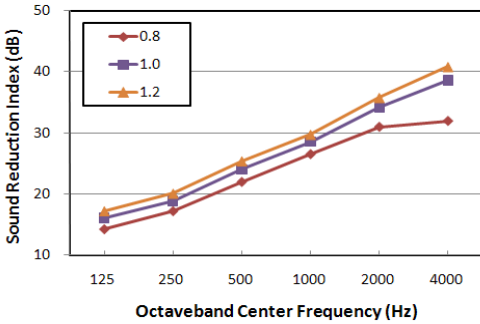


Fig. 7 SRI depending on rear plate thickness

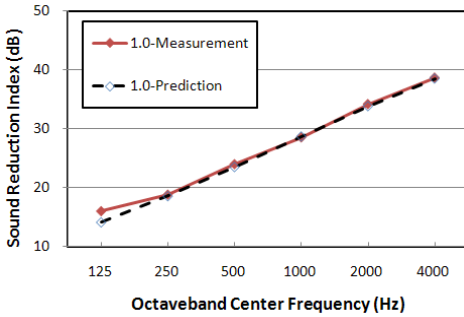


Fig. 8 Comparison between measurement and prediction

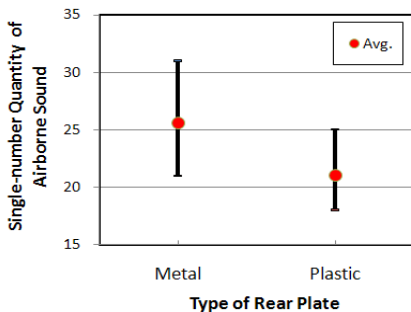


Fig. 9 Deviation of SRI depending on rear plate thickness

이다.

### 4.2 후면판 재질

국내 건설공사장에서는 대부분 금속(아연도강판) 또는 플라스틱(PVC계열) 소재의 가설방음벽을 사용하고 있으나, 최근에는 플라스틱에 비해 내구성과 차음성능이 양호한 금속 소재의 제품을 선호하고 있는 추세이다.

Fig. 9는 시험 대상 25개 구조의 가설방음벽을 대상으로 두께에 따른 영향을 배제하고 단지 후면판 재질에 따른 차음성능만을 비교한 것으로, 금속 소재의 제품이 플라스틱 소재에 비해 차음성능( $R_w$ )이 평균 5 dB 정도 높은 것으로 나타나고 있음을 알 수 있다.

### 4.3 틈새

차음성능의 주요한 요인 중 하나인 방음벽 사이의 틈새에 따른 영향을 분석하기 위해 아연도강판 0.8, 1.0, 1.2 mm 두께의 후면판을 대상으로 연결부 틈새 마감 전후의 차음성능을 측정하였다.

Fig. 10은 차음시험 결과로서 방음판 연결부에 쉘링제를 설치하여 틈새가 없도록 마감한 경우 상대적으로 전 주파수대역에서 차음성능이 향상되며 특히 4000 Hz 이상의 고주파수 대역에서 차음성능이 크게 개선되고 있음을 확인할 수 있다. 하지만 현장에서 가설방음벽을 시공할 때 연결부의 틈새를 충실히 마감하는 것은 공정상 쉽지 않은 것이 현실이다. 따라서 가설방음벽 현장 차음성능을 향상시키기 위해서는 연결부의 틈새를 최소화한 방음벽 구조의 개발이 필요할 것으로 판단된다.

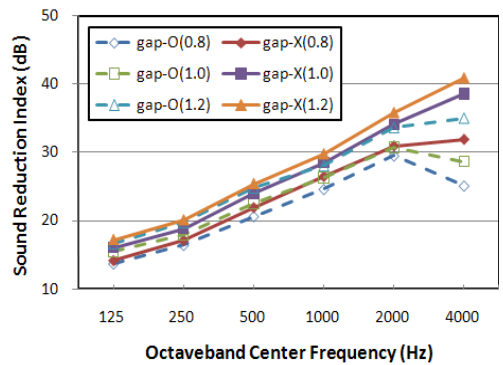


Fig. 10 SRI depending on gaps

#### 4.4 차음시트

앞에서 검토한 바와 같이 가설방음벽의 차음성능에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 후면판 두께이다. 그러나 두께 증가에는 한계가 있으므로 차음시트(sound insulating sheet, 비중 2.0)에 의한 차음성능 개선방안을 검토하였다. 이를 위해 아연도강판 1.0, 1.2 mm 두께의 후면판 안쪽에 2 mm 두께의 sheet를 부착한 후 차음성능을 측정하였다.

