

# 초등학교 교실의 음환경 평가에 관한 실험적 연구

## An Experimental Research on the Room Acoustical Environment of the Elementary School Classrooms

韓 贊 勳\*

文 奎 天\*\*

Haan, Chan-Hoon Moon, Kyu Chun

### Abstract

Since 1990s in Korea, elementary school classrooms have been designed toward open education system in pursuit of variety of educational purpose. Also, the architectural designs of schools have been accomplished for individual school not based on the standard design code. The present paper aims to investigate the acoustic environment of existing classrooms and to compare the sound insulation capacity between the ordinary classrooms and the newly built classrooms for open education. The current acoustical situation of elementary classrooms was analyzed using field measurements and questionnaire survey.

In order to this, Three elementary schools were selected which were built in 1978, 1996 and 2000 respectively. Room acoustical parameters including Reverberation time(RT), Definition(D50), Speech Intelligibility(RASTI), Transmission loss(TL) and STC were measured in a classroom in each elementary school classroom. Each measurement was undertaken with the windows and doors being open or closed.

As the result, it was found that the transmission loss between rooms in open classrooms is, 5~6dB in average, inferior than the ordinary classrooms. The RASTI of 0.70 was measured in newly built classrooms which is better than old classrooms(0.70) and open classrooms(0.73). This was shown as same in the speech definition measurements. This results from the condition of sealing and airtightness of classrooms and floor materials. The results denote that open classrooms have poor acoustic condition in sound insulation and speech intelligibility.

키워드 : 열린교실, 실내음향측정, 음성명료도, 음이해도, 차음성능, 차음치수

Keywords : Open classroom, Room acoustic measurement, Sound clarity, RASTI, Sound Insulation, STC

### 1. 서 론

초등학교는 교육의 많은 부분이 교실에서의 음성정보 전달에 의해서 이루어지고 있고, 바람직한

청취환경을 갖는 교실형의 개발이 우선 검토되어야 한다. 특히 초등학교의 경우, 정서적 측면이나 언어체득의 측면에서 보다 안정적인 청취조건 하에서 정확한 한국어 발음을 접할 수 있도록 하는 것이 중요하기 때문이다.

초등학교의 교육조건은 지속적인 학습 시스템

\* 충북대학교 건축공학과 교수, 건축학박사

\*\* 충북대학교 건축공학과 대학원 석사수료

의 변화가 이루어지고 있다. 과거에는 없던 멀티 미디어를 이용한 시청각 교육이나 체험 및 실험 위주의 학습이 실행되고 있다. 이렇게 변화하는 초등학교 교육환경에 따라서 교실의 형태 및 재료 등도 변화하고 있다. 그리고 근래에는 열린교실과 같은 새로운 건축계획방법들이 생기면서 과거의 초등학교 건축과는 상이한 점을 보이고 있다. 과거에는 종합표준설계를 기준으로 일률적으로 건축되던 초등학교 건물이 1990년대 중반을 지나면서 열린교실과 같은 새로운 요구에 부응할 수 있도록 설계경기를 통해서 각 학교별로 특성을 가지고 건축되어지고 있다.

본 연구는 건축시공연대와 설계방법이 다른 3개의 초등학교를 선정하여 실내음향인자와 인접교실과의 차음성능을 측정하고, 이 결과를 바탕으로 종합표준설계에 의해 지어진 과거의 초등학교와 설계경기를 통해 지어진 새로운 학교간의 음향성능과 차음성능을 분석·평가하고자 한다. 또한 최근에 실시되고 있는 열린교실의 유동성 있는 배치를 기존의 교실과 비교하였을 때 음향성능 면에서 얼마나 차이가 있는지를 알아보하고자 한다.

## 2. 조사대상 학교의 건축제원

### 2.1 대상교실의 개요

초등학교 교실의 비교실험을 위하여 청주에 위치한 초등학교 중에서 종합표준설계를 통해 건축된 학교 1개(C교실)와 설계경기를 통해 건축된 학교 2개를 선택하였다. 그리고 설계경기를 통해 건축된 학교도 열린교실(J교실)을 표방하는 학교와 일반학교(W교실)로 나누어 선택을 하였다.

교실의 선정에 있어서 표준설계도와 최근에 신축한 교실중 대표성을 갖는 교실을 선정하였다. 측정대상 교실중 C초등학교는 1978년에 표준설계도에 의하여 시공된 학교이며, W초등학교는 1996년에 설계경기에 의하여 신축되었다. 또한 J초등학교는 열린교실을 지향하여 가장 최근인 2000에 완공되었다. 선정된 교실의 치수와 제원은 표 1에 나타난 바와 같다.

