

부산 시내 도로변에 위치한 각급학교의 소음도 비교분석

김도훈[†] · 객진 · 장은화 · 김광수
산업환경과

한석철*
부산광역시 과학교육원

A Comparison Study on Noise of the roadside Schools in Busan City

Do-Hoon Kim[†], Jin Kwak, Eun-Hwa Jang and Kwang-Soo Kim
Industrial Environment Division

Seok-Cheol Han*
Busan Institute of Science Education

Abstract

In this study, Noise and noise characteristics - originated from various sources especially from traffics adjacent to the roads, were investigated in schools to create comfortable academic environment for students and contribute legislation. Every five minutes, Noise levels(L_{eq}, L_{max}, L_{min}, L₁₀, L₉₀) were measured. Noise levels(L_{eq}, L_{max}, L_{min}, L₁₀, L₉₀) were measured. and analyzed frequency for the noise attenuation effect to the wall (soundproof walls). The impact of road traffic noise was measured to evaluate the TNI (Traffic Noise Index) was calculated. Measurement and analysis equipment was 01dB Symphonie (France) measured using. The results showed that noise level of classrooms in five schools was exceeded the Noisy Standard Criteria(55 dB(A)) under the School Health Law in 24 schools.

Key Words : Noise, Frequency, TNI

서 론

소음이란 원하지 않은 불유쾌한 소리를 말하며 듣는 사람의 주관에 따라 차이는 있으나, 일반적으로 인간의 건강생활에 유해한 작용을 나타내는 음향으로 정의할 수 있다. 도시의 소음은 차량주행에 의한 도로교통소음, 철도소음, 항공기 소음, 공장배출소음, 공사장 소음 등 다양한 발생원에 기인한다. 소음공해는 감각공해로서, 물질적으로나 화학적으로 단순히 해결할 수 없는 본질을 가지고 있으며, 발생원의 위치가 확실하고, 발생측과 피해측이 가까운 거리에 있는 경우가 많은 것도 감정적으로 악화되기 쉬운 요인을 가지고 있다.¹⁾ 특히 도로교통소음은 환경소음의 가장 큰 발생원으로

많은 문제를 야기시키고 있다. 도로교통이 도시전반에 걸친 광역적이고 또 교통의 공익성으로 인해 규제나 소음 저감을 위한 대책마련이 쉽지 않은 실정이다²⁾.

학교소음 또한 도시의 팽창과 도로망 확대에 의해 각종 소음원에 의해 노출되어 있다. 환경정책기본법에서 학교 부지 경계 50m 이내 지역을 학교지역으로 지정하여 일반 주거지역 보다 강화된 소음기준³⁾을 적용하고, 부산시에서도 소음저감을 위해 방음벽설치, 저소음 포장재를 사용한 도로포장 등 많은 노력을 하고 있지만, 도로망 확충과 교통량 증가 등 증가하는 소음원에 충분한 대처가 어려울 것으로 예상된다.

학교소음은 대화방해로 인한 학습능력저하 및 신체적 피로와 심리적 영향으로 단순짜증과 불쾌감 등을 유발한다⁴⁾. 학

[†]Corresponding author. Email : kd5042@korea.kr

Tel : +82-51-888-6816, Fax : +82-51-888-6817

습활동이 소음에 의해 영향을 받게 되면 학생들에게 심리적 불안상태와 신체적 피로감을 더해 주고 이와 같은 조건이 지속적으로 반복되면 성장기 아동의 경우 소화불량 등의 신경성질환은 물론 정서불안 등의 상태가 유발됨이 연구된 바도 있다.

본 연구에서는 부산시내 소재 도로변에 위치한 각급 학교를 주 대상으로 소음도 현황 및 소음원의 발생특성을 파악하고, 주요소음원의 비교분석과 방음시설의 소음저감효과⁵⁾ 등의 고찰을 통해 다각적인 소음저감방안을 제시함으로써 정온한 학습 환경마련을 위한 학교보건정책수립을 위한 자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

연구기간 및 대상

연구기간은 2010년 1년간으로 부산시내 소재 24개 학교를 대상으로 각 학교별로 저층과 상층에 위치한 빈 교실 2개소에 대하여 각각 창문 개방 시와 창문 폐쇄 후 및 운동장과 도로변 각 1개 지점을 선정하여 오전·오후를 구분하여 2회 소음도를 측정하였다. 대상학교의 선정은 부산시교육청, 과학교육원과 및 해당학교의 협조를 받아 선정하였으며, 학교별 교실 등 개별 측정지점은 각 학교의 제반여건을 고려하여 선정하였다.

소음도 측정 방법

교실 내 소음도 측정은 학생들의 수업이 없는 빈 교실에서 창문개방 시와 창문폐쇄 후 각각 5분간 연속측정하였으며, 측정조건은 청감보정회로 A특성, 동특성은 fast, 샘플주기는 500ms로 설정하였다. 마이크로폰은 교실의 중앙지점에 삼각대 설치 후 교실바닥으로부터 높이 1.2~1.5m, 방향은 창 방향으로 설치하였다. 운동장과 도로변지점의 측정은 방음벽(담장) 잔후로 2m 이격을 두고 각각 삼각대를 사용하여 지면 위 1.2~1.5m 높이에 주소음원인 차로 방향으로 마이크로폰을 설치하여 측정하였다. 방음벽 잔후의 비교고찰이 필요한 학교에 대해서는 2개 지점(방음벽 잔후) 동시측정을 실시하였다. 또 소음원의 분석을 위해 교실 내 50 dB(A) 이상, 운동장 및 도로변 60 dB(A) 이상의 소음도 발생구간에 대해서는 자동 녹음이 되도록 설정하였다.

Fig. 1, Fig. 2 및 Fig. 3 은 각각 교실, 운동장, 도로변에 마이크로폰을 설치한 모습이다.



Fig. 1. Classroom.



Fig. 2. Schoolyard.



Fig. 3. Road side.

소음도 분석항목은 5분간 등가소음도(L_{eq})와 L_{max}, L_{min}, L₁₀, L₉₀ 등을 분석하였으며, 방음벽 잔후와 주소음원에 대한 주파수 특성을 고찰하기 위해 주파수분석을 실시하였다. 또 도로교통소음의 영향 평가를 위해 측정지점의 TNI(교통소음지수, traffic noise index)를 산정하였다. 측정장비는 Symphony 01dB(France)를 사용하여 측정하였다.

분석항목 및 측정장비

Table 1. Environmental standards (Noise Criteria)

[unit : Leq dB(A)]

지역구분	적용대상지역	기준
		낮(06 : 00-22 : 00)
일반지역	"가"지역	50
	"나"지역	55
	"다"지역	65
	"라"지역	70
도로변지역	"가" 및 "나"지역	65
	"다"지역	70
	"라"지역	75
비고	"가"지역 : 학교의 부지경계로부터 50미터 이내의 지역 등 "나"지역 : 일반주거지역 및 준주거지역 "다"지역 : 상업지역, 준공업지역 "라"지역 : 일반공업지역 및 전용공업지역 ※ 도로 : 자동차가 안전하고 원활하게 주행하기 위하여 필요한 일정폭의 차선을 가진 2차선 이상의 도로를 말한다.	

