

예술학교 음악실의 음향성능 평가에 관한 연구

A Study on the Acoustics Characteristics of a Music-room of School of Arts

국정훈[†], 윤재현*, 정철운*, 김재수**

Kook Joung-Hun, Yun Jae-Hyun, Jung Chul-Woon, Kim Jae-Soo

Key Words : Music room(음악실), Room acoustics(실내음향), Omnidirectional speaker(무지향스피커)

Abstract

As Music Room in Art School is mainly for exercise of musical instrument rather than any lecture or music appreciation, it should be designed and constructed in consideration with Acoustic Condition on the preferential basis. However, in case of Music Room in Art School that has been built already or latest newly constructed, since it was designed and constructed without any reflection of Acoustic Characteristics, it appeared as inadequate for them to enjoy music appreciation or performance activity.

On such view point, this Study has examined the physical Acoustic Characteristics for the subjects on those Music Rooms of Art Middle School, Art High School, Art College built in Cheonbuk Province, and it is deemed that the material grasped in such way could be utilized as the valuable data enables to improve Acoustic Performance at the time when designing and construction or renovation for Music Room hereafter.

1. 서론

예술학교 같은 특수목적학교의 음악실은 강의보다는 음악 감상이나 악기연습이 주(主)가 되는 특성상 우선적으로 음향 상태를 고려해서 설계·시공되어야 한다. 그러나 국내의 경우 음악실의 음향특성에 관한 연구가 거의 이루어지지 않고 있으며, 선행연구¹⁾ 결과 일반 중·고등학교의 음악연습실의 경우 잔향시간이 너무 짧아 음악 감상이나 연주활동을 하기에는 부적절한 것으로 나타났다. 또한, 최근에 신축된 예술학교 음악실의 경우에도 음향특성이 반영되지 않은 채 설계·시공되어 음악실로서의 기능을 다하지 못하고 있다.

이러한 관점에서 본 연구에서는 전북에 시공되어진 예술중학교·예술고등학교·대학교 음악실을 대상으로 물리적인 음향특성을 파악하였으며, 이렇게 파악된 자료는 향후 음악실 설계 및 시공 시나 리노베이션시 음향 성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용 할 수 있을 것으로 사료된다.

2. 측정방법 및 개요

[†] 국정훈, 원광대학교 건축음향연구실
E-mail : kookcrew@hanmail.net
Tel 063-857-6712

* 원광대학교 건축학부 석사과정

** 원광대학교 건축학부 교수

1) 국정훈, 정은정, 정철운, 김재수 : “중·고등학교 음악실의 음향특성에 관한 연구”, 대한환경공학회 학술발표대회, 2006.11

2.1 대상 중·고등학교 음악실의 개요

대상 학교 음악실은 전북에 위치한 예술중학교 1곳, 고등학교 1곳, 대학교의 소공연장, 음악실, 국악실 등 총 5 곳을 선정하여 측정을 실시하였다. 대상 음악실의 모습과 제원은 그림 1. 표 1.과 같다.



(a) 대학교 소공연장 (b) 대학교 음악실



(c) 대학교 국악실 (d) 예술중 음악실 (e) 예술고 음악실

그림 1. 연구대상 음악실의 모습
표 1. 대상 음악실의 제원

구분	학교	대학교 등대			예술중	예술고
		소공연장	음악실	국악실	음악실	음악실
제	면적(㎡)	156.8	103.3	153.7	62.8	177.7
	체적(㎡)	423.4	269.6	415	169.5	400.7
	길이(m)	19.6	12.3	19.7	8.72	11.3
	폭(m)	8	8.43	7.8	7.2	17.4
원	천정고(m)	2.6 ~ 3.2	2.61	2.7	2.7	2.4 ~ 2.6
	수용인원	약 120명	약 100명	약 60명	약 35명	약 80명
마	바닥	인조석 물갈기	인조석 물갈기	장판	인조석 물갈기	데코타일
	강단	시멘트몰탈	코펜하겐리브	유리(거울)	나무	페브릭
재	측벽	코펜하겐리브	코펜하겐리브	흡음텍스	페브릭	유리(커튼홀)
	천정	흡음텍스	흡음텍스	텍스	텍스	폴리우레탄
	의자	극장식천의자	플라스틱		책상/나무	책상/나무

표를 보면 각 음악실의 체적을 비교해 보았을 때 169.5m³~423.4m³까지 다양하나, 마감 재료는 거의 흡음재 위주로 되어 있음을 알 수 있다.

