

방음벽 상단부 형상에 따른 삽입손실 연구

A Study on the Insertion Loss of Noise Barrier with the Variation of Top Shape

정 성 수*, 김 용 태*, 이 우 섭**
(Sung-Soo Jung*, Yong-Tae Kim*, Woo-Seop Lee**)

* 한국표준과학연구원 음향진동그룹, ** 아산정보기능대학 멀티미디어과
(접수일자: 2002년 4월 15일; 수정일자: 2002년 8월 19일; 채택일자: 2002년 9월 21일)

방음벽의 상단부 형상에 따른 삽입손실을 무향실에서 모형축척 방법으로 측정하고 상호비교하였다. 높이 0.3 m의 수직형 방음벽에 대한 삽입손실과 간단한 형상물을 상단부에 설치한 방음벽의 삽입손실과의 차를 비교하였다. 실험결과 단순히 높이를 증가시키는 경우보다 상단부에 간단한 형상을 설치한 것이 더 효과적이었다. 'T'형, 'Y'형 및 'O'형 방음벽에 대한 삽입손실을 비교한 결과 'T'형과 'O'형 방음벽은 비슷하였으며 'Y'형이 가장 좋은 효과를 나타냈다. 본 연구결과는 Alfredson (PIOC, Inter-Noise 95, p. 381, 1995) 등의 결과와는 잘 일치하지 않지만 May (J. Sound Vib. 71, p. 73, 1980) 등의 결과와는 상충된다. 따라서 어떤 형태가 가장 좋은지를 결정하는 것은 어렵다. 왜 이러한 상호 모순되는 결과를 얻게 되는가를 알기 위해 경계요소법을 적용한 결과 각 연구자들마다 다른 방음벽의 높이, 음원과 수음점의 위치, 높이와 거리를 서로 다른 실험조건을 가정했기 때문임을 알 수 있었다.

핵심용어: 방음벽, 삽입손실, 모형축척실험, 경계요소법

투고분야: 소음 및 공력음향 분야 (10.4)

The insertion loss of the noise barriers with several top shape is measured in an anechoic room by using a reduced scale model test. The insertion loss differences between a straight vertical barrier having 0.3 m height and several barriers with simple top shaped are compared. The results show that the latter is more effective than the former and absorptive barrier is more effective than the reflective one. Among the barrier types of 'T', 'Y', and 'O', type 'Y' is the best one and the rest have similar effect. This result is well agree with Alfredson (PIOC, Inter-Noise 95, p. 381, 1995)'s but contradict to May (J. Sound Vib. 71, p. 73, 1980)'s. Therefore, it is difficult to determine which type is the best. In order to find out this discrepancy, boundary element method is adopted and the result shows one can have different result because each supposed different experimental conditions like height of noise barrier, positions of sound source and receiver, etc.

Keywords: Noise barrier, Insertion loss, Reduced scale model test, Boundary element method

ASK subject classification: Noise and aeroacoustics (10.4)

I. 서론

각종 교통 수단에 의한 소음피해를 줄이기 위해 방음벽의 설치가 일반화되던지 오래다. 기하학적으로 간단한 형상을 가진 방음벽의 효과를 산정하는 것은 가능하지만 조금만 복잡하여도 이론적으로 해를 구하는 것은 상당

히 어렵다. 방음벽 뒤 수음점 지역에서의 음장 예측은 Pierce[1], Terai[2], L'Esperance[3] 그리고 Princhiewa 등[4]이 회절이론에 기본하여 해를 구하였지만 복잡한 적분식을 포함하기 때문에 진 가청 주파수 대역에 걸쳐 여러 수음점에 대한 음장 분포를 예측하는데 계산시간이 많이 소요된다. 따라서 현재까지도 공학적인 측면에서 Maekawa[5]의 실험식을 가장 많이 활용하는데 이 모델은 회절음간의 간섭효과를 예측할 수 없는 단점이 있다. 이를 보완한 식이 Lam[6]에 의해 제시되었지만 역시

책임저자: 정성수 (jss@kriss.re.kr)
305-600 대전광역시 유성구 도룡동 1번지
한국표준과학연구원 음향진동그룹
(전화: 042-868-5307; 팩스: 042-868-5643)

단순한 형상의 방음벽에 대해서만 적용이 가능한 한계를 가진다.

일반적으로 방음벽의 효과는 방음벽 설치 전·후 수음점에서의 음압레벨 차인 삽입손실로 평가하고 있다. 가장 바람직하게는 도로변에 다양한 형태의 방음벽을 설치하여 비교하면 되지만 여러 형상을 설치하는 것은 비용과 시간 문제로 인해 어려움이 있기 때문에 무향실 혹은 반무향실에서 모형 축척 실험방법으로 연구를 하게 된다. 원리적으로 방음벽의 높이를 증가시키면 감음 효과도 증가하지만 이것은 비용 대 효과의 문제와 또한 주민들의 시야 확보 및 미관에 대한 기대성 등의 복잡한 문제를 야기시킨다. 따라서 방음벽의 높이를 크게 증가시키지 않고 효과적인 감음 대책의 일환으로 상단부에 간단한 모형물을 설치하는 연구가 May[7], Hutchins[8], Alfredson[9] 등에 의해 시도되었다. 하지만 이들의 결과를 비교해보면 서로 상충되는 결과도 있기 때문에 어떤 형태의 모형물이 가장 효과적인지 단정하기 어렵다.

