

음원의 위치에 따른 중·고등학교 교실의 음성명료도 비교

이환희*, 한찬훈**
충북대학교 건축공학과

Comparison of Speech Intelligibility depending on the Sound Source Location in the Classrooms of Middle and High Schools

Lee Hwan-Hee*, Haan Chan-Hoon**
Dept. of Architectural Engineering, Chungbuk National university

Email :lhwanh@freechal.com*, chhaan@cbucc.chungbuk.ac.kr**

요약문

학교 교육의 특성상 많은 부분이 교실에서의 음성정보 전달에 의해 이루어지고 있는 점을 감안하면 바람직한 청취환경의 개선이 검토되어야 한다. 또한 중·고등학교의 수학능력시험의 국어, 영어 듣기평가 및 다양한 어학 시험이 시청각 시설을 통해 이루어지고 있는 실정이므로 교실의 음환경은 매우 중요한 요소라 하겠다.

본 논문에서는 음환경을 좌우하는 음원의 위치에 따라 명료도가 어떻게 달라지는지를 실험을 통하여 검증하고, 명료도가 높고, 교실 전체에 균등한 분포를 보이는 음원의 위치를 찾아내고자 하였다.

교실 내의 음원의 위치로는 일반적으로 많이 쓰이고 있는 column(벽면 노출형)과 ceiling(천정 매입형) 위치와 임의의 음원 cluster(전면 중앙)를 선정하여 음장 파라미터를 측정된 결과 RASTI 는 세 타입 모두 0.54~0.55로 값으로 근소한 차이를 보이고 있으며, 잔향시간은 ceiling>cluster>column의 순서로 나타났다. 일반적으로 잔향과 명료도와와의 관계는 반비례하는 것으로 알려져 있으나, 실험 결과 잔향시간이 1.33초로 가장 긴 column 스피커의 경우 D50 값이 약 47%로 가장 높은 값으로 나타났다. 이것은 column형 스피커의 경우 음원과 각 학생의 위치에 대한 평균 직접음선거리가 가장 짧기 때문인 것으로 나타났다.

1. 서론

수학능력시험을 비롯한 다양한 어학시험이 다양한 어학 시험이 중·고등학교에서 이루어지고 있다. 교실에서는 일반적으로 비상 방송용으로 사용되는 PA용 스피커가 사용되고 있으며, 교육청에 명시된 스피커 설치 기준은 90m²당 6~3W 1개이다.

배치방식은 크게 천장 매입형, 벽면 노출형, 벽면 매입형 세 가지로 분류해 볼 수 있다. 2중 천장틀이 시설되는 경우 천장 매입형으로, 그렇지 않을 경우는 벽면 노출형으로 설치하게 된다. 근래 지어지고 있는 학교의 경우 천장 매입형이 주를 이루고 있다.

학교에 설치된 스피커는 비상 방송용이지만, 시청각 자료의 활용이나 어학시험과 같은 다양한 용도로 사용되고 있으므로 나은 청취환경을 제공할 수 있는 음원의 위치를 찾아보고자 한다.

따라서 본 연구를 통해 일반 학교의 교실에 설치된 스피커의 위치에 따른 실내음향인자의 변이를 조사하여 교실에 맞는 최적의 음향성능을 제공하는 적절한 음원의 위치를 제시하고자 한다.

2. 실내음향실험

2.1 실험의 개요

본 실험의 목적은 음원의 위치에 따른 명료도의 차이를 살펴보고자 하는 것으로, 음원의 위치에 따른 파라미터를 측정하기 위해 교실에 세 지점을 선정하였다. 일반적인 학교 교실에서 사용되고 있는 column(벽면 노출형)과 ceiling(천정 매입형) 위치와 임의의 음원 cluster(전면 중앙)를 노출형, 천장 매입형 스피커 위치를 음원 위치로 사용하였다. 표1은 음원의 위치와 각 음원 위치에 따라 예상되는 커버리지를 나타낸 것이다.

<표 1> 교실내 음원 위치와 예상 커버리지

speaker type	column	cluster	ceiling
예상 coverage			

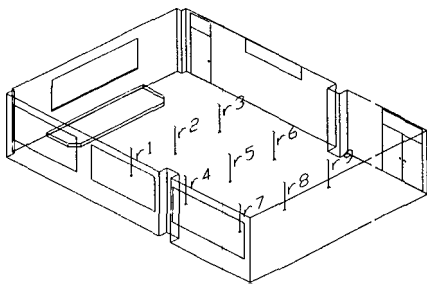
동일조건으로 실험하기 위해 지향성능이 동일한 스피커 2개를 1세트로 구성하였으며, 실내음향인자(SPL, RT, D50, RASTI)를 측정하였다.

