

Traffic Noise

건축가로서 때로 혼잡한 교통로에 면해있는 곳에 건물을 설계해달라는 요청을 받을 때가 있다. 처음 시작단계에서 이 도로의 교통에 의해 발생하는 소리의 레벨을 측정하고 그로인해 발생하는 소음을 제어하기 위한 해결안을 찾아내야만 한다.

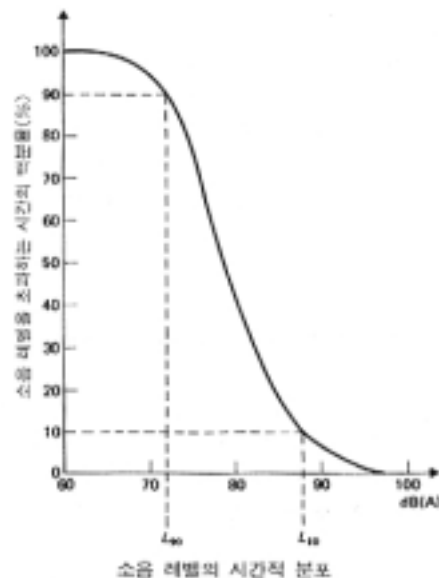
교통소음을 예측하는 일은 간단하지가 않다. 수많은 가설을 세우고 이를 어느 정도 단순화시킨다. 따라서 공식을 이해하는 것만큼이나 그 뒤의 과정을 이해하는 것이 중요하다. 이 주제는 처음에 English Department of the Environment를 위해 개발되어 Environment Protection Agency에 의해 오스트레일리아에서 사용된 방법에 중점을 두고 있다.

Calculation Methods

특정 사이트에 존재하는 소리레벨을 측정하기 위한 최선의 방법은 그곳에 가서 물리적으로 측정하는 것이다. 그러나 그곳에서 보내는 시간에 실질적인 대표 소리레벨을 얻을 수는 없다(즉, 일요일 오후 2:00에는 가지 말라). 또한 사실적인 측정을 포함하는 것은 불가능할 것이다(계획 도로에서의 영향력을 평가할 때). 따라서 분명한 것은 교통 소음을 예측, 평균하는 방법들이 필요하다는 것이다.

Estimating Noise Levels- $L_{10}(18hr)$ -18시간동안 L_{10} 값의 측정

L_{10} (교통 소음 레벨)은 일정 시간의 10%동안 초과한 소리의 레벨을 말한다(단위 dB(A)). L_{10} 레벨을 측정하기 위해서는 매 5초정도의 일정간격을 두고 기록해야 한다. 이 교통소음 레벨은 분포 곡선 형태의 주파수 분포 그래프를 보여준다. L_{10} 은 그래프가 떨어지는 부분에서 90%아래 dB(A)측에서 찾을 수 있다.



[그림1] 소음 레벨의 시간적 분포

평가 지수로 가장 많이 사용하는 레벨인 $L_{10}(18hr)$ 은 주중에 6:00시부터 24:00시 사이에 매 한 시간 간격으로 18시간동안 측정한 간단한 산술평균값이다.

Estimating Vehicle Noise Levels(자동차 소음의 측정)

음원으로 교통소음을 사용할 때 사용하는 방법은 길가에서 10m떨어진 곳에서 측정되는 레벨 값을 예측하는 것에서부터 시작한다. 우선 교통에 의해 발행하는 소음 레벨의 예측에 서의 주요 요소들을 고려한다.

Number of vehicles per hour(시간당 자동차 대수)

자동차의 도로 점유율을 알게 되면 도로변에서 10m떨어진 곳에서의 소음레벨은 다음으로 부터 추정할 수 있다.

$$L_{10}(18hr) = 28.1 + 10\log Q \text{ dB(A)}$$

or

$$L_{10}(1hr) = 41.2 + 10 \log q \text{ dB(A)}$$

Q : 6:00부터 24:00까지 총 차량 대수

q : 한시간당 차량 대수

Vehicle Speeds and Size(자동차의 속도와 크기)

위에 언급된 일반적인 소리 레벨은 대형 자동차(대개 B와 C로 구분하지만 짐을 내린 상태에서 1525kg이상의 대형 자동차의 경우 한 개체로 여긴다.)뿐만 아니라 도로를 사용하는 자동차의 평균 속도에 맞춰 수정해야 한다. 자동차가 빠르게 달릴수록 공기의 흐름을 통과 하는 타이어에서 생성되는 소음도 커진다. 또한 유사하게 대형 자동차는 경량의 자동차에 비해 높은 소리레벨을 낸다. 따라서 대형 자동차의 도로 점유 비율을 알아야 한다. 그 보정은 다음에 의하여 이루어진다.