따라서 본 연구에서는 기존의 연구자들이 고려한 방음벽 형상물과 몇 가지 형상을 추가하여 모형 축척 실험으로 삽입손실을 구하고 그 효과를 비교하였다. 실험은 1/10 모형 축척 실험으로 무향실에서 하였으며, 높이 3 m의 수직 일자형 반사형 방음벽을 기준형으로 하여 그 위에 몇 가지 간단한 형상물을 부가적으로 설치한 방음벽

에 대해 살펴보았다. 음원의 높이는 승용차와 트럭(고속전철)의 등가 높이를 고려하여 0.3 m와 0.9 m로 각각 설정하였다. 한편 연구자들마다 상단부 형상에 따라 서로 다른 결과를 얻게 되는 원인을 살펴보기 위해 경계요소법 [10]을 이용하여 몇 가지 방음벽에 대해 수음점 영역에서의 주파수에 따른 음압레벨 분포를 구하고 비교하였다.

II. 실험방법

실험은 무향실 (4.5×7×4.5 m³)에서 함으로서 주변의 배경소음을 최소화 하였다. 차량이 대부분 아스팔트 혹은 시멘트 포장도로에서 운행되므로 이것을 대표하기 위해 두께 0.02 m의 압축나무인 MDF 패널을 단면적 4.5×7.0 m²되도록 바닥에 설치함으로써 음향학적으로 큰 임피던스를 갖는 단단한 지표면이 되도록 하였다. 그림 1에 서처럼 도로는 왕복 4차선으로 가정하고, 음원은 방음벽 쪽도로 1차선 중앙에 두었다.

소음은 음 발생과 분석이 가능한 주파수 분석기 (B&K 3550)에서 백색잡음 (white noise)을 신호증폭기 (B&K 2706)를 통해 확성기로 발생시켰다. 음의 측정은 1/2-인치 마이크로폰 (B&K 4187)을 사용하여 A-보정 음압레벨을 측정하였다. 음원은 혼형 확성기 (SU-100EF, Sammi)

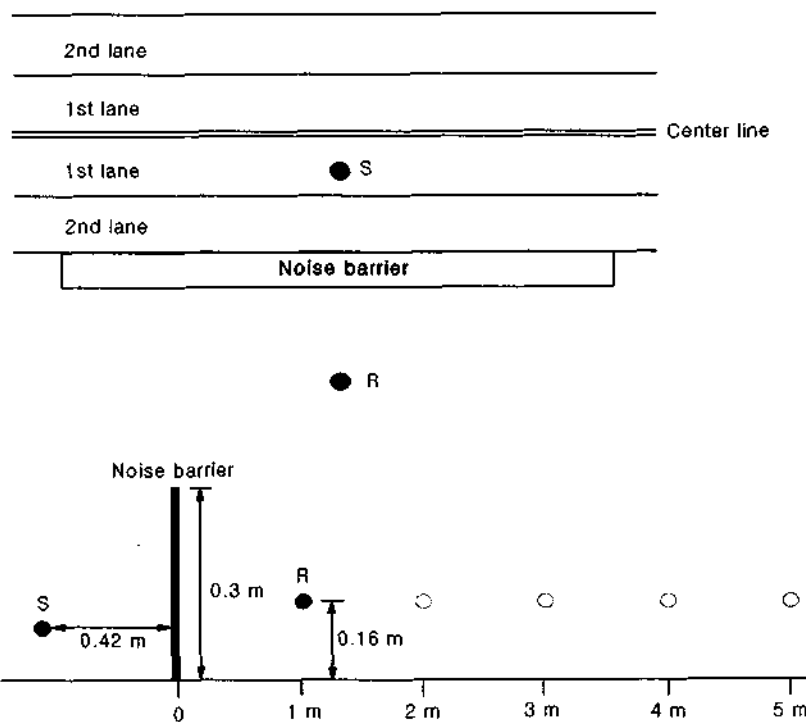


그림 1. 음원, 수음점 및 방음벽의 위치
Fig. 1. A schematic diagram of a sound source, a receiver, and a noise barrier positions.

출구에 두께 0.005 m, 내경 0.025 m, 길이 0.3 m인 원통형 플라스틱 관을 부착하여 구면파로 가정하였다. 이 경우 음원이 지향성 (예를 들어, 쌍극자: dipole)을 가지게 되면 방음벽의 총 높이에 따라 다른 결과를 가져올 수 있기 때문에 주의를 해야한다.

