

# 음향성능 개선을 위한 소규모 다목적홀의 건축음향성능 평가

## Evaluation on Architectural Acoustic Performance of Small-scaled Multipurpose Hall for Improvement of Acoustic Performance

윤재현† · 주덕훈\* · 김재수\*\*

Yun, Jae-Hyun, Ju, Duck-Hoon, Kim, Jae-Soo

**Key Words** : multipurpose hall(다목적홀), architectural acoustics design(건축음향설계), acoustic characteristics(음향특성)

### ABSTRACT

In case of domestic performance hall, it is real situation that the demand of multipurpose hall that accommodative a lecture, gathering activity, drama and concert than a professional performance hall such as opera house, is on increasing. Accordingly, since such multipurpose hall, in view of its characteristics, is emphasizing the clearness of sound, also it requiring the repletion or abundance of sound simultaneously, it could be said that the sufficient examination and plan with regard to the architectural acoustics design is indispensable. However, since most of multipurpose hall has ever been designed and constructed without any consideration on an acoustic factor, many problem points are generating. Standing on such viewpoint, this Research has measured the physical acoustic characteristics about the small-scaled multipurpose hall recently built without any acoustic consideration, and through the above, tried to grasp the acoustic defect and controversial point thereof.

It is deemed that such study result could be utilized as an important material for improvement the acoustic performance of the multipurpose hall.

### 1. 서론

국내 공연장의 경우 오페라하우스와 같은 전문공연장 보다는 강연 및 집회활동, 연극과 음악회 등이 가능한 다목적홀의 수요가 늘고 있는 실정이다. 따라서 이러한 다목적홀은 그 특성상 음성과 음악의 명료도에 대한 음향성능이 동시에 요구되기 때문에 건축음향설계에 대한 충분한 검토와 계획이 필수적이라고 할 수 있다. 그러나 대부분의 다목적홀이 음향적인 요소를 고려하지 않아 많은 문제점을 발생 시키고 있다. 이러한 관점에서 본 연구는 최근 건축음향설계의 고려 없이 건립되어 많은 문제점을 발생시키고 있는 다목적홀을 대상으로 물리적 음향특성을 측정하여 음향적 결함을 파악하고자 하였다. 이렇게 파악된 자료는 대상 다목적홀의 음향성능 개선을 위한 리노베이션시 유용한 자료로 활용할 수 있을 것으로 사료된다.

### 2. 측정방법 및 개요

#### 2.1 대상 다목적홀의 개요

대상 다목적홀은 267석의 소규모 다목적홀로써 그 모습과 제원은 그림 1.과 표 1.과 같다.

† 윤재현, 원광대학교 건축음향연구실  
E-mail : yun810805@naver.com  
Tel : (063) 857-6712, Fax : (000) 000-0000

\* 원광대학교 석사과정  
\*\* 원광대학교 건축학부 교수



그림 1. 대상 다목적홀의 내부 형태

표 1. 대상 다목적홀의 제원

장소		대상 다목적홀
구분		
제	면적	390.12㎡
	체적	2214㎡
	길이	25m
원	폭	16.1m
	천정고	13.4m
마	반사 벽체	THK12 HANWALL BOARD
	흡음 벽체	THK25 ACOUSTIC PLANK
	하부 벽체	THK12 HANWALL BOARD
감	반사 천정	THK4.8 PLYWOOD 3PLY + 데코필름
	흡음 천정	THK25 ACOUSTIC PLANK
재	무대 벽체	THK25 ACOUSTIC PLANK
	무대 바닥	THK20 단풍나무플로링
료	기타	레자방음문
		천으로 마감된 철재외자
측정시 온·습도		24℃, 67%

표 1.을 보면 대상 다목적홀의 경우 반사 되는 부분과 흡음되는 부분을 따로 구분하였지만 음향설계에 기초하지 않고 시공하여 많은 부분에 다공질형 흡음재인 THK25

ACOUSTIC PLANK(택팅)을 사용하였다. 따라서 음향적 결함이 예상되는 공연장이다.

