

국내 학교 교실의 실내음향성능 실태조사

Analysis of the Acoustic Performance of Classrooms in Korea

박찬재, 류다정, 경주영, 한찬훈[†]

(Chan-Jae Park, Da-Jung Ryu, Ju-Young Kyoung and Chan-Hoon Haan[†])

충북대학교 건축공학과

(접수일자: 2014년 4월 21일; 채택일자: 2014년 8월 21일)

초 록: 학교 공간의 핵심인 교실의 음환경은 학생의 학습효과와 학업 성취에 매우 중요한 요소이다. 따라서 교실에서 의 높은 음향성능 제고를 위한 다양한 노력들이 국내외적으로 끊임없이 이어져오고 있다. 그 결과로써 미국 및 영국의 경우 학교 교실의 잔향시간 및 배경소음을 바탕으로 한 교실의 용도 및 크기 별로 음환경 기준이 성립되어 있다. 그러나 우리나라의 경우 교실에 대한 대부분의 연구가 건축계획상의 특정한 사용 목적을 위해 이루어지고 있으며 이에 기초가 되는 학교 교실의 실내음향성능에 대한 실태 조사가 부족한 실정이다. 본 연구에서는 학교 교실의 음환경 실태를 조사하기 위하여 국내 초등학교 및 중학교, 고등학교의 총 15개 교실을 선정하여 실내음향성능을 측정하였다. 각 학교 교실의 음환경 분석에 사용한 음향지표는 배경소음, 신호대잡음비, 잔향시간, 음명료도, 음성전달지수 등이 있다. 연구결과 배경소음의 경우 도로변에 위치한 학교에서 미국 및 영국의 기준인 35 dB(A)를 초과하는 것으로 나타났다. 특히 창문을 개방했을 때 신호대잡음비는 거의 모든 학교에서 기준을 초과하는 것으로 나타나 외부 소음에 의해 학생이 음성전달에 방해받을 수 있음을 알 수 있었다. 잔향시간의 경우 일부 초등학교와 중학교에서 미국의 기준인 0.6 s를 초과하는 것으로 나타났으며 명료도는 모든 학교에서 높게 나타났다.

핵심용어: 교실, 실내음향성능 기준, 압소음, 신호대잡음비, 잔향시간, 음성전달지수, 음성명료도

ABSTRACT: The basic unit of school is a classroom and the aural environment of the classrooms is essential factor for education purposes. Therefore, many efforts have been undertaken for enhancing the acoustical performance of the classrooms in many countries. As a result, acoustic criteria including reverberation time and background noise level have been established in US and UK for school classrooms depending on the usage and size of the rooms. However, in Korea, there has been little researches concerning the room acoustical investigations of the classrooms. The present study investigates the current situation of the aural environment of the 15 classrooms in Korea including elementary, middle and high schools. The acoustic criteria measured include RT, D_{50} , STI, SNR and background noise level. As the results, it was found that the background noise levels of the schools adjacent to roads exceed the US and UK standard of 35 dB(A). Also, most schools have so low SNR that they may be interfered by noise, which may affect speech transmission. It was also revealed that some schools have longer RT than the US standard of 0.6 s, but they all have high speech intelligibility.

Keywords: Classroom, Room acoustic criteria, Background noise level, Signal to noise ratio, RT, STI, D_{50}

PACS numbers: 43.55.Hy

1. 서 론

교실은 학생들이 선생님의 목소리를 통해 전달된 정보를 바탕으로 학습을 하는 공간이므로 교실은 음

성전달에 바람직한 청취환경을 갖추어야 한다. 교실의 바람직한 청취환경이란 적절한 잔향시간과 높은 음명료도, 낮은 배경소음에 의해 결정되며 교실의 적절한 음환경 제고를 위해 음성명료도(D_{50} , STI) 및 신호대잡음비(Signal to Noise Ratio, SNR) 등의 음향지표를 바탕으로 한 많은 연구가 국내외적으로 활발히 이루어지고 있다.

[†]Corresponding author: Chan-Hoon Haan (chhaan@chungbuk.ac.kr)
Department of Architectural Engineering, Chungbuk National University, 52 Naesudong-Ro, Seowon-Gu, Cheongju 362-763, Republic of Korea
(Tel: 82-43-261-2438, Fax: 82-43-260-2438)

그 중에서도 해외에서는 높은 배경소음이 학업성취도 저하에 영향을 미친다는 연구결과가 다수 발표되었는데 그 중에서도 교실의 배경소음이 학생들의 독해능력 등의 학업성취도에 영향을 미친다는 내용이 발표된 바 있으며^[1] 또 다른 연구를 통해 높은 배경소음이 학업성취도를 저하시킨다는 결과가 도출되었다.^[2,4] 이 밖에도 교실의 실내음향성능과 음성명료도와와의 관계에도 많은 연구가 진행되고 있으며 교실의 음성명료도가 학업성취도에 영향을 미치는 중요한 음향인자로 손꼽히고 있다.^[5] 또한 한 연구에서는 교실에서의 다양한 음향인자와 학업성취도와와의 밀접한 관계를 발표했으며 특히 저학년의 경우 학습 정보의 습득에 있어서 청각적 정보와 시각적 정보를 조합해 이해하기 때문에 음성의 전달성능이 학습정보의 인지에 큰 영향을 줄 수 있음을 밝혀내었다.^[6]