편의상 음원 (S)과 수음점 (R)은 방음벽에 대하여 수직 일직선상으로 설정하였으며, 실험실 여건상 5 m까지 1 m 지점마다 마이크로폰을 이동시키면서 음압레벨을 측정하였다. 방음벽과 상단부에 대한 재질은 두께 0.02 m의 압축나무 패널과 외경 0.05 m인 PVC 관을 사용하여 음향학적으로 반사형 방음벽을 가정하도록 하였다. 상단부 모형에 대한 흡음성은 두께 0.003 m의 면사류 흡음재를 패널 혹은 PVC 관에 부착하여 사용하였다. 승용차나 새가를 기차처럼 바퀴 근처에서 소음이 큰 경우는 다른 소음원의 위치도 고려하여 지면에서 0.03 m 위에, 중·대형차 그리고 고속전철처럼 소음원이 몇 개 존재하는 경우는 지면에서 0.09 m 위를 등가 소음원의 위치로 하여 이곳에 스피커를 설치하였다. 수음점의 높이는 사람 귀를 고려하여 지면에서 0.16 m 위에 두었으며 기준 방음벽은 높이 0.3 m 그리고 길이는 무향실의 크기를 고려하여 4.03 m로 하였다. 본 실험은 1/10 축척이기 때문에 실측으로 환산하면 방음벽의 높이는 3 m, 길이 40.3 m, 음원의 높이는 0.3 m와 0.9 m, 수음점의 높이는 1.6 m 그리고 측정점은 방음벽으로부터 50 m까지 매 10 m 지점에 해당된다.

실험에 사용된 방음벽의 형상을 그림 2에 나타냈는데, 그림의 맨 왼쪽의 수직 일직형이 기준형이며 나머지는 기준형의 상단부에 간단한 모형을 부가적으로 설치한 것이다. 그림 2(a)는 기준형 상단부에 패널을 수직으로 세운 형태, 그림 2(b)는 패널을 음원 방향으로 수평으로 설치한 형태, 그림 2(c)는 그림 2(b)의 패널을 수음점 방향으로 둔 형태, 그림 2(d)는 패널을 음원과 수음점 방향으로 둔 'T'형, 그림 2(e)는 패널을 45°로 기울인 형태로 현재 우리의 도로변에 많이 설치되어 있다. 마지막으로 그림 2(f)는 일본과 일부 유럽국가에서 설치하고 있는 형태이다 (이하 방음벽을 기준형, (a), (b), ... 등으로 칭함). 이

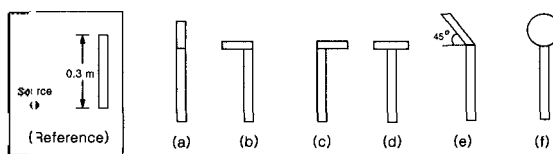


그림 2. 몇 가지 방음벽의 형상들
Fig. 2. Several noise barrier shapes.

들 몇 가지 방음벽 형상에 대해 A-보정된 삽입손실을 구하고 기준형에 비해 어느 정도 효과가 있는가를 알기 위해 기준형 방음벽에 의한 삽입손실과의 차를 비교하였다.

본 연구의 목적은 같은 폭의 패널을 사용할 경우 비용 대 효과의 문제와 현재 국내·외에 설치된 형상물에 대한 타당성 여부를 판단하기 위한 것이기 때문에 방음벽의 높이를 모두 같게 하지는 않았다. 하지만 상대적인 비교가 가능하므로 결과에 대한 신뢰성에는 큰 문제가 없다고 판단된다. 또한 A-보정 값으로서 결과를 논하였지만 실제 삽입손실 차로서 나타내기 때문에 A-보정의 의미는 없다. 하지만 환경소음에서의 평가가 주로 A-보정 값으로 하기 때문에 편의상 사용하였으며, 정확하게는 실측으로 환산 후 A-보정을 취해야만 한다. 방음벽의 효과를 정확히 산정하기 위해서는 수음점을 다 지점으로 해야 되는 것이 정당하며, 본 연구에서는 0.16 m의 사람 귀 높이에 국한하였기 때문에 결과가 제한적임에는 틀림없다. 하지만 국내·외적으로 환경기준 평가 측정시 대부분 사람 귀의 높이를 기준으로 하기 때문에 그리고 본 연구처럼 상단부 형상에 대한 다른 연구자들이[7-9] 설정한 수음점 높이를 고려하여 0.16 m로 하였다.

III. 실험결과 및 분석

3.1. 음원의 높이가 0.3 m인 경우

기준형 방음벽의 삽입손실과 기준형에 폭 0.06 m인 패널을 부가적으로 설치하여 (a), (b), (c)형으로 한 경우에 대한 삽입손실 차를 그림 3 (형상물에 대한 숫자는 편의상 단위를 cm로 표하였음.)에 비교하였다. 이 실험의 목적

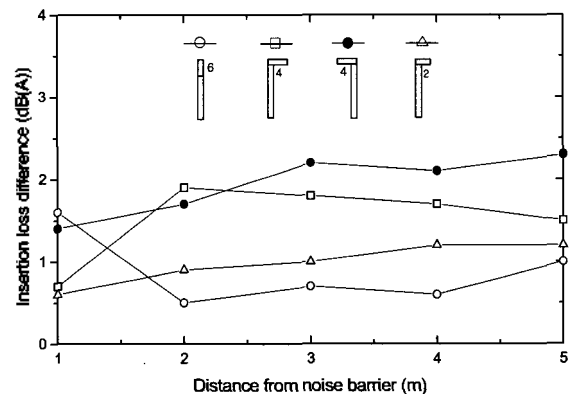


그림 3. 기준형과 (b) 그리고 (c)형 방음벽의 삽입손실 차 비교
Fig. 3. Comparison the insertion loss difference of reference barrier with type (b) and (c) barriers.