## 2.2 건축음향성능 측정방법

대상 다목적홀의 평면이 대칭이므로 홀의 무대를 기준으로 전체 객석면을 각 열과 거리를 고려하여 비교적 고르게 분포되도록 8개소의 수음점을 선정하였다. 측정은 ISO 3382에 준하여 실시하였으며, 음원은 ISO에서 제안하는 무지향성 스피커(DO12 : Omni-Directional Speaker)를 무대의 정 중앙에 1.5m 높이로 설치하였다. 마이크로폰 높이는 1.2m로 하여 각 벽면과 최소 1m이상 이격시켜 측벽 반사에 의한 영향이 미치지 않도록 하였으며 다목적홀의 평면 형태와 수음점 위치는 그림 2와 같다.

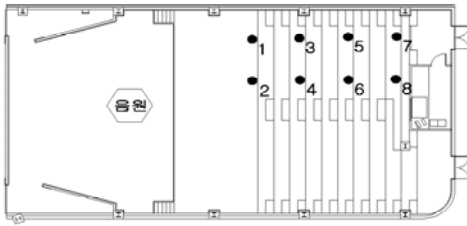


그림 2. 대상 다목적홀의 평면도

측정용 음원은 MLS(Maximum-Length Sequence)음원을 사용하여 배경소음에 대한 영향을 어느 정도 배제할 수 있었다. 측정기기는 실내음향측정을 위해 01dB사의 Symphonie중에서 dBATI를 사용하였으며, SPL은 현장에서 DAT를 이용하여 녹음 후, B&K사의 Pulse를 통해 분석하였다. 측정기기 구성 및 실제 측정모습은 그림 3과 같다.

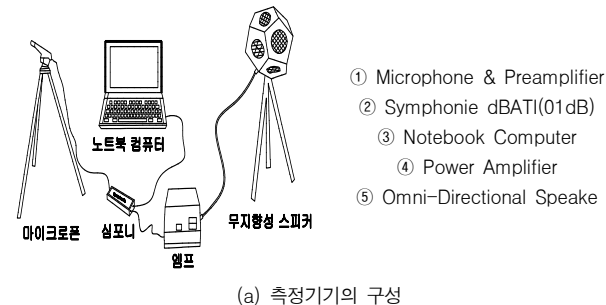


그림 3. 측정기기의 구성 및 측정모습

## 3. 임펄스 응답(Impulse Response)

대상 다목적홀에서 측정된 임펄스응답은 소리가 변화하는 임펄스의 합(SUM)으로 공간이 갖는 음향적 특성을 나타낼 수 있는 모든 정보를 가지고 있으며 이 측정 결과로부터 RT, EDT, D<sub>50</sub>, C<sub>80</sub>, RASTI 같은 건축음향의 물리적 평가지수를 산출하여 실내음향 특성 및 음향적 결함에

코(Echo) 발생 여부를 판단 할 수 있다. 대상 다목적홀에서 측정한 임펄스 응답은 그림 4와 같다.