해외 연구를 기반으로 국내에서는 1980년대 이후부터 초, 중, 고등학교 교실의 음환경에 대한 관심이 증가하고 있으며 이를 바탕으로 다양한 연구를 진행하고 있다. 그러나 국내에서 이루어지고 있는 연구는 대부분 실내외 소음 등에 의해 발생하는 특수한 환경의 교실을 대상으로 진행되고 있는 실정이다. 특히 교실에 설치된 에어컨 타입에 따른 소음의 종류와 이것이 학생의 음성 인지성능에 미치는 영향을 음성명료도 평가를 통해 밝혀낸 바 있다.^[7] 한 연구에서는 학생에게 도달하는 음에너지의 방향성분 바탕으로 교실 내에 적절한 흡음재의 위치를 제안한 바 있으며^[8] 강의실의 높은 명료도 확보를 위한 흡음재와 확산체의 적절한 설치 위치에 대해 연구하여 그 결과를 제시하고 있다.^[9] 이 밖에도 특수교실 중 하나인 음악실의 실내음향 개선에 대한 연구를 위하여 용인시에 소재한 초등학교를 선정하여 실내음향성능을 측정하는 바 있으며^[10] 초등학교의 시공형태에 따른 구분을 통하여 실내음향성능과 실간 차음성능에 차이점을 분석한 논문이 발표된 바 있다.^[11]

이러한 연구 결과를 바탕으로 알 수 있듯이 국내에서 이루어지는 학교 교실에 대한 연구는 대부분 적정 음환경을 유지하기 위한 실내마감재의 종류 및 설치 위치에 대한 연구가 대부분이며 특수한 소음환경에서 학생들 음성인지성능과 그 개선방안에 관한

점을 두고 있다. 그러나 정작 일반적인 상태의 교실의 소음 및 실내음향성능에 대한 폭넓은 연구가 이루어지지 않고 있어서 국내 교실의 실내음향성능의 대표성을 규명하기 어려운 실정에 있으므로 국내 교실의 음향성능에 대한 실태를 파악하는 것이 무엇보다 중요하다. 이를 위해 본 논문에서는 청주시 내 초, 중, 고등학교의 건립년도 및 시공형태를 구분하여 조사대상 학교를 선정한 뒤 음향실험을 통해 교실별 실내음향성능을 측정하였다. 또한 이를 미국 및 영국의 교실음향성능에 대한 기준과 비교하여 대상 교실에서 소음환경 및 실내음향성능을 평가하는데 활용하고자 한다.

II. 연구의 방법

2.1 실험대상의 선정

국내 학교 교실의 청취환경 실태를 파악하기 위해서 청주시 소재 60개 초등학교와 34개 중학교, 10개 고등학교 중 각 4개소씩 총 12개소의 학교를 선정하여 일반교실의 실내음향성능을 측정하였다.

조사대상의 선정에 있어서 교실의 노후화 정도 및 시공방식 등의 다양한 요인에 따른 교실의 음향성능 차이를 알아보기 위해서 청주시 내 모든 초, 중, 고등학교의 건립시기 및 설계, 시공방식, 학교 위치에 따른 용도지역을 파악한 뒤 실험 대상학교를 선정하였다. 특히 동일한 음환경에서 아동과 어른의 음성인 지력에 차이가 있으며 음성명료도지수(AI)가 낮아 질수록 만 7세 이하 아동의 음성인지 능력이 급격히 낮아진다는 Nilsson 등^[12]의 연구결과를 바탕으로 낮은 연령대의 학생이 사용하는 음환경 실태를 파악하기 위해서 초등학교 교실의 선정 시 저학년과 고학년을 각 1개소 선택하여 실험을 진행하였다.

다음 Table 1은 본 연구에서 설정한 실험대상 학교 및 각 교실의 제원을 나타내고 있다.

2.2 빈 교실의 배경소음 측정

국내 초, 중, 고등학교 빈 교실의 배경소음의 실태를 파악하기 위해 청주시 내 초, 중, 고등학교 4개소씩 총 15개소의 교실에서 측정하였다. 또한 학교의 위치에 따른 교실의 배경소음의 차이를 알아보기 위

Table 1. Construction type of school and architectural dimensions of the classroom considered in the present work.

Classification	Construction type	Construction year	District classification	Architectural dimension of the classroom						Grade of classroom	
				Length (L)	Width (W)	Height (H)	Floor area (F)	Volume (V)	Ratio (L:W)		
Elementary School	E-S	Standard drawing	1981	General area	7.0 m	8.8 m	2.9 m	61.6 m ²	178.6 m ³	1:1.26	Grade 2, 6
	E-C	Competition	1972	Roadside area	7.9 m	8.0 m	2.6 m	63.2 m ²	164.3 m ³	1:1.01	Grade 6
	E-B1	BTL	2007	General area	7.4 m	8.4 m	2.6 m	62.2 m ²	161.6 m ³	1:1.14	Grade 2, 6
	E-B2	BTL	2008	Roadside area	7.7 m	8.2 m	2.6 m	63.1 m ²	164.2 m ³	1:1.06	Grade 1, 6
	Average				7.5 m	8.4 m	2.7 m	62.5 m ²	167.2 m ³	1:1.12	-
Middle School	M-S	Standard drawing	1986	General area	7.2 m	8.6 m	2.8 m	61.9 m ²	173.4 m ³	1:1.19	Grade 3
	M-C1	Competition	1993	Roadside area	7.3 m	8.9 m	2.8 m	65.0 m ²	181.9 m ³	1;1.22	Grade 3
	M-C2	Competition	1995	Roadside area	7.3 m	8.8 m	2.6 m	64.2 m ²	167.0 m ³	1:1.21	Grade 3
	M-B	BTL	2007	Roadside area	7.3 m	8.2 m	2.6 m	59.9 m ²	155.6 m ³	1:1.12	Grade 3
	Average				7.3 m	8.6 m	2.7 m	62.8 m ²	169.5 m ³	1:1.17	-
High School	H-C1	Competition	1991	General area	7.5 m	9.0 m	2.7 m	67.5 m ²	182.3 m ³	1:1.20	Grade 3
	H-C2	Competition	1977	General area	11.3 m	13.5 m	3.0 m	152.6 m ²	457.8 m ³	1:1.17	Grade 3
	H-C3	Competition	1974	Roadside area	7.5 m	9.0 m	2.9 m	67.5 m ²	195.8 m ³	1:1.20	Grade 3
	H-C4	Competition	1977	Roadside area	7.5 m	8.5 m	3.0 m	63.8 m ²	191.4 m ³	1:1.17	Grade 3
	Average				8.5 m	10 m	2.9 m	87.9 m ²	256.8 m ³	1:1.17	-

