

방음시설의 구조결정을 위한 차음효과예측의 문제점과 해결방안

조 기 호

(공주대학교 지리학과)

1. 머리말

소음을 예방하기 위해서는 먼저 토지이용계획을 수립할 때에 소음 발생구역과 보호구역 그리고 완충 구역의 입지를 조정하여야 한다. 그 다음으로 지구별 상세계획¹⁾을 수립할 때는 소음원의 위치와 건축물의 용도를 고려하여 그들의 구조와 배치를 조절하여야 한다²⁾. 그러한 공간계획단계에서의 예방을 통하여 소음을 규제기준 이하로 감소시키지 못할 또는 못한 경우에는 소음원과 보호해야 할 건물이나 보호지역 사이에 방음시설을 설치하여 소음을 감소시켜야 한다. 그리고 방음시설물을 설치할 수 없는 경우에는 마지막으로 보호해야 할 건물 자체에 방음장치를 하는 소극적인 방법을 택할 수 밖에 없다. 이렇게 소음을 예방하거나 방음시설의 설치여부 또는 방음시설의 구조나 설치기준을 확정하기 위해서는 예상소음 감소효과를 예측할 수 있어야 한다. 특히 일정한 방음시설의 설치계획을 수립할 경우에는 그 시설의 구조나 위치에 따른 소음의 감소값을 예측할 수 있어야만 방음시설을 어떻게 설치하는 것이 가장 효과적이고 경제적인가를 결정할 수 있다. 따라서 사전에 소음 감소효과에의 예측을 하지 않고 설치

된 방음시설물은 그들의 재료나 구조가, 특히 방음시설물의 위치, 높이, 길이가, 옳바로 결정되었는지 설치된 이후에 확인할 수 밖에 없고, 측정을 통한 사후검증으로 방음시설의 오류가 증명되면 소음기준을 준수하기 위하여 방음시설을 개축하거나 다시 설치해야 하는 시행착오를 겪게 된다.

차음효과예측은 방음시설이 설치될 상황을 전제로 행하여지기 때문에 그 예상값은 측정기계로 확인할 수 없다. 따라서 차음효과예측은 계산법에 의존할 수 밖에 없다. 그렇기 때문에 소음오염상태를 기준치 이하로 유지하기 위해서 요구되는 방음시설물의 종류와 구조 그리고 그 설치범위 등을 정확하게, 경제적으로 그리고 공평하게 결정하기 위해서는, 특히 차음효과예측이 공정하게 실시되기 위해서는 국가에서 정밀한 차음효과계산법을 하나의 통일된 규격의 규정으로 확정하여 고시하는 것이 바람직하다. 도로교통소음의 경우 선진국에서는 이미 많은 경험을 토대로 차음효과예측을 위한 계산법이 하나의 표준 규격으로 완성되어 적용되고 있는데, 국내에서는 아직 체계적으로 연구된바는 없고, 단지 국립환경연구원³⁾이 작업하고 환경처가 발행한 방음벽설치지침에서 방음벽의 경우에 그 크기를 어렵잡아 결정할 수

있는 방법을 소개하고 있을 뿐이다³⁾.

차음효과계산법은 회절감쇠현상 규명⁴⁾과 방음시설물 설치전후의 측정자료를 분석하여 방음값을 계산할 수 있는 모델을 만들어 이용하는 방법이다. 그러나 이 계산법의 확정은, 도달소음⁵⁾을 결정짓는 요소들이 실제세계에 다양하게 존재하고, 소음원과 수음점 사이의 복잡한 전파환경과 방음시설물의 다양한 구조와 종류 때문에 많은 문제들이 발생하여, 이들의 해결을 전제로 가능하다. 본 글에서는 그동안 수차례의 수정·보완을 거친 16.BImSchV, DIN 18005 Teil 1, RLS-90, VDI 2714, VDI 2720 Bl. 1 과 필자의 연구결과등을 분석하여^(12,14,21,23,24), 도로교통소음을 중심으로 방음시설의 구조결정을 위한 차음효과 예측시에 발생하는 대표적인 문제점과 그의 해결방안을 살펴보고자 한다.

2. 소음값의 예측을 위한 소음의 척도와 단위

인간의 소음인식에 보다 접근한 "Sone"와 같은 소음척도가 이미 제시되었고 이를 실용화 할 수 있는 측정기계도 시판되고 있지만^(15,27), 본 글에서는 아직까지 전 세계적으로 통용되고 있고, DIN 1320, DIN IEC 651 에서 정의한

dB(A)을 사용하였다^(13,18). 그리고 본 글에서 언급한 소음값은 DIN 45641에서 정의한 평균소음값을 기준으로 계산되는 평가소음값을 말한다^(14,16,21). 여기서 평균소음값 L_m 은 다음 수식으로 계산된 값을 말한다⁽²¹⁾ :

$$L_m = 10 \lg \left[\frac{1}{T_r} \int_{T_r} 10^{0.1L(t)} \right] \quad (1)$$

T_r 은 낮(06 : 00-22 : 00시)과 밤(22 : 00-06 : 00시)의 소음평균시간을 의미하고, $L(t)$ 는 시간 t 에서의 소음값 dB(A)을 의미한다. 평가소음값 L_r 은 평균소음값 L_m 에 신호등이 설치된 교차로나 포석의 종류등 추가변수에 따라 평균소음값에 보정치를 가감한 값을 의미한다^(14,16,21). 국내에서는 아직까지 소음예측시에 Leq (등가소음)를 적용하고 있으나⁽⁹⁾, 도로교통소음의 경우에 평균소음값을 기준으로 계산해야만 소음발생 및 전파공간의 환경이 보다 더 정확하게 고려되고 보다 더 수음자의 소음인식에 근접한 소음값을 계산할 수 있다^(13,16,17,18,21).

3. 방음시설의 종류와 설치기준

방음시설은 소음원과 보호해야 할 건물이나 보호지역사이에 설치되는 적극적인 소음감소시설과 보호건축물 자체에 설치하는 방음창·문 등의 소극적인 소음감소시설로 구분되는데, 본 글에서는 적극적인 방음시설물의 차음효과예측만을 취급하였다. 본 글에서 취급한 적극적인 방음시설은 방음림, 방음둑, 방음벽, 방음을 위한 소음원과 보호시설의 높낮이 조절(고가도로, 반지하시설 등), 방음축대, 방음덮개(부분덮개, 완전덮개), 그리고 차음효과를 가져오는 건축물

들을 모두 포함한다⁽⁴⁾. 적극적인 방음시설은 일반적으로 높고 길수록 차음효과가 큰데, 그 높이와 길이는 감소시켜야 할 소음값과 소음원과 수음점사이의 거리를 고려하여 결정하며, 최소한 소음원과 수음점의 상하좌우 직선연결선을 초과하는 높이와 길이를 확보하여야 한다. 그리고 주변여건이 허락하는 한 소음원에 근접하여 설치할수록 경제적이고, 차음효과가 크며, 보호공간이 넓어진다. 적극적인 방음시설들은 방음둑 위에 방음벽을 설치하는 식으로 상호 혼합하여 설치할 수 있으며, 최대한 주변의 자연 및 인접지역의 환경과 조화를 이룰 수 있도록 그 재료와 종류 그리고 색상 등을 선택하여 설치하여야 한다. 또한 방음시설에 식물피복을 하는 등 도시공간을 단절하는 인공물에 대한 심리적 거부감을 최소화할 수 있도록 노력하여야 한다. 그리고 방음시설의 설치기준은 차음효과예측법과 방음시설의 종류가 확정되면 소음예방규제기준값이 법규로 확정되는 대로 구체적으로 결정할 수 있다.

