

## 간선도로 주변 도로교통 소음영향 연구(5개구 중심으로)

정화숙, 이유정, 한상민, 임용승

대기환경연구부 생활환경팀

### The Estimation of Outdoor Noise in Multi-Dwelling Buildings by the Arterial Road Traffic

Jung Hwa-suk, Lee You-jung, Han Sang-min and Im Yong-seung

*Urban Living Quality Team*

#### Abstract

Multi-dwelling buildings near the arterial road have convenient transportation and good accessibility, but noise complaints by residents are increasing. In this study, the impact of road traffic noise on buildings near the arterial road was analyzed using the noise prediction software(CADNA-A) for 5 sections of major arterial roads in Busan. It was predicted that, all buildings within 20m from the center of the road exceeded 65 dB(A). Although the separation distance increased, some building exceeded 65 dB(A) depending on the number of floors. In order to prevent noise complaints in high-rise buildings such as apartments, it is judged that it is necessary to improve the system that guides the establishment of noise reduction measures from the apartment housing planning stage, such as adjusting arrangement or separation distance.

**Key words** : multi-dwelling buildings, road traffic noise, noise prediction software

#### 1. 서론

소음이란 기계·기구·시설, 그 밖의 물체의 사용 또는 공동주택 등의 장소에서 사람의 활동으로 인하여 발생하는 강한 소리를 말한다<sup>1)</sup>. 미국 환경청(US EPA, 1981)에 의하면, 도로, 철도, 항공 등 교통소음이 실외 환경소음을 유발시키는 주요한 원인이며<sup>2)</sup>, 특히 세계 보건기구(WHO, 1980)는 도로를 운행하는 차량에 의

한 도로교통소음을 수많은 도시민에게 영향을 주는 주요한 환경소음원으로 발표하였다<sup>3)</sup>. 유럽연합 국가에서는 인구의 약 40 %가 55 dB(A)를 초과하는 도로교통소음에, 약 20 %는 낮에 65 dB(A)를 초과하는 수준의 소음에 노출된 것으로 추정하고 있으며<sup>4)</sup>, 국내에서는 국민의 52.4 %가 야간에 환경소음기준을 초과하는 수준의 소음에 노출되는 것으로 추정하고 있다<sup>5)</sup>. 부산시의 경우에는 2015년 부산시 전역에 대해 소음지도

작성 용역을 실시하였으며 그 결과 구별로 주간 1 ~ 4 %, 야간 2 ~ 8 % 정도가 도로교통소음관리기준을 초과하는 수준의 소음에 노출되는 것으로 보고하였다<sup>6)</sup>.

특히 간선도로 주변 공동주택은 교통이 편리하고 접근성이 좋은 이점으로 선호도가 높은 반면, 도로와 인접하고 있어 차량통행에 의한 소음의 영향이 우려된다. 최근 국민권익위에 접수된 도로교통소음 피해 민원 건수는 2017년 39,326건, 2018년 63,011건, 2019년 113,073건으로 꾸준한 증가 추세이며, 특히 이러한 민원의 98 %는 도로 인근에 위치한 공동주택에서 제기한 것으로 보고되었다<sup>7)</sup>.

세계보건기구(WHO, 1994)는 소음이 건강에 미치는 부정적인 영향을 “기능 손상, 스트레스에 대응하는 체계의 손상, 소음에 의한 유해 영향에 대한 민감도 증가 등과 같은 생명체의 형태 또는 생리적 변화”로 정의하고 있으며<sup>8)</sup>, 도로교통소음 등 장기간에 걸친 소음의 노출은 소음성 난청, 고혈압, 심장병, 소음성 불쾌감, 수면각성도, 수면단계, 수면의 질, 교육능률에 좋지 않은 영향을 미친다고 한다<sup>9)</sup>.

인간의 건강에 유해한 영향을 미칠 수 있는 소음에 대해 세계보건기구는 다양한 환경에 따라 기준안을 마련하여 주거지 주변에서는 55 dB(A), 공장 및 쇼핑몰 등에는 70 dB(A)를 규제기준으로 제시하고 있으며<sup>10)</sup>, 국내에서는 환경정책기본법에 따라 용도지역 및 도로와의 이격거리에 따라 소음환경기준을 달리 마련하여 도로변지역인 경우 주간에 주거지역 65 dB(A) 및 상업지역 70 dB(A)를 행정목표로 하고 있다<sup>11)</sup>. 특히 주택건설기준 등에 관한 규정에 따라 교통소음으로 인해 실외 예측소음도 65 dB(A) 이상인 경우 공동주택 건설

계획승인단계에서 주택사업자가 소음방지대책을 수립하도록 규제하고 있으나<sup>12)</sup>, 예외규정이 많아 도로 인근 공동주택 등 도로교통소음으로 인한 민원이 꾸준히 증가하는 것으로 보인다.

