

소음지도를 이용한 도로교통소음의 평가와 개선방안에 관한 연구

Study on the Assessment of Road Traffic Noise
and Improvement Plan using Noise map

정재훈
경원대학교 GIS 연구센터
연구원
twodd@hanmail.net

유민환
경원대학교 도시계획학과
석사과정
deuxist7127@daum.net

김형철
경원대학교 도시계획학과
교수
hyungkim@kyungwon.ac.kr

목 차

I. 서론	IV. 개선방안
II. 이론적 고찰	1. 배치형태 변화에 따른 효과분석
1. 소음지도	2. 이격거리 증가에 따른 효과분석
2. 「SoundPLAN」	V. 결론
III. 소음지도를 이용한 도로교통소음의 평가	참고문헌
1. 실측 소음도와 예측 소음도의 비교	
2. 도로교통소음의 평가	

I. 서론

우리나라는 급속한 도시화와 인구의 밀집현상으로 소음을 포함한 공해문제는 이미 선진국에 도달해 있다고 해도 과언이 아니다. 특히 우리나라는 협소한 국토를 효율적으로 이용하기 위한 초고층 건축으로 인해 인구의 공간적 밀집이 두드러지게 나타나고 있다. 이로 인해 공해와 관련된 각종 사회 문제가 대두되고 가운데 최근 몇 년간 사회 전반에 걸쳐 심각한 문제가 되고 있는 것이 소음문제이다.

우리 생활주변의 소음으로는 도로교통소음, 항공기소음, 철도소음, 공장소음 등의 외부소음과 바닥충격음, 급배수소음, 경계소음 등의 내부소음이 있다. 특히 도심지 주거지역의 경우 차량의 급속한 증가와 24시간 지속적인 차량의 운행으로 인한 도로교통소음이 심각하게 대두

되고 있고, 소음·진동 관련 민원은 차량의 운행으로 인한 도로교통소음이 심각하게 대두되고 있는 실정으로, 소음·진동 관련 민원은 삶의 질 향상으로 정온한 생활환경에 대한 욕구 증가로 1996년부터 증가하고 있으며, 2004년은 2003년에 비해 13%증가한 29,576건 발생하였으며, 지난 5년 동안 4배 증가하는 등 민원이 지속적으로 증가하고 있는 것으로 조사되었다. 그리고 소음·진동민원 중 생활소음 민원이 95.5%, 공장소음 2.5%, 교통소음 1.5%순으로 나타났다¹⁾.

또한 도로교통소음은 현재 수동 자동 측정망을 이용한 소음도의 측정은 주간 4회 및 야간 2회의 각각 5분간의 측정을 통하여 소음도를 평가하는 것은 24시간 지속적으로 운행을 하는 지역의 도로교통소음의 평가방법은 비현실적이라 할 수 있다²⁾.

1) 환경부 2005년 보도자료

2) 고준희, 박수진, 장서일, 임재석, 이병찬, 「소음지도를 이용한 도시 교통 소음 평가방법에 관한 연구」, 한국소음진동 공학회 2006년 추계학술대회논문집

따라서 본 연구에서는 첫째, 현장 측정 소음도와 예측 소음도의 비교를 통한 예측 소음도의 정확성을 검토하고, 현장 측정 대상지에 대해 「SoundPLAN」을 이용하여 소음지도를 구축한 후 비교·분석을 한다. 둘째, 「SoundPLAN」을 사용하여 배치형태와 이격거리를 변화시켜 도로교통소음 개선방안을 제시하고자 한다.

II. 이론적 고찰

1. 소음지도

소음지도는 일반적으로 지역소음지도(Local noise map), 도로교통소음지도(Road traffic noise map), 철도소음지도(Rail noise map), 항공소음지도(Aircraft noise map)가 있으며, 지역소음지도를 제외한 나머지 소음지도는 운송수단에 따라서 제시된 지도이다. 지역소음지도는 어떤 지역의 측정된 소음을 바탕으로 현재 소음환경을 GIS를 이용하여 표현한 지도이다. 도로교통소음지도는 도로상에서 발생하는 소음도를 영향인자(교통량, 도로현황, 주위환경)와 수학식을 통해 예측된 결과 값을 이용하여 제작한 지도이다. 철도소음지도와 항공소음지도도 도로교통소음과 마찬가지로 각각의 영향인자와 예측식을 통해 제작된 지도이다.