Fig. 11은 차음시험 결과로서 차음시트 부착 전 단일수치 평가량으로  $R_w$  27, 28 dB에서 부착 후  $R_w$  30, 31 dB로 차음성능이 3 dB 개선되었음을 확인하였다. 특히 전 주파수대역에서 차음성능이 향상되어 500 Hz와 1000 Hz에서의 차음성능이 각각 26~28 dB, 31~32 dB로서 일반 방음벽 정도의 차음수준까지 향상되었음을 볼 수 있는데, 이는 차음시트 부착에 따른 mass 효과뿐만 아니라 damping 효과에도 기인하는 것으로 판단된다.

#### 4.5 흡음재

흡음재 유무 및 흡음재 종류에 따른 차음성능 개

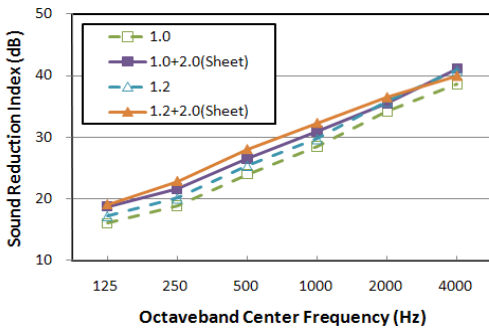


Fig. 11 SRI depending on sound insulating sheets

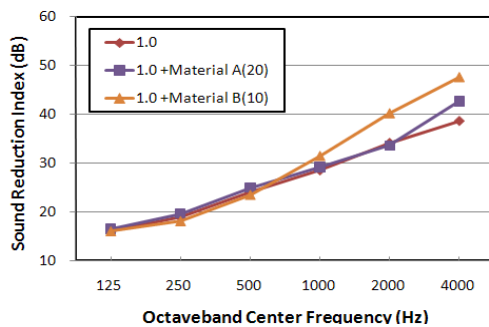


Fig. 12 SRI depending on absorption materials

선효과를 검토하기 위해 아연도강판 1.0 mm 두께의 후면판과 0.6 mm 두께의 전면 타공판 사이에 2가지 종류(material A, material B)의 흡음재를 번갈아 삽입하면서 차음성능을 측정하였다. Material A는 20 mm 두께의 polyester(밀도 24k)이고 material B는 10 mm 두께의 고밀도 소재(극세사 흡음재)이다. Fig. 12는 차음시험 결과로서 후면판 1.0 mm의 경우 흡음재 삽입 전의 차음성능은  $R_w$  27이었고 A흡음재를 삽입한 후에는 차음성능이 1 dB 증가하였다. B흡음재를 삽입한 후에는 1000 Hz 이상의 고주파수 대역으로 갈수록 차음성능이 급격히 높아졌으나 저주파수 대역에서 차음성능이 다소 저하됨에 따라 단일수치 평가량에는 변화가 없었다. 전체적인 주파수특성으로는 B흡음재가 A흡음재에 비해 차음성능 개선에 보다 효과적인 것으로 보이지만 단일수치 평가량으로는 반대로 나타났는데 이러한 경우는 앞에서 제시한 average 평가방법이 유효할 것으로 사료된다.

### 5. 차음성능 개선구조의 성능평가

#### 5.1 실험실 차음성능평가

설계요소별 차음성능 분석을 통해 나타난 결과를 바탕으로 일반 방음벽 수준의 높은 차음성능을 확보한 개발 구조(C-type)와 기존 금속제(A-type) 및 플라스틱(B-type) 구조를 대상으로 실험실에서의 차음성능을 비교 평가하였다.