$$C_{usagy} = 33\log(v + 40 + (500/v)) + 10\log(1 + (5p/v)) - 68.8\text{dB(A)}$$

v = 평균 속도(km/h)

p = percentage of heavy vehicles(0 - 100%)

Typr of Road	Speed/Size	Use
Rural road	110km/h	108
Urban Freeway(고속도로)	속도 제한 90km/h	92
Urban Highway(간선도로)	속도 제한 70km/h	65
Urban Street	Dual Carriageway	60
Urban Street	Single Carriageway	55
Urban Street	Single Congested	50

The Gradient of the Road (길의 경사도)

가파른 경사를 올라갈 때 엔진은 더 힘들게 작동한다. 그러므로 도로의 경사도 역시 고려해야만 하는 요소이다. 만일 도로에 따른 평균속도를 사용하면 그에 대한 보정은 다음과 같다.

$$C_g = 0.3G$$

G = 경사도

도로의 설계속도를 사용할 때

$$C_g = 0.2G$$

The Road Condition(도로의 상태)

보통의 자갈로 된 도로 등의 상황에서 보정은 필요하지 않다. 그러나 5mm폭 이상의 흙이 파인 고르지 못한 콘크리트 도로에서는 다음과 같은 보정이 필요하다.

$$C_{cond} = 4 - 0.03p$$

p = 대형 차량의 비율

The Inverse Square Law and Ground Cover(역제곱 법칙과 지표면)

단순히 평평하기만 한 지면은 흔하지 않으며 극히 드물게 직선의 평탄한 길을 볼 수 있다. 그러나 방음벽, 식재, 언덕 등의 효과는 개별적으로 고려되기 때문에 가장 적합한 방법은 지표면의 효과를 고려하여 사용해야 한다. 이 효과들은 길 모서리에서부터의 거리와 관측자의 높이를 계산에 넣는다. d가 도로와 수음자 사이의 수평 거리이고 h가 수음자의 키라고 하면 음원과 수음자간의 총 거리는 $d_{total} = ((d + 3.5)^2 + (h - 0.5)^2)^{1/2}$ 이고, 이 때 hard-ground에 대한 보정은 다음과 같다.

$$C_{hard} = -10\log(d_{total} / 13.5)dB(A)$$

음원이 지상 0.5m, 길가로부터의 거리가 3.5m떨어진 곳에 있다고 가정하자. 사이에 있는 땅이 soft-ground나 잔디밭 또는 $1 < h < (d + 3.5)/3$ 이라면, 보정은 다음과 같다.

$$C_{soft} = -10\log(d_{total}/13.5) + 5.2\log(3h/(d + 3.5))dB(A)$$

NOTE : 선 음원이 도달하는 과정에서 방음벽에 의해 차폐현상이 발생 할 때마다 hard-ground에 대한 보정을 해야 한다. 잔디밭에서의 공식은 hard-ground에서의 상황을 바탕으로 간단하게 보정을 한 것이며 방음벽 효과(Barrier effect)를 포함하면 앞의 결과는 무효가 된다. 사이에 있는 땅이 잔디밭과 hard-ground, 방음벽이 없는 땅으로 섞여있다면 보정은 그 중 우세한 땅의 특성에 부합하는 것으로 적용한다.

Simple Barriers(간단한 방음벽)

앞서 언급했듯이 방음벽의 효과는 소리의 주파수, 그리고 음원과 수음자 간의 경로(a + b - c)에 따라 다르다. 교통 소음은 복잡하고 또한 10m 지점에서 dB(A)값으로 측정되었기 때문에 각각의 주파수 밴드에 따른 보정 보다 모든 보정을 유도하는 방법을 사용할 수 있다. 이것은 계수 표와 다음의 공식을 이용한다.

$$C_{barrier} = \sum(A_n x_n)dB(A)$$

$$x = \log(a + b - c)$$

A₀, A₁,...,A_n은 다음과 같다.

coefficient	Shadow Zone	Illuminated Zone
A0	-15.4	0.0
A1	-8.26	+ 0.109
A2	-2.787	-0.815
A3	-0.831	+ 0.479
A4	-0.198	+ 0.3284
A5	+ 0.15390	+ 0.04385
A6	+ 0.12248	-
A7	+ 0.02175	-

NOTE : 방음벽은 음원과 수음지점사이의 시야를 가리지 않더라도 효력을 발휘할 수 있다. 이것은 'illuminated zone'이라 불리며(shadow zone¹⁾의 반대 의미로서) 수음 지점이 방음벽의 최상단을 넘어 음원을 볼 수 있도록 하는 약한 차폐에 대한 보정을 평가하는데 사용한다.