소음지도는 1990년대에 유럽에서 각국의 소음저감을 위하여 정책적으로 제시되었으며, 2000년 이후, 유럽의회(EC)는 장기적인 소음정책의 발전을 위해서 EU Noise Expert Network를 신설하였으며, DIRECTIVE 2002/49/EC를 채택했다. 이로 인해 그동안 자국마다 독자적인 방법으로 제작되던 지도가 통합될 계획이며, 기존의 소음지도 외에 소음노출인구수 및 소음노출가구수를 산정하여 지도를 제작할 예정이다. 또한 미국은 공항주변의 소음도를 상시 측정하여 항공소음지도를 제작하여 일반인에게 공개하고 있으며, 우리나라도 이에 대한 연구가 이루어지고 있다³⁾.

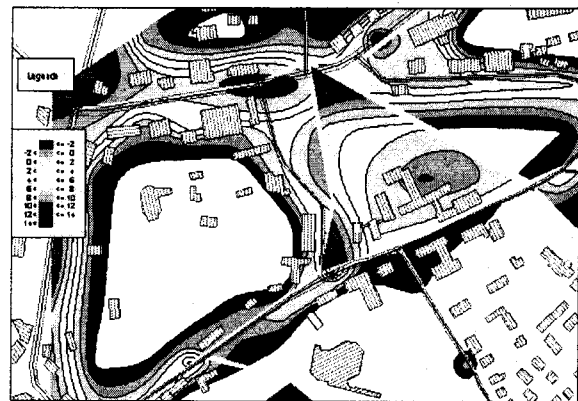
2. 「SoundPLAN」

대부분의 예측모델로 사용된 계산식은 매우 유사하다. 기본적으로 참고소음레벨은 일정한 거리의 표준 상태아래에서 한 대의 차량이 주행하여 발생하는 소음이며, 실험적으로 얻어진다. 그리고 일정한 식으로 구체화되어진다.

보정요소는 차량의 유형, 교통량, 평균속도, 거리, 도로포장타입, 지면흡수, 교차로, 장애물의 스크린 효과 등의 영향을 고려하여 사용한다. 이러한 요소는 모델마다 적용되어지는 값과 요소의 개수가 다양하다.

이런 예측모델들 중에서 소음 분포도는 소음지도 제작 프로그램인 「SoundPLAN 6.4」을 사용하여 분포도를 만들었다. 대상지역은 시흥시의 교통량에 관한 자료가 있는 도로를 대상으로 하였다. 도로교통소음의 계산식은 독일에서 사용되고 있는 RLS90/DIN18005를 이용하였다.

RLS90은 점음원 예측방법을 사용하며 음의 확산, 지표감쇠, 차음, 반사 등을 고려한다. 이 기준은 음원모델과 전달모델 두 가지로 나누어져 있고, 음원 모델인 경우는 교통자료와 도로에서 25m이격된 지점의 4m 높이에서 기준 소음도를 이용하며, 전달모델은 음원의 낮과 밤의 평균 소음레벨을 입력하여 수음점에서의 낮과 밤의 소음레벨을 계산한다. 그리고 소음레벨 계산 시에는 차량(시간당 통과차량의 수, 대형차량의 비율), 속도(소형, 대형), 도로표면, 도로의 구배, 자중반사보정의 자료가 필요하다.



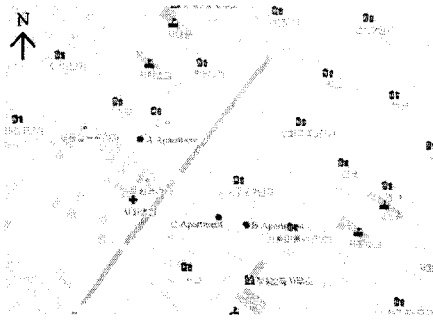
<그림 1> 「SoundPLAN」을 이용한 소음지도

3) 박인선, 「GIS를 이용한 환경소음지도 개발 연구」, 연세대, 2003

III. 소음지도를 이용한 도로교통소음의 평가

1. 실측 소음도와 예측 소음도의 비교

시흥시의 정왕대로변에 위치한 <그림 2>의 3지점에 대한 실측 소음도⁴⁾와 예측 소음도를 검증한 결과는 아래의 <표 1>와 같고, 각 측정 지점의 해당 도로단의 소음도를 기준으로 비교하였다.



