

방음벽 상단 소음저감장치의 감음성능 평가방법 연구

A Study on the Test Method for Noise Reduction Devices Installed on the Noise Barriers

김 철 환† · 장 태 순* · 김 득 성* · 김 동 준** · 장 서 일***

Chulhwan Kim, Taesun Chang, Deuk sung Kim, Dong-jun Kim and Seo il Chang

(2009년 7월 29일 접수 ; 2010년 8월 20일 심사완료)

Key Words : Road Traffic Noise(도로교통소음), Noise Barrier(방음벽), Noise Reduction Device(소음저감장치), Noise Reduction Effect(감음성능), Highway Noise Spectrum(고속도로 소음 스펙트럼)

ABSTRACT

Installing noise barriers is the most common method for reducing the highway traffic noise to the road side residential area. After the report about edge potential concept of a noise barrier, various types of noise reducing devices(NRDs) called “noise reducers” have been suggested for getting more shielding effect on the top of highway noise barriers. But, it has been doubtful about effect of the NRDs in field because there was no appropriate and unified method to estimate the acoustic performance by using field measurement of the NRDs in Korea. In this study, the authors have considered to setup a practical method to test and estimate the acoustic performance of NRDs. For eliminating the noise reduction effect of the NRDs height itself, the source and measuring points are adjusted as highly as the NRDs height. For the frequency weighting in the estimation of the NRDs effect, the highway noise spectra were measured at asphalt and concrete road side and then averaged for a unit spectral parameter.

1. 서 론

고속도로 주변의 소음대책에 가장 일반적으로 사용되고 있는 수단이 방음벽이다. 최근 방음벽의 상단에 설치하여 방음벽의 높이를 높이지 않고 차음 성능을 향상시키는 소음저감장치(혹은, 소음감소기)가 국내에서도 개발, 판매되고 있고 고속도로에도 이들 제품의 설치에 대한 요구가 늘어나고 있는 추세이다. 소음저감장치는 일본의 Fujiwara에 의해 처

음 제안⁽¹⁾된 이래 실질적인 소음저감 효과에 대한 논의가 계속되어 왔고, 이를 위한 검증 및 평가방법에 대한 연구결과도 계속 보고되고 있다. 일본을 비롯한 유럽에서는 나름대로 소음저감장치의 소음저감효과를 평가하기 위한 방법을 마련하고 있으나, 국내에서는 이러한 제품의 감음성능 평가를 위한 규정된 방법과 시설이 전무한 상황이며, 일부에서는 무향실에서 감음효과를 파악하고 있으나 그 효과가 과장되게 나타나 현장 적용에 혼란을 주고 있다. 이 연구에서는 고속도로 주변 현장의 소음대책을 위한 소음저감장치의 감음성능 평가를 위한 시험 및 평가방법을 검토하고 제안하고자 한다.

