

중학교 일반교실 실내음향 시뮬레이션에 관한 연구

A Study on the Computer Simulation of Acoustic Characteristics in Middle School Lecture Room

모 승 준* 이 민 섭**
Moh, Seung-Joon Lee, Min-Sup

Abstract

The purpose of the research on the noise of educational facilities is to build up pleasant environments by minimizing the influence on the students in the school. This study provides fundamental data for acoustic design by measuring, computer simulation and analyzing the room acoustic characteristics of the lecture room in middle school. For measurement on the factors of room acoustic, RT of lecture room and noise reductions depending on various walls of different structures were measured and analyzed. The lecture system being installed and carried out on the normal lecture room was divided into 4 types - employment of multimedia machines, employment of multimedia machines and loud speakers, employment of loud speaker, and existing verbal speaking - and SPL for each type was measured and analyzed. Based on the measured characteristics of acoustic characteristics for normal lecture room, the problems for environment of noise were understood through computer simulation, applications for improvements of performance for each facility were studied, schemes for improvements of performance by using the effects were presented, necessary fundamental data were secured, and schemes to enhance flexibility on the existing facilities of school against changing educational courses were secured.

키워드 : 중학교, 음향, 교실

Keywords : middle school, acoustic, Classroom

1. 서 론

지식정보화 사회의 출현으로 매우 광범위한 분야에서 역동적 환경 변화가 예측되는 상황에서 교육정보화 물적 기반 구축 사업은 교육의 근간을 이루며 국민의 가장 근본적인 정보 통신 기술

능력을 신장하기 위한 사업이다. 이 사업은 기본적인 H/W를 구축하는 사업과 교단선진화 기자재 보급사업으로 대별 할 수 있다.¹⁾ 특히, 교단 선진화 기자재 보급사업의 일환으로 시행된 멀티미디어 기기 보급 및 설치에 있어 일체식, 주입식 교육의 기존 학습 및 교육관의 패러다임을

* 동국대학교 건축공학과 박사과정
** 동국대학교 건축공학과 교수, 공학박사

1) 교육인적자원부, 교육정보화백서, 2001, 한국교육 학술정보원

인터넷 환경에서 정보취득, 다양한 멀티미디어를 이용한 토론, 다기능화 된 교수-학습방식의 운용, 고품질 교육 욕구충족의 노력 등으로 전환하는 계기를 이루었다.

그러나 전국 초·중등학교 교단선진화 기자재 보급사업은 이들 학교의 모든 일반 교실에 설치 보급함으로써 각종 멀티미디어 교육기기 사용 시 각종 소음환경에 노출되는 문제점을 유발하였다. 이러한 관점에서 본 연구는 소음도 결정인자에 대한 정량적 분석을 위하여 일반교실의 압소음, 잔향시간 및 간막이벽, 중연벽²⁾, SGP³⁾ 등 구조체 형식에 따른 각각의 차음성능 등을 측정. 분석하고, 일반교실에 설치 보급되고 운용되는 실제 수업 진행 형태를 멀티미디어 기기를 이용한 수업형태, 멀티미디어 기기와 병행하여 확장기를 이용한 수업형태, 확장기만을 이용한 수업형태, 또한 기존의 구술강의에 의한 수업형태 등 4가지 유형으로 대별하고 그에 따른 소음레벨을 측정, 분석하였다. 또한, 이렇게 파악된 일반교실의 음향특성을 토대로 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 일반교실 소음환경의 문제점을 파악하고 일체감 및 종합감 배양, 공간 풍요함 인지의 인간적인 교육환경⁴⁾ 등 여유 있고 쾌적한 공간시설에 대한 정서 함양의 현대 학교시설 경향을 진행되고 있는 교육환경개선사업과 연계하여 시설 각 부위의 성능개선의 적용성을 고찰한 후 그 효용성을 이용한 성능개선 방안을 제시하고 필요한 기초 자료를 확보함으로써 변화하는 교육과정에 기존 학교시설의 유연함을 높일 수 있는 방안을 확보하고자 한다.

2. 연구방법 및 개요

2.1 일반교실의 개요

학교시설의 일반교실은 1962년 문교부의 학교교사 표준설계도에 의하여 유형에 따라 각각의 면적이 상이하였으나, 1974년 이후 7.5m×9m, 67.5㎡의 장방형으로 2.7m 폭을 갖는 편복도 형

태의 교사가 표준이 되었다⁵⁾. 본 연구는 교육환경 개선사업과의 연계성을 유연하게 하고자, 개교 30년 이상과 상기 규모의 서울시 소재 사중학교와 비중학교를 선정하였다.

표준건축도면에 의한 학교시설은 계획적인 측면에서 교실의 규모, 평면형태, 용적 등에서 동일하고, 중연벽 등 실의 칸막이 벽에 따른 구조적 형식, 마감재의 재질에 따른 재료적인 측면, 취부 마감 등에 비교적 제한적인 범위의 구성 요소들을 채용하고 있는 것으로 분석되었다. 본 연구는 이와 같은 결과를 토대로 이상의 인자를 음환경의 일면적 측면에서의 소음규제의 주요 인자로 선정하였다. 선정된 주요 인자를 유형별로 상호 비교한 학교는 표 1과 같다.

표 1. 음환경 주요 인자별 표본 추출학교 비교

| 주요인자 | | 표 본 추 출 학 교 |
|------|-------|-------------------------------|
| 복도형태 | | 비중, 사중(편복도), |
| 벽체구조 | 중 연 벽 | 비중(조적벽) 사중(SGP) |
| | 칸막이벽 | 비중(조적벽) 사중(블럭벽) |
| 창호형태 | | 사중(이중창) 비중(복층유리) |
| 천장마감 | | 비, 사중(마감 有) 비, 사중(마감 無,복도) |

2.2 학교시설의 음향성능기준

차음성능에 대한 일반기준은 건축법 시행령 제 53조 및 건축법 시행규칙 제31조에 경계벽 및 칸막이벽의 구조에 대하여 건설부령이 정하는 기준에 의하여 소리를 차단하는데 장애가 되는 부분이 없도록 설치하여야 한다고 정의하고 있다.

그러나 학교건축에 대한 국내기준은 제시되어 있지 않으며, 건교부고시 제341호(1990.6)에 의거 교실간 벽체 차음구조의 성능기준은 음향투과 손실에 대해 다음의 기준 만족만을 제시하고 있다.

2) 중연벽 : 복도와 교실 간 간막이벽

3) SGP : Steel Gypsun Panel

4) 長倉康彦 外4人, 『新建築學大係29』學校の設計, 彰國社, 1983

5) 교육부, 학교시설에 대한 사용자 요구분석 및 건축계획적 대응방안연구, 1999, p6.

표 2. 차음성능기준

| 중심주파수(Hz) | 음향투과손실(dB) |
|-----------|------------|
| 125 | 30 |
| 500 | 45 |
| 2,000 | 55 |

미국에서는 ASTM E 412-73의 STC(Sound Transmission Class)의 의해 "칸막이벽의 음향투과손실의 실험실내 측정방법" 과 "공기전달음의 차음성능 현장측정방법" 에 의해 측정한 결과를 평가하도록 제안하고 있다. STC는 차음등급 기준곡선과 16대역 주파수의 실측투과손실(TL)을 비교하여 결정하며 기준곡선상의 모든 주파수대역별 투과손실과 기준 곡선값 차의 산술평균이 2dB 이내가 되도록 하고, 단 하나의 투과손실 값도 기준곡선 밑으로 8dB을 초과해서는 안된다는 원칙하에 기준곡선상의 500Hz의 투과손실을 STC값으로 정하고 있다.

그에 따른 미국 AIA⁶⁾의 설계기준치와 보통교실에 대한 차음성능기준과 적용 등급에 대한 일본건축학회의 제안은 다음과 같다.