2.2 측정 방법

대상 음악실의 평면이 거의 대칭에 가까운 형태이므로 실의 중심을 기준으로 그리드(Grid)를 설정해 일정한 간격으로 3~8개소의 수음점을 선정하였다. 음원은 교단이나 실의 중심이 되는 위치에 배치 후 고정된 상태에서 측정을 실시하였으며, 각 대상 음악실의 평면 형태와 수음점 위치는 그림 2.와 같다.

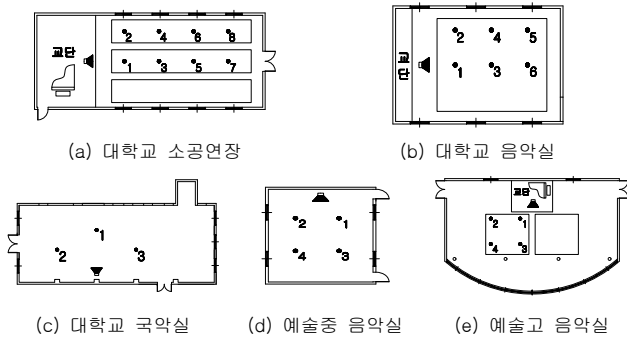
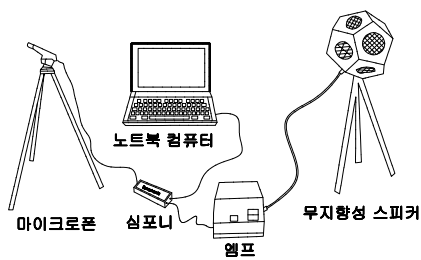


그림 2. 대상 음악실의 평면도

측정은 ISO 3382에 준하여 실시하였으며, 음원은 ISO에서 제안하는 무지향성 스피커(DO12)를 사용하였고, 높이는 1.5m, 마이크로폰 높이는 1.2m로 하였다. 측정용 음원은 MLS(Maximum-Length Sequence) 음원을 사용하여 배경소음에 대한 영향을 어느 정도 배제할 수 있었다.

측정기는 실내음향측정을 위해 01dB사의 Symphonie 중에서 dBATI를 사용하였으며, SPL은 현장에서 DAT를 이용하여 녹음 후, B&K사의 Pulse를 통해 분석하였다. 측정기기 구성 및 실제 측정모습은 그림 3. 과 같다.



(a) 측정기기의 구성



(b) 측정모습

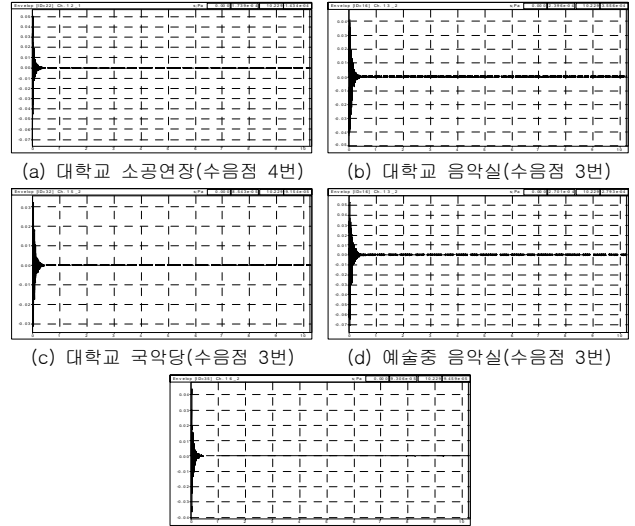
그림 3. 측정기기의 구성 및 측정 모습(대학교 음악실)