2. 기존방법에 대한 고찰

† 교신저자; 정회원, 한국도로공사 도로교통연구원
E-mail : c.h.kim@ex.co.kr

Tel : (031)371-3366, Fax : (031)371-3287

* 한국도로공사 도로교통연구원

** 한국종합기술

*** 정회원, 서울시립대학교 환경공학부

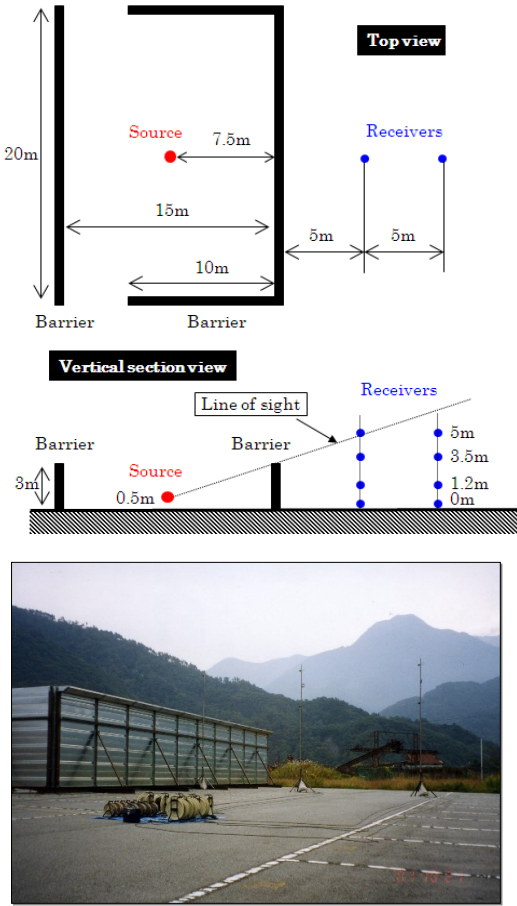


Fig. 1 The conventional estimation method of the noise barrier's acoustic performance used in Japan

도로교통소음과 도로 주변상황이 우리나라와 비슷한 일본의 경우 소음저감장치의 감음성능 시험 및 평가와 관련하여 규정된 방법은 없으나 일본 건설성(현 국토교통성)에서 고시한 방법⁽²⁾에 근거하여 옥외 시험을 실시하고 있다. Fig. 1에 이 시험방법에 의한 음원 및 측정점 위치의 개요를 나타내었다.

음원인 스피커 주위를 3m 높이의 방음벽으로 둘러싸고, 지상 0~5m에 설치한 8개의 측정점에서 상당 소음저감장치의 설치 전과 후에 대한 주파수별 음압레벨을 측정하여 그 차로써 삽입손실을 산정하여 소음저감장치의 감음효과를 평가하고 있다. 한편, 유럽의 경우, 방음벽 배후의 회절음 측정에 대해서 유럽표준화위원회의 CEN/TS 1793-4를 평가규격으로 사용하고 있다. 임펄스 신호를 이용하여

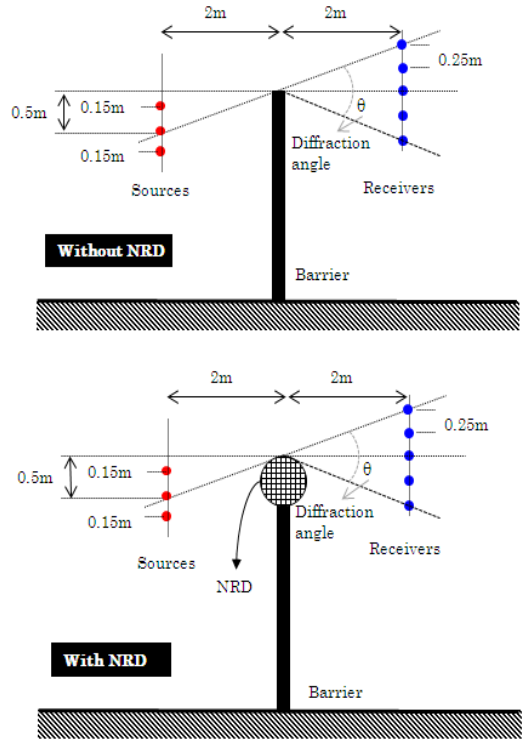


Fig. 2 Estimation method of the NRDs acoustic performance used in Europe

반사음을 제거시킨 회절음 만을 평가 대상으로 한 것이 특징이다. 이 방법은 소음저감장치의 본질적인 감음성능을 평가하는 데 유용하지만 임펄스 신호에 대한 측정과 분석이 일반적이지 못해 보급에 어려움이 있다. 이 밖에도 최근에는 임펄스 신호를 이용하여 회절각도별로 감음효과 산출하는 방법이 제안⁽³⁾되는 등 소음저감장치의 감음효과 평가를 위한 다양한 방법이 제안되고 있으나 시험방법이 복잡하여 보편적으로 사용하기에는 어려움이 있다.