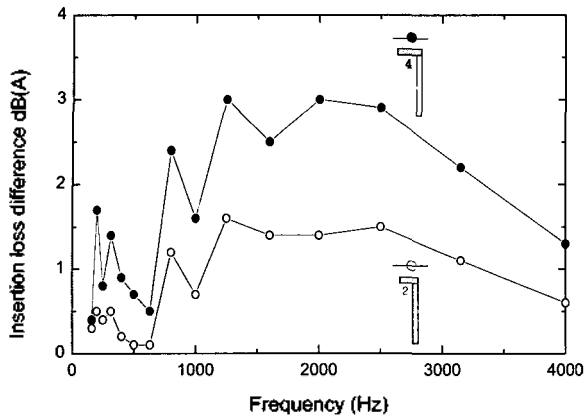


그림 4. (b)형 방음벽의 상단부 길이 변화에 따른 1/3 옥타브 밴드별 삽입손실 차 비교
 Fig. 4. Comparison the 1/3 octave band insertion loss difference for type (b) barrier with different width.

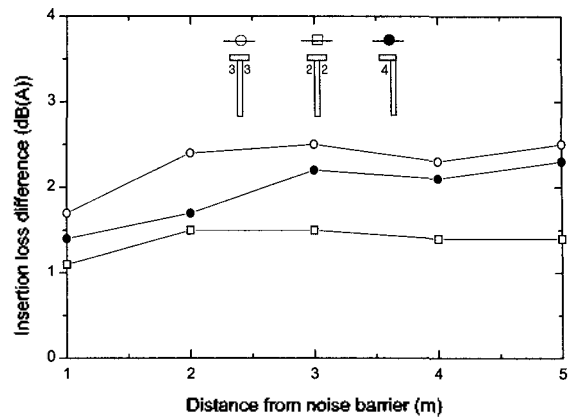


그림 5. (b)형과 (d)형 방음벽의 삽입손실 차 비교
 Fig. 5. Comparison the insertion loss difference between barrier type of (b) and (d).

은 같은 폭의 패널을 설치함에 있어 어떤 형상을 취할 때 비용 대 효과가 가장 좋은지를 비교하기 위함이다. 결과를 보면 (a)형인 경우 (○)가 가장 효과가 낮으며 이것은 곧 높이를 증가시키는 것보다는 적절하게 형상을 변형하는 것이 더 효과적임을 뜻한다. 패널을 음원 방향 (●)으로 나오도록 설치한 경우가 수음점 방향 (□)으로 설치한 경우보다 평균 0.6 dB 정도 좋은 효과를 보여주고 있다. (b)형인 경우에 패널을 0.04 m 돌출시킨 경우 (●)가 0.02 m 나오게 한 경우 (△)보다 약 1 dB(A) 정도의 삽입손실 증가를 가져오는데 이것은 패널의 길이를 증가할수록 감음이 증가되는 일반적인 현상이다. 한편, 방음벽으로부터 2 m 이상 거리에서는 삽입손실 차가 비교적 일정하지만 1 m 지점의 근접지역에서는 음장이 불안정하여 일정한 규칙성이 보이지 않고 있다. 따라서 이 지점에서는 측정 지점에 따라 다른 결과를 얻을 수 있기 때문에 주의가 필요할 것으로 사료된다.

방음벽 (b) 형태에 대하여 방음벽으로부터 5 m 떨어진 수음점에서 1/3-옥타브 밴드의 중심 주파수에 따른 삽입손실 차를 그림 4에 비교하였다. 결과를 보면 스펙트럼 형태가 유사한데 음원 방향으로 0.04 m 나온 형태 (●)가 0.02 m 나온 형태 (○)에 비하여 전 주파수 대역에 걸쳐 삽입손실 차가 크게 나오는데 특히 1 kHz~3 kHz 대역에서 효과가 좋음을 볼 수 있다. 이처럼 옥타브 밴드별로 분석하는 것은 특정 형태의 방음벽이 어떤 주파수에서 큰 효과를 가져오는지 알 수 있기 때문에 소음원에 대한 주파수 분석을 통해 적절한 형태의 방음벽 설계에 활용할 수 있다.

방음벽 (b)와 (d) 형상에 대한 삽입손실 차를 그림 5에

비교하였다. 우선 (d)형인 경우 양 방향으로 패널이 0.03 m (○) 나온 경우가 0.02 m (□) 나온 경우보다 삽입손실이 평균 1 dB 정도 효과적임을 볼 수 있다. 지금까지의 국내·외 연구들을 종합해 볼 때 방음벽 상단부의 형상 변화만으로 효과를 보았다고 말할 수 있는 삽입손실은 대략 2 dB(A) 정도이다. 따라서 그림 5의 실험 조건인 경우는 (b)형 (●)은 음원 방향으로 패널이 0.4 m, (d)형 (○)은 음원과 수음점 방향으로 0.3 m 이상 나오도록 설치해야만 효과를 볼 수 있음을 뜻한다. 즉, 상단부 형상에 의해 효과를 내기 위해서는 기존 방음벽의 높이에 따라 상단부 패널은 어떤 기본적인 폭이 필요하게 된다.

