

# 초등학교 교실의 음환경 비교연구

문규천\*, 박계균\*\*, 연철호\*\*\*, 한찬훈\*\*\*\*

충북대학교 건축공학과

## The Comparison of Room Acoustics of Elementary School Classrooms

Moon Kyu-Chun, Park Kye-Kyun, Yeon Chul-Ho, Haan Chan-Hoon

Dept. of Architectural Engineering, Chungbuk National University

E-mail : i-zip@hanmail.net\*, mazel74.@orgio.net\*\*, yeon7520@wfreemail.net\*\*\*, chhaan@cbucc.chungbuk.ac.kr\*\*\*\*

### 요약문

1990년대 중반 이후 우리나라 초등학교 교실은 열린 교육과 다양성을 추구하는 새로운 열린교실을 표방하고 진행되고 있다. 또한 건축설계에 있어서도 과거의 종합 표준설계에 의하지 않고 각 학교마다 별도의 건축설계에 따라 지어지고 있다.

본 논문의 목적은 현재의 초등학교 교사의 차음환경을 조사하고 새로이 지어진 교사의 교실과 열린교실의 실내 음환경을 조사하여 현재 상황을 분석평가하고 이에 대한 대안을 제시하고자 하는 것이다. 이를 위하여 건축시공연대가 다른 초등학교 3개 학교를 선택하여 단위교실에서의 실내음향인자(RT60, C80, D50, RASTI)와 인접교실과의 차음성능(TL)을 측정하였다. 또한 해당교실의 학생과 교사에 대하여 설문조사를 실시하였다. 각 측정은 외부와 복도에 인접한 창문의 개폐여부와 실내의 위치별로 이루어 졌다.

실험결과, 열린교육에 따라 가변적 교실의 구성은 기존의 교실보다 차음성능이 평균5~6dB 낮은 것으로 나타났다. 또한 신축교사의 RASTI값(0.73)이 10년 이상된 학교(0.70)나 열린교실(0.64)보다 높은 것으로 나타났다. 음성명료도(D50) 역시 일반 신축교사가 열린교실보다 높게 나타났다. 이것은 실의 기밀과 내부바닥의 마감자재로 비롯되었으며 최근의 열린교실은 음의 차음과 실내명료도에서 열악한 것으로 결론되었다.

### 1. 서론

초등학교는 교육의 많은 부분이 교실에서의 음성정보 전달에 의해서 이루어지고 있고, 바람직한 청취환경을 갖는 교실형의 개발이 우선 검토되어야 한다. 정서적 측면이나 언어체득의 측면에서, 특히 초등학교의 경우 보다 안정적인 청취조건 하에서 정확한 한국어 발음을 접할 수 있도록 하는 것이 중요하기 때문이다.

초등학교의 교육조건은 지속적인 학습 시스템의 변화가 이루어지고 있다. 과거에는 없던 멀티미디어를 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 일괄적으로 건축되던 초등학교 건물이 1990년대 중반을 지나면서 열린교실과 같은 새로운 요구에 부응할 수 있도록 설계 경기를 통해서 각 학교별로 특성을 가지고 건축되어지고 있다.

본 연구는 건축시공연대가 다른 3개의 초등학교를 선정하여 실내음향인자(RT60, C80, D50, RASTI)와 인접교실과의 차음성능을 측정하고, 이 결과를 바탕으로 종합표준설계에 의해 지어진 과거의 초등학교와 설계경기를 통해 지어진 새로운 학교간의 음향성능과 차음성능을 분석·평가하고자 한다.

## 2. 실험

### 2.1 실험의 개요

비교 실험을 위해 청주에 위치한 종합표준설계를 통해 건축된 학교 1개(C교실)와 설계경기도를 통해 건축된 학교 2개를 선택하였다. 그리고 설계경기도를 통해 건축된 학교도 열린교실(J교실)을 표방하는 학교와 그렇지 않은 학교(W교실)로 나누어 선택을 하였다. 실제교실에서 음향성능을 파악하기 위하여 실내음향인자와 차음성능을 측정하였다. 또한 여러 가지 상황 즉, 창을 모두 닫았을 때, 창을 반만 열었을 때, 창을 모두 열었을 때, 문만 열었을 때를 설정하여 각 교실별로 측정하였다.