(출처 : 환경정책기본법시행령 별표 2. 환경기준 관련내용 일부발췌 및 편집)

Table 2. Noise in the classroom after opening windows

[unit : Leq dB(A)]

Schools	date	classroom(lower floor)					classroom(high-rise)					Mean
		Leq	Lmin	Lmax	L90	L10	Leq	Lmin	Lmax	L90	L10	Leq
Kaegum elementary school	08/20	55.2	47.9	61.8	49.9	58.0	56.6	49.6	63.3	51.4	59.2	56
Kaewone elementary school	08/23	55.2	50.3	64.3	51.1	58.1	55.3	49.2	62.4	51.8	57.4	55
Gudeok elementary school	07/29	49.9	42.6	59.6	44.9	52.6	54.3	48.9	70.2	50.7	56.0	52
Jwacheon elementary school	08/27	47.2	39.0	57.4	41.5	49.5	47.6	42.0	53.6	43.1	50.6	47
Daesa elementary school	10/13	44.5	39.0	54.5	41.6	46.3	50.0	44.5	61.5	46.2	52.2	47
Dukmoon girls' high school	08/10	47.6	37.2	54.2	40.9	51.4	49.0	41.9	58.3	44.3	51.1	48
Dongnae girls' high school	08/13	53.8	39.0	61.5	43.2	58.2	54.3	41.8	59.8	44.8	58.1	54
Myeongho middle school	04/29	42.2	35.9	59.5	36.8	44.1	49.7	38.5	62.1	41.6	52.0	46
Bongrae elementary school	08/30	51.6	42.9	63.3	44.2	54.1	48.3	45.8	59.5	46.6	49.3	50
Bonghak elementary school	05/07	54.2	47.2	73.1	49.4	55.2	50.7	43.3	61.3	45.8	52.3	52
Busan Tourism high school	08/19	50.6	45.3	61.8	46.8	52.6	52.0	47.7	68.9	48.8	52.8	51
Buheng middle school	10/20	50.7	44.5	62.1	46.5	52.5	51.2	44.3	60.3	47.6	55.3	51
Seongdong middle school	10/19	49.9	42.4	65.7	43.8	51.8	56.4	52.2	64.2	54.1	58.2	53
Centum high school	08/16	47.9	43.7	58.3	44.7	49.0	49.1	44.4	61.4	45.5	48.9	49
Aloysius middle school	10/18	58.2	50.0	67.2	52.7	60.6	51.2	42.3	65.7	45.9	53.4	55
Yeongdo girls' high school	08/09	38.5	32.3	55.8	34.5	40.0	42.4	38.5	57.6	39.2	43.0	40
Janglim girls' middle school	08/12	58.5	47.8	63.1	48.8	62.5	53.6	48.7	59.6	49.5	56.6	56
Jang-an middle school	10/14	42.5	34.9	54.4	37.8	45.0	47.0	39.5	56.0	42.1	50.0	45
Changshin elementary school	08/06	49.4	42.8	60.3	43.9	52.2	50.8	45.8	59.9	46.9	53.0	50
Jungang middle school	10/21	57.6	48.5	66.9	51.7	60.3	59.5	50.6	70.5	54.5	62.2	59
Chungryol elementary school	08/26	51.6	43.5	60.1	45.5	54.6	53.4	45.2	63.6	47.6	55.6	53
Hakjang elementary school	11/11	53.7	47.4	65.6	48.7	56.4	51.8	46.9	62.6	47.9	53.7	53
Hwamyong high school	08/18	58.0	47.0	62.4	52.0	61.2	55.3	43.7	63.9	50.0	57.7	57
Hwamyong middle school	10/29	58.7	49.9	71.8	52.3	61.6	59.3	50.8	70.8	53.6	62.3	59
Min		38.5	32.3	54.2	34.5	40.0	42.4	38.5	53.6	39.2	43.0	40
Max		58.7	50.3	73.1	52.7	62.5	59.5	52.2	70.8	54.5	62.3	59
Mean		51.1	43.4	61.8	45.5	53.6	52.0	45.2	62.3	47.5	54.2	52

학교의 소음평가 및 관리기준

학교의 소음관리 기준은 학교보건법시행규칙 제3조 [별표 4] 폐기물 및 소음의 예방 및 처리기준 3항 소음의 기준에 교사내의 소음은 55 dB(A) 이하로 규정하고 있으며, 환경정책기본법에서도 학교의 부지경계로부터 50미터 이내의 지역에 대하여는 일반주거지역보다 강화된 기준을 적용하고 있다.

교실 내 소음도 측정결과

24개 학교에 대한 교실 내 소음도 측정은 오전과 오후로 나누어 2회 측정하였으며, 각 학교별로 저층과 고층에 위치한 수업이 없는 교실 2곳을 선정하여 측정하였다. 또 각 교실에서의 측정 시 창호에 의한 소음도 저감 효과를 분석하기 위해 창문 개방 시와 창문 폐쇄 시를 구분하여 측정하였으며, 오전·오후 2회 측정한 결과의 평균은 Table 2 및 Table 3 과 같다.

결과 및 고찰

Table 3. Noise in the classroom after closing windows

[unit : Leq dB(A)]

Schools	date	classroom(lower floor)					classroom(high-rise)					Mean
		Leq	Lmin	Lmax	L90	L10	Leq	Lmin	Lmax	L90	L10	
Kaegum elementary school	08/20	41.8	36.7	57.8	38.2	42.8	41.9	38.5	46.3	37.1	40.1	42
Kaewone elementary school	08/23	44.7	40.0	68.7	40.7	43.2	43.0	37.9	52.9	39.8	45.0	44
Gudeok elementary school	07/29	41.9	31.5	58.6	33.4	44.4	39.8	33.9	50.6	36.1	41.7	41
Jwacheon elementary school	08/27	40.9	35.2	61.4	36.3	41.5	39.2	34.5	54.3	35.4	39.8	40
Daesa elementary school	10/13	33.8	26.8	49.1	28.3	36.3	36.0	31.4	50.1	32.7	37.6	35
Dukmoon girls' high school	08/10	38.3	27.6	49.0	29.9	40.5	43.8	36.3	62.8	38.2	44.7	41
Dongnae girls' high school	08/13	38.5	29.6	48.6	31.2	41.7	40.1	30.9	50.8	32.9	43.1	39
Myeongho middle school	04/29	36.7	29.5	51.1	31.6	38.6	34.5	28.1	47.6	29.9	36.9	36
Bongrae elementary school	08/30	38.4	36.0	50.4	36.6	39.6	40.7	34.9	53.6	36.4	42.6	40
Bonghak elementary school	05/07	44.1	34.5	57.1	37.6	47.5	38.7	32.2	51.4	34.5	40.5	41
Busan Tourism high school	08/19	43.8	36.4	59.4	38.4	46.6	44.6	37.5	58.7	38.9	47.5	44
Buheng middle school	10/20	45.6	38.4	61.8	40.5	47.8	49.1	39.9	61.2	42.4	50.8	47
Seongdong middle school	10/19	41.2	35.1	55.4	36.8	42.7	48.4	42.6	62.7	44.8	50.5	45
Centum high school	08/16	36.4	32.2	46.7	33.3	37.3	36.1	31.8	45.1	32.8	38.1	36
Aloysius middle school	10/18	50.9	43.5	61.2	46.7	53.0	50.9	38.3	68.7	42.8	52.8	51
Yeongdo girls' high school	08/09	32.4	26.9	44.2	28.3	34.6	33.1	29.3	50.8	29.9	34.0	33
Janglim girls' middle school	08/12	41.1	35.6	54.6	36.5	42.6	44.2	40.4	50.8	41.4	45.9	43
Jangan middle school	10/14	40.7	29.2	59.1	33.8	41.2	46.1	34.1	54.6	39.8	49.5	43
Changshin elementary school	08/06	36.9	32.0	52.6	32.8	36.6	36.1	32.3	47.2	33.6	37.5	37
Jungang middle school	10/21	44.3	36.9	54.6	39.8	46.9	48.2	40.5	57.7	43.1	51.1	46
Chungryol elementary school	08/26	45.9	35.0	61.3	38.1	48.6	45.7	36.4	61.4	38.6	47.5	46
Hakjang elementary school	11/11	45.5	42.6	53.2	43.3	47.4	45.1	41.4	57.2	42.3	46.8	45
Hwamyong high school	08/18	34.8	27.2	48.2	29.8	36.7	38.0	30.4	49.7	32.9	40.5	36
Hwamyong middle school	10/29	42.6	35.9	54.4	37.6	45.4	43.2	36.7	55.3	38.7	45.9	43
Min		32.4	26.8	44.2	28.3	34.6	33.1	28.1	45.1	29.9	34.0	33
Max		50.9	43.5	68.7	46.7	53.0	50.9	42.6	68.7	44.8	52.8	51
Mean		40.9	33.9	54.9	35.8	42.6	41.9	35.4	54.2	37.5	43.7	41

교실소음도 평가

창문개방 시 교실 내 등가소음도(Leq)는 Table 2. 에 나타난 바와 같이 교실 저층의 경우 38.5~58.7 [dB(A)]의 범위로 평균 51.1 dB(A), 교실 상층에서는 42.4~59.5 [dB(A)]의 범위로 평균 52.0 dB(A)로 나타났다. 창문개방 시의 저층과 고층 교실의 등가소음도 차이는 평균 0.9 dB(A)로 큰 차이를 나타내지 않았으나 교실의 상층이 저층보다 소음도가 높게 나타났다. 창문개방 시 교실의 평균 등가소음도(Leq)는 화명 중학교가 59 dB(A)로 가장 높게 나타났으며, 영도여고가 40 dB(A)로 가장 낮은 소음도를 기록하였다. 총 24개교 중에서 학교보건법에서 정한 교사 내 소음기준인 55 dB(A)을 초과한 학교는 개금초등학교 등 5개교로 조사되었다.