본 연구는 부산시 주요 간선도로 5개 구간에 대해 소음예측프로그램을 활용하여 2D 및 3D 소음지도를 작성하여 도로인근 건물에 미치는 도로교통소음에 의한 영향정도를 예측해보고, 예측된 결과를 바탕으로 주택건설기준 등에 관한 규정에 따른 공동주택의 실외 소음도 기준을 준용하여 건물의 특성을 분석해보았다. 이를 토대로 간선도로 주변 소음영향우려 공동주택을 파악해 봄으로써 도로교통소음에 의한 악영향을 방지하여 삶의 질을 향상시킬 수 있는 제도개선등 정책수립에 활용하고자 본 연구를 수행하였다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 평가대상

부산시 주요 간선도로 5개 구간에 대해 도로중심으로부터 80m 이내 지역의 건물을 연구대상으로 선정하였다. 남구는 대연사거리부터 용소삼거리 790m 구간의 220개 건물, 수영구는 수영교차로부터 KBS삼거리까지 2,620m 구간의 824개 건물, 연제구는 연산교차로부터 시청앞교차로까지 890m 구간의 259개 건물, 해운대구는 원동IC교차로부터 재송1로 진입부까지 730m 구간의 189개 건물, 동래구는 안락교차로부터 연안교사거리까지 460m 구간의 87개 건물에 대해 연구를 진행하였다(Table 1, Fig. 1).

Table 1. Specifications for 5 sections of the arterial road

Use Area	Index	District	Width [m]	Length[m]	Number of Buildings [EA]
Commercial Area	A	Nam-gu	20	790	220
	B	Suyeong-gu	20	2,620	824
	C	Yeonje-gu	30	890	259
Residential Area	D	Dongnae-gu	20	460	87
	E	Haeundae-gu	35	730	189



Fig. 1. Geographical locations of 5 sections of the arterial road

## 2.2. 평가방법

본 연구에서는 상용 소프트웨어인 Cadna-A를 활용하여 간선도로 5개 구간에 대해 소음지도를 작성하였다. 연속적인 소음지도는 소음전파모델(sound propagation model) 및 지리정보시스템을 활용하여 소음의 수치와 분포를 계산함으로써 소음도의 시계열적 변화에 관한 자료를 분석하여 제시하여 주는 지도로 정의될 수 있다.<sup>13)</sup> 소음지도 작성을 위한 입력인자는 국토정보지리원의 수치지도로부터 얻은 지형, 건물 및 도로 등 지형조건자료와 부산광역시 교통정보서비스센터에서 제공받은 속도, 통행량, 대형차비율 등 교통정보를 적용하였다. 도로교통소음 예측식은 소음전파, 지표감쇠, 차음, 반사 등을 고려한 점음원 예측식인 RLS90모델을 적용하였다.<sup>14)</sup>

본 연구에서 소음도 예측은 시간대별 소음도 및 건물 외벽소음도 두 형태로 수행하였다. 시간대별 소음도 예측은 시간대별 교통정보를 입력하여 24시간 예측소음도를 분석하였다. 건물 외벽소음도 예측은 환경정책기본법에 따라 낮 시간대는 6시~22시, 밤 시간대는

23시~5시로 구분하여 시간대별 예측소음도 결과 중 소음도가 가장 높을 것으로 예측된 시간대를 각각 적용하여 낮 및 밤의 외벽소음도를 구분하여 분석하였다. 작성한 소음지도로부터 얻은 예측값의 신뢰도를 파악을 위해 간선도로 5개 구간의 각 도로와 인도경계에 1개씩, 총 5개 지점에서 소음도를 실측하였다(Fig. 1).

## 3. 연구결과

### 3.1. 시간대별 소음도 변화

간선도로 주변 건물에 미치는 도로교통소음으로 인한 영향정도를 파악하기 앞서, 5개 도로에 대해 통행량, 대형차비율 및 평균속도에 따른 시간대별 소음도를 분석하여 소음도가 가장 높은 시간대를 파악하였다. 실측소음도 조사지점과 동일지점에 대해 실측소음도 조사시간과 동일한 시간의 시간대별 통행량, 대형차비율 및 평균속도 자료를 활용하였다. 예측소음도와 실측소음도의 잔차가 3 dB(A) 이내로 유사하게 나타났

대(Table 2).