표 3. 미국 AIA의 설계기준치⁷⁾

| 인 접 실 | 차 음 기 준 |
|---------|-----------------|
| 교실과 교실 | STC 42 ~ STC 45 |
| 교실과 복도 | STC 40 ~ STC 42 |
| 교실과 음악실 | STC 52 ~ STC 60 |
| 교실과 외벽 | STC 37 ~ STC 60 |

표 4. 보통교실에 대한 차음성능기준과 적용등급 (일본건축학회)⁸⁾

| 성능기준 | 적 용 등 급 | | | |
|-------------|---------|------|------|------|
| | 특급 | 1급 | 2급 | 3급 |
| 실내음압레벨차 | D-45 | D-40 | D-35 | D-30 |
| 바닥충격음레벨 | L-50 | L-55 | L-60 | L-65 |
| 실내소음레벨(dBA) | 35 | 40 | 45 | |
| 소음등급 | N-30 | N-35 | N-40 | |

6) AIA : American Institute of Architects

7) 김갑득, 유영동, 철골조 학교 벽체 차음성능 및 바닥충격음 차단성능 평가 연구, 대한교육시설학회 추계학술발표대회논문집, 1999-09, p.102

8) 일본 공업규격 JIS A1419

표 5. 방해소음 최고 레벨 권장치⁹⁾




| 음압(Pa) | 소리레벨 대표적 환경(dB) |
|--------------------|-----------------|
| 2×10 ⁴ | 140 통증한계 |
| | 130 항공기이륙 |
| 2×10 ³ | 120 시끄러운 |
| | 110 디스코테크 |
| 2×10 ² | 100 소음이 심한 공장 |
| | 90 대형 화물자동차 |
| 2×10 ¹ | 80 복잡한 가로변 |
| | 70 진공청소기 |
| 2×10 ⁰ | 60 보통의 |
| | 50 대화 |
| 2×10 ⁻¹ | 40 교외주택의 거실 |
| | 30 조용한 |
| 2×10 ⁻² | 20 정원 |
| | 10 |
| 2×10 ⁻³ | 0 |
| | 가청한계 |

2.3 측정방법

측정을 위한 마이크로폰의 위치는 지면에서 1.2m 그리고 수직벽면으로부터 1m 이상 이격하여 설정하였으며, 측정시 동특성은 Fast로 하였다. 또한 내부기류의 풍속이 5m/s 이상일 때는 측정을 중지하여 기류속도에 의한 영향을 최소화하였다. 본 연구에서는 일반교실에서의 현장측정을 통하여 각종 멀티미디어 기기를 이용하는 실제 수업 진행시의 소음도를 측정하였다. 측정시간 동안 주 측정대상 음과 주변에서 발생하는 소음을 모두 sound level meter에 부착된 1/2" 무지향성 마이크로폰을 통하여 디지털 오디오 테이프에 녹음(16bit, 44.1kHz)하고, 녹음된 데이터를 연구실에서 녹취에 의해 선별한 후 분석장비를 사용하여 분석하였다. 따라서 소음의 특성상 대상 소음원 외의 돌발적인 간접 소음들에 의해 그 레벨이 좌우될 수 있는 가능성을 최소화하여 분석의 정확도를 높이고, 또한 최종 평가단계에서 주변 음환경 변화에 대한 검토가 실시간으로 이루어 질 수 있게 함으로써 주변상황에 대한 정확한 평가가 가능토록 하였다.

9) 이민섭, '건축설계보람', 기문당, 1986, p.18

표 6. 측정에 사용된 장비

| 장비명 | 모델명 | 업체명 | 측정 및 분석장비의 구성도 |
|------------------------------------|------------|--------|---|
| Sound Level Meter | NA-29 | Rion |  |
| 1/3 Octave Band Real Time Analyzer | SA-27 | Rion | |
| Real-time Frequency Analyzer | Type2144 | B&K |  |
| DATE Recorder | DA-P1 | Tascam | |
| Sound Level Calibrator | NC-73 | Rion | Real-Time Frequency Analyzer Sound Pressure Level Measurement |
| Microphone Preamplifier | Type 2669B | B&K |  |
| Sound Source | Type4224 | B&K | |
| Measuring Microphone | Type4166 | B&K | |
| Sound Pressure Calibrator | | | |
| Sound Intensity Probe | | | |
| 기타 Accessories 등 | | | Modal Analysis System Vibration Assessment |

2.3 일반교실의 음향특성

(1) 소음레벨(Sound Power Level)

학교시설 일반교실의 압소음 측정 상황은 내부기류의 기류속도에 의한 영향을 최소화하기 위하여 개구부를 밀폐하여 외부음을 최대한 차단하였다.

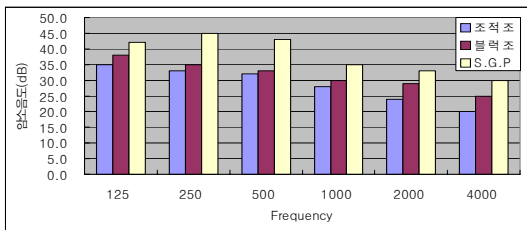


그림 1. 칸막이 구조형식에 따른 압소음 비교

중연벽 등 실의 칸막이 벽에 따른 구조적 형식에 의하여 분류한 각 실의 측정지점은 A(전면), B(중앙), C(후면)의 세지점을 선정하여, B 지점을 대표로 분석하였다.

소음도 결정인자의 정량적 분석을 위한 소음레벨 측정용 소음원 위치에 따른 영향을 알아보기 위하여 일반교실에 설치 보급되어 있는 멀티미디어 기기 각각의 순수 기기 작동 소음 측정을 실제 수업 진행 시와 같은 조건으로 사중과 이중

각 중학교 일반교실에 대해 실의 길이방향으로 A, B, C 지점으로 나누어 위치에 따른 소음레벨의 변화를 확인하였다. 그러나 멀티미디어 기기의 마이크의 작동소음은 제외하였다.

측정지점 A, B, C 위치별 소음레벨의 변화는 음원근처의 소음레벨이 가장 크며 음원으로부터 멀어질수록 소음레벨 분포가 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한, 상기 위치에 따른 주파수 대역별 최소 및 최대의 값이 2~3 dB정도이므로 각종 멀티미디어 기기들의 작동소음이 실내 전반적으로 확산됨을 알 수 있다.

또한, 실제 수업에 있어서의 일반 구술강의 시의 소음레벨, 멀티미디어 기기를 이용한 구술강의의 소음레벨, 멀티미디어 기기와 확성기를 병행한 수업에 대한 소음레벨, 확성기를 사용하는 수업의 소음레벨 등 일반교실에서의 범용되고 있는 수업 형태를 4가지 유형으로 분류하고 그에 따른 각각의 소음레벨을 측정하였다. 측정 지점은 기기 작동 소음레벨 측정과 달리 실제 수업 진행임을 고려 일반교실에 대해 실의 길이방향으로 A(전면), B(후면) 지점으로 나누어 위치에 따른 소음레벨의 변화를 확인하였다.

그에 따른 측정결과는 수업형태별로 그림 2~5와 같다.

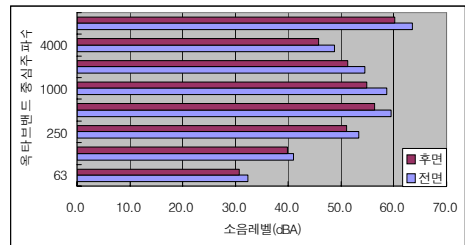


그림 2. 일반교실의 구술강의 시 평균소음레벨

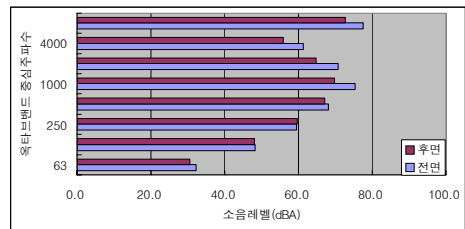


그림 3. 일반교실의 멀티미디어 사용과 육성 강의 시 평균소음레벨

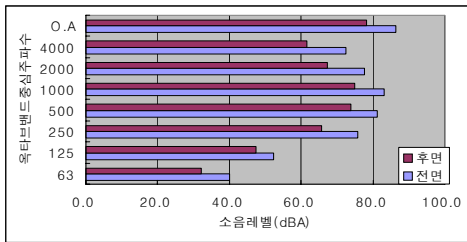


그림 4. 일반교실의 마이크를 이용한 구술 강의 시 평균소음레벨

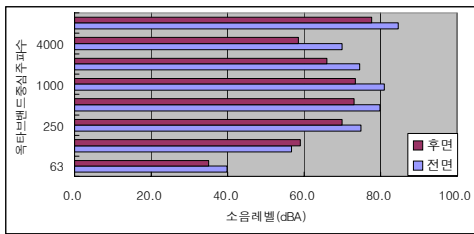


그림 5. 일반교실1의 멀티미디어 기기와 마이크를 이용한 병행 구술강의 시 평균 소음레벨

(2) 잔향시간 비교

학교시설 특히, 일반교실에 있어 잔향시간은 음향환경의 직접 혹은 종합적 평가의 기준이 되며, 음향성능의 정량적 평가 지표로 산정되는 명료도 산정의 주요 변수로 작용한다. 일반적으로 잔향시간은 실의 용적 및 면적, 부위별 마감재료, 천장고, 책상, 의자, 가구 등이 동일조건일 경우 창/벽의 비에 의하여 약간의 차이를 나타내지만, 음향설계의 기준 주파수인 500Hz에서 일반 교실의 이론적인 적정 잔향시간은 1초 내외로 산정하며, 최적 잔향시간은 0.6~0.8초이다.¹⁰⁾

본 실험에서는 최초 신축 후 30년 이상의 학교를 대상으로 하므로, 1970년대 현대적인 건축구조와 재료 및 모듈개념을 도입하여 문교부의 학교교사 표준설계도에 의하여 시공된 교사로서 큰 차이를 보이지 않고, 그 규모에 있어 유사한 형태를 갖추고 있으며, 칸막이 벽체의 일반적 재료인 블록벽과 벽돌벽에 한정하고, 창/벽의 비는 무시하였다. 일반교실의 잔향시간 비교는 다음의 그림 6과 같다.

