

노이즈맵핑을 활용한 도로변 아파트단지의 세대외부소음 및 옥외지면소음 특성 분석

Analysis of Building Facade Noise and Ground Noise in a Roadside Apartment Complex through Noise Mapping

신혜경*·김명준†

Hye-Kyung Shin and Myung-Jun Kim

(Received January 27, 2015 ; Revised March 34, 2015 ; Accepted March 24, 2015)

Key Words : Road Traffic Noise(도로소음), Apartment Complex(아파트 단지), Noise Mapping(노이즈맵핑)

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the noise exposure of roadside apartment complex according to the characteristics of apartment complex. The facade noise level of residential buildings and the ground noise level inside apartment complexes were predicted and analyzed using noise mapping based on a computerized noise model. In addition, the correlation analysis between these noise levels and the characteristics of apartment complex such as traffic volume, building coverage, the number of adjacent roads, etc. was done in a total of 21 apartment complexes. The results showed that building facade noise level and ground noise level were positively correlated with traffic volume (correlation coefficient, $r=0.616\sim0.623$) and the number of adjacent roads ($r=0.340\sim0.496$). On the other hand, they were negatively correlated with building coverage ($r=-0.413\sim-0.477$) and complex area per the number of roads ($r=-0.478\sim-0.615$).

1. 서 론

1.1 연구배경 및 목적

급격한 도시화로 인해 우리나라 인구의 91.5 %가 도시계획 구역 내 거주하고 있고⁽¹⁾, 도시의 거주자가 높은 도로소음에 노출되는 사례가 증가하고 있다. 이에 환경부에서는 일정지역의 소음분포 등을 표시한 소음지도(noise map) 작성을 통해 적절한 소음관리를 유도하고 있다.

한편, 아파트는 우리나라의 전체 가구 중 47.1 %가 거주하고⁽²⁾ 있는 대표적인 주거 유형으로, 최근 아파트 단지 내 주차장 및 도로를 지하화함에 따라 옥외공간은 광장, 산책로, 녹지 등 공동생활공간으로 변모하고 있다. 이에 따라 거주자가 옥외공간에 머무르는 시간이 증가하면서 옥외공간에 대한 음향적 쾌적성에 대한 기대수준 또한 높아질 것으로 예상된다.

주거지의 소음을 다루고 있는 최근의 연구에서도 세대에서의 소음도 뿐만이 아니라 옥외공간 및 인근 지역의 소음도 또한 중요하게 분석하고 있다^(3,4).

† Corresponding Author ; Member, Department of Architectural Engineering, University of Seoul
E-mail : mjunkim@uos.ac.kr
Tel : +82-2-6490-5639, Fax : +82-2-2248-2749

* Member, Department of Architectural Engineering, The Graduate School of University of Seoul / Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology

A part of this paper was presented at the KSNVE 2014 Annual Spring and Autumn Conference

‡ Recommended by Editor Don Chool Lee

© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

Klæboe, R. et al.⁽⁵⁾은 주거지를 중심으로 하여 반경 75 m 이내의 영역을 대상으로 분석하였고, Lam, K.-C.⁽⁶⁾은 주거지 및 600 m 이내 인근지역의 소음도를 분석하였다. 이러한 주거지 주변의 소음도가 높을 경우 세대 내 거주자에게 어노이언스(annoyance)를 유발하고⁽⁷⁾, 반대로 주변의 소음도가 낮을 경우 심리적, 신체적으로 긍정적인 영향을 미친다고 연구되었다^(8,9).

도로와 인접한 아파트 단지에서 각 세대로 도달되는 소음도 뿐 아니라 공동생활공간으로 인식되고 있는 단지내 옥외공간의 정온성에 대해서도 점차 중요성이 높아지고 있음에도 불구하고, 현재 주거지의 도로소음기준(‘공동주택의 소음측정기준’, 국토교통부고시 제2013-34호)은 도로에 면하고 있는 주동(住棟)의 소음도만을 대상으로 평가하고 있다. 따라서 음환경적인 측면에서 환경친화적인 아파트 단지를 유도하기 위해서는 단지의 전반적인 정온성에 대해 적절하게 평가할 수 있는 방법이 모색되어야 한다.

이 연구에서는 보다 합리적인 아파트 단지의 음환경 평가방안 마련을 위한 기초단계의 연구로서, 최근에 계획·공급된 도로와 인접한 아파트 단지를 대상으로 노이즈맵핑(noise mapping)을 이용하여 소음도 실태 및 분포를 예측하고, 교통량, 도로수, 건폐율, 단지면적 등 단지 특성과 소음도와의 상관성을 정량적으로 분석·제시하였다.