3. 신규방법의 검토

소음저감장치의 차음효과를 보다 현실적이며 현장에 설치한 상황을 고려하여 적절하게 평가할 수 있는 방법을 검토하기 위하여 방음벽 배후의 평가 범위를 기존에 비해 넓은 범위에서 등가소음레벨을 측정하여 원거리에서의 감음성능을 평가하는 방법을 검토하였다. 특히 소음저감장치 설치 전과 후의 측정에 있어서 기존 방법은 음원과 수음점의 높이

를 지면에서부터 일정하게 설정한 것에 비해 이 연구에서는 음원과 수음점의 높이를 소음저감장치의 높이만큼 조절하여 소음저감장치 자체의 높이를 배제한 순수한 소음저감장치의 효과를 평가하고자 하였다. 회절이론을 토대로 기존방법과 이 연구의 방법을 비교해보면, 기존방법의 경우, 소음저감장치 설치 전과 후에 따라 1차 반사음을 고려한 삽입손실치의 차이는 약 1.6 dB(A)정도였고, 반사음의 영향은 약 28~31%정도인 반면, 이 연구 방법의 경우, 삽입손실치의 차이는 약 0.2 dB(A)이고, 반사음의 영향은 약 13~14%정도였다. 이러한 결과는 기존방법보다 이 연구의 방법이 소음저감장치만의 효과를 평가하는데 적절하다는 점을 제시한다.

옥외 성능시험을 위해 소음저감장치 성능시험장을 구축하고, 시험장에 설치된 방음벽의 상단에 소음저감장치 설치 전과 후에 대한 방음벽 배후에서의 등가소음레벨을 측정하고 주파수 분석을 하였다. 소음저감장치를 설치할 방음벽은 일본 국토교통성에서 제시한 규격을 참고하였으며, 측정점 위치는 방음벽 배후 수평거리 40 m, 기준높이(Ref. level) 아래 3 m에서 기준높이 위로 6 m까지 배치하여 원거리 음장에 대한 소음저감장치의 효과를 파악하고자 하였다. 음원신호는 핑크노이즈(pink noise)를 사용하였고 측정기의 청감보정회로 특성은 “평탄(flat)”, 동특성은 “빠름(fast)”으로 설정하였다. 측정된 결과를 평가 영역과 보정곡선에 따라 결과를 분석하고 이를 바탕으로 소음저감장치의 평가방법을 검토하였다. Fig. 3에 평가방법의 검토에 이용한 시험시설 및 음원과 측정점의 위치를 나타내었다. 평가영역에 있어서는 음원과 방음벽(혹은, 소음저감장치) 상단을 잇는 가시선(line of sight)을 기준으로 상부영역과 하부영역으로 나누고, 각 측정점의 소음저감장치 설치 전과 후에 측정된 등가소음레벨 차를 각 영역별로 산술평균하여 단일수치값을 산출하였다. 소음저감장치의 주파수에 대한 특성을 평가하기 위하여 우리나라 고속도로 소음의 특성 스펙트럼을 가중하여 총합레벨(overall level)을 산출하였다. Fig. 4는 보정값으로 사용한 고속도로 소음 스펙트럼(highway noise spectrum)과 A-weighting spectrum을 비교하여 나타내었다. 이 연구에서 사용된 고속도로 스펙트럼은 국내에서 발생하는 고속도로 교통소음의 주파수 특성을 보정하기 위해 제작된 곡선으로,

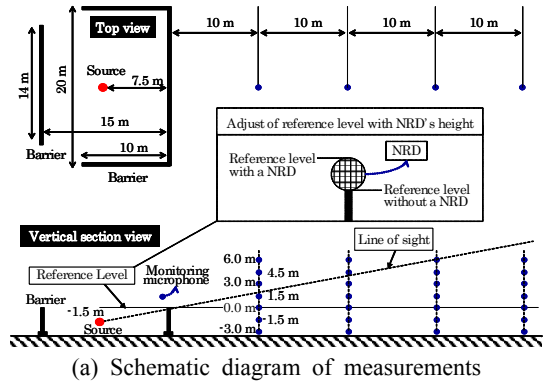


Fig. 3 Schematic diagram and photos of the test facility for noise reducing devices