4. 현행 국내 차음효과 예측법의 문제점

국내에서 현재 적용되고 있는 차음효과예측법은 방음벽 설치시에 요구되는 방음벽의 길이와 높이의 결정을 위하여 환경처에서 발행한 방음벽설치지침에서 제시되고 있다⁽³⁾. 이 지침에 따르면 방음벽의 크기를 결정할 때 먼저 방음벽설치 전과 후의 소음원과 수음자 사이의 전파경로차 $\delta = (A+B-d)$ 와 수음자의 위치에서 본 소음영향권내의 도로구간과 방음벽의 관측각의 비율, 즉 수음자의 노출과 방음벽의 차단길이에 대한 비율, N/M 을 구하여 이를 각각 방음벽의 차음효과선도 그래프 선상에 대비시

켜 방음벽의 최소면적 크기를 결정하도록 되어 있다⁽³⁾. 그러나 실제로 이 방법은 방음시설물의 길이와 높이를 계산모델을 이용하여 산출하는 방법에 비하여 정밀하지 못하고^(14,21,24), 방음시설물의 종류와 구조를 고려하지 않고 있으며, 차선의 분리방법, 수음자 위치설정시 보호건물층수의 고려방법, 도로교통소음예측식 등에 많은 문제점이 발견된다.

몇가지 중요한 문제점만을 지적하면⁽⁵⁾, 먼저 현행 예측방법은 방음시설물 중에서 제한된 구조의 방음벽에 국한된 방법이고, 도면을 이용하기 때문에 방음벽의 길이와 높이를 상호 보완·조정하여 결정하는 과정이 명료하지 못하다. 예를 들어 전파경로차 $\delta = (A+B-d)$ 가 4개의 선으로만 표시되어 있는데, 일반적으로 소음원과 수음점이 인접한 경우(공간상의 제약이나 건축설계상의 오류에 의하여 발생)를 제외하고는 δ 의 값이 매우 작기 때문에 하단의 그래프선 사이의 수치를 다시 어렵잡아 비율로 계산할 수밖에 없다(그림 1 참조). 또한 방음시설의 재료나 종류, 구조가 동일한 경우와 다양한 경우의 구분이 없어서 방음시설물의 차음효과예측시 선소음원을 적용해야 하는 경우와 점소음원을 적용해야 하는 경우가 구분되어 있지 않다⁽⁹⁾. 그리고 방음벽설치 전후의 전파경로차 계산시에 차선을 분리해야 할 경우와 분리하지 않아도 되는 경우의 구분이 없으나, 일반적으로는 도달소음값 계산시에 발생소음을 분리하여 차선을 분리한 도달소음값들을 합산한 후에 최종 도달값을 구하는 것이 더 정확하고, 콘크리트재의 중앙 분리대가 존재하는 경우에도 일방적으로 편도차선을 적용하고 있으나, 분리대의 높이와 반사음을 고려하고 수음

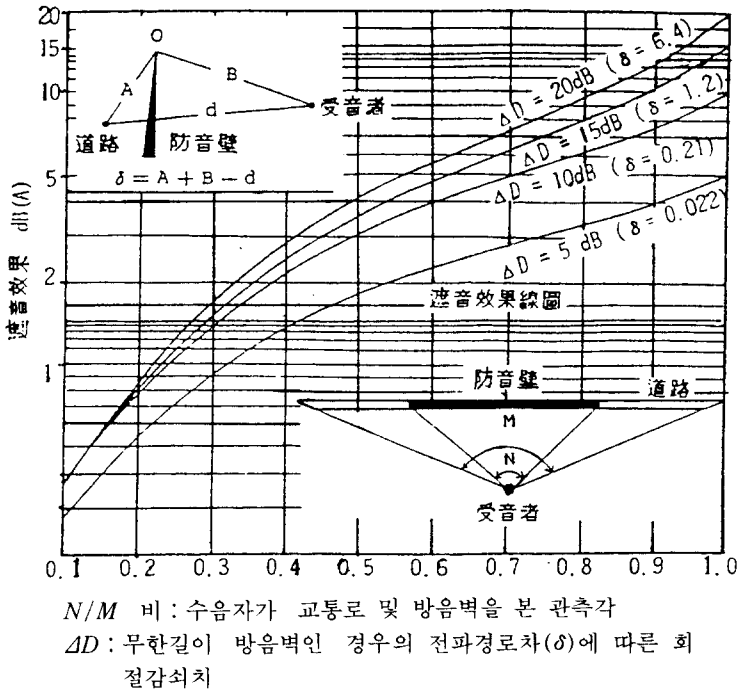


그림 1 방음벽의 차음효과선도(환경처, 방음벽설치지침, 1991)

점의 위치에서 보아 도달소음에 영향을 미치는 소음원을 확인한 후에 고려해야 할 차선들을 결정하여야 한다. 또한 수음점의 위치는 피해 지역 3차원공간상의 모든 수음자가 공평하게 보호받을 수 있도록 결정되어야 하기 때문에 방음벽의 길이와 높이 결정시 낮추어야 할 소음값에 대비한 최소 소음값을 고려하여야 하며, 건물높이에 따른 수음자의 위치 및 방음벽의 높이도 동일한 방법으로 모든 수음자에게 형평성에 맞게 결정되어야 한다. 따라서 1층, 3층, 5층만을 기준으로 수음자의 위치를 결정하도록 층수를 제한하는 것은 바람직하지 않으며, 모든 층수의 모든 주민이 공정하게 보호받을 수 있도록 방음벽의 구조와 크기를 결정하여야 한다. 이때 방음시설을 최대한 소음원으로 근접설치하여 고층 수음자를 보호할 수 있도록 규정하는 것이 바람직하다. 그러나 방음시설물의 위치, 소음발생원과 수음자와의 거

리, 방음시설물의 높이와 길이를 모두 최적으로 고려해도 보호되지 않는 수음자와 보호공간이 발생할 경우에는, 계획단계의 경우에는 환경영향평가를 통하여 교통로와 건물의 설계도를 변경하여야 하고, 교통로와 건축물이 이미 건설된 이후의 경우에는 부득이한 경우로 건물 자체에 방음시설을 하는 방법을 취할 수 있도록 규정하여야 한다. 그렇지 않고 현행 예측방법에서와 같이 층수를 제한하면 부당하게 보호받지 못하는 수음자가 발생하여 형평성에 어긋난다.

그리고 발생소음 및 도달소음에 측을 위한 별점의 도로교통소음예측식은 간선도로인 경우에 고속도로의 경우에 비하여 지극히 단순하며 고려해야 할 소음영향요소들이⁽⁹⁾ 생략 되었기 때문에, 간선도로로부터의 소음오염피해가 정확하게 예측되기 어렵고 고속도로변의 거주자에 비하여 간선도로변의 거주자가 상대적으로 불리한 보호를

받게된다. 고속도로의 경우에도 소음영향요소들이 충분히 고려되지 않고 있다⁽⁹⁾. 대형차량과 소형차량 구분의 경우 차량 총중량 8톤을 기준으로 구분되고 있으나, 이는 RLS-90과 DIN 18005 Teil 1의 2.8톤에 비하여 약 3배의 중량으로, 한국의 차량소음방지기술 및 주행소음방지기술이 선진외국에 비하여 현저히 앞서있지 않는한, 소음오염도가 실제보다 낮게 평가되고 있는 것을 의미 한다⁽⁹⁾. 또한 교통로의 굴곡정도나 전파환경에 따른 점소음원과 선소음원의 구분이 없고⁽⁹⁾, 차량속도도 단순히 56 km/hr 이상과 이하만을 구분하고 있어서 고속주행시에 발생하는 소음이 낮게 계산되며, 반사음의 종류와 크기가 고려되지 않고 있음은 물론, 반사음 그 자체가 예측시 고려대상에서 제외되고 있다. 또 소음원과 수음점의 고도와 주차장소음이 고려되지 않고 있으며, 도로 포장재료와 노면상태, 신호등이 설치된 교차로에서의 소음의 질적 감응도 차이 그리고 교통로의 굴곡과 수음점의 위치에서 본 교통로의 수평 및 수직정도 등이 고려되지 않고 있다⁽⁹⁾. 따라서 현행 방음벽설치지침으로 예측된 소음값은 정밀도가 낮고, 소음피해자가 소음원로부터 불충분하고 부정확하게 보호되고 있어서 현행 방음벽설치지침은 앞으로 언급될 방안들을 참조하여 대폭적으로 수정되는 것이 바람직하다.

