

다중 wedge 및 방음벽에 의한 음파회절 II

김현실, 김재승, 강현주, 김봉기, 김상렬
한국기계연구원 음향연구그룹

Sound diffraction by multiple wedges and noise barriers, Part II

Hyun-Sil Kim, Jae-Seung Kim, Hyun-Ju Kang, Bong-Ki Kim, and Sang-Rul Kim
Acoustics Lab., Korea Institute of Machinery and Materials, hskim@kimm.re.kr

요약

본 논문에서는 2004 년도 춘계학회에 발표한 다중 wedge와 방음벽에 의한 음파의 회절 계산방법[1]을 여러가지 형태의 방음벽에 적용하였으며 BEM과 비교하여 정확성을 확인하였다. 상단 일부가 꺾인 방음벽에 대해 꺾는 각도, 길이변화에 따른 삽입손실을 계산하였으며 여러가지 높이의 수음점에 대해 회절을 계산하였다.

1. 서론

방음벽의 성능은 소음의 전파를 감소하는 삽입손실(Insertion Loss)로 표현되는데 일반적으로 높이가 높을수록 삽입손실이 증가한다. 그러나 고층아파트와 같은 밀집된 주거단지에서는 높은 방음벽은 시야를 제한하며 심리적으로 답답한 상태를 초래할 뿐 아니라 제작 및 유지/보수 측면에서도 많은 문제점을 포함하고 있다.

높이를 올리는 대신 대등한 성능을 확보하기 위해 방음벽 상단에 여러 가지 기하학적으로 복잡한 형상을 설치하여 회절효과를 크게 하고자 하는 시도가 이루어지고 있는데 그 중에서 가장 간단한 것이 상단 일부를 도로쪽으로 꺾는 것이다. 원리는 방음벽으로 인한 shadow zone 을 더 높게 형성하고자 하는 것인데 현재 도로변에 설치된 방음벽은 일률적으로 상단 0.5m 를 도로쪽으로 45° 꺾는 상태로 공학적인 설계에 바탕을 두기 보다는 표준 제작도면에 따른 실정이다.

본 논문은 2004 년도 음향학회 춘계학술대회에 발표한 논문[1]의 후속 편으로 음파의 다중회절에 대한 해석방법을 여러 가지 형태의 방음벽에 적용하였으며 특히 상단의 꺾인 형상에 따른 방음벽 삽입손실을 다루었다.

2. 다중 방음벽 및 wedge의 회절해석

다중회절에 관한 자세한 식은 참고문헌 [2]에 나와 있으며 Fig. 1과 같은 이중 wedge에 대한 회절식은 다음과 같이 된다.

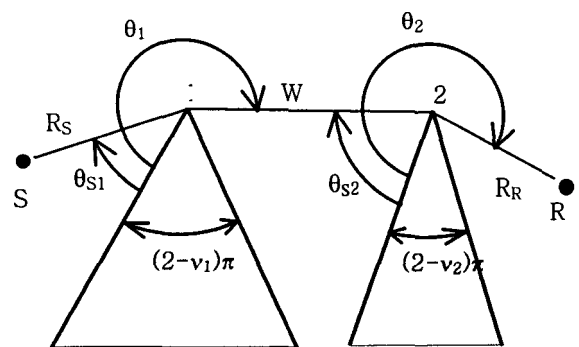


Fig. 1 Double wedges

$$\phi = \frac{e^{-\mu L}}{L} H_1 H_2 \quad (1)$$

여기서 H_1, H_2 는 회절계수[2]이며 음파가 이

동한 총거리 L 은 다음과 같이 주어진다.

$$L = R_S + W + R_R.$$

Fig. 2와 같이 두꺼운 방음벽, 또는 Fig. 3과 같이 상단이 꺾인 방음벽에 대해서는 상단에서 mirror image가 발생하기 때문에 (1/2)를 곱해야 하며 식 (1)은 다음과 같이 된다.

$$\phi = \frac{1}{2} \frac{e^{-ikL}}{L} H_1 H_2 \quad (2)$$

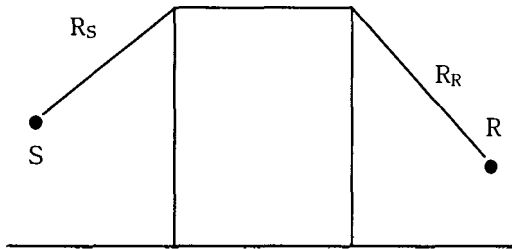


Fig. 2 Thick barrier

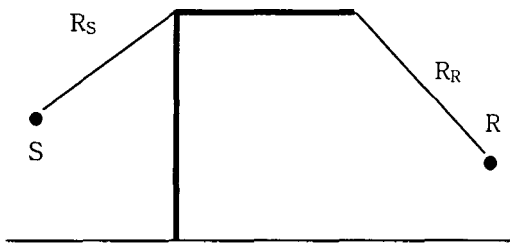


Fig. 3 Inverted L-type barrier

식 (1)은 임의의 수의 edge를 갖는 다중 방음벽이나 wedge의 경우에도 응용할 수 있는데 만일 M이 공통면의 갯수, N이 edge의 개수이면 다중 회절음파는 다음과 같이 된다.