<그림 2> 소음 측정지점

<표 1> 실측 소음도와 예측 소음도의 비교

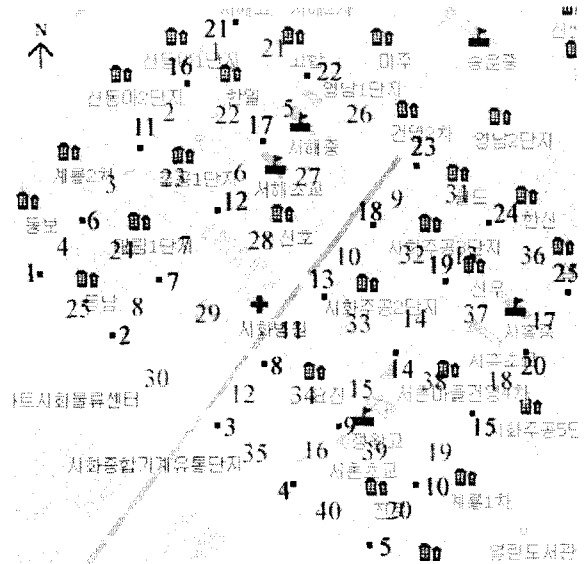
측정지점		실측 소음도	예측 소음도	차이
A	주간	72.8/73.8	75.2	-2.4/-1.4
	야간	69.6/70.2	68.9	0.7/1.3
B	주간	70.1/69.9	72.8	-2.7/-2.9
	야간	67.5/67.6	66.9	0.6/0.7
C	주간	69.0/69.2	71.9	-2.9/-2.7
	야간	65.4/65.1	67.2	-1.8/-2.1

실측 소음도와 예측 소음도를 비교한 결과, 실측 소음도에 대한 예측소음도의 차이는 최대 2.9dB, 최소 0.7dB의 오차를 나타내고 있다. 기존의 소음시뮬레이션 프로그램의 오차범위와 비교하였을 때, 「SoundPLAN」에 의한 예측 소음도는 실측소음도와 근사하다는 것이 검증되었다.

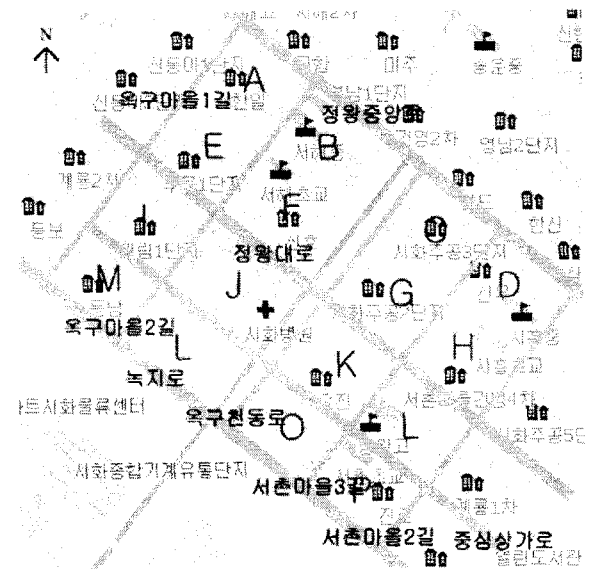
2. 도로교통소음의 평가

소음 지도를 이용하여 도로교통소음을 평가하기 위하여 분석 지역은 시흥시의 주거지역

중 다양한 형태의 방음시설과 주거지 주변의 도로망이 체계적으로 구축되어진 정왕대로변을 선택을 하였다. 교통량은 아래의 <그림 3>과 같이 각 블록의 교차로를 조사지점으로 하여 총 25곳의 교차점에서 교통량을 조사를 하였으며, 각 블록 구간별 교통량을 구하기 위하여 40개의 구간에 대한 교통량을 환산하였다. <그림 4>은 조사지역의 Key Map으로서 정왕대로와 주변의 도로를 중심으로 16개의 블록으로 나누어 구분하였다.



<그림 3> 교통량 조사지점(■:도로, ■:교차로)

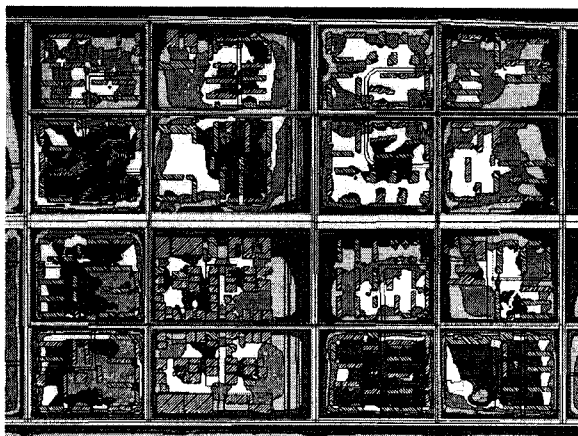


<그림 4> 조사지역 Key Map

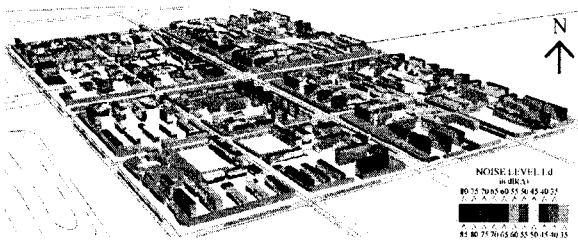
4) 김형철 외, 「방음벽의 역기능에 대한 대책방안에 관한 고찰」, 대한교통학회 추계학술대회, 2006