5. 차음효과예측의 문제점과 해결방안

5.1 방음림의 소음감소효과 예측

토지이용계획이나 상세계획을 수립할 때에 소음을 예방하기 위해서는 소음원과 보호건물이나 보호지역 사이의 공간거리, 인공건축물들, 지형·지물, 방음림 등 소음감

소효과를 가져오는 모든 전파장애 요소를 고려하여야 한다. 이때 공간거리에 따른 소음감소효과와 인공건축물 및 지형·지물에 의한 소음감소효과는 소음예측모델을 통하여 확인할 수 있으나^(8,9,14,21,23,24), 방음림에 의한 소음감소효과는 수목의 종류(특히 수목의 높이, 굵기, 줄기, 잎의 종류 등), 밀도, 식재면적, 소음의 주파수 등에 따라 다양하기 때문에 예측이 난해하다. 또한 방음림은 소음감소효과를 가장 자연스럽게 유도할 수 있는 장점이 있으나, 단기간에 조성하기 어렵고, 좁은 지역의 몇 그루 나무로는 차음효과를 기대할 수 없으며, 넓은 면적의 방음림에서만 차음효과의 실효를 기대할 수 있다.

계획단계에서 방음림에 의한 소음감소효과를 간략하게 추정할 경우에는⁽¹⁴⁾, 숲의 높이를 고려하여 먼저 방음림이 키가 작은 수목으로 이루어진 경우에 소음감소효과를 추가로 계산하지 않고, 공간거리와 지면흡수에 의한 감소값만을 고려한다^(9,14,21). 밀집된 수목으로 이루어진 숲의 경우에는 방음림에 의한 소음감소값을 고려하는데, 선소음원의 전구간 계산방식을⁶⁾ 택할 경우에는 100m 마다 -5dB, 점소음원의 부분구간계산 방식을⁶⁾ 택하는 경우에는 100m 당 -6.4dB의 소음감소효과를 고려할 수 있다⁽⁹⁾. 그러나 이 두 경우에 10 dB를 초과할 수 없으며, 숲이 소음원이나 수음점으로부터 최소한 50m 이내의 거리에 위치하고 있어야 한다.

계획단계에서 보다 정확한 소음감소값의 예측이 필요한 경우에는 다음과 같은 계산방법을 적용할 수 있다⁽²³⁾.

$$D_D = x_D \cdot S_D \quad (2)$$

D_D = 방음림에 의한 감소값

S_D = 숲을 통과하는 전파거리가 200m초과하지 않는 경우에

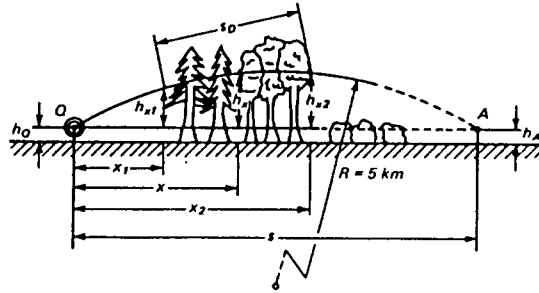


그림 2 방음림에 의한 소음 감소값계산(VDI 2714, P. 6)

음파가 수목을 통과하기 시작하는 곳에서부터 수목을 통과하여 나오는 곳까지의 거리(그림 2 참조)

$$\alpha_D = \left[0.006 \left(\frac{f}{Hz} \right)^{1/3} \right] \text{dB/m} \quad (3)$$

f = 평균 주파수

그러나 주파수를 고려하지 않는 경우에는 간략하게 $\alpha_D = 0.005 \text{ dB/m}$ 로 계산할 수 있다⁽²³⁾. 방음림의 소음감소효과를 계산하여야 하는지 여부를 결정하기 위해서는 소음원과 수음점을 연결한 직선 위로 소음통과숲이 어느 정도의 높이로 나타나는가를 고려하여야 한다. 이때 높이 h_x 는 다음과 같이 계산한다⁽²³⁾(그림 2 참조).

$$h_x = \frac{x(s-x)}{2R} \quad (4)$$

x, R : 그림 2참조

숲이 수목의 종류에 따라 여러층일 경우에 그 높이를 종합한 총높이 h_{xG} 는 다음과 같이 계산한다(참조 : 그림 2) :⁽²³⁾

$$h_{xG} = \frac{x}{S} (h_A - h_Q) + h_Q + \frac{x(s-x)}{2R} \quad (5)$$

여기서 $R = 5000\text{m}$ 로 계산할 수 있고, S_D 는 간략하게

$S_D = x_2 - x_1$ 으로 계산할 수 있다(그림 2 참조)⁽²³⁾.

5.2 방음시설물의 소음감소값 예측

방음시설의 설치여부를 결정하기

위해서는 먼저 보호하여야 할 곳의 도달소음값을 확인하여야 하는데, 계획단계에서 아직 소음이 존재하지 않는 경우에는 그 도달소음값을 예측하여야 하며⁷⁾, 기존의 소음을 감소시키기 위해서는 측정이나 계산을 통하여 도달소음값을 확인할 수 있다. 이렇게 확인된 도달소음값을 소음기준값과 비교하여 소음감소의 필요성과 감소해야 할 소음값을 결정하고⁸⁾, 이에 필요한 방음시설이 종류를 전파환경에 적합하게 결정할 수 있다. 그 다음에 방음시설의 종류와 구조에 따른 소음감소효과를 예측하여 정확한 방음시설의 설치구조를 결정한다.

(1) 전구간 계산방식

소음감소효과를 가져오는 시설물들은 항상 동일한 종류와 재료로 그리고 일정한 구조와 간격으로 곧고 길게 설치되지 않고 설치지역의 환경에 따라 다양한 구조로 설치되어 있거나 설치될 수 있다. 따라서 선으로 취급하는 소음원의 구간에서 동일한 구조와 간격으로 곧고 길게 설치될 방음시설물과, 소음원을 부분구간으로 나누어 각 부분소음원을 점으로 취급하여야 하는 점소음원 구간의 도로에서 그 구조와 간격이 일정하지 않은 방음시설물을 구분하여야 한다^(9,21). 선으로 취급할 수 있는 도로나 방음시설의 경우에는 전구간 계산방식으로 차음효과를 예측할 수 있고, 점으로 취급하는 곳에서는 부분구간 계산방

식을 택하여야 한다^(9,21). 전구간 계산방식은 다음의 조건을 만족시키는 경우에 적용할 수 있다. 즉 방음시설이 길고 곧은 도로와 차선에 평행하며, 동일 재료로 만들어졌고, 높이가 일정하며, 수음점을 중심으로 양쪽으로 아래의 조건을

만족시키는 최소한의 방음시설과 소음원(교통로)의 길이 L_U 를 확보하여야 한다(비교: 조기호^c, 1993, 85쪽):⁽²¹⁾

$$L_U = \left[\frac{34 + 3 \cdot D_z}{\sqrt{100 + s}} \right] \cdot B \quad (6)$$

여기서 D_z , B , s 는 식 (8)에서와

같다. 차선이 많은 도로의 경우에 L_U 값은 최근접차선에서의 도로의 길이 L_{Un} 과 가장 먼 차선에서의 길이 L_{Ur} 의 산술평균값을 취한다:

$$L_{Us} = 0.5(L_{Un} + L_{Ur}) \quad (7)$$

방음시설이 L_U 의 조건을 만족시키고 동일한 재료로 만들어졌으며, 길이가 길고 높이가 일정하며 차선에 평행하게 위치한 경우에, 방음시설에의 한 소음감소값 D_z 는 전구간 계산방식을 이용하여 다음과 같이 계산할 수 있다^(9,21)(그림 3 참조):

$$D_z = 7 \cdot \lg \left[5 + \left(\frac{70 + 10.25 \cdot S}{1 + 0.2 \cdot Z} \right) \cdot Z \cdot K_w^2 \right] \quad (8)$$

$$Z = A + B + C - S \quad (9)$$

$$K_w = \exp \left(-\frac{1}{2000} \sqrt{\frac{A \cdot B \cdot S}{2 \cdot Z}} \right) \quad (10)$$

$$Z = A + B - S \quad (11)$$

여기서 A 는 소음원과 방음시설의 첫번째 굴절정점까지의 거리, B 는 마지막 굴절정점에서 수음점까지의 거리, S 는 전파 소음이 여러번 굴절을 하면서 장애물을 우회하는 경우에 모든 굴절의 간격을 합산한 거리, S 는 소음원과 수음점 사이의 최단전파거리, 그리고 계산값 K_w 는 온도와 풍속을 고려한 전파장애 교정값이다(그림 3, 그림 4 참조). K_w 값 계산시에 C 는 A 와 B 중에서 작은 수에 합산한다.