1.2 연구내용 및 범위

이 연구에서는 최근 5년 이내 사업계획 승인신청을 한 아파트 단지 21개를 대상으로 연구를 수행하였다. 아파트 단지의 소음도는 노이즈맵핑을 사용



Fig. 1 Concept of facade noise area and ground noise area

하여 전 세대의 실외소음도(이하, ‘세대외부소음’ 및 ‘facade noise’라 함)와 단지 부지경계 내 주동을 제외한 전 영역의 소음도 (이하, ‘옥외지면소음’ 및 ‘ground noise’라 함)로 구분하여 인접 도로로부터 전달되는 소음도를 예측하였다. 또한 도로소음으로부터 정온한 환경을 조성하는 아파트단지의 특징을 파악하고자 단지과 인접한 도로수 및 교통량, 단지면적과 건폐율 등이 도로소음에 미치는 영향을 파악하고자 상관분석을 실시하였다.

Fig. 1은 세대외부소음과 옥외지면소음의 영역을 개념적으로 나타낸 것이다. 노이즈맵핑은 기본적으로 ‘공동주택 소음측정기준’에 따라 수행하였으며, 아파트단지의 도로소음의 주요인자인 교통량, 대형차 혼입률, 주행속도는 각 아파트단지의 사업계획 시 제시하고 있는 교통영향 보고서의 자료를 활용하였다.

2. 대상 아파트단지 및 소음평가

2.1 아파트단지 개요

선정된 총 21개 대상 아파트단지의 면적, 주동 및 세대수, 건폐율, 교통량 개요는 Table 1과 같다. 교

Table 1 Specifications of apartment complexes

Name of apartment complex	Area (m ²)	The no. of residential buildings	The no. of households	Building coverage (%)	Traffic volume (veh/h)
A	20,511	8	404	29.3	2,895
B	26,760	5	406	12.1	1,736
C	32,856	8	598	12.2	5,086
D	35,831	9	538	15.1	1,152
E	36,126	9	574	15.2	5,540
F	37,918	10	694	15.4	3,094
G	38,684	13	1,008	20.0	1,547
H	39,421	16	1,075	19.7	2,854
I	41,231	14	1,409	21.0	389
J	48,061	9	684	13.3	4,672
K	48,638	8	951	11.0	6,203
L	48,856	15	721	16.8	4,762
M	54,036	11	1,410	13.2	8,879
N	56,031	10	1,076	10.8	6,191
O	56,950	13	992	16.6	5,708
P	65,579	12	1,042	12.6	3,892
Q	79,636	14	980	8.4	1,557
R	81,987	19	2,179	14.7	3,524
S	85,991	20	1,392	13.8	3,492
T	97,112	31	1,940	13.2	3,381
U	149,174	32	3,000	15.9	4,341