Fig. 13은 A, B, C 3가지 구조에 대한 주파수 대역별 차음성능을 측정한 결과로서 개발 구조(C-type)의 경우 500 Hz와 1000 Hz에서의 차음성능이 각각 25 dB, 30 dB 이상으로 일반 방음판 수준의 값을 나타내고 있다. Table 2는 각 구조별 세부 사양과 단일수치로 평가한 차음성능을 비교한 결과로서 개발 구조의 단일수치 평가량은  $R_w$  30이며 앞에서 제안한 average 평가방법으로 분석한 결과도 이와 유사한 값을 나타내고 있다.

#### 5.2 현장 삽입손실 성능평가

배경소음이 비교적 일정하게 유지될 수 있는 생활지에서 가설방음벽 설치 전후의 삽입손실을 측정하였다. 이 때 주변 소음에 의한 영향을 최소화하기 위해 배경소음레벨이 낮은 시간대를 이용하였고, 공

사장 방음시설 설치기준(소음진동규제법 시행규칙) 및 KS A ISO 10847(2004)<sup>(6)</sup>의 동일한 위치에서 측정하는 직접법의 시험방법으로 측정을 수행하였다. 측정은 주파수분석기(Pulse 9.0)를 이용하여 5분 동안 등가소음으로 실시하였다.

일반적으로 반사형 방음벽의 경우 높이 0.4 m 당 삽입손실이 1 dB 증가하는 것으로 알려져 있다<sup>(7)</sup>. 하지만 이 연구에서는 공사장 방음시설 설치기준에서 규정하고 있는 건설공사장 가설방음벽의 최소높이인 3 m만을 기준으로 Fig. 14와 같이 A, B, C 3 가지 구조의 가설방음벽을 동일한 폭과 높이로 번갈아가며 시공하면서 삽입손실을 측정하였다.

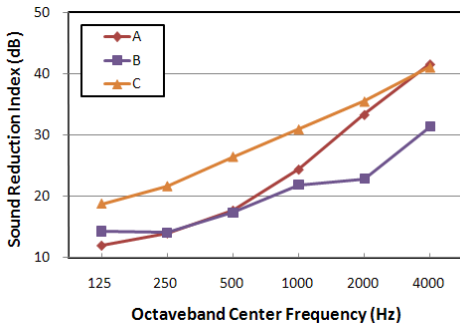


Fig. 13 Results of SRI in Lab.

Fig. 15는 음원과 수음점의 위치를 나타낸 것으로 광대역의 백색잡음(white noise)을 음원으로 이용하였고 수음점의 위치는 기존 연구결과<sup>(8)</sup>와 도심지 건설공사장 주변 현황을 참조하여 가설방음벽의 삽



(a) Before



(b) After

Fig. 14 View of field insertion loss test

Table 2 Structure & specification of used barriers

Type	Structure (mm)	R <sub>w</sub> (dB)	Average* (dB)
A	G.I. 0.5 + Polyester (24k) 20 + G.I. 0.6	22	23.8
B	Plastic 35 (PE Foam 5)	20	20.3
C	Damiing Sheet 2.0 + G.I. 1.0	30	29.1

