

주변도로 분포가 학교건축물의 소음실태에 미치는 영향에 관한 연구

The Effect of Road Distribution Around the School Buildings on the Status of Study on the Effect of Noise

김 태 우* 이 강 국** 홍 원 화***
Kim, Tae-Woo Lee, Kang-Guk Hong, Won-Hwa

Abstract

This study investigates interior and exterior environments and arrangement forms of school buildings from elementary to high school which were recently built in Daegu since the 7th Educational Curriculum. In addition, this study analyses how outside noise affects inside environment of schools.

This study found that the noise level criteria of school facilities(such as exterior learning sites and outer walls of school buildings) adjacent to street of one side satisfiedly corresponded to the level and criteria, 65dB(A), of school health law. However, the noise level and vibration criteria of school facilities adjacent to street of two sides did not satisfiedly corresponded to the level or criteria, 65dB(A).

In case of classrooms, the inner noise of educational facilities with windows closed and also close to both the street of one side and of two sides satisfiedly corresponded to the level or criteria, 55dB(A), of school health law. In spring and fall, the windows are more open than usual for ventilation, and leaving windows open can lead to noise from outside. Thus, it is urgent to prepare for this situation.

키워드 : 학교 건물 형태, 교과교실규모, 소음, 환경기준

Keywords : School Buildings Forms, Classroom Size, Noise, Environmental Regulation

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

현대사회는 산업의 발달로 인한 도시인구의 과밀화 양상을 보이고 있으며, 도시지역의 편리한 교통소통을 위하여 주거지역은 도로에 인접하여 건설되고 있다. 또한, 주생활의 편리함을 위하여 근린주거지역에 인접한 학교건축물은 도로에 의한 도로소음 및 생활소음에 노출되어 있다. 특히 학교건축물은 7차 교육과정 이후 다양한 배치형태로

변화하였으며 이는 주변 환경과의 조화, 내부공간과 외부공간과의 유기적 연결, 도로 형태에 따른 출입방법 등에서 나타나고 있다. 또한, 교육정책에 대한 교육과정 실현을 위한 학습자 중심의 교육과 이에 따른 블록 배치가 요구되어지며, 실제 학교 신축 계획에서는 이를 반영한 배치계획이 요구되고 있으나 학교건축물의 쾌적한 내·외부 환경 조성에 대한 방향과 기준은 제시하지 못하고 있다.

학교건축물의 내·외부 환경계획은 학생의 생리적, 심리적, 성장발달에 매우 중요하다. 특히, 학교건축물의 쾌적한 환경 조성은 학업성취도에 큰 영향을 미치므로 이에 대한 면밀한 검토가 요구된다.

본 연구는 대구광역시 내의 2000년 이후에 개교한 초·중·고등학교를 대상으로 학교건축물의 내·외부 환경 및 배치 등을 조사하고 주변도로 분포가 학교건축물의 소음실태

* 정회원, 경북대 건축학부 박사 수료

** 정회원, 경일대 도시문제연구소 연구교수, 공학박사, 교신저자(ggyi@naver.com)

*** 정회원, 경북대 건축학부 교수, 공학박사

이 논문은 2009년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2009-353-D00025).

태에 미치는 영향에 대하여 조사하였다.

1.2 연구의 범위 및 방법

본 연구의 조사대상은 대구광역시 내의 2000년 이후에 개교한 초·중·고등학교를 대상으로 학교 주변의 도로분포 현황을 조사하고 학교건축물의 내·외부 환경 및 배치를 조사하고 주변도로 분포가 학교건축물의 소음실태에 미치는 영향에 대하여 분석하였다.

연구의 방법으로는 첫째, 학교건축물주변의 도로분포현황을 조사하였으며, 교육시설의 배치형태조사를 통한 선호도분석을 하였다. 둘째, 학교건축물주변의 도로분포현황별 도로소음을 현장 측정하였다. 셋째, 현장측정의 결과 값에 의한 시뮬레이션을 이용하여 교사내의 소음레벨 및 건축물의벽까지 도달하는 소음레벨에 대하여 분석하였다. 넷째, 실외소음레벨을 이용하여 학교건축물의 개구부 및 창호로 투과되어 유입되는 실내소음을 분석하였다.

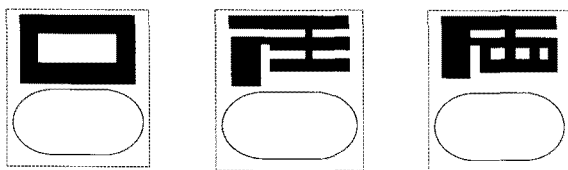
2. 학교건축물의 교과교실 단위면적 및 환경기준

2.1 학교건축물의 배치특성¹⁾

학교의 배치계획은 교사, 체육관, 교정, 그라운드, 코트 등 각각의 환경을 잘 확보하는 것이 매우 중요하며 부지의 모양이나 규모, 각 교사의 위치와 상호관계, 주변에 대한 영향, 교문에서의 접근 등 검토해야 할 요소들이 많으며, 대지조건과 경계조건이 허용하는 한 저층화하여야 한다. 또한, 교사의 면적은 학교가 채택한 운영방식과 교육과정 등에 따라 차이가 있으므로 획일적 규준을 정하기는 어렵다.

교사는 지금까지 부지의 북쪽에 1열로 세워진 경우가 많지만, 교사 주위에 쾌적한 환경을 만들고 조용하며 안정된 학습공간을 확보하기 위해서는 동쪽이나 서쪽, 혹은 그늘 등의 문제로 중앙이나 남쪽에 배치하는 경우도 있다.

학교배치는 크게 폐쇄형태, 분산병렬형태, 집합형태로 나눌 수 있다.