「SoundPLAN」을 이용한 소음지도 중 2차원적 평면을 나타내는 Grid Noise Map의 경우 지표면으로부터 높이가 1.5m의 평면상 공간의 소음 분포를 나타낸 것이다. 그리고 건물의 높이에 따른 수직적인 소음분포를 알아보기 위해 건물 표면에서 0.5m 떨어진 곳의 소음도를 나타내는 3D-Facade Noise Map를 만들었다. 이 소음지도는 건물의 벽면 반사를 고려하지 않았다. 소음도는 환경정책기준법의 평가방법에 따라 주·야간으로 구분하였다.

그리고 소음지도는 KS A ISO 1996-2에 의한 방법에 따라 RGB코드를 사용하여 5dB 간격으로 나누어 표시하였다.



<그림 5> Grid Noise Map(주간)



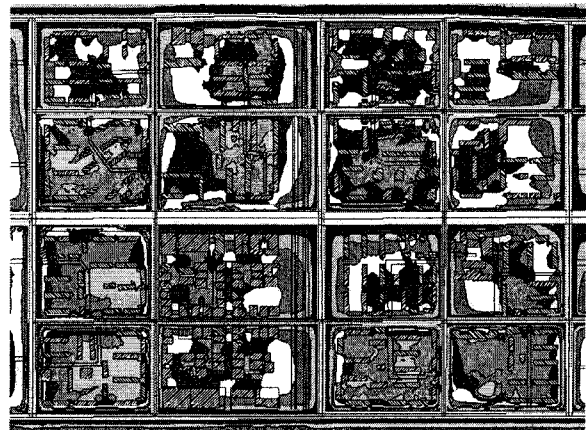
<그림 6> 3D-Facade Noise Map(주간)

먼저 <그림 5>을 살펴보면, 도로에 면한 지역 중 교통량이 많은 정왕대로와 녹지로, 정왕중앙로, 옥구천동로에 면한 주거지역이 다른 곳에 비해 다소 높은 소음레벨이 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러나 단지 내부는 대체로 환경정책기본법에 의한 소음기준(주간 65dB)을 만족하는 것으로 나타나고 있다.

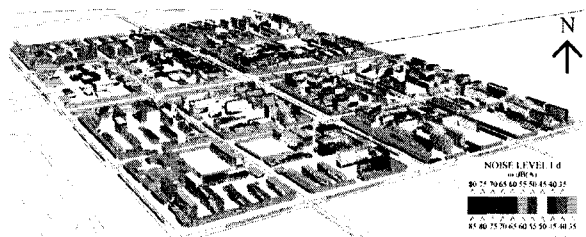
정왕대로변의 블록 중에서 방음시설이 설치

된 곳과 그렇지 못한 곳의 경우 5~10dB의 차이가 나타나고 있다. 그리고 방음림으로만 구성된 K블록의 C 아파트는 방음벽과 방음림으로 구성된 G블록의 B 아파트보다 도로에 면한 영역은 평균적으로 10dB이상 높게 나타나고 있다. 또한 방음벽이 설치된 주거지역의 경우 다른 주거지역에 비해 방음벽 뒤쪽으로 특히 낮게 나타나고 있으며, 단지 내부의 소음도 또한 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 도로교통에 의한 피해 지역은 주로 단지내부보다는 도로변에 면한 건물들임을 알 수 있다.

<그림 6>은 서촌마을2길, 정왕중앙로, 정왕대로의 면해 있는 건물의 전면부의 경우 대체적으로 60dB 이상으로 나타나고 있다. 그러나 전면부에 비해 후면부는 1~2단계 낮은 60~50dB으로 나타나고 있다. 그리고 정왕대로에 면한 J, K블록내의 직각배치 건물들도 60dB 이상으로 나타나고 있다. 또한 G블록내의 건물을 보면 저층부부터 단계적으로 소음레벨이 증가하는 것을 알 수 있다.