시간대별 소음도 예측 결과 주간에는 A, B, C구역 7시, D구역 6시, E구역 8시에, 야간에는 22시에 소음도가 가장 높을 것으로 예측되었다. 통행량은 주간에

는 A구역 17시, C구역 18시, B, D, E구역 8시에 가장 많았으며 야간에는 22시에 가장 많았으나, 첨두시에는 교통체증으로 인해 속도가 낮아 오히려 그 전후시간대에 소음도가 더 높게 분석되었다(Fig. 2, Table 3).

Table 2. Comparison of predicted noise level and measured noise level

	Time	Date	Predicted noise level [dB(A)]	Measured noise level [dB(A)]	Interval [dB(A)]
A	Day	'21-06-10 7시	71.5	69.9	1.6
	Night	'21-06-09 22시	69.8	70.8	1.0
B	Day	'21-06-10 7시	74.3	75.2	-0.9
	Night	'21-06-09 22시	72.6	73.0	0.4
C	Day	'21-06-10 7시	70.5	71.9	-1.4
	Night	'21-06-09 22시	68.6	69.8	-1.2
D	Day	'21-06-10 6시	71.3	69.7	1.6
	Night	'21-06-09 22시	68.1	67.9	0.2
E	Day	'21-06-10 8시	72.7	69.8	1.0
	Night	'21-06-09 22시	69.2	70.6	1.4