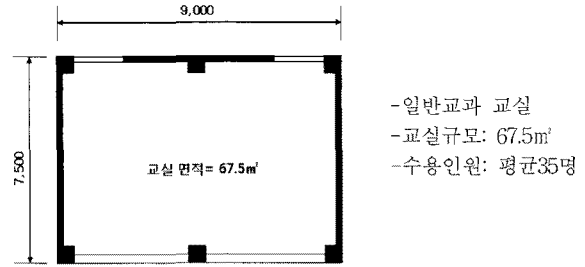


a. 폐쇄형 b. 분산병렬형 c. 집합형
그림 1. 배치형식

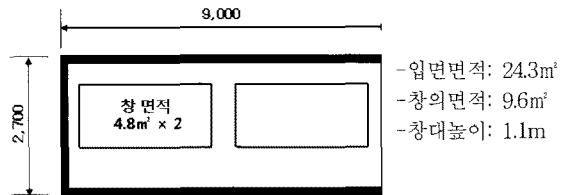
1) 이광노 외 4인, 건축계획, 문운당

2.2 일반교실의 단위면적

현재 우리나라에서는 표준설계도는 폐지하였으며 지방교육청 및 그 지역의 특성에 어우러지는 학교건축물을 설계하고 있으며 일반교실의 규모는 초등학교 저학년을 제외한 그 크기는 9.0m×7.5m로 되어 있으며 면적은 67.5㎡에 해당한다. 또한, 1인당 면적은 학급당 학생명수에 따라 차이가 있다 할 수 있으며 교실의 일반적 규모는 그림 2와 같다.



a. 일반교실의 평면규모



b. 일반교실의 높이

그림 2. 교과교실의 일반적 규모

2.3 학교건축물의 환경기준²⁾

7차 교육과정에 의한 학교건축물의 환경기준인 교사내의 소음기준은 55dB이하이며 학습 환경의 소음기준 “학교보건법 시행령 제20조, 학교보건법 시행규칙 제9조”에 의한 소음기준은 표 1과 표 2와 같다. 표 1의 환경위생기준은 실내의 소음기준이며, 표 2는 학교용지의 소음기준은 실외의 기준이다.

표 1. 환경위생기준

구분	기준내용
온도	• 겨울철 : 18℃ 이상 20℃ 이하 • 여름철 : 26℃ 이상 28℃ 이하
습도	• 상대습도 : 30% 이상 80% 이하
환기	• 1인당 환기량 21.6㎡/시간
CO ₂	• 1인당 평균 1,000ppm이하
미세먼지	• 24시간 평균 1㎡당 15mg
조도	• 300Lux 이상
채광	• 옥외수평조도와 실내조도와의 비가 평균5%이상 (최대 2% 이상)

2) 학교보건법 시행령 제20조, 학교보건법 시행규칙 제9조

채광	<ul style="list-style-type: none"> 최대조도와 최소조도와의 비율이 10:1을 넘지 않을 것 교실 바깥의 반사물로부터 눈부심이 발생되지 않을 것
소음	55dB 이하(실내기준)

표 2. 학교용지의 소음 기준(실외기준)

구분	주간 (07:00~18:00)	야간 (18:00~07:00)
소음[dB(A)]	65이하	50이하

2.4 도로소음

도로소음은 주로 교통원에 의해 발생하며 우리나라는 해마다 자동차의 수는 증가하고 있다. 차량에 의한 소음은 교통량과 차량의 속도, 타이어와 노면의 마찰 등의 영향에 의한 것이라 할 수 있다. 소음의 경감대책으로는 크게 두 가지로 나눌 수가 있는데 첫째는 소음원으로부터 거리 확보로써 음원의 형태, 크기를 전파하여 그 세기를 저감하는 방법이다. 둘째는 벽을 이용한 음원의 차단 및 반사 흡수하는 방법으로 다양한 방법 등이 있다.

3. 학교건축물의 배치 및 주변 현황분석

대구광역시내의 2000년 이후의 개교한 학교를 대상으로 주변도로에 의한 소음원이 교육시설에 미치는 정도를 파악하기 위하여 먼저 학교건립 수를 조사하였으며 학교의 수는 표 3과 같다.


표 3. 2000년 이후 개교한 교육시설 현황






교육시설	초등학교	중학교	고등학교
개수	37	18	16

3.1 학교건물의 배치형태 선호도 조사 분석

7차 교육과정 개정 이후 개교한 학교를 대상으로 현재 교육시설의 배치형태의 선호도를 조사하였으며 배치유형의 종류는 표 4와 같이 분류하여 조사하였다.

표 4. 학교건축물의 배치형태 분류

형식	구분		특성
	유형	형태	
폐쇄형	ㄷ자형		교사동의 평면형태가 ㄷ자 형태를 취하고 있는 형으로 ㄷ열형의 변형 형태

	ㄷ자형		교사동의 평면형태가 ㄷ자 형태를 취하고 있는 형으로 ㄷ열형의 변형 형태
분산형	ㄱ열형		2동 이상의 교사동이 2열로 평행하게 배열되며 동과 동을 연결한 형태
	E열형		ㄱ열형의 변형 형태
집합형	一열형		한 동으로 교사가 배치된 형태
	ㄱ자형		一열형의 변형으로 운동장을 동쪽 또는 서쪽으로 이용 가능한 형태

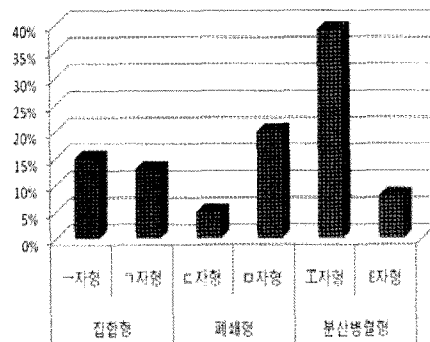
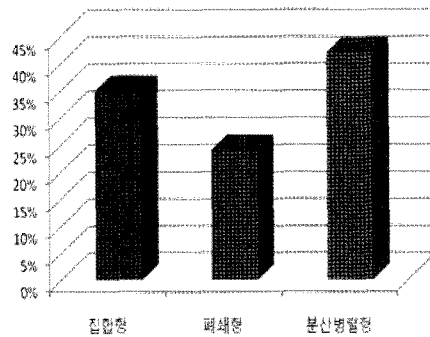


그림 3. 배치형태의 분포현황

배치형식의 조사 분석결과 초등학교의 경우 집합형태 32%, 폐쇄형태 29%, 분산병렬형태 39%로 나타났으며, 중학교의 경우 집합형태 39%, 폐쇄형 22%, 분산병렬형태 39%이며, 고등학교의 경우 집합형태 36%, 폐쇄형태 14%, 분산병렬형태 50%로 나타났다. 또한, 초·중·고등학교 전체

의 경우 집합형태 35%, 폐쇄형태 24%, 분산병렬형태 41%로 학교건축물의 배치형식은 분산병렬형태가 가장 높게 나타났다. 배치형태의 경우 ㄷ자형 5%, E자형 8%, 7자형 13%, 一자형 15%, ㄱ자형 20%, 工자형 39%, 순으로 工자형이 가장 높게 나타났다. 현재 학교건축물에서의 배치형태의 선호도를 분석한 결과 분산병렬형태의 工자 형태의 학교건축물이 높은 선호도를 나타내었다.