창문폐쇄시의 교실 내 등가소음도(Leq)는 Table 3.에 나타내었으며, 교실 저층의 경우 32.4~50.9[dB(A)]의 범위로 평균 40.9 dB(A), 교실 상층에서는 33.1~50.9[dB(A)]의 범위로 평균 41.9 dB(A)로 나타났으며, 저층과 고층 교실의 등가

소음도 차이는 평균 1.0 dB(A)로 교실상층이 다소 높게 나타났다. 창문폐쇄 시 교실의 평균 등가소음도(Leq)는 알로이시오 중학교가 51 dB(A)로 가장 높게 나타났으며, 영도여고가 33 dB(A)로 가장 낮은 소음도를 기록하였다. 창문폐쇄시의 교실 내 등가소음도(Leq)는 24개교 모두 학교보건법에서 정한 교사 내 소음기준인 55 dB(A)을 만족하였다.

창호에 의한 등가소음도 감쇄효과

교실 내 창문개방 시와 폐쇄 시의 소음도의 차이는 창호에 의한 방음효과로 창호의 형태, 창호면적, 설치위치에 따라 소음도 감쇄효과는 달라질 수 있다. 조사대상 24개교 중 22개교에 교사 외벽 쪽으로 2중창이 시공되어 있었으나, 소음도 감쇄효과는 전술한 바와 같이 학교마다 다소의 차이가 있었으며, 창문 개폐시 교실 내 등가소음도 감쇄효과를 Table 4 와 Fig. 4에 나타내었다.

Table 4. Noise attenuation effect of windows

[unit : Leq dB(A)]

Schools	after opening window	after closing windows	Average	Noise attenuation effect in windows		
				attenuation (Quantity)	attenuation (Rate,%)	window (type)
Kaegum elementary school	55.9	41.8	49	14.1	25.2	double pane
Kaewone elementary school	55.2	43.8	50	11.4	20.7	"
Gudeok elementary school	52.1	40.9	47	11.2	21.5	"
Jwacheon elementary school	47.4	40.0	44	7.4	15.6	"
Daesa elementary school	47.2	34.9	41	12.3	26.1	"
Dukmoon girls' high school	48.3	41.1	45	7.2	14.9	"
Dongnae girls' high school	54.0	39.3	47	14.7	27.2	"
Myeongho middle school	45.9	35.6	41	10.3	22.4	"
Bongrae elementary school	49.9	39.6	45	10.3	20.6	"
Bonghak elementary school	52.4	41.4	47	11.0	21.0	"
Busan Tourism high school	51.3	44.2	48	7.1	13.8	single pane
Buheng middle school	50.9	47.3	49	3.6	7.1	double pane
Seongdong middle school	53.2	44.8	49	8.4	15.8	"
Centum high school	48.5	36.2	42	12.3	25.4	"
Aloysius middle school	54.7	50.9	53	3.8	6.9	single pane
Yeongdo girls' high school	40.4	32.8	37	7.6	18.8	double pane
Janglim girls' middle school	56.0	42.6	49	13.4	23.9	"
Jang-an middle school	44.7	43.4	44	1.3	2.9	"
Changshin elementary school	50.1	36.5	43	13.6	27.1	"
Jungang middle school	58.5	46.3	52	12.2	20.9	"
Chungryol elementary school	52.5	45.8	49	6.7	12.8	"
Hakjang elementary school	52.8	45.1	49	7.5	14.2	"
Hwamyong high school	56.6	38.0	47	20.2	35.7	"
Hwamyong middle school	59.0	43.2	51	16.1	27.3	"
Min	40.4	33.1	37	1.3	2.9	"
Max	59.0	50.9	53	20.2	35.7	"
Mean	51.6	41.5	47	10.1	19.6	"

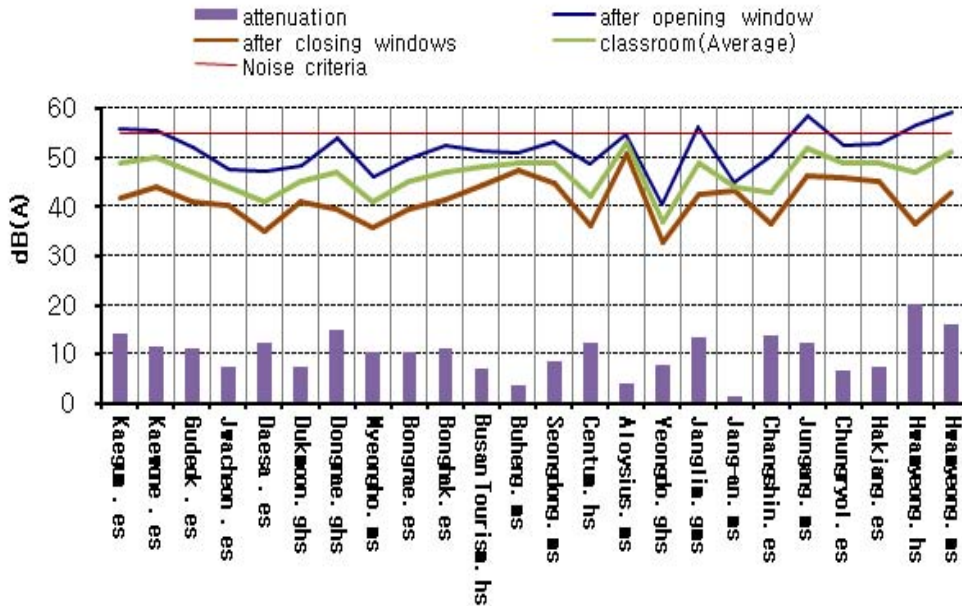


Fig. 4. Noise attenuation effect in window.

조사대상 학교의 창호에 의한 교실 내 등가소음도 감쇄치는 1.3 dB(A)~20.2 dB(A)의 범위로, 평균 10.1 dB(A) 감소한 것으로 나타났으며, 감쇄율(%)은 평균 19.6% 로 조사되었다. 창호에 의한 등가소음도 감쇄가 가장 크게 나타난 학교는 화명고등학교가 등가소음도 감쇄치 20.2 dB(A)(감쇄율 35.7%)로 나타났으며, 가장 낮게 나타난 학교는 장안중학교로 1.3 dB(A)(감쇄율 2.9%)로 조사되었다. 창호에 의한 등가소음도 감쇄치 가장 낮게 나타난 장안중학교는 학교주변에 주목할 만한 외부 소음원이 없으며, 창문개방 시 교실 내 등가소음도가 45 dB(A), 기저소음인 L_{90} 이 3범위8 dB(A), 피크소음인 L_{10} 이 4범위5 dB(A)로 나타난 바와 같이 주변 소음원에 의한 영향보다는 교사 내 학생들의 수업활동에 의한 소음 영향 많이 나타난 결과로 사료된다.

창호형태가 단일창으로 시공되어 있는 알로이시오중학교와 부산관광고는 등가소음도 감쇄치가 각각 3.8 dB(A)(감쇄율 6.9%) 과 7.1 dB(A)(감쇄율 13.8%)로 조사되어 조사대상 평균 감쇄치 10.1 dB(A)(감쇄율 19.6%) 보다 낮게 나타나, 전체적으로 창호에 의한 방음효과가 2중창으로 시공된 교실에 비

하여 크게 떨어지는 것으로 조사되었다.