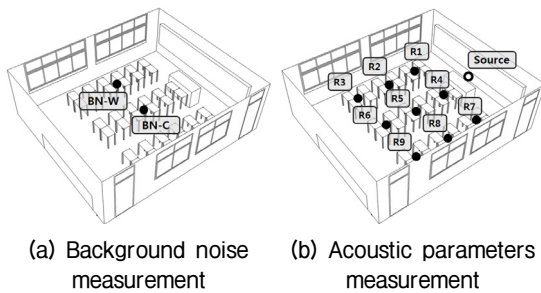


Fig. 1. Sound source and receiving positions.

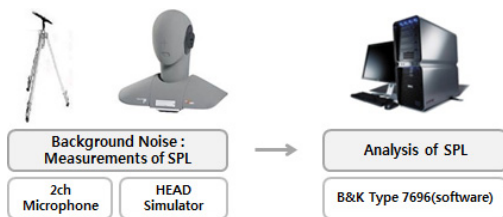


Fig. 2. Setup of background noise measurement devices.

해도로변지역과 일반지역의 학교를 구분하여 선정하였다. 본 연구에서 선정할 실험대상 학교의 목록과 지역 구분은 Table 1에 나타난 바와 같다.

빈 교실의 배경소음이 학생의 성적에 영향을 미친다는 기존의 연구 결과^[13]에 따라 모든 교실의 배경

소음 측정은 학생이 없는 공석 상태에서 진행되었다. 수음점은 착석시 학생의 귀 높이를 재현하기 위해 학년에 따라 바닥으로부터 1.0~1.2 m 높이로 설정하였으며 외부소음에 의해 발생할 수 있는 위치별 배경소음의 차이를 파악하기 위해서 수음점의 위치는 운동장 측 창가 및 중앙 각 1개소에 설정하였다. 측정시 수음점의 설치위치는 Fig. 1에 나타나 있으며 Fig. 2에 나타난 장비를 사용하였다.

2.3 실내음향성능 측정

학교의 건립형태 및 학년 별 교실의 실내음향성능 실태를 파악하기 위해서 다양한 실내음향인자를 측정하였으며 그 대상으로는 초등학교와 중학교를 선정하였다.

모든 실험은 KS F 2864를 준수하여 진행되었으며 실험 일시 및 측정기기의 선택, 측정점의 선정은 사전방문을 통해 현장사정을 감안해 선택하였다. 실험은 학교의 방학기간인 2012년 1월 26일부터 2월 6일 사이에 진행되었으며 실험시간은 오전 9시에서 오후 6시 사이에 수행하였고 배경소음과 마찬가지로 학생들이 없는 공석상태에서 시행되었다.

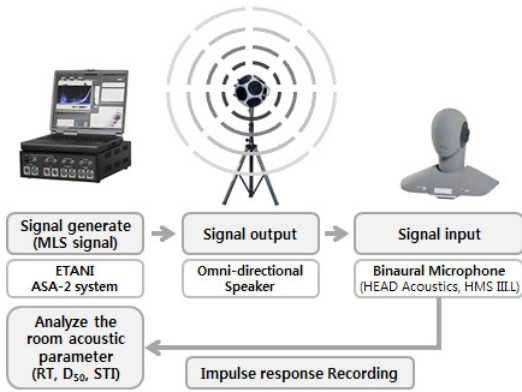


Fig. 3. Setup of acoustic parameter measurement devices.

Table 2. The acoustic performance standards for the United States classroom (unoccupied)*.

Learning space	Background Noise Level	RT
Learning space (Volume ≤ 283 m ³)	35 dB(A)/ 55 dB(C)	0.6 s
Learning space (283 m ³ ≤ Volume ≤ 566 m ³)	35 dB(A)/ 55 dB(C)	0.7 s
Learning space (566 m ³ ≤ Volume) and all ancillary learning space	40 dB(A)/ 60 dB(C)	No requirement

*ANSI/ASA S12.60-Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools (Part 1: Permanent Schools).

Table 3. The acoustic performance standards for the United Kingdom classroom (unoccupied)*.

Classification of classroom	Background Noise Level	RT	STI
Elementary school	35 dB(A)	0.6 s	-
Middle school	35 dB(A)	0.8 s	-
Open-plan classroom	40 dB(A)	0.8 s	0.60

*Building Bulletin 93-Acoustic Design of Schools.

교사의 음성레벨은 소리가 발생되는 입을 중심으로 방향에 따라 그 크기가 달라지며 일반적으로 30°마다 약 2 dB(A) 감소되는 것으로 알려져 있다.^[14] 그러나 본 연구에서는 교사의 발생방향에 의한 영향을 배제하고 칠판 등 주변 구조물에 의한 반사음의 영향을 포함하기 위하여 음원으로 무지향성 스피커를 사용하였다. 음원의 위치는 교사가 수업을 진행하는 위치인 강단 중앙에 설치하였으며 일반적인 성인의 표준 입 높이인 바닥으로부터 1.5 m 높이에 스피커의 중앙이 도달하도록 하였다.