$$\phi = \left(\frac{1}{2}\right)^M \frac{e^{-ikL}}{L} \prod_{Q=1}^N H_Q \quad (3)$$

3. BEM과의 비교

식 (1)과 BEM을 비교한 결과의 일부는 참고문헌[1]에 나와있으며 여기에서는 더 복잡한 형상에 대해

indirect BEM과 비교하였다. Fig. 4, 5에는 Y-type barrier에 대해 삽입손실을 비교하였는데 일부 peak에서만 다소 차이가 있을 뿐 전반적으로 잘 일치한다.

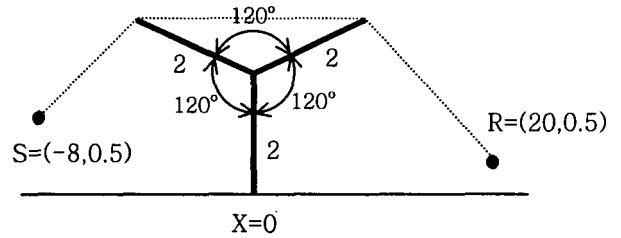


Fig. 4 Y-type barrier

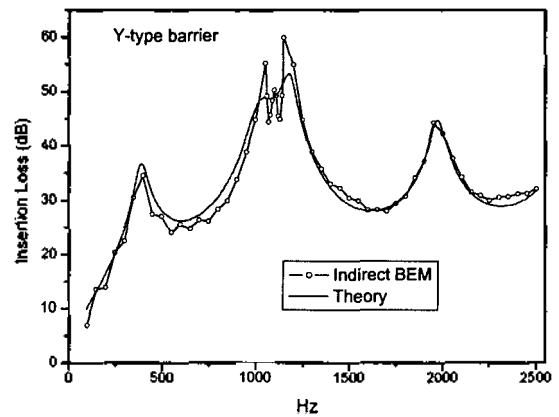


Fig. 5 Insertion loss of Y-type barrier

Fig. 6, 7에는 T-type barrier의 삽입손실을 비교하였는데 역시 일부 peak를 제외하고 잘 일치함을 알 수 있다.

Fig. 8, 9에는 이중으로 꺾인 방음벽의 삽입손실을 비교하였는데 Y-type, T-type barrier와 유사한 결과를 보인다. 일반적으로 꺾임의 형상이 심할수록 회절파간의 간섭현상 때문에 국부적으로 많은 peak가 발생함을 보여준다.