<그림 7> Grid Noise Map(야간)



<그림 8> 3D-Facade Noise Map(야간)

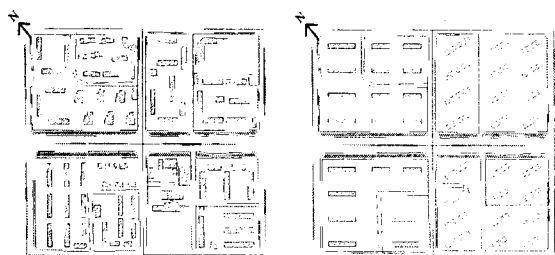
야간의 결과 <그림 7>를 살펴보면, 도로에 면한 지역 중 교통량이 많은 정왕대로와 녹지로, 정왕중앙로, 옥구천동로에 면한 주거지역이 다른 곳에 비해 다소 높은 소음도가 나타나고 있음을 알 수 있다. 그러나 단지 내부는 대체로 소음기준(야간 55dB)을 만족하는 것으로 나타나고 있다. 또한, 방음벽이 설치된 주거지역의 경우 다른 주거지역에 비해 방음벽 뒤쪽으로 특히 낮게 나타나고 있으며, 단지 내부의 소음도 역시 낮게 나타나는 것을 알 수 있다. 도로교통에 의한 피해 지역은 주로 단지내부보다는 도로변에 면한 건물들임을 알 수 있다.

<그림 8>의 결과는 정왕대로의 면해 있는 건물의 전면부의 경우 대체적으로 55dB 이상으로 나타나고 있다. 그러나 서촌마을2길과 직각으로 배치된 건물들은 교통량의 차이는 다소 있으나 도로로부터 떨어질수록 고층부에서 저층부로 내려올수록 소음레벨이 낮아지는 경향이 나타나고 있다.

IV. 개선방안

건물 배치와 이격거리에 따른 소음의 영향 및 소음저감방안을 알아보기 위해 <그림 4>의 G, H, K, L 블록을 선정하고 건물의 배치형태의 변화에 따른 소음도의 변화와 도로와의 이격거리 변화에 따른 소음도의 변화를 「SoundPLAN」을 활용하여 예측하여 보았다.

1. 배치형태의 변화에 따른 효과분석

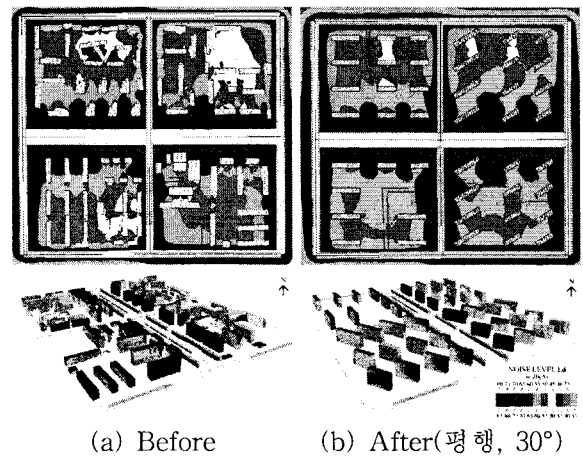


(a) Before (b) After(평행, 30°)

<그림 9> 건물의 배치 형태

건물의 배치형태에 따른 소음의 영향을 살펴

보기 위해 <그림 9>와 같이 실제배치와 단지내부의 배치를 도로면에 평행하는 배치와 도로면과의 각도가 30°를 이루게 변형시켜 배치를 하였다. 도로변에 설치된 방음벽의 경우 배제를 시켰으며, 정왕대로변의 완충녹지를 제외한 다른 부분의 녹지 또한 배제하였다.



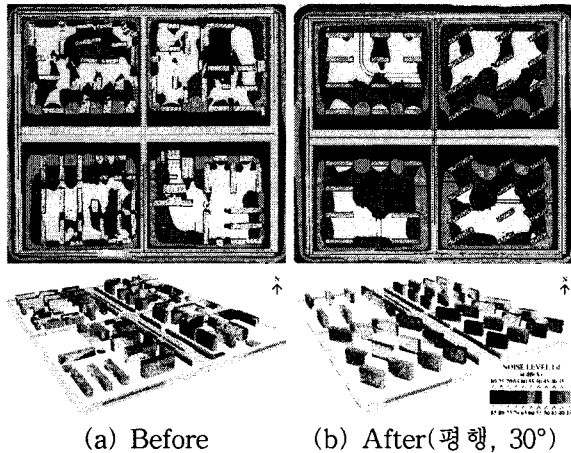
(a) Before (b) After(평행, 30°)

<그림 10> 건물의 배치 형태(주간)