한편 같은 폭 (0.06 m)의 패널을 사용할 경우 음원방향으로 0.04 m 나오도록 설치한 (b)형 (●)이 (d)형 (□)보다 효과적이지만 0.08 m의 패널을 사용한 (d)형 (○)보다는 삽입손실이 적음을 알 수 있다. 이 결과는 결국 단순히 방음벽의 형상만으로 (b)형과 (d)형 어느 것이 더 좋다고 단정하는 것은 잘못된 것이며 방음벽의 높이와 패널의 폭에 따라 검토해야 됨을 뜻한다.

다음은 (d), (e), (f)형 방음벽에 대한 결과를 그림 6에 비교하였다. 이들 방음벽은 많은 연구자들이 관심을 가진 형태로서 (d)의 경우는 유럽에 설치된 형상이고, (e)는 우리의 도로에도 많이 설치된 형상이며, (f)는 일본에서 시험적으로 설치한 형태로 이것을 변형한 버섯 모양도 있다. 이 실험의 목적은 비록 전체 높이를 같게 설정하지는 못했지만 이들 대표적 형상물의 효과가 어느 정도인지를 대략적으로 판단하기 위해서이다. 결과를 보면 (f)형이 (d)형에 비해 평균 0.3 dB(A) 낮은 삽입손실을 보여주고 있는데 이 결과는 Alfredson의 1.3 dB(A)에 비해서는 차이가

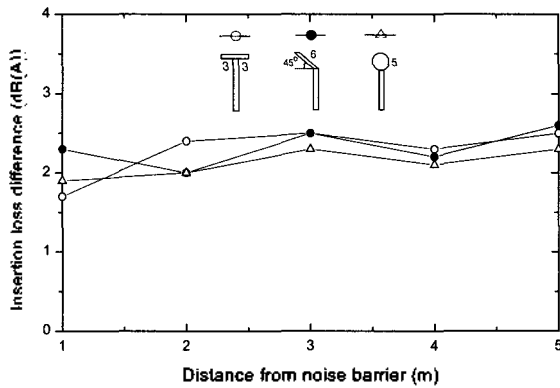


그림 6. (d), (e) 및 (f)형 방음벽의 삽입손실 차 비교
 Fig. 6. Comparison the insertion loss difference among barrier types of (d), (e) and (f).

있지만 같은 결론을 준다. 한편, (e)형은 (d)형에 비해 약간 낮지만 비교적 높은 삽입손실을 가지므로 우리 도로변에 설치된 방음벽 형상이 적절함을 입증해 주는 결과이다.

앞에서 간단한 상단부 형상물의 효과를 살펴보았는데 과연 이들이 기준형 방음벽의 높이를 어느 정도 증가시키는 효과에 해당되는지 비교해 보았다. 그림 7은 수직 일자형 방음벽의 높이를 0.4 m (○)와 0.5 m (●)로 한 경우의 삽입손실 차를 비교한 것이다. 결과를 보면 높이가 0.4 m인 경우는 기준형인 높이 0.3 m에 비하여 약 1.5 dB (A) 그리고 높이가 0.5 m인 경우는 평균 3.5 dB (A)의 삽입손실 증가를 가져오게 된다. 그러면 산술적으로 높이가 0.45 m인 방음벽의 효과는 2.5 dB (A) 정도가 되며 이는 앞서 그림 5의 음원과 수음점으로 0.03 m 나온 방음벽의 효과에 해당된다. 즉, 폭 0.08 m인 패널을 (d)형으로 설치할 경우는 기준형 방음벽에 0.15 m의 높이 증가를 가져오게

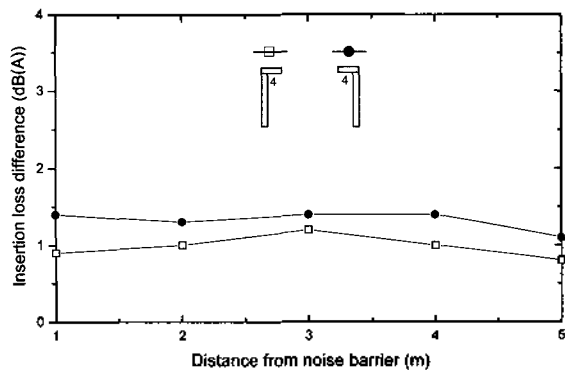


그림 8. 폭 0.06 m의 패널을 기준형에 부가적으로 설치한 경우 기준형과 (b) 그리고 (c)형 방음벽 간의 삽입손실 차 비교
 Fig. 8. Comparison the insertion loss difference of reference barrier with type (b) and (c) barriers. An additional panel (width of 0.04 m) is used.

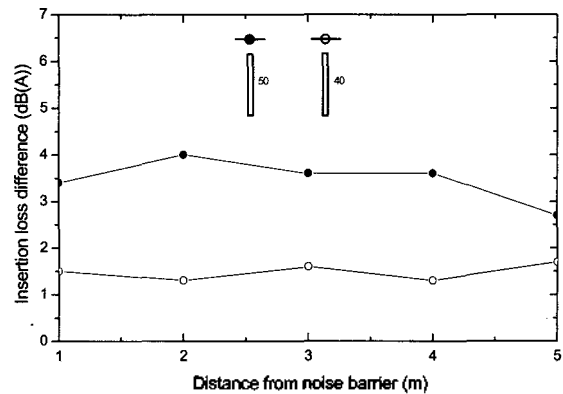


그림 7. 기준형 방음벽의 높이변화에 따른 삽입손실 차 비교
 Fig. 7. Comparison the insertion loss difference for reference type barrier with different height.