3. 임펄스 응답(Impulse Response)

각 대상 음악실에서 측정된 임펄스응답은 소리가 변화

하는 임펄스의 합(sum)으로 공간이 갖는 음향적 특성을 나타낼 수 있는 모든 정보를 가지고 있으며, 이 측정 결과로부터 RT, EDT, D50, C80, RASTI같은 건축음향의 물리적 평가지수를 산출할 수 있다.

각 음악실 중앙에 위치한 지점에서 측정된 임펄스 응답은 그림 4. 와 같다.



(e) 예술고 음악실(수음점 3번)

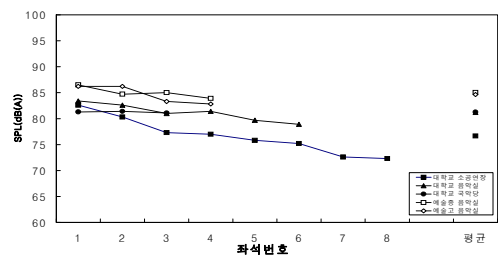
그림 4. 임펄스 응답

4. 분석 및 고찰

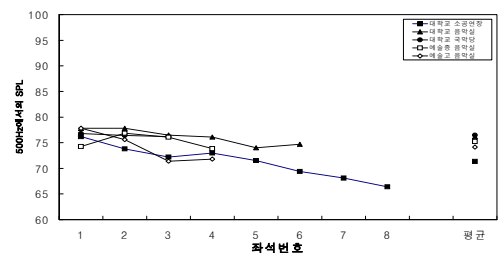
4.1 음압레벨(SPL)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 실의 형태와 내부 공간의 구성에 따라 매우 중요한 의미를 갖으며, 객석의 균등한 음압분포는 소리의 직접음과 초기반사음 에너지의 양에 따라 결정된다.

그림 5. 는 대상 음악실의 음압레벨을 비교 분석한 결과이다.



(a) 좌석별 음압레벨(dB(A))



(b) 500Hz에서의 좌석별 음압레벨

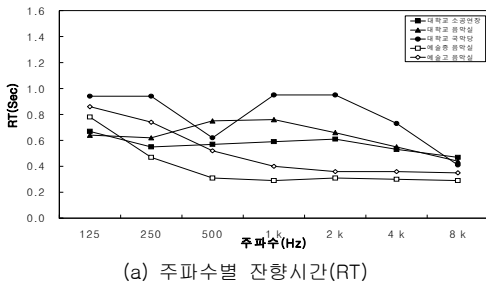
그림 5. 대상 음악실의 음압레벨비교

그림 5. 를 보면, 음원에서 가까운 좌석별로 음압레벨이 크게 나타났으며, 수음점의 수가 적은 국악실의 표준편차가 0.15dB로 가장 균일하게 나타났으나, 대부분의 음악실의 경우 수음점부터 거리가 멀어질수록 거리감쇠와 마감 재료에 의한 흡음으로 인해 음압레벨 편차가 음향설계 기준인 $\pm 3\text{dB}$ 를 벗어나서 좌석별로 균일하지 못한 음압분포를 보였다. 이는 대부분의 음악실에서 흡음 위주의 마감재를 사용하여, 뒷좌석으로 갈수록 음이 확산 및 반사가 되지 않기 때문으로 사료된다.

