한국소음진동공학회 2001년도 춘계학술대회논문집, pp. 1045~1049.

도로교통소음 예측식의 개발

Development of a Simulation Software of Traffic Noise

이 장 명* · 장동주 · 최정순***

Chang-Myung Lee, Dong-ju Chang and Jung-Soon Choi

ABSTRACT

Before building houses or apartments, we need to predict noise propagation to eliminate possible noise problems to residents. However, we do not try to predict noise propagation during estimation of noise effect for the developing area since we did not have a good mathematical model to predict noise level due to a traffic noise. In this article, an adequate mathematical model has been developed and proved to predict noise effect to living area due to a traffic noise.

1. 서론

소음을 예측 할 수 있는 방법으로는 통계적인 방법, 수학적인 방법, 그리고 실험적인 방법이 있으며, 전세계적으로 그 나라의 실정에 맞는 도로소음 예측법을 제시하여 사용하고 있다.

우리나라의 국립환경연구원에서도 현장조사를 통한 소음영향인자의 상관성을 분석하여 도로 소음 예측모델을 제시하였으나, 이 경우는 일직선의 도로같은 경우에만 사용이 가능하고 보정치가 지나치게 많아 사용에 불편성이 있다. 또한 차량 자체의 특성을 무시하여 사후 발전할 수 있는 문제에 대하여 간과할 수도 있다.

따라서 도로의 교통량과 속도를 통한 소음도를 예측할 수 있는 수학적 모델에 대한 고찰을 통하여 도로소음을 예측할 수 있는 모델을 제시하고자 한다.

*정회원, 울산대학교 공과대학 자동차공학과

**울산대학교 대학원 자동차공학과

*** 현대자동차 (주)

2. 음원의 모델링

도로교통소음을 분석할 때 연속 선음원으로 보는 경우가 대부분이나, 실제로 보았을 때 고속도로와 같이 끊임없이 차가 다니는 경우를 제외하면, 도로교통소음을 선음원으로 보기에는 무리가 있다. 차가 도로에 배치되어 있는 형상을 본다면 도로교통소음은 불연속적인 점음원으로 배치되어 있다고 보는 것이 가장 유사한 형태의 모델링 방법이 된다. 여기서는 기본적인 음원의 모델링 방법과 실제 도로교통소음의 예측에 쓰이는 기본적인 환경인자의 영향에 대하여 소개하였다.

2.1 점음원 모델

소음의 크기에 비해 수음자가 음원으로부터 멀리 떨어져 있는 경우 소음원을 하나의 점에 위치하여 있다고 볼 수 있으며 이를 점음원이라 한다.

2.2 선음원 모델

여러개의 무지향성 점음원이 연속적인 직선으로 분포되어 있다고 본다면 그 음원은 선음원으로 가

정할 수 있으며, 선음원의 경우 수음점의 위치에서의 음압은 아래와 같이 나타낼 수 있다. 무한 선음원의 거리감쇠의 특성은 D가 2배로 될 때마다 음압레벨이 6[dB]씩 감쇠하며, 일반적으로 길이가 l인 선음원의 경우 수직거리 D가 l/π 이상이 되는 지점부터 그 음원을 점음원으로 근사할 수 있다.

2.3 불연속 점음원

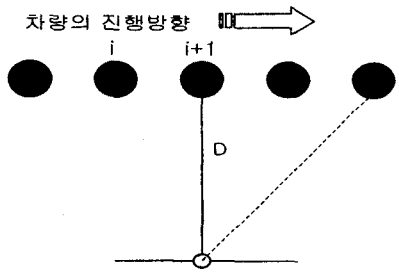
대부분의 소음예측모델에서 도로교통소음을 유한선음원으로 가정하지만, 엄밀히 보면 불연속 점음원으로 보아야 한다. 주행차량 한 대를 하나의 점음원으로 본다면 도로 상을 일직선 형태로 주행하는 차량의 집합은 등간격, 또는 불균일간격으로 나열되어 있는 불연속 점음원으로 볼 수 있다.

3. 도로교통소음 예측식의 개발

도로교통소음의 경우 선음원으로 가정하여 소음치를 예측하는 경우가 많으나 도로단에 차가 배열되어 있는 형상을 본다면 불연속 점음원의 모델로 보아야 타당하다. 그러나 점음원 합성을 위한 차량의 음원을 모델링하는 경우에 있어서 특정 위치의 배열을 통한 점음원의 합성방법을 사용할 경우에 차량의 위치 배열에 따라서 소음도의 크기가 달라질 수 있다.