모든 초등학교는 전체가 4층으로 지어져 있으며 측정대상의 교실은 모두 3층에 있는 교실을 택하였다. 각 교실의 부위별 재료는 표 2에 나타난 바와 같다. 각 부위별 재료의 사용에 있어서 벽과 천장은 모두 같은 재료로 쓰여졌지만 복도

와 교실의 바닥재료의 사용에 있어서는 각 교실별로 차이가 드러났다. 특히 복도바닥 마감 재료 사용에 있어서 많은 차이점이 드러났으며, 교실간의 칸막이 벽의 재료도 차이를 보였다.

표 1. 각 교실의 제원

학교명	C초등학교	W초등학교	J초등학교
준공연도	1978	1996	2000
설계도서	표준설계도	설계경기	설계경기 (열린교실)
교실형	병렬형	자유형	자유형
건물의 층수	4층	4층	4층
측정교실의 층	3층	3층	3층
수용인원 (명)	44	41	32
길이 (m)	9.0	9.0	8.4
폭 (m)	7.2	7.5	8.4
높이 (m)	2.88	2.6	2.6
바닥면적 (m <sup>2</sup> )	64.8	67.5	70.6
실체적 (m <sup>3</sup> )	186.6	175.5	183.5
복도쪽 창문의 면적 (m <sup>2</sup> )	9.4	8.9	8.5
출입문 면적	3.6	3.6	3.6

표 2. 각 교실의 실내마감재료

구 분	C초등학교	W초등학교	J초등학교	
교실	바닥	Wood flooring	Wood flooring	콘크리트 위 Wood flooring
	외부창	알루미늄, PVC이중창	알루미늄, PVC이중창	알루미늄, PVC이중창
	뒷벽	합판보드	합판보드	합판보드
	앞벽	칠판	칠판	칠판
	옆벽	몰탈위 수성페인트	몰탈위 수성페인트	몰탈위 수성페인트
	내부창	PVC창	PVC창	목재창 (가변벽체)
	천정	텍스	텍스	텍스
교실간벽	1.0B 벽돌벽	ALC블럭	ALC블럭	
복도	외부창	알루미늄, PVC이중창	알루미늄, PVC이중창	알루미늄, PVC이중창
	바닥	Wood flooring	테라조타일 붙임	콘크리트위 고무타일

조사결과 각 교실의 크기는 전체 부피로는 비슷하나 바닥 면적은 최근의 학교일수록 점차 증가하는 추세에 있음을 알 수 있었다.

각 교실의 준공연대는 각기 차이가 나지만 교

실내의 집기나 시청각 기자재는 교육시설의 현대화에 따라 대부분 상태가 양호하였다. 즉, 책상은 1인용으로 책상판은 나무이고 다리는 철재로 구성되어 있으며 각 교실 모두 복도쪽의 창에는 커튼이 없었으나, 운동장쪽의 창문에는 커튼이 설치되어 있었다. 또한 각 학교의 유리창과 출입문의 크기는 준공연대와 관계없이 설계기준에 따라 거의 동일하였다.

그림 1은 조사한 3개 학교 단위교실의 창문과 출입문의 위치를 보여주고 있다. 3개 학교 공히 같은 위치에 창문과 출입문이 있는 관계로 대표적으로 C학교의 교실 단위평면을 기재하였다.

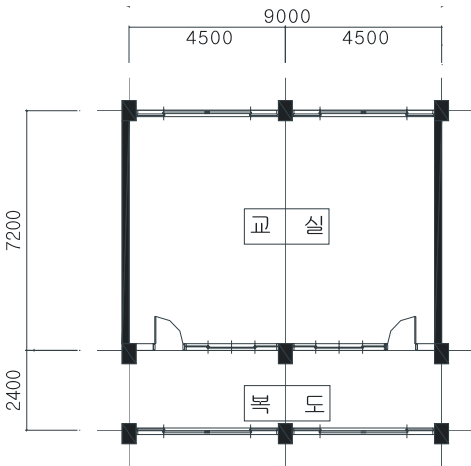


그림 1. C학교 단위교실의 평면도

표 2에 나타난 각 교실의 실내마감재료중 주요한 차이점은 교실의 바닥의 구조이다. 따라서 그림 2부터 그림 4은 각 교실별 바닥마감상세도를 나타내고 있다.

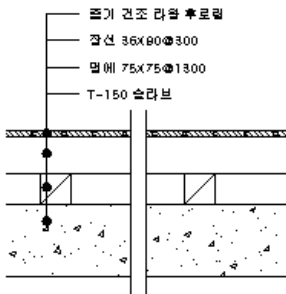


그림 2. C초등학교 교실바닥 상세도

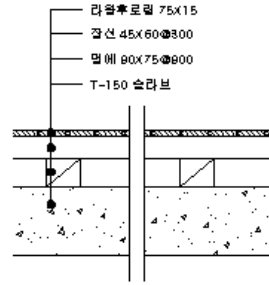


그림 3. W초등학교 교실바닥 상세도

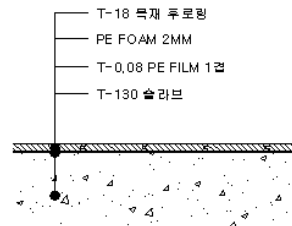


그림 4. J초등학교 교실바닥 상세도

각 교실별로 차이를 보이는 주요 실내마감재료의 흡음율은 표 3에 나타난 바와 같다. 표3에 표시한 재료의 흡음율 자료는 교실의 사전조사시에 사용하였던 음향시뮬레이션 프로그램인 ODEON 7.0에서 발췌한 것이다.