전체교실(창문 개폐)의 평균 등가소음도(Leq)는 37 dB(A)~53 dB(A)의 범위로 알로이시오중학교가 53 dB(A)로 가장 높게 나타났으며, 영도여고가 37 dB(A)로 가장 낮은 소음도를 기록하였다. 전체교실(창문 개폐)의 평균 등가소음도(Leq)는 24개교 모두 학교보건법에서 정한 교사 내 소음기준인 55 dB(A)를 만족하였다.

운동장 및 도로변 소음도 측정결과

조사대상 24개교 중 23개 학교의 운동장 및 도로변 소음도 측정(덕문여고 제외)은 교실 내 소음도 측정과 같이 오전과 오후로 나누어 2회 측정하였으며, 각 학교별로 학교 부지경계인 방음벽(담장)를 기준으로 전·후 2m 이격을 두고 측정하였다. 또한 방음벽이 설치된 학교에 대해서는 소음측정 장비를 전후 2곳에 설치하여 동시 측정하여 전·후 측정값의 비교분석이 가능하도록 하였다. 오전·오후 2회 측정한 결과는 Table 5와 같다.

Table 5. Noise level in schoolyard and roadside

[unit : Leq dB(A)]

School	date	schoolyard					roadside					TNI
		Leq	Lmin	Lmax	L ₉₀	L ₁₀	Leq	Lmin	Lmax	L ₉₀	L ₁₀	
Kaegum elementary school	08/20	68	55	74	57	72	71	63	84	65	74	69
Kaewone elementary school	08/23	63	55	71	58	65	69	57	83	61	72	73
Gudeok elementary school	07/29	67	56	79	61	69	78	65	89	71	80	79
Jwacheon elementary school	08/27	63	43	71	46	68	61	45	76	47	63	81
Daesa elementary school	10/13	53	47	61	49	55	60	48	76	50	60	60
Dukmoon girls' high school	08/10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dongnae girls' high school	08/13	58	53	66	53	61	69	58	75	63	72	69
Myeongho middle school	04/29	55	46	70	48	57	55	43	70	45	57	65
Bongrae elementary school	08/30	63	56	70	58	66	76	64	87	69	79	79
Bonghak elementary school	05/07	61	53	71	56	63	73	60	88	63	76	85
Busan Tourism high school	08/19	61	55	75	57	64	71	59	86	62	73	78
Buheng middle school	10/20	64	52	77	56	66	67	53	79	57	71	83
Seongdong middle school	10/19	58	54	66	55	60	63	54	78	55	66	71
Centum high school	08/16	60	53	71	55	62	74	63	84	68	77	72
Aloysius middle school	10/18	59	49	71	54	61	67	52	78	58	70	76
Yeongdo girls' high school	08/09	55	43	69	45	57	63	40	83	42	62	92
Janglim girls' middle school	08/12	58	51	72	52	61	70	53	86	55	72	93
Jangan middle school	10/14	49	45	59	46	51	49	43	63	44	49	32
Changshin elementary school	08/06	60	50	73	53	63	68	60	79	61	70	67
Jungang middle school	10/21	64	52	77	56	66	67	53	79	57	71	83
Chungryol elementary school	08/26	59	51	71	53	62	66	53	84	56	69	78
Hakjang elementary school	11/11	56	52	66	53	58	66	54	82	57	69	77
Hwamyong high school	08/18	70	55	75	58	74	72	57	80	61	75	87
Hwamyong middle school	10/29	65	59	77	61	67	68	60	82	64	70	60
Min		49	43	59	45	51	49	40	63	42	49	32
Max		70	59	79	61	74	78	65	89	71	80	93
Mean		60	51	71	54	63	67	54	80	58	69	74

운동장 및 도로변 소음도 평가

운동장내의 등가소음도(Leq)는 Table 5에 나타낸 바와 같이 49~70 dB(A)의 범위로 평균 60 dB(A)로 조사되었다. 23개교 중에서 화명고등학교가 70 dB(A)로 가장 높게 나타났으며, 장안중학교가 49 dB(A)로 가장 낮게 조사되었다. 운동장내 소음이 전체 조사대상 학교 24개교 중 3개교에서 환경정책기본법시행령 별표 2. 환경기준(이하 환경기준)의 도로변지역 "가"지역 기준인 65 dB(A)보다 높은 소음도를 보였다.

도로변의 등가소음도(Leq)는 49~78 dB(A)의 범위로 평균 67 dB(A)로 조사되었다. 23개교 중에서 구덕초등학교가 78

dB(A)로 가장 높게 나타났으며, 장안중학교가 49 dB(A)로 가장 낮게 나타난 것으로 조사되었다. 23개교 중 구덕초등학교 등 17개교에서 환경기준인 65 dB(A)을 초과한 것으로 조사되었다.

방음벽 등에 의한 등가소음도 감소효과

운동장과 도로변의 소음도의 차이는 방음벽(또는 담장)에 의한 소음도 감소효과로 방음벽 등의 형태 및 설치위치에 따라 소음도 감소효과는 달라질 수 있으며, 그 결과를 Table 6에 나타내었다.

Table 6. Noise attenuation effect in wall (soundproof walls)

[unit : Leq dB(A)]

Schools	roadside	schoolyard	Noise attenuation effect in wall (soundproof walls)		
			attenuation (Quantity)	attenuation (Rate)	window (type)
Kaegum elementary school	70.5	67.5	3.0	4.3%	soundproof walls
Kaewone elementary school	69.0	63.0	6.0	8.7%	brick wall
Gudeok elementary school	77.5	67.0	10.5	13.5%	brick wall
Jwacheon elementary school	61.0	63.0	0	0	open fence
Daesa elementary school	59.5	53.0	6.5	10.9%	brick wall
Dukmoon girls' high school	-	-	-	-	brick wall
Dongnae girls' high school	68.5	57.5	11.0	16.1%	brick wall
Myeongho middle school	55.0	55.0	0.0	0.0%	open fence
Bongrae elementary school	75.5	63.0	12.5	16.6%	soundproof walls
Bonghak elementary school	73.0	60.5	12.5	17.1%	soundproof walls
Busan Tourism high school	71.0	61.0	10.0	14.1%	brick wall
Buheng middle school	67.0	63.5	3.5	5.2%	open fence
Seongdong middle school	63.0	58.0	5.0	7.9%	brick wall
Centum high school	74.0	59.5	14.5	19.6%	soundproof walls
Aloysius middle school	66.5	59.0	7.5	11.3%	soundproof walls
Yeongdo girls' high school	63.0	55.0	8.0	12.7%	brick wall
Janglim girls' middle school	69.5	58.0	11.5	16.5%	brick wall
Jangan middle school	49.0	48.5	0.5	1.0%	brick wall
Changshin elementary school	67.5	60.0	7.5	11.1%	soundproof walls
Jungang middle school	67.0	63.5	3.5	5.2%	soundproof walls
Chungryol elementary school	65.5	58.5	7.0	10.7%	brick wall
Hakjang elementary school	66.0	55.5	10.5	15.9%	soundproof walls
Hwamyong high school	71.5	70.0	1.5	2.1%	open fence
Hwamyong middle school	68.0	64.5	3.5	5.1%	brick wall
Min	49.0	48.5	0.0	0.0%	
Max	77.5	70.0	14.5	18.7%	
Mean	66.9	60.2	6.8	10.1%	

조사대상 24개교 중 개금초등학교 등 8개교에 방음벽이 시공되어 있었으며, 좌천초등학교 등 4개교는 개방형태로, 개원초등학교 등 12개교는 일반적인 블록에 의한 담장, 지형에 의한 옹벽형태 및 복합형으로 조사되었다. 조사대상 24개교 중 23개 학교에서의 방음벽 등에 의한 소음도 감소치는 0~14.5[(dB(A))의 범위로, 평균 6.8 dB(A) 감소한 것으로 나타났으며, 감소율(%)은 평균 10.1%로 조사되었다. 방음벽이 설치된 8개교의 경우 평균 8.9 dB(A) (감쇄율 12.9%), 블록형 담장이나 옹벽형태인 8개교의 경우는 평균 7.2 dB(A) (감쇄율 10.7%), 개방형 담장이 설치된 4개교는 평균 1.3 dB(A) (감쇄율 1.8%)로 조사되어 방음벽이 설치된 학교에서 소음도 감소치가 크게 나타났다.