즉 각각의 차량을 하나의 점음원으로 보고 각 위치에서 음을 합성하면 차량의 밀도가 많을 경우나 또는 차량의 위치로부터 멀리 떨어져 있는 경우에는 합성방법에 의한 소음의 크기 차이가 별로 없으나, 차량의 밀도가 작거나 수음점의 위치와 소음원의 위치가 가까이 있는 경우에는 소음도의 차이가 다소 나는 것으로 볼 수 있다[8]

따라서 여기서는 차량 한 대가 정속 주행을 한다는 가정 하에서 아래와 같은 방향으로 차량이 움직일 때의 음원을 연속적으로 받아서 등가소음도 값으로 바꾸어서 나타내는 방법을 사용하였다.



<Fig.1> 차량 한 대의 음압의 영향

즉 차량 한 대의 음원의 크기를 하나의 점음원으로 보고 차량 한 대가 i번 위치에서 수음점에 도달하는 음압을 SPL_i라고 하면, 점음원의 $I=W_p/4\pi r^2$을 이용하여 아래와 같은 식으로 차량의 위치에 따른 음압값을 나타낼 수 있다.

$$SPL_i = PWL - 20\times \log_{10} D - 10\times \log 4\frac{\pi}{Q} \qquad (1)$$

단 , PWL: 차량 한 대의 음압,

T: 단위 시간당 차량의 이동거리

D: 차량으로 부터 수음점 까지의 거리

($D^2=R^2+(i\times T)^2$)

Q : 2

(R:측정차선의 중심에서 수음점까지의 거리)

각각의 위치로부터 받은 음압값을 차량 한 대가 도로변을 지나면서 수음점에 도달하는 음압값인 L_{eq} 값으로 계산하여 나타내면 L_{eq} 의 계산방법을 이용하여 아래와 같은 식으로 차량 한 대가 수음점에 미치는 등가소음의 크기를 나타낼 수 있다.

$$SPL_{eq} = 10\times \log_{10}[\frac{1}{n}\sum_{i=0}^{n} 10^{\frac{SPL_i}{10}}] \qquad (2)$$

단 여기서,

SPL_{eq} : 차량한대의 등가 소음도

n : 차량 한 대가 단위 길이의 도로를 지나갈 때 샘플링 되는 데이터 수 (유한한 값)

일반적으로 차량 한 대에서 나오는 음향파워의 값

은 차종에 따라 다르므로 대형차와 소형차의 비율로 나누어서 나타낸다면 아래와 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$SPL_1 = 10 \times \log_{10}[\ 10^{\frac{SPL_b}{10}} + 10^{\frac{SPL_s}{10}}\ ] \qquad (3)$$

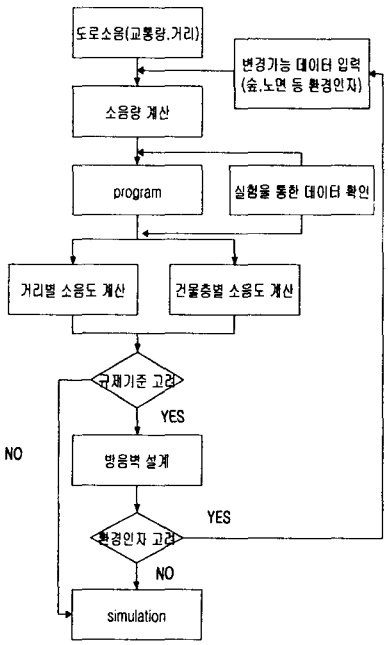
단, 여기서

SPL_b : 대형차의 음압의 합

SPL_s : 소형차의 음압의 합

SPL_1 :1차선에서의 수음점에 미치는 차량의 음압의 합

3.1 도로교통소음 예측의 알고리즘



<Fig.2> 도로소음예측의 알고리즘

3.2 도로교통소음예측식의 적용

① 소음량 계산

도로교통 소음 예측식은 교통량과 속도를 입력받아서 불연속 점음원으로 모델링하여 계산을 취하였다. 소음측정의 샘플링 데이터 수는 도로교통소음 측정에 사용하는 소음계의 빠른 동특성 <FAST>인 0.25초 간격으로 하였고, 식(3)를 이용하여 도로교통소음을 계산하였다.

② 단위차량의 음압

차량 한 대의 음압은 각각의 차량에 대하여 일정한 음압을 측정하는 것을 원칙으로 하며, 여기서는 1988년 환경연구원에서 측정한 데이터를 사용하여 그 값을 넣어주었다.