주간의 결과 <그림 10>를 살펴보면, 도로변에서 발생하는 소음을 전면에서 받아들이는 평행배치가 소음을 차단하는 방음벽을 역할을 하여 후면에 위치한 블록 내부와 주거지역은 5~10dB정도 감소한 것을 알 수 있다. 도로면에 대해 직각배치 및 30°배치의 경우보다 평행배치 일 때의 소음차단 효과가 높게 나타나고 있으며, 블록내부로 진입하는 소음은 30°배치>직각배치>평행배치의 순서를 보이고 있다. 특히 30°배치의 경우 도로의 주행방향의 역방향 배치되어 있어서 도로교통소음을 블록내부의 진입하는 비율이 높게 나타나고, 소음 전파의 형태가 불규칙적으로 전파하는 것을 알 수 있다.

그리고 기존의 다양한 형태의 배치가 존재하는 변경 전의 결과가 변경 후의 결과보다는 폭넓은 레벨 폭을 나타내고 있다. 그러나 도로에 면한 부분을 제외한 부분에 대해서는 변경 전의 결과는 최소치가 45~40dB까지 나타나지만, 변경 후는 한 단계 높은 50~45dB으로 나타나고 있다. 변경 전·후 관계없이 도로에 면한 영역의 건물들은 70~65dB로 나타나고 있다. 그리고 도로에 면한 건물의 경우 도로쪽 방향과

반대쪽은 약5~10dB의 차이를 보이며, 도로의 진행방향측과 그 반대측도 동일한 경향이 나타나고 있다.



(a) Before (b) After(평행, 30°)
 <그림 11> 건물의 배치 형태(야간)

야간의 소음도 예측결과인 <그림 11>를 살펴보면, 주간과 비슷한 경향으로 나타나고 있다. 도로변에서 발생하는 소음을 전면에서 받아들이는 평행배치가 소음을 차단하는 방음벽을 역할을 하여 후면에 위치한 블록 내부와 주거지역은 최대 20dB 정도 감소한 것을 알 수 있다. 블록내부로 진입하는 소음은 주간과 비슷한 경향인 30°배치>직각배치>평행배치의 순으로 나타나고, 건물과 건물사이의 공간이 확장되면서 소음이 확장되는 것을 알 수 있다. 변경 후는 변경 전보다 일정한 경향을 나타내면서 소음레벨이 감소하는 것을 알 수 있다. 그 경향은 도로로부터 떨어질수록, 고층부로부터 저층부로 내려올수록 감소하는 경향이 두드러지게 나타나고 있다.

Grid Noise Map 상에서 소음기준을 초과하는 영역과 만족하는 영역은 <표 2>와 같다. 구분은 평행배치로 한 G, K블록과 30°배치로 한 H, L블록으로 나누었다.

소음기준을 초과하는 영역의 비율을 살펴보면, 주간의 경우 평행배치는 다소 소음이 저감하였으나, 30°배치는 반대로 소음초과 비율이 다소 증가 하였다. 그러나 야간은 평행배치는 변화가 거의 없으나, 30°배치는 약8% 정도 초과 비율이 증가하는 것으로 나타나고 있다. 그

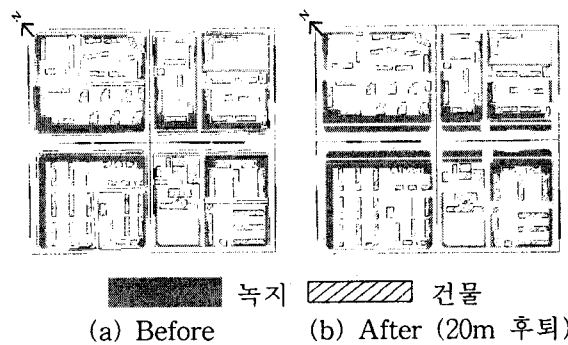
이유는 30°로 배치하면서 내부로 진입하는 소음이 증가하였기 때문이라고 생각된다.

<표 2> 기준치 초과 비율

구분	블록구분	초과	만족
주간	기존배치(G, K블록)	20.4%	79.6%
	평행배치	19.7%	80.3%
야간	기존배치(G, K블록)	33.9%	66.1%
	평행배치	33.7%	66.3%
주간	기존배치(H, L블록)	21.1%	78.9%
	30°배치	22.3%	77.7%
야간	기존배치(H, L블록)	33.0%	67.0%
	30°배치	39.8%	60.2%