(2) 부분구간 계산방식

방음시설의 길이가 L_U 의 조건을 만족시키지 못하거나 방음시설이 구간별로 상이한 재료로 구성되어 있고, 방음시설의 높이가 일정하지 않으며, 도로나 차선이 충분히 길고 곧지 않고⁽⁹⁾, 도로와 방음시설 간의 간격이 일정하지 않으면 부분

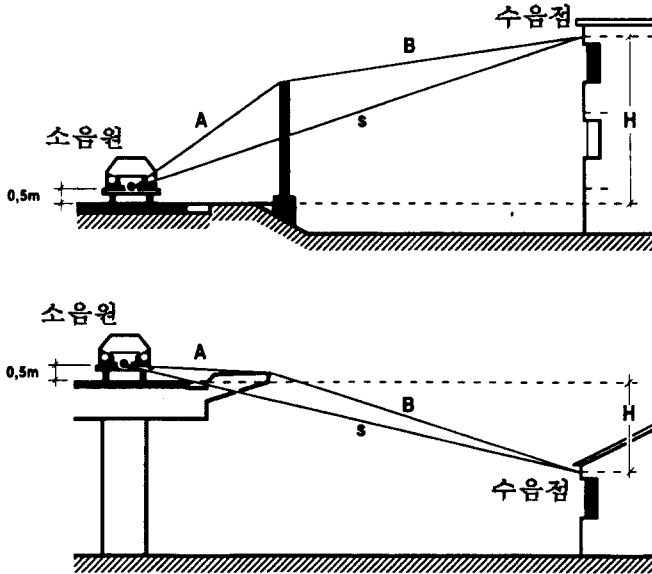
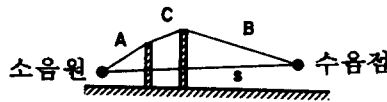


그림 3 단일굴절에서의 Z값 계산(RLS-90, P.16)

$$Z = A + B - s$$

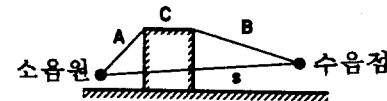
가) 이중 방음벽

$$Z = A + B + C - s$$



나) 평면 지붕의 경우

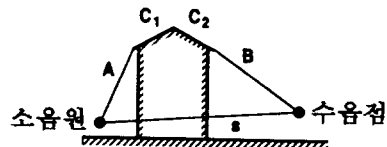
$$Z = A + B + C - s$$



다) 빗면 지붕의 경우

$$Z = A + B + C - s$$

$$C = C_1 + C_2$$



라) 돌출 지형

$$Z = A + B + C - s$$

$$Z = A + B + C' - s$$

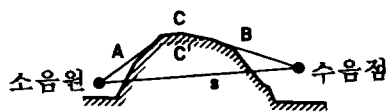


그림 4 복합굴절에서의 Z값 계산(RLS-90, P.16)

구간 계산방식을 적용하여야 한다. 이 때 각 부분구간의 차음효과는 아래와 같이 계산할 수 있다⁽²¹⁾.

$$D_{z2} = 10 \cdot \lg(3 + 80 \cdot z_2 \cdot K_{w2}) \quad (12)$$

$$z_2 = A_2 + B_2 + C_2 - s_2 \quad (13)$$

$$K_{w2} = \exp\left(\frac{1}{2000} \sqrt{\frac{A_2 \cdot B_2 \cdot s_2}{2 \cdot z_2}}\right) \quad (14)$$

여기서 A_2, B_2, C_2, s_2 는 동일하다. K_{w2} 값 계산시에 C_2 는 A_2 와 B_2 중에서 작은 수에 합산한다.

그러나 방음시설의 높이가 0.2m 이상 차이가 나거나 도로에서 방음 시설물까지의 거리가 0.5m 이상 차이가 나면 부분구간은 다시 상이한 구간별로 세분하여 D_{z2} 값을 계산하여야 한다. 부분구간계산방식으로 방음시설에 의한 부분구간을 통과하여 도달한 각 부분소음값 $L_{r,i}$ 를 아래 수식으로 합산하여 평가소음값으로서의 최종 도달소음값을 구한다^(9,21).

$$L_r = 10 \cdot \text{Log} \sum_i 10^{0.1 \cdot L_{r,i}} \quad (15)$$

(3) 반사소음의 계산

소음은 전파되는 과정에서 소음 방지시설이나, 건축물, 기타 장애물과 접촉하면 반사 또는 흡수된다. 이때 반사된 소음이 다시 추가로 수음점에 도달되면 그 소음값을 고려하여야 한다. 따라서 다음과 같은 조건을 만족시키는 곳에서는 반사소음을 고려하여야 한다⁽²¹⁾.

$$H_R \geq 0.3 \sqrt{a_R} \quad (16)$$

여기서 H_R 은 반사면의 높이이고, a_R 은 소음원과 반사면사이의 거리이다.

반사소음을 계산하는 경우에는 그림 5에서와 같이 수음점에서 보아 반사면 반대쪽에 가상반사면을 설정하고 이곳에서 소음이 발생하는 것으로 간주한다⁽²¹⁾. 이 때 유의해야 할 사항은 그림 5의 B에서와 같이 반사면 위로 반사되는 소

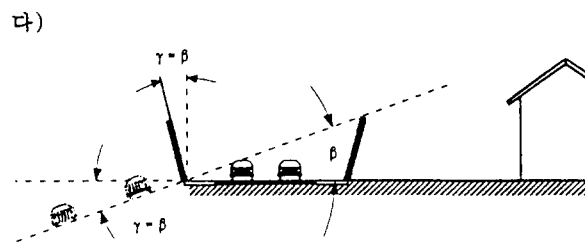
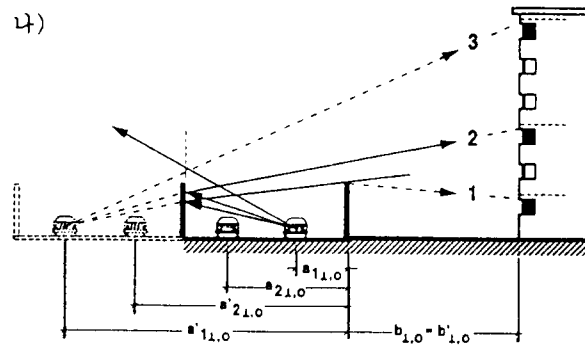
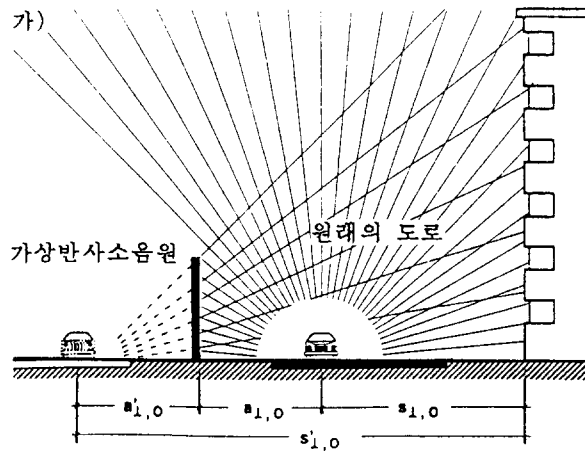


그림 5 반사소음의 소음원과 수음점(RLS-90, P.20)

음을 고려하는 오류가 발생할 수 있다는 것이다. 따라서 수음점의 높이와 반사면의 높이를 고려하여 반사소음이 수음점에 도착되는지의 여부를 확인한 후에 반사소음값을 계산하여야 한다. 두번이상 반사되는 경우의 반사소음은 반사면의 반사도와 소음원과의 거리를 고려하여 그의 합산여부를 결정하면 되는데, 일반적으로는 무시하여 도달소음값에 별 차이가 없다. 그러나 다중반사의 경우에는 반드시 이를 고

려하여야 한다^{(9),(9)}. 그리고 그림 6에서와 같이 도로에서 전파된 소음이 건축물에 반사되어 오는 경우에는 반사면의 위치에 유의하여 반사소음을 고려하여야 한다. 반사소음의 계산에서 가상반사소음원의 위치는 반사면을 기준으로한 본래의 소음원과의 대칭지점이다. 따라서 소음원과 수음점간의 거리는 이 대칭지점을 기준으로 계산하여야 한다. 길이가 짧은 소음원과(도로의 경우 길이가

짧은 도로) 반사면의 길이가 긴 경우의 반사소음계산은 그림 6의 가)에서와 같은 방법으로 반사면을 기준으로한 가상대치소음원을 설정하여 반사소음값을 계산할 수 있다. 그리고 길이가 긴 소음원과 길이가 짧은 반사면의 경우에는 그림 6의 나), 다)에서와 같은 방법으로 가상대치소음원을 설정하여 반사소음을 계산한다. 그러나 반사음이 반사면의 소음흡수률에 따라 감소되

는 것을 고려하여야 한다. 이 때에는 반사면의 재료와 구조를 고려한다⁽²¹⁾.