국내 고속도로(아스팔트 및 콘크리트 포장)의 도로 단에서 측정된 고속도로소음을 평균하여, 주파수 특성을 표현하고, A-weighting 곡선과 같이 1 kHz 값을 0로 수정하여 제작된 보정곡선이다. 이 연구에서는 도로교통소음에서 가장 큰 영향을 갖는 250 Hz~4 kHz (200 Hz~5 kHz, 1/3 옥타브밴드 중심주파수) 영역을 평가 대상으로 하였다.

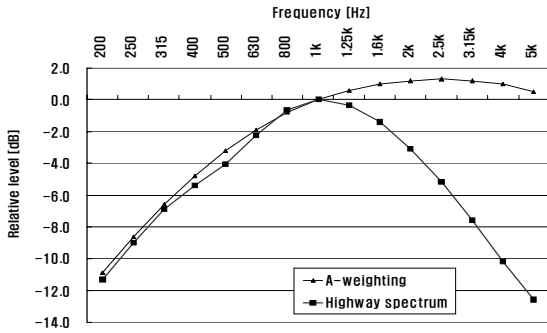


Fig. 4 Highway noise and A-weighting spectrum curve

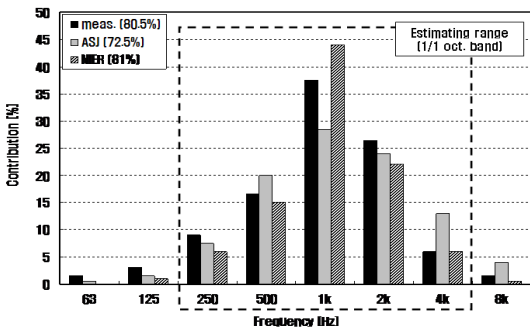


Fig. 5 Energy spectrum of the road traffic noise

기존 연구에 의하면 도로교통소음 음향에너지의 90% 이상이 이 주파수 범위에 들어있는 것으로 발표되었고⁽⁴⁾ 따라서 이 주파수 영역을 평가범위로 하는 것이 측정오차를 제거하면서 도로교통소음의 특성을 반영할 수 있을 것으로 판단하였다. Fig. 5에 기존 발표된 연구에 의해 계산된 각 주파수 대역에 포함된 소음에너지의 비율을 나타내었다.

4. 시험결과 및 고찰

앞에서 제시한 시험 및 평가 방법에 의해 국내에서 생산된 5개 제품(흡음형 2개, 간섭형 2개, 혼합형(흡음·간섭) 1개)에 대해 시험을 실시하였다. 가시선 상부영역에 대한 평가 결과, 감음효과가 작고 방음벽 배후 평가거리에 따른 차이가 거의 없는 것으로 나타났기 때문에 이에 대한 고찰은 생략하기로 한다. Fig. 6에 가시선 하부영역의 평가결과를 나타낸 것으로, 점선과 실선은 Fig. 4의 A-weighting spectrum과 highway noise spectrum으로 보정하였