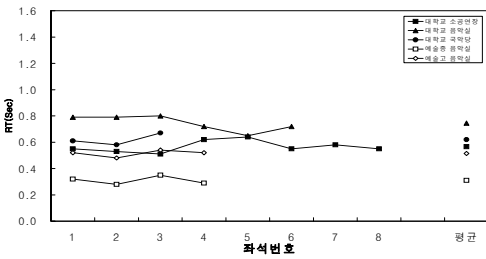
4.2 잔향시간(Reverberation Time)

잔향시간은 울림의 양에 대한 가장 중요한 평가지수이며 정상상태의 음이 60dB 감쇠하는 데까지 소요되는 시간으로 정의된다.

연구대상 음악실의 잔향시간을 비교해 본 결과 다음과 같다.



(a) 주파수별 잔향시간(RT)



(b) 500Hz에서의 좌석별 잔향시간(RT)

그림 6. 대상 음악실의 잔향시간(RT)

그림 6. 에서 보면 주파수별 잔향시간은 대부분의 음악실의 형태와 내부에 사용되어진 마감재의 특성으로 인해 서로 다른 패턴을 보이고 있다. 500Hz에서의 좌석별 잔향시간을 보면 체적이 가장 적은 예술중학교 음악실의 잔향시간이 500Hz에서 0.31초로 가장 짧게 나타나고 있으나, 체적이 상대적으로 큰 국악당의 경우 잔향시간이 체적이 적은 대학교 음악실보다 짧게 나타났다. 따라서, 실의 체적이 커도 마감 재료의 선택에 따라 잔향시간이 다르게 나타난 것을 알 수 있다.

각 학교의 음악실 체적을 Kundsen-Harris이 주장한 그림 7. 의 적정 잔향시간표에 넣어 비교해 본 결과, 최적 잔향시간이 1.1초~1.23초로 나타났다.

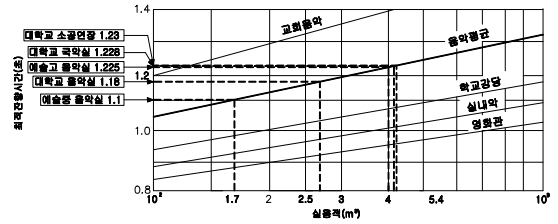
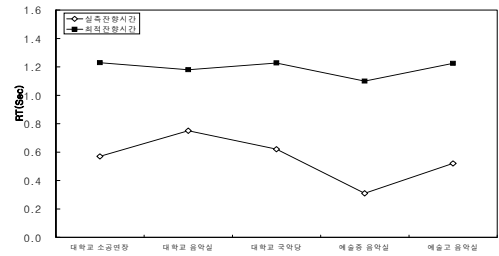
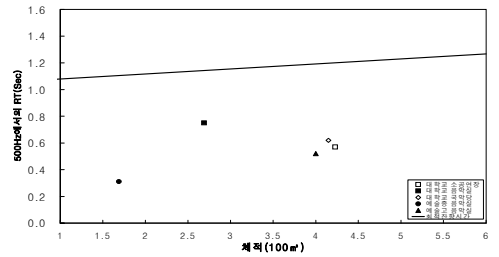


그림 7. Kundsen-Harris의 적정 잔향시간 평가표

실의 체적은 그 실의 음향 상태를 결정하는 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 적정잔향시간과 각 음악실의 체적에 따른 잔향시간을 비교한 결과는 다음 그림 8. 과 같다.



(a) 적정 잔향시간과 실측잔향 시간과의 차이



(b) 체적별 잔향시간

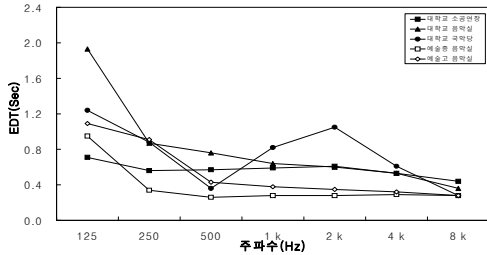
그림 8. 각 음악실의 잔향시간차이(500Hz)

그림에서 보면 적정 잔향시간의 경우 체적에 따라 일정하게 길어지지만, 연구대상 음악실의 경우 잔향시간이 체적의 크기와는 무관하게 나타났으며, 모든 음악실의 잔향시간이 적정잔향시간보다 최대 1초 정도 짧게 나타났다. 이는 설계·시공시 음악실의 특성을 고려하지 않고 흡음위주의 마감재를 사용했기 때문으로 사료된다.