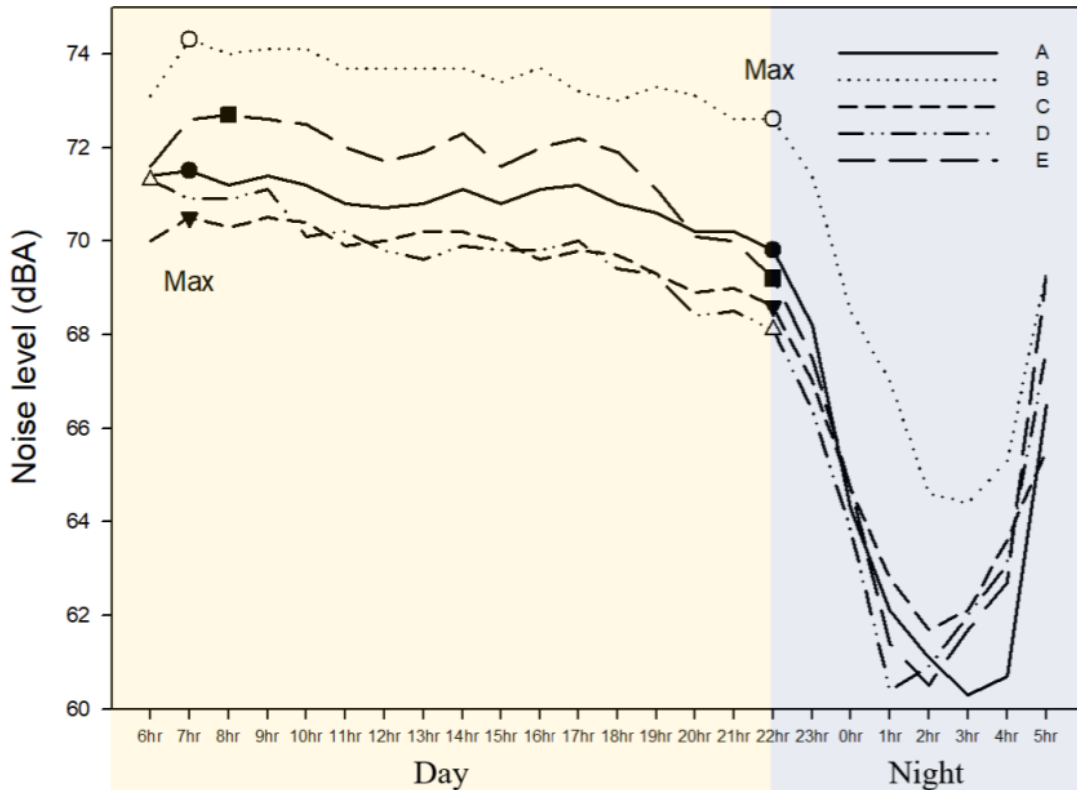


Fig. 2. Changes in predicted noise level per hour

Table 3. Traffic factors per hour

Time	A			B			C			D			E		
	traffic	ratio of large car	Speed	traffic	ratio of large car	Speed	traffic	ratio of large car	Speed	traffic	ratio of large car	Speed	traffic	ratio of large car	Speed
6hr	1,303	16.4	30	1,509	11.3	33	1,735	11.0	25	1,442	11.0	39	2,355	8.7	26
7hr	2,442	9.2	27	2,592	8.9	27	2,414	8.0	22	2,204	8.1	28	3,684	5.9	25
8hr	2,942	6.4	22	2,982	6.5	17	2,589	6.6	15	2,528	6.1	22	4,052	5.2	19
9hr	2,627	8.6	19	2,885	7.1	22	2,591	7.0	19	2,121	8.7	26	3,743	6.3	16
10hr	2,661	7.8	24	2,938	7.4	21	2,516	7.0	16	2,097	7.0	22	3,596	6.6	19
11hr	2,583	7.2	24	2,798	6.9	20	2,348	6.6	17	1,990	8.0	25	3,169	6.4	24
12hr	2,514	7.3	24	2,692	7.0	24	2,278	7.5	18	1,848	7.9	29	3,041	5.8	23
13hr	2,404	8.0	26	2,737	6.7	22	2,374	7.7	19	1,937	6.4	26	3,135	5.3	23
14hr	2,682	7.6	22	2,832	6.7	21	2,461	7.2	18	1,983	6.8	24	3,270	5.9	20
15hr	2,599	7.3	21	2,810	6.0	20	2,458	6.5	19	2,030	6.6	23	3,293	5.2	21
16hr	2,949	6.5	21	2,820	6.1	19	2,551	5.1	18	2,153	5.9	26	3,393	4.9	20
17hr	2,953	6.6	18	2,740	5.8	19	2,710	5.2	18	2,270	5.6	21	3,526	5.2	18
18hr	2,942	5.7	17	2,820	5.2	20	2,728	4.9	19	2,277	4.0	19	3,562	4.4	17
19hr	2,448	7.7	21	2,599	6.4	24	2,194	6.4	18	1,941	5.5	25	2,823	5.0	17
20hr	1,914	9.2	25	2,454	6.5	26	1,849	7.2	21	1,433	6.8	27	2,269	5.2	24
21hr	1,927	9.2	24	2,334	6.5	28	1,915	6.7	24	1,331	7.4	32	2,104	5.2	24
22hr	1,588	10.6	25	2,082	7.1	32	1,589	7.9	24	1,192	7.3	32	1,889	4.6	26
23hr	1,344	9.0	26	1,697	5.7	36	1,340	5.9	26	953	6.0	34	1,408	3.9	29
0hr	895	3.4	27	1,098	3.4	36	944	3.0	29	625	2.6	38	831	2.8	27
1hr	536	2.8	26	712	3.9	36	591	3.4	32	344	2.0	39	379	3.4	29
2hr	402	3.7	25	488	3.1	37	420	3.3	35	323	2.8	37	314	2.9	30
3hr	299	4.7	23	344	2.6	40	385	5.7	33	265	4.9	45	277	6.5	33
4hr	335	3.9	27	430	5.1	36	468	6.0	33	393	6.4	31	423	4.3	30
5hr	648	9.6	29	736	7.6	39	843	6.3	26	802	5.6	46	1,410	7.3	32

### 3.2 용도지역별 소음도 예측결과 비교

시간대별 소음도 예측결과를 바탕으로 파악한 각 구역의 주·야간 최고소음도 시간대의 교통인자를 적용하여 도로중심으로부터 80 m 이내의 건물을 대상으로 외벽소음도를 예측하였다. 실외소음도가 65 dB(A) 이상인 건물의 비율은 상업지역인 A, B, C구역은 낮

27~30%, 밤 25~29 %로 밤에도 도로를 주행하는 차량에 의한 소음의 영향이 여전한 반면, 주거지역인 D 구역은 주간 29 % 및 야간 10 %, E구역은 주간 14 % 및 야간 5 %로 주간에 비해 야간에 도로교통소음의 영향이 다소 감소하는 것으로 분석되었다(Table 4, Fig. 3)