### 2.2 대상교실의 개요

교실의 선정에 있어서 표준설계도와 최근에 신축한 교실중 대표성을 갖는 교실을 선정하였다. 실험대상 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 1>에 나타난 바와 같다.

<표 1> 각 교실의 제원

학교명	교실형	인원 (명)	길이 (m)	폭 (m)	높이 (m)	면적 (m <sup>2</sup> )	체적 (m <sup>3</sup> )
C초등학교	병렬형	44	9	7.2	2.8	64.8	62.21
W초등학교	자유형	41	7.5	9	2.6	67.5	58.5
J초등학교	자유형	32	8.4	8.4	2.6	70.56	61.15

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

<표 2> 각 교실의 실내 마감재료

구분	C초등학교	W초등학교	J초등학교	
교실	바닥	Wood flooring	Wood	Wood flooring II
	외부창	알루미늄, PVC 이중창	알루미늄, PVC 이중창	알루미늄, PVC 이중창
	뒷벽	합판보드	합판보드	합판보드
	앞벽	칠판	칠판	칠판
실	옆벽	물탈위	물탈위	물탈위
	내부창	PVC창	PVC창	목재창
	천장	텍스	텍스	텍스
교실간벽	0.5B 벽돌벽	ALC블럭	경량콘크리트판넬	
복도	외부창	알루미늄, PVC 이중창	알루미늄, PVC 이중창	알루미늄, PVC 이중창
	바닥	Wood flooring	테라조타일붙임	콘크리트위 고무타일

각 부위별 재료는 위의 <표 2>와 같다. 각 부위별 재료의 사용에 있어서 벽과 천장은 거의 같은 재료로 쓰여졌지만 복도와 교실의 바닥재료의 사용에 있어서는

각 교실별로 차이가 드러났다. 특히 복도바닥 마감 재료사용에 있어서 많은 차이점이 드러났으며, 교실간의 칸막이 벽의 재료도 차이를 보였다.

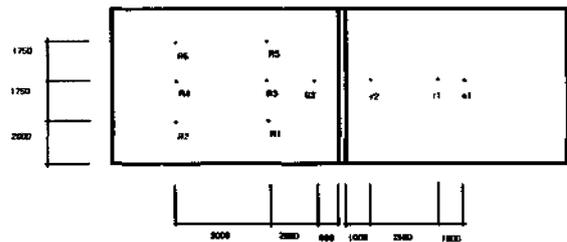
### 2.3 실험내용

실험은 크게 두 가지로 실시하였다. 첫 번째로는 한 개의 교실안에서 음향인자를 분석하는 실험을 실시하였으며, 두 번째로는 인접한 두 교실간의 차음성능을 측정하였다. 전자의 경우에서 교실의 교탁에 무지향성 음원(Omni-directional speaker)을 설치하였고, 후자의 경우 실의 중앙에 음원을 설치하여 측정하였다. 음향인자 분석에서는 4개의 수음점을 차음성능 측정에서는 6개의 수음점을 설정하였다. 그리고 차음성능측정에는 아래의 4가지 상황을 설정하여 실험하였다.

- 창문을 모두 닫았을 경우 (Close)
- 아래 창문만 열었을 경우 (Semi-open)
- 창문을 모두 열었을 경우 (Open)
- 교실문만 열었을 경우 (Door Open)

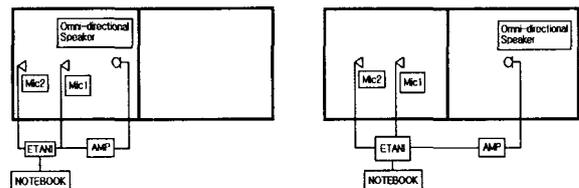
여기서 아래 창문만 열었을 경우는 교실과 복도의 창과 교실과 밖의 창문중 아래 창만 열었을 경우를 말한다. Door open 조건 외에는 교실간 문을 모두 닫고 실험하였다.