수음점의 경우 교실 내 구역별 음향성능을 파악하기 위하여 약 9개소에 고르게 배치하였으며 높이는 학생의 귀 위치인 바닥으로부터 1.2 m에 설정하였다. 실험시 음원의 위치와 수음점의 위치는 Fig. 1에 나타나 있으며 장비구성도는 Fig. 3과 같다.

각 교실의 실내음향성능은 배경소음(Background noise level), 잔향시간(RT), 음성명료도(D₅₀), 음성전달지수(STI)를 통해 분석하였으며 이를 미국과 영국의 기준을 참고하여 평가하였다. 본 논문에서 사용된 미국과 영국의 기준은 다음의 Table 2^[15]와 Table 3^[16]에 각각 나타나 있다.

III. 학교별 배경소음 측정 결과

3.1 배경소음

배경소음은 각 학교의 실험대상 교실의 창가와 교실 중앙 2곳에 측정점을 선정하 뒤 창문 개폐시 각 10 초간 2회 이상 측정하 뒤 평균화하였으며 그 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 한편 미국 및 영국에서 규정하고 있는 교실의 배경소음 기준은 최대 한계치는 35 dB(A)이며 이를 초과하는 범위를 Fig. 4에 표시하여 교실별 음압레벨 기준의 초과여부를 보다 쉽게 알 수 있도록 하였다.

4개 초등학교 7개 교실에서 창문을 닫았을 때 배경소음을 측정하 결과 평균이 약 31.0 dB(A)로 나타났으며 모든 학교에서 배경소음 기준을 만족하는 것으로 나타났다. 그 중에서도 가장 큰 배경소음이 나타난 곳은 E-B2 학교의 1학년 교실이었으며 그 값은 약 32.3 dB(A)이다.

4개 학교 4개 교실에서 창문 닫은 상태에서 측정하 중학교의 배경소음 평균은 약 34.3 dB(A)로 초등학교에 비해 약 3.3 dB(A) 높게 나타났다. 이것은 중학교의 경우 초등학교와 달리 학교 주변 도로의 주행속도 제한이 설정되어 있지 않아서 교통소음의 발생레벨이 상대적으로 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 도로와 교실과의 거리 또한 상대적으로 가까운 것도 배경소음이 큰 이유로 작용하하고 있는 것으로 판단되는데, 이것은 도로변지역에 위치하 M-B 학교와 M-C1 학교에서 측정된 교실의 배경소음이 각각 약 36.1 dB(A), 34.8 dB(A)로 국외 배경소음 기준인 35

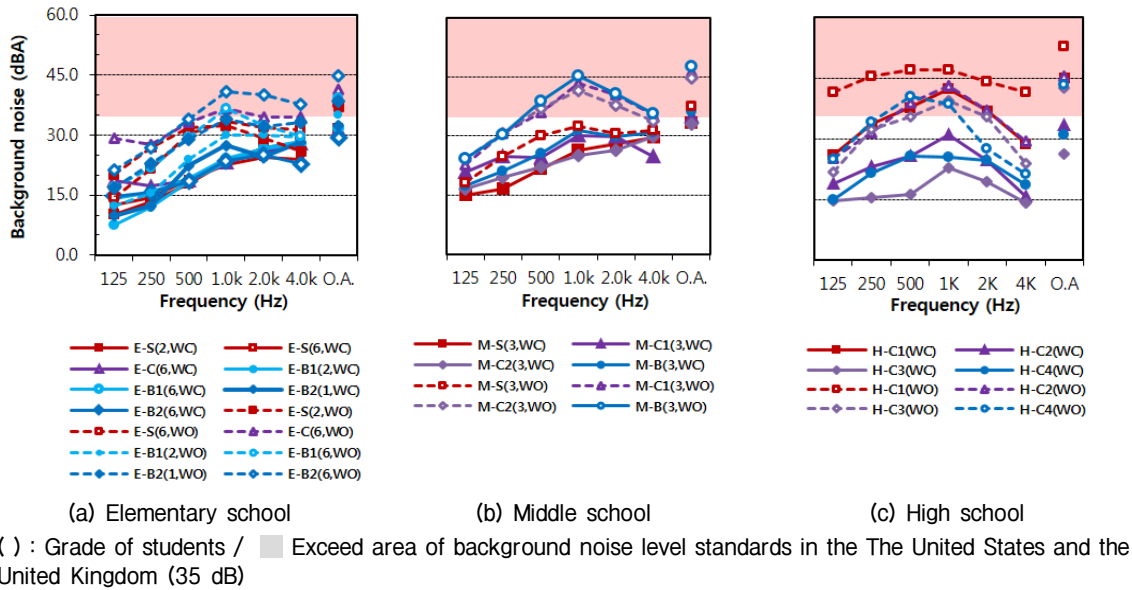


Fig. 4. Measurement result of background noise levels in the empty classroom.

dB(A)를 초과하거나 큰 차이를 나타내지 않는 등 상대적으로 높은 소음레벨이 측정된 것을 통해 확인할 수 있다.

그러나 고등학교의 경우 학교별 배경소음의 편차가 매우 크게 발생하고 있었는데, 일반지역에 위치한 H-C1 학교에서 45.0 dB(A)로 측정되어 배경소음 기준을 크게 초과하고 있으며, H-C2 학교의 경우 33.4 dB(A)로 기준에 근접한 측정결과를 나타내고 있다. 그러나 도로변 지역에 위치한 H-C3, 4 학교의 측정결과는 26.2 dB(A)와 28.3 dB(A)로 나타나 미국의 배경소음 기준을 초과하지 않으며 일반지역에 위치한 학교보다 더 낮은 값을 보이는 것으로 나타났다. 이것은 H-C3, 4 학교가 학교 교사와 도로의 위치관계상 도로변 지역으로 구분되었지만 교실과 도로 간의 거리가 멀고 그 사이에 운동장이 위치해 있어서 거리감쇠에 의해 교실 내로 유입되는 소음의 양이 작아진 것으로 유추된다.