을 때의 결과를 나타낸다. 평가주파수 범위는 Fig. 5에 설명한 바와 같이 250 Hz~4 kHz(200 Hz~5 kHz, 1/3 옥타브밴드 중심주파수)로 하였다. 결과에서 알 수 있듯이 평가 거리에 따른 차이는 있지만 5개 제품 모두 A-weighting spectrum보다 Highway noise spectrum으로 보정하였을 때 0.2~0.7 dB(A) 낮게 평가되었다. 이 결과에서 고속도로 소음을 A-weighting으로 평가하게 되면, 제품에 따라 실제 제품의 성능보다 과대평가 하게 될 수 있음을 알 수 있다. 그리고 방음벽 배후 평가 범위에 있어서는 30 m를 넘어가면 감음효과가 떨어짐을 알 수 있고, 따라서 소음저감장치의 감음성능을 평가할 경우에는 30 m 이상 배후까지 성능을 확인해야 함을 알 수 있다. 또한 측정점의 적정한 높이 선정을 위하여 Fig. 3(a)에 나타낸 기준높이(Ref. level)에서 하부 1.5 m 및 3 m의 측정점 8개를 제외하고 평가한 결과를 하부 측정점 8개를 포함하고 평가한 결과와 비교하여 Fig. 7에 나타내었다. 결과에서, 기준높이 하부 측정점을 제외하고 평가한 결과가 하부 측정점을 포함하고 평가한 결과보다 저감량이 조금 크게 나타난 경향을 보이고 있으나 배후거리 30 m까지 평가한 결과를 보면 그 차는 0~0.3 dB(A)로 나타났다. 회절각이 큰 10 m지점에서 회절각이 작은 40 m지점보다 감음효과가 크게 나타나 회절각이 클수록 소음저감장치의 감음효과도 커짐을 알 수 있다.

5. 시험 및 평가방법 검토

이상에서 검토한 시험결과를 바탕으로 Fig. 8에 이 연구에서 제안하는 음원 및 측정점의 위치를 나타내었다. 측정범위를 방음벽 배후 30 m까지로 하고 가시선 하부에서 기준높이 이상의 측정점(①~⑨)에서 소음저감장치 설치 전과 후의 음압레벨 차를 산술평균하여 단일수치로 소음저감장치의 감음성능을 평가한다. 가시선 상부 영역에 대한 평가는 측정점⑩에서 의미있는 감음량이 확인될 경우 보다 높은 영역에 대해 추가적인 실험을 통하여 효과를 확인하는 것으로 하였다. 이는 측정점⑩이 직접음과 방음벽(혹은, 소음저감장치) 상단을 경유한 회절음의 경로차가 -0.27 m로서 회절음의 영향을 받는 경계에 위치하므로 가시선 상부 영역이라 하더라도 측정점⑩ 이하에서는 측정된 감음량이 회절에 의한