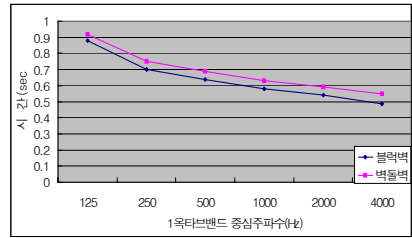


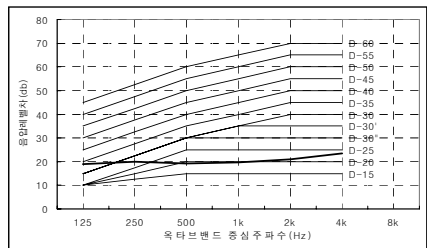
그림 6. 일반교실의 잔향시간 비교

(3) 차 음

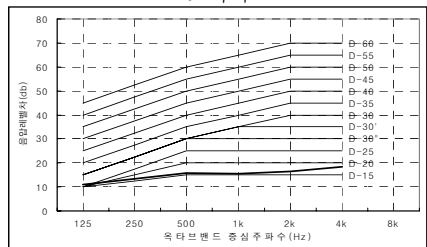
시험방법은 KS F 2809에 명시되어 있는 "건축물의 현장에 있어서의 음압레벨차의 측정방법"을 적용하였다. 측정은 교실벽체의 차음성능을 측정하였으며, 부위는 인접교실간 벽, 복도와 교실간 벽(중연벽)에 대하여 실시하였으며, 실간 평균 음압레벨차 측정방법과 특정 장소간의 음압레벨차 측정방법을 사용하였다.

음원장치는 대역잠음발생기, 전력증폭기 및 스피커로 구성되며, 수음장치는 KS F 1502에 규정하는 지시소음계 및 옥타브 분석기로 구성된다. 사용된 실험장치와 분석장비 구성도는 표 6과 같다. 이에 따라 차음성능은 부위별 3개소에 대하여 측정한 후 평균값을 비교하였다.

각 위치별 구조에 따른 차음측정결과를 그림 7, 8과 같다.



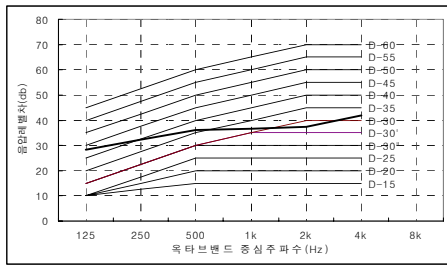
조적벽



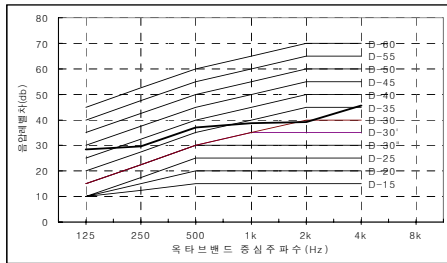
SGP

그림 7. 중연벽 구조에 따른 교실내부와 복도와의 차음 성능측정결과

10) Flynn, John E. , Arthur W. Segil, and Gary R. Stuffy, "Architectural Interior Systems" Van Nostrand Reinhold Company, p77.



조적벽



블록벽

그림 8. 칸막이벽 구조에 따른 교실과 교실 내부의 차음 성능측정결과(평균음압레벨차)

2.4 일반교실의 음환경 평가

일반교실에서 음환경 평가는 압소음, 잔향시간, 차음 등 기초적 요소의 측정 후, 실제 현황에 있어 각종 멀티미디어 기기를 이용하는 수업 진행의 소음문제를 파악을 위하여 각 각의 수업형태별 소음도를 측정하였고 보완 측정을 포함하여 2차에 걸친 현장측정을 실시하였다.

일반 초·중등학교는 동일한 시간에 서로 다른 교과목에 대해 각 교실에서 수업을 진행하므로 멀티미디어 기기를 이용하여 수업을 진행하는 교실과 그렇지 아니한 교실이 인접되는 특성이 있고, 측정지점은 실제 수업진행임을 고려 상기와 같이 일반교실 내 2개 지점을 선정하였다.

(1) 압소음

측정 결과 그림 1과 같으며 주파수별로 차이가 발생하는 것은 일반생활소음의 일반적 압소음 특성과 같다. 즉 저주파음이 높고 고주파음이 낮은 경우이다. 칸막이 구조형식에 따라 압소음값이 상이한 이유는 주로 중연벽 등 실의 칸막이 벽에 따른 구조적 형식과 강의실 위치와 연관이 있는 것으로 사료된다. 압소음이 가장 낮은 사중학교

3-2교실은 중량벽체인 벽돌벽을 사용하였으며 4층에 위치하고 있어 외부소음의 영향이 비교적 적어 평균 압소음 값이 28.7dB 이었다. 사중학교 1-6교실의 경우는 같은 중량벽체 구조이지만, 벽체가 블록으로 구성되어 있으며, 도로측 2층에 위치하므로 측정당시 외부소음의 유입 등으로 31.7 dB로 약간 높게 나타났다. 그러나 사중학교 2-5교실의 경우 사중학교와 같이 4층에 위치함에도 불구하고 경량벽체 구조의 SGP 구성으로 38.1dB 이었다. 이상에서 살펴 본 바와 같이 압소음에 영향을 주는 인자는 외부 통행로의 근접 등 실의 위치 및 벽체 구조의 차이인 경우이다. 압소음을 비교한 결과 일반교실에서는 벽체를 중량구조로 하여 외부소음을 최대한 줄일 수 있도록 하여야 할 것으로 사료된다. 결과적으로 일반교실의 소음을 위한 대책으로 중연벽 등 실의 칸막이 벽에 따른 구조적 형식, 마감재의 재질에 따른 재료적인 측면, 취부 마감에 따른 시공 정밀도 제한이 필요함을 알 수 있다.

(2) 소음레벨

측정결과는 수업형태별로 그림 2~5와 같으며, 이를 옥타브 분석하여 중심주파수 500, 1000, 2000Hz의 밴드레벨을 추출 한 결과, 확성기만을 이용한 구술강의 수업형태의 평균소음레벨이 전면 80.53 dB, 후면 72.03dB으로 기존의 구술강의에 의한 수업형태보다 전면 22.96dB, 후면 17.86 dB이나 높았다. 또한, 멀티미디어 기기 이용+구술강의 수업형태의 전면 9.1dB, 후면 4.83dB보다 높게 나타났으며, 오히려 멀티미디어 기기와 병행하여 확성기를 이용한 구술강의 수업형태의 전면 2.06 dB, 후면 1.2dB보다 높은 수치이다. 이는 멀티미디어 기기와 병행하여 확성기를 이용한 수업형태의 경우 실제 수업에 있어 멀티미디어 기기와 확성기(마이크)의 혼용형태가 아니라, 구술 강의 시는 멀티미디어 기기를 일시 중지하고, 확성기만을 사용한 구술이 이루어지기 때문이다.

(3) 잔향시간

일반교실의 잔향시간 실측치 및 최적잔향시간을 비교 분석한 결과는 그림 9과 같다.

주파수별 잔향시간에 있어 전 주파수대역에서 이론적인 적정 잔향시간 1초와 최적 잔향시간 0.6~0.8초를 만족하는 이유는 교실 외측의 창문 면

적과 교실 내측에서는 전면의 칠판, 후면의 게시판, 멀티미디어 가구, 책상, 의자 등의 흡음력이 증가하여 잔향 시간이 짧아진 것으로 사료된다.

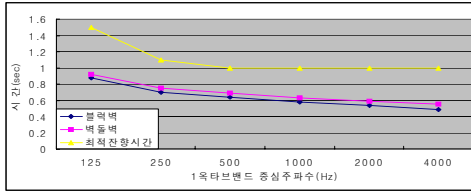


그림 9. 일반교실의 잔향시간 실측치 및 최적 잔향시간 비교

저주파대역 특히 125Hz대역에서의 이론치와 실측치의 오차는 실의 규모, 용적 및 진술의 각 중가구 등에 의한 흡음력 증가와 소리파동성의 역학 관계에서 기인한다고 판단된다.

또한, 일반교실의 칸막이 벽체에 있어 중량 벽체, 벽돌벽, 블록벽은 잔향시간의 설계 목표에 있어 블록 벽체가 벽돌 벽체보다 0.05초의 약간의 우위를 점한다. 이는 교실내 암소음도 측정음향설계의 기준 주파수인 500Hz를 제외한 전 주파수 영역에서 교실내 암소음도 측정결과와는 상치되는 결과치로써 암소음과 잔향 시간의 비례는 일치하지 않음을 나타낸다.