한편 교실의 창문을 개방한 후 교실의 배경소음레벨을 측정한 결과 모든 학교의 모든 교실에서 배경소음 기준인 35 dB(A)를 초과하는 것으로 나타났다. 이것은 봄·가을과 같은 간절기이나 환기 등을 이유로 창문을 개방하였을 때 외부로부터 유입되는 소음의 양을 나타내는 것으로써 위 결과와 같이 배경소음이 높게 나타난 경우 소음에 의해 학업에 영향을

받을 수 있다.

3.2 신호대잡음비 (SNR)

다음의 Fig. 5는 총 12개 학교 15개 교실에서 창문을 열었을 때와 닫았을 때 각각 측정한 평균 신호대잡음비를 나타낸 것이다.

신호대잡음비의 산출에서 있어서 신호음의 크기를 최소 음성레벨인 50 dB로 설정하였으며, 그래프상의 회색 음영은 교실에서 음성명료도의 저감없이 학습정보를 인식하기 위한 최소 신호대잡음비 값인 15 dB의 초과분을 나타내고 있는 것이다.

측정결과 4개 초등학교에서 측정된 신호대잡음비의 평균값은 약 18.8 dB로 나타났으며, 모든 교실에서 최소 기준인 15 dB 이상을 만족하고 있음을 알 수 있었다. 한편 중학교의 평균 신호대잡음비 값은 약 15.9 dB로 다소 낮게 나타났으며 고등학교의 신호대잡음비의 평균은 19.2 dB로 나타났다. 일부 M-C1 학교와 M-B 학교, H-C1의 경우 기준에 못 미치거나 근사한 값을 나타내고 있다. 이것은 배경소음에 의해 교사의 음성이 방해받을 수 있음을 나타내며 정확한 학습정보의 전달이 어렵다는 것을 의미하는 것이다.

그러나 창문을 개방한 경우 모든 교실에서 신호대잡음비가 권장 기준인 15 dB을 만족하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 특히 초등학교의 E-B2 학교의

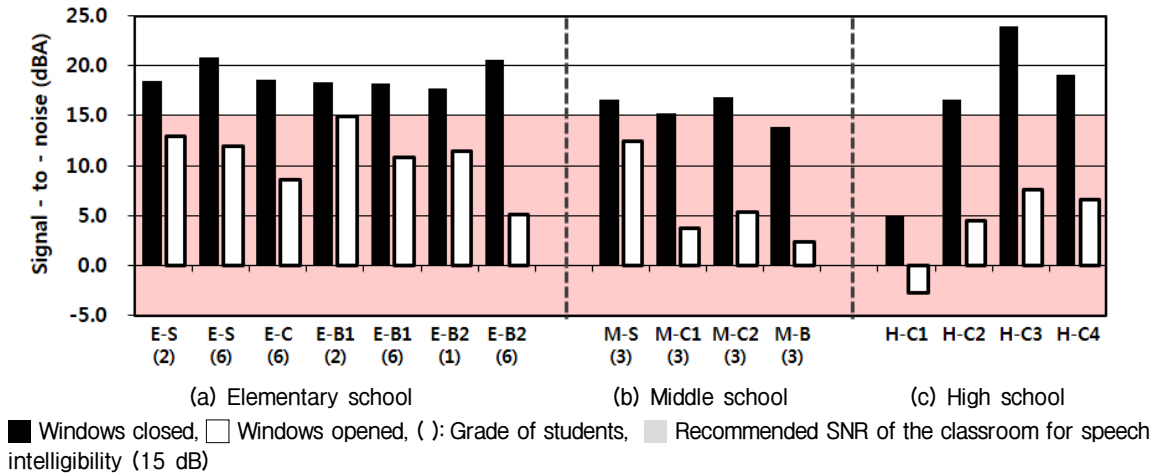


Fig. 5. Measurement results of signal-to-noise ratio in the empty classroom.

경우 신호대잡음비가 약 5.1 dB로 매우 낮게 나타나 교사의 음성이 학생에게 전달됨에 있어서 외부 소음에 의해 음성전달성능이 저하될 수 있음을 나타내고 있다. 창문을 개방하였을 경우 발생하는 신호대잡음비의 저하는 중학교 및 고등학교에서 더욱 심각하게 나타나고 있는데 중학교의 경우 M-S 학교를 제외한 모든 학교에서 5.4 dB 이하로 매우 낮게 나타났으며 고등학교의 경우 -2.8 dB로 교사의 음성신호보다 외부 소음이 큰 경우가 발생하고 있어서 음성에 의한 학습정보의 전달이 매우 어려운 상황임을 알 수 있다. 이처럼 초등학교에 비해 중학교 및 고등학교의 신호대잡음비가 낮게 나타난 이유는 초등학교 주변 도로의 경우 차량의 주행속도에 제한이 있어서 발생 소음의 레벨이 낮기 때문은 것으로 유추된다.