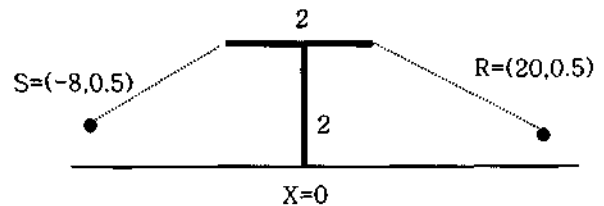


Fig. 6 T-type barrier

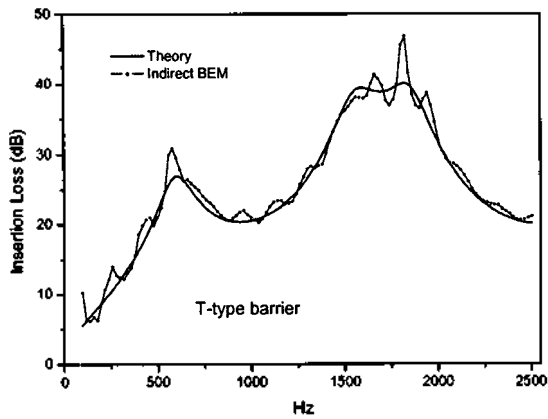


Fig. 7 Insertion loss of T-type barrier

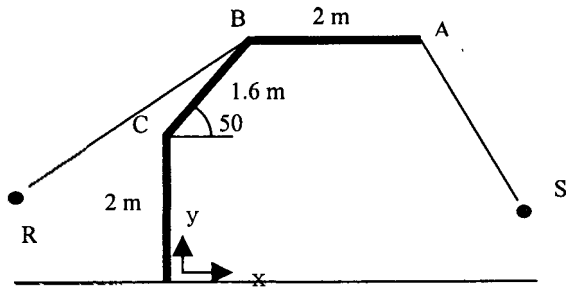


Fig. 8 Doubly inclined barrier

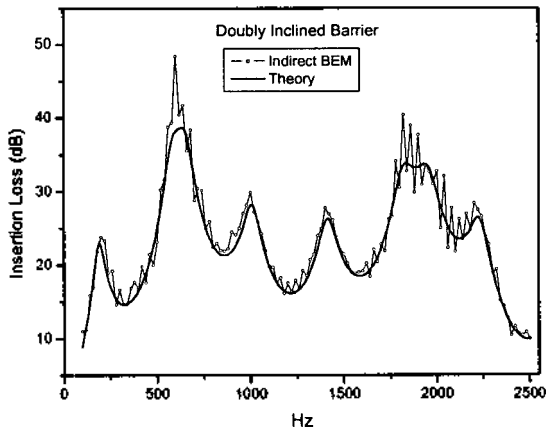


Fig. 9 Insertion loss of doubly inclined barrier

4. 상단이 꺾인 방음벽 해석

도로변에 설치된 방음벽의 상단은 많은 경우 도로쪽으로 꺾여있다. 상단을 꺾는 이유는 방음벽 뒷편

의 소음이 직접 전파되지 않는 shadow zone을 더 크게 하여 방음벽의 효과를 증가시키는데 있다. 그러나 현재 설치된 방음벽은 뚜렷한 근거없이 일률적으로 상단 0.5m가 45° 꺾인 형태를 하고 있다. 본 논문에서는 소음원의 위치에 따라 가장 효과적인 꺾음의 형상에 대해 살펴보았다.

Fig. 10처럼 상단 길이 h 를 각도 θ 만큼 꺾는 경우 원래의 상단 point A와 A_0 를 연결하는 연장선보다 소음원 S가 왼쪽에 있어야만 shadow zone이 커지며 반대로 오른쪽에 있다면 shadow zone이 작아지게 된다. 따라서 방음벽 뒷편에 고층 아파트가 있는 경우 소음원 위치에 따라 shadow zone의 상한선은 Fig.10처럼 B에서 아래로 바뀔 수 있다. 여기서 방음벽 높이보다 아래에 위치한 point 1, 2의 경우 방음벽 상단의 꺾임의 영향이 얼마인지도 중요한 관심사이다.

Fig. 11에는 주어진 소음원 위치에 대해 상단의 꺾는 길이 h 와 각도 θ 에 따라 shadow zone의 상한선의 변화를 살펴보았다. 원래 방음벽의 높이는 5m이며 방음벽에서 소음원까지의 거리 D_S 는 10m, 높이는 0.5m, 수음원까지의 거리 D_R 은 15m이다.