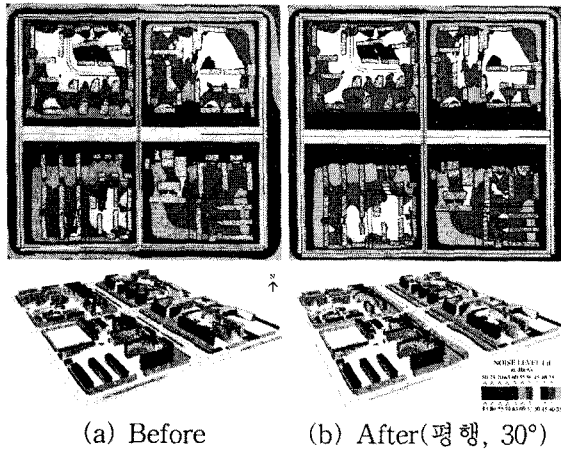
배치형태에 따른 영향을 살펴본 결과, 배치에 의한 도로교통소음 저감을 위해서는 도로와 평행한 건물을 배치하는 것이 블록 내부의 소음을 효율적으로 감쇠시키는 방법임을 알 수 있었다. 그러나 도로에 평행한 배치를 할 경우, 적절한 방음시설이나 이격거리의 확보가 필요할 것으로 생각된다.

2. 이격거리 증가에 따른 효과분석



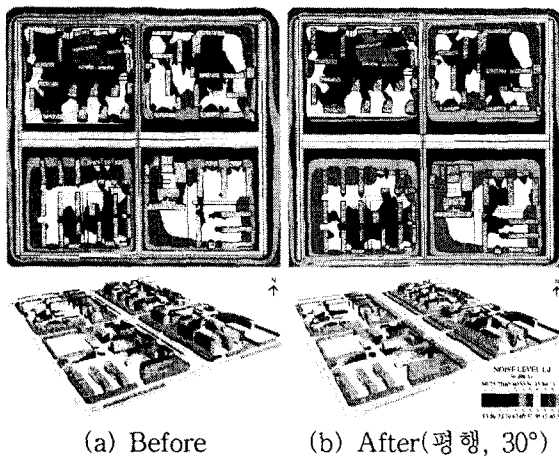
(a) Before (b) After (20m 후퇴)
 <그림 12> 이격거리에 따른 변화

이격거리의 변화에 따른 영향을 살펴보기 위해 <그림 12>과 같이 실제 배치를 그대로 사용하고, 단지를 도로단으로부터 20m 후퇴시켰다. 그리고 도로단과 주거지역 사이의 공간만 늘어난 형태로써, 이 공간은 수림대와 보도로 할애하였다. 완충녹지와 보도의 폭은 실제보다 2배 정도 증가한 조건이고, 완충녹지의 경우 밀도와 높이는 실제와 동일하게 적용하였다.



<그림 13> 이격거리에 따른 변화(주간)

이격거리의 변화에 따른 주간 결과의 결과는 <그림 13>과 같다. 소음은 거리가 증가하면 감소하는 특징을 가지고 있는데, 이 때문에 도로변으로부터 주거지역이 멀어짐에 따라 소음이 감소하는 현상이 나타나고 있고, 20m가 이격되면서 약 5dB정도 감소한 것을 알 수 있다. 또한, 정왕대로에 면한 건물의 저층부는 소음레벨이 한 단계 감소한 것으로 나타났다.



<그림 14> 이격거리에 따른 변화(야간)

이격거리의 변화에 따른 야간의 결과는 <그림 14>과 같다. 변경 전의 도로에 면한 영역의 경우 소음기준을 만족하지 못하였으나, 변경 후에는 만족하는 영역이 증가하는 것을 알 수 있다. 그리고 방음벽의 설치 유무에 따라 방음벽 후면의 소음도는 약 10dB이 감소되는 것으로 나타났다.

Grid Noise Map 상에서 소음기준을 초과하는 영역과 만족하는 영역은 아래의 <표 3>와 같다.

<표 3> 기준치 초과 비율

구분	소음기준	초과	만족
주간	Before(65dB)	17.9%	82.1%
	After(65dB)	19.1%	80.9%
야간	Before(55dB)	27.2%	72.8%
	After(55dB)	31.8%	62.8%

소음기준을 초과하는 영역의 비율을 살펴보면, 변경 전보다 변경 후가 다소 높게 나타나는데, 그 이유는 이격거리가 20m 증가하면서 전체면적이 약 7.9% 증가하였고, 이 부분이 전부 도로에 면한 보도와 완충녹지로 되어 있기 때문이다. 그리고 이격거리가 증가한 정왕대로변은 소음기준을 초과하는 주거영역이 전부 만족하는 영역으로 변화되는 것으로 나타났지만, 이격거리가 증가하지 않은 영역은 변경 전·후의 변화가 없는 것으로 나타나고 있다.