IV. 학교별 실내음향성능 측정 결과

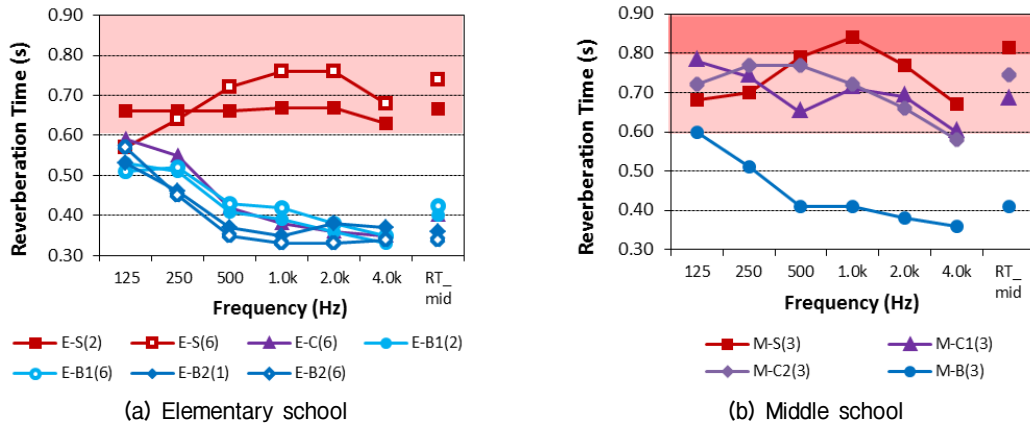
4.1 잔향시간 (RT)

다음의 Fig. 6은 각 학교의 실험대상 교실의 9개 수음점에서 측정된 잔향시간 평균을 도식화하여 나타낸 것이다. 그림의 회색 음영은 빈 교실의 잔향시간에 대한 미국의 음향기준인 약 0.6s의 초과분을 나타내고 있다.

분석결과 초등학교의 경우 E-S 학교만이 기준을 초과하는 것으로 나타났는데 2학년 교실이 0.67 s, 6학년 교실이 0.74 s로 나타났다. 반면 그 외의 학교들

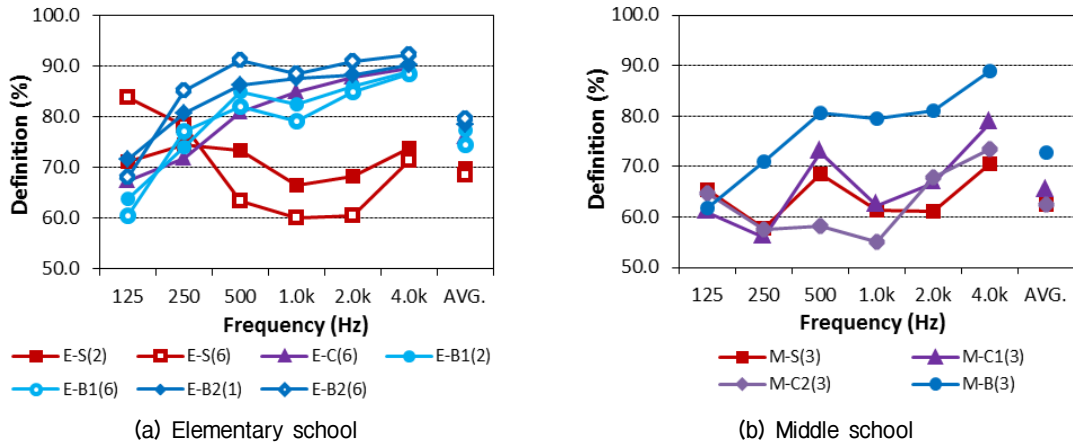
은 대부분 0.4s 이하의 매우 낮은 잔향시간을 나타내고 있음을 알 수 있다. 주파수대역별 잔향시간 측정 결과를 분석해보면 대부분의 학교가 저주파수대역에서 높고 고주파수대역으로 낮아지는 현상을 보이는 반면, E-S 학교의 경우 반대로 고주파수 대역으로 갈수록 잔향시간이 길어지는 현상을 나타내고 있다. 이것은 잔향시간이 실내 흡음력과 체적에 의해 결정되는 것을 감안할 때, 대부분의 학교가 최근에 신축되거나 보수공사를 통해 천장 마감재료를 고주파수 대역의 흡음능력이 높은 흡음텍스 재질로 마감한 반면 E-S 학교의 경우 1980년대 표준설계도서에 의해 건립된 형태로서 최근까지 실내마감재에 대한 특별한 보수공사가 이루어지지 않았을 뿐만 아니라 천장 흡음텍스 위에 도장마감을 함으로써 실제적인 흡음 성능이 저하되었기 때문으로 판단된다.

중학교의 경우 M-B 학교를 제외한 모든 학교에서 미국의 잔향시간 기준을 초과하는 것으로 나타났다. 전술한 바와 같이 잔향시간은 실내 흡음력과 함께 체적에 의해 결정되는데, E-S 학교(약 179 m³)를 제외한 학교들의 체적이 160 ~ 165 m³ 인데 반해 중학교의 경우 M-B(약 155 m³)를 제외한 모든 학교들이 167 ~ 182 m³ 사이에 존재해 상대적으로 매우 크기 때문인 것으로 판단된다. 또한 초등학교의 경우 전면벽 및 뒷벽에 다양한 공작품들이 게시되어 있고 내부에 다양한 교구와 가구들이 존재함으로써 그렇지 않은 중학교 교실과 비교해 볼 때 유효 체적은 실제보다 더 작아지고 실내 흡음력은 오히려 더욱 높기 때문인



() : Grade of students, ■ Exceed area of the The United States RT standards (0.6 s) / ■ Exceed area of the The United Kingdom RT standards (0.8 s)

Fig. 6. Measurement result of reverberation time (T_{30}) in the empty classroom.



() : Grade of students

Fig. 7. Measurement results of definition (D_{50}) in the empty classroom.