Table 4. Predicted noise level by area of use

Use Area	Index	Number of Buildings	over 65 dB(A)		Predicted noise level[dB(A)]	
			Day	Night	Day	Night
Commercial Area	A	220	66 (30%)	62 (28%)	27.8~71.9	26.4~70.2
	B	824	250 (30%)	241 (29%)	26.5~71.9	25.2~70.8
	C	259	71 (27%)	66 (25%)	26.3~69.8	24.5~68.1
Residential Area	D	86	25 (29%)	9 (10%)	33.9~72.5	31.1~69.0
	E	111	15 (14%)	5 (5%)	35.5~69.5	32.1~66.0

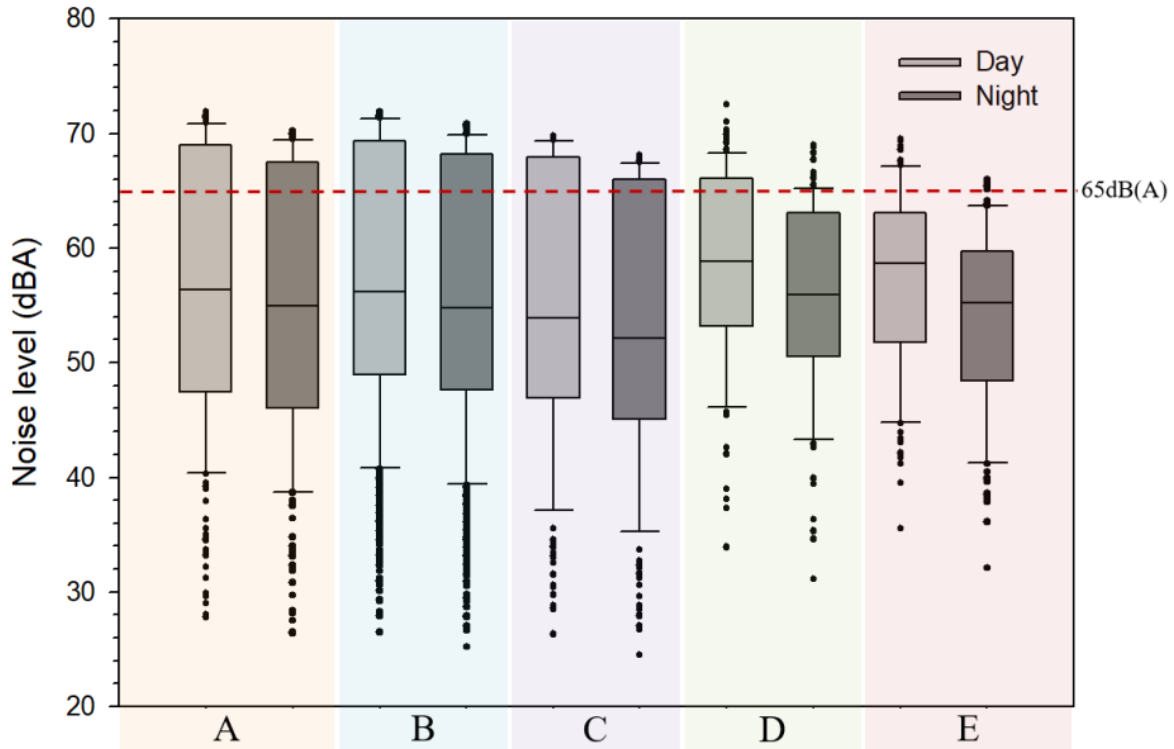


Fig. 3. Comparison of day and night predicted noise levels

3.3 이격거리별 외벽소음도 예측결과

도로중심으로부터 20m 단위로 80m 까지 구분하여 낮 시간대 이격거리별 소음변화를 살펴보면 도로중심으로부터 20m 이내에 외벽을 면한 건물은 실외소음도가 대부분 65 dB(A) 이상으로 예측되었고 이격거리가 증가할수록 그 비율이 감소하였다(Table 5)

3.4 층수별 외벽소음도 예측결과

공동주택은 주택으로 쓰는 층수가 4개 층 이하인 경우는 연립주택이나 다세대주택으로, 주택으로 쓰는 층수가 5개 층 이상인 경우는 아파트로 분류된다<sup>15)</sup>. 이에 따라 4층 이하와 5층 이상의 건물로 분류하여 소음특성을 분석해보았다. 낮 시간대 층수별 외벽소음도 변