TNI(교통소음지수, Traffic noise index) 평가

조사대상 23개교에 대해 측정시점의 TNI를 평가한 결과 32~93의 범위로 조사되었으며, 장림여중 등 13개교의 도로변에서 TNI 74를 초과하고 있다. TNI는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 피크소음인 L₁₀ 값과 기저소음인 L₉₀과의 차이가 클수록 높게 나타난다. TNI가 74를 초과한 학교는 자동차나 오토바이 등의 급과속과 경사진 도로에서의 엔진소음 등의 영향을 많이 받고 있었으나, 소음원 분석결과 좌천초등학교와 장림여중의 경우는 매미에 의한 소음영향을 많이 받은 것으로 추정된다. TNI는 도로단에서 측정된 결과 값으로 실내에서 고려할 경우 외부에서의 값보다 10~15만큼 빼서 생각하게 되는데, 도로변에서 최소 50m이상 떨어진 교실에서는 거리감쇄로 측정값 보다 훨씬 낮은 불만도를 추정할 수 있다.

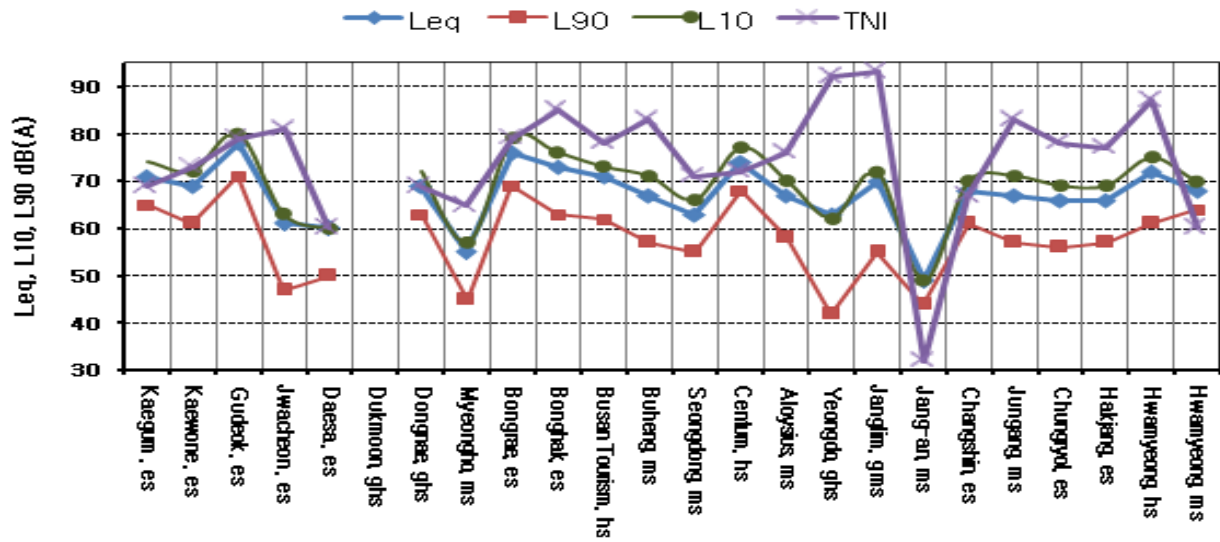


Fig. 5. Noise Level and TNI of the roadside.

Table 7. Noise Level and noise source on the schools

[unit : Leq dB(A)]

Schools	date	classroom (Average)	schoolyard	roadside	noise source	
					traffic noise	Other noise
Kaegum elementary school	08/20	49	68	71	great influence	cicadas's crying
Kaewone elementary school	08/23	50	63	69	great influence	
Gudeok elementary school	07/29	47	67	78	great influence	
Jwacheon elementary school	08/27	44	63	61	low influence	cicadas's crying
Daesa elementary school	10/13	41	53	60	low influence	
Dukmoon girls' high school	08/10	45	-	-	low influence	cicadas's crying
Dongnae girls' high school	08/13	47	58	69	low influence	cicadas's crying
Myeongho middle school	04/29	41	55	55	low influence	
Bongrae elementary school	08/30	45	63	76	great influence	
Bonghak elementary school	05/07	47	61	73	great influence	
Busan Tourism high school	08/19	48	61	71	great influence	
Buheng middle school	10/20	49	64	67	great influence	
Seongdong middle school	10/19	49	58	63	great influence	
Centum high school	08/16	42	60	74	great influence	cicadas's crying
Aloysius middle school	10/18	53	59	67	great influence	
Yeongdo girls' high school	08/09	37	55	63	low influence	
Janglim girls' middle school	08/12	49	58	70	great influence	Factory noise
Jangan middle school	10/14	44	49	49	low influence	
Changshin elementary school	08/06	43	60	68	great influence	cica das's crying
Jungang middle school	10/21	52	64	67	great influence	
Chungryol elementary school	08/26	49	59	66	great influence	cicadas's crying
Hakjang elementary school	11/11	49	56	66	great influence	Factory noise
Hwamyong high school	08/18	47	70	72	great influence	cicadas's crying
Hwamyong middle school	10/29	51	65	68	great influence	construction noise

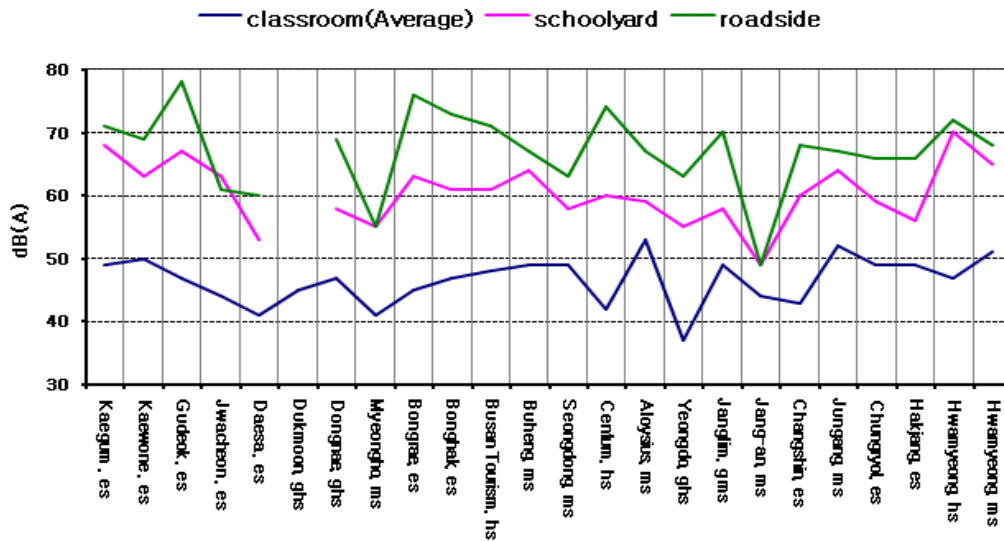


Fig. 6. Noise level in classroom, schoolyard and roadside.

소음원 분석

소음원 분석을 위해 현장조사 및 측정당시 피크소음에 대한 녹음청취 등을 실시하였으며, 조사대상 24개 학교의 교에 대한 등가소음도 및 주요소음원을 분석결과를 Table 7에 나타내었으며, 교실, 운동장 및 도로변의 소음도 관계를 Fig. 6에 나타내었다.

교실에서의 소음은 도로교통소음, 공사장소음 등 외부 요인에 의한 소음과 학생활동 등 학교생활에 의해 발생하는 소음 등에 의해 영향을 받고 있는 것으로 조사되었다. 또한 Fig. 6에 나타낸 바와 같이 학교의 창호시설, 방음벽 유무, 주소음원(도로교통 등) 과의 이격거리 및 주소음원과의 교사 방향 등에 따라 학교별 방음시설 및 입지에 따라 다소의 차이를 나타내었다.