4. 실험식과 예측식의 비교

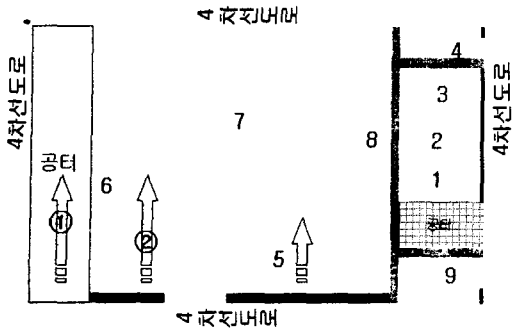
도로교통소음의 전파현상을 파악하기 위하여 도로변 주변 지역 중 방음벽이나 건물에 의해 소음의 회절효과가 있는 지점과 도로교통소음이 수음점으로 직접 전달되는 지점 및 건물층별 측정을 위한 아파트등 네 곳의 장소를 골라 실제 실험을 하여, 실험과 예측결과를 비교하였다.

사용한 지시소음계는 RION사의 NA-27 (PRECISION SOUND LEVELMETER 1/3 OCTAVE BAND ANALYZER)이고 소음계의 동특성은 'FAST'반응으로 고정하였으며 청감보정회로는 A특성에 의해 보정된 측정치를 사용하였다.

교통량을 측정하는 방법은 일정시간동안 차량의 수를 세어 1시간 동안의 차량대수로 보정하여 계산을 하였으며 차량 속도는 일반적으로 달리는 차량과 함께 속도를 맞추어서 달리는 방법으로 측정하였다. 낮시간은 도로교통소음에 영향을 주는 암소음의 영향이 많기 때문에 측정시간은 저녁 시간을 택하여 행하였다.

4.1 측정지역의 개략도 및 측정 방법

지역 ①,②의 측정지점은 울산역 주변지역의 세양청구단지에서 측정하였다.



<Fig.3> 측정지역의 개략도

① 토지기획지구(공터)에서 화살표방향으로 이동하며 10m의 이격거리를 주어 도로교통소음의 거리감쇠를 측정하였으며 측정결과는 <표4-1>와 같다.

② 가설 방음벽 시설이 설치되어 있는 지역 중 건물5와 6의 중간지점에서 화살표의 방향에 따른 이격거리를 변화시켜가며 도로교통소음을 측정하였으며 측정결과는 <표4-2>과 같다.

③ 아파트 건물의 층수와 방음벽의 위치의 변화에 따른 소음도를 시뮬레이션 하였다.

4.2 측정지역의 실험 결과

1) 직선경로의 도로소음 전파(측정지역①)

측정속도 : 60Km/h-70km/h

도로 : 1차선

지역: Free-Field 영역

수음점 거리 [m]	통행량 (1시간)		등가소음레벨[dB]	
	* 소형차	대형차	측정값	예측값
5	19(760)	3(120)	71.0	69.63
10	23(920)	5(200)	71.2	68.75
20	30(1200)	7(280)	67.2	67.10
25	28(1120)	5(200)	64.3	64.96

<표 4-1> 1차선 도로에서의 거리감쇠

교통량은 1분30초동안 측정하였으며 (1시간)은 1분30초 동안 측정한 교통량을 1시간의 차량대수로 환산하여 나타낸 값이다.

2) 방음벽을 통과한 소음의 전파지역

(측정지역②)

측정속도 : 60Km/h -70Km/h

도로 : 4차선

방음벽높이 : 0.33×17 = 5.61[m]

도로단에서방음벽까지의 수평거리: 3.5[m]

이격거리 [m] (**)	통행량[hr]		등가소음레벨[dB]	
	소형차 (*)	대형차	측정값	예측값
10(13.5)	30(1200)	2(80)	55.2	50.2
20(23.5)	30(1200)	6(240)	54.8	52.1
30(33.5)	23(920)	8(320)	53	48.6

<표 4-2> 방음벽 통과 후의 등가소음레벨

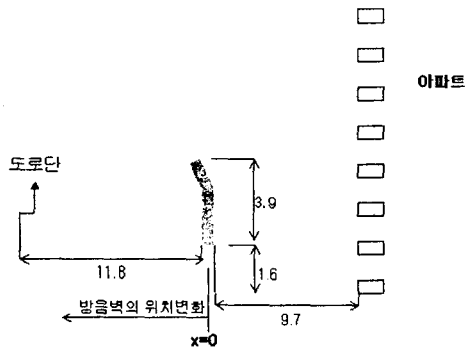
단(**) 는 도로단으로부터 수음점까지의 수평거리를 말한다.

(*) 는 1분30초동안 측정한 값을 1시간의 단위로 환산한 값을 말한다.

