

도시내 가로변 빌딩이 도로 이면지역의 소음에 미치는 영향

Influence of roadside buildings on the noise in the backside blocks in city area

김용성,¹ 한찬훈[†]

(Yong-Seong, Kim¹ and Chan-Hoon Haan^{1†})

¹충북대학교 건축공학과

(Received March 19, 2019; revised April 25, 2019; accepted May 15, 2019)

초 록: 가로변 이면지역에 위치한 노후된 공동주택은 주도로의 교통소음의 피해를 받는다. 이면지역의 소음은 가로변 건물의 높이와 주도로와의 이격거리, 그리고 도로변 건물간의 이격거리 및 도로변 건물간의 높이차이에 의하여 영향을 받는다. 본 연구는 한 도시 내의 15개의 블록을 선정하여 가로변 건물배치형태를 1)블록에 단일건물이 배치된형태, 2)블록에 다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태로 분류하였으며, 가로변과 이면지역에서 도로교통소음을 동시에 측정하여 가로변의 건물 배치형식에 따른 이면지역소음의 상관성을 분석하였다. 분석결과, 이면지역으로 전달된 도로 교통소음은 가로변에 배치된 건물의 높이, 건물과 건물간의 이격된 거리, 인접한 건물의 높이차에 영향을 받으며 건물의 너비에 의한 소음도의 감소는 나타나지 않았다. 가로변에 위치한 건물의 높이가 4 m(단층)인 경우 이면지역의 소음도는 12 dB(A)감소하였으며 높이가 4 m 증가할 때마다 2 dB(A)씩 감소하는 것으로 나타났다. 또한 인접한 두 건물의 높이차가 4 m 증가할 때마다 이면지역의 소음도는 1 dB(A)씩 증가하였으며, 인접한 두 건물의 이격된 거리가 0.5 m 증가할 때마다 이면지역의 소음도는 1 dB(A)씩 증가하는 것으로 나타났다.

핵심용어: 도로교통소음, 도시블록, 이면지역, 소음도, 가로변 빌딩

ABSTRACT: The old residences and shops in the backside blocks are affected by the traffic noises from the main road. The noise of the backside roads is affected by the following factors such as the height of the roadside buildings, the distance between the road and the backside streets, distance among adjacent roadside buildings, and the difference of the adjacent building heights. The both noise levels on the road and the backside street were measured simultaneously in 15 urban blocks of a city which can be categorized into two types of roadside building plans ; 1) one single building along the street, 2) buildings arranged on one axis beside the road. As the results, there is no significant noise reduction due to the width of the buildings in general. However, in the cases of buildings arranged on one axis beside the road, it was found that the average noise reduction was 12 dB(A) on the basis of the building height of 4 m. Also, it was analysed that for each 4 m increase in the building height, noise reduction occurred by 2 dB(A) beyond building height of 4 m. In general, it was proved that the noise of the back streets is mainly affected by the lowest height of the roadside buildings. It was found that noise is increased by 1 dB(A) for each 4 m increase of the height difference between adjacent buildings. Also, It was revealed that for each 0.5 m increase in the distance between roadside building, noise reduction decreased by 1 dB(A).

Keywords: Road traffic noise, Urban block, Backside area, Noise level, Roadside building

PACS numbers: 43.50.Sr, 43.50.Rq

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

정온한 도시환경을 방해하는 도로교통소음은 도시가 고밀화 됨에 따라 날로 심각해지고 있다. 도로

[†]Corresponding author: Chan-Hoon, Haan (chhaan@cbnu.ac.kr)
Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, 1 Chungdae-ro, Seowon-gu, Cheongju, Chungbuk 28644, Republic of Korea
(Tel: 82-43-261-2438, Fax: 82-43-263-2635)

교통소음에 지속적으로 노출 될 경우 스트레스, 두통, 수면장애, 집중력저하 등이 유발된다. 때문에 도로교통소음은 도시에서의 쾌적한 생활을 위해 관리되어야 할 주요 환경오염원으로 대두 되고 있다.

도시가 확장됨에 따라 도시에서 소음관련 민원과 함께 도로교통소음에 대한 민원의 비중 또한 매년 꾸준히 늘어나고 있다.

환경부에서는 매년 가로변에 설치된 환경소음 측정망을 통해 도로교통소음도를 측정하여 환경기준 달성률을 확인하고 개선하도록 노력하고 있으나 도로교통소음에 대한 민원은 주로 실내소음에 대한 제한 규정이 없어 방음시설이 갖춰지지 않은 노후 된 단독·공동주택단지에서 많이 발생하고 있다.

도심에서 노후 된 단독·공동주택단지는 가로변 블록의 이면지역에 군집해 있다.^[1] 이것은 도심의 가로변에 위치한 상업건물에서 한시적으로 도로교통소음에 영향을 받는 것보다, 주거건물에서 지속적이고 장기적으로 받는 영향이 더욱 심각한 문제라는 것을 의미한다.

또한 차량들이 연속해서 주행하는 전용도로 및 고속도로와는 달리 도심에서는 교통신호에 따라 주행하는 차량으로 인해 지속적으로 반복되는 단속음에 노출되고 있으며 반복적인 단속음은 이면지역에서 거주하고 있는 시민들의 수면, 신진대사, 심장 등 건강에 영향을 미칠 것으로 판단된다.

따라서 가로변지역의 건물을 지나 가로변 이면지역으로 전달된 도로교통소음을 저감할 수 있는 대책방안이 필요하다.