따라서 본 연구에서의 소음 분석은 선호도가 가장 높은 工자 형태를 주 대상으로 선정하여 학교부지 및 교과교실 내의 음환경에 대해 분석하고자 한다.

3.2 학교주변 도로분포현황 조사 분석

산업의 발달과 경제 수준의 상승으로 우리나라의 차량은 증가하였다. 또한, 도로의 수준과 교통량 역시 증가하였으며 도로에 의한 소음은 주변 건축물에 악영향을 미치는 것 또한 높아졌다.

2000년 이후 개교한 학교주변의 도로분포현황 및 분포현황에 따른 소음레벨을 조사하였으며 표 5와 같이 분류하여 조사하였다.

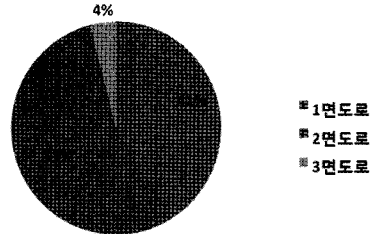
표 5. 학교건축물 주변의 도로분포 분류

구분	분포형태	개념
1면 도로		학교교사부지 4면 중 1면에 도로가 위치한 것을 의미함
2면 도로		학교교사부지 4면 중 2면에 도로가 위치한 것을 의미함
3면 도로		학교교사부지 4면 중 3면에 도로가 위치한 것을 의미함

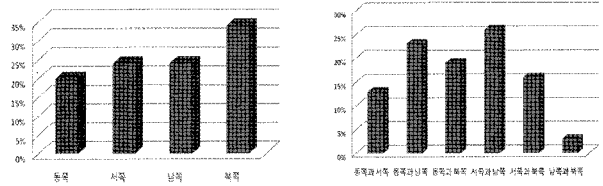
* 도로의 기준은 왕복 4차선 이상의 도로를 대상으로 조사함

학교주변의 도로분포현황 조사 분석결과 1면 도로에 접한 학교교사의 경우 41%, 2면 도로에 접한 학교교사는 55%, 3면 도로에 접한 학교교사의 경우는 4%로 학교교사부지주변의 도로분포는 2면 도로면에 접한 경우가 가장 높은 것으로 나타났으며, 1면 도로에서 도로의 위치는 동쪽 20%, 서쪽 24%, 남쪽 24%, 북쪽 34%로 나타났다. 2면 도로에서의 도로의 위치는 동쪽과 서쪽 13%, 동쪽과 남쪽 23%, 동쪽과 북쪽 19%, 서쪽과 남쪽 26%, 서쪽과 북

쪽 16%, 남쪽과 북쪽 3%로 나타났으며, 3면의 경우에는 동쪽 서쪽 북쪽, 서쪽 남쪽 북쪽에 면하는 것으로 나타났다. 또한, 3면 도로에 위치한 학교건축물의 한 면은 2차선 미만 도로로 분포하는 것으로 소음의 발생우려는 낮은 것으로 나타났다(그림4).



a. 학교주변의 도로분포현황

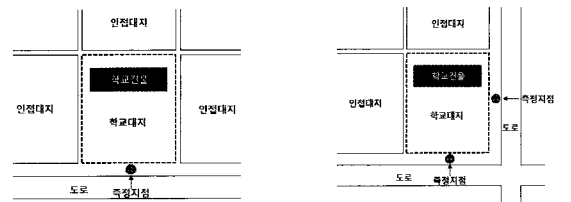


b. 1면 도로의 방위별 분포현황 c. 2면 도로의 방위별 분포현황

그림 4. 학교건축물 주변의 도로별 분포현황

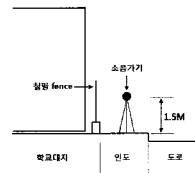
따라서 본 연구에서의 도로변 소음해석은 1면 도로와 2면 도로에 면하고 있는 학교건축물을 대상으로 소음의 측정 및 소음해석을 실시하고자 한다.

3.3 도로분포에 의한 소음레벨 측정 분석



a. 1면 도로 소음측정 지점

b. 2면 도로 소음측정 지점



c. 소음측정위치 및 높이



d. 소음측정기-NL32

그림 5. 도로소음 측정위치 및 측정기기

2000년 이후 개교한 학교주변 도로를 대상으로 소음레벨을 측정하였으며 측정은 1면 도로의 경우와 2면 도로의 경우에 한하여 측정을 실시하였으며 3면 도로의 경우 3면 중 한 면이 2차선 미만으로 차량소음의 우려가 낮은 것

로 판단되어 3면 도로에 면한 도로의 소음 측정 및 교육 시설에 미치는 영향은 제외하였다.

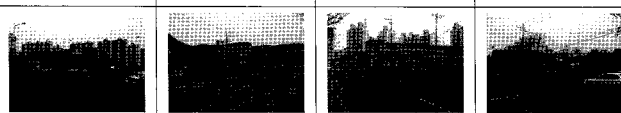
측정방법³⁾은 학교부지의 경계선으로부터 1m, 지면으로부터 1.2~1.5m 이격하여 소음측정을 실시하였으며 소음 측정 시간은 주간시간대의 07:00~18:00시의 등교 1시간경과 후인 10시에서 11시 사이에 지점별 5분간 1회 소음측정을 실시하였다. 소음의 측정지점과 위치 및 측정기기는 그림 5와 같다.