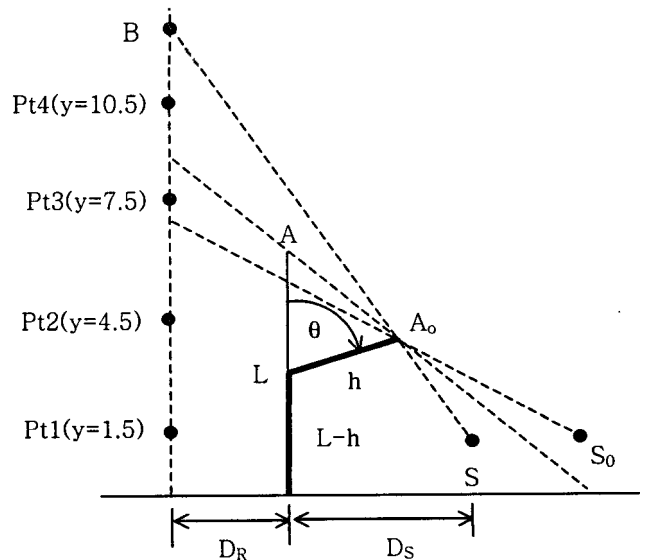


Fig. 10 A partially inclined barrier

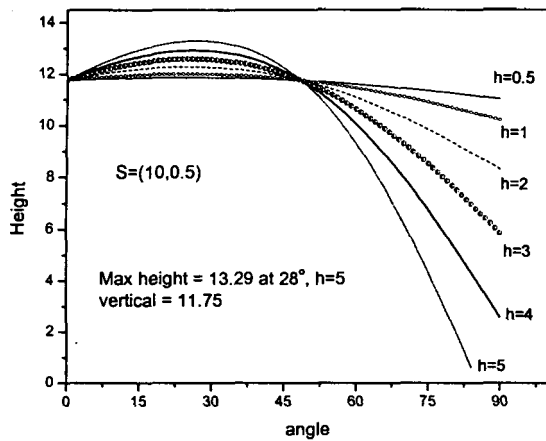


Fig. 11 Upper limit of shadow zone vs. angle

Fig.11에서 보면 꺾인 부분이 없는 경우 shadow zone 상한위치는 11.75m이나 꺾는 각도와 길이에 따라 커졌다가 작아지는데 방음벽전체를 28° 꺾어야 13.29m로 가장 커짐을 알 수 있다. 최초의 단순 screen type의 방음벽보다 1.54m 커졌으나 실제로 이런 정도의 이득을 얻기 위해 방음벽 전체를 기울인다는 것은 경관 및 설치 면에서 실현 불가능하다.

Fig. 12, 13에는 Point 4에 대해 꺾는 길이와 각도변화에 따른 삽입손실의 변화를 보였으며 Fig. 14에는 Point 1에 대해 꺾인 경우와 단순 screen type을 비교하였는데 큰차이가 없음을 보여준다.

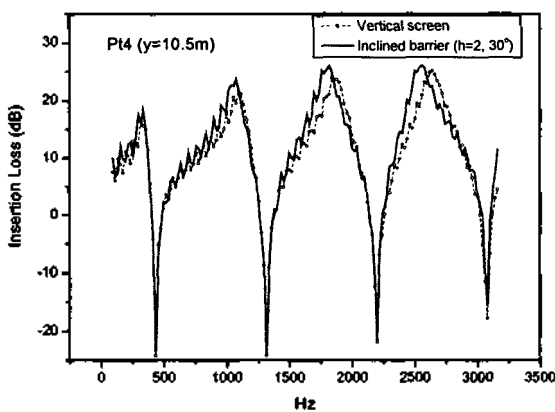


Fig. 12 Insertion loss at Pt.4 vs. angle (h=2m)

5. 결론

방음벽 상단 일부를 꺾는 경우 소음원위치에 따라 단순 screen type의 방음벽보다 소음차단효과가 떨어지는 경우가 발생한다. 삽입손실은 대체로 꺾인 각도가 40° 보다 작을 때만 꺾는 효과가 나타나며 이보다 커질때는 꺾지 않는 것이 더 좋다. 꺾는 길이는 0.5m - 2m사이는 큰 변화가 없는 것으로 나타났다.

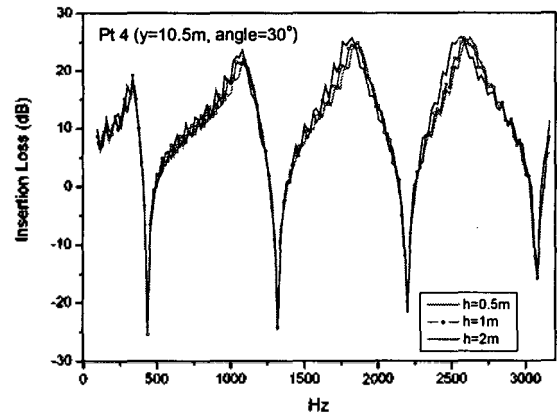


Fig. 13 Insertion loss at Pt.4 vs h (angle = 30°)

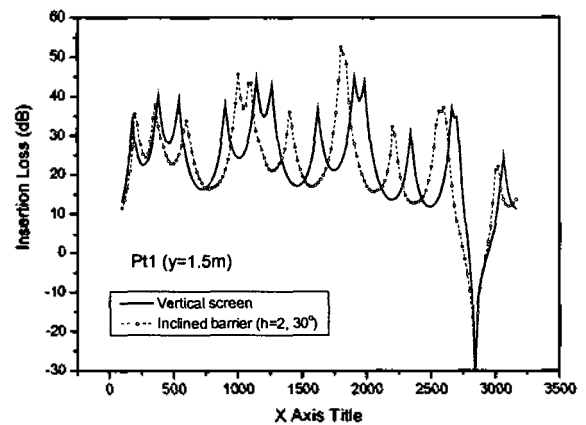


Fig. 14 Insertion loss at Pt.1

참고문헌

1. 김현실외, 다중 wedge 및 방음벽에 의한 음파전달, 2004 한국음향학회 춘계학술대회논문집, 217-220.
2. R. G. Kouyoumjian and P. H. Pathak, "A Unified Geometrical Theory of Diffraction for an Edge in a perfectly Conducting Surface," Proc. IEEE, Vol. 62, 1448-1461, 1974.