Problems with Low Barriers(낮은 방음벽의 문제점)

낮은 형태의 방음벽 효과는 때로 soft-ground의 사용에 의한 효과보다 적게 나타나는 경우가 있다. 이는 twin beams metal crash 방음벽의 경우이다. crash 방음벽을 사용하고 soft-ground인 상태의 경우 소음레벨은 방음벽을 무시하고 잔디밭의 경우로 계산해야 하며 혹은 hard-ground의 보정과 방음벽의 경우를 함께 사용한다. 결과는 그중 가장 낮은 값을 사용한다.

Embankments and Elevated Roads(제방과 고가도로)

도로에서 수음 지점까지 건물이나 언덕이 가리게 된다면 같은 높이와 위치에 상응하는 방음벽을 고려해야만 한다. 다이어그램 1은 사용된 방법들을 보여주고 있다. 기본적으로 방음벽의 최상단을 향한 음원에 접한 선과 수음점에 접한 선이 교차하는 점에서 얇은 방음벽은 넓은 방음벽에 가깝게 위치한다.

NOTE : 각각 다른 높이의 multiple 방음벽은 도로에서부터 수음자를 차단한다. 이들은 각각 따로 계산하여야 하며 가장 낮은 소음레벨의 보정 결과를 사용한다.

Reflections(반사음)

교정이 줄어들수록 수직 표면에서의 반사에 의한 소리의 분리를 위해 대안을 마련해야 한다. 따라서 대부분의 상황에서 아래 상술되는 것과 같이 추가적인 보정을 해야 한다.

- 수음자가 건물 정면에서 1m이내에 있다면 소음 레벨은 2.5dB(A) 증가한다.

1) shadow zone : 소리의 속도, 분포 등 매질의 특성에 따라 음파가 도달하지 않는 공간이 발생하는데 바람이 불거나 매질의 특성에 따라서 음파가 전달되지 않는 지역을 그림자 영역이라 한다.

- 도로의 아래쪽에서 측정한 소음 레벨은 인접한 건물에서의 반사에 의해 2.5dB(A) 증가한다.
- 면 도로에서의 반사 표면은 소음 레벨을 1dB(A)증가시킨다.

Complex Situations

Corrections for the Angle of View(시야의 각도에 따른 보정)

많은 경우에 도로에서의 시야의 각도는 여러 가지 다른 윤곽의 범위를 포함한다(예를 들어 도로의 굴곡이라든지, 교차로, 짧은 방음벽 등). 이를 조절하기 위해서는 시야의 모든 영역을 일정한 전달 상태를 가진 여러 개의 구획으로 나뉘어야 한다. 모든 영역에서의 소리레벨은 각각의 구획을 180°의 각도를 차지하는 것으로 가정하여 알아낼 수 있다. 뒤따르는 보정은 각각의 구획에서 적용된다.

$$C_v = 10 \log(f/180)$$

f = degree에서의 실질적인 시야

NOTE : 각각의 구획에서 도로는 항상 시야를 따라 곧장 나 있으며 다른 구획으로부터의 거리는 연장된 도로에 수직하는 거리로 잰다.

A Regularly Spaced Series of Barriers(일정 간격의 방음벽)

일정 간격으로 난 방음벽에 의해 도로가 부분적으로 막힌 상황에서는 위의 이론을 적용하기보다는 두 가지종류의 구획을 사용하는 것이 가능하다. 하나는 그 틈새와 막힌 영역을 모두 다룬다. 이 방법을 사용하려면 틈의 평균적인 너비 b 와 건물의 평균길이 B 를 알아야 한다. 만일 $Z = (B/(B+b))$ 라면 다음과 같은 두 가지의 차폐각을 사용할 수 있다.

$$f_{gaps} = 180 \times Z$$

$$f_{bldgs} = 180 \times (1-Z)$$

Widely separated dual-carriageways (넓게 분리된 고속도로)

두개의 따로 떨어진 도로고 취급하고 결과를 조합한다.

Multiple sources(다중 음원)

역시 각각의 음원과 도로를 분리하여 취급하고 결과를 조합한다.