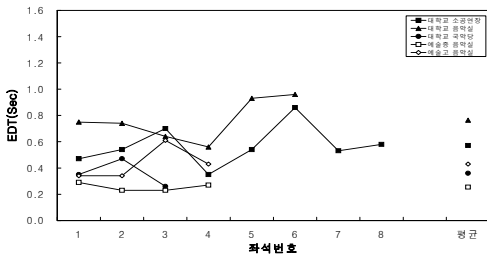
결국 연구대상 음악실들의 경우 잔향시간이 너무 짧아 음악활동을 하기에는 적합하지 않음을 알 수 있다. 따라서 음악실의 적정잔향시간을 확보하기 위해서는 설계 및 시공 시 지나친 흡음재의 사용을 자제하고 반사재와 확산위주의 재료를 선택하여야 할 것으로 사료된다.

4.3 초기감쇠시간(EDT, Early Decay Time)

잔향시간과 함께 또 다른 울림의 지수인 EDT를 비교 분석한 결과 다음과 같다.



(a) 주파수별 초기감쇠시간(EDT)



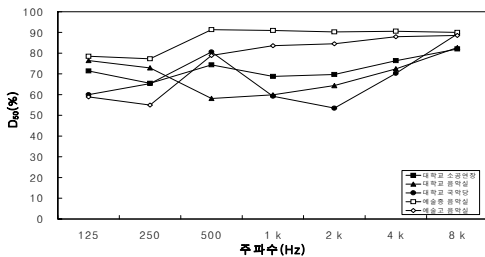
(b) 500Hz에서의 좌석별 초기감쇠시간(EDT)
그림 9. 대상 음악실의 초기감쇠시간(EDT)

그림 9. (a)에서 보면 주파수별 초기감쇠시간(EDT)은 각 학교별로 잔향시간과 유사한 패턴을 보이긴 했으나, 체적이 적은 예술중학교 음악실을 제외하고는 좌석마다 상당히 심한 변동을 보였다. 이는 EDT의 경우, 실의 형상에 대해 매우 민감하게 반응하고 측정위치에 따라 현저하게 달라지는 특성 때문에 위치별로 편차가 크게 나타난 것으로 사료된다.

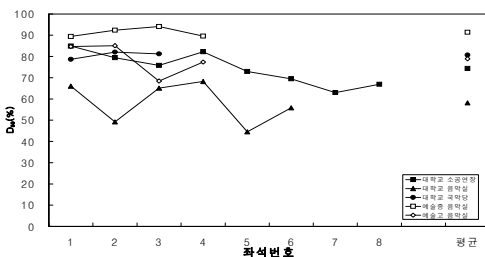
4.4 음성명료도(D50)

회화의 명료도에 관한 지수중 강연을 대상으로 하는 D50은 음의 발생이 중지한 후 50ms이내의 직접음 및 초기반사음과 총에너지의 비를 말한다.

그림 10. 은 대상 음악실의 음성명료도를 비교 분석한 결과이다.



(a) 주파수별 음성명료도(D50)



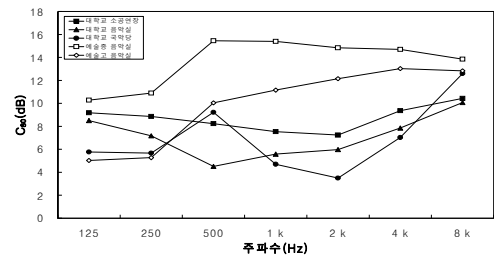
(b) 좌석별 500Hz에서의 음성명료도(D50)
그림 10. 대상 음악실의 음성명료도(D50)