Table 5. Comparison of noise effects with separation distance

index	separation distance				
	within 20m	20~40 m	40~60 m	60~80 m	
A	total number of Buildings	57	40	58	65
	over 65 dB(A)	57 (100%)	9 (23%)	-	-
B	total number of Buildings	226	184	263	151
	over 65 dB(A)	223 (99%)	27 (15%)	-	-
C	total number of Buildings	58	38	77	86
	over 65 dB(A)	57 (98%)	14 (37%)	-	-
D	total number of Buildings	8	33	27	17
	over 65 dB(A)	8 (100%)	17 (52%)	-	-
E	total number of Buildings	-	25	36	50
	over 65 dB(A)	-	14 (58%)	1 (3%)	-

화를 살펴보면 도로중심으로부터 20 m 이내에서는 층수와 상관없이 대부분 실외소음도가 65 dB(A) 이상으로 예측되었으며, 20~40m에서는 4층 이하의 건물은 5 ~ 58 %인 반면 5층 이상의 건물은 33 ~ 100 %로 예측되어 4층 이하의 건물은 이격거리 증가에 따른 소음감소와 더불어 상업지역과 같은 건물밀집지역의 경우 앞선 건물의 방음벽 효과로 5층 이상의 건물보다 소음으로 인한 영향이 저감되는 것으로 분석되었다(Table. 6).

이 도로와 인접하여 다수 분포하고 있었다. 특히 상업지역은 야간에도 차량통행에 의한 소음의 영향이 지속되는 지역임을 고려할 때 수면방해 등 소음으로 인한 영향이 우려되나, 이들 건물은 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조(소음방지대책의수립) 개정 전에 준공되었거나, 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제7조(적용의 특례)에 따른 상업지역에 위치하여 소음방지대책 수립대상에서 제외되어 있다(Table 7, Fig. 4).

이들 건물은 주거지역인 D 및 E 구역은 교통량이 현

Table 6. Comparison of noise impact with number of floors

index	4th floor or less				5th floor or higher				
	within 20 m	20~40 m	40~60 m	60~80 m	within 20 m	20~40 m	40~60 m	60~80 m	
A	total number	29	25	33	48	28	15	25	17
	over 65 dB(A)	29 (100%)	4 (16%)	-	-	28 (100%)	5 (33%)	-	-
B	total number	155	147	167	99	71	37	96	52
	over 65 dB(A)	152 (98%)	8 (5%)	-	-	71 (100%)	19 (51%)	-	-
C	total number	32	28	49	68	26	10	28	18
	over 65 dB(A)	31 (97%)	8 (29%)	-	-	26 (100%)	6 (60%)	-	-
D	total number	5	27	23	21	3	6	1	1
	over 65 dB(A)	5 (100%)	11 (41%)	-	-	3 (100%)	6 (100%)	-	-
E	total number	-	24	30	39	-	1	3	8
	over 65 dB(A)	-	14 (58%)	1 (3%)	-	1 (100%)	-	-	-

낮시간대 외벽소음도가 65dB(A) 이상으로 예측된 5층 이상의 건물은 B구역 90개, A구역 33개, C구역 32개, D구역 9개, E구역 1개 순으로 조사되었다. 이중 주거지역의 경우 대부분 공동주택이었으며, 상업지역인 경우에도 주상복합아파트, 오피스텔 등의 공동주택

재보다 40~50% 감소하는 경우, 상업지역인 A, B, C 구역은 교통량이 현재보다 80 % 감소하는 경우에 외벽소음도가 65 dB(A) 미만으로 예측되어 교통량 등 소음원 규제에 의한 사후 소음저감정책 시행은 그 효과가 미미할 것으로 판단된다.

Table 7. multi-dwelling buildings with concerns about noise impact

Index	Commercial Area			Residential Area	
	A	B	C	D	E
over 65dB(A) & 5th floor or higher	33	90	32	9	1
number of multi-dwelling buildings	10 (30 %)	31 (34 %)	3 (12 %)	7 (78 %)	1 (100 %)