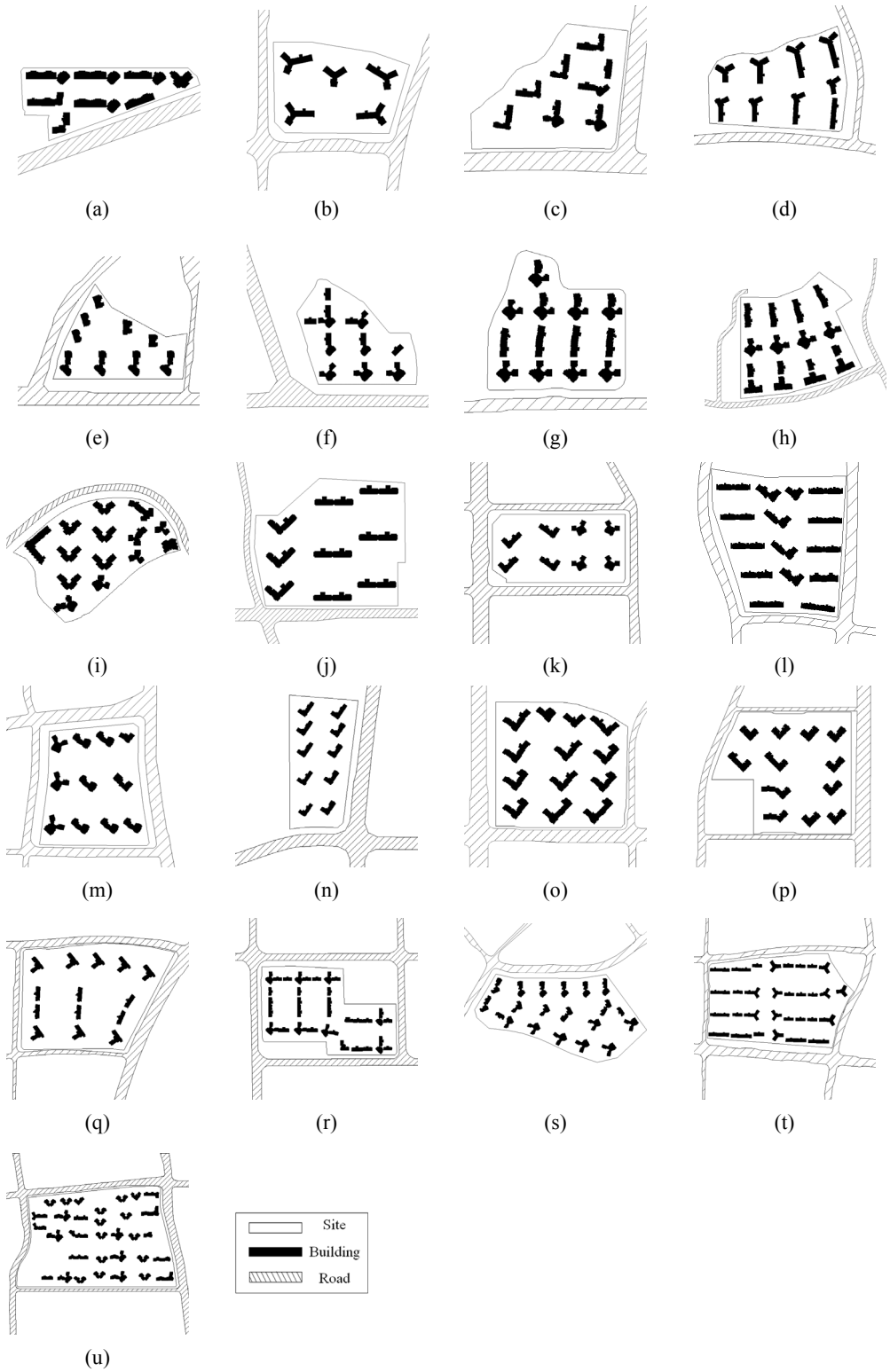


Fig. 2 Schematic site plans of 21 apartment complexes(no-scale)

통량은 아파트와 접한 도로의 교통량을 모두 포함한 단일 값으로 나타내었다. 전체적으로 23,073세대, 1,181,389 m² 면적을 대상으로 도로소음을 평가하였다.

Fig. 2는 21개 아파트 단지의 배치도로 주동, 부지경계선, 인접도로를 중심으로 나타내었다. 우리나라 아파트 단지는 같은 단지 내에서도 아파트 형태 및 배치가 다양하고, 아파트단지의 부지 형태 또한 다양하여 Silva, L. T.의 연구와⁽¹⁰⁾ 같이 아파트단지의 유형을 나누어 분석 및 적용하기에는 어려운 환경이다. 대상아파트 단지의 면적은 20,511~149,174 m²이고, 주동의 수는 5개동에서 32개동, 세대수는 404세대에서 3,000세대까지의 다양한 규모의 단지를 포함하여 선정하였다.

2.2 도로소음 예측 및 평가방법

아파트 단지의 도로소음을 예측하기 위하여 소음 예측 프로그램은 Sound PLAN, 도로소음 예측식은 RLS-90을 적용하였다⁽¹¹⁾. 시뮬레이션 입력조건은 ‘공동주택의 소음측정기준’과 ‘소음지도의 작성방법’(환경부고시 제2013-75호)을 준용하였다. 단지 경계면의 담장이나 방음시설물은 입력조건에서 제외하였다. 평가단위는 A가중등가소음도(L_{A,eq})이고 반사 횟수는 3회로 설정하였다.

세대외부소음은 아파트단지 내에 위치한 전체 세대의 각 위치에서 외벽면으로부터 도로방향으로 1.0 m 떨어지고, 각층의 바닥면으로부터 1.2 m 높이의 소음도를 외벽 소음지도(facade noise map)로 예측하였다. 옥외지면소음은 평면소음지도(grid noise map)를 이용하여 단지 내 지면으로부터 1.5 m 높이에서 25 m²(5 m×5 m) 격자를 설정하여 예측하였다. 옥외지면소음 분포를 정량화하기 위해 GIS (geographic information system) 프로그램인 ArcMap (ver. 10.2)을 추가로 활용하였다. 평면소음지도에서 단지 내 주동을 제외한 공간을 추출하고, 소음의 간격 및 등급을 설정하는 과정을 통하여 해당 소음면적을 산출하였다. 소음의 간격은 5 dB(A)로 설정하였다.

세대외부소음 평가 시 전체 세대의 외벽소음 평균, 분산과 65 dB(A)를 초과하는 세대수의 비율로 분석하였다. 65 dB(A)은 ‘주택건설기준 등에 관한 규정’에서 제시하고 있는 실외소음도 기준이자 ‘소음 환경기준’의 도로변 주거지역의 낮시간대 소음기

준이다.

옥외지면소음은 전체 면적의 소음도 평균 및 분산과 55 dB(A)을 초과하는 면적의 비율로 분석하였다. 55 dB(A)은 WHO에서 제시한 낮 시간대 실외 주거공간(outdoor living areas)을 이용하는 대다수의 사람들이 심각한 성가심(seriously annoyed)을 보이는 기준이다⁽¹²⁾.