현재, 도시의 도로교통소음을 관리하고 제어하기 위한 방안으로 저소음 아스팔트 포장, 저소음타이어, 방음벽 등이 활용 되고 있다. 그러나 저소음 아스팔트 포장은 주기적인 측정과 지속적인 사후관리가 필요하고, 저소음 타이어의 사용은 도로교통소음에 대한 시민의 환경인식이 요구되며^[2] 방음벽의 경우, 도시미관을 해친다는 이유뿐만 아니라 가로변 블록에 위치한 상업건물로의 진입을 방해한다는 이유로 설치에 어려움이 있는 실정이다.^[3]

현재, 우리나라에서 권장하는 소음예측프로그램은 국외의 예측식을 기반으로 다양한 변수를 입력하고 대상지역의 3D표현이 용이하도록 구성되어 있

다. 그러나 이들의 소음예측 프로그램은 소음지도를 작성하고 해당 지점의 소음도를 계산하고 예측하는데 있어, 회절 및 반사효과 등을 고려하고 적용하는 방법이 서로 상이하다. 때문에 건물들이 가깝게 밀집되어 있는 지역을 소음예측 프로그램을 통해 소음지도를 작성하여 얻은 예측값과 실제로 현장에서 측정한 소음도와는 큰 차이가 있을 수 있다.

따라서 본 연구의 목적은 가로변지역과 이면지역의 소음을 실측 조사하고 그 차이를 비교분석하여 도로교통소음이 가로변에 위치한 건물들의 배치형식에 따라서 이면지역의 주거에 어떤 영향을 주는지 조사하는 것이다.

본 연구를 통하여 도시계획 초기 혹은 주거단지조성계획에 있어서, 방음벽, 저소음 아스팔트 포장 등이 아닌 가로변에 위치한 건물들의 배치를 통하여 이면지역의 소음을 저감할 수 있는 자료로써 제공하고자 한다.

1.2 기존 연구 검토

도시내 도로교통소음에 관련하여 기존에 수행된 연구내용을 검토하였다.

Lee^[4]는 일반국도 및 고속도로 소음예측에 대한 모델식을 택지개발예정지구 및 도시계획도로에 적용하여 사용하고 있으며 이는 전파경로 과정에서 회절감쇠치 및 지표면, 차량속도, 교통량 등의 많은 차이가 발생하므로 일반국도나 고속도로의 소음도 예측에 적용되는 예측모델과 다른 단지내 도로교통소음을 위한 모델 개발이 필요함을 지적하였다.

Kim *et al.*^[5]은 도로교통소음에 대하여 24시간동안 측정된 실측값과 예측 모델식에 의해 계산된 예측값을 비교하여 오차 범위를 파악하였다. 그 결과 현재의 측정방법으로 교통량이 많고 일정한 속도를 보이는 주간 시간대의 경우 오차범위가 작았으나 야간의 경우 차량의 통행량이 적어지고 차량 속도의 변화 폭이 심하여 주간에 비해 오차 범위가 크게 나타나 적절한 자료수집이 불가함을 지적하였다.

Jeong *et al.*^[6]은 10층 이상의 공동주택과 40층 이상의 주상복합건축물이 공존하는 지역에서 도시내 간선도로에서 발생하는 도로교통소음을 분석한 결과 교통량과 속도제어는 도로변의 한정된 공간에서 큰

영향을 받으며 교통량 제어보다 속도제어가 변화의 폭이 크게 나타나 교통량 보다 속도의 제어가 도로교통소음저감 및 관리에 보다 효과적임을 제안하였다.

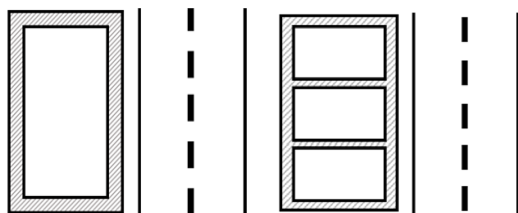
Kim *et al.*^[7]은 도시고속도로의 혼잡, 비혼잡 시간대를 고려한 시간대별 교통량과 속도에 따른 소음도를 분석한 결과 교통량이 속도보다 더 일관성 있는 결과를 보여 교통량이 소음도에 영향을 미치는 가장 큰 요소인 것을 확인하였다.

기존 연구에서는 도시 고속도로와 전용도로에서 발생하는 도로교통소음에 대한 연구가 주로 수행되었으며 도로의 교통량과 속도관리에 따른 소음도의 변화에 주목하였다. 그러나 실질적으로 민원이 발생하는 노후화된 공동주택에 대한 연구는 부족한 상황이며 노후화된 공동주택이 밀집한 지역에 인접한 지방도는 교통신호와 방지턱 등에 의해 교통량, 주행속도, 주행시간이 제한적이다. 또한 앞서 언급한 미관상의 이유로 방음벽 설치에 어려움이 있으며 주거지역은 가로변 이면지역에 위치하여 소음을 저감하는데 어려움이 따른다. 따라서, 본 연구에서는 가로변에 위치한 건물의 배치에 따라 이면지역의 소음도 변화에 대하여 조사하였으며 도로교통소음에 대하여 가로변지역과 이면지역의 소음도의 차이로 비교 분석하는데 기존 연구와의 차별을 두었다.

II. 도로교통소음의 측정

2.1 도심 블록의 선정

도심에서 블록은 도시계획에 따라 도로의 교차에 의해 일정한 모양의 격자 형태로 형성되며 블록 내 필지의 경계를 따라 건물이 배치된다. 또한 블록은 제각기 다른 모양의 건물들이 블록 내부에 배치되면



1) One single building along the street 2) Buildings arranged on one axis beside the road

Fig. 1. Layout of roadside buildings.

서 특징을 가지게 되고, 이러한 건물들의 배치는 소음의 전달 과정에 있어 다양한 영향을 미친다. 때문에 블록의 건물의 배치형태를 파악하는 것은 중요하다. Fig. 1은 도로를 따라 인접한 블록들 중에서, 교통량이 많은 구간의 블록들 가운데, 두 가지의 보편적인 건물배치형태를 나타낸 것이다.

1) 블록에 단일 건물이 배치된 형태

단일 건물이 블록의 필지구획에 따라 최대한의 건축면적을 차지하는 형태로 배치된다. 보편적으로 상업용 목적으로 한 건물들이 이러한 형태로 배치되며 건물 및 블록의 진입을 인접한 가로에서 유도한다.