(4) 차 음

일반교실의 교실간 차음구조별 벽체 차음성은 측정결과 다음과 같으며, 이를 다시 상기 기준(표 2)과 비교하여 보았다.

비교결과는 그림 10와 같다.

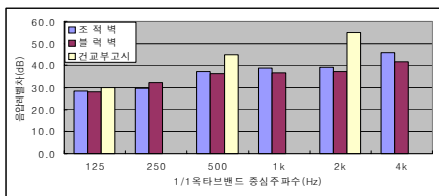


그림 10. 벽체차음성능 측정결과비교

차음구조별 측정결과 저주파영역(125~500Hz)에서는 최고 2.7dB(250Hz), 최저 0.3dB(150Hz)의 차이를 나타내었으며, 평균 1.3dB 이었다. 그러나 고주파영역(1k~4kHz)에서는 최고 3.9dB (4kHz), 최저 1.9dB(2kHz), 평균 2.67dB사이에 분포한다. 이를 다시 건교부고시 제341호(1990.6) 교실간

벽체 차음구조의 성능기준의 음향투과 손실 기준과 주파수대별로 비교하면,

- ① 125Hz 블록벽 1.8dB(+), 조적벽 1.5dB(+)
- ② 500Hz 블록벽 8.8dB(+), 조적벽 7.9dB(+)
- ③ 2kHz 블록벽 17.7dB(+), 조적벽 15.8dB(+)

으로 전국 초, 중, 고교의 모든 일반교실에 교육정보화 사업의 일환으로 설치, 보급된 프로젝션 TV, 일반TV, 실물 화상기 등의 멀티미디어 기기를 이용한 교수-학습방법의 시청각 교육 시중, 고주파수 대역과 깊은 상관 관계를 나타내며, 특히 고주파수 영역에서의 심각한 문제를 나타내고 있다. 이를 다시 일본건축학회의 보통교실에 대한 차음 성능기준(표 4)으로 비교하면, 조적조 칸막이의 경우 D-36, 블록조 칸막이의 경우 D-32의 차음성능으로 일본건축학회 차음 성능기준의 설계기준 2급(허용)과 3급(최저치)을 약간 상회하는 정도이며, 표준 권장값 D-40에는 크게 미치지 못하는 차음성능이다.

그러나 이러한 현상은 실의 칸막이 벽, 조적벽, 블록벽 등에 따른 구조적 형식에 기인하는 칸막이벽 자체의 차음성능보다는 교실 출입문, 중연창의 틈 등 취부 마감에 따른 시공 정밀도 및 창호와 유리의 종류, 재질 등에 의한 우회음 전달 등으로 사료된다. 특히, 중연벽체는 학교시설의 현황 시설 칸막이 벽체 중에서 교실 인접실 칸막이 벽체 구조에 비하여 차음성능을 나타내는 절대적 요소이고, 이는 창문 개방에 따라 그 편차가 더욱 심하게 나타난다.

이와 같이 차음성능의 절대적 요소의 하나인 중연벽 구조에 따른 교실내부와 복도와의 차음성능측정결과는 조적벽 D-23, SGP D-18으로 학교건축에 대한 국내기준은 제시되어 있지 않은 상황에서 일본건축학회의 보통교실에 대한 차음성능기준인 칸막이벽에서의 실간음압레벨차 적용등급과 비교하면, 3급의 최저치에 크게 미치지 못하는 차음성능이다.

일반적으로 교실간 상호 인접교실의 경우 교사의 목소리가 잘 들리지 않는 한계가 D-30(3급, 최저치)정도이며, D-25의 경우에도 수업이 중단될 정도의 성능을 나타내는 것은 아니다. 실제 학교시설 특히 일반교실의 경우 복도, 중연벽 및 창, 출입문 등으로부터의 우회음이 경계벽의 차음성능에 절대적 요소로 작용하므로

D-35이상의 성능을 확보하는 것은 교실 출입문, 중연창의 틈 등 취부 마감에 따른 시공 정밀도 및 창호와 유리의 종류, 재질 등의 이유로 많은 에로가 발생 할 것으로 사료된다.

확실적 양적 팽창에 의한 기존 학교의 낙후된 교육환경의 획기적 개선을 위한 교육시설 성능개선 다각화 노력의 교육환경개선사업과 더불어 최근 급격하게 증가하고 있는 다양한 교육수요의 물리적 구현을 위한 고품질 교육시설의 공급 요구 등이 음환경 개선의 노력과 병행되어야 할 이유가 여기에서 시작된다.

칸막이 벽체 및 중연벽체의 종류 그리고 기밀성을 고려한 창호 및 출입문의 종류와 재질의 선택, 각 종 창호 및 출입문과 SGP의 취부마감에 의한 시공 정밀의 표준, 그에 따른 유지보수의 문제 등이 실내 음환경적 측면과 결부되어 다각적으로 병행 검토되어야 한다.

그러나 창호 및 유리의 종류 등 마감재질에 의한 재료적인 측면, 취부 마감에 따른 시공 정밀도, 실의 칸막이 벽에 따른 구조적 형식 등에서 충분히 고려되어도 비냉방의 학교 현실 상황에서 하절기 및 중간기의 교실 창문의 개방은 일반교실의 복도간 벽 차음성능의 확보 그 자체를 무의미하게 할 수 있다.

이를 위한 학교시설 내부의 음환경 개선안으로 일반교실의 평면배치 계획에서도 구체적인 수법을 제시하고, 그 방법으로는 음환경 개선측면에서 개인 사물함의 설치, 창/벽 비의 유효산출, 창호 및 유리의 교체 등 벽체의 차음성능보강과 더불어 여유있고 쾌적한 교육환경 조성을 위하여 복도부분 일부와 교실 일부를 할애한 큰 홀을 이용하여 옥내 휴게실, 락카룸 등을 설치하거나, 그에 따른 천장고의 변화 등이 좋은 예가 될 것이다.

3. 실내음향 시뮬레이션

3.1 실내음향 시뮬레이션 방법

건축물의 실내음향 최적화설계를 수행하기 위하여 고려되어야 할 주요 인자로는 실내 음장 특성, 건물 차음특성 및 교체음 전달특성 등이 있는데 이들 특성치는 많은 음향학적 요소들에 의해 복합적으로 결정된다. 이러한 음향설계 인자들을 대상으로 수행하게 되는 음향설계의 실제적인 방법으로는 컴퓨터 시뮬레이션 방법과 축소모형 실험

방법이 있으며 대상건축물의 요구되는 음향성능 정도와 구축되어 있는 음향설계법의 신뢰도를 고려하여 이 두 가지 방법을 선별적으로 활용하게 된다. 일반적으로 실내음향을 컴퓨터로 시뮬레이션하는 방법에는 크게 통계적 에너지 해석법 (statistical energy analysis : SEA), 기하 음향법 (geometrical acoustics), 파동 음향법(wave acoustics) 등의 3가지로 나눌 수 있다. 본 연구에서는 음의 회절, 실내 공간과 공간 사이의 음 투과 등에서 장점이 있는 통계적 에너지 해석법으로 해석하고자 하며, 프로그램은 Auto SEA¹¹⁾이다.

본 연구에서는 통계적 에너지 해석법을 이용하여, 8중학교의 교실을 모델링하여 음압레벨을 해석하였으며, 음 환경을 개선하기 위해 몇 가지 설계안을 제시하여 그 설계안에 대한 음압레벨을 해석하였다.

3.2 통계적 에너지 해석법을 이용한 교실의 음향 시뮬레이션

3.2.1 교실의 모델링



그림 11. SEA 해석을 위한 8중학교 교실의 3차원 모델

그림 11은 통계적 에너지 해석(SEA)을 위해 8중학교의 후관동 1개층 7개의 교실과 복도 등을 3차원 모델링 한 것이다. 각 교실과 복도의 벽, 창호, 출입문 등을 모두 고려하였다.

3.2.2 교실의 SEA 모델링 및 해석

SEA 해석을 위해 교실의 모델링 데이터로부터 교실과 복도의 여러 벽, 창호, 출입문, 교실과 복도의 공간 등을 SEA 부시스템으로 모델링하였다. 그림 12는 기존 교실을 표 7에서와 같이 구성한 SEA 모델링을 보여준다. 이 그림에서는 구조물을 보여 주기 위해 교실 및 복도 공간은 보이지 않게 하였다. 또한 각 교실의 전면에 해석을 위한 음원을 배치하였다

11) 제작연도 : 2002년, Version명 : 2.32, 제작사 : vibro-Acoustics Science



그림 12. 기존 교실의 SEA 모델링

표 7에서 각 복도의 구조물과 공간은 각 교실에 접한 복도의 공간과 구조물을 의미한다. 교실 및 복도의 공간 등은 비교적 그 크기가 커서 음원이 위치한 전면과 후면의 소음레벨에 차이가 나므로 이를 고려하기 위해 SEA 부시스템을 전면과 후면으로 분리하였으며 또한 각 벽체도 전면과 후면으로 구별하였다.