되는 것이다. 이것을 실측으로 환산하면 음원과 수음점 방향으로 0.3 m 나오도록 (d)형으로 설치하면 방음벽의 높이를 1.5 m 수직으로 설치한 효과를 얻게 되는 것이다.

지금까지 음원의 높이를 0.3 m로 설정한 경우 방음벽의 형태에 따른 삽입손실 차를 살펴보았다. 결론적으로 상단부에 간단한 형상물을 설치하는 것은 단순히 높이를 증가시키는 것에 비해 상대적으로 비용 대 효과의 증가와 시야 확보라는 면에서 유리함을 알 수 있다.

3.2 음원의 높이가 0.9 m인 경우

대형차와 고속전철처럼 주요 소음원이 여러 개 있는 경우는 음원의 등가 높이가 비교적 높게 된다. 이를 고려하여 0.9 m로 설정하여 역시 기준형 방음벽에 대한 삽입손실과 상단부 형상을 설치한 후 측정된 삽입손실과의 차를 비교하였다. 그림 9은 폭 0.06 m인 패널을 사용하여 (b),

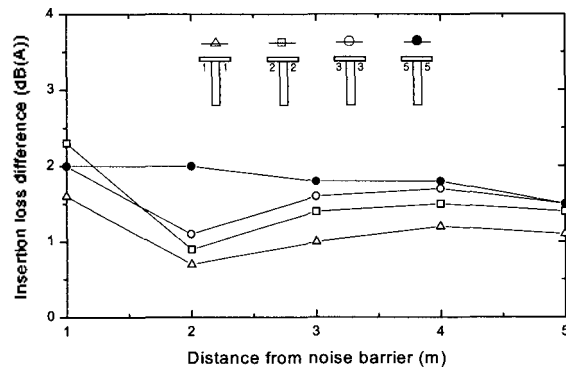


그림 9. 서로 다른 폭의 패널을 가지는 (d)형 방음벽의 삽입손실 차 비교
 Fig. 9. Comparison the insertion loss difference for type (d) barrier with different width.

(c)형에 대한 삽입손실 차를 비교하였는데 그림 3의 결과와 비교하면 상대적으로 삽입손실 차가 많이 감소함을 알 수 있다. 즉, 음원의 높이가 증가하여 상단부로의 음 회절이 더 쉽기 때문에 감음 효과가 감소되는 결과이다.

(d)형 방음벽에 대해 양 방향으로 패널을 0.01 m (Δ), 0.02 m (\square), 0.03 m (\circ), 0.05 m (\bullet) 증가시킨 경우 삽입손실 차를 그림 9에 비교하였다. 결과에서 확인할 수 있듯이 패널 폭을 증가시킬수록 삽입손실이 증가하게 된다. 패널이 0.02 m와 0.03 m 돌출된 경우의 결과는 그림 5의 평균 1 dB (A)에 비해 음원의 높이가 증가하여 크게 감소하고 있음을 볼 수 있다.

다음은 (f)형과 이를 변형한 '우'형 (\circ) 그리고 'Y'형 (\bullet)을 그림 10에 비교하였다. 결과를 보면 'Y'형의 경우가 효과가 가장 좋아 (f)형에 비해 1 dB 이상 높은 삽입손실을 보이고 있다. 이것은 또한 그림 9의 (d)형 (\bullet)에 비해 상당히 큰 삽입손실을 보이는데 값의 차이는 있지만 Alfredson[9] 결과와 같은 경향인데 반해 May[7]의 결과와는 상충된다. 비록 'Y'형의 효과가 좋지만 현장 설치면에서는 패널 수의 증가에 따른 비용 상승과 기하학적 모양 때문에 풍하중이 증가하므로 H-빔 지지부에 대한 보완이 필요하게 된다. 즉, 음향학적으로 좋은 방음벽일지라도 구조적인 문제와 비용 대 효과라는 상업적인 문제도 함께 고려해야만 되는 어려운 점이 있다.

다음은 상단부를 흡음형으로 한 경우 어느 정도의 효과가 있는지 살펴보았다. 방음벽 (a)와 (f)형에 대해 반사형과 흡음형 패널이 설치된 경우의 삽입손실 차를 그림 11에 비교하였다. 결과에서 볼 수 있듯이 두 가지 형태 모두 흡음형이 반사형보다 감음효과가 더 좋음을 알 수 있다. 특히, (f)형은 흡음형 (\bullet)이 반사형 (\circ)에 비해 평균 0.5

dB (A)의 높은 삽입손실 차를 보이고 있으며, 이 결과로부터 일본에 설치되고 있는 흡음형 (f) 형상이 효과적임을 확인할 수 있다. 한편, May의 결과를 보면 폭 2.4 m인 반사형 (d)형이 흡음형 (f)에 비해 1.5 dB (A) 정도 삽입손실이 큰 것으로 발표한 것에 반해 Alfredson의 경우는 흡음형 (f)가 (d)보다 좋은 효과를 보이고 있어 서로의 결과가 상충되고 있다.