표 3. 주요 실내마감재료의 흡음율

재 료	주파수 (Hz)					
	125	250	500	1K	2K	4K
Wood flooring	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07
콘크리트 위 Wood flooring	0.04	0.04	0.07	0.06	0.06	0.07
합판보드	0.30	0.20	0.15	0.12	0.10	0.10
PVC Moulding	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05
철 관	0.24	0.20	0.20	0.18	0.18	0.21
물탈위 수성페인트	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
천장흡음텍스	0.22	0.32	0.15	0.14	0.08	0.07
1.0B 벽돌벽	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06
ALC블럭	0.06	0.06	0.08	0.10	0.16	0.26
경량 콘크리트	0.05	0.05	0.05	0.08	0.14	0.20
테라조타일	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
콘크리트위 고무타일	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02

### 3. 실내음향측정

각 교실에서의 음향성능을 파악하기 위하여 음압레벨(SPL), 잔향시간(RT), 음이해도(RASTI), 음성명료도(D<sub>50</sub>) 등의 실내음향인자와 실간 차음성능을 측정하였다. 또한 출입문과 창문의 개폐상태에 따른 경우를 설정하여 창을 모두 닫았을 때, 창을 반만 열었을 때, 창을 모두 열었을 때, 문만 열었을 때를 설정하여 각 교실별로 실내음향측정을 실시하였다.

실내음향측정은 크게 두 가지로 실시하였다. 첫 번째로는 한 교실안에서 음향인자를 측정하는 측정을 실시하였으며, 두 번째로는 인접한 두 교실간의 차음성능을 측정하였다. 전자의 경우에서 교실의 교탁에 교사의 얼굴 높이에 무지향성 음원(Omni-directional speaker)을 설치하였고, 후자의 경우 실의 중앙에 음원을 설치하여 측정하였다. 실내음향인자 측정에서는 교실내에 4개의 수음점을 선정하여 실시하였으며, 차음성능 측정에서는 6개의 수음점을 설정하여 실시하였다. 그리고 실내음향인자와 차음성능 측정시에 아래의 4가지 상황을 설정하여 측정하였다.

- a) 창문을 모두 닫았을 경우 (window closed)
- b) 아래 창문만 열었을 경우 (semi open)
- c) 창문을 모두 열었을 경우 (window open)
- d) 교실문만 열었을 경우 (door open)

여기서 아래 창문만 열었을 경우는 복도에 면한 창과 옥외에 면한 창문에서 아래 창만 열었을 경우를 말한다. 이 경우는 수업중 가장 빈번하게 설정되는 상황으로서 교실내의 환기를 위하여 평상시 취하여 지는 형태이다. 창문을 모두 여는 경우는 조사결과 여름철에 자주 행하여지고 있으므로 본 연구에 포함하였다. 창문의 개폐여부시 (a, b, c) 출입문은 모두 닫은 상태에서 진행되었다.

실험시 유리창의 개폐는 수음점을 설정한 실의 창문만을 개폐한 것이며 음원을 설치한 인접실의 창문과 출입문은 모두 닫은 상태에서 진행되었다.

측정을 위하여 설정한 교실의 음원과 수음점의 위치는 모든 교실에 동일하게 설정하였다. 또한, 각 교실에서 음원과 수음점간의 거리는 모두 일정하게 유지하였다. 한 예로서 W교실에서 설정한 음원과 수음점의 위치는 그림 5에 나타난 바와

같다. 여기서 음원의 높이는 1.5m이며 수음점의 높이는 학생들의 신체등위를 고려하여 1.0m로 설정하였다. 측정시 음원신호는 MLS신호를 사용하였고, 90dB의 출력으로 음원신호를 방사하였다. 모든 실험은 3번씩 측정하여 평균값을 취하였다.