2.2 대상 교실의 개요

실험은 중·고등학교 교실과 가장 유사한 제원을 갖는 대학내 강의실에서 이루어졌다. 교실의 제원을 표2에 나타내었다. 또한 실험을 실시한 교실의 형태와 수음점 위치는 그림1에 나타난 바와 같다.

<표 2> 교실의 제원

길이 (m)	폭 (m)	높이 (m)	면적 (m ²)	체적 (m ³)
10.7	7.7	2.75	262.72	207.84



(그림 1) 교실 형태와 수음점 위치

현장 실험에 앞서 예비조사(pilot survey)를 실시하였는데, 시뮬레이션 실행을 위하여 위치가 다른 3개의 3차원 모델을 제작하였다. 강의실 및 교실의 음향 인자들의 예측 및 분석은 음선추적법(Ray-tracing Method)과 허상법(Image Model Method)에 의한 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하였으며 사용한 프로그램은 ODEON 3.1이다. 시뮬레이션에 사용한 실내 마감

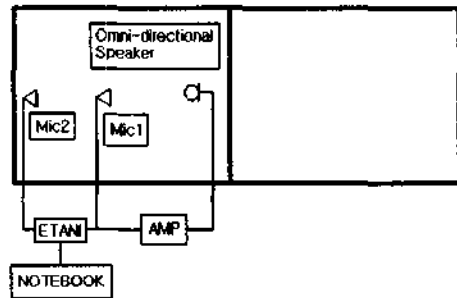
재 흡음률은 표3과 같다.

<표 3> 시뮬레이션에 사용한 실내 마감재 흡음률 데이터

마감재료		주파수					
		125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz
벽	흑칠판	0.24	0.20	0.20	0.18	0.18	0.21
	창문	0.35	0.25	0.18	0.12	0.07	0.04
	몰탈+수성페인트	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
	바닥	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02
공식시 바닥 (책상+의자)		0.02	0.04	0.06	0.06	0.06	0.06
만식시 바닥		0.20	0.30	0.40	0.40	0.40	0.40
천장(텍스)		0.22	0.32	0.15	0.14	0.08	0.07

2.3 실험내용

음향실험을 위하여 실험일시 및 측정 기기의 선택, 측정점의 선정 등은 사전에 현장사정을 감안하여 조사, 선택하였으며, 강의가 끝나 학생들의 왕래가 없는 오후 8시 이후에 실시하였다. 교실의 규모를 고려해 모두 9개소의 수음점을 택하였으며, 각 수음점에서 SPL, RT, D50, RASTI를 측정하였다. 수음점 높이는 1.2m로 설정하였으며, 측정시 음원으로는 MLS 신호를 사용하였으며, 80dB로 방사하였다. 실험은 2번씩 실시하여 평균값을 취하였다. 실험기기 구성도는 다음 그림2와 같다.



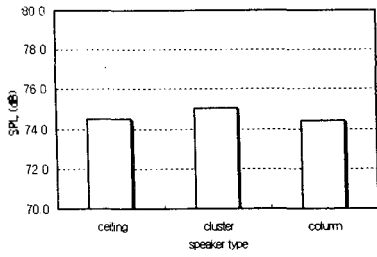
(그림 2) 실험기기 구성도

3. 음향인자 분석결과

3.1 음압레벨 (Sound Pressure Level)

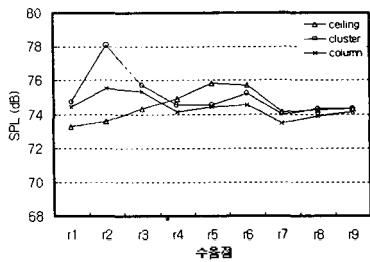
3개의 스피커 유형을 사용하여 측정된 음압레벨의 평균치는 그림3에 나타난 바와 같다.

2개를 1set로 사용하여 80dB로 방사하였을 때, ceiling 타입 스피커의 음압은 74.47dB, cluster 타입 스피커는 75.03dB, column 타입 스피커의 경우는 74.41dB로, cluster>ceiling>column 순으로 나타났다.



(그림 3) 스피커 유형별 음압레벨의 비교

또한, 각 유형별 음원을 사용한 수음점에 따른 음압레벨을 그림4에 도식하였다. ceiling 타입 스피커는 스피커가 위치한 중앙부, r4, r5, r6의 위치에서 비교적 높은 값을 갖는다. cluster 타입은 가장 직접음선거리가 가까운 r2에서 현저히 높은 값을 보이고 있으며, column 타입 스피커 역시 직접음선거리가 길어질수록 음압이 감소해, 약 1dB 정도 차이를 보이고 있다.