\* Average of insertion loss @ 125~4000 Hz

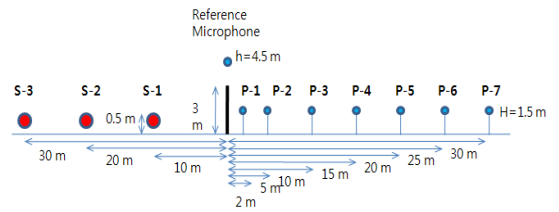


Fig. 15 Test points of field insertion loss test

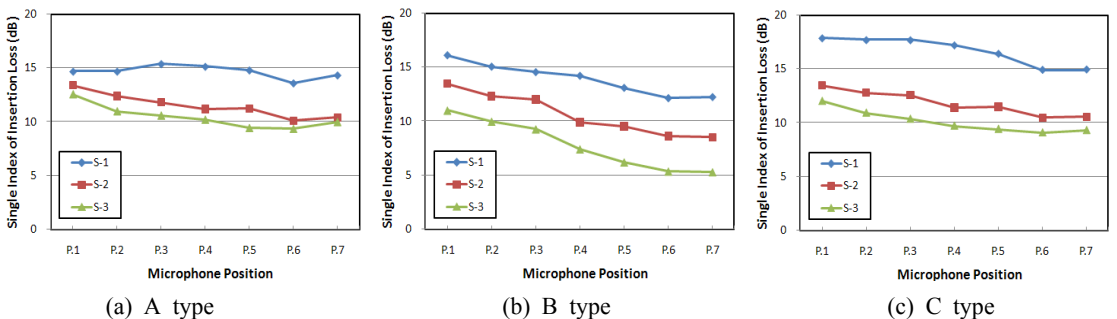


Fig. 16 Insertion loss depending on source positions

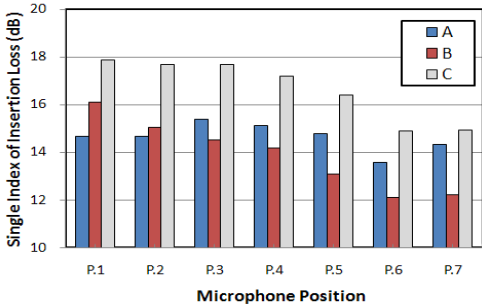


Fig. 17 Insertion loss depending on receiving positions

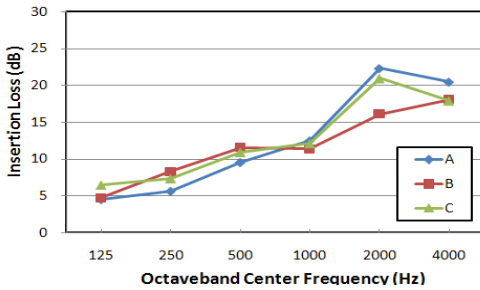


Fig. 18 Insertion loss of octaveband frequency

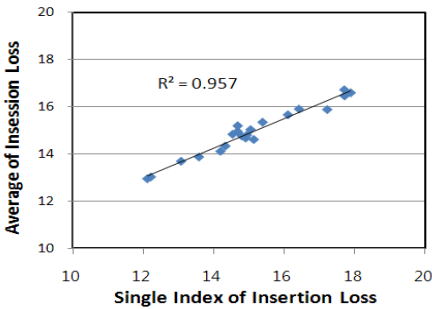


Fig. 19 Correlation coefficients between rating methods

삽입손실 유효범위인 30 m 이내에서 5 m 간격으로 선정하였다. 실제 도심지에서는 건설공사장 주변에 건물과 도로 등이 인접해 있으므로 가설방음벽으로부터 30 m 이상이 되는 측정지점은 의미가 없다.

Fig. 16은 음원의 위치에 따른 각 수음점에서의 삽입손실 측정결과로서, 음원의 위치가 가설방음벽에 근접할수록 방음벽의 종류에 관계없이 삽입손실이 높게 나타나고 있다. 실험실에서 차음성능이 상대적으로 낮은 플라스틱(B-type) 가설방음벽은 일부 수음점에서 현장 삽입손실 성능기준인 7 dB을 만족

하지 못하는 것으로 나타났다. 건설공사장에 대한 소음기준이 5 dB 강화되면서 공사장 인근 지역에서의 소음저감이 더욱 중요하게 되었기 때문에 삽입손실이 기존의 방음벽보다 향상된 구조인 C-type 등의 적용이 필요하다. Fig. 17은 가설방음벽으로부터 10 m 이격된 음원위치(S-1)를 대상으로 방음벽 종류에 따른 삽입손실 결과를 나타내고 있다. 분석 결과 차음성능이 높은 C-type 가설방음벽의 경우가 역시 가장 높은 삽입손실 결과를 나타내고 있다. 가설방음벽에 가까운 위치의 수음점(P.1, P.2)에서는 세로방향으로 설치되는 B, C-type이 가로방향으로 설치되는 A-type에 비해 틈새가 적게 형성되어 삽입손실이 높게 형성되고 있다.

지금까지 평가한 삽입손실의 경우는 수음점의 전 주파수레벨을 합산한 값만으로 계산되기 때문에 특정주파수의 가설방음벽 특성을 정확하게 반영하기에는 한계가 있다. Fig. 18은 S-1(음원위치), P-2(수음위치) 조건의 3가지 방음벽 삽입손실 결과로, 전체 삽입손실값은 12.3~12.8 dB로 거의 유사하게 평가되지만 2000 Hz에서의 삽입손실 결과가 방음벽 종류에 따라 차이가 나고 있음을 확인할 수 있다. 따라서 이러한 요소를 개선하기 위하여 앞서 실험실 차음성능 평가에서 언급한 125~4000 Hz 평균하는 방법(average 평가방법)을 적용하고자 한다. 이러한 방법은 Fig. 19에서와 같이 기존의 삽입손실 평가방법과 매우 높은 상관성을 가지고 있기 때문에 기존의 방법에서 크게 벗어나지 않으면서 각 주파수 특성을 반영할 수 있는 방안으로 판단된다.