2) 블록에 다수의 건물이 일렬로 연속 배치된 형태

블록 내부에 하나의 축으로 다수의 건물들이 연속으로 배치되면서 건물과 건물 사이에 공간이 생겼으며, 이 공간을 통해 도로로부터 발생한 소음이 이면지역으로 전파된다. 블록 내부에 배치된 건물들은 각각 다른 높이를 가지고 있으며, 인접한 건물들 간의 높이차가 발생한다.

대상지역은 충청북도 청주시에서 대상도로에 인접한 블록에 도로단 방음벽과 방음림이 없으며 주변 암소음이 도로교통소음보다 10 dB(A) 이상 작은 곳으로 도로를 주행하고 있는 차량들의 소음을 측정하기에 용이한 21개의 지역을 선정하였다. Table 1은 선정한 대상지역에서 도로의 제한속도, 폭, 교통량을 측정하고 정리하여 나타낸 것이며 Fig. 2는 대상지역의 건물배치를 나타낸 것이다. 가로변 지역의 건물들의 배치와 높이, 폭에 대한 정보는 공간정보 오픈플랫폼^[8]에서 얻었으며 대상지역의 지리정보는 국토정보플랫폼^[9]에서 받아 사용하였다. 대상도로의 교통량은 측정 지점에서 카메라를 설치하며 5분간 촬영을 통해 조사하였다.

2.2 도로소음의 측정

본 연구의 소음측정은 선정된 15개 지역에서 주간에 실시되었으며, 각 지역의 정해진 측정점에서 도로변 소음과 이면지역의 소음을 동시에 측정하였다. 도심에서 주행신호 동안 이동하는 차량들의 도로교



Fig. 2. Layout of roadside buildings in target areas.

Table 1. Road width and traffic volume in the 15 target urban blocks.

Layout of roadside buildings	Target blocks	Speed limit	Road width	Traffic volume (for 5 min)	
				light vehicle	Heavy vehicles
One single building along the street	A	50 km/h	25 m	131	19
	B	60 km/h	34 m	254	34
	C	60 km/h	34 m	254	34
	D	60 km/h	25 m	132	9
	E	60 km/h	24 m	160	19
	F	50 km/h	25.4 m	59	10
Buildings arranged on one axis beside the road	G	50 km/h	21.8 m	142	22
	H	50 km/h	15 m	105	12
	I	50 km/h	15.4 m	98	10
	J	60 km/h	15 m	115	23
	K	50 km/h	20.1 m	112	17
	L	50 km/h	13.2 m	67	5
	M	30 km/h	13 m	108	16
	N	60 km/h	34 m	358	31
	O	60 km/h	34.2 m	342	21

통소음을 측정하기 위하여 측정은 10 s간의 등가소음도(L_{eq})를 각 측정점마다 3회 이상씩 측정하였다.

마이크로폰은 건물의 외벽면으로부터 1m 떨어지고 지면으로부터 1.5 m 높이에서 소음원인 도로를

향하도록 설치하였다.

소음측정은 소음계를 가로변지역과 이면지역에 각각 위치시켜 동시에 측정하고 두 지역의 소음도의 차이를 비교분석 하였으며 가로변에 위치한 건물의 끝단부와 중앙부 그리고 인접한 두 건물의 사이로 측정지점을 옮겨가며 진행하였다. 또한 대상지역의 도로교통소음 측정 시, 주변으로부터 발생하는 다른 압소음이 함께 측정되지 않도록 하였다.

2.3 측정결과

대상지역의 가로변지역과 이면지역에서 도로교통소음을 동시에 측정한 결과, 가로변지역의 소음도는 최소 67.0 dB(A)에서 최대 75.6 dB(A)의 범위로 측정되었으며, 이면지역의 소음도는 최소 49.3 dB(A)에서 최대 57.2 dB(A)의 범위로 측정되었다.

Table 2는 대상지역에서 도로교통소음에 대하여 가로변지역과 이면지역의 소음도를 동시에 측정한 결과와 감소된 소음도를 정리한 것이며 Fig. 3은 정리한 결과를 그래프로 나타낸 것이다.

가로변지역의 평균 소음도는 70.8 dB(A)이며 모든 대상지역에서 용도지역별 소음관리기준을 초과하고 있다. 이면지역의 평균 소음도는 54.8 dB(A)이며 B지역, C지역, D지역, G지역, I지역, J지역, K지역, N

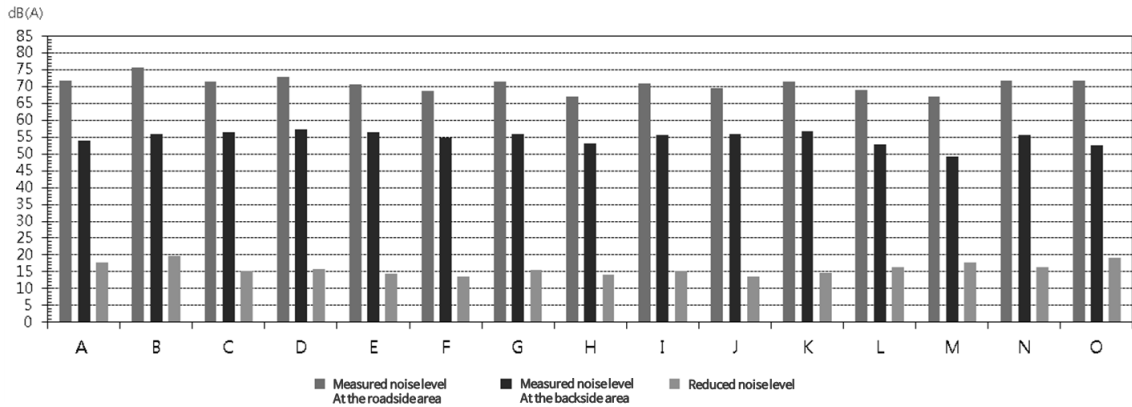


Fig. 3. Measured noise level at the roadside and backside area and the reduced noise level.