이격거리에 따른 영향을 살펴본 결과, 이격거리의 증가에 따라 도로교통소음의 저감효과가 있는 것으로 나타났지만, 고층부에는 그 영향이 미치지 않아서 여전히 소음기준을 초과하는 것으로 나타났다. 고층부에 대한 방안으로는 적절한 방음시설을 사용하여 소음을 차단한다면 소음기준을 만족할 것이라 생각된다.

III. 결론

도로교통소음의 특성을 고려하여 개선방안을 제시하기 위해서 시뮬레이션 프로그램인 「SoundPLAN」을 이용하여 현장측정과의 비교를 통한 유효성을 검증한 후 도로교통소음 개선방안으로 배치형태, 도로단으로부터의 이격거리의 변화 등을 고려하여 시뮬레이션을 해보았다. 그 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

「SoundPLAN」의 적용 가능성과 오차범위를 검증한 결과, 실측 소음도와 예측 소음도의

차이는 최대2.9dB, 최소0.7dB의 오차를 보이고 있어 「SoundPLAN」을 활용한 예측 소음도가 실측 소음도와 근사한 소음도임을 검증하였다.

정왕대로변의 소음지도를 작성한 결과, 방음벽의 종류는 다소 차이가 있으나 방음벽의 유무에 따라 5~10dB의 차이가 나타났고, 방음림만으로 구성된 경우보다는 방음벽과 방음림의 조합에 의해 구성된 영역이 소음레벨이 낮은 것으로 나타났다. 그리고 소음기준의 초과 비율은 주간보다는 야간의 초과 비율이 높게 나타났다.

배치형태의 변화에 따른 소음지도 작성결과, 도로변에서 발생하는 소음을 전면에서 받아들이는 평행배치가 소음을 차단하는 방음벽을 역할을 하여, 후면에 위치한 블록 내부의 소음레벨을 감소시키는 것으로 나타났고, 블록내부로 진입하는 소음레벨은 30°배치>직각배치>평행배치의 순으로 나타났다. 그리고 수직적으로는 변경 전·후 관계없이 도로에 면한 영역의 건물들은 70~65dB로 나타났다.

이격거리의 변화에 따른 소음지도의 결과, 소음레벨은 20m가 증가함에 따라 약 5dB 정도 감소하는 것으로 나타났다. 그리고 정왕대로에 면한 건물의 저층부가 변경후의 소음레벨이 변경전보다 한 단계 낮은 것으로 나타났다. 변경후의 소음기준 만족 비율이 증가한 것으로 나타났다.

간선도로변에 면한 고층주거건물의 소음예측 시뮬레이션 결과, 소음 환경기준을 초과하는 곳이 많이 나타났다. 따라서 고층주거용 건물이 점차 수도권으로 확산되고 있는 이 시점에, 고층건물 소음관리에 방음벽이 가지는 한계를 극복하기 위한 소음을 고려한 토지이용계획과 규제가 필요하다고 보며, 본 연구결과는 이의 방법개발과 적용에 있어서 매우 유용한 연구로 판단된다. 그리고 소음예측 모델링 후 그 결과에 따라 적절한 소음방지대책을 가상적으로 적용한 후 개선효과를 비교 검토한 후 사후계획에 반영할 수 있는 도시소음방지개선계획수립에 관한 연구가 필요하다고 사료된다.

후 기

본 연구는 시흥환경기술개발센터의 2006년 연구개발 사업과제의 일환으로 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

[참고 문헌]

1. 안전공학협회(2002), “소음·진동학”, 해문당
- 환경부 고시 제2003-221호, “소음·진동공정 시험방법”, 환경부
2. 고준희, 박수진, 장서일, 임재석, 이병찬, “소음지도를 이용한 도시 교통 소음 평가방법에 관한 연구”, 한국소음진동공학회 2006년 추계학술대회논문집
3. 박인선, “GIS를 이용한 환경소음지도 개발 연구”, 연세대, 2003
4. KS A ISO 1996-2 ; 음향-환경 소음의 표시 및 측정방법-제2부:적절한 토지 이용을 위한 음향데이터의 수집, 2002.12.23
5. 「SoundPLAN6.3」 매뉴얼
<http://www.soundplan.com/>
6. 이시원, “소음영향평가 개선을 위한 소음지도의 적용 방안”, 서울시립대, 2006
7. 오진우, “국내의 소음지도 제작과 활용에 관한 연구”, 서울시립대, 2005
8. B. Kotzen, “Environmental Noise Barriers”, Spon Press
9. Dietrich Schwela, “Urban Traffic Pollution”, Spon Press