그림 10. 에서보면 D50은 대학교 음악실(58.13%)~ 예술중 음악실(91.38%)로써, 음악실로의 기능을 갖기

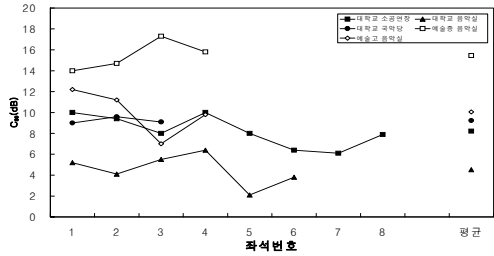
위한 D50으로는 필요이상으로 너무 높게 나타나고 있다. 이는 시공시, 음향 상태를 고려하지 않고, 벽을 무분별하게 흡음재로 마감하여 잔향시간이 너무 짧게 나타났기 때문으로 사료된다.

4.5 음악명료도(C80, Clarity)

음악에 대한 명료도 지수(Clarity Index)인 C80을 주파수 및 좌석별로 비교·분석한 결과는 다음 그림 11. 과 같다.



(a) 주파수별 음악명료도(C80)



(b) 좌석별 음악명료도(C80)

그림 11. 대상 음악실의 500Hz에서의 음악명료도(C80)

그림에서 보면 500Hz에서의 음악실 평균 C80의 경우 모든 음악실이 일반 공연장의 C80 평가를 위한 기준치인 ± 2 dB를 상회하여 음악을 감상하거나 연주시 음이 너무 건조하고 딱딱해서 풍부하고 충만한 느낌을 받기 어려울 것으로 판단된다.

4.6 음성전달지수(RASTI)

실내에서 음성의 전달에 따른 이해도(Speech Intelligibility)를 나타내는 주관적 척도로서 실측치에 의한 음성전달지수의 분포형태를 비교 분석한 결과는 그림 12. 와 같다.

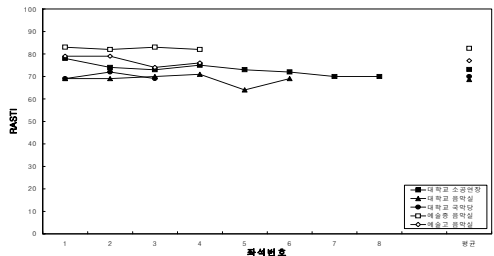


그림 12. 대상 음악실의 음성전달지수(RASTI)

그림 12. 에서 보면 모든 음악실에서 음성전달지수가 68.7%~82.5%로 나타났으며 RASTI 평가기준에 의하면 “잘 들린다” ~ “아주 편안하게 들을 수 있다”로 평가되었다. 따라서 원음이 왜곡되어 명료성이 저하되는 않을 것으로 판단된다.

5. 결론 및 향후 연구과제

본 연구는 전북에 위치한 중·고등학교와 대학교의 음악실을 대상으로 무지향성 스피커를 이용하여 음향 상태를 실측한 결과를 비교 분석하였다.

측정 및 평가 결과 연구대상 음악실들은 음압레벨 편차가 $\pm 3\text{dB}$ 를 벗어나서 좌석별로 균일하지 못한 음압 분포를 보였으며 잔향시간이 최적의 잔향시간에 비해 훨씬 못 미치는 평균 $0.3\sim 0.75$ 초로 나타났다. 또한, 잔향시간과 상대적인 음성 명료도는 높지만, 음악명료도에 대해서는 음악 감상 및 연주 시 풍부하고 충만한 느낌을 인식하기에는 불가능한 공간임을 알 수 있다.

따라서 풍부한 음악 감상과 효율적인 음악 수업이 되기 위해서는 음향시뮬레이션을 통해 음악실을 체계적으로 리노베이션 해야 하며, 본 연구를 통해 얻은 물리적 파라미터를 이용하면 향후 적합한 음향 상태를 갖는 음악실을 만들 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계(개정판), 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.