소음원의 양안에 평행한 두개의 반사면이 존재할 경우에, 즉 도로 양측면이 도로와 평행한 음파반사 재료로 된 소음방지담벽이나, 빈틈이 30%이하인 건축물로 막혀 있을 때에는, 다중반사로 인한 가산값을 평균소음값에 추가하여야 한다⁽⁹⁾. 그러나 반사소음은 일반적으로 소

음방지벽에서는 계산할 필요가 없다.

(4) 건축물의 위로 우회전파되는 소음의 감소효과 예측

소음원과 수음점 또는 소음원과 방음시설설치장소사이에 다양한 건축물이 존재하게될 경우에는 방음시설의 설치필요성과 방음시설의 구조를 결정하기 전에 이러한 건물들을 우회하여 전파되는 도달소음값을 확인하여야 한다. 먼저 소음이 장애물 위로 우회하여 수음점으로 전파되는 경우에는 그림 3, 4에서와 같이 단일 또는 복합굴절에서의 Z값을 계산하여 도달소음값을 계산할 수 있다. 이때 장애물을 우회하는 소음값은 식 (8), (12)을 적용하여 계산할 수 있다.

(5) 건축물의 좌우로 우회전파되는 소음의 감소효과 예측

소음이 장애물의 좌우로 우회하여 도달되는 경우에도 장애물이 없을 경우의 최단 전달거리와 장애물을 우회할 경우의 전달거리를 비교하여 소음을 계산할 수 있는데, 소음이 장애물의 측면으로 우회하여 전달되는 경우의 도달소음값 L_sB 는 식 (8), (12)를 이용하여 계산하거나, 또는 다음과 같이 계산할 수도 있다⁽²⁴⁾.

$$L_sB = 10 \times \log \left(C_1 + \frac{C_2}{\lambda} \times C_3 \times z \times K_w \right) \text{dB} > 0 \text{dB} \quad (17)$$

$C_1, C_2, C_3, \lambda, Z, K_w$: 참조 Entwurf VDI 2720 B1.1⁽²⁴⁾

그림 8을 이용하여 장애물을 우회하여 각 수음점 $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ 에 도달되는 소음값을 계산할 수 있는데, 여기서 H_0, h_0, B 의 길이는 일정하며, A 의 길이는 수음점의 위치에 따라 변하지만 a_0 와 h_0 의 길이를 이용하여 계산할 수 있다. 그리고 a_0 의 길이는 수음점의 좌표를 이용하여 확인할 수 있다.

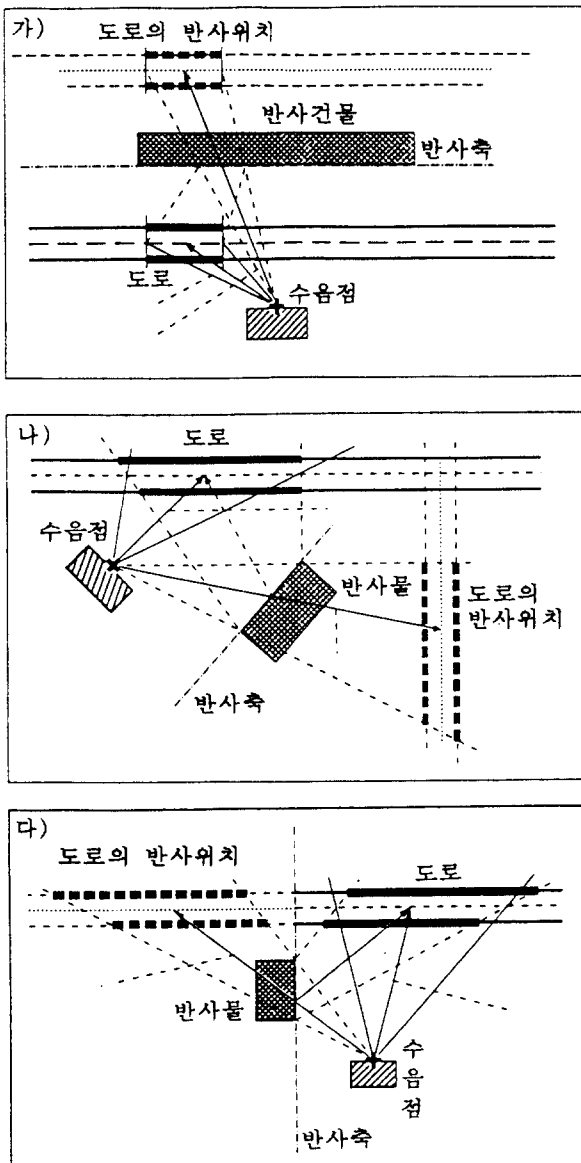


그림 6 가상반사소음원의 위치 (RLS-90, P. 21)

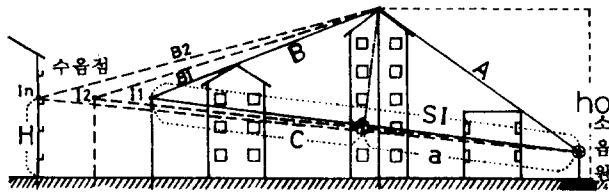


그림 7 장애물의 위로 우회하는 소음값 계산⁽⁸⁾

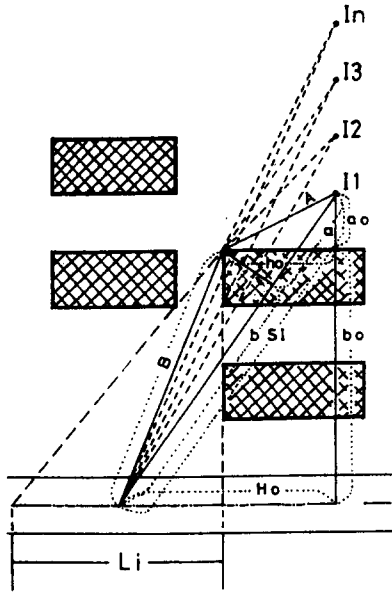


그림 8 장애물의 좌우로 우회하는 소음값계산⁽⁸⁾

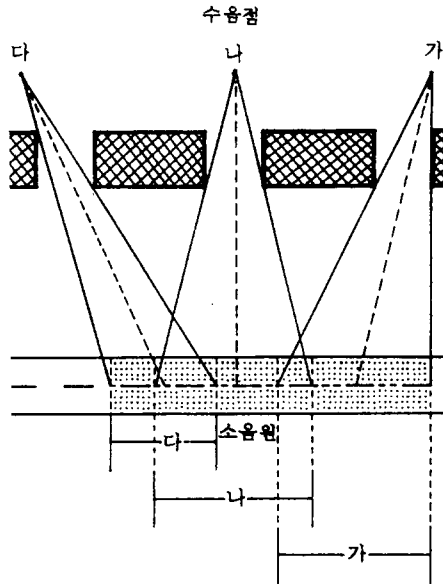
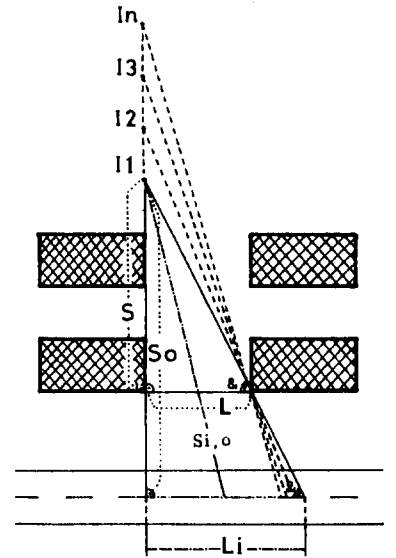