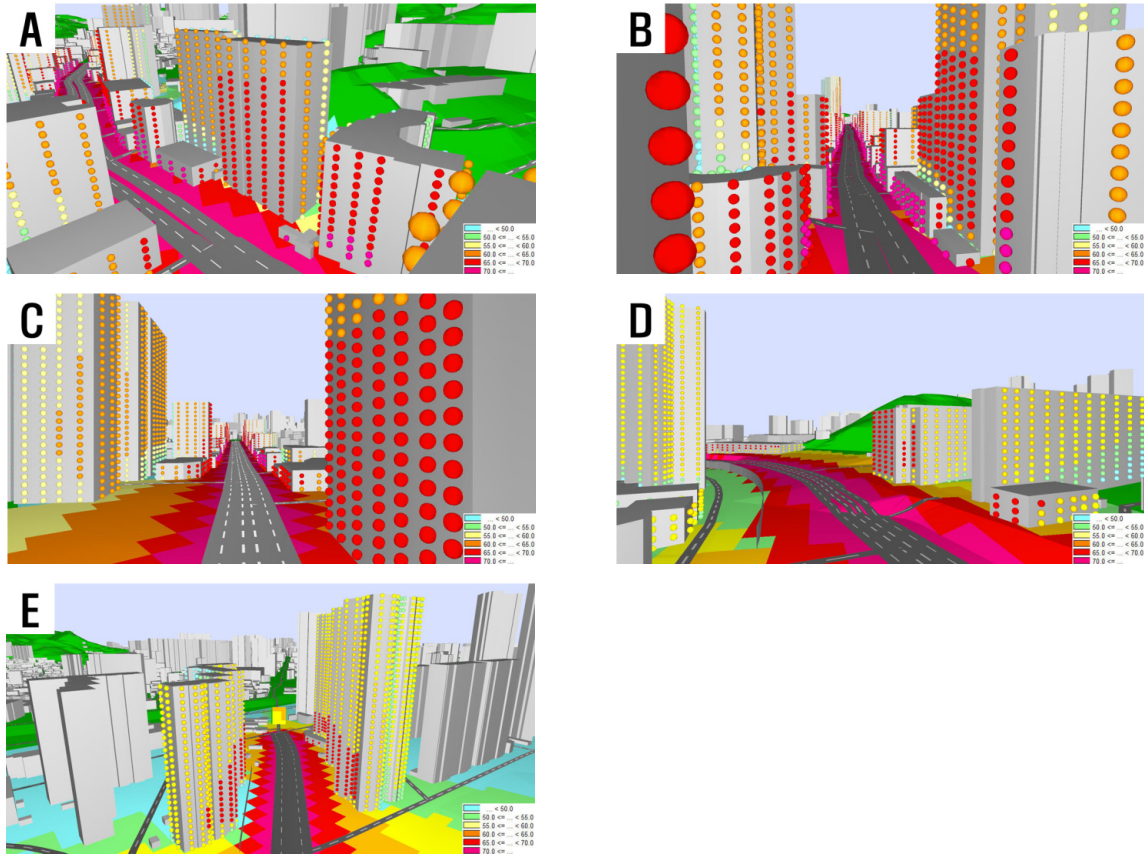


Fig. 4. outdoor noise level of multi-dwelling buildings

#### 4. 결론

간선도로 주변 공동주택은 교통이 편리하고 접근성이 좋은 이점으로 선호도가 높은 반면, 도로와 인접하고 있어 차량통행에 의한 소음의 영향으로 공동주택 입주민에 의한 도로교통소음민원이 증가하는 추세이다. 본 연구에서는 부산시 주요 간선도로 5개 구간(남구, 동래구, 수영구, 연제구, 해운대구 소재)에 대해 소음예측프로그램을 활용하여 2D 및 3D 소음지도를 작성하여 시간대별 소음도 및 간선도로 주변 건물의 외벽소음도를 예측해보고, 이를 토대로 간선도로 주변 공동주택에 대한 도로교통소음 영향정도를 분석하였다.

1. 시간대별 소음도 예측 결과를 살펴보면, 도로교통 소음은 교통량, 주행속도 및 대형차비율이 주요인자로 일반적으로 교통량이 많을수록, 주행속도가 높을수록, 대형차가 많을수록 소음도가 증가하나, 교통체증으로 인해 속도가 낮은 첨두시보다 그 전후 시간대에 소음도가 높게 예측되었다.

2. 주·야간 소음도 예측 결과를 용도지역별로 살펴보면, 상업지역은 야간에도 도로를 주행하는 차량에 의한 소음의 영향이 여전한 반면, 주거지역은 주간에 비해 야간에 도로교통소음의 영향이 다소 감소하는 것으로 분석되었다.