각 교실에 음원과 수음점의 위치를 동일하게 설정하였다. W교실에서 설정한 음원과 수음점의 위치는 (그림 1)에 나타난 바와 같다. 여기서 음원의 높이는 1.4m이며 수음점의 높이는 1.1m로 설정하였다. 측정시 음원 신호는 MLS신호를 사용하였고, 90dB로 음원신호를 방사하였다. 실험은 3번씩 측정하여 평균값을 취하였다. 또한, 각 교실에서 음원과 수음점간의 거리는 모두 일정하게 유지하였다.



(그림 1) W교실평면상 음원과 수음점의 위치

현장실험시 설정한 실험기기 구성도는 실험목적에 따라 (그림 2)에 각각 나타난 바와 같다.



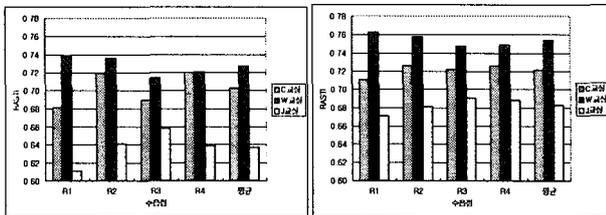
(a) 실내음향인자 측정시 (b) 차음성능 측정시  
(그림 2) 실험방법 및 실험기기의 구성도

### 3. 실험결과

#### 3.1 음향인자 분석결과

##### 3.1.1 음성 이해도 (RASTI)

실내에서의 음의 이해도는 실내음향효과와 소리의 S/N(signal-to-noise ratio)비와 외부소음에 영향을 받는다[1]. 음성의 이해도는 RASTI값을 측정함으로써 평가할 수 있다. 세 학교를 비교한 결과 W교실이 가장 높은 RASTI값(0.74)을 나타냈는데, 이는 C, J교실의 RASTI 값 0.70, 0.64보다 높은 값이다. 특히 W교실은 낮은 RASTI값이 나타났는데, 이는 다른 두 교실이 Wood Flooring인데 비해 이 교실의 바닥재료가 콘크리트위에 직접 Wood panel을 설치함에 따라 전체 음에너지에서 반사음의 비가 상대적으로 높기 때문으로 보여진다.

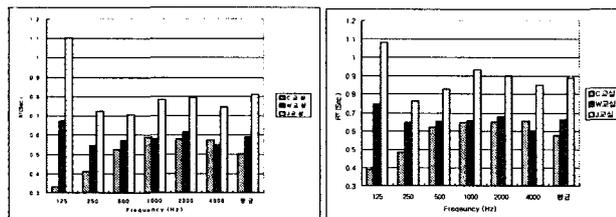


(a) window closed (b) window open  
(그림 3) 각 교실의 수음점별 음성요해도

##### 3.1.2 잔향시간 (Reverberation Time)

음성 커뮤니케이션의 비평과 학습의 교육 행위는 잔향에 큰 연관을 가지고 있다[2]. 조용한 교실을 위해서, 잔향시간은 가장 큰 범위로 이러한 음성이해 매트릭스에서 0.1과 0.3초 사이에 있어야 한다. 음성이해를 100% 가능하게 하려면 잔향시간이 0.4-0.5초 범위내에 존재하여야 한다[3]. 잔향시간 분석결과 C교실과 W교실의 경우 잔향시간( $T_{500-1000}$ )이 각각 0.56초와 0.57초를 보여 적정값에 가장 근접한 값을 보여주고 있는 반면에, J교실은 0.74의 값을 보여 기준치에서 먼 것으로 나타났다(그림4 참조). 체적상 다른 교실보다 약간 큰 C교실의 잔향시간이 가장 짧게 나온 것은 RASTI의 값의 차이와 마찬가지로 재료의 차이에 의해서 나타나는 결과라 사료된다.