Table 2. Measured average noise levels of the roadside and backside area. dB(A).

Layout of roadside buildings	Target block	Roadside noise [dB(A)]	Backside noise [dB(A)]	Noise difference [dB(A)]
One single building along the street	A	71.7	54.0	17.7
	B	75.6	55.9	19.7
	C	71.6	56.4	15.2
	D	73	57.2	15.8
	E	70.7	56.4	14.3
	F	68.6	54.9	13.7
Buildings arranged on one axis beside the road	G	71.4	56.0	15.4
	H	67.0	53.0	14
	I	71.0	55.7	15.3
	J	69.6	55.9	13.7
	K	71.4	56.6	14.8
	L	69.0	52.7	16.3
	M	67.1	49.3	17.8
	N	71.9	55.5	16.4
O	71.8	52.6	19.2	

지역에서 소음관리기준을 초과하고 있다.

단일 건물이 배치된 형태에서 이면지역의 소음도는 최소 13.7 dB(A)에서 최대 19.7 dB(A)의 범위로 감소하였으며 평균 16.1 dB(A)의 감소를 보였다.

다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태에서 이면지역의 소음도는 최소 13.7 dB(A)에서 최대 19.2 dB(A)의 범위로 감소하였으며 평균 15.9 dB(A)의 감소를 보였다.

III. 이면지역의 소음도 분석

3.1 블록에 단일건물이 배치된 형태

도로에 인접한 블록에 단일 건물이 배치된 형태에서, 단일건물의 이면지역은 끝단부와 중앙부로 분류하였다. 이면지역의 수음점은 A~E지역의 경우 도로로부터 약 12m 떨어진 지점에 위치하였으며, F지역은 도로로부터 약 27m 떨어진 지점에 위치하였다. 끝단부의 경우, 건물의 측벽으로부터 1m 떨어진 지점부터 11m 떨어진 지점까지 건물의 중앙부로 2m 간격으로 이동하면서 도로교통소음을 측정하였으며, 중앙부의 경우, 건물의 측벽으로부터 11m 떨어진 지점부터 5m의 간격으로 이동하며 도로교통소음을 측정하였다. Fig. 4는 도로에 인접한 블록에 단일 건물이 배치된 형태에서 가로변지역과 이면지역의 측정지점과 이면지역에서 건물의 끝단부와 중앙부를 나타낸 것이다.

단일건물이 배치된 형태에서 끝단부의 소음도는 건물의 측벽으로부터 1m 떨어진 지점에서 가장 크게 나타났으며, 건물의 끝단부에서 중앙부로 갈수록 감소하다 건물의 측벽으로부터 7m 떨어진 지점부터 고르게 나타났다. Fig. 5는 건물의 측벽으로부터 건물의 중앙부로 1m, 3m, 5m, 7m, 9m, 11m 떨어진 지점에서 감소된 소음도를 나타낸 것이다.

건물의 중앙부에서 이면지역의 소음도는 건물의 높이가 낮을수록 낮게 나타났다. 단일 건물의 높이가 8m인 A지역과 B지역의 경우, 건물의 중앙부에서 23.7 dB(A), 22.9 dB(A)이 감소하였고, 건물의 높이가

12 m인 C~E지역의 경우, 건물의 중앙부에서 19.9.1 dB(A), 18.7 dB(A), 18.5 dB(A)이 감소하였으며, 건물의 높이가 19.21 m인 F지역의 경우, 건물의 중앙부에서 15.4 dB(A)이 감소하였다.

단일건물이 배치된 형태에서 건물의 높이가 낮을수록, 건물의 폭이 길어질수록 이면지역의 전체 소음도는 감소하는 것으로 보인다. Fig. 6은 A~F지역에서 단일건물의 높이에 따른, 건물의 전체 이면지역에서 감소된 소음도의 평균과 건물 중앙부에서 감

소된 소음도의 평균을 나타낸 것이다.

3.2 블록에 다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태

블록에 다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태에서, 이면지역의 소음도는 블록에 배치된 건물의 이면지역(X)과 인접한 두 건물 사이의 이면지역(Y)에서 다르게 나타났으며 건물의 이면지역(X)에서 소음도는 건물의 측벽 끝에서 발생한 회절로 인하여 건물의 끝단부와 중앙부에서 다르게 나타나 세 지점에서 측정된 소음도의 평균으로 이면지역(X)의 소음도를 비교하였다.

Fig. 7은 블록에 다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태에서 이면지역의 소음도에 영향을 주는 요인을 나타낸 것이며, Fig. 8은 가로변지역과 이면지역의 측정지점과 건물의 이면지역(X)과 인접한 두 건물사이의 이면지역(Y)을 나타낸 것이다.

블록에 다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 경우, 건물의 이면지역(X)에서 소음도는 건물

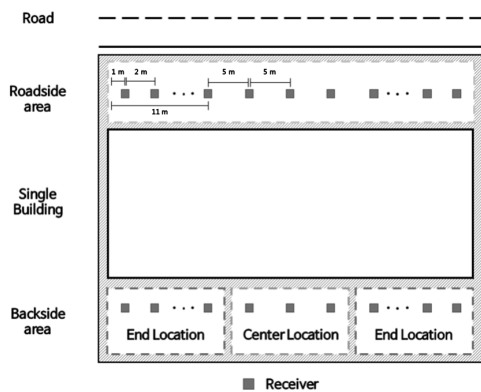


Fig. 4. Location of noise measurement positions.