3) 건물층별 소음도 전파지역

<Fig.4>는 시뮬레이션을 통하여 방음벽의 위치를 변화 시켰을 때 소음의 분포를 알아보기 위해, 옥현. 주공아파트의 건물의 위치 및 방음벽과 도로와의 관계를 보여주고 있다.

x=0 이라는 곳이 현재 방음벽의 위치이다.

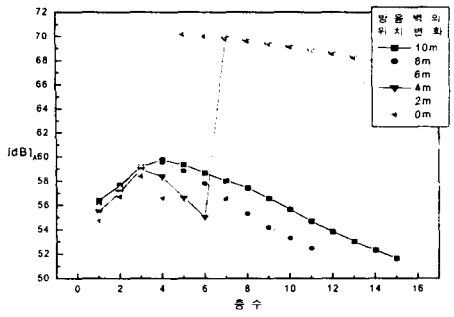


<Fig.4> 방음벽과 도로와의 관계

속도: 50km/h-55km/h

교통량: 대형차 1921대, 소형차 276대

도로: 8차선



<Fig.5> 방음벽의 높이가 3.9m 일 때

<Fig.5>는 아파트 층높이에 따르는 소음의 분포도를 나타내고 있다.

그래프의 각각의 색깔의 변화는 방음벽의 위치의 변화를 나타내고 있다.

보라색의 0 m는 현재의 방음벽의 위치를 말하고 있고, 방음벽을 도로쪽으로 2m간격으로 위치를 변화 시켰을 때의 소음의 크기를 말하고 있다.

4.3 실험결과의 분석

위의 4개의 실험값을 예측값과 비교하여 보았을 때 방음벽이 없는 경우 그 값의 오차의 범위가 2~4dB 정도로 신뢰할 수 있는 예측식으로 볼 수 있다.

그러나 방음벽이 있는 경우와 건물주위에 둘러쌓여 있는 경우 소음레벨이 어느 정도의 차이가 나는 것을 볼 수 있다. 방음벽의 경우는 방음벽 자체의 재료에 대한 Data Base의 확립을 통하여 실제 회절뿐만 아니라 흡음이나 투과현상을 고려 할 수 있다면 좀 더 실제 값에 근접하는 예측이 가능하리라 보며 건물에 둘러쌓여 있는 지역의 경우는 건물 자체 내의 반사등의 음의 전파에 대한 좀 더 많은 고찰이 필요하리라 본다.

5. 결론 및 향후 계획

본 연구에서는 도로소음을 수학적으로 예측하였고, 방법으로 원하는 곳에 직접적인 건물의 설계를 통하여 도로 소음도를 살펴보는데 용이하여, 앞으로 도시계획이나 기타 건설물의 설계시 미리 소음을 예측할 수 있어 쾌적한 공간의 확립에 도움이 되리라 본다.

그러나 이번 수식의 예측은 차량 한 대에서 나오는 음향 파워를 안다는 가정 하에서 나온 수학적 모델이므로 차량 자체에 대한 정확한 데이터 베이스가 없는 경우 정확한 값을 예측하기가 어렵다. 즉 기본적인 차량의 속도에 따른 음압값을 아는 것이 이 수식을 사용하여 정확한 값을 예측하는데 필요하다.

앞으로 계속적인 차량에 대한 데이터 베이스의 확립으로 계산을 하는 과정에서 좀 더 정확한 예측치를 나타낼 수 있다면 더욱더 효율적이고 실제 소음도 값에 근접하는 소음도를 예측 할 수 있으리라 본다.

참고문헌

(1) 한국소음진동공학회, 소음진동편람 pp168 ~ 173,1995

(2) 교학사, 기계진동·소음공학, pp207~213,1994

(3) 국립환경연구원, 도로교통소음 저감을 위한 종합대책에 관한 연구 I, 1987

(4) 국립환경 연구원, 도로교통소음 저감을위한 종합 대책에 관한연구III,pp81~85, 1989

(5) 동아대학교 대학원, 공동주택단지의 외부교통 소음 실태분석을 통한 소음도 측정기법 개발에 관한 연구,1996

(6) 대한주택공사 주택연구소,건설공사장 소음도 평가 및 예측기법 개발연구,pp18~20,1998

(7) 환경부,육상교통 소음제어 기술 방음벽 최적 설계기술 및 고성능 투명 방음벽 개발, pp248~250,1997

(8) 김평중, 단위차량의 합성에 의한 도로교통 소음예측방법, pp16~19.1991

(9) 서울대학교 환경대학원, 장애물의 효과를 고려한 점원소음 예측 모형의개발, pp37~421997