그림 9 소음이 장애물사이로 전파되는 형태분류⁽⁸⁾



$$\tan \epsilon = \frac{S}{L} = \frac{So}{Li'}$$

$$Li = \frac{L \times So}{S}$$

$$Si, 0 = \sqrt{\left(\frac{Li}{2}\right)^2 + So^2}$$

L, Lo : Li 의 길이를 계산하기 위한 기준거리

Li : 소음원의 길이

S : $Si, 0$ 의 길이를 계산하기 위한 기준거리

Si : 소음원과 수음점 사이의 공간거리

So : $Si, 0$ 의 길이를 계산하기 위한 보조거리

H : 수음점의 높이(소음원을 기준으로한 높이)

$I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$: 수음점 위치

그림 10 장애물사이로 전파되는 소음의 전파유형 '가'⁽⁸⁾

그림 7, 8을 이용하면 2차원 좌표상의, 즉 $i=1, 2, 3 \dots n$ 그리고 $j=1, 2, 3 \dots n$ 일때 $I(i, j)$, 어느 곳에 수음점이 위치하더라도 소음원과 장애물의 좌표가 변하지 않는한 각 수음점별로 변수를 새롭게 조사하지 않고도 도달소음값을 계산할 수 있으므로 시간과 작업량을 위한 프로그램작성에 유용하게 이용될 수 있다.⁽⁸⁾

(6) 건축물사이로 통과하는 소음의 감소효과예측

소음원과 수음점 또는 소음원과 방음시설설치장소 사이에 소음을 감소시키는 건축물이 존재하게될 경우에는 건축물을 우회하지 않고 건축물사이로 통과하여 직접 도달되는 소음값도 확인할 수 있어야 수음점에서의 소음값을 정확하게 계산할 수 있고, 이를 기준으로 방

음시설의 설치 필요성 및 방음시설물의 구조를 결정할 수 있다. 이때에는 앞에서 언급한 부분구간계산방식을 적용하여야 한다⁽⁹⁾. 소음이 우회하지 않고 장애물사이로 전달되는 경우는 일반적으로 실세계에서 다양한 양상을 띠지만 전산작업을 위하여 그림 9에서와 같이 3종류의 표준형태로 분류할 수 있다⁽⁹⁾.

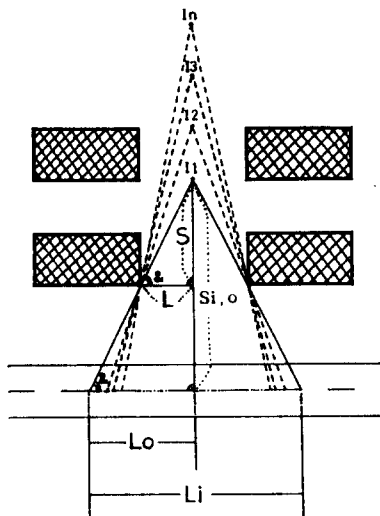
소음이 첫번째 장애물의 한쪽면에 의해서만 전파방해를 받고 있는 경우에는, 이 장애물이 처음으로 소음전파를 방해하는 경우가 되므로, 장애물이 있기 전까지의 소음원은 선소음원으로 취급해야 하고, 이때 도달소음값은 장애물이 없을 경우의 소음값을 계산하여 이의 절반값을 취하면 된다^(14,21).

그림 9의 전파형태 가, 나, 다의 경우에 소음원 Li 에서 수음점 $I_1, I_2, I_3, \dots, I_n$ 로 전파되는 도달소음값의 계산에 필요한 공간거리는, 소음원과 수음점 및 전파장애물의 좌표를 이용하여 확정할 수 있는데(그림 10, 11, 12 참조), 각 수음점에서의 소음값예측에 반드시 필요한 확인변수는 수음점에 상응한 공간거리 Li 와 Si 이다^(9,14,21).

그림 10에서 L, S, So는 좌표를 이용하여 계산할 수 있고, H는 이미 알려져 있으므로, 소음값 계산에 필요한 변수 Li와 Si를 각 수음점 I₁, I₂, I₃, ... In에 상응하게 계산할 수 있다. 따라서 각 수음점 I₁, I₂, I₃, ... In에서의 예상 도달소음값을 계산할 수 있다^(8,21).

그림 11에서 변수 H, L, Li, Lo, S, Si, Si_o, I₁, I₂, I₃, ... In은 그림 10과 같다. 여기서 L, S, Si_o는 좌표를 통하여 확인할 수 있으므로 변수 Li와 Si를 각 수음점에 상응하게 계산할 수 있다. 그림 12에서 변수 L, Li, Lo, S, Si, So, Si_o, I₁, I₂, I₃, In은 그림 10, 11과 같고, 변수 Li와 Si는 그림 11에서와 같이 계산할 수 있다.

그림 10, 11, 12를 적용하여 장애물 사이로 전파되는 소음값을 계산할 수 있는 프로그램을 작성할 수 있다. 이 때 좌표상에서 수음점



$$\tan \alpha = \frac{S}{L} = \frac{Si, o}{Lo}$$

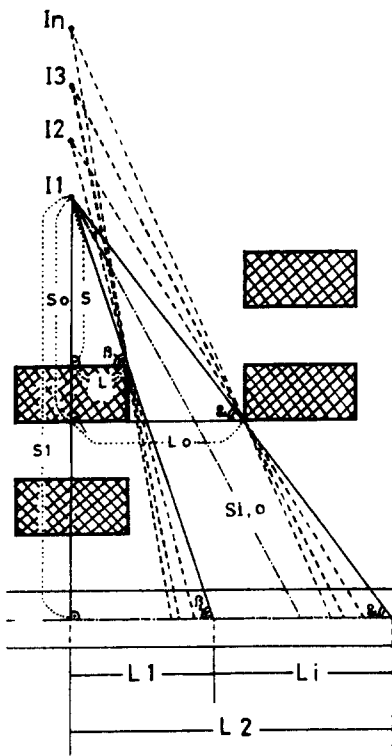
$$Lo = \frac{Si, o \times L}{S}$$

$$Li = 2 \times Lo$$

$$Si = \sqrt{(Si, o)^2 + H^2}$$

그림 11 장애물 사이로 전파되는 소음의 전파유형 '나' ⁽⁸⁾

의 숫자를 I₁, I₂, I₃, ... In 등으로 증가시킬 경우, 이들 각 수음점에 도달하는 소음값은 별도의 변수를 추가로 조사하지 않고도 계산할 수 있다. 따라서 장애물사이로 전파되는 유형을 3종류로 분류만하면 우회하지 않고 건물사이로 직접 전파되어 수음점에 이르는 소음값을 계산할 수 있다. Fortran을 이용하여 프로그램을 만들 경우에 그림 10, 11, 12의 경우는 Subroutine



$$\tan \alpha = \frac{So}{Lo} = \frac{S_1}{L_2}$$

$$L_2 = \frac{Lo \times S_1}{So}$$

$$\tan \beta = \frac{S}{L} = \frac{S_1}{L_1}$$

$$L_1 = \frac{S_1 \times L}{S}$$

$$Li = L_2 - L_1$$

$$Si, o = \sqrt{\left(\frac{L_2 - L_1}{2} + L_1\right)^2 + S_1^2}$$

$$Si = \sqrt{(Si, o)^2 + H^2}$$

그림 12 장애물 사이로 전파되는 소음의 전파유형 '다' ⁽⁸⁾

를 이용하여 프로그램을 작성하면 편리하다. 유의할 점은 지금까지 제시한 전파유형들은 각 부분도달소음의 소음원을 선으로 정의하지 않고, 소음원의 길이가 제한된 점소음원으로 파악한다는 것을 전제 조건으로 하였기 때문에, 소음원의 길이 Li가 Li ≤ 0.5 × Si의 조건을 만족시키지 못하면, 이 조건이 만족될 때까지 길이를 계속 세분해야만 한다⁽⁹⁾. 따라서 프로그램을 만들 때 이 조건을 다음과 같이 고려해야 한다: 즉 Li > 0.5 × Si이면 Li를 이등분하여, Li₁과 Li₂로 나누고, 여기에 상응한 Si_{o1}과 Si_{o2}를 계산한다. 이 때

$$Si, o_1 = \sqrt{(Li \times 1/4)^2 + (So)^2}$$

$$Si, o_2 = \sqrt{(Li \times 3/4)^2 + (So)^2}$$

이다.