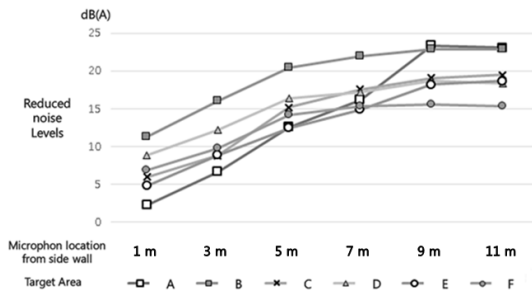


Fig. 5. Reduced noise levels by distance from side-walls.

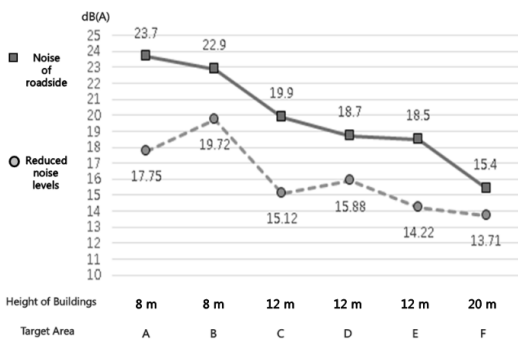


Fig. 6. Reduced noise levels depending on the height of the buildings.

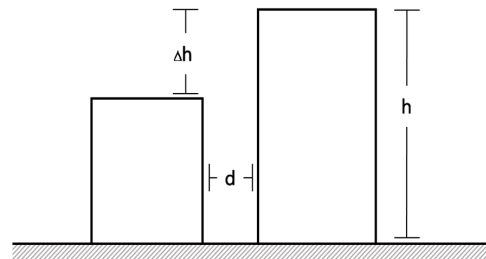


Fig. 7. Roadside building dimensions affecting the noise level of the backside area.

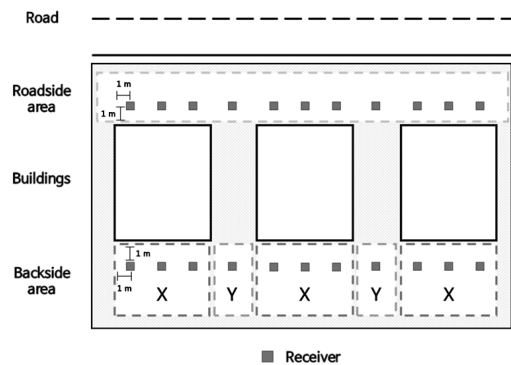


Fig. 8. Location of noise measurement positions and the division of backside areas (X and Y).

의 높이(h)가 높을수록 감소하였다. Fig. 9는 건물의 이면지역(X)에서 감소된 소음도를 건물의 중앙부와 끝단부에서 감소된 소음도의 평균으로 나타낸 것이다.

그래프를 보면 이면지역(X)에서 건물의 높이(h)가 4m인 경우 약 12 dB(A)로 소음도가 감소하였으며 건물의 높이(h)가 4m씩 높아질 때마다 약 2 dB(A)씩 감소하는 것으로 나타났다. Table 3은 건물높이(h)에 따른 이면지역(X)에서 감소된 소음도(H)를 정리하여 나타낸 것이다.

인접한 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 소음도는 다음의 세 가지 요인에 의해 다르게 나타났다.

- 1) 인접한 두 건물의 높이(h)
- 2) 인접한 두 건물 간의 이격거리(d)
- 3) 인접한 두 건물 간의 높이차(Δh)

첫 번째로 인접한 두 건물의 높이(h)가 같고 건물 간의 이격거리(d)가 동일한 경우, 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 소음도는 두 건물의 높이(h)가 높을수록 감소하였다. Fig. 10은 인접한 두 건물의 높이(h)가 같고 1.5 m로 이격된 경우, 두 건물의 높이(h)에 따른, 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도를 나타낸 것이다.

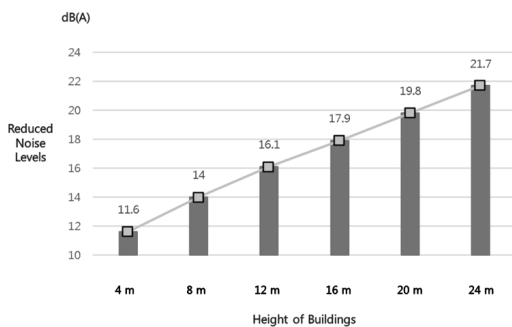


Fig. 9. Reduced noise levels at the backside area (X) by the building height (h).

Table 3. Reduced noise levels in the backside area (X) by the building height (h).

Building height (h)	4 m	8 m	12 m	16 m	20 m	22 m
Reduced noise level (H)	12 dB(A)	14 dB(A)	16 dB(A)	18 dB(A)	20 dB(A)	22 dB(A)

그래프를 보면 인접한 두 건물의 높이(h)가 같고 1.5 m 이격된 경우, 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 소음도는 건물의 높이가 4 m씩 높아질 때마다 약 3 dB(A)씩 감소하는 것으로 나타났다.

두 번째로, 인접한 두 건물의 높이(h)가 같을 경우, 두 건물 사이의 이면지역(Y)에서 소음도는 두 건물의 이격거리(d)가 멀어질수록 증가하였다. Fig. 11은 인접한 두 건물의 높이(h)가 12 m로 같을 경우, 두 건물의 이격거리(d)에 따른, 이면지역(Y)에서 감소된 소음도를 나타낸 것이다. 인접한 두 건물의 높이(h)가 같은 경우, 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도는 이격거리(d)가 0.5 m 증가할수록, 약 1 dB(A)씩 감소하는 것으로 나타났다.