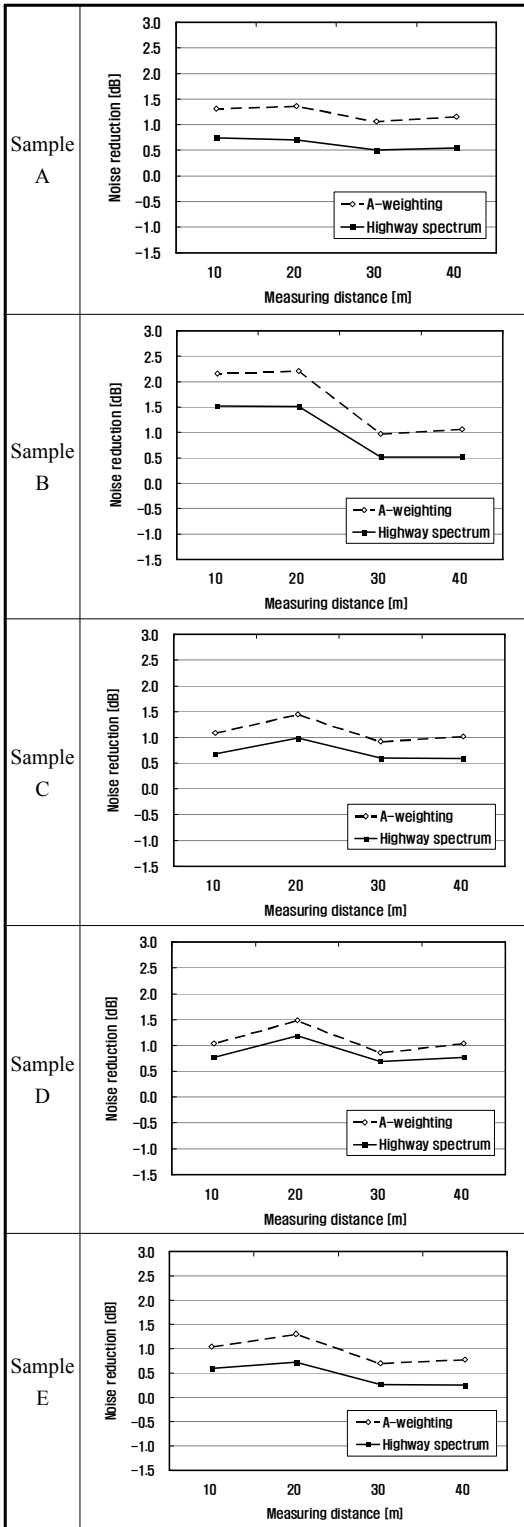


Fig. 6 Noise reduction by the A-weighting curve and highway noise spectrum curve

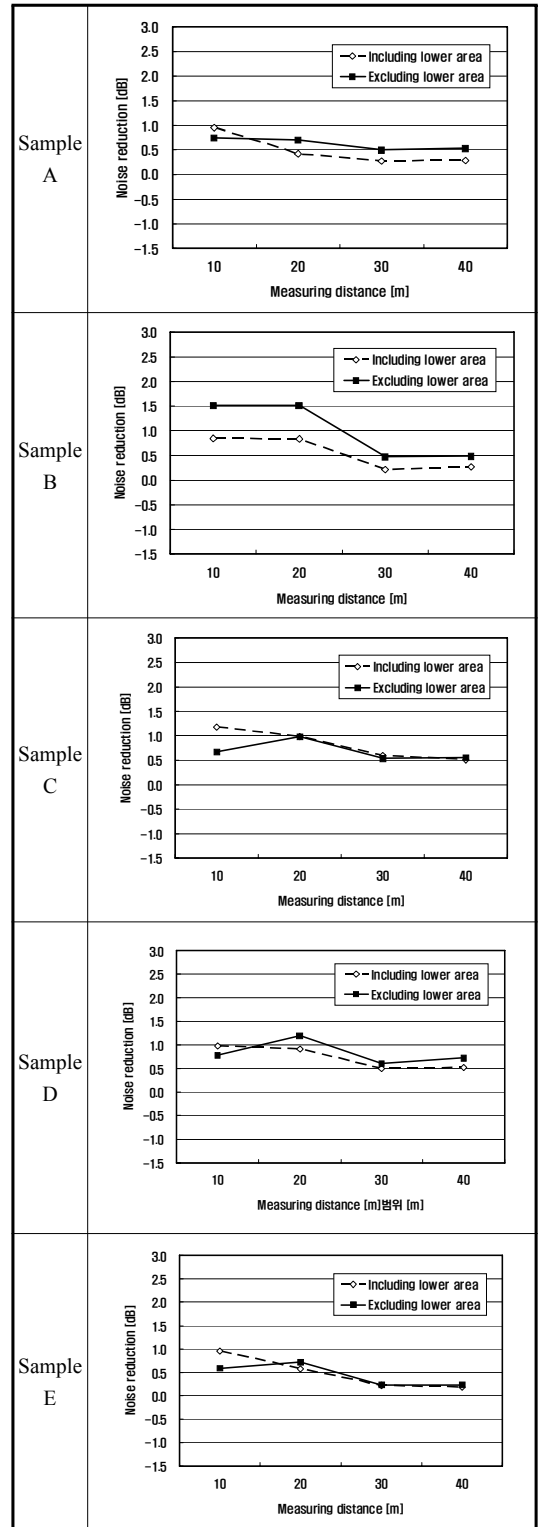


Fig. 7 Including and excluding the lower 8 receivers as the estimating points

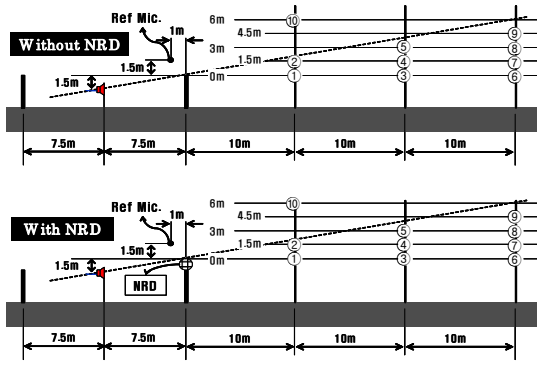


Fig. 8 Suggested configurations for measurements in this study

Table 1 Evaluations of noise reduction by suggested method in the study

	Sample A	Sample B	Sample C	Sample D	Sample E
Noise reduction by NRDs	0.5 dB	0.5 dB	0.6 dB	0.7 dB	0.3 dB

것인지 소음저감장치의 효과에 의한 것인지 구분이 어렵기 때문이다. 측정기의 청감보정회로 특성은 “평탄(flat)”으로 하고, 측정값에 Fig. 4에 나타난 고속도로 소음 스펙트럼(highway noise spectrum)을 보정하며 이때 평가 주파수의 범위는 1/1 옥타브밴드 중심주파수로 250 Hz~4 kHz(200 Hz~5 kHz, 1/3 옥타브밴드 중심주파수)로 하였다 Table 1에 이상에서 제안한 방법으로 평가한 결과를 나타내었다. 여기서 감음량은 소음저감장치 설치 전과 후의 기준 높이에 대해 동일한 음원과 측정점 위치에서 평가한 값이기 때문에 소음저감장치를 설치했을 때 이와 동일한 높이의 방음벽과 비교한 감음량으로서 소음저감장치 자체 높이에 의한 차음효과를 배제한 소음저감장치의 순수한 효과로 이해할 수 있다.

6. 결 론

이 연구에서는 방음벽 상단에 설치되는 소음저감

장치의 감음성능에 대한 실용적인 확인을 위해 시험 및 평가방법을 검토하였고 그 결과를 정리하면 다음과 같다.