것으로 유추된다. 그러나 미국의 기준보다 완화된 영국의 기준을 바탕으로 분석해 볼 때 대부분의 중학교 잔향시간 기준을 만족하고 있으나, M-S 학교의 경우에만 기준을 초과하고 있음을 알 수 있다.

4.2 음성명료도 (D_{50})

D_{50} 값은 전체에너지에 대한 초기음에너지의 비율로서 음성의 명료함을 평가하는 음향인자로 사용되며, 그 값이 클수록 명료도가 높은 것을 나타낸다. 현재 국내의 적으로 음명료도에 대한 일반적인 기준은 없으나, 연구결과에 의해 그 값이 55% 이상일 때 청취자는 95% 이상의 인지성능을 나타내는 것으로 알려져 있다.

다음의 Fig. 7은 청주시내 8개 학교 11개 교실에서 측정된 음명료도 값을 나타내고 있다.

초등학교의 음명료도 측정결과 모든 학교에서 65% 이상으로 높게 나타났다. 음명료도는 잔향시간에 가장 크게 영향을 받는데, E-S 학교의 경우 음명료도 값은 높지만 기타 학교에 비해 상대적으로 낮게 나타났다. 특히 고주파수대역의 음명료도 값이 급격히 낮아짐으로써 고주파로 갈수록 길게 나타났던 잔향시간과 유사한 경향을 보이고 있다.

중학교의 경우 전체적으로 60% 이상의 높은 음명료도가 측정되었으며, 그 중에서도 잔향시간이 가장 짧았던 M-B 학교에서 70% 이상으로 매우 높게 나타났다.

4.3 음성전달지수 (STI)

공간의 명료도의 평가하는 다양한 음향인자 중에서 강연이나 실내 방송 시 음성전달의 이해도를 나타내는 지표로써 음성전달지수(STI)을 사용한다. STI 값은 듣는 사람이 음성의 내용을 얼마나 잘 알아 듣고 이해하는가에 대한 평가지수로서 speech 위주의 공간의 음향환경을 평가하는데 매우 중요한 지표이다. 일반적으로 STI 값이 0.45~0.6 이내일 경우 보통의 음환경, 0.6 이상일 경우 준수한 수준으로 평가되며 0.75 이상일 경우 음성인지에 대한 명료함이 매우 높은 공간으로 평가된다.

각 학교의 교실 9개 수음점에서 측정한 음성전달지수 측정결과는 Fig. 8의 그래프로 도식화하였다.

초등학교의 STI 측정결과 모든 학교에서 0.7 이상의 매우 높은 값을 나타내고 있으며 그 중에서도 잔향시간이 짧았던 E-C(0.81)와 E-B1(0.81), E-B2(0.83)로 매우 높은 값을 나타냄으로써 음성전달에 유리한 음환경임을 알 수 있었다.

중학교의 경우도 마찬가지로 대부분의 학교에서 음성전달지수 값이 0.7 내외로 높게 나타났다. 특히 잔향시간이 짧았던 M-B 학교의 경우 STI 값이 약 0.8 이상으로 나타나 음성전달이 주목적인 교실에 적합한 환경임을 알 수 있었다.

그러나 초등학교 및 중학교의 결과 모두 음성전달지수가 가장 큰 학교(E-B2)와 가장 작은 학교(E-S) 학교의 편차가 약 0.15로 매우 크게 나타나 학교 간 음성전달 성능에 큰 차이가 발생할 수 있음을 알 수 있었다.

V. 결 론

본 연구에서는 청주시 내 초등학교 4곳과 중학교 4곳, 고등학교 4곳을 대상으로 선정하여 총 15개 교실의 실내 음향성능과 배경소음을 측정하여 현재 국내 초등학교와 중학교 및 고등학교 교실의 음향성능을 유추하고자 하였다.

본 연구의 결론은 다음과 같이 요약할 수 있다.

- 1) 배경소음의 경우 도로변지역에 위치한 E-C, E-B1, E-B2(초등학교)와 M-C1, M-C2, M-B(중학교)가 미국의 빈 교실에 대한 배경소음 기준인 35 dB(A)를 초과하고 있는 것으로 나타났으며 고등학교의 경우 일반지역에 위치한 H-C1 학교에서 기준을 초과하고 있음을 알 수 있다.
- 2) 신호대잡음비 분석결과 중학교인 M-C1 학교와 M-B 학교, 고등학교의 H-C1 학교의 경우 기준에 못 미치거나 근사한 값을 나타내고 있어서 수업 진행시 학생이 소음에 의해 음성전달에 방해받을 수 있음을 알 수 있다.
- 3) 잔향시간의 경우 초등학교 중 E-S 학교와 M-S, M-C1, M-C2 중학교에서 미국의 교실 내 잔향시간 기준(0.6 s)을 초과하는 것으로 나타났다. 또한 중학교(평균 0.66 s)보다 초등학교(평균 0.48 s)가 더 짧게 나타났는데, 이는 실내 유효 체적과 개시물에 의한 실내 흡음력 차이로 판단된다.
- 4) 명성료도(D_{50} , STI)의 경우 모든 학교에서 매우 높게 나타나 음성전달에 용이한 공간으로 평가되었다.