지금까지 상단부에 간단한 기하학적 모형을 가지는 몇 가지 방음벽에 대해 그 효과를 살펴보았다. 실험결과 본 연구와 기존의 연구자들의 결과와 일치하는 것도 있지만 상충되는 경우도 있다. 따라서 왜 이러한 현상이 발생하는지를 알기 위해 그림 6의 (d), (e), (f)형 방음벽 설치 후 수음자 지역에서의 음압분포를 경계요소법으로 예측하였는데 이들 3가지 형상물을 선택한 것은 현재 설치되어 있는 방음벽의 대표적인 상단부 형상이기 때문이다. 방음벽의 총 높이를 3 m로 같게 하고 수음점은 방음벽으로부터 50 m 지점까지 설정한 경우, 수음자 지역에서의 음압레벨 분포를 주파수 1 kHz와 2 kHz에 대해 살펴보았다. 음원의 높이가 0.3 m인 경우는 그림 12에 그리고 음원의 높이가 0.9 m인 경우는 그림 13에 각각 비교하였다.

두 결과에서 보듯이 음원과 수음점의 위치에 따라 음압 레벨이 서로 다른 것을 알 수 있다. 즉, 이것의 의미는 각 연구자들이 설정한 방음벽의 높이, 음원과 수음점의 높이, 음원과 수음점의 거리에 따라 서로 다른 결과를 얻을 수 있음을 뜻한다. 따라서 본 연구를 비롯한 기존의 연구자들의 결과들이 서로 다른 결과를 가져올 수 있으며, 실제 이들이 사용한 방음벽의 높이와 음원과 수음점의 높이를 확인한 결과 모두 다름을 확인하였다. 이는 방음벽 연구에 있어 정확한 평가를 위해서는 방음벽의 길

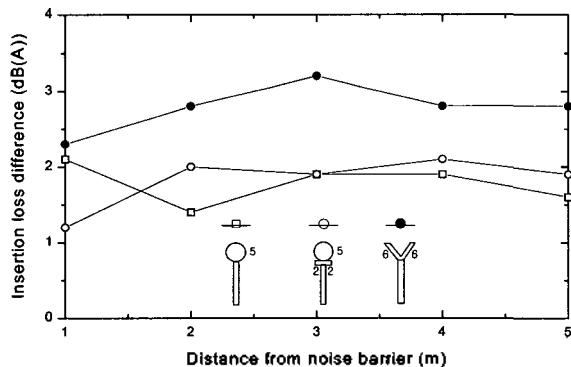


그림 10. 서로 다른 형상을 가지는 3 가지 방음벽의 삽입손실 차 비교
 Fig. 10. Comparison the insertion loss difference among three different barriers.

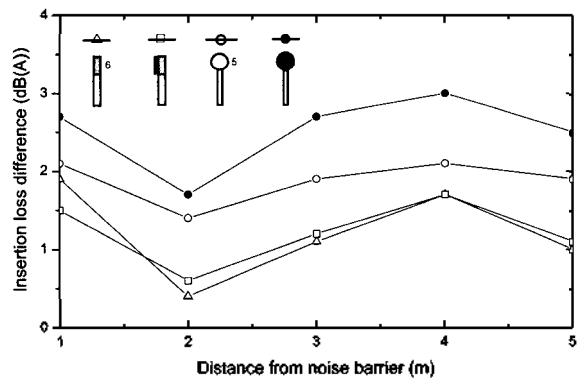


그림 11. 반사형과 흡음형 방음벽의 삽입손실 차 비교
 Fig. 11. Comparison the insertion loss difference between the reflective barrier and the absorptive barriers.

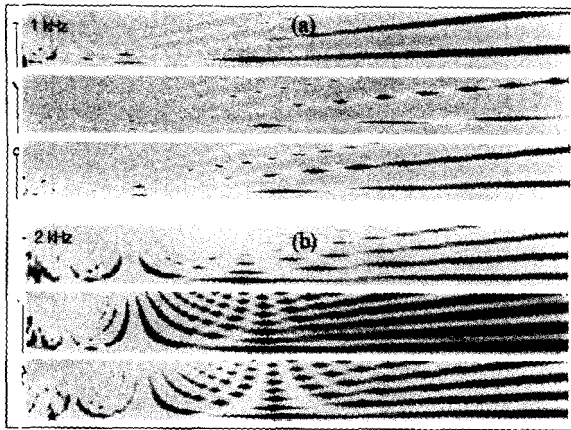


그림 12. 수음점에서의 음압레벨 분포비교 (음원의 높이 0.3 m). (a) 1 kHz, (b) 2 kHz
 Fig. 12. The sound pressure level distribution in the receiver area (source height: 0.3 m). (a) 1 kHz, (b) 2 kHz.