아파트 단지 특성인 교통량, 건폐율, 도로 수, 단지 면적에 따른 도로소음을 분석하고자 세대외부소음분포 및 옥외지면소음분포를 대표하는 평균, 분산과의 상관분석을 실시하였다. 통계분석은 SPSS를 활용하였다.

3. 분석결과 및 고찰

3.1 소음도 분포 특징

전체 세대를 대상으로 파악된 세대외부소음에 대한 해당 소음의 세대비율 분포를 Fig. 3, 옥외지면소음에 대한 해당 소음의 면적비율 분포를 Fig. 4에 각각 나타내었다. 세대외부소음은 1 dB(A)을 간격으로 해당 소음도를 보이는 세대수를 산출하였고, 옥외지면소음은 5 dB(A)을 간격으로 해당소음도의 면적을 산출하여 분포를 나타냈다.

21개 아파트 단지의 도로소음분포를 대표하는 값으로 세대외부소음과 옥외지면소음의 평균, 분산, 기준초과비율을 Table 2에 나타내었다. 평균은 전체 세대 및 전체 면적의 소음도를 등가산술평균한 값이고 분산은 각 세대 및 면적의 소음분포가 평균소음도로부터 흩어져 있는 정도를 나타내는 지표이다. 예시로 Fig. 3의 M단지와 U단지의 분포를 보면, 분산이 작은 M단지(14.5)는 전 세대에서 비슷한 수준의 도로소음에 노출되어 있고, 분산이 큰 U단지(88.0)는 다양한 도로소음에 노출되어있음을 확인할 수 있다.

세대외부소음도와 옥외지면소음도 평균은 도로소음원이 같기 때문에 비례하는 양상을 보였고, 세대외부소음도 평균이 약 2.5 dB(A) 정도 더 크게 나타났다.