교육시설인 학교건축물에 면하고 있는 도로현황은 1면 도로의 경우 4차선에서 8차선까지의 도로에 면하고 있는 학교건축물을 대상으로 측정하였으며 2면 도로의 경우 4차선에서 6차선까지의 도로에 면한 학교건축물을 대상으로 측정하였다. 각 도로의 차량규계속도는 60 ~ 80km이다.

도로소음은 Case별 측정을 하였으며, case1-4는 1면 도로에 면하고 있는 측정값이며, case 5-6은 2면 도로에 면

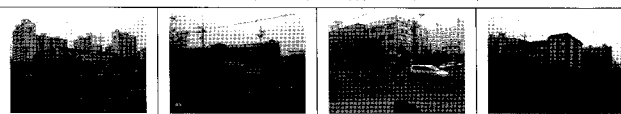
표 6. 등교시간대와 이후의 도로변 소음실측치

단위[dB(A)]			
측정값	Leq	Lmax	Lmin
Case.1	70.6	84.1	55.9
Case.2	72.5	85.5	59.8
Case.3	68.6	79.4	42.1
Case.4	69.3	81.3	47.7
평균 값	70.3	82.6	51.4
Case.5	70.2	83.9	55.3
	70.1	84.1	39.8
Case.6	70.5	89.9	39.6
	69.8	81.3	47.7
Case.7	68.0	84.3	50.9
	69.1	85.2	53.1
Case.8	70.7	86.4	57.1
	69.3	88.4	57.1
평균 값	69.7	85.4	50.1



Case.1 Case.2 Case.3 Case.4

a. 1면 도로에 면하고 있는 학교건축물



Case.5 Case.6 Case.7 Case.8

b. 2면 도로에 면하고 있는 학교건축물

3) 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조제2항의 규정에 의한 공동주택지점의 실외소음도와 실내소음도 측정기준-국토해양부 고시 제 2009-655호

하고 있는 측정값으로 학교주변도로현황 및 Case별 소음 측정결과 값은 표 6과 같다.

소음측정결과 1면 도로의 경우 도로Case별 소음레벨 Leq 70.3dB(A), Lmax 82.6dB(A), Lmin 51.4dB(A)로 측정되었으며, 2면 도로의 경우 각 도로Case별 소음레벨 Leq 69.7dB(A), Lmax 85.4dB(A), Lmin 50.1dB(A)로 측정되었다. 따라서 본 연구에서 선정한 학교건축물 주변의 소음레벨은 1면 도로와 2면 도로의 등가소음의 평균값은 70dB(A)를 분포하는 것으로 실측되었다.

4. 학교건축물의 주변도로에 의한 소음해석

소음의 해석은 학교건물의 배치형태 선호도 조사 분석 결과를 바탕으로 현재 보편적이면서 가장 많이 분포하고 있는 분산병렬형태의 그자 형태인 학교건축물을 대상으로 소음해석을 실시하였다.

도로 교통 예측시뮬레이션에 사용된 프로그램은 벨기에의 LMS사에서 제작한 순수 음향해석 소프트웨어인 RAYNOISE를 이용하였으며 해석 방법은 Combined MISM-RTM Algorithm이 고려된 Beam Tracing Method이다. 소음해석을 위한 순서 및 입력은 그림 6과 같다.

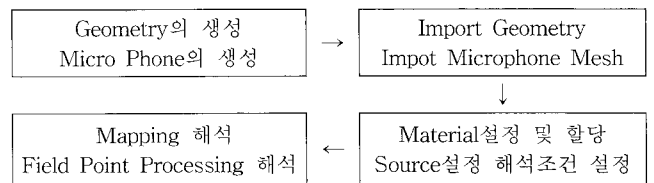


그림 6. 프로그램 활용 순서 및 입력 흐름도

4.1 옥외학습장 소음해석

옥외학습장은 교과를 실시하는 곳이므로 특별교실의 하나라 생각할 수 있다. 교실과 교실의 사이에 소음이나 시야를 차단하기 위하여 격벽이 필요한 것과 같이 옥외학습장역시 주변 환경으로부터 소음이나 시야 등으로 보호를 하여야하므로 소음에 대한 해석을 실시하였다.

(1) 1면, 2면 도로에 인접한 옥외학습장 소음해석결과

학교부지내의 소음해석은 배치형태의 선호도조사 결과를 바탕으로 가장 많이 나타난 형태인 그자형태를 선택하여 실측한 값을 적용하였으며 해석지점은 도로에서 가장 가까운 학교부지 경계선에서 2m지점과 운동장의 중앙부지점, 학교건축물의 외벽에서 1m 떨어진 지점 3곳을 해석하였다.

소음해석모델링 및 도로분포현황별 해석지점 및 소음원의 위치는 도로 중앙선 지점의 전체 면을 소음발생원으로 설정하였으며 음원은 차량소음 등으로 본 연구에서 활용한 프로그램의 내장된 소스인 70dB(A)을 선정하였다.

그림 7은 옥외학습장 소음해석모델링 격자와 해석지점 및 소음원위치이다.

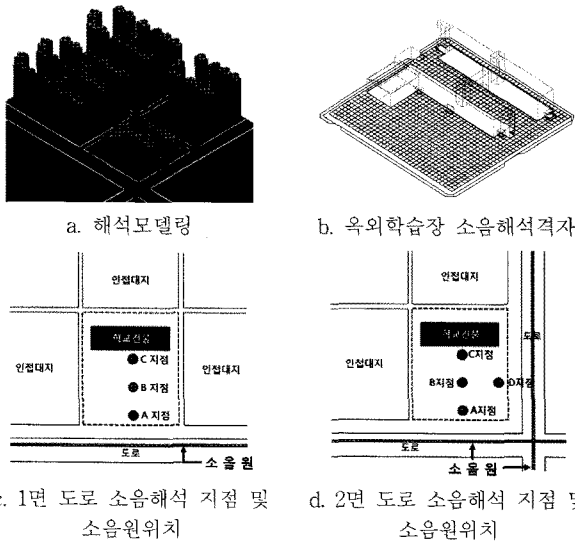


그림 7. 옥외학습장 소음해석모델링 격자 및 해석지점

교육시설의 옥외학습장의 소음해석결과map은 그림 8과 같으며 주파수별 소음레벨은 표 7과 같다.