창문을 모두 닫았을 경우에도 RT60의 값이 J교실에서 가장 긴 값을 나타내고 있으며 이는 창을 열고 닫음에 따라서 수치의 차이는 있지만 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다.

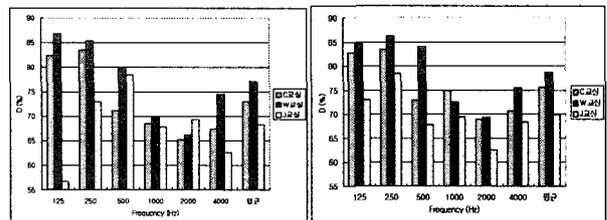


(a) window closed (b) window open  
(그림 4) 각 교실의 주파수별 잔향시간 (초)

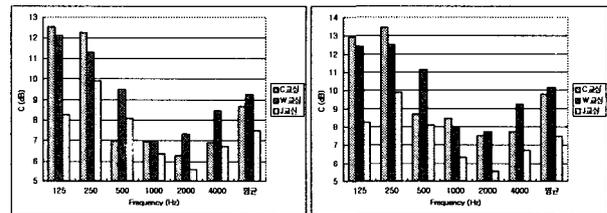
##### 3.1.3 초기음에너지비 (Early-to-late energy ratio) - $D_{50}$ (Definition) & $C_{80}$ (Clarity)

초기·후기 음에너지의 비는  $D_{50}$ ,  $C_{80}$  두 가지 경우 모두 대체적으로 W교실>C교실>J교실의 순으로 나타났다. 이는 잔향시간이 가장 긴 J교실에서 음이 후기에 많이 분포하는 것을 의미하며 잔향시간이 C교실보다 긴 W교실의 초기대 후기 음에너지의 비가 더 높게 나타난 것으로 W교실에서 초기에 더 많은 에너지가 집중되는 것을 알 수 있다(그림5 참조).

음향성능에 긍정적인 영향을 미치는 초기 음에너지를 증가시키기 위해서 반사가 일어나는 곳에 반사재를 배치시키고, 지연된 반사음을 발생시키는 곳에는 흡음재를 배치함으로써 초기 반사를 증가시킬 수 있다[4].



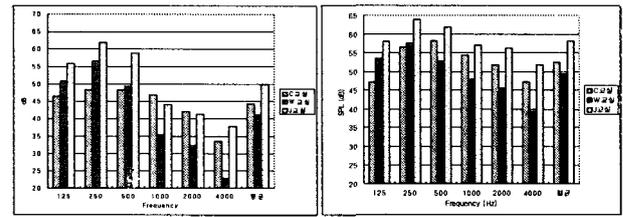
(a) window closed-D (b) window open-D



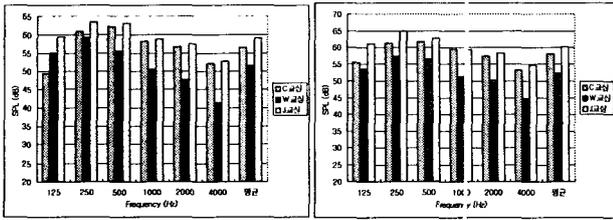
(c) window closed-C (d) window open-C  
(그림 5) 각 교실의 주파수별 D 및 C값 분포

##### 3.1.4 음압레벨 (Sound Pressure Level)

전체 음압레벨은 J교실, C교실, W교실의 순으로 크게 나타났다. J교실이 가장 높은 값을 보인 것은 잔향시간과 마찬가지로 바닥의 재료에 의한 것으로 보인다. 그러나 잔향시간과는 달리 SPL에서는 C교실이 W교실에 비해 높은 값을 보이는데 이는 C교실이 W교실보다 교실폭이 좁기 때문에 나타난 현상으로 보인다. 그리고 Semi-open사(복도를 통한 음전달의 크기)에 따른 SPL 수치의 결과는 J교실>C교실>W교실 순으로 나타났다.