(1) 세대외부소음 분포

세대외부소음 평균은 가장 낮은 I단지 47.5 dB(A)에서 가장 높은 K단지 67.2 dB(A) 사이 값을 보이

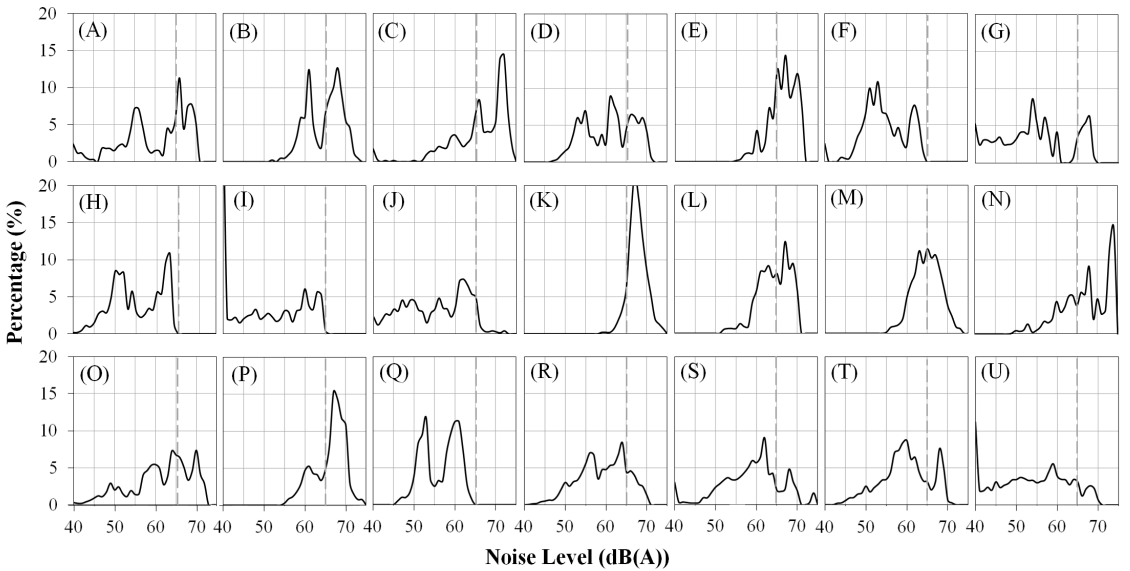


Fig. 3 Distribution of the number of households for facade noise level

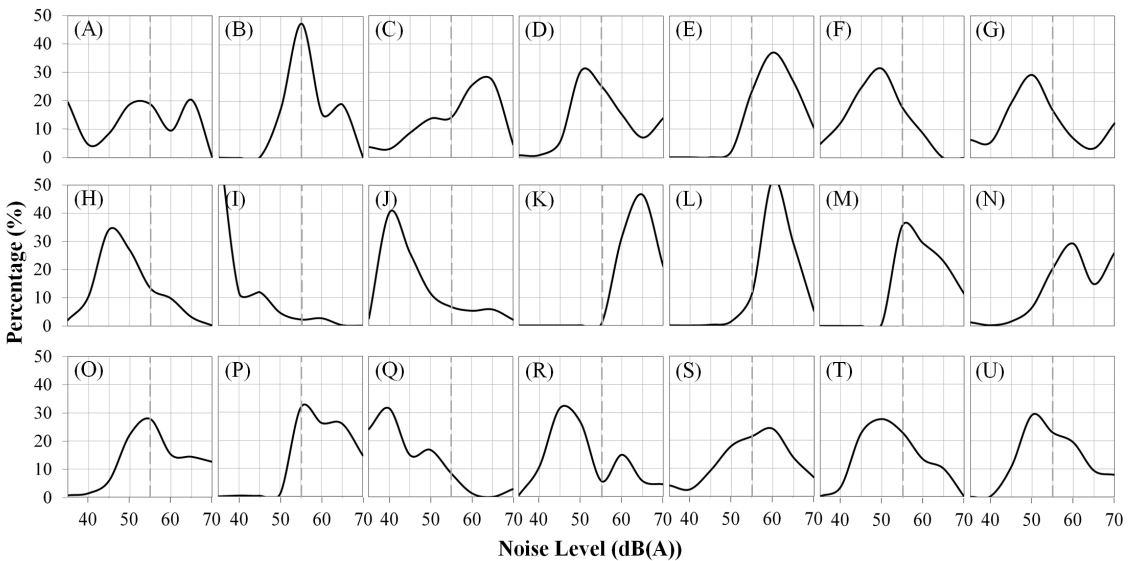


Fig. 4 Distribution of the exposed area for ground noise level

고 있다. 21개 단지 중 5개 단지(23.8%)의 평균 소음도가 65 dB(A)을 초과하고 있다. 모든 세대에서 65 dB(A)을 만족하는 단지는 4개 단지(19.0%)이다. 소음도 분산은 가장 작은 K단지 10.5에서 가장 큰 I단지 143.5사이로 분포하고 있다.

(2) 옥외지면소음 분포

옥외지면소음 평균은 가장 낮은 I단지 37.6 dB(A)

에서 가장 높은 K단지 67.2 dB(A) 사이 값을 보이고 있다. 21개 단지 중 14개 단지(66.7%)의 평균 소음도가 55 dB(A)을 초과하고 있다. 옥외지면소음은 도로에 인접한 영역 또한 대상으로 하고 있기 때문에 단지 전체영역이 55 dB(A)을 만족하는 단지는 없었다. 소음도 분산은 가장 작은 L단지 17.4에서 가장 큰 A단지 136.2사이로 다양하게 분포하고 있다.

Table 2 Description of facade noise and ground noise for apartment complex

Name of apartment complex	Facade noise			Ground noise		
	Average noise level(dB(A))	Ratio exceeds 65dB(A) (%)	Variance	Average noise level(dB(A))	Ratio exceeds 55dB(A) (%)	Variance
A	59.3	42.0	78.0	52.7	48.6	136.2
B	64.2	58.6	27.8	60.7	81.9	35.8
C	65.6	70.2	47.5	59.5	71.1	76.2
D	60.2	33.1	42.1	58.8	61.6	64.2
E	65.7	74.8	18.2	63.5	97.9	23.6
F	53.9	0.0	33.8	50.8	26.4	38.8
G	53.4	20.7	79.0	54.5	39.2	100.2
H	55.3	0.0	40.1	51.8	26.5	42.3
I	47.5	0.0	143.5	37.6	5.0	85.6
J	54.4	8.0	62.7	49.1	19.9	68.6
K	67.2	93.5	10.5	67.2	99.9	17.9
L	63.8	51.1	19.9	63.8	98.0	17.4
M	64.3	54.6	14.5	63.3	99.5	24.0
N	67.0	69.2	39.2	63.8	90.3	58.1
O	60.8	40.3	57.4	59.5	69.8	57.8
P	65.5	71.2	18.9	63.5	98.6	33.1
Q	55.8	0.0	22.1	55.4	12.6	40.2
R	58.6	19.5	36.2	53.6	30.6	69.6
S	59.2	24.2	77.4	58.1	66.1	77.6
T	59.0	21.8	36.2	55.3	46.1	49.7
U	52.8	12.0	88.0	58.1	59.5	52.6

Table 3 Pearson correlation coefficient between the characteristics of apartment complex and noise level

Pearson correlation	Facade noise level		Ground noise level	
	Average(dB(A))	Variance	Average(dB(A))	Variance
Traffic volume(veh/hr)	0.616**	-0.460*	0.623**	-0.422*
Building coverage(%)	-0.413	0.565**	-0.477*	0.653**
The no. of adjacent roads	0.340	-0.631**	0.496*	-0.720**
Area(m ²)	-0.221	0.109	0.071	-0.148
Area / the no. of roads (m ²)	-0.615**	0.808**	-0.478*	0.546*

* Significance at 0.05 level.

**Significance at 0.01 level.

3.2 단지 특성과 소음도와의 상관성 분석

단지와 인접한 도로수 및 교통량, 단지면적 및 건폐율 등 아파트단지 특징에 따른 세대외부소음과 옥외지면소음과의 상관분석을 실시하였다. 아파트 단지별 평균과 분산에 대해 상관계수(r) 및 유의확률을 산정한 결과는 Table 3과 같다.