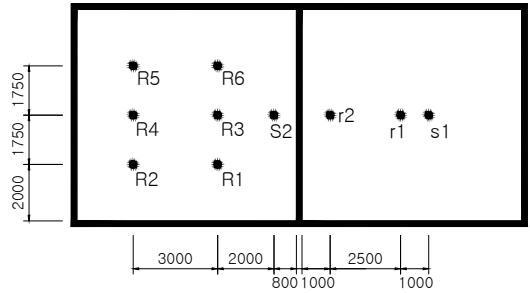
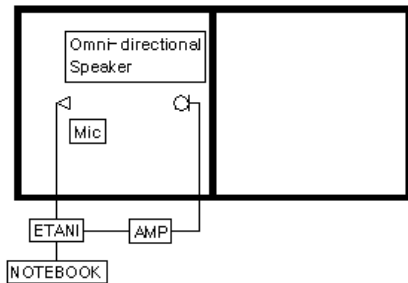
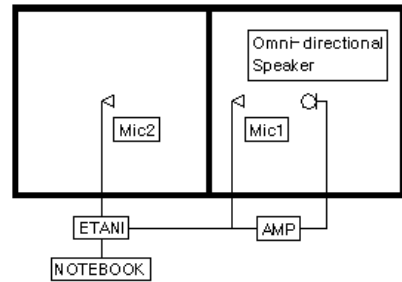


그림 5. W교실 평면상 음원과 수음점의 위치

현장측정시 설정한 측정기기의 구성은 측정목적에 따라 그림 6에 나타난 바와 같이 각각 구성하였다.



(a) 실내음향인자 측정시



(b) 실간 차음성능 측정시

그림 6. 측정방법 및 측정기기의 구성도

#### 4. 실내음향 측정결과

##### 4.1 음성 이해도 (RASTI)

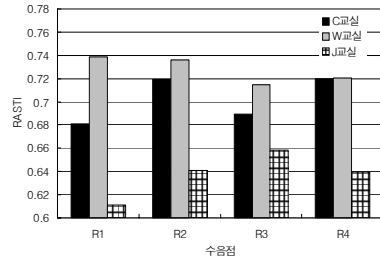
실내에서의 음의 이해도는 실내음향효과와 소리의 S/N(signal-to-noise ratio)비와 외부소음에 영향을 받는다. 음의 이해도 계수중에서 음성전달의 이해도를 나타내는 RASTI (Rapid Sound Transmission Index)값은 음의 이해도지수로 널리 쓰이고 있다. 특히 RASTI값은 음성의 내용을 사람이 얼마나 알아듣고 이해하는가에 대한 평가지수로서 speech 위주의 공간의 음향환경을 평가하는데 매우 중요한 지표라고 할 수 있다. RASTI값에 따른 실내음향의 평가수치의 범위는 표 4에 나타난 바와 같다.

표 4. 음전달 성능과 RASTI와의 관계

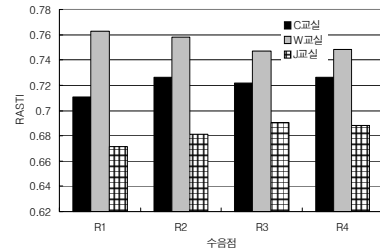
Quality Score	RASTI
Bad	< 0.32
Poor	0.321 ~ 0.45
Fair	0.45 ~ 0.60
Good	0.60 ~ 0.75
Excellent	> 0.75

측정은 야간에 이루어졌으며 측정시 암소음레벨은 약 32.5dB이었다. 음성의 이해도는 RASTI 값을 측정함으로써 평가할 수 있다. 측정결과 학교 교실의 음성이해도 기준치인 0.6을 모두 상회하고 있으나 세 학교를 비교한 결과 W교실이 가장 높은 RASTI값(0.74)을 나타내었다. C교실과 J교실의 RASTI 값 0.70, 0.64과 비교하였을 때 W교실의 RASTI값이 모든 측정점에서 높은 값이 나타난 것은 상대적으로 작은 체적과도 연관이 있다고 할 수 있다.

창문의 개폐상태에 따른 음성이해도 분석결과 창문을 모두 닫은 경우에 음성이해도가 더 작아지는 결과를 나타내었다. 이것은 창문을 열었을 경우 창문을 통한 음손실의 의하여 벽체의 흡음력이 증가하는 것과 같은 역할을 하여 잔향시간과 후기 반사음이 감소됨으로 음성이해도는 향상되는 것으로 보인다.



(a) window closed



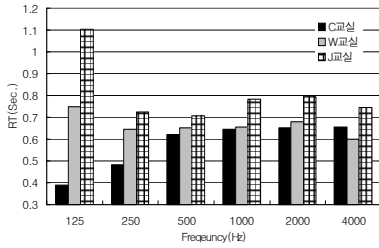
(b) window open

그림 7. 각 교실의 수음점별 음성이해도

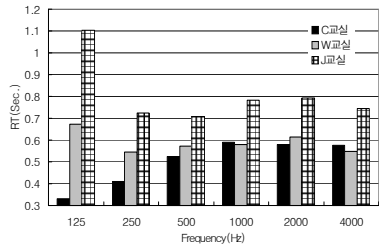
##### 4.2 잔향시간 (Reverberation Time)

음성 커뮤니케이션의 비평과 학습의 교육행위는 잔향에 큰 연관을 가지고 있다. 조용한 교실을 위해서, 잔향시간은 이러한 음성이해 매트릭스에서 0.1과 0.3초사이에 있어야 하며 음성이해도를 높게하려면 최소한 잔향시간이 0.4-0.5초 범위내에 존재하여야 한다.