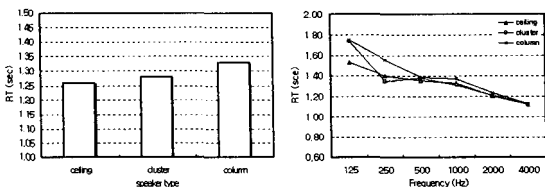


(그림 4) 수음점 위치에 따른 음압레벨의 비교

3.2 잔향시간(RT)

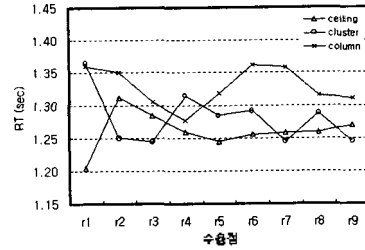
스피커 유형에 따른 평균 잔향시간과 각 주파수대역별 잔향시간은 그림5에 나타낸 바와 같다.

실험 결과 잔향시간은 세 타입 스피커 모두 1.25~1.35 초 사이에 분포하고 있으며 저주파수대에서 긴 잔향시간을 갖는 것으로 나타났으며, column>cluster>ceiling 순이다.



a) 유형에 따른 비교 b) 주파수별 비교
(그림 5) 스피커 유형별 및 주파수별 잔향시간 비교

다음 그림6은 각 스피커 유형마다 수음점별 잔향시간을 나타낸 그래프이다. ceiling 타입의 경우, r1을 제외하고는 다른 스피커 유형과 비교해 볼 때 비교적 기록이 적고, 짧은 잔향시간을 갖는다.



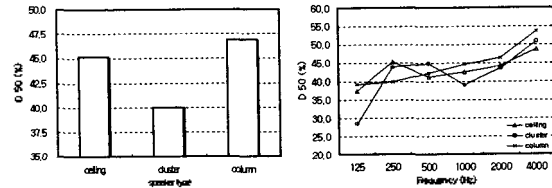
(그림 6) 수음점 위치에 따른 잔향시간의 비교

3.3 음성명료도 (D50)

각 스피커 유형에 따른 음성명료도의 평균값과 125~4000Hz의 음성명료도를 그림 7에 나타내었다.

실험결과 column 타입 스피커에서 약 47%로 가장 높은 값을 보이며, 가장 낮은 cluster 타입도 약 40%로 큰 편차는 없음을 알 수 있다.

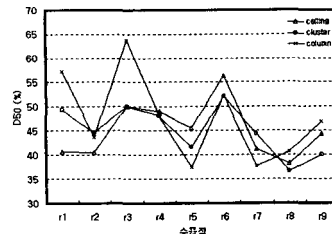
일반적으로 잔향과 명료도와와의 관계는 반비례하는 것으로 알려져 있으나, 실험 결과 잔향시간이 1.33초로 가장 긴 column 스피커의 경우 D50 값이 약 47%로 가장 높은 값으로 나타났다. 이것은 column 타입 스피커가 음원과 각 학생의 위치에 대한 평균 직접음선거리가 가장 짧기 때문인 것으로 나타났다.



a) 유형에 따른 비교 b) 주파수별 비교
(그림 7) 스피커 유형별 D50의 비교와 주파수별 D50 비교

각 스피커 유형별로 수음점 9개소에서 측정된 D50 값은 그림8에 도식한 바와 같다.

세 타입의 스피커 모두 D50 값은 유사한 패턴으로 나타났다. 중앙부에 위치한 수음점 r2, r5, r8에서 낮은 값을 보이고, 복도 가까운 쪽의 수음점인 r3, r6, r9의 위치가 같은 열의 세 수음점 중 비교적 높은 값을 보이고 있다.



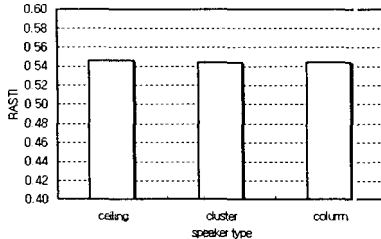
(그림 8) 수음점 위치에 따른 D50

3.4 RASTI

각 스피커 유형별로 측정된 RASTI 평균을 그림9에 나타내었다. 음의 이해도 RASTI는 세 타입 모두 0.54~

0.56의 범위안에 분포해 거의 차이가 없는 것으로 밝혀졌다. 그러나 세 유형 모두 좋은 청취조건이라고 판단할 수 있는 기준치 0.6에 미치지 못하는 값을 갖는다.