대체로 옥외지면소음의 분산과 평균이 세대외부소음보다 강한 상관관계를 보이는데, 이는 주동의 층수가 일정 층 이상이 되면 도로소음에 대한 영향이 상대적으로 줄어들기 때문으로 판단된다.

(1) 교통량

교통량에 따른 세대외부소음과 옥외지면소음의 단지별 평균을 Fig. 5에 나타내었다. 단지 인접 도로의 전체 교통량과 세대외부소음 평균과의 상관계수는 0.616, 옥외지면소음 평균과는 0.623으로 다른 특징과 비교하여 평균 소음과 가장 큰 상관관계를 보였다. 교통량이 1,000대 증가하면 세대외부소음 평균은 1.7 dB(A), 옥외지면소음 평균은 2.0 dB(A) 이 증가하는 것으로 분석되었다.

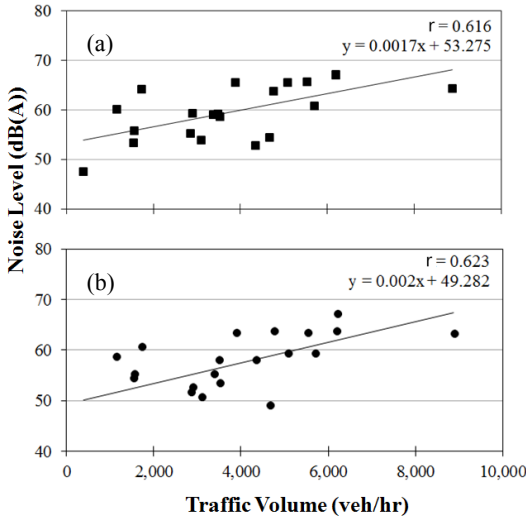


Fig. 5 Correlation between traffic volume and average noise level: a) facade noise b) ground noise

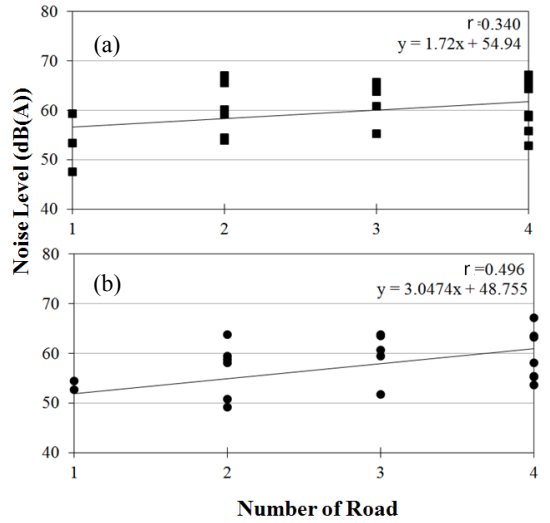


Fig. 7 Correlation between the number of roads and average noise level: a) facade noise b) ground noise

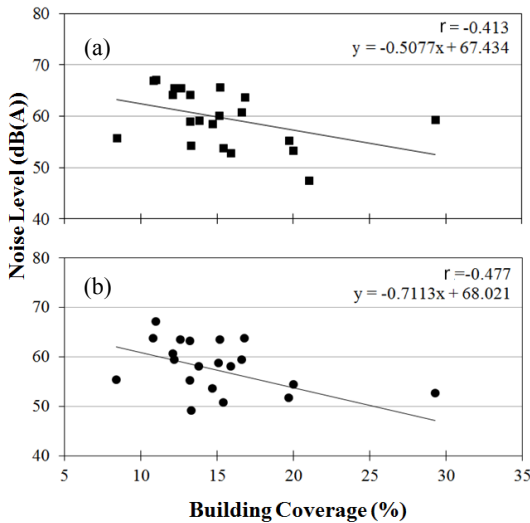


Fig. 6 Correlation between the building coverage and average noise level: a) facade noise b) ground noise

(2) 건폐율

건폐율은 대지면적에 대한 건축면적의 비율로, 이 논문에서는 아파트 단지 전체면적에 대한 주동이 차지하는 바닥면적 비율로 산정하였다.

세대외부소음 평균과는 -0.413 , 옥외지면소음 평균과는 -0.477 의 상관계수를 보였다. Fig. 6은 건폐율

에 따른 세대외부소음 및 옥외지면소음의 단지별 평균을 나타내었다. 통계적 유의성은 세대외부소음 평균에서만 나타났다. 건폐율에 따른 평균소음도가 음(-)의 상관관계를 보이는 것은 건폐율이 클수록 고층으로 이루어진 주동이 차지하는 면적이 커지게 되어 주동이 단지 내로 유입되는 도로소음 차단에 유효하게 작용하기 때문인 것으로 보인다. 이는 또 다른 지표인 분산으로도 확인할 수 있는데, 세대외부소음 분산과 건폐율은 0.565 , 옥외지면소음 분산과 0.653 의 상관계수를 보였다. 건폐율이 클수록 도로 인접영역의 소음도와 주동으로 인해 도로소음 유입이 차단된 영역의 소음도 차이가 커져 분산이 커지는 것으로 판단된다.