잔향시간 분석결과 C교실과 W교실의 경우 잔향시간( $T_{500-1000}$ )이 각각 0.56초와 0.57초를 보이고 있는 반면에, J교실은 0.74의 값을 보여 기준치에서 가장 먼 것으로 나타났다 (그림 8 참조). 특히, J교실의 높은 잔향시간은 다른 두 교실의 바닥재가 얇은 Wood Flooring인데 비하여 J교실의 바닥재료가 콘크리트위에 직접 Wood panel을 설치함으로써 저음부의 흡음성이 낮은 것도 하나의 원인이라고 판단된다. 체적상 다른 교실보다 약간 큰 C교실의 잔향시간이 가장 짧게 나온 것은 RASTI의 값의 차이와 마찬가지로 재료의 차이에 의해서 나타나는 결과라 사료된다.



(a) window closed



(b) window open

그림 8. 각 교실의 주파수별 잔향시간 (초)

창문을 모두 열었을 때 C교실과 W교실의 잔향시간은 창문을 닫았을 때의 잔향시간보다 줄어든 반면 J교실은 두 경우에 모두 잔향시간이 비슷한 것을 알 수 있다. 이는 열린교실을 표방하는 J교실의 경우 복도와 교실간의 간막이 벽이 목재를 사용한 가변벽체를 사용하고 있고 창문틀이 기존의 교실의 목재와는 달리 반사성이 더 높은 PVC 재료로 구성되어 있는 것도 하나의 원인이 되리라 판단된다.

#### 4.3 음성 명료도-D50 (Definition)

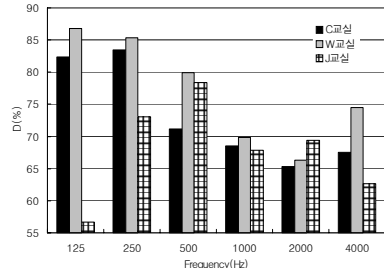
음성명료도(D<sub>50</sub>)는 전체에너지에 대한 초기음 에너지의 비율로서 그 값이 1에 가까울수록 명료도가 높은 것을 나타낸다. 일반적으로 D<sub>50</sub>은 강연이나 speech에 대한 음성명료도의 지수로 쓰여지고 있다. 따라서 음성명료도는 음원으로부터의 거리가 짧을수록, 초기음에너지가 많을수록, 잔향시간이 짧을수록 그 값이 커지게 된다. 일반적으로 D<sub>50</sub>값은 교실의 경우 최소한 50 이상을 요구하고 있으며 권장치는 60 이상이다.

음의 명료도 척도로 쓰이는 초기 대 후기 음 에너지의 비(D<sub>50</sub>)는 대체적으로 W교실>C교실>J교

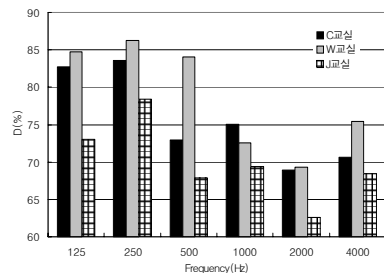
실의 순으로 나타났다. 이는 잔향시간이 가장 긴 J교실에서 음이 음장의 후기에 많이 분포하는 것을 의미한다. W교실의 초기음에너지의 비가 더 높게 나타난 것으로 보아 W교실에서 초기에 더 많은 에너지가 집중되는 것을 알 수 있다 (그림 9 참조). 그 이유는 표준설계도서에 의하여 지어진 C교실의 길이가 최근에 지어지는 신축교실의 길이보다 크기 때문이다. 특히, 열린교실을 지향하여 시공된 J교실의 경우 상대적으로 가장 취약한 명료도를 보이고 있다. 이것은 높은 잔향시간과 직접적인 연관이 있는 것으로 나타났다.

창문의 개폐에 따른 명료도지수의 주파수 특성을 보면, 모든 경우에서 창문을 열었을 때 D<sub>50</sub>값이 창문을 닫았을 때 보다 증가하고 있는 것을 알 수 있다. 그 이유는 창문을 열었을 때 측벽을 통한 반사음의 양이 현격하게 줄어들기 때문인 것으로 판단된다.

음향성능에 긍정적인 영향을 미치는 초기 음 에너지를 증가시키기 위해서 반사가 일어나는 곳에 반사재를 배치시키고, 지연된 반사음을 발생시키는 곳에는 흡음재를 배치함으로써 초기 반사를 증가시킬 수 있다.