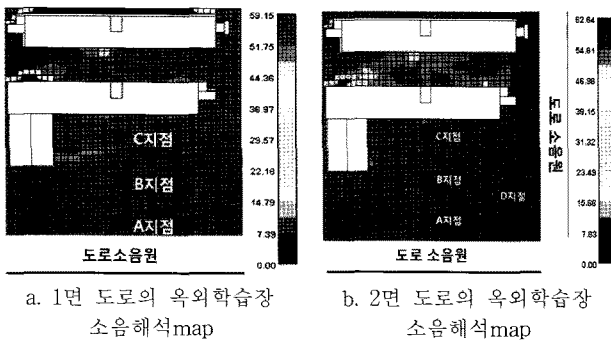


그림 8. 옥외학습장 소음해석결과map

1면 도로에 인접한 학교건축물의 경우 옥외학습장인 운동장의 부지에 의하여 학교건축물까지의 소음의 영향은 거리에 의해 감소하는 것으로 나타났다.

2면 도로에 인접한 학교건축물의 경우 1면 도로와는 달리 학교건축물에 직접적인 영향을 주는 것으로 1면 도로의 경우보다 높은 소음레벨이 나타나는 것으로 해석되었다. 또한, 1면 도로와 2면 도로의 소음해석결과 지점별 소

음레벨은 2면에 인접한 경우가 1면보다 2dB(A) 높게 해석되었으며 2면에 접한 D지점의 경우 2면 도로의 교차로에 가장 인접한 지점으로 소음역시 다른 지점보다 높게 나타났다(표7).

표 7. 도로분포별 옥외학습장 주파수대역별 소음해석결과 단위[dB(A)]

1면 도로에 인접한 지점별 소음해석결과						
주파수	125	250	500	1000	2000	4000
A지점	54.5	56.5	58.5	54.5	50.4	46.4
B지점	54.4	56.4	58.4	54.4	50.3	46.3
C지점	51.6	53.6	55.6	51.5	47.5	43.4
2면 도로에 인접한 지점별 소음해석결과						
A지점	56.3	58.2	60.2	56.2	52.2	48.4
B지점	56.1	58.0	60.0	56.0	52.0	48.2
C지점	53.2	55.2	57.2	53.2	49.1	45.5
D지점	58.3	60.4	62.3	58.3	54.3	50.9

4.2 건축물외벽 소음해석

학교건축물에서의 교실내의 소음은 실외소음에 의해 소음의 높고 낮음이 좌우되므로 소음원으로부터 얼마나 이격되어있는지가 매우 중요하다 할 수 있다. 또한, 건축물의 외벽 및 개구부의 차음성능에 따라 외부소음의 투과흡수에 의해 실내소음은 결정됨으로 소음원으로부터 외벽에 도달하는 소음을 파악하기위하여 실시하였다.

(1) 1면, 2면 도로에 인접한 건축물외벽 소음해석결과

교육시설인 학교건축물의 소음해석은 외벽으로부터 1m 떨어진 곳을 해석지점으로 소음원에서 가장 가까운 건축물의 외벽 및 소음원을 마주하는 교실의 외벽을 지점으로 설정하였으며 건축물의 층별 지점을 설정하였다. 건축물의 외벽 소음해석격자 및 지점은 그림 9와 같다.

학교건축물의 외벽에 대한 소음해석결과 map은 그림 10, 그림 11과 같으며 지점별 주파수대역별 소음레벨은 표 8, 표 9와 같다.

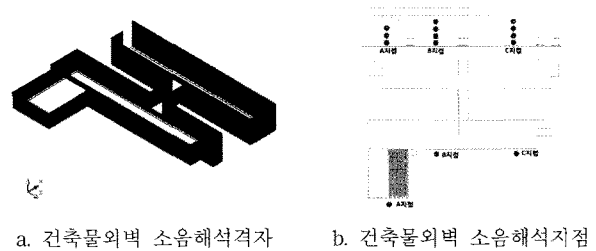


그림 9. 건축물외벽 소음해석격자 및 지점

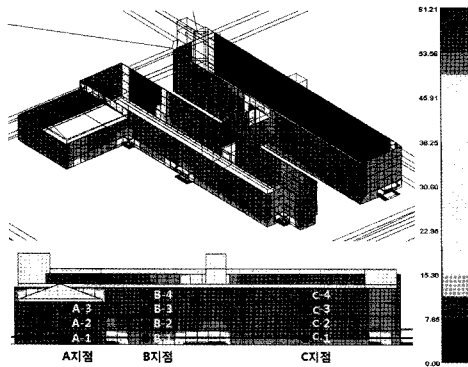


그림 10. 1면 도로에 인접한 학교건축물외벽 소음해석결과map

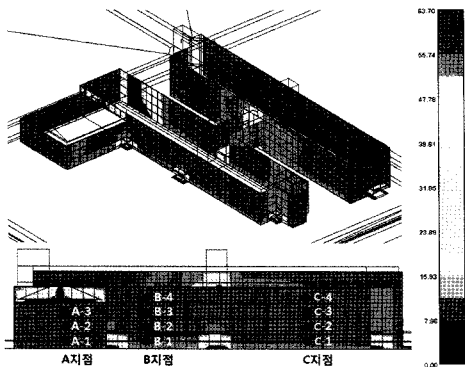


그림 11. 2면 도로에 인접한 학교건축물외벽 소음해석결과map

학교건축물의 외벽의 소음레벨은 1면 도로에 인접한 경우 각 지점별 주파수대역별 2dB(A)의 차이를 보였으며 2면 도로에 인접한 학교의 경우 A지점과 B지점의 차이는 주파수대역별 5dB(A)이며 C지점과 B지점은 4dB(A)의 차이를 보였다.