## 6. 결 론

이 연구에서는 건설공사장 부지경계선에 설치되는 가설방음벽의 음향성능 현황을 분석하고 성능향상을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

이 연구를 통해 도출된 결과는 다음과 같다.

(1) 국내 건설공사장에서 주로 사용되는 있는 금속과 플라스틱 소재 가설방음벽은 차음성능이  $R_w$  18~31 dB이고 금속재 가설방음벽이 플라스틱에 비해 5 dB 정도 높은 차음성능을 가지고 있다. 흡음성능은 평균흡음률(NRC) 0.20~0.59 정도이지만 제품별 편차가 크게 나타나는 경향을 보이고 있다.

(2) 차음성능 평가방법인  $R_w$  단일수치 평가는

500 Hz 영역이 등급을 결정짓는 주요 주파수로서 전주파수대역의 값을 보편적으로 반영하지 못하고 있다. 따라서 전 주파수 대역에 걸쳐 특성을 비교적 균등하게 나타내는 125~4000 Hz 대역의 차음성능을 평균하는 방법(average 평가방법)은 가설방음벽의 차음성능에 대한 변별력 측면에서 단일수치 평가방법보다 적합하고, 기존의 삽입손실 평가방법과 매우 높은 상관성을 가지고 있어 실험실과 현장에서 측정된 차음성능을 단일수치로 손쉽게 평가할 수 있을 것으로 판단된다.

(3) 가설방음벽 차음성능의 향상을 위하여 주요 구성 부재인 후면판에 차음시트를 부착하는 경우에 차음성능( $R_w$ )이 3 dB 정도 향상되지만, 내부 흡음재 시공으로 인한 차음성능 개선효과는 크지 않다.

(4) 가설방음벽 시공에 따른 실제 현장에서의 효과를 살펴보기 위해 삽입손실을 측정한 결과, 음원 및 수음점의 위치가 가설방음벽에 가깝게 위치할수록 삽입손실이 높게 나타나며, 차음성능이 높은 가설방음벽 구조일수록 삽입손실 역시 높게 나타나는 경향이 있다.

지금까지의 실험을 근거로 향후 현장 삽입손실 개선방안을 도출하고, 흡음형 가설방음벽의 기준 설정을 위해 다양한 흡음재를 대상으로 밀도와 두께 변화에 따른 성능을 검토할 필요가 있다.

## 후 기

이 연구는 환경부의 “차세대 핵심환경기술개발사

업(과제번호: 2009-11001-0010-0)”의 지원으로 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

(1) Express & Transportation Research Institute, 2006, A Study on the Efficiency of a Temporary Noise Barrier for Construction Noise.

(2) KS F 2808 : 2001, Laboratory Measurements of Airborne Sound Insulation of Building Elements.

(3) KS F 2862 : 2002, Rating of Airborne Sound in Buildings and Building Elements.

(4) KS F 2805 : 2004, Measurement of Sound Absorption in a Reverberation Room.

(5) Im, J. B., Chung, J. Y. and Yoon, J. W., 2009, “Sound Insulation Performance Improvement of Temporary Noise Barrier,” Proceedings of the KSNVE Annual Autumn Conference, pp. 534-545.

(6) KS A ISO 10847 : 2004, Acoustics-in-situ Determination of Insertion Loss of Outdoor Noise Barriers of All Types.

(7) Hwang, C. H., 2008.1, “Evaluation of the Performance of the Noise Barrier Using the BEM,” Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 18, No. 1, pp. 94~100.

(8) Kim, S. W., Kim, K. S. and Park, H. K., 2005.3, “The Insertion Loss of Temporary Noise Barrier Against Construction Machines for Specific Work,” Architectural Institute of Korea, pp. 117~124.