Li₁과 Li₂도 전제조건을 만족여부에 따라서 다시 세분하여 각 부분소음값을 계산한 후에 합산하면 된다. 지금까지 언급한 3개의 모델을 이용하여 건축물사이로 전파되어 오는 소음값들을 예측한 후에는 이들의 소음값과 좌우 또는 위로 우회하여 도달되는 소음값들을 식 (15)로 합산하여 최종 도달소음값을 구하고 이를 소음기준값과 비교하여 방음시설의 설치열부와 방음시설의 구체적인 구조를 결정할 수 있다.

5.3 방음시설의 높이와 길이결정

방음시설의 구조는 방음시설의 종류나 재료 및 시설의 위치 등에 따라 다양한 요소로 결정이 되지만 일반적으로 적절한 높이와 길이의 결정이 가장 중요하다. 먼저 방음시설의 높이를 결정하기 위해서는 방음시설이 없는 상태에서의 도달소음값을 구하고 이를 기준치와 비교하여 감소시켜야 할 소음값을 구한 다음, 방음시설의 높이에 따라

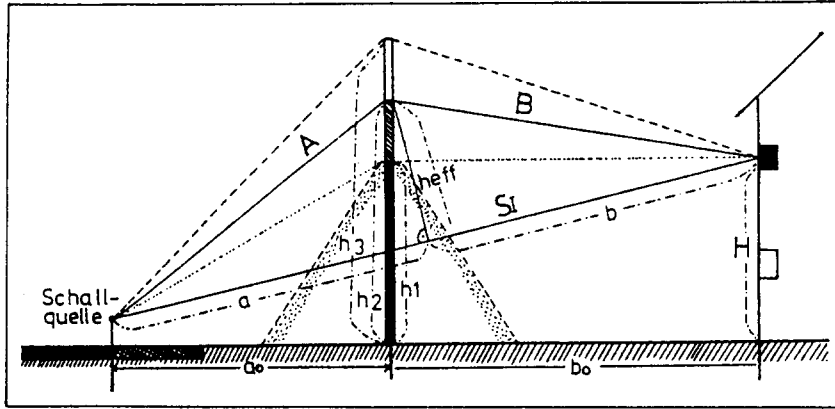


그림 13 방음시설의 높이결정⁽⁷⁾

도달 소음값이 감소되는 정도를 계산하여 적정수준의 높이를 결정하면 된다. 방음시설의 높이에 따른 소음값의 감소는 식 (8), (12) 및 그림 3, 4에 의하여 계산할 수 있다. 이때 그림 13에서와 같이 높이를 조절하면서 소음값을 계산하여 결정할 수 있다¹⁰⁾.

방음시설의 측면길이는 소음원과 수음점사이의 공간상화를 고려하여 결정할 수 있다. 방음시설의 길이에 따른 도달소음값의 감소정도를 예측하기 위해서는 측면우회 소음값의 계산방식을 이용하는데, 원칙적으로 그림 8과 동일하게 실시할 수 있다. 이 때 방음시설의 높이와 길이는 상호 보완·조정이 가능하다¹⁰⁾.

6. 맺음말

본 글에서는 도로교통소음을 예측할 경우; 소음영향평가지 계획한 도로변에 방음시설물의 설치여부를 결정할 경우, 그리고 방음시설을 설치할 경우에 그 방음시설의 구조와 설치기준을 결정하기 위하여 적용할 수 있는 방음시설물에 의한 차음효과예측법의 문제점과 해결방안을 언급하였다. 방음시설물의 종류와 구조 그리고 그 설치범위 등을 정확하고 공평하게 그리고 경제

적으로 결정하기 위해서, 특히 환경영향평가가 공정하게 실시되기 위해서는 국가에서 방음시설물 설치기준과 정밀한 차음효과예측법을 하나의 통일된 규정으로 확정하여야 한다. 이를 위해서는 본문에 언급한 요소들을 참조하여 기존의 방음벽설치지침을 대폭적으로 수정·보완하여야 한다. 그러나 보다 정확한 예측과 실세계에 근접한 소음값을 계산하기 위해서는 소음원과 수음점과 공간환경의 특성을 고려한 연구가 계속적으로 이루어져야 한다.

그리고 도로교통소음을 공정하게 예방하기 위해서는 조속한 시일내에 이에 적합한 대상지역별 도로교통소음예방 규제기준값을 법규에 명시하여야 하고⁸⁾, 현재 교통로 주변에 주택을 건설하는 경우에 사업자가 택지로 확보한 부지에 설치하고 있는 방음벽은 최대한 소음원에 근접하여 교통로변에 설치할 수 있도록 관련 규정을 개정하여야 한다¹¹⁾.

주

1) 상세계획에 관해서는 도시계획법 제 20조의 3, 도시계획법 제 20조의 3, 도시계획법시행령 제 19조의 8, 19조의 9에서 규정하고 있다.

2) 토지이용계획이나 상세계획단계에서 소음을 예방할 수 있는 방안들은 지면관계상 다음 기회에 자세히 논하기로 하고, 본 글에서는 방음시설물의 설치를 위하여 필요한 차음효과예측에 관해서만 언급하고자 한다.

3) 소음은 발생소음 (Emission) 과 도달소음 (Immission)으로 구분할 수 있는데, 발생소음은 소음이 발생하는 기계나 시설등 소음원에서 배출되는 소음이고, 도달소음은 소음원에서 일정한 공간거리의 전파경로를 통과하여 수음점에 최종적으로 도달한 소음으로 대부분 여러 종류의 소음원에서 발생한 소음이 전파공간상의 자연 및 인문환경으로 부터 영향을 받으며 전파되어 변형된 종합 소음이다. 일반적으로 소음을 발생시키는 기계나 시설 등의 소음허용기준은 발생소음값(또는 배출소음값)으로 정하고, 보호되어야 할 건물이나 공간, 또는 지역 등의 소음규제기준값은 도달소음값으로 정한다. 기타 소음에 관한 다양한 전문용어들은 정확하게 우리말로 정의되어 통일된 용어가 통용될 수 있도록 학회차원에서 모든 용어의 정의를 명확하게 내리는 것이 바람직하다.

4) 방음시설의 종류와 차음효과는 국내에서 소음진동규제법 제 2조 제 4호 6호와 소음진동규제법시행규칙 제 3조 별표 2에서 규정하고 있으나, 방음시설의 다양한 종류와 그들의 장단점 및 차음효과 그리고 설치기준 등은 다음 문헌을 참고할 수 있다: Bausch, D.u.a., 1983, Lärmschutz an Straßen, Planungsgrundlagen, Systeme aus Beton, Köln

5) 연구기자재(소음측정기)가 확보되면 실측을 통한 현행예측법의 오차와 DIN 18005 Teil 1, RLS -90, VDI 2714, VDI 2720 B1.1

과 비교한 실상황에서의 차이점을 검증하고자 한다.

6) 전구간계산방식과 부분구간계산방식의 구분 이유와 방법은 다음 논문을 참조하기 바람 : 조기호, 1993, 도로교통소음 예측의 문제점과 해결방안, 환경연구(공주대학교 환경문제연구소), 제 1집, 83-93쪽.

7) 도달소음값의 예측에 관한 자세한 내용은 다음 논문을 참조하기 바람 : 조기호, 1993, 도로교통소음 예측의 문제점과 해결방안, 환경연구(공주대학교 환경문제연구소), 제 1집, 83-93쪽.