인접한 두 건물의 높이가 같을 경우, 이면지역(Y)의 소음도는 건물의 높이(h)와 건물간의 이격거리(d)에 따라 다르게 나타난다. 따라서 인접한 두 건물의 높이에 별, 두 건물 간의 이격거리(d)에 의해 감소된 소음도의 크기를 알아보기 위하여 이면지역(Y)에서 감소된 소음도와 Table 3에 정리한 건물의 높이(h)에 의해 감소된 소음도의 차이를 구하였으며 Table 4에

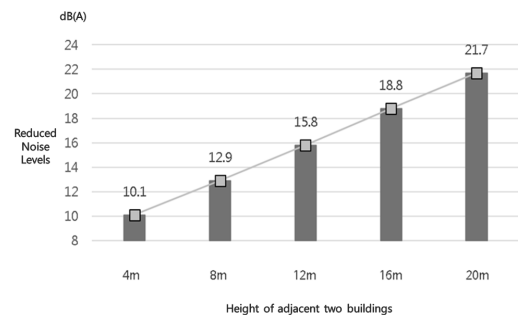


Fig. 10. Reduced noise levels at the backside area (Y), when the adjacent buildings have same height.

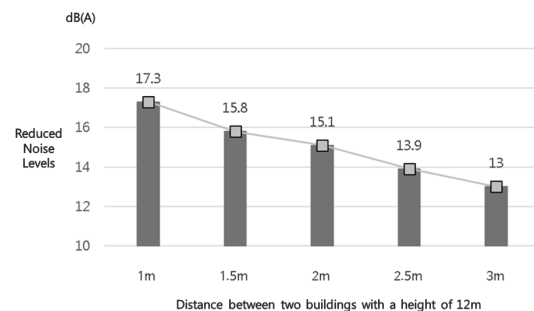


Fig. 11. Reduced noise levels at the backside area (Y) depending on the separation distance (d).

정리하여 나타내었다.

마지막으로 인접한 두 건물의 이격거리(d)가 같은 경우, 두 건물사이의 이면지역(Y)의 소음도는 인접한 두 건물의 높이차(Δh)가 클수록 증가하였다.

Fig. 12는 높이(h)가 4 m인 건물에 1.5 m로 이격된 건물의 높이(h)가 4 m, 8 m, 12 m, 16 m, 20 m인 경우, 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도를 나타낸 것이다.

그래프를 인접한 두 건물의 이격거리(d)가 같을 경우, 두 건물의 높이차(Δh)가 4 m씩 증가함에 따라, 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 소음도는 약 1 dB(A)씩 증가하는 것으로 보인다. Table 5는 인접한 두 건물의 높이차(Δh)에 따른 두 건물사이의 이면

Table 4. Difference of reduced noise levels (D) at the backside area X and Y by two factors: separation distance(d) and the height (h) of adjacent buildings [dB(A)].

Items		Adjacent two buildings height (h)				
		4 m	8 m	12 m	16 m	20 m
Separation distance (d)	0.5 m	0	1	2	3	4
	1 m	-1	0	1	2	3
	1.5 m	-2	-1	0	1	2
	2 m	-3	-2	-1	0	1
	2.5 m	-4	-3	-2	-1	0

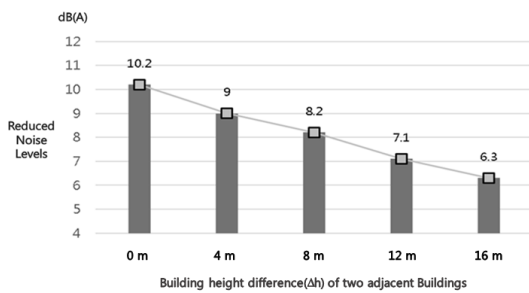


Fig. 12. Reduced noise levels at the Y region by the height difference (Δh) of the adjacent buildings, when the lower building is 4 m high with the separation distance of 1.5 m.

Table 5. Reduced noise levels at the backside area (Y) depending on the height difference (Δh) of the adjacent two buildings.

Building height difference (Δh)	4 m	8 m	12 m
Reduced noise level (HD)	-1 dB(A)	-2 dB(A)	-3 dB(A)

지역(Y)에서 감소된 소음도(HD)를 나타낸 것이다.

또한 인접한 두 건물이 높이차(Δh)가 있을 경우, 두 건물의 높이(h)와 이격거리(d)에 따른 이면지역(Y)에서 감소되는 소음도는 두 건물 중 높이(h)가 낮은 건물에 의해 결정된다.

3.3 이면지역의 소음 예측식

분석한 내용을 정리하여 건물의 높이(h), 인접한 두 건물 간의 이격거리(d), 인접한 두 건물 간의 높이차(Δh)에 따라 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도(RN)는 다음과 같은 Eq. (1)로 표현할 수 있다.^[10]

Eq. (1)은 도심에서 가로에 인접한 블록 내에 건물들이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태에서 도로 교통소음이 이면지역으로 전달되는 과정 중 가로변에 위치한 건물배치에 따라 이면지역으로 전달된 도로교통소음의 감소된 크기를 예측하는 것으로 지역별 도로의 교통량과 도로교통소음의 소음레벨의 변수는 제외하였다.

$$RN = H + D + HD \text{ [dB(A)]} . \tag{1}$$

RN: 인접한 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도 [dB(A)]

H: 건물높이(h)에 따른 건물의 이면지역(X)에서 감소된 소음도 [dB(A)] (Table 3 참조)

D: 이격거리(d)에 따른 이면지역 (Y)에서 감소된 소음도 [dB(A)] (Table 4 참조)

HD: 높이차(Δh)에 따른 이면지역 (Y)에서 감소된 소음도 [dB(A)] (Table 5 참조)

여기서 H와 D는 인접한 두 건물 중 높이(h)가 낮은 건물에 의해 감소된 소음도를 기준으로 적용하였다.

이면지역 Y의 소음감소도 계산에서 가로변 빌딩의 높이에 의한 지수인 X지역의 H를 사용한 이유는 Y지역에는 도로쪽으로 건물이 없을 뿐만 아니라, 건물의 높이차에 의한 변수만을 고려하였을 때, X지역과 Y지역의 소음감소도는 유사하였기 때문이다.

따라서, 가로변 이면지역의 감소된 소음도(RN)는 건물의 이면지역(X)에서 감소된 소음도(H)와 인접

한 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도 (D, HD)를 통해 예측할 수 있다.