(a) window closed

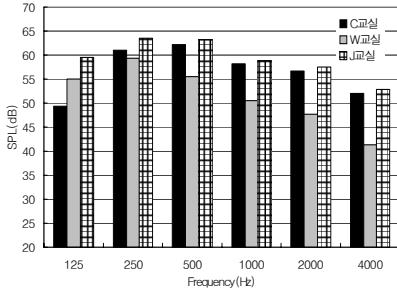


(b) window open

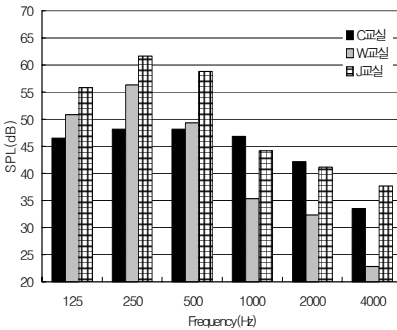
그림 9. 각 교실의 주파수별 D50값 분포

4.4 음압레벨 (Sound Pressure Level)

각 교실내에 설정된 6개의 수음점에서 측정된 음압레벨의 평균치를 교실별로 비교하여 분석하였다. 음원의 출력은 90dB로 동일하게 방사하였으며 음원과 수음점의 이격거리는 동일하게 설정하여 측정하였다. 각 교실의 주파수별 음압레벨은 그림 10에 나타난 바와 같다.



(a) window closed



(b) window open

그림 10. 각 교실의 주파수별 음압레벨 (dB)

전체 음압레벨은 대체로 J교실>C교실>W교실의 순으로 나타났다. J교실이 가장 높은 값을 보인 것은 잔향시간과 마찬가지로 바닥의 재료에 의한 것으로 보인다. 그러나 잔향시간과는 달리 C교실이 W교실에 비해 높은 음압레벨이 나타나고 있는데 이것은 C교실의 교실폭이 W교실보다 좁기 때문에 나타난 현상으로 보인다.

주파수 특성을 분석하여 보면 저주파수대에서 교실간의 음압레벨의 순위가 창문개폐에 따라 변하게 되는데 창문을 열었을 때는 500Hz의 범위까지 J교실>W교실>C교실의 순서로 나타났으나, 아래창문을 연 경우에는 250Hz 까지, 그리고 창

문을 모두 닫은 경우에는 125Hz의 주파수 대에서만 이러한 순서가 나타났다. 이외의 모든 경우에는 창문과 출입문의 개폐에 관계없이 J교실>C교실>W교실의 순서로 음압레벨의 크기가 나타났다.

창문개폐에 따른 음압레벨을 비교하여 보면, 창문을 모두 닫았을 때 실내의 음압이 가장 높았으며, 다음으로 아래창문을 연 경우와 창문을 모두 열은 순서대로 음압레벨의 크기가 측정되었다.

4.4 실간 차음성능 측정결과

두 교실사이의 차음성능은 칸막이벽뿐만 아니라 복도와 구조체를 통해서 투과되는 음 에너지의 영향도 받게 된다. 교실간 공기전달소음의 차음성능은 창문과 출입문의 위치와 함께 실간 벽체의 구조에 가장 크게 영향을 받는다. 그림 11부터 그림 13까지는 각 학교의 단위교실 칸막이벽 상세도를 보여주고 있다.