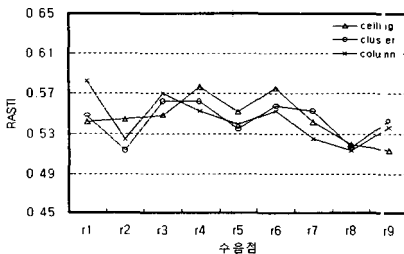
RASTI 값은 세 유형 모두에서 0.55 값을 보이고 있어 음원의 위치선정에는 그리 큰 영향을 미치지 않을 것으로 보인다.



(그림 9) 스피커 유형별 RASTI의 비교

아래 그림10은 수음점별 편차를 알아보기 위한 그래프이다. 수음점 전체 평균은 세 타입 스피커가 모두 비슷한 값을 보이나, 좌석간의 편차는 cluster 타입의 스피커에서 0.049로 가장 적은 수치를 보인다.

또한 RASTI 역시 세 타입 모두 비슷한 패턴을 찾을 수 있으며, D50과 마찬가지로 r2, r5, r8에서 같은 열에 위치한 수음점보다 비교적 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다.



(그림 10) 수음점 위치에 따른 RASTI의 비교

4. 결론

이상의 연구에서 음원의 위치에 따른 중·고등학교 교실의 실내음향 성능을 측정에 따른 분석결과는 다음과 같다.

- 1) 음압은 직접음선 거리가 짧은 순으로 높은 값을 나타내는 것으로 나타났다.
- 2) 잔향시간은 column 타입 스피커에서 1.33초로 가장 긴 값을 보이나, D50 값이 약 47%로 가장 높음 것으로 나타났다. 이것은 column 타입 스피커가 음원과 각 학생의 위치에 대한 평균 직접음선거리가 가장 짧기 때문인 것으로 나타났다.
- 3) RASTI는 세 타입 모두 0.54~0.56의 범위안에 분포해 거의 차이가 없는 것으로 밝혀졌다. 이는 교실이 매우 작은 공간에 해당하기 때문인 것으로 보인다.

4) D50과 RASTI 값은 열마다 일정한 패턴을 보이는데, 복도 가까운 쪽의 수음점인 r3, r6, r9의 위치가 같은 열의 세 수음점 중 비교적 높은 값을 보이고 중앙열에 해당하는 r2, r5, r8 위치에서 낮은 값을 갖는 것으로 나타났다.

실내 음향인자 측정결과, 음압이나 RASTI와 같은 음향 인자 값은 큰 차이를 보이고 있지는 않으나 전체적으로 고른 분포를 보여 청취자 모두에게 공정하고 우수한 청취환경을 제공할 수 있는 음원 위치를 선정할 필요가 있다. 또한 사람의 청감은 음원으로부터 귀에 도달하는 음파의 시간과 세기 차이로서 상하, 전후좌우를 판단하는 능력을 가지고 있으므로, 음원이 ceiling(천장 매입형)타입과 같이, 음원의 전면에 위치하게 되는 청취자가 있게 되는 경우는 신중한 판단을 통해 음원 위치를 선정할 필요가 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 李璟會, 건축환경계획, 文運堂, 1997
2. 강성훈, 음향 시스템 이론 및 설계, 기전문화사, 1999
3. 한국음향건축연구회 편저, 건축환경음향학, 공간출판사, 1997.
4. D.Egan, Architectural Acoustics, McGraw-Hill, 1989.
5. 이광현 외, 교실에서 듣기 평가 시험의 객관성 고찰, 한국음향학회 논문집, 2001
6. 오양기, 주현경, 音聲傳達의 品質向上을 爲한 初等學校 教室의 標準設計에 關한 研究, 대한건축학회 논문집, 2000
7. L.C.Sutherland and D.Lubman, "The Impact of Classroom Acoustics on Scholastic Achievement", ICA, 2001
8. P.Bondi, F.Piccininni, P.Stefanizzi, "Acoustic Performance of Rectangular Classrooms", ICA, 2001
9. 吳洋其, 尹張雙 "음성 전달지수를 이용한 건축 공간의 청취조건 평가에 관한 연구" 대한건축학회 논문집, 1990.6. 6권 3호 통권 29호 pp.191~201
10. T.Houtgast and H.J.M.Steeneken, "A Review of the MTF concept in Room Acoustics and its use for Estimating Speech Intelligibility in Auditoria", Journal of the Acoustical Society of America, 1985