외부 소음원

조사결과 학교소음도 증가에 영향을 주는 외부 소음원으로는 도로교통에 의한 소음, 공장 및 공사장 소음, 하절기 매미 소리 등으로 조사되었다. 학교소음도 증가에 가장 큰 영향을 미치는 소음원은 도로교통에 의한 발생소음으로, 분석결과

개급초등학교 등 24개교 중 17개교에서 주변도로에서 발생되는 차량주행에 엔진소음, 타이어 마찰음 등 도로교통에 의한 영향을 지속적 받고 있는 것으로 조사되었으며, 좌천초등학교 등 7개교에서는 도로교통에 의한 소음 영향이 미미한 것으로 조사되었다. 창문개방 시 학교보건법에서 정한 소음기준인 55 dB(A)를 초과한 것으로 나타난 개급초등학교, 장림여중, 중앙중학교, 화명고등학교, 화명중학교 이상 5개 학교도 도로교통소음이 지속적으로 발생되고 있는 것으로 조사되었다. 특히 개급초등학교와 중앙중학교의 경우는 방음벽이 설치되어 있으나, 개급초등학교의 경우 주변에 고가도로와 다중 교차로 등 넓게 분포된 도로망으로 인해, 중앙중학교 역시 도심 한 가운데 위치하여 사방에 분포한 도로와 대규모 상업시설에서 발생하는 공조기 발생소음 등으로 소음원 차단에 어려움이 있을 것으로 보여졌다.

도로교통소음이 학교소음도 증가에 가장 영향을 많이 주고 있는 학교 중 대표적으로 중앙중학교 운동장에서 500ms 로 5분간 연속 측정하여 기록한 소음발생 형태는 Fig. 7과 같으며, 도로교통소음의 영향으로 기저소음(L₉₀)이 58 dB(A)로 높게 형성된 가운데 차량 가속음 등의 영향을 지속적으로 받는 것으로 나타났다.

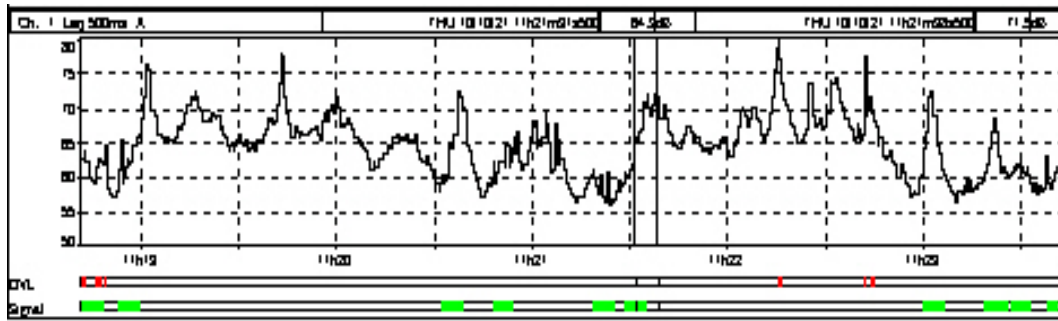


Fig. 7. Time history 500ms / Schoolyard of Jungang Middle School.

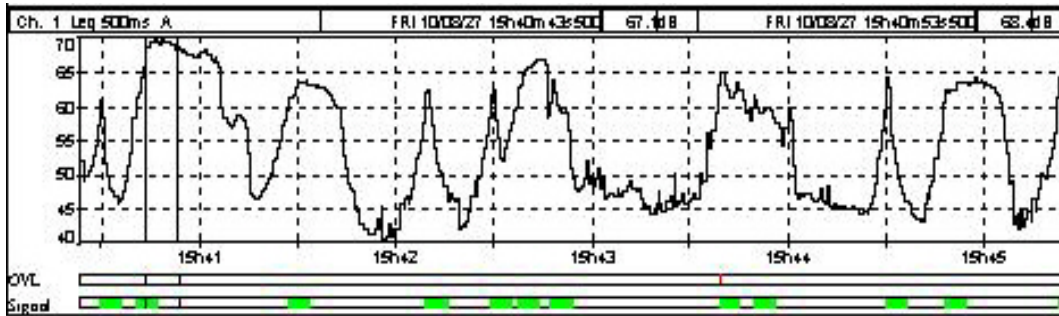


Fig. 8. Time history 500ms / Schoolyard of Jwacheon Elementary School.

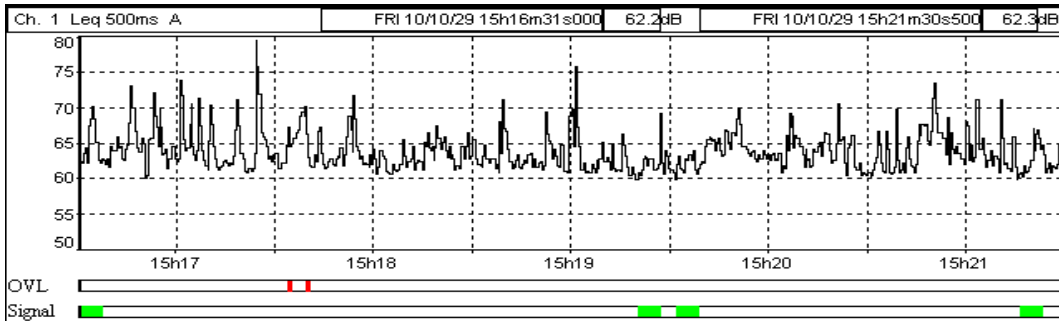


Fig. 9. Time history 500ms / Schoolyard of Hwamyong Middle School.

기타 소음원으로서 하절기의 경우는 매미소리도 학교소음에 큰 영향을 미치는 것으로 조사되었다. 조사대상 학교 중 8월 중에 측정된 기장좌천초등학교 등 7개 학교에서 매미소리가 지속적인 학교 내 소음발생원으로 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 특히 기장좌천초등학교, 덕문여고, 동래여고에서는 학교 소음도 증가에 영향을 줄만한 다른 외부소음원이 적어 매미소리가 주요소음원으로 조사되었다.

매미소리가 학교소음도 증가에 영향을 많이 주고 있는 학교 중 기장좌천초등학교의 500ms로 5분간 연속 측정하여 기록한 소음발생 형태는 Fig. 8과 같으며, 도로교통소음 등의 영향이 적음에 따라 기저소음(L_{90})이 46 dB(A)로 비교적 낮게 형성된 가운데 매미소리에 의한 영향을 주기적이고, 지속적으로 받는

것으로 나타났다. 공업지역과 가까이 입지한 장림여중, 학장초등학교는 사업장(공장)의 생산시설에서 발생하는 소음도 학교 소음도 증가에 영향을 미치는 것으로 조사되었으며, 화명중학교의 경우는 인근의 대규모 재건축아파트 공사로 인해 공사장발생 소음의 영향을 가장 많이 받는 것으로 조사되었다.

공사장소음의 영향을 많이 받고 있는 화명중학교의 500ms로 5분간 연속 측정하여 기록한 소음발생 형태를 Fig. 9에 나타내었다. 도로교통소음과 함께 공사장발생 소음의 영향을 많이 받고 있는 학교 중 화명중학교의 500ms로 5분간 연속 측정하여 기록한 소음발생 형태는 Fig. 9와 같으며, 공사장소음 등의 영향으로 기저소음(L_{90})이 61 dB(A)로 높게 나타난 가운데 도로교통에 의한 주행소음 및 공사장 작업에 의한 향타

음 등의 영향을 지속적으로 받는 것으로 나타났다.

내부 소음원

학교소음도 조사결과 학교 내부에 의한 발생소음 교실 내 소음도를 증가시키는 것으로 나타났다. 주요 요인은 옆 교실의 수업, 운동장에서 체육활동, 책걸상 끄는 소리, 기타의 학생 활동 및 교사내부의 수선 등 작업소음 등이 교실 내 소음도를 증가시키는 것으로 나타났다.

Table 4에 나타낸 바와 같이 창호에 의한 소음도 감쇄치가 평균 10.2 dB(A) 보다 훨씬 낮은 감쇄치를 나타낸 부흥중학교 3.6 dB(A), 장안중학교 1.3 dB(A) 등이 교사 내부 발생소음원에 의한 영향으로 창호에 의한 소음도 감쇄치가 낮게 나타난 것으로 추정된다.