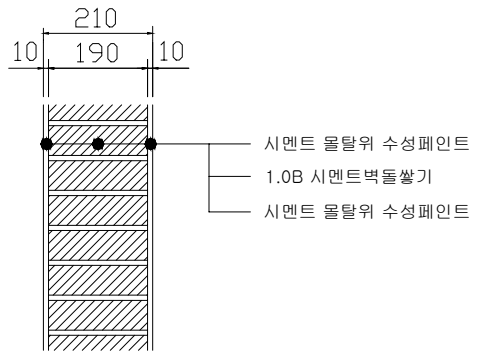


그림 11. C학교 단위교실 칸막이벽 상세도

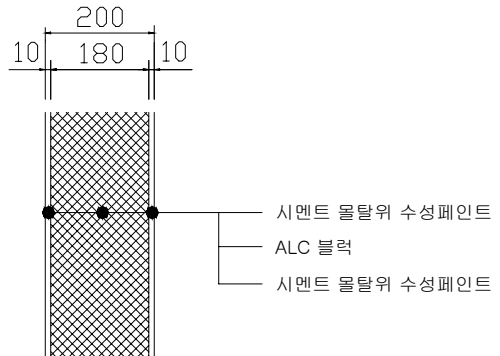


그림 12. W학교 단위교실 칸막이벽 상세도

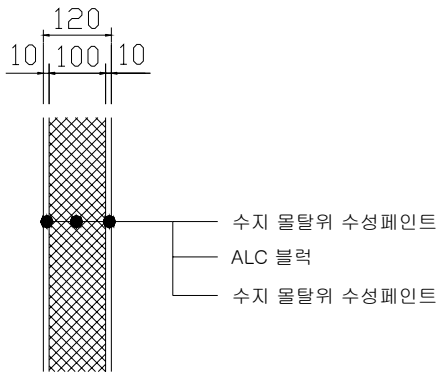
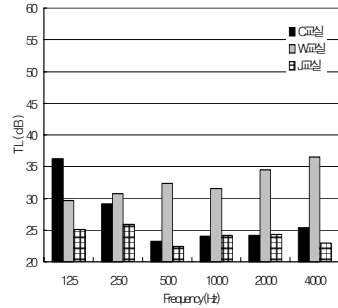
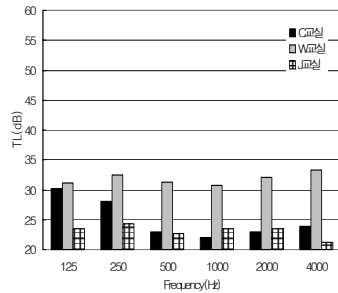


그림 13. J학교 단위교실 간막이벽 상세도

각 학교의 실간벽체에 대한 차음성능 측정과 더불어 실제로 각 교실에서 실간 차음성능을 분석하였다. 각 교실의 실간차음량은 그림 14에 나타난 바와 같이 창문을 개폐한 정도에 따라 TL값의 크기가 결정되었다. 특히, 주목할 것은 창문을 연 경우보다 출입문을 연 경우의 평균 차음량이 가장 낮게 나타나고 있는 것이다. 이것은 출입문이 인접교실과 가장 가까이 있을 뿐만 아니라 출입문틀에서 회절된 음이 교실내로 인입되었기 때문이다.

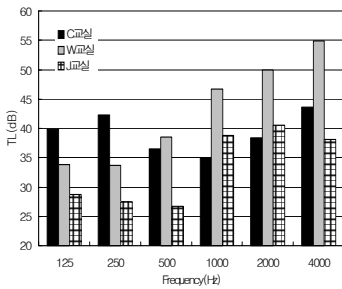


(c) window open

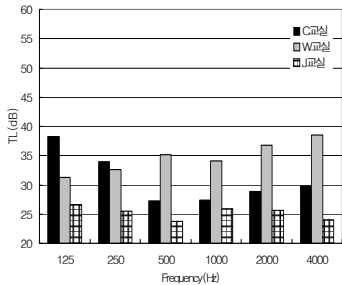


(d) door open

그림 14. 각 교실의 주파수별 교실간 차음량 (dB)



(a) window closed



(b) semi-open

교실간의 차음량을 비교하여 보면 실간 벽체의 차음성능에서 나타난 바와 같이 TL값은 W교실이 가장 크고 J교실이 가장 작게 나타났다. 이것은 칸막이벽의 재료와 두께가 가장 큰 원인으로 나타났다.

즉, J교실이 가장 낮은 값을 보이는 이유는 열린교실로 계획이 되어 복도와 교실사이의 벽이 가장 얇고 경량의 재료로 이루어져 투과손실이 크기 때문이다. 250Hz 이하의 범위에서 TL값을 분석하여 보면, 창문을 닫은 경우(a,b)에는 실간벽체의 차음성능에 따라 C학교의 차음치가 가장 높았으나 창문이 열린경우(c)에는 125Hz대에서만 제일 높았고, 출입문이 열린경우(d)에는 모든 주파수 대역에서 W학교보다 차음치가 모두 낮았다. 이것은 C학교의 건립년도가 가장 오래된 결과로 인하여 창틀과 문틀의 기밀성이 떨어진 결과로 판단된다.

따라서 차음성능의 차이는 학교마다 교실과 교실의 차음벽과 교실과 복도사이의 벽 및 출입문의 기밀성의 차이에서 주로 비롯된 것으로 나타났다.



각 교실별 차음성능을 국내와 외국의 기준과 비교하여 보았다. 국내 초등학교 일반교실의 실간 차음 기준은 표 5에 나타난 미국의 사례와 같이 STC45를 기준하고 있다. 표5는 미국의 일반교실과 인접실간의 차음기준을 나타낸 것으로서 인접실의 성격에 따라 차음기준을 달리하고 있다. 참고로 미국 ASHRAE의 기준에 따르면 바닥면적 70m<sup>2</sup> 이하의 일반교실의 경우 실내허용소음은 최대 NC-40 혹은 RC(N)40이며 바닥면적 70m<sup>2</sup> 이상의 일반교실의 경우에는 최대 NC-35 혹은 RC(N)35로 규정되어 있다.