(a) Window closed (b) Semi-open

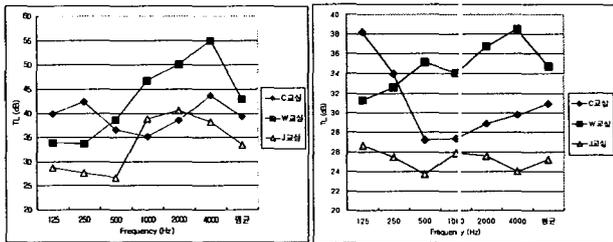


(c) Window open (d) Door open  
(그림 6) 각 교실의 주파수별 음압리벨 (dB)

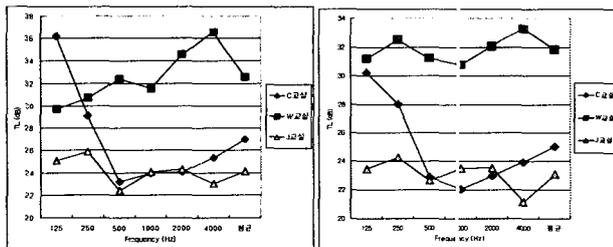
### 3.2 차음성능 평가

두 교실에서 TL은 칸막이벽뿐만 아니라 복도와 구조체를 통해서 투과되는 음 에너지의 영향도 받게 된다. (그림 7)에서와 같이 TL은 W교실이 가장 크게 J교실이 가장 작게 나타났다. 이것은 칸막이벽의 재료가 가장 큰 원인으로 판단된다. 즉, J교실이 가장 낮은 값을 보이는 이유는 열린교실로 계획이 되어 복도와 교실사이의 벽이 모두 목재로 이루어져 투과손실이 크기 때문이다.

분석결과 차음성능의 차이는 학교마다 교실과 교실의 차음벽과 교실과 복도사이의 벽의 차이에서 주로 비롯된 것으로 나타났다.



(a) window closed (b) Semi-open



(c) Window open (d) Door open  
(그림 7) 각 교실의 주파수별 차음치 (dB)

### 4. 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 바닥

재를 콘크리트위에 바로 시공한 때문으로 비롯된다. 초등학교 교실의 적정치가 가장 적당한 값은 10년 이상된 학교에서 나타나고 있다.

3. 초기/후기 음에너지 비는 역시 일반 신축교사가 열린교실보다 높게 나타났다. 이것은 실의 기밀과 내부바닥의 마감자재의 차이로 비롯되었으며 최근의 열린교실은 음의 차음과 실내 명료도에서 열악한 것으로 나타났다.

4. 열린교육에 따라 가변적으로 교실의 구성할 수 있도록 구성한 교실의 교실간 차음치는 기존의 교실보다 차음성능이 평균 5~6dB 낮은 것으로 나타났다.

상기의 결과는 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 이루어지기 때문에 무엇보다도 음성의 명료도 확보는 매우 중요한 것이다. 위의 결과를 토대로 열린학교에서의 재료 선택과 개방성의 적용을 신중히 하여 건축음향성능을 높일 필요가 있다고 판단된다.

### 참고문헌

- [1] 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.
- [2] L.C.Sutherland and D.Lubman "The Impact on Classroom Acoustics on Scholastic Achievement" Classroom Acoustics, 17th ICA, 2001.
- [3] 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.
- [4] J.J.Sendra(edit), *Computational Acoustics in Architecture*, WIT Press, 1999.
- [5] 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.
- [6] 이경희, 이상우, 최원명 "학습환경개선을 위한 초등학교 설계기준설정에 관한 연구(II)-음환경을 중심으로" 대한건축학회 논문집 제5권 6호, 225~233, 1989.
- [7] 오양기, 주현경 "음성전달의 품질향상을 위한 초등학교 교실의 표준설계에 관한 연구" 대한건축학회논문집 16권 7호, 133~141, 2000.
- [8] 양만우, 김재수 "대형강의실의 음향특성과 시뮬레이션에 관한 연구" 대한건축학회논문집 17권 7호, 187~194, 2001.