(1) 소음저감장치 자체 높이에 의한 차음효과를 배제하기 위하여 소음저감장치 설치 후에는 음원 및 측정점의 높이를 소음저감장치의 높이만큼 높여서 측정하였다.

(2) 방음벽 배후 10~40 m에서 10 m 간격으로 측정점을 배치하여 평가범위를 검토한 결과, 30 m 이상에서 감음효과가 감소하는 경향을 보였으며, 소음저감장치의 실용적인 현장적용을 위해서는 성능평가 시 최소 방음벽 배후 30 m까지는 확인을 해야 할 것으로 생각한다.

(3) 주파수특성을 고려한 평가를 위하여 고속도로 소음 스펙트럼을 적용하였으며, 기존의 A-weighting을 적용하였을 경우와 비교한 결과 0.2~0.6 dB의 차이를 보였다. 따라서, 고속도로 방음벽에 소음저감장치를 설치할 제품개발에 반드시 고려되어야 할 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

- (1) Fujiwara, K. and Furuta, N., 1991, “Sound Shielding Efficiency of a Barrier with a Cylinder at the Edge,” Noise Control Engineering Journal, Vol. 37, No. 1, pp. 5~11.
- (2) Notification No. 954(on July 17, 1992), Japanese Government of Construction.
- (3) Okubo, T. and Yamamoto, K., 2007, “Procedures for Determining the Acoustic Efficiency of Edge-modified Noise Barriers,” Applied Acoustics, Vol. 68, pp. 797~819.
- (4) Kim, D. S., et al., 2005, “A Study on the Computation and Application of Sound Power Level for Road Traffic Noise of Renewal Area,” Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 15, No. 6, pp. 635~644.