또한 교실 전면과 후면에 위치한 출입구는 개방된 것으로 모델링 하였으며¹²⁾ 중연벽에 위치한

표 7. 개선안에 대한 해석 대상 및 조건

| 해석 ID | 교실 구조 | 중연벽 | 음 원 | 교실바닥 카펫 |
|-------|----------------------|-----|-----------------|---------|
| 1 | 기존 교실 | 조적 | 육성 | 무 |
| 2 | 기존 교실 | SGP | 육성 | 무 |
| 3 | UtilityRoom설치 | 조적 | 육성 | 무 |
| 4 | 천장을 높인 UtilityRoom설치 | 조적 | 육성 | 무 |
| 5 | UtilityRoom설치 | 조적 | 육성 | 유 |
| 6 | 기존 교실 | 조적 | 육성, 확성기 | 무 |
| 7 | 기존 교실 | 조적 | 육성,멀티미디어 기기 | 무 |
| 8 | 기존 교실 | 조적 | 육성, 확성기+멀티미디어기기 | 무 |
| 9 | UtilityRoom설치 | 조적 | 육성, 확성기 | 무 |
| 10 | UtilityRoom설치 | 조적 | 육성,멀티미디어 기기 | 무 |
| 11 | UtilityRoom설치 | 조적 | 육성, 확성기+멀티미디어기기 | 무 |
| 12 | 천장을 높인 UtilityRoom설치 | SGP | 육성 | 유 |

12) 본 연구는 서울시 소재 중학교를 선정하였으며, 건축물의 설비기준 등에 의한 규칙 제21조에 의거 중부지방으로 세 분류 후, 산업자원부. 학교건물의 에너지 관련시설 최적화 방안 연구.1998.10. 의 중부지방 난방도일 2,700~3,200도.일(℃.day)을 학사일정과 비교 후 전 일정의 2/3이상 이 창문 개방기 입을 확인 후 이를 전제로 창문개방 상태를 시뮬레이션함.

중연창은 미단이 창호의 특성 상 절반은 열리고 절반은 닫힌 것으로 하였다. 교실과 교실사이의 칸막이벽, 교실과 복도사이의 중연벽에서의 음향물성치는 측정하여 얻은 투과손실을 이용하였다. 음원은 육성 강의, 확성기를 이용한 강의, 멀티미디어 기기의 사용을 병행한 육성 강의, 확성기와 멀티미디어 기기를 같이 사용하는 강의 등 4가지 수업유형에 대하여 각 각의 실제 수업 진행 소음레벨을 측정한 결과를 이용하였다.

먼저 기존 교실의 실내 소음레벨을 중연벽의 종류, 다양한 음원에 대해 해석하고 이렇게 얻어진 소음레벨을 개선하기 위해 utility room을 설치한 경우, 천장을 높인 utility room을 설치한 경

표 8. 각 교실 및 인접복도의 SEA 부시스템 구성

| 분류 | 명 칭 | 위치 | 부시스템 수 | 비고 |
|---------|------------|----|--------|--------------------|
| 구조물 | 교실 천장 | 전면 | 1 | |
| | | 후면 | 1 | |
| | 교실 바닥 | 전면 | 1 | |
| | | 후면 | 1 | |
| | 교실/복도 중연벽 | 전면 | 1 | |
| | | 후면 | 1 | |
| | 교실 외벽 | 전면 | 1 | |
| | | 후면 | 1 | |
| | 교실 경계벽 | 전 | 1 | |
| | | 후 | 1 | |
| | 교실 외벽창 | 전면 | 1 | 단합 |
| | | 후면 | 1 | 단합 |
| | 교실/복도 중연 창 | 전면 | 4 | 열린창 : 2개, 닫힌창 : 2개 |
| | | 후면 | 4 | 열린창 : 2개, 닫힌창 : 2개 |
| | 교실 출입구 | 전면 | 1 | 열림 |
| | | 후면 | 1 | 열림 |
| | 교실출입구창 | 전면 | 1 | 단합 |
| | | 후면 | 1 | 단합 |
| 복도 천장 | 전면 | 1 | | |
| | 후면 | 1 | | |
| 복도 바닥 | 전면 | 1 | | |
| | 후면 | 1 | | |
| 복도 외벽 | 전면 | 1 | | |
| | 후면 | 1 | | |
| 복도 외벽 창 | 전면 | 1 | 단합 | |
| | 후면 | 1 | 단합 | |
| 공간 | 교실 공간 | 전면 | 1 | |
| | | 후면 | 1 | |
| | 복도 공간 | 전면 | 1 | |
| | | 후면 | 1 | |

우, 교실 바닥에 카펫을 설치한 경우 등의 개선안에 대해 해석을 수행하였다. 표 7은 기존교실과 제안한 개선안에 대해 다양한 조건에서의 해석 대상과 그 조건을 나타낸 것이다 표 8는 기존교실과 제안한 개선안에 대해 다양한 조건에서의 해석 대상과 그 조건을 나타낸 것이다.

3.2.3 교실의 SEA 해석 결과

표 8에서와 같이 12가지의 해석 대상과 조건에 대해 SEA 해석을 수행하였고 그 결과를 분석하였다.

(1) 기존 교실(해석 ID=1)

- 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

그림 13은 벽들의 중연벽과 육성 강의가 음원으로 사용된 기존 교실 각각의 전면과 후면의 음압레벨(그림 3)을 SEA 해석을 통해 얻은 결과이다. 결과에서 보듯이 각 교실이 동일한 음원과 동일한 실내 구조를 사용하므로 교실에 따른 음압레벨의 차이는 거의 없다는 것을 알 수 있다. 따라서 각 교실의 주파수 대역별 특성 및 그 크기가 거의 유사하므로 각 해석조건에 따른 비교에 있어서는 임의의 교실 2를 선정하여 비교하기로 하였다.

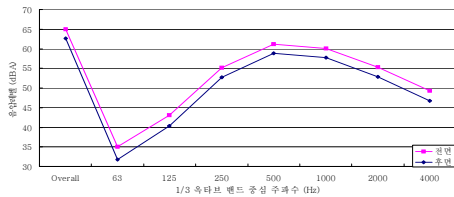


그림 13. 기존 교실2의 전면/후면의 음압레벨 : 해석ID=1

육성 강의에 의한 음압레벨의 측정치(그림 3)가 전면의 경우 약 63.6 dBA인데 타 교실에서의 소음이 중연벽에서의 열린 창과 출입구를 통해 전달되어 약 64.5 dBA의 음압레벨이 발생하는 것으로 해석되었으며 약 1 dB가 상승하는 것으로 나타났다. 그러나, 후면의 경우는 약 60.2 dBA의 측정치가 타 교실에서의 소음 유입으로 인해 해석결과는 약 62.6 dBA로 2.4 dBA의 상대적으로 큰 상승을 나타냈다. 이는 각 교실의 후면이 타 교실의 강의로 인한 영향을 전면에 비해 크게 받는다는 것을 나타낸다.

주파수 대역에 따른 소음 특성은 음원의 특성

과 거의 유사하나 저주파수 대역에서의 증가가 더 현저하게 나타났으며 이는 타 교실에서의 저주파수 대역의 음원이 고주파수 대역보다 큰 영향을 끼친다는 것을 의미하며 파장이 큰 저주파수 대역은 경계벽 등의 구조물에 대해 상대적으로 잘 투과하여 전달되는 것이기 때문이다.

(2) 기존 교실(해석 ID=2)

- 중연벽 : SGP, 음원 : 육성

기존 교실의 중연벽을 SGP로 하고 육성 강의 음원 측정치(그림 7, 그림 3)에 대해 SEA 해석을 수행하였다. 중연벽을 조적으로 한 경우와 거의 차이가 없었다. SGP의 중연벽이 조적의 중연벽보다 투과손실이 주파수 대역에 따라 3.6~7.8 dB 정도 작은 데에도 불구하고(그림 14) 각실의 음압레벨의 변화가 거의 없었으며(그림 15) 이는 중연벽의 창과 출입구가 열려 있어 중연벽 자체의 차음성능에는 영향을 거의 받지 않는다는 것을 의미한다.