표 5. 미국의 일반교실과 인접실간의 차음기준

인접실의 용도	STC 기준
일반교실	45
실험실	50
복도, 홀	50
주방, 식당	50
화장실	50
음악실	55+
기계실	60

주) U.S. Model Building Code 2000

그림 14의 (a)에 나타난바와 같이 창문을 닫았을때의 실간 차음성능은 기준치와 비교하였을 때 W교실만이 기준치인 STC45를 상회하고 있으며 C교실과 J교실의 경우 기준치의 차음성능STC45를 만족하지 못하고 있는 것으로 나타났다. 각 교실의 평균 STC값을 비교하여 표 6에 나타내었다.

표 6. 교실별 차음성능 비교

교실명	C	W	J	STC기준치
평균STC	44	46	40	45

## 5. 결론

이상의 연구에서 종합표준설계에 의해 지어진 초등학교와 근래에 들어 설계경기를 통해 지어진 학교의 음향성능 및 차음성능을 측정하였으며 실험에 따른 분석결과는 아래와 같다.

1) 신축교사의 RASTI 값이 10년 이상된 학교(0.70)나 열린교실(0.64)보다 높은 것으로 나타났다.

2) 잔향시간은 열린교실에서 가장 높았으며 이는 바닥재를 콘크리트위에 바로 시공한 때문으로 비롯된다. 초등학교 교실의 적정치에 가장 적당한 값은 10년 이상된 학교에서 나타나고 있다.

3) 실내 음성명료도는 역시 일반 신축교사가 열린교실보다 높게 나타났다. 이것은 실의 기밀과 내부바닥의 마감자재의 차이로 비롯되었으며 최근의 열린교실은 음의 차음과 실내 명료도에서 열악한 것으로 나타났다.

4) 교실간의 실간벽체의 차음치는 최근에 신축한 교실은 설계기준인 STC45를 만족하고 있으나 열린교실의 경우 이보다 STC값이 5정도 부족한 것으로 나타났다.

5) 각 학교별 교실간의 차음치 비교에서도 열린교육에 따라 가변적으로 교실의 구성할 수 있도록 구성된 교실의 교실간 차음치는 기존의 교실보다 차음성능이 중간주파수 대역 이상에서 평균 5~6dB 낮은 것으로 나타났다.

상기의 결과에서 보면 근래에 지어지는 새로운 학교들이 열린교실을 표방하며 설계경기를 통해 자유롭게 지어지고 있으나 음향적인 측면에서는 바람직하지 않은 것으로 나타나고 있다. 이것은 재료사용 및 열린학교의 특성상 나타나는 개방성에 기인한 것이다. 학교의 수업은 대부분이 육성과 시청각 자료에 의해서 이루어 지기 때문에 무엇보다도 음성의 명료도 확보는 매우 중요한 것이다. 위의 결과를 토대로 열린학교에서의 재료선택과 개방성의 적용을 신중히 하여 건축음향성능을 높일 필요가 있다고 판단된다. 또한 향후 초, 중, 고등학교의 교실의 종류에 따른 목적에 따라 실내음환경의 기준이 마련되어 부위별로 적정한 실내마감자재의 제시가 이루어져야 할 것이다.

## 참고문헌

1. M.Mehta, J.Johnson & J.Rocafort, Architectural Acoustics ; Principles and Design, p176, 2000.
2. J.S.Bradley, R.D.Reich, and S.G.Norcoss "On the combined effects of signal-to-noise ratio and room acoustics on speech intelligibility" J.Acoust.Soc.Am. 106(4), 1820~1828, 1999.
3. L.C.Sutherland and D.Lubman "The Impact on

- Classroom Acoustics on Scholastic Achievement" Classroom Acoustics, 17th ICA, 2001.
4. S.R.Bistafa and J.S.Bradley "Reverbration time and maximum background-noise level for classrooms from a comparative study of speech intelligibility" J.Acoust.Soc.Am. 107(2), 861~875, 2000.
  5. J.J.Sendra(edit), *Computational Acoustics in Architecture*, WIT Press, 1999.
  6. S.R.Bistafa and J.S.Bradley "Predicting speech metrics in a simulated classroom with varied sound absorption" J.Acoust.Soc.Am. 109(4), 1474~1481, 2001.
  7. 이경희, 이상우, 최원령 "학습환경개선을 위한 초등학교 설계기준 설정에 관한 연구(II)-음환경을 중심으로" 대한건축학회 논문집 제5권 6호, 225~233, 1989.
  8. 오양기, 주현경 "음성전달의 품질향상을 위한 초등학교 교실의 표준설계에 관한 연구" 대한건축학회논문집 16권 7호, 133~141, 2000.
  9. 양만우, 김재수 "대형강의실의 음향특성과 시뮬레이션에 관한 연구" 대한건축학회논문집 17권 7호, 187~194, 2001.