8) 도로교통소음에 관한 규제기준값은 아직까지 한국에서 정하지 못하고 있다. 환경정책기본법에 명시된 소음기준은 규제를 위한 법적구속력을 지니고 있지 않으며(참조 : 환경정책기본법 제 10조 2항, 환경정책기본법시행령 제 2조, 별표 1 환경기준 2. 소음), 소음 진동 규제법에서는 각 시·도지사가 규제지역지정과 함께 규제기준을 정하도록 하고 있으나(참조 : 소음진동규제법시행규칙 제 36, 37조), 이의 실현은 기대하기 어렵다. 그러나 기존의 소음을 제거하기 위한 규제기준은 국가부담비용 때문에(부처간의 견해차가 심하여) 유보 또는 완화될 수도 있으나, 예방을 위한 규제기준값은 환경영향평가의 공정성과 통일을 기하기 위하여 조속한 시일 내에 법으로 정하는 것이 바람직하다. 그리고 환경정책기본법시행령 제 2조 별표 1 환경기준 2. 소음의 기준은 일반지역과 도로변지역이 구분되어 같은 적용대상지역에 다른 기준을 제시하고 있어서 대단히 불공평하다. 예를 들어 환자가 일반지역의 상업지역에 위치한 병원에서 치료를 받는 경우에는 밤에 40dB(A) 이하의 기준을 적용받을 수 있으나, 도로

변지역의 상업지역에 위치한 병원에서 치료를 받는 경우에는 일반지역에 비해 무려 20dB(A)가 높은 60dB(A)의 기준을 적용받는다. 이는 병원뿐만 아니라 학교와 주택의 경우에도 같은데 이러한 형평성에 어긋난 법규정은 개정되어야 하고, 소음전파공간의 제약 등으로 저감목표치의 감소를 위한 적극적인 방음시설의 설치에 문제가 발생하는 환경에서는 적극적인 방음시설과 소극적인 방음시설을 선별 또는 상호 보완시켜 도달소음을 감소시킬 수 있도록 규정하는 것이 바람직하다.

9) 다중반사소음의 계산에 관한 자세한 내용은 다음 논문을 참조하기 바람 : 조기호, 1993, 도로교통소음 예측의 문제점과 해결방안, 환경연구(공주대학교 환경문제연구소), 제 1집, 83-93쪽.

10) 방음시설의 적정 높이와 길이를 쉽게 결정할 수 있는 프로그램은 현재 개발중에 있다.

11) 소음방지시설물은 최대한 소음원에 근접하여 설치 할수록 보호공간이 넓어지고, 경제적인데도 불구하고, 현재에는 교통로주변에 주택을 건설하는 사업자가 확보한 부지안에 소음방지시설물을 설치하도록 되어 있기 때문에, 대부분 낮은 층수를 제외한 고층의 아파트는 보호되지 못하고 있으며, 또한 일률적인 방음벽설치는 주거지의 고립과 도시공간의 절단등 주민의 심리적 피해를 유발시킨다. 따라서 최대한 교통로에(국유지인 경우에도 이를 이용하여) 근접하여 최적의 방음시설물을 설치할 수 있도록 규정하여야 하며, 최대한 교통로에 인접하여 방음시설물을 설치하여도 보호되지 못하는 고층의 주거지인 경우에는 주거건물자체에 차음장치를 할 수 있도록 규정하여야 한다.

참고 문헌

(1) 도시계획법, 개정 1971년 1월 19일, 법률 제 2291호(최신개정 : 1991.12.14 법 4427호).

(2) 도시계획법시행령, 제정 1971년 7월 22일, 대통령령 제 5721호(최신개정 : 1992.7.1. 영 13684호).

(3) 방음벽설치지침, 환경처, 소진 31743-21, 91.1.3

(4) 소음·진동공정시험방법, 환경처, 환경처고시 제 1993-43호('93.5.24)

(5) 소음·진동 규제법, 제정 1990년 8월 1일, 법률 제 4259호.

(6) 소음·진동규제법시행규칙, 제정 1991년 2월 2일, 총리령 제 378호.

(7) 조기호 a, Schallimmissionsbestimmung und -bewertung für die Verkehrswegeplanung, 국토계획(대한국토·도시계획학회지), 제 28권 제 1호(통권 67호), 1993, pp.139-151.

(8) 조기호 b, 도시계획을 위한 예상소음의 공간적 규정과 지도화과정의 전산화, 국토계획(대한국토·도시계획학회지), 제 28권 제 4호(통권 70호), 1993, pp.249-261.

(9) 조기호 c, "도로교통소음 예측의 문제점과 해결방안", 환경연구(공주대학교 환경문제연구소) 제 1집 1993, pp.83-93.

(10) 환경정책기본법, 개정 1990년 8월 1일, 법률 제 4257호.

(11) 환경정책기본시행령, 제정 1991년 2월 2일, 대통령령 제 13303호.

(12) 16. BImSchV, Sechzehnte Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verkehrslärmschutzverordnung

-16.BImSchV vom 12.6.1990).

(13) DIN 1320, Akustik Grundbegriffe, 1969.

(14) DIN 18005 Teil 1, Schallschutz im Städtebau, Berechnungsverfahren, 1987

(15) DIN 45631, Berechnung des Lautstauschspektrum, Verfahren nach E. Zwicker, 1967

(16) DIN 45641, Mitteilungspegel und Beurteilungspegel zeitlich schwankender Schallvorgänge, 1976.

(17) DIN 45645, Teil 1, Einheitliche Ermittlung des Beurteilungspegels für Geräuschmissionen, 1977.

(18) DIN IEC 651, Schallpegelmessung(Entwurf), 1980

(19) JO, Gi-HO, Planungsrelva-

nte Bestimmung der räumlichen Schallimmissionsbelastung von Städten unterschiedlicher Verkehrsstruktur, 1991.

(20) Leschnik, W. u.a., Vorschlag zur Berücksichtigung der Bebauungsdämpfung bei Schallimmissionsprognosen. In Fortschritte der Akustik-DAGA'85, Bad Honnef, 1985, pp.155-158.

(21) RLS-90, Richtlinien für den Lärmschutz an Straße 1990. Hrsg.; Der Bundesminister für Verkehr Abt. Straßenbau, 1990.

(22) Umlandverband Frankfurt, 1987, Umweltschutzbericht Teil I, Straßenverkehrslärm, Frankfurt am Main.

(23) VDI 2714, Schallausbreitung im Freien, 1988.

(24) VDI 2720 Bl.1 Entwurf, Schallschutz durch Abschirmung im Freien, 1987.

(25) ZTV-Lw 88, Zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für die Ausführung von Lärmschutzwänden an Straßen. Allgemeines Rundschreiben Straßenbau ARS Nr.8/1988, p.548

(26) VLärmSchG, Entwurf eines Gesetzes zum Schutz vor Verkehrslärm von Straßen und Schienenwegen(Entwurf vom VLärmSchG) Bundesratsdrucksache 8/1671, 8/3730(126/80) vom 28.3.1980.

(27) Zwicker, E. u. H. Fastl(1986): Sinnvolle Lärmmessung und Lärmgrenzwerte. In Z. f. Lärmbekämpfung 33, S. 61-67.

WESTPRAC V 94 Proceeding 보급 안내

제5차 서태평양지역 음향학술대회(WESTPRAC V)가 한국소음진동공학회와 한국음향학회가 공동 주최로 8월 23일부터 25일까지 3일간 서울 스위스그랜드호텔에서 국내외 200여명이 참석한 가운데 성황리에 개최 되었다.

본 국제학술대회에서는 기조연설 2편과 논문으로는 일반음향 2, 물리음향 19, 초음파 13, 수중음향 36, 건축음향 17, 소음진동 37, 전기,통신기술 8, 음성신호 34, 신호처리 3편 등 총 170여편이 발표되었다. 아울러 학술대회 발표 논문들이 게재된 Proceeding을 회원 여러분께 보급코자 하오니 필요한 회원께서는 학회로 연락주시기 바랍니다.

* 연락처 : TEL (02) 563-4851-2, FAX : (02) 563-4853

* 보급가 : 1SET에 5만원(1권은 3만원) : 송료 포함
(Vol. 1, 2로 묶여 있으며 각권 600면 정도임.)