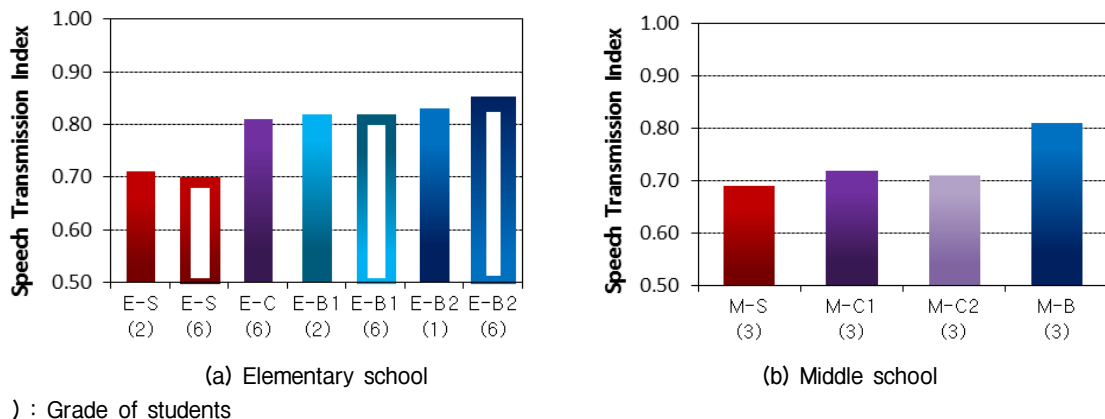


Fig. 8. Measurement results of STI in the empty classroom.

5) 학교별 각 음향인자의 편차가 발생하고 있음을 알 수 있었다.

본 연구는 국내 학교 교실의 음환경 실태를 조사하기 위한 연구로서 건립형태 및 용도지역별 교실 내 음향성능 현황을 파악하고자 하였다. 비록 본 연구에서 선정한 대상이 청주시 내 학교로 국한되어있으며 초등학교 4곳(7개 교실), 중학교 4곳(4개 교실), 고등학교 4곳(4개 교실)이라는 적은 개체수로 인해 전국의 학교에 대한 음환경을 일반화 할 수는 없지만 본 연구를 통해 공간의 특징별 경향을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 현재 국내 학교 교실에 대한 음환경 기준 성립이 시급하다는 현실을 알 수 있었다.

감사의 글

이 논문은 2011년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구입니다(NRF-2011-0008137).

References

1. A. L. Bronzaft, "The effect of a noise abatement program on reading ability," *J. Envir. Psych.* **1**, 215-222 (1981).
2. J. E. Dockrell and B. B. Shield, "Acoustical barriers in classrooms: the impact of noise on performance in the classroom," *J. Brit. Educ. Res.* **32**, 509-525 (2006).
3. H. Sato., M. Morimoto, H. Sato, and M. Wada, "Relationship between listening difficulty and acoustical objective measures in reverberant sound fields," *J. Acoust. Soc. Am.* **123**, 2087 (2008).
4. L. M. Ronsse and L. M. Wang, "Effects of noise from building mechanical systems on elementary school student achievement," *ASHRAE*, **116**, 347-354 (2010).
5. J. S. Bradley, "Relationships among measures of speech intelligibility in rooms," *J. Aud. Eng. Soc.* **46**, 396-404 (1998).
6. K. P. Roy, "Green rating systems and classroom acoustic design," *ICA 2010: 20th International Congress on Acoustics* **20**, 1-6 (2010).
7. J. You, S. Y. Kim, and J. Y. Jeon, "Evaluation of speech intelligibility in classroom with air conditioning noise" (in Korean), *J. Archit. Inst. Kr. Suppl.* 1(s) **25**, 662-665 (2005).
8. D. U. Jeong, Y. K. Oh, and H. K. Chu, "Effect of direction and time delay of early reflections on speech intelligibility" (in Korean), *J. Archit. Inst. Kr.* **18**, 203-208 (2001).
9. S. B. Shin, *Enhancement of the sound clarity in lecture*

rooms using absorptive and diffusive materials (Master thesis, Chungbuk National University 2007).

10. W. G. Choi and J. S. Shin, "A study on the room acoustic renovation of music Room at daihyun elementary school in yongin" (in Korean), *J. Kr. Inst. Educat. Facili.* **13**, 17-25 (2006).
11. C. H. Haan and K. C. Moon, "An experimental research on the room acoustical environment of the elementary school classrooms" (in Korean), *J. Kr. Inst. Educat. Facili.* **11**, 5-14 (2004).
12. M. Nilsson, S. D. Soli, and J. A. Sullivan, "Development of the hearing In noise test for the measurement of speech reception thresholds in quiet and in noise," *J. Acoust. Soc. Am.*, **95**, 1085-1099 (1994).
13. B. G. Shinn-Cunningham, N. Kopco, and T. J. Martin, "Localizing nearby sound sources in a classroom: binaural room impulse responses," *J. Acoust. Soc. Am.* **117**, 3100-3115 (2005).
14. M. D. Egan, *Architectural Acoustics* (J. Ross Pub., Plantation, 2007), pp. 325.
15. ANSI/ASA S12.60, *Acoustical Performance Criteria, Design Requirements, and Guidelines for Schools - Part 1 : Permanent Schools, American National Standard* (2010).
16. Building Bulletin 93, *Acoustic Design of Schools*, The Department for Education and Skills, U.K. 2011.

저자 약력

▶ 박 찬 재(Chan-Jea Park)



2006년 2월: 충북대학교 건축공학과 학사
2009년 2월: 충북대학교 건축공학과 석사
2014년 2월: 충북대학교 건축공학과 박사
2014년 3월 ~ 현재: 충북대학교 건축음향 연구실 연구원

▶ 류 다 정(Da-Jung Ryu)



2013년 2월: 충북대학교 건축공학과 학사
2013년 3월 ~ 현재: 충북대학교 건축공학과 석사과정

▶ 경 주 영(Ju-Young Kyoung)



2006년 2월: 충북대학교 건축공학과 학사
2011년 8월: 충북대학교 건축공학과 석사
2011년 9월 ~ 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 건축공학
과 교수