3. 이격거리별 소음도 예측 결과를 살펴보면, 이격거리가 증가할수록 차량에 의한 소음의 영향이 감소하나 도로중심으로부터 20m 이내에 외벽을 면한 건물은 거의 100 % 실외소음도가 65 dB(A) 이상으로 예측되었다.

4. 층수별 외벽소음도 예측 결과를 살펴보면, 도로중심으로부터 20m 이내에 외벽을 면한 건물은 층수와 상관없이 대부분 실외소음도가 65 dB(A) 이상으로 예측되었고, 건물이 밀집되어있는 경우 5층 이상의 고층건물보다 4층 이하의 건물이 앞선 건물의 방음벽 효과로 소음으로 인한 영향이 저감되는 것으로 분석되었다.

5. 낮 시간대 외벽소음도가 65 dB(A) 이상인 5층 이상의 건물은 주거지역의 경우 대부분 공동주택이었



으며, 상업지역의 경우에도 주상복합아파트, 오피스텔 등 공동주택이 다수 분포하고 있다.

우리시 주요 간선도로 주변 공동주택에 대해 차량통행에 의한 소음 영향정도를 파악해 본 결과, 도로중심으로부터 20m 이내에서는 층수와 상관없이, 이격거리가 증가하여도 배치방향에 따라 실외소음도가 65 dB(A) 이상인 것으로 예측되었다. 특히 상업지역의 경우 주상복합아파트, 오피스텔 등의 공동주택은 도로 인근에 다수 분포하고 있고 이들 지역은 교통량이 현재보다 80% 감소하는 경우에 외벽소음도가 65 dB(A) 미만으로 예측되었다. 용도가 다른 건물이 혼재되어 있는 현재 도로변 상황을 고려하여 도로변 소음민원 발생 방지를 위해서는 사회기반시설인 도로에 대한 일률적인 소음원 규제보다는 공동주택 계획단계에서 도로별 확보 이격거리 차등 적용, 건물의 배치방향 조정 등의 소음관리방안 마련을 유도하는 제도개선이 필요할 것으로 판단된다.

## 5. 참고문헌

- 1) 환경부, 2021, 소음·진동관리법 제2조(정의)
- 2) EPA (Environmental Protection Agency), 1981. *Noise Effects Handbook*, Washington D.C., United States.
- 3) WHO (World Health Organization). 1980. Noise. Environmental Health Criteria 12 on International Programme On Chemical Safety. Geneva, Switzerland.  
<http://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc012.htm> [2021.11.26.]
- 4) WHO (World Health Organization). 2011. Noise - Data and Statistic.  
<http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/environment-and-health/noise/data-and-statistics>. [2021.11.26.]
- 5) 손정곤 외, 2006. “생활소음종합대책 : 교통소음”. 한국소음진동공학회 춘계학술대회.
- 6) 부산광역시 정밀 소음지도작성, 2015.5.10., 울산대학교 산학협력단
- 7) 국민권익위원회 산업농림환경민원과-3941호, 「공동주택 입주민의 도로교통 소음 피해 해소방안」 제도개선 권고, 2020. 11. 11.  
<https://www.open.go.kr/othicInfo/infoList/infoListDetl.do> [2021.11.29.]
- 8) WHO (World Health Organization). 1994. *Assessing Human Health Risks of Chemicals: Derivation of Guidance Values for Health-based Exposure Limits. Environmental Health Criteria No. 170*. Geneva, Switzerland.
- 9) 임창우. 2006. 「환경소음의 위해성 정량평가에 관한 연구」. 서울대학교 박사논문.
- 10) Berglund, B., T. Lindvall and D.H. Schwela. 1999. *Guidelines for Community Noise*. Publication of World Health Organization.
- 11) 환경부, 2020, 환경정책기본법 시행령 [별표 1] 환경기준(제2조 관련)
- 12) 국토교통부, 주택건설기준 등에 관한 규정 제9조 (소음방지대책의 수립)
- 13) EU(European Union). 2002. “Directive 2002/49/EC relating to the Assessment and Management of Environmental Noise”. Official Journal of the European Communities. No. L 189.
- 14) 고준희. 2009. “도로교통소음과 철도소음의 복합 노출지역에서 성가심 정량평가모델에 관한 연구”. 공학박사학위논문. 서울시립대학교 환경공학과.
- 15) 국토교통부, 2021, 건축법 시행령 [별표 1] 용도별 건축물의 종류(제3조의5 관련)
- 16) 국토교통부, 2021, 주택건설기준 등에 관한 규정 제7조(적용의 특례)