표 8. 1면 도로에 인접한 학교건축물외벽 지점별 소음해석결과 단위[dB(A)]

A지점						
주파수	125	250	500	1000	2000	4000
A-1	55.4	57.4	59.4	54.4	51.3	48.3
A-2	55.8	57.8	59.8	54.8	51.7	48.7
A-3	56.2	58.2	60.2	55.2	52.1	49.1
B지점						
B-1	52.2	54.2	56.1	51.1	48.1	45.0
B-2	52.3	54.2	56.2	51.2	48.1	45.0
B-3	53.1	55.1	57.0	53.0	49.0	45.0
B-4	53.1	55.1	57.0	53.0	49.0	45.0
C지점						
C-1	53.1	55.1	57.0	53.0	49.0	44.9
C-2	53.1	55.1	57.0	53.0	48.9	45.0
C-3	53.1	55.1	57.0	53.0	49.0	45.0
C-4	53.2	55.2	57.1	53.1	49.1	45.1

표 9. 2면 도로에 인접한 학교건축물 외벽 지점별 소음해석결과 단위[dB(A)]

A지점						
주파수	125	250	500	1000	2000	4000
A-1	54.5	56.5	58.5	54.5	50.5	46.5
A-2	57.4	59.4	61.3	57.3	53.3	49.3
A-3	57.4	59.4	61.3	57.3	53.3	49.3
B지점						
B-1	55.9	57.8	59.8	55.8	51.8	47.7
B-2	55.9	57.8	59.8	55.8	51.8	47.7
B-3	56.4	58.3	60.3	56.3	52.2	48.1
B-4	55.9	57.9	59.8	55.8	51.8	47.7
C지점						
C-1	56.5	58.4	60.4	56.4	52.3	48.2
C-2	56.5	58.4	60.4	56.4	52.3	48.2
C-3	56.5	58.4	60.4	56.4	52.3	48.2
C-4	55.7	57.5	59.6	55.7	51.5	47.6

4.3 주파수 대역별 음의 합성 결과

학교부지 내의 옥외학습장 및 건물외벽에 대한 주파수별 소음레벨을 합성하였으며 합성방법으로는 주택건설기준 등에 관한 규정의 제9조제2항의 규정에 의한 공동주택 지점의 실외소음도와 실내소음도 측정기준에 고시한 식을 사용하였으며 식14)과 같다.

사용변수는 주파수별 값을 의미하는 것으로 125Hz에서 4000Hz까지를 적용하였다.

$$\text{실내} \cdot \text{외소음도} = 10 \log \left(10^{\frac{L_{125\text{Hz}}}{10}} + \dots + 10^{\frac{L_{4000\text{Hz}}}{10}} \right) \text{dB(A)} \quad (\text{식1})^5$$

(1) 옥외학습장

옥외학습장의 각 지점별 합성하였으며 1면 도로에 인접한 학교의 옥외학습장의 합성소음레벨은 A지점 62.7dB(A), B지점 62.6dB(A), C지점 59.8dB(A)로 나타났으며 A지점과 B지점의 경우 소음의 레벨은 일정하였으나 C지점의 경우 A지점과 B지점의 소음레벨보다 3dB(A) 감소되는 것으로 나타났다. 이는 일정한 거리가 확보되어야 감쇠가 됨을 알 수 있다. 2면 도로에 인접한 경우역시 1면 도로와 동일한

- 4) 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조제2항의 규정에 의한 공동주택지점의 실외소음도와 실내소음도 측정기준-국토해양부 고시 제 2009-655호
- 5) 소리의 크기 측정은 -10dBHL에서 120dBHL까지 이루어질 수 있지만 모든 주파수에서 동일한 크기까지 측정되는 것은 아니다. 예를 들면 125Hz에서 75dBHL 이상의 측정은 불가능하다. 그 이유는 기계적인 한계도 있지만 울림이 너무 커서 촉각적 지각인지 아니면 청각적 지각인지를 판단하기 어려울 수 있기 때문이다.

감쇠를 나타내었으며 A지점 64.5dB(A), B지점 64.2dB(A), C지점 61.4dB(A), D지점 66.6dB(A)로 교차로에 가장 가까운 D지점의 소음레벨이 가장 높게 나타났으며 학교건축물에 직접적인 영향을 미치는 것으로 판단된다. 또한, 1면에 인접한 학교육외학습장보다 2dB(A) 높게 나타났으며 2면 도로에 인접한 D지점의 경우가 가장 높게 나타났다.

표 10. 1면 도로에 인접한 육외학습장 합성음의 결과
단위[dB(A)]

1면 도로에 인접한 지점별 소음해석결과	
지점	합성소음
A지점	62.7dB(A)
B지점	62.6dB(A)
C지점	59.8dB(A)

표 11. 2면 도로에 인접한 육외학습장 합성음의 결과
단위[dB(A)]

2면 도로에 인접한 지점별 소음해석결과	
지점	합성소음
A지점	64.5dB(A)
B지점	64.2dB(A)
C지점	61.4dB(A)
D지점	66.6dB(A)

1면 도로에 인접한 학교건축물의 육외학습장의 경우 학교보건법 시행령 제20조, 학교보건법 시행규칙 제9조에 의한 소음기준인 65dB(A)을 만족하였으며 2면 도로에 인접한 학교건축물의 경우 학교보건법 시행규칙 제9조에 의한 소음기준인 65dB(A)을 불만족하였다.

(2) 건축물 외벽

학교건축물 외벽의 각 지점별 주파수별 소음레벨을 합성하였으며 1면 도로에 인접한 학교건축물외벽의 합성소음레벨은 A지점의 경우 저층 63.5dB(A), 중간층 63.9dB(A), 최상층 64.3dB(A)의 분포를 보였으며 B지점의 경우 저층 60.3dB(A), 중간층 60.3~61.3dB(A), 최상층 61.3dB(A)이었으며 C지점의 경우 저층 61.3dB(A), 중간층 61.3dB(A), 최상층 61.4dB(A)로 중간층과 동일한 소음레벨의 분포로 나타났다.

2면 도로에 인접한 학교건축물외벽의 합성소음레벨은 A지점의 경우 저층, 중간층, 최상층 62.7~65.7dB(A)의 소음 분포로 나타났으며 B지점의 경우 저층64.0dB(A)의 소음레벨을 나타내었으며 중간층은 64.0~64.5dB(A), 최상층은 64.1dB(A)의 소음레벨로 나타났다. C지점의 경우 소음레벨은 63.8~64.6dB(A)의 분포를 보였다.