(3) 도로수

단지와 접한 도로수에 따른 세대외부소음 및 옥외지면소음의 단지별 평균을 분석하여 나타내면 Fig. 7과 같다. 도로수와 세대외부소음 및 옥외지면소음 평균과의 상관계수는 각각 0.340 , 0.496 로 분석되었다. 옥외지면소음 평균과 통계적 유의성을 보여 도로수는 옥외지면소음에 더 영향을 미치는 것으로 파악된다. 평균보다는 분산과 더 큰 상관계수를 보였다. 세대외부소음 및 옥외지면소음에 대한 분산은 각각 -0.631 , -0.720 의 높은 상관계수를 나타내었

으며, 도로수가 많으면 분산이 작아진다. 이는 단지과 접해있는 도로수가 많을수록 도로에 인접해 있는 영역의 비율이 높아져 전반적인 아파트 단지의 도로소음이 비슷한 수준으로 높아지는 것으로 보인다.

(4) 단지 면적

아파트 단지의 면적이 넓을수록 도로소음이 낮을 것이라고 예상하였으나⁶⁾, 세대외부소음 및 옥외지면소음과의 상관계수는 각각 -0.221, 0.071으로 나타나 단지면적이 소음에 미치는 영향이 미미한 것으로 파악되었다. 단지면적에 따른 세대외부소음 및 옥외지면소음은 Fig. 8에 나타내었다. 세대외부소음과 옥외지면소음의 분산은 각각 0.109, -0.148으로 분산 또한 단지면적과의 상관성이 미미한 것으로 나타났는데, 이는 대상아파트 단지에 접해 있는 도로의 개수가 1~4개로 다양하기 때문으로 판단된다.

추가적으로 도로의 개수를 고려한 면적의 영향을 분석하기 위하여 아파트 단지의 면적을 도로의 개수로 나눈 값과 상관분석을 실시하였다. 그 결과, 세대외부소음 평균과는 -0.615, 옥외지면소음 평균과는 -0.478의 상관계수를 보였다. 세대외부소음 분산과는 0.808, 옥외지면소음 분산과는 0.546의 상관계수를 보였다. 면적을 도로의 개수로 나눈 값은 아파트 단지면적은 좁고, 단지과 접해있는 도로의 수가 많을수록 작은 값을 보인다. 이러한 단지는 전체 주동의

수와 비교하여 도로에 접해 있는 주동의 비율이 높은 특징을 보이는데, 접해있는 주동은 소음이 높으므로 세대외부소음 평균 및 분산이 큰 상관관계를 보이는 것으로 해석된다.

4. 결 론

최근 5년 이내 사업계획승인을 신청한 총 21개의 다양한 규모를 갖는 아파트 단지를 대상으로 노이즈 맵핑을 활용하여 세대외부소음 및 옥외지면소음을 분석하였다. 아울러 도로소음으로부터 정온한 아파트 단지의 특징을 모색하고자 인접도로의 교통량과 도로수, 단지의 건폐율 및 단지면적과 소음도와의 상관분석을 실시하였다. 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 전체 세대외부소음의 단지별 평균은 47.5~67.2 dB(A)의 분포를 보였으며, 21개 단지 중 5개 단지(23.8%)의 평균이 65 dB(A)을 초과하고 있다. 모든 세대에서 세대외부소음이 65 dB(A)을 만족하는 단지는 4개 단지(19.0%)로 대부분의 단지에서 낮 시간대 도로변지역의 소음의 환경기준을 만족하지 못하는 것으로 나타났다.

(2) 옥외지면소음의 단지별 평균은 37.6~67.2 dB(A)의 분포를 보였으며, 21개 단지 중 14개 단지(66.7%)의 평균이 55 dB(A)을 초과하고 있다. 모든 옥외지면공간에서 55 dB(A)을 만족하는 단지는 없어 정온한 옥외지면공간을 제공하기 위한 노력이 필요한 것으로 사료된다.

(3) 세대외부소음의 단지별 평균은 인접도로의 교통량(상관계수: 0.616)과 인접 도로수당 단지면적(-0.615)이 통계적으로 유의한 상관관계를 보였다. 또한 단지별 분산과의 상관분석을 통하여 건폐율(0.565)과 인접한 도로수당 단지면적(0.808)이 클수록, 인접한 도로수(-0.631)와 교통량(-0.460)이 작을수록 단지내 세대외부소음이 다양하게 나타나는 것으로 분석되었다.