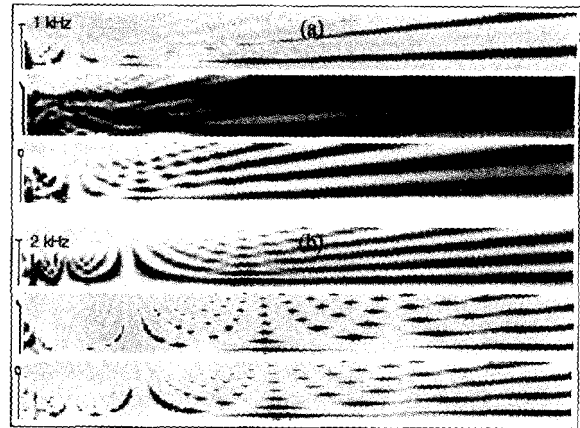


그림 13. 수음점에서의 음압레벨 분포비교 (음원의 높이 0.9 m). (a) 1 kHz, (b) 2 kHz
 Fig. 13. The sound pressure level distribution in the receiver area (source height: 0.9 m). (a) 1 kHz, (b) 2 kHz.

이, 높이, 음원과 수음점의 위치 등에 대한 공통된 기준이 사급히 마련되어야 됨을 뜻한다. 실제 기하학적 위치 선정에 대한 기준이 없는 관계로 소음 예측시 각 모델들이 서로 다른 결과를 주게 되는 심각성이 제기된 바 있고[11], 일본의 경우도 소음·진동연구위원회[12]에서 이러한 문제점들을 극복하기 위한 대책을 논의한 바 있다. 한편, 방음벽 뒤에서 얼마 떨어지지 않은 지점에서는 음압레벨 분포가 상당히 산란되는데 이 결과는 본 연구결과에서 방음벽 뒤 1 m 지점에서 각 형태마다 삽입손실이 일정치 않은 결과를 주는 것을 뒷받침한다고 볼 수 있다.

IV. 결론

본 연구에서는 수직 일자형인 기본형 방음벽의 삽입손실과 상단부에 몇 가지 간단한 형상물을 설치한 방음벽의 삽입손실과의 차로서 방음벽의 효과를 살펴보았다. 연구 결과 같은 폭의 부가적인 패널을 사용할 경우 단순히 높이를 증가시키는 것보다 간단한 형상을 만드는 것이 더 효과적임을 확인하였다. 전반적으로 'T'형, 'Y'형 방음벽이 다른 형태에 비해 본 연구에서는 좋은 성능을 나타냈으며, 반사형보다는 흡음형의 성능이 더 좋았다. 기존의 연구자들에 의한 결과들이 대부분 특정한 방음벽의 높이, 음원과 수음점의 높이와 거리에 대한 결과이므로 각 연구자마다 다른 결과를 얻게 되기 때문에 어떠한 형태가 가장 좋다고 단정하기 어려우며 이를 해소하기 위해서는 연구 대상 방음벽에 대한 기준이 필요함을 경제요소법 해석을 통해 알 수 있었다. 비록 음향학적으로는 가장

좋은 형태의 방음벽을 개발한다고 할지라도 실제 현장에 설치할 경우는 효율성, 사후관리, 미관 등도 함께 고려해야 될 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. A. D. Pierce, "Diffraction of sound around corners and over wide barriers," *J. Acoust. Soc. Am.*, 55, 941-955, 1974.
2. T. Terai, "On calculation of sound fields around three dimensional objects by integral equation methods," *J. Sound Vib.*, 69, 71-100, 1980.
3. A. L'Esperance, "The insertion loss of finite length barriers on the ground," *J. Acoust. Soc. Am.*, 86, 179-183, 1989.
4. R. Princhieva, "Model study of the sound propagation behind barriers of finite length," *J. Acoust. Soc. Am.*, 87, 2109-2113, 1990.
5. Z. Maekawa, "Noise reduction by screens," *Appl. Acoust.*, 1, 157-173, 1968.
6. Y. W. Lam, "Using Maekawa's chart to calculate finite length barrier insertion loss," *Appl. Acoustics* 42, 29-40, 1994.
7. D. N. May and M. M. Osman, "Highway noise barriers: new shapes," *J. Sound Vib.*, 71, 73-101, 1980.
8. D. A. Hutchins, H. W. Hones and L. T. Russell, "Model studies of barrier performance in the presence of ground surfaces. Part II - different shapes," *J. Acoust. Soc. Am.*, 75, 1817-1826, 1984.
9. R. J. Allradson and X. Du, "Special shapes and treatment for noise barriers," *PIOC, Inter-Noise 95*, 381-384, 1995.
10. Anon., *SYSNOISE Manual Rev. 5.3* (LMS/NIT, Belgium)
11. J. J. A. van Leeuwen, "Noise prediction models to determine the effect of barriers placed alongside railway lines," *J. Sound Vib.*, 193, 269-276, 1996.
12. Technical Committee on Noise and Vibration, "Determination of acoustic property for improved noise barriers," *日本音響學會紙* 54, 333-338, 1998.

저자 약력

● 정 성 수 (Sung-Soo Jung)



한국음향학회지 제18권 제4호 참조

● 김 용 태 (Yong-Tae Kim)

한국음향학회지 제18권 제4호 참조

● 이 우 섭 (Woo-Seop Lee)



1993년 2월: 영남대학교 물리학과 졸업 (이학사)
1995년 2월: 영남대학교 대학원 물리학과 (이학석사)
1998년 8월: 영남대학교 대학원 물리학과 (이학박사)
1998년 9월 ~ 2001년 8월: 한국표준과학연구원 음향
진동그룹 (박사후연구원)
2001년 10월 ~ 현재: 아산정보기능대학 멀티미디어과
(조교수)