주요 소음원의 주파수 특성

도로교통소음의 영향을 많이 받고 있는 중앙중학교 운동장에서의 1/3 옥타브밴드 주파수 스펙트럼을 Fig. 10에 나타내었다.

도로교통소음의 경우 80Hz 이하의 저주파 대역에서 최고치를 보이다가 점점 감소하는 경향을 나타내었다. 사람에게 가장 민감하며 불쾌감을 초래하는 1KHz에서 4KHz 사이의 소음도 기울기는 완만하게 감소하다가 2KHz 이후에는 급격히 감소하는 패턴을 보였다.

매미소리가 학교소음도 증가에 가장 영향을 많이 주고 있는 학교 중 가장좌천초등학교의 1/3 옥타브밴드 주파수 스펙트럼은 Fig. 11과 같다. 매미소리의 경우 50Hz 이하의 저주파 대역에서 최고치를 기록한 후 급격히 감소하여 500Hz 부근에서 최저치를 나타낸 후 유지되다, 2KHz 이후에서 다시 급격히 상승하여 4KHz 부근에서 최고치를 기록한 후 감소하는 패턴을 보였다.

도로교통소음과 함께 공사장발생 소음의 영향을 많이 받고 있는 학교 중 화명중학교의 1/3 옥타브밴드 주파수 스펙트럼은 Fig. 12와 같으며, 80Hz 이하의 저주파 대역에서 최고치를 보이다가 점점 감소하여 125Hz 1KHz 사이에서 일정하게 유지하다가 2KHz 이후에는 급격히 감소하는 패턴을 보였다.

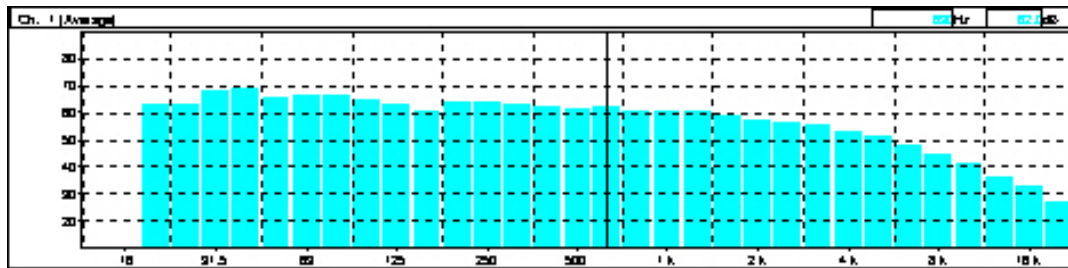


Fig. 10. 1/3 Octave-band spectrum / Schoolyard of Jungang Middle School.

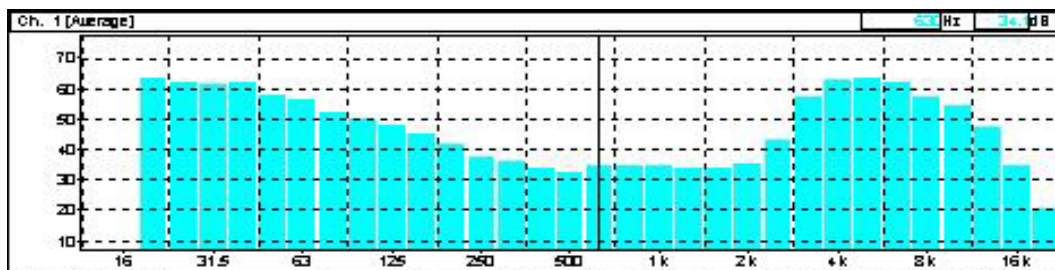


Fig. 11. 1/3 Octave-band spectrum / Schoolyard of Jwacheon Elimentary School.

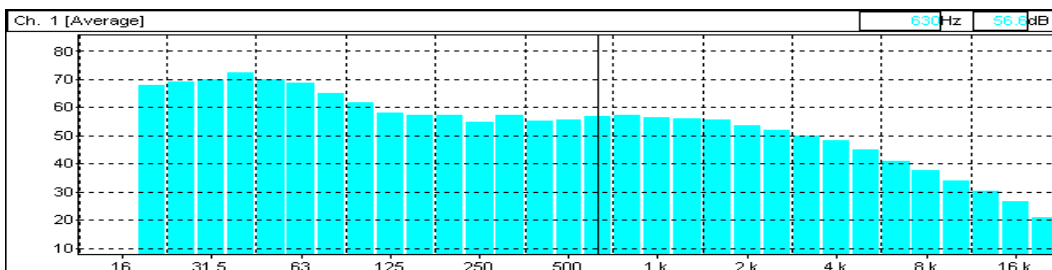


Fig. 12. 1/3 Octave-band spectrum / Schoolyard of Hwamyong Middle School.

방음벽 전 후의 주파수 대역별 변화

방음벽의 주파수 대역별 소음차단 효율은 방음벽의 재질 등에 따라 달라질 수 있다. 본 연구에서는 일반적인 조건하에서 방음벽이 설치된 학교 중 도로교통에 의한 소음 영향을 많이 받고 있으며, 또한 매미 소리 등 타 소음원의 영향이 적은 봉학초등학교에서의 방음벽 전 후의 주파수 대역별 변화를 알아 보았다.

봉학초등학교의 방음벽 전후 주파수 대역별 소음차단 변화는 Fig. 13에 나타낸 바와 같이 50Hz 부근에서 감쇄치가 점

차 증가하여 400Hz 높은 차단률을 보였다. 이후 4KHz 부근 까지 각 주파수 대역별로 고른 차단효과를 보이고 있으며, 고 주파영역에서 높은 차단효율을 나타내었다.

창호에 의한 주파수 대역별 변화

이중창이 설치된 봉학초등학교의 창문 개폐에 따른 주파수 대역별 소음차단 변화는 Fig. 14와 같이 나타났다. 창호에 의한 주파수 대역별 소음차단은 50Hz 부근에서 점차 증가하여 800Hz 부근에서 최고치를 나타낸 후 점차 감소함을 보였다.

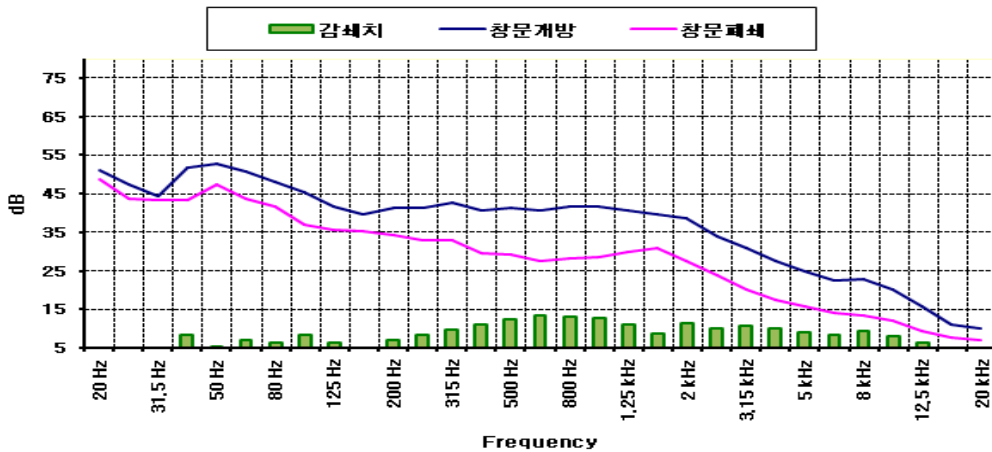


Fig. 13. Change of frequency band after soundproofing walls.