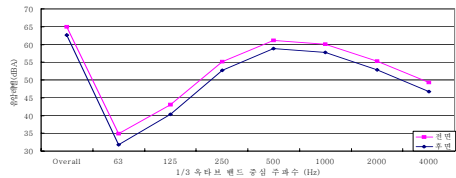


그림 14. 기존 교실 2의 전면/후면의 음압레벨 (해석 ID=2)

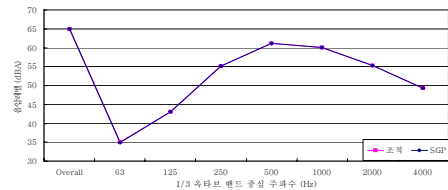


그림 15. 중연벽에 따른 기존 교실 전면의 음압레벨(해석 ID=2) -중연벽 : 조적/SGP, 음원 : 육성

(3) Utility room 설치(해석 ID=3)

- 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

기존 교실의 각 후면의 소음레벨이 타 교실에 의해 영향을 받으므로 이 소음레벨을 줄이기 위한 몇 가지 개선안을 제시하였다.

먼저 전체 교실 중 가운데에 위치한 교실 4를 여유 있고 쾌적한 공간시설에 대한 정서 함양의 현대 학교시설 경향과 진행되고 있는 교육환경개

선사업과 연계하여 시설 각 부위 성능개선 적용의 고찰적 측면에서 일반 교실로 사용하지 않고 특별 활동실, 락카룸, 휴게실 등의 utility room으로 사용하는 것을 제안하였다. 이 경우 전체 교실 중 가운데에 위치한 utility room에는 강의 등에 의한 음원이 없으므로 나머지 다른 교실에서의 음원에 의한 소음 전달을 utility room이 차단하여 각 교실의 음압레벨을 감소시킬 것으로 판단하였다.

Utility room을 설치한 경우에 대해 그림 16과 같이 SEA 모델링을 하였으며 가운데에 위치한 utility room에는 음원이 없음을 알 수 있다. 이를 SEA 해석한 결과 예상대로 전면에서는 약 2.3 dB, 후면에서는 약 3.8 dB의 소음저감이 이루어졌다(그림 17, 18). 소음저감은 비교적 전 주파수 대역에 걸쳐 고르게 이루어졌으며, 특히 250 Hz 이상의 주파수 대역에서의 소음저감이 상대적으로 컸다(그림 19).



그림 16. Utility room을 설치한 교실의 SEA 모델링

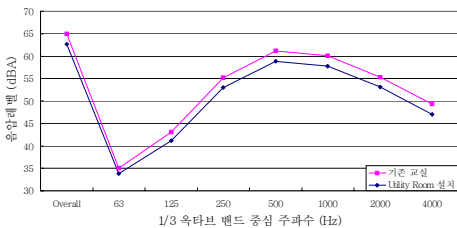


그림 17. 기존 교실과 Utility room을 설치시 교실2 전면의 음압레벨(해석 ID=3)

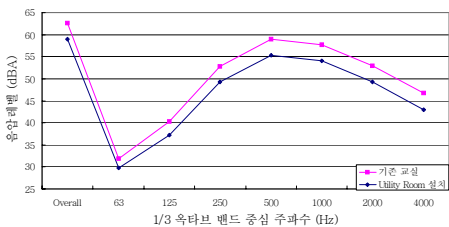


그림 18. 기존 교실과 Utility room을 설치시 교실2 후면의 음압레벨(해석 ID=3)

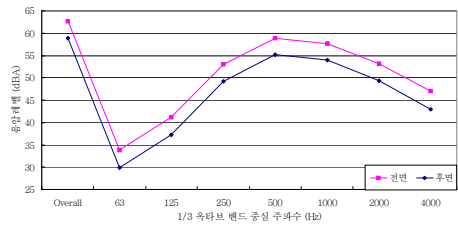


그림 19. 기존 교실과 Utility room을 설치 시 교실1의 전면/후면의 음압레벨(해석 ID=3) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

이는 현재 범용되고 있는 각종 멀티미디어를 이용한 다양한 형태의 수업 진행의 현실에서 일반 교실 실내음향환경 개선 적용성에 대한 의미 있는 결과로 사료된다. 전체 교실 가운데에 utility room을 설치함으로써 각 교실에서의 음 에너지 전달을 utility room이 분배받게 되어 각 교실의 음압레벨을 줄이는 데 기여한 것으로 판단된다.

(4) 천장을 높인 utility room 설치(해석 ID=4)
- 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

Utility room을 설치 시 천장을 높이는 경우, SEA 관점에서 살펴보면 room의 체적이 증가하여 고주파수 대역에서 공진 모드의 수가 더욱 많아진다. 이는 utility room의 천장을 높일 경우, 타 교실로부터의 음 에너지 전달에 대해 고주파수 대역에서 더욱 많은 에너지를 분배받을 수 있다는 것을 의미한다.

본 연구에서는 utility room의 천장을 표준설계도에 의하여 시공되어진 점을 감안하여 타 교실에 비해 보 높이를 600 mm 높인 경우에 대해 SEA 해석을 수행하였다. 수행결과 일반 utility room을 설치한 경우와 거의 차이가 없었으며(그림 20), 전면의 경우, 약 0.2 dB(그림 21), 후면의 경우, 약 0.3 dB(그림 22)의 미세한 소음저감이 이루어졌다.

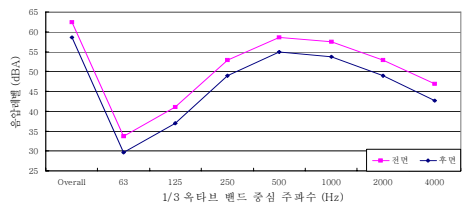


그림 20. 천장을 높인 utility room을 설치 시 교실 2의 전면/후면의 음압레벨(해석 ID=4) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

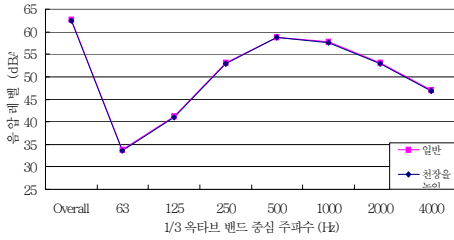


그림 21. 일반 utility room과 천장을 높인 utility room 설치 시 교실2 전면의 음압레벨 (해석 ID=4) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

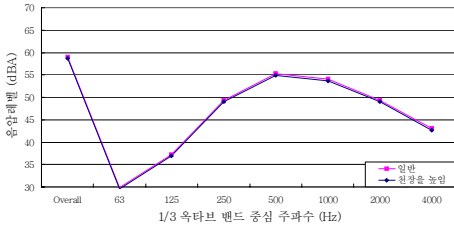


그림 22. 일반 utility room과 천장을 높인 utility room 설치 시 교실2 후면의 음압레벨 (해석 ID=4) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

(5) 교실 바닥 카펫과 utility room 설치(해석 ID=5) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

Utility room 설치와 함께 각 교실 바닥에 카펫을 설치한 경우, 카펫의 흡음효과에 의해 각 교실의 음압레벨이 감소할 것으로 예상된다. 특히 카펫과 같은 흡음재의 경우, 고주파수 대역에서의 소음저감효과가 우수할 것으로 판단된다. 각 교실 바닥에 카펫의 흡음률을 고려한 SEA 해석을 수행하였으며 그 결과가 그림 23과 그림 24, 25와 같으며 이에서 알 수 있듯이 일반 utility room에 비해 교실 전면에서는 약 1.4 dB, 후면에서는 약 2.3 dB의 소음저감효과가 더 이루어졌으며 특히 500 Hz 이상의 고주파수 대역에서부터 소음저감

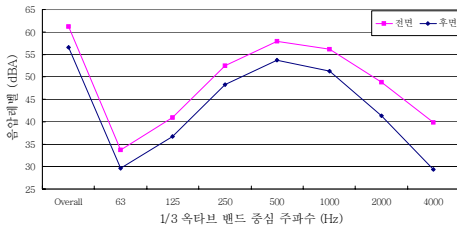


그림 23. Utility room과 각 교실 바닥에 카펫을 설치 시 교실 전면/후면의 음압레벨 (해석 ID=5) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성

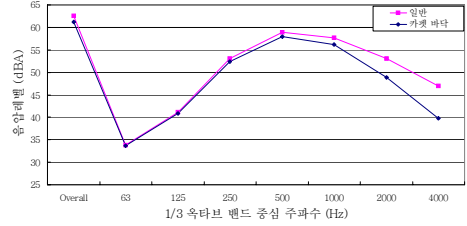


그림 24. 일반 utility room과 각 교실 카펫 바닥이 포함된 utility room 설치 시 교실2 전면의 음압레벨 (해석 ID=5)

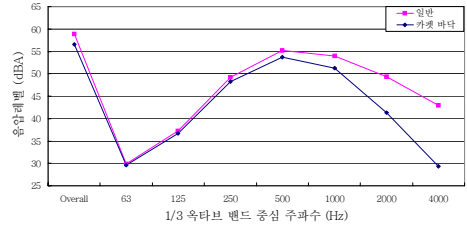


그림 25. 일반 utility room과 각 교실 카펫바닥이 포함된 utility room 설치 시 교실2 후면의 음압레벨(해석 ID=5)

효과가 나타났으며 주파수 대역이 올라갈수록 소음저감효과가 현저하게 나타났다. 따라서 각 교실 바닥에 카펫을 설치하는 것은, 그 비용과 유지관리가 원활하다면, 각 교실의 음압레벨을 줄이는데 효과적임을 알 수 있다.