이는 중간기 계절인 봄, 가을 실내환기를 위해 창문개방

시 실외에서 실내로 도로소음이 유입됨에 따라 쾌적한 작업공간의 소음에 대한 지해요인이 된다. 또한, 입실자의 호흡 및 활동에 대한 실내공기오염의 자연환기 미흡으로 인한 실내공기질의 오염의 요인이 될 것으로 판단된다.

표 12. 1면 도로에 인접한 학교건축물 외벽 지점별 소음해석결과
단위[dB(A)]

1면 도로에 인접한 건축물외벽의 지점별					
A	합성소음	B	합성소음	C	합성소음
A-1	63.5	B-1	60.3	C-1	61.3
A-2	63.9	B-2	60.3	C-2	61.3
A-3	64.3	B-3	61.3	C-3	61.3
		B-4	61.3	C-4	61.4

표 13. 2면 도로에 인접한 학교건축물 외벽 지점별 소음해석결과
단위[dB(A)]

2면 도로에 인접한 건축물외벽의 지점별					
A	합성소음	B	합성소음	C	합성소음
A-1	62.7	B-1	64.0	C-1	64.6
A-2	65.6	B-2	64.0	C-2	64.6
A-3	65.6	B-3	64.5	C-3	64.6
		B-4	64.1	C-4	63.8

4.4 학교교실의 실내소음레벨 평가

학교주변의 도로소음으로부터 육외학습장 및 창호를 투과, 흡수에 의해 교실의 실내에 미치는 소음레벨을 예측하였다. 실내소음도 예측순서는 다음과 같다.

첫째 실외소음도의 결정, 둘째 창호의 음향투과손실(transmission loss) 값 결정, 셋째 실외소음도와 창호의 음향계수 값의 차이 산출, 넷째 실내흡음력 보정, 다섯째 합성에 의해 실내소음도를 산출하였으며 실내흡음력 보정을 위한 계산방법 식²⁶⁾ 및 흡음력 보정 계산을 위한 1/1 옥타브밴드별 표준잔향시간은 표 14와 같다.

표 14. 흡음력 보정 계산을 위한 1/1옥타브밴드별 표준잔향시간(T)

주파수(Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
잔향시간(s)	1.1	1.1	1.3	1.3	1.0	0.8

$$3 - 10 \log(A/S) \tag{식2}$$

여기에서 A : 흡음력(m²)(A=0.16V/T)

V : 공간의 체적(m³)

T : 잔향시간(s)

6) 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제9조제2항의 규정에 의한 공동주택지점의 실외소음도와 실내소음도 측정기준-국토해양부 고시 제2009-655호

S : 창호를 포함한 외벽의 면적(m²)

학교건축물의 창호사용은 외부창호의 경우 5mm 이중창호를 사용하고 있으며 복도 측 내부창호는 3mm 단일창호를 사용하고 있다. 학교건축물의 학급당 교실의 공간체적은 그림 2와 같이 182.25m³으로 창호를 포함한 학급당 교실외벽의 면적은 24.3m²이며 창호의 음향감쇠 계수 및 학교교실의 단면은 표 15와 같다.

표 15. 창호의 음향투과손실(transmission loss)⁷⁾

유리두께		주파수별 투과손실 dB					
외측	내측	125	250	500	1000	2000	4000
5mm	5mm	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5

(1) 1면 도로에 인접한 학교의 실내소음레벨결과

실외소음도의 결정은 각 지점별 가장 높은 외벽소음으로 결정하였으며 지점별 실내 합성소음레벨은 표 16과 같다.

학교건축물의 외벽소음레벨에 의한 교실실내합성소음레벨은 A지점 40.4dB(A), B지점 37.4dB(A), C지점 37.5dB(A)의 실내소음레벨을 나타내었으며 학교실내 소음기준인

표 16. 지점별 실내합성소음도

A지점							
순서	검토항목	주파수[Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
①	실외소음결정	56.2	58.2	60.2	55.2	52.1	49.1
②	창호의 음향투과손실	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5
③	①-②	35.2	31.2	29	24.6	22.3	10.6
④	실내흡음력보정	2.6	2.6	3.3	3.3	2.1	1.2
⑤	실내소음도	37.8	33.8	32.3	27.9	24.4	11.8
합성 실내소음도		40.4dB(A)					
B지점							
①	실외소음결정	53.1	55.1	57.0	53.0	49.0	45.0
②	창호의 음향투과손실	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5
③	①-②	32.1	28.1	25.8	22.4	19.2	6.5
④	실내흡음력보정	2.6	2.6	3.3	3.3	2.1	1.2
⑤	실내소음도	34.7	30.7	29.1	25.7	21.3	7.7
합성 실내소음도		37.4dB(A)					
C지점							
①	실외소음결정	53.2	55.2	57.1	53.1	49.1	45.1
②	창호의 음향투과손실	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5
③	①-②	32.2	28.2	25.9	22.5	19.3	6.6
④	실내흡음력보정	2.6	2.6	3.3	3.3	2.1	1.2
⑤	실내소음도	34.8	30.8	29.2	25.8	21.4	7.8
합성 실내소음도		37.5dB(A)					

7) 손장열, 실험실과 현장에서의 차의 차음성능 평가에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 v.11 n.8(1995-08)

55dB(A)을 만족하는 것으로 나타났다.

(2) 2면 도로에 인접한 학교의 실내소음레벨결과

2면의 도로에 인접한 학교역시 1면의 도로에 인접한 동일한 방법으로 하였으며 실내 합성소음레벨은 표 17과 같다.