(4) 옥외지면소음의 단지별 평균은 교통량(상관계수: 0.623), 건폐율(-0.477), 인접한 도로수(0.496), 인접 도로수당 단지면적(-0.478)과 유의한 상관관계를 보였다. 단지별 분산은 교통량(-0.422), 건폐율(0.653), 인접한 도로수(-0.720), 도로수당 단지면적(0.546)과 통계적으로 유의하였다.

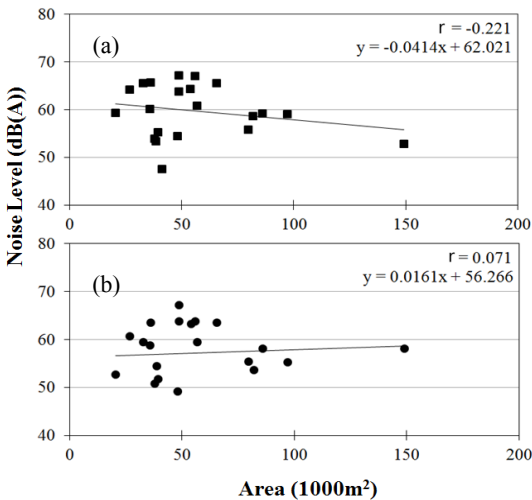


Fig. 8 Correlation between the site area and average noise level: a) facade noise b) ground noise

이 연구는 도로변 아파트 단지의 음환경 평가방안 마련을 위한 기초단계 연구로 현황과약을 위하여 각 단지의 교통영향보고서의 자료를 활용하여 소음을 예측하였으나, 향후 연구에서는 교통량, 대형차 혼입률 등을 통제하여 분석함으로써 건폐율, 면적과 같은 건축변수에 대한 영향을 분석할 수 있을 것으로 보인다. 또한 보다 심도있는 연구를 통해 아파트 단지 음환경에 대한 합리적인 평가방안이 제시된다면 보다 적극적으로 정온하고 친환경적인 단지 설계를 유도할 수 있을 것으로 기대된다.

후 기

이 논문은 2014년도 서울시립대학교 교내학술연구비에 의하여 지원되었음.

References

(1) Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2013, Status Statistics of City Planning, Ministry of Land, Infrastructure and Transport.

(2) Statistic Korea, 2013, Population and Housing Census, Statistic Korea.

(3) Ric van Poll, 1997, The Perceived Quality of the Urban Residential Environment - a Multi-attribute Evaluation, Roermond, The Netherlands: Rijksuniversiteit Groningen.

(4) Bonaiuto, M., Fornara, F. and Bonnes, M., 2003, Indexes of Perceived Residential Environment Quality and Neighbourhood Attachment in Urban Environments: a Confirmation Study on the City of Rome, Landscape Urban Plan, Vol. 65, No.1-2, pp. 43-54.

(5) Klæboe, R., Engeliën, E. and Steinnes, M., 2006, Context Sensitive Noise Impact Mapping, Applied Acoustics, Vol. 67, pp. 620-642.

(6) Lam, K.-C. and Mab, W.-C., 2012, Road Traffic Noise Exposure in Residential Complexes Built at Different Times between 1950 and 2000 in Hong Kong, Applied Acoustics, Vol. 73, pp. 1112-1120.

(7) Klæboe, R., Kolbenstvedt, M., Fyhri, A., Solberg, S., 2005, The Impact of an Adverse Neighbourhood

Soundscape on Road Traffic Noise Annoyance, Acta Acustica united with Acustica, Vol. 91, No. 5, pp. 1039-1050.

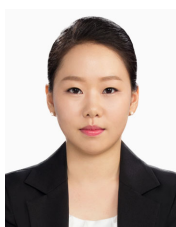
(8) Kamp, IV and Davies, H., 2008, Environmental Noise and Mental Health: 5 Year Review and Future Directions, Proceedings of 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN), Foxwoods, CT.

(9) Kaplan, R, 1983, The Role of Nature in the Urban Context, Behavior and Natural Environment, NY: Plenum Press; pp. 127-161.

(10) Silva, L. T., Oliveira, M. and Silva, J. F., 2014, Urban form Indicators as Proxy on the Noise Exposure of Buildings, Applied Acoustics, Vol. 76, pp. 366-376.

(11) Lee, J. W. and Kim, M. J., 2009, Prediction and Evaluation of the Road Traffic Noise according to the Conditions of Road-side Building Using RLS-90 and CRTN Model, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 19, No. 4, pp. 425-432.

(12) WHO, 1999, Guide Lines for Community Noise, World Health Organization, p. 61.



Hye-Kyung Shin received the master degree in Dept. of architectural engineering from the Graduate school of University of Seoul in 2015. Her research interests are in the field of environmental noise and GIS.



Myung-Jun Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Hanyang University, Seoul, Korea in 1987, 1989, and 1999, respectively. He is currently a professor in the Dept. of architectural engineering at University of Seoul. His research interests are in the area of architectural acoustics and sound insulation in buildings.