(6) 기존 교실의 음원에 따른 교실 음향 해석 - 중연벽 : 조적
음원 : 육성 + 확성기(ID=6)
육성 + 멀티미디어 기기(ID=7)
육성 + 확성기 & 멀티미디어 기기(ID=8)

육성이 아닌 다른 음원에 대해 기존 교실의 실내 음향해석을 SEA를 이용하여 수행하였다. 육성이 아닌 다른 음원을 사용할 경우, 보통 전 교실이 동시에 육성이 아닌 음원을 사용하지 않기 때문에 육성과 다른 음원을 교대로 사용하는 조건에 대해 해석하였다. 즉 교실 1, 3, 5, 7은 육성을 음원으로 하고, 교실 2, 4, 6은 육성이 아닌 확성기 또는 멀티미디어 기기 또는 확성기와 멀티미디어 기기를 음원으로 사용하였다.

교실 2, 4, 6에 확성기를 음원으로 한 경우(해석 ID=6), 육성을 음원으로 하는 교실 1, 3, 5, 7의 음압레벨은 전 교실에 대해 육성을 음원으로

한 경우(해석 ID=1), 즉 (1)에서의 경우보다 교실 전면의 경우, 약 7~9 dB 정도로 매우 높았으며 특히 250~4000 Hz 주파수 대역에서 현저히 높았다(그림 27). 이는 높은 음압레벨을 가지는 확성기(약 87 dB)가 중연벽의 열린 창과 출입문으로 육성을 음원으로 하는 교실 1, 3, 5, 7에 크게 영향을 끼치는 것이기 때문이며 이는 교실 1, 3, 5, 7의 육성 강도의 회화 인지도를 크게 떨어뜨려 수업을 원활하게 진행하기 곤란한 정도의 음압레벨이다.

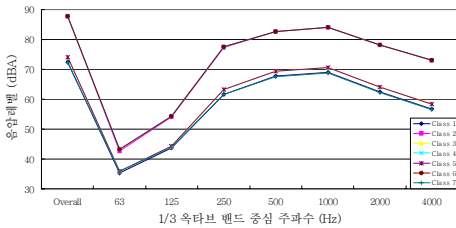


그림 26. 기존 교실 전면의 음압레벨(해석 ID=6) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성 + 확성기

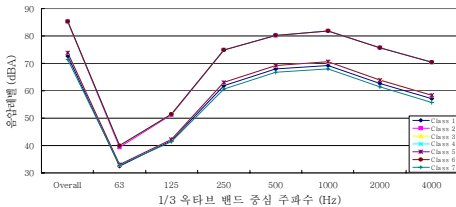


그림 27. 기존 교실 후면의 음압레벨(해석 ID=6)- 중연벽 : 조적, 음원 : 육성 + 확성기

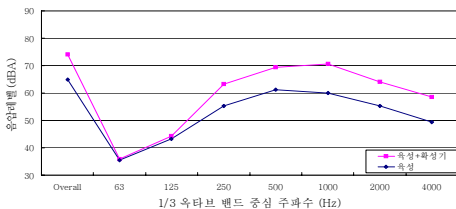


그림 28. 음원에 따른 기존 교실 3의 전면 음압레벨(해석 ID=6)- 중연벽 : 조적, 음원 : 육성/육성 + 확성기

특히, 확성기를 음원으로 사용하는 교실을 양쪽에 모두 두고 있는 교실 3, 5는 교실 1, 2보다 전면의 경우, 약 1.8 dB 정도 음압레벨이 더 높았다. 교실 2, 4, 6에 멀티미디어 기기를 음원으로 한 경우(해석 ID=7)에도 육성을 음원으로 하는

교실 1, 3, 5, 7의 음압레벨은 해석 ID=1 경우, 즉 (1)에서의 경우보다 교실 전면의 경우, 약 2~2.7dB 정도로 높았으며 특히 1000~2000 Hz의 주파수 대역에서 높았다(그림 28). 이 정도의 음압레벨이 육성을 음원으로 하는 교실의 회화 인지도를 크게 떨어뜨리지는 않지만 특정 주파수 대역의 마스킹으로 인해 음질의 명료도를 저하시켜 집중력에 영향을 줄 수 있다. 확성기의 경우와 마찬가지로 교실 3, 5는 교실 1, 2보다 전면의 경우, 약 0.8dB 정도 음압레벨이 더 높았다. 교실 2, 4, 6에 확성기와 멀티미디어 기기를 같이 사용하는 경우(해석 ID=8), 육성을 음원으로 하는 교실 1, 3, 5, 7의 음압레벨은 전 교실에 대해 육성을 음원으로 한 경우(해석 ID=1), 즉 (1)에서의 경우보다 교실 전면의 경우, 약 6~7.5 dB 정도로 매우 높았으며 확성기의 경우와 같이 250~4000 Hz의 주파수 대역의 음압레벨이 높았다(그림 29). 확성기의 경우와 마찬가지로 육성 강도의 회화 인지도를 크게 떨어뜨릴 수 있는 수준의 높은 음압레벨이 발생한 것을 알 수 있다. 전체적으로 볼 때, 육성이외의 다른 음원을 사용할 경우, 이 음원이 육성을 사용하는 교실에 직접 영향을 끼쳐 음압레벨을 크게 증가시켜서, 회화인지도 및 음질 명료도를 떨어뜨리므로 소음저감에 대한 대책이 필요하다라는 것을 알 수 있었다.

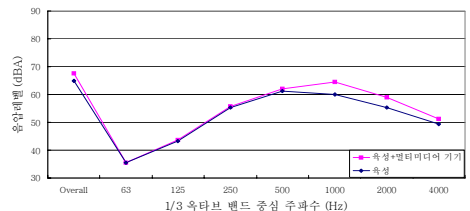


그림 29. 음원에 따른 기존 교실 3의 전면의 음압레벨(해석 ID=7) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성/육성 + 멀티미디어 기기

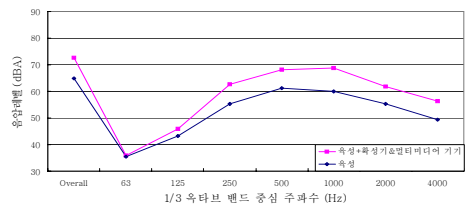


그림 30. 음원에 따른 기존 교실 3의 전면의 음압레벨(해석 ID=8) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성/육성 + 확성기 & 멀티미디어 기기

(7) Utility room을 설치한 경우의 음원에 따른 교실 음향해석 - 중연벽 : 조적

음원 : 육성 + 확성기(ID=9)

육성 + 멀티미디어 기기(ID=10)

육성 + 확성기 & 멀티미디어 기기 (ID=11)

육성이 아닌 다른 음원에 대해 기존 교실과 utility room을 설치한 경우의 음압레벨을 비교하기 위해 utility room을 설치한 경우에 대해 음향해석을 SEA를 이용하여 수행하였다. Utility room이 사용된 경우, 육성이 아닌 다른 음원을 사용하는 교실에서의 음 에너지가 utility room을 통해 분배되어 육성을 음원으로 하는 교실에 그 영향이 작아질 것이라 예상된다.

교실 2, 6에 확성기를 음원으로 한 경우(해석 ID=9), 육성을 음원으로 하는 교실 1, 3, 5, 7의 음압레벨은 전 교실에 대해 육성을 음원으로 한 경우(해석 ID=1), 즉 (1)에서의 경우보다 교실 전면의 경우, 약 2.2~2.8 dB 정도로 높았으며 기존 교실의 확성기를 음원으로 한 경우(해석 ID=6)에 비해 크게 줄어들었음을 알 수 있다. 즉 utility room을 설치함으로써 확성기의 음 에너지를 utility room이 충분히 분배받아 육성을 음원으로 하는 교실(교실 1, 3, 5, 7)에 그 영향을 작게 한 것으로 판단된다. 특히 63~125 Hz 주파수 대역에서는 전 교실에 대해 육성을 음원으로 한 경우보다 오히려 감소하였다(그림 31).

교실 2, 6에 멀티미디어 기기를 음원으로 한 경우(해석 ID=7), 육성을 음원으로 하는 교실 1, 3, 5, 7의 음압레벨은 전 교실에 대해 육성을 음원으로 한 경우(해석 ID=1), 즉 (1)에서의 경우보다 교실 전면의 경우, 오히려 약 1.2~1.3 dB 정도로 감소하였으며, 특히 63~500 Hz의 저주파수 대역이 많이 감소하였다(그림 29). 즉 멀티미디어 기기의 음압레벨이 육성에 의한 음압레벨 보다 현저히 크지 않은 경우, utility room을 설치하면 멀티미디어 기기의 음 에너지를 충분히 분배받아 육성을 음원으로 하는 교실에 거의 영향을 주지 않거나 오히려 감소하는 양호한 결과를 얻을 수 있었다.