표 17. 지점별 실내합성소음도

A지점							
순서	검토항목	주파수[Hz]					
		125	250	500	1000	2000	4000
①	실외소음결정	57.4	59.4	61.3	57.3	53.3	49.3
②	창호의 음향투과손실	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5
③	①-②	36.4	32.4	30.1	26.7	23.5	10.8
④	실내흡음력보정	2.6	2.6	3.3	3.3	2.1	1.2
⑤	실내소음도	39.0	35.0	33.4	30.0	25.6	12.0
합성 실내소음도		41.7dB(A)					
B지점							
①	실외소음결정	56.4	58.3	60.3	56.3	52.2	48.1
②	창호의 음향투과손실	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5
③	①-②	35.4	31.3	29.1	25.7	22.4	9.6
④	실내흡음력보정	2.6	2.6	3.3	3.3	2.1	1.2
⑤	실내소음도	38.0	33.9	32.4	29.0	24.5	10.8
합성 실내소음도		40.6dB(A)					
C지점							
①	실외소음결정	56.5	58.4	60.4	56.4	52.3	48.2
②	창호의 음향투과손실	21.0	27.0	31.2	30.6	29.8	38.5
③	①-②	35.5	31.4	29.2	25.8	22.5	9.7
④	실내흡음력보정	2.6	2.6	3.3	3.3	2.1	1.2
⑤	실내소음도	38.1	34.0	32.5	29.1	24.6	10.9
합성 실내소음도		40.7dB(A)					

학교건축물의 외벽소음레벨에 의한 교실실내합성소음레벨은 A지점 41.7dB(A), B지점 40.6dB(A), C지점 40.7dB(A)의 실내소음레벨을 나타내었으며 학교실내 소음기준인 55dB(A)을 만족하는 것으로 나타났다.

하지만, 중간기 계절인 봄, 가을 실내환기를 위해 창문 개방 시 실외소음의 유입됨에 따라 교실내의 소음레벨은 62dB(A)에서 64dB(A)로 실내소음 기준의 7~9dB(A)높은 것으로 중간기 창문개방에 따른 실내소음기준은 불만족하는 것으로 판단된다.

5. 결론

본 연구는 학교건축물의 내·외부 환경 및 배치 등을 조사하고 주변도로 분포가 학교건축물의 소음실태에 미치는 영향에 대하여 분석하였으며 다음과 같은 결론을 도출하였다.

(1) 대구광역시 내의 2000년 이후 학교건축물은 초·

중·고등학교는 71개교로 학교건축물 방위의 선호도는 남향으로 조사결과 나타났으며 학교건축물의 배치형식은 50%를 차지한 분산병렬형태의 I 자형 배치형태가 39%로 현재 학교건축물에서 가장 높은 선호도를 나타내었다.

- (2) 학교주변의 도로분포현황 조사결과 1면 도로의 경우 41%, 2면 도로의 경우 55%, 3면 도로의 경우 4%로 2면 도로에 인접한 학교건축물이 가장 높게 나타났다. 또한, 도로의 방위별 분포현황은 1면 도로의 경우 북쪽 34%, 남쪽과 서쪽이 24%, 동쪽 20%로 나타났으며 2면 도로의 경우 동쪽과 남쪽23%, 서쪽과 남쪽26%로 나타났으며 3면의 경우에는 동쪽 서쪽 북쪽, 서쪽 남쪽 북쪽에 면하는 것으로 나타났으며 또한, 3면 도로에 위치한 학교건축물의 한 면은 2차선 미만도로로 분포하는 것으로 소음의 발생우려는 낮은 것으로 나타났다. 각 도로별 소음레벨은 1면 도로의 최대소음레벨은 82.6dB(A)이며 최소소음레벨은 51.4dB(A)로 측정결과 나타났으며 2면 도로의 경우 최대소음레벨은 85.4dB(A)이며 최소소음레벨은 50.1dB(A)로 측정결과 나타났다.
- (3) 도로소음에 대한 학교의 옥외학습장 소음해석결과 1면 도로에 인접한 학교의 옥외학습장의 소음레벨은 63.5dB(A)로 학교보건법 시행령 제20조, 학교보건법 시행규칙 제9조의 소음 및 진동기준인 65dB(A)을 만족하였으며 2면 도로에 인접한 학교건축물의 경우 옥외학습장의 소음레벨은 66.6dB(A)로 학교보건법인 소음 및 진동기준에 불만족하는 것으로 2면 도로에 인접한 학교의 경우 도로소음으로부터 소음저감 대책이 필요한 것으로 판단된다.
- (4) 도로소음에 의한 학교건축물외벽 소음레벨은 1면 도로에 인접한 학교건축물의 경우 64.3dB(A)로 나타났으며 2면 도로에 인접한 학교건축물의 경우 65.6dB(A)로 분석되었으며 교과교실의 실내소음 분석결과 1면 도로의 경우 40.3dB(A)이며 2면 도로의 경우 41.7dB(A)로 교육시설의 환경위생기준인 55dB(A)을 만족하였으나 학교교육의 특성상 중간기(봄, 가을)기간의 환기를 위한 창문 개방에 의해 도로소음이 교실의 실내로 유입됨에 따라 실내교육장 내의 소음레벨은 높아짐으로 이에 대한 대책방안과 도로에 면한 학교시설에 대한 소음의 기준마련과 방음시설의 규정이 필요하다고 판단된다.

참고문헌

1. 김선우 외 2인, 대학교 강의실내 에어컨 소음에 대한 음성 명료도 평가, 대한건축학회 제6회 우수졸업 논문전 개요집 제6권, 2010. 4
2. 백준홍 외 3인, 대학교내 환경의 생활소음 만족도에 관한 연구. 대한건축학회 논문집(계획계), 2009. 7
3. 손장열 외 2인, 실험실과 현장에서의 창의 차음성능 평가에 관한 연구. 대한건축학회 논문집, v.11 n.8 1995. 8
4. 이광노 외 4인, 건축계획, 문운당
5. 최무혁 외 3인, 초등학교 일반 교사동 배치 결정요소에 따른 사용자 의식조사 비교연구. 대한건축학회 논문집(계획계). 2010. 9
6. 교육과학기술부, 학교보건법 시행령, 2011
7. 교육과학기술부, 학교보건법 시행규칙, 2011
8. 국토해양부, 주택건설기준 등에 관한 규정- 제9조제2항의 규정에 의한 공동주택지점의 실외소음도와 실내소음도 측정기준-국토해양부고시 제2009-655호, 2009

접수 2011. 4. 13

1차 심사완료 2011. 5. 11

2차 심사완료 2011. 5. 27

2차 재심완료 2011. 6. 8

계재확정 2011. 6. 23