IV. 제안식의 검증

제안식의 검증은 다음과 같이 진행하였다. 먼저, 본 연구에서 선정한 15개(A~O)의 지역 이외의 새로운 두 지역을 P와 Q를 선정하였다.

새롭게 선정된 두 지역은, 다수의 건물들이 하나의 축으로 연속하여 배치된 형태이며 블록에 인접한 도로의 교통량과 관계없이 가로변 이면지역으로 전달된 도로교통소음의 감소된 크기를 예측하기 위하여, 서로 상이한 교통량, 건물의 높이(h), 건물 간의 이격거리(d), 건물 간의 높이차(Δh)를 가진다.

다음으로 본 연구에서 제안한 Eq. (1)을 통하여 새로 선정한 두 지역의 이면지역으로 전달된 도로교통소음의 감소된 크기를 예측하였다.

마지막으로 두 지역에서 가로변지역과 이면지역에서 도로교통소음을 측정할 후 가로변지역의 소음도와 이면지역의 소음도의 차이값을 확인하고 Eq. (1)을 통해 예측한 예측값과 비교하였다.

Table 6은 가로변 이면지역의 소음도를 예측하기 위하여 새롭게 선정한 두 대상지역의 도로의 제한속도, 폭, 교통량을 정리한 것이며 Fig. 13은 건물배치를 나타낸 것이다.



Fig. 13. Layout of roadside buildings in target blocks P & Q.

Table 6. Road traffic conditions of P and Q blocks.

Blocks	Speed limit	Road width	traffic volume for 5 min	
			Light vehicle	Heavy vehicles
P	60 km/h	21 m	158	30
Q	30 km/h	9 m	65	8

대상지역의 가로변에 인접한 건물들을 P_n, Q_n, 인접한 두 건물 사이를 P_n-P_{n+1}, Q_n-Q_{n+1}로 명칭하고 건물들의 높이(h)와 이격거리(d)를 조사하였으며, 조사한 내용은 Tables 7에 정리하였다.

P지역과 Q지역의 건물들에 대하여 조사한 내용을 가지고 Eq. (1)을 통해 대상지역의 이면지역(X, Y)에서 감소된 소음도를 예측하였으며 대상지역의 가로변지역과 이면지역에서 측정된 소음도의 차이와 비

Table 7. Building height and separation distance of the consecutive buildings in P & Q blocks.

Block	P				Q			
	P1	P2	P3	P4	Q1	Q2	Q3	Q4
Building height (h)	12.3 m	16.4 m	21.8 m	14.3 m	6 m	4 m	8 m	8 m
Separation distance (d)	P1~P2	P2~P3	P3~P4		Q1~Q2	Q2~Q3	Q3~Q4	
	1 m	0.5 m	1.1 m		2.2 m	2.1 m	1.86 m	

Table 8. Comparison of the reduced noise levels at the X region of P & Q blocks both predicted (H) and measured values [dB(A)].

Blocks	Predicted value (H)	Measured noise difference	Number of error
P2	18	18.2	0.2
P3	21	21.4	0.4
P4	17	16.1	0.9
aver.	18	17.9	0.4
Q1	13	13.2	0.2
Q2	12	12.2	0.2
Q3	14	14.5	0.5
Q4	14	14.6	0.6
aver.	13.25	13.63	0.38

Table 9. Comparison of the reduced noise levels at the Y region of P & Q blocks both predicted (RN) and measured values [dB(A)].

Blocks	Predicted value (RN)	Measured noise difference	Number of error
P2-P3	19	19.8	0.8
P3-P4	16.5	15.9	0.6
aver.	17.2	17.6	0.8
Q1-Q2	8	8.8	0.8
Q2-Q3	8	8.3	0.3
Q3-Q4	12	11.7	0.3
aver.	9.3	9.6	0.47

교 하였다.

Table 8은 대상지역의 이면지역(X)에서 감소된 소음도의 예측값(H), 실측한 소음도의 차이, 오차를 정리하여 나타낸 것이며 Table 9은 이면지역(Y)에서 감소된 소음도의 예측값(RN), 실측한 소음도의 차이, 오차를 정리하여 나타낸 것이다.

건물의 이면지역(X)에서 감소된 소음도의 예측값(H)과 대상지역의 가로변지역과 이면지역에서 측정된 소음도의 차이를 비교하였을 때, P지역의 경우 0.1 dB(A)~0.9 dB(A)의 범위의 오차를 보였으며, Q지역의 경우 0.2 dB(A)~0.6 dB(A)의 오차를 보였다.

인접한 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도의 예측값(RN)과 대상지역의 가로변지역과 이면지역에서 측정된 소음도의 차이를 비교하였을 때, P지역의 경우 0.6 dB(A)~1 dB(A)의 범위의 오차를 보였으며, Q지역의 경우 0.3 dB(A)~0.8 dB(A)의 오차를 보였다.

건물의 이면지역(X)에서 감소된 소음도의 예측값(H)과 인접한 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 감소된 소음도의 예측값(RN) 모두 P 지역과 Q 지역에서 실제 감소된 소음도와 1 dB(A) 이내의 차이를 보여 소리의 크기를 식별할 수 있는 최소 강도차이인 3 dB(A) 이내로 들어오는 것을 확인 하였다.

V. 결 론

5.1 연구의 결론

본 연구에서는 도시블록의 가로변 건물배치형식을 분류하고 가로변지역과 이면지역의 소음도를 동시에 측정하였으며 측정된 소음도의 차이를 통해 가로변의 건물 배치형식에 따른 이면지역의 소음분포 상관성을 분석하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 가로에 인접한 블록에 단일 건물이 배치된 경우 건물의 높이(h)가 낮을수록, 건물의 폭이 길어질수록 이면지역의 소음도는 감소하는 것으로 나타났다.
- 2) 가로에 인접한 블록에 다수의 건물이 하나의 축으로 연속하여 배치된 경우 건물의 이면지역(X)에서, 소음도는 건물의 높이(h)가 4 m인

경우 약 12 dB(A)이 감소하였으며, 건물의 높이(h)가 4m씩 높아질 때마다 약 2 dB(A)씩 감소하였다.