교실 2, 6에 확성기와 멀티미디어 기기를 같이 사용하는 경우(해석 ID=8), 육성을 음원으로 하는 교실 1, 3, 5, 7의 음압레벨은 전 교실에 대해 육성을 음원으로 한 경우(해석 ID=1), 즉 (1)에서의

경우보다 교실 전면의 경우, 약 1.1~1.6 dB 정도로 약간 높았으며 1000 Hz 주파수 대역이 상대적으로 높았으며 63~125 Hz의 저주파수 대역은 오히려 약간 감소하였다(그림 33).

전체적으로 utility room을 설치한 경우, 육성이외의 비교적 높은 음압레벨을 가진 음원이 사용될 경우에도 육성을 음원으로 하는 교실에는 그 음압레벨에 영향을 작게 끼치게 되며 결국 회화인지도나 음질 명료도에 큰 지장 없이 수업 진행이 가능 할 것으로 사료된다.

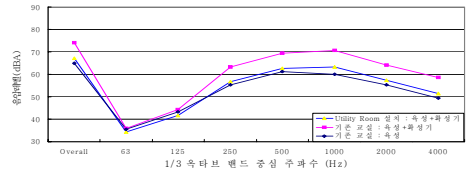


그림 31. 음원에 따른 기존 교실/Utility room 설치 시 교실 3 전면의 음압 레벨(해석 ID=9) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성/육성+확성기

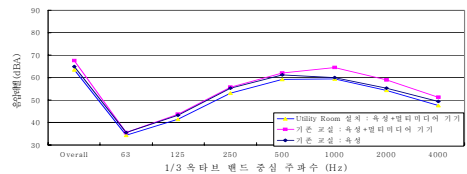


그림 32. 음원에 따른 기존 교실/Utility room 설치 시 교실 3 전면의 음압레벨(해석 ID=10) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성/육성+멀티미디어기기

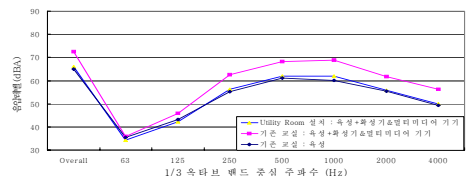


그림 33. 음원에 따른 기존 교실/Utility room 설치 시 교실 3 전면의 음압레벨(해석 ID=11) - 중연벽 : 조적, 음원 : 육성/육성+확성기 & 멀티미디어 기기

(8) 교실 바닥 카펫과 천장을 높인 utility room을 설치(ID=12)

- 중연벽 : SGP, 음원 : 육성

이제 기존 교실에 대한 개선안을 모두 적용하여 각 교실에 대한 SEA 음향해석을 수행하였다.

Utility room 설치로 인해 기존 교실에 비해 전 주파수 대역에 걸쳐 음압레벨이 감소하였으며 교실 바닥에 카펫을 설치함으로써 500 Hz 이상의 고주파수 대역에서 음압이 추가적으로 감소하였다. 이 개선안은 기존 교실 대비 전면의 경우, 약 5~6 dB(그림 34), 후면의 경우 약 7~9 dB의 소음 저감이 이루어졌다(그림 35).

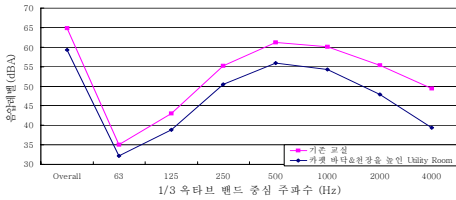


그림 34. 기존 교실과 바닥 카펫 및 천장을 높인 utility room 설치시 교실 2 전면의 음압레벨 비교(해석ID=12)-중연벽 : SGP, 음원 : 육성

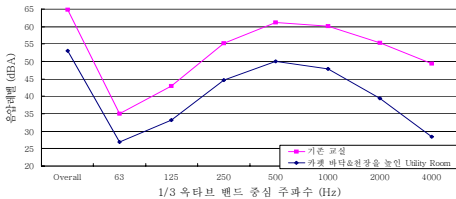


그림 35. 기존 교실과 바닥 카펫 및 천장을 높인 utility room 설치시 교실 2 후면의 음압레벨 비교(해석ID=12)-중연벽 : SGP, 음원 : 육성

4. 결론

학교시설의 소음에 관한 연구는 학교시설 내 학생들에게 미치는 영향을 최소화 시켜 쾌적한 환경을 조성하는데 그 목적이 있다. 고도 정보화 사회의 도래로 인하여 교육에 있어 기존의 학습 및 교육관의 패러다임은 다양화, 개별화, 특성화로 대별되는 학습자 중심의 교과과정, 인터넷 환경에서 정보취득, 다양한 멀티미디어를 이용한 토론 및 각종 교육 기기를 이용한 고품질 교육환경 등 다양한 학습 방법으로 전환하고 있으며, 이런 시점에서 학교시설 특히, 일반교실의 음향 환경은 그 중요성이 인지된다.

학교시설 중 일반교실의 적절한 물리적 음환경 개선을 위하여 소음도 측정과 그에 따른 학교시설의 학습환경계획을 연계하여, 학교시설 성능개

선방안 제시를 위하여 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 음향해석의 결과는 다음과 같다.

1) 기존 교실의 경우, 육성 이외의 멀티미디어 기기 또는 확성기를 음원으로 사용하는 교실의 음에너지는 육성을 음원으로 하는 교실에 그대로 전달되어 음압레벨을 크게 증가시키며 이에 따라 회화인지도 및 음질 명료도를 크게 저하시켜 수업진행에 큰 방해줄 수 있다고 판단된다.

2) 기존 교실의 음압레벨을 저감하기 위해 utility room을 제한하였으며, utility room 설치시 전 주파수 대역에 걸쳐 음압레벨이 저감되었으며, 특히 육성이외의 멀티미디어 기기, 확성기를 음원으로 사용하는 교실의 음 에너지가 육성을 음원으로 하는 교실로 전달되는 것을 현저하게 줄이는 역할을 할 수 있다는 것을 알 수 있었다.

3) 각 교실 바닥에 카펫을 설치함으로써, 500 Hz 이상의 고주파수 대역에서의 음압레벨이 감소하였으며 카펫 등의 흡음체가 고주파수 대역의 소음저감에 효과적이라는 것을 알 수 있었다.

4) 조적조에 비하여 상대적으로 투과 손실이 나쁜 SGP를 중연벽으로 하더라도 중연벽의 창과 출입구가 개방 된 경우, 각 교실의 음압레벨 변화에는 별다른 차이가 없었으나, 복도의 소음레벨 증가나 창과 출입구를 모두 닫게 되는 경우에는 중연벽의 투과손실의 크기가 중요하게 된다.

5) 전체적으로 utility room의 설치는 다양한 음원에 대해 매우 효과적으로 각 교실의 음압레벨을 저감시켜 설치 전 기존 교실에 비하여 회화인지도와 음질 명료도를 개선할 수 있으며 이에 따라 원활하고 집중력 있는 수업진행이 가능하리라 판단된다.

학교시설은 학습의 장일 뿐만 아니라 생활의 장을 겸하고 있으므로 학교의 시설 및 설비는 학생과 교사가 쾌적하고 안전하게 사용하고 누릴 수 있도록 정서적인 면과 더불어 물리적인 면 등 제 조건을 갖추어야 한다. 그러므로 위에서 제시했던 개선방안들을 단편적인 학교시설의 개선방안으로 생각하지 않고, 총체적 학교시설의 개선 노력으로 해석하여야만 할 것이다.

참고문헌

1. 이민섭, "건축설계보람" 기문당, 1986
2. 유호천 외 1인, 정보화 시청각 강의실의 음환경 성능에 관한 연구, 대한건축학회 논문집 15권3호, 1999.3
3. 양만우 외 1인, 대형 대학 강의실의 음향특성과 시뮬레이션에 관한 연구, 대한건축학회 추계학술발표대회 20권2호, 2000.10
4. 김홍식, 학교시설의 음환경, 한국교육시설학회지, 6권3호, 1999.9
5. 이경희 외 2인, 채광 및 차음성능을 고려한 초등학교 교실의 환경계획적 연구, 한국교육시설학회지, 4권2호, 1997.6
6. Close, P. D., Sound Control and Thermal Insulation of Building, 1988.
7. Flynn, John E. , Arthur W. Segil, and Gary R. Steffy, "Architectural Interior Systems" Van Nostrand Reinhold Company, 1972
8. 長倉康彦 外4人, 新建築學大係29 學校の設計, 彰國社, 1983.
9. 島原正男, 設計段階で明瞭度を豫測する方法の提案, 音響, 1974.7.