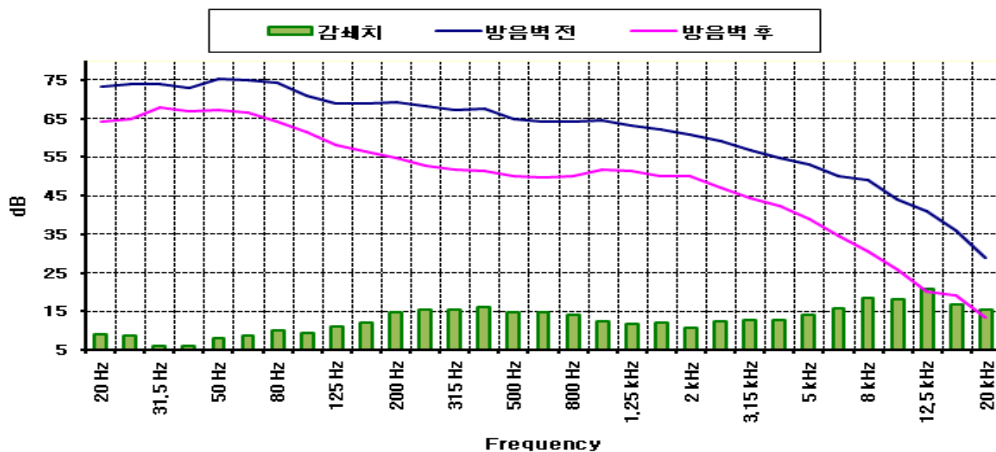


Fig. 14. Change of frequency band after window in classroom.

결론 및 제언

본 연구는 부산시내 소재 도로변에 위치한 각급 학교를 주 대상으로 소음도 현황 및 소음특성 파악하고, 주요 소음원에 대한 다각적인 비교분석을 통해 소음저감 방안 등을 제시함으로써 정온한 학교환경개선을 위한 정책 자료를 제공하기 위한 것이다. 본 연구에서 조사된 부산시내 24개교의 소음현황 및 특성과 비교분석결과는 다음과 같다.

1. 창문개방 시 교실 내 등가소음도(Leq)는 40 dB(A)~59 dB(A)의 범위로 나타났으며, 총 24개교 중에서 학교보건법에서 정한 교사 내 소음기준인 55 dB(A)를 초과한 학교는 개금초등학교 등 5개교로 조사되었다. 창문폐쇄시의 교실 내 등가소음도(Leq)는 33 dB(A)~51 dB(A)의 범위로 조사 되었으며, 24개교 모두 학교보건법에서 정한 교사 내 소음기준인 55 dB(A)를 만족하였다.
2. 조사대상 학교의 창호에 의한 교실 내 등가소음도 감쇄치는 1.3 dB(A)~20.2 dB(A)의 범위로, 평균 10.1 dB(A) 감소한 것으로 나타났으며, 감소율(%)은 평균 19.6%로 조사되었다.
3. 운동장내의 등가소음도(Leq)는 49 dB(A)~70 dB(A)의 범위로 평균 60 dB(A)로 조사되었다. 운동장내 소음이 전체 조사대상 학교 24개교 중 3개교에서 환경정책기본법시행령 별표 2. 환경기준(이하 환경기준)의 도로변지역 "가"지역 기준인 65 dB(A) 보다 높은 소음도를 보였다.
4. 도로변의 등가소음도(Leq)는 49 dB(A)~78 dB(A)의 범위로 평균 67 dB(A)로 조사되었다. 24개교 중 17개교에서 환경기준인 65 dB(A)을 초과한 것으로 조사 되었다.
5. 조사대상 24개교에 대해 측정시점의 TNI를 평가한 결과 32~93의 범위로 조사되었으며, 장립여중 등 13개교의 도로변에서 TNI 74를 초과하고 있다.
6. 조사대상 24개교 중 23개 학교에서의 방음벽 등에 의한 소음도 감쇄치는 0~14.5 dB(A)의 범위로, 평균 6.8 dB(A) 감소한 것으로 나타났으며, 감소율(%)은 평균 10.1%로 조사되었다.
7. 소음원 분석에서 개금초등학교 등 24개교 중 17개교에서 주변도로로부터 발생하는 차량주행에 따른 엔진소음, 타이어 마찰음 등 도로교통에 의한 영향을 지속적 받고 있는 것으로 조사되었다.

8. 방음벽 전 후 주파수 대역별 소음차단 변화는 50Hz부근에서 감쇄치가 점차 증가하여 400Hz 높은 차단률을 보였다. 이후 4KHz 부근까지 각 주파수 대역별로 고른 차단효과를 보이고 있으며, 고주파영역에서 높은 차단효율을 나타내었다.

9. 창호에 의한 주파수 대역별 소음차단은 50Hz부근에서 점차 증가하여 800Hz 부근에서 최고치를 나타낸 후 점차 감소함을 보였다.

본 연구결과 효율적인 학교소음저감을 위해서는 도로교통 소음저감 등 외부환경개선과 아울러 내부시설 개선이 함께 이루어져야 하며, 아울러 학교 신축 시 부지선정과 건축의 계획 단계에서부터 충분한 검토를 거쳐 설계에 반영 되어야 할 것으로 판단되며, 다음과 같이 제언한다.

도로교통소음저감

도로교통은 소음원의 공익적인 특성상 규제에 어려움 많은 것이 현실이며, 조사결과에서도 나타난 바와 같이 대분부의 학교에서 도로교통소음의 영향을 가장 많이 받는 것으로 조사 되었다.

도로교통소음의 저감을 위해서는 우선 계획적인 방음벽설치와 저소음 도로포장재를 사용한 도로(재)포장, 학교지역에서의 과속 및 급발진 금지 및 경음기 사용자제 등이 필요하다. 또한 현재 초등학교 횡단보도 주변에 지정되어 있는 어린이 보호구역의 지정을 확대 적용하여 어린이 안전과 더불어 정온한 학습 환경마련과도 연계시킴이 필요한 것으로 사료되며, 학교 정화구역과의 관계에서도 상호 연관하여 정온한 학교환경 마련을 위한 노력이 요구된다.

학교시설개선

조사대상 24개 학교 22개 학교에 이중창이 설치되어 교실 내로의 소음차단에 효율적인 대안이 되고 있었으나, 학교마다 규격이 다르고 또 기밀성에서 차이가 남에 따라 차단효율에 있어도 상대적인 차이를 보이고 있다. 따라서 학교 창호에 대한 점검과 개구부 보수 등의 개선이 필요하며, 특히 복도와 교실 사이의 창호에 대한 관리 및 교실간의 소음차단을 위해 교실 내벽의 방음재 시공도 필요한 것으로 판단된다.

공사장 소음, 매미소리 등의 관리

학교 주변의 공사장도 학교 내 소음도 증가에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 학교주변의 공사장 및 공장 등에 대한 지속적인 관리를 통해 충분한 방음시설 설치와 저소음기계사용 및 작업시간의 조정을 통한 학습활동에 대한 저해를 최소화 하는 노력이 필요하다.

하절기의 경우 매미소리도 학교 소음도 증가에 주요 요인이 되고 있다. 도심에서 주로 서식하는 매미의 종류는 말매미로

몸통의 길이가 4~5cm 정도이며, 집단으로 울어대어 도심소음의 주범이 되기도 한다. 학교소음도 감소를 위해서는 이들 매미의 개체수 조절을 위한 조치가 필요하며, 또한 학교주변에 플라타너스, 버드나무 등 매미가 주로 서식하는 나무식종의 변화도 필요한 것으로 사료된다.

학교신축 시 계획관리

부지선정과 건축의 계획, 설계, 시공의 각 단계에서부터 충분한 검토가 필요하며, 소음분포상황 등을 파악한 후 이에 대응하는 교사 배치가 이루어지도록 하여야 한다.

참 고 문 헌

1. 김병삼, 김재석, 박상규, 서명교, 전의찬, 정재춘, 소음진동학, 자유아카데미, 서울, p3(1997).
2. 가종길, 이준대, “학교주변 소음실태 분석에 관한 연구”, 한국산업학회지 제14권 3호, pp.140~145(1999).
3. 환경부, 환경정책기본법.
4. 최윤정, “항공 및 도로 교통 소음권내 초등학교의 소음실태 분석”, 대한가정학회지, 제43권 4호 통권 206호 pp.31~47(2005).
5. 양정고, 박중수, 박철웅, 서윤규, 허남철, “학교에 설치된 방음벽 효율”, 대한환경공학회 춘계학술연구발표회 논문집 pp.1618~1614(2005).