- 3) 인접한 두 건물의 사이의 이면지역(Y)의 소음도는 인접한 두 건물 간의 이격거리(d)가 0.5 m씩 증가할수록, 약 1 dB(A)이 증가하였다.
- 4) 인접한 두 건물 간의 높이차(Δh)가 있을 경우, 인접한 두 건물사이의 이면지역(Y)에서 소음도는 두 건물 중 높이(h)가 낮은 건물에 의해 결정되며, 높이의 차이(Δh)가 4m씩 증가할 때마다 소음도는 1dB(A)씩 증가하였다.

이상의 분석결과를 바탕으로 도로 이면지역의 소음저감도를 예측 할 수 있는 새로운 식을 제안하였으며, 검증 실험을 통하여 이면지역의 소음저감도 예측치가 실제 측정값과 모두 1 dB이내의 오차범위에서 일치하는 것으로 나타났다.

이면지역 X와 Y지역 모두에서 나타난 1 dB(A) 이내의 오차는, 소리의 JND(Just Noticeable Difference)인 3 dB(A)보다 작은 수치이다.

본 연구를 통하여 가로변 건물이 이면지역으로 전달되는 도로교통소음에 미치는 영향을 조사하였으며, 가로변 건물의 배치와 건물의 제원만을 이용하여 이면지역의 소음을 예측할 수 있는 방안을 제시하였다.

5.2 향후 연구 과제

향후 연구를 진행하는데 있어 본 연구의 한계점을 인지하고 보완하여야 할 것으로 판단된다.

첫째, 본 연구는 단순한 블록의 형상과 건물배치 형태를 선정하여 진행하였다. 대도시의 경우 다양한 형상의 블록들이 존재하며 블록 내의 건물들의 배치 형태 또한 상이하다. 따라서 체계적으로 도시내 블록의 형상과 건물배치형태를 구분하고 분류하는 것이 필요하다.

둘째, 가로변 이면지역의 소음도에 영향을 주는 부수적 요인들을 고려한 연구가 필요하다. 비록 본 연구에서는 대상지역 내에 방음벽 및 방음림 등 소음을 측정하는데 있어 장애를 주는 요인이 없는 지역을 선정하여 연구를 진행하였으나 실제로 대부분의 가로변 이면지역에는 건물 주위에 간이창고, 경

계벽, 실외기, 주차장 등이 있는 경우가 대부분이며 이는 이면지역의 소음도에 대하여 많은 영향을 끼친다. 이면지역의 소음도를 연구하는데 있어 지역 특성을 고려한 연구가 필요할 것으로 판단된다.

셋째, 주행차량의 속도와 교통의 흐름에 영향을 주는 요인을 고려한 연구가 필요하다. 본 연구에서는 소음계의 측정시간을 10 s로 설정하여 주행신호 동안 이동하는 차량들의 도로교통소음을 측정하여 결과를 도출하였으나 교통신호, 방지턱, 교차로 등이 있는 경우 이면지역의 소음도 또한 다르게 나타날 것으로 판단된다. 또한 측정시간을 1 h, 12 h, 24 h로 설정하여 시간별 별 이면지역의 소음도 변화에 대한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

향후 보완된 연구가 진행된다면, 이면지역의 소음에 대하여 보다 정확한 예측이 가능할 것으로 기대된다.

References

1. J. H. Lee, *Evaluation of land quality in residential areas by road traffic noise mapping*, (Ph. D. Thesis, Gyeongsang National University, 2011).
2. J. W. Lee, *Prediction and analysis on the road traffic noise attenuation according to geometric conditions of the building nearby the roads*, (Master Thesis, University of Seoul, 2009).
3. C. M. Jang, *Statistical analysis of the relationships between measured road-traffic noise level and urban characteristics*, (Master Thesis, University of Seoul, 2017).
4. S. W. Lee, *A study on the improvement of the road traffic noise prediction through the case study*, (Master's thesis, Dong-A University, 2003).
5. B. S. Kim, C. H. Chi, and H. C. Choi, "A study on examination of property about Leq24 in road traffic noise environment standard evaluation" (in Korean), *Trans. Kr. Soc. Noise Vib. Eng.*, **17**, 274-281 (2007).
6. J. H. Jeong, D. G. Youk, B. K. Song, and H. C. Kim, "A study on the change of road traffic noise at the roadside apartments according to the traffic management" (in Korean), *J. Transportation. Soc. Kr.* **27**, 29-38 (2009).
7. J. H. Kim, H. G. Kim, and J. S. Kim, "Study on traffic noise in residential area near urban expressways" (in Korean), *Transportation. Soc. Korea*, **30**, 71-89 (2012).
8. *National Geographic Information Institute, Spatial*

Information Open Platform, <http://www.vworld.kr/dev/v4api.do>

9. *National Geographic Information Institute*, <http://map.ngii.go.kr/mn/mainPage.do/> 2015.
10. Y. S. Kim, *Analysis on the correlation of noise in the backside urban blocks with the plan of the roadside buildings*, (Master Thesis, Chungbuk National University, 2019).

저자 약력

▶ 김 용 성 (Yong-Seong Kim)



2017년 2월: 충북대학교 건축공학과 학사
2019년 2월: 충북대학교 건축공학과 석사
2019년 3월 ~ 현재: 충북대학교 건축음향 연구실 연구원

▶ 한 찬 훈 (Chan-Hoon Haan)



1983년 2월: 홍익대학교 건축학과 학사
1985년 2월: 연세대학교 건축공학과 석사
1993년 12월: University of Sydney 박사
1994년 9월 ~ 현재: 충북대학교 건축공학과 교수