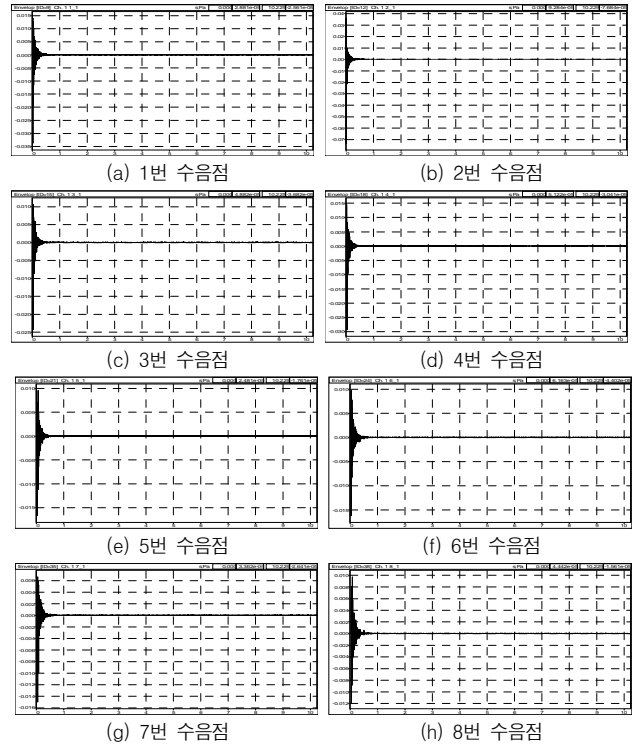


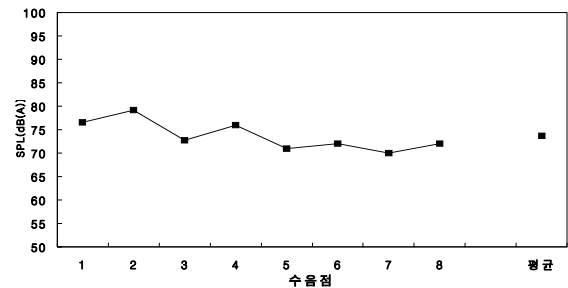
그림 4. 대상 다목적홀의 임펄스 응답

그림 4.를 보면 다목적홀의 체적이 큰 편이 아니기 때문에 Echo는 발생하지 않음을 알 수 있다.

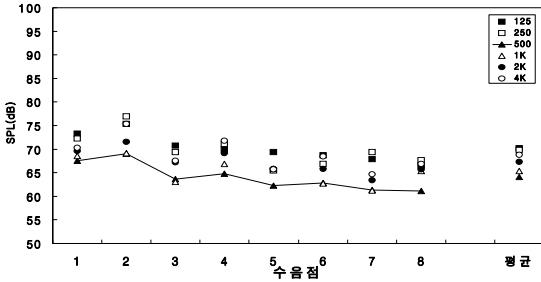
## 4. 분석 및 고찰

### 4.1 음압레벨(SPL)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 실의 형태와 내부공간의 구성에 따라 음압레벨의 분포 상태는 매우 중요한 의미를 갖는다. 또한 균등한 음압분포는 소리의 직접음과 초기 반사음 에너지의 양에 따라 결정된다. 대상 다목적홀의 음압레벨을 분석한 결과는 그림 5와 같다.



(a) 수음점별 음압레벨(dB(A))



(b) 주파수별 음압레벨(dB)  
 그림 5. 대상 다목적홀의 음압레벨 비교(SPL)

그림 5.에 (a)를 보면 수음점별로 70dB(A)~79.2dB(A)로 분포되었으며 평균 73.8dB(A)로 나타났다. 또한 대상 다목적홀의 음압레벨(dB(A)) 표준편차는 3.16dB(A)로 나타나 좌석별로 균일하지 못한 음압레벨 분포를 보였다. 이러한 이유는 흡음을 위주한 무분별한 마감 재료의 사용으로 인하여 음이 뒷좌석까지 효과적으로 확산 및 반사가 되지 않기 때문인 것으로 사료된다. 그림 5.에 (b)에서 500Hz의 음압레벨을 살펴보면 직접음의 영향을 많이 받은 앞좌석에 비해 음원으로부터 거리가 멀어질수록 거리감쇠와 마감 재료의 과도한 흡음으로 인해 수음별 음압레벨이 점차 낮아지는 것을 알 수 있다.

#### 4.2 잔향시간(RT, Reverberation Time)

잔향시간은 울림의 양에 대한 가장 중요한 평가지수이며 정상상태의 음이 60dB 감쇠하는 데까지 소요되는 시간으로 정의된다. 기존에 연구<sup>1)2)</sup>되었던 사용 목적 및 체적에 맞는 최적 잔향시간표를 비교해 본 대상 다목적홀의 최적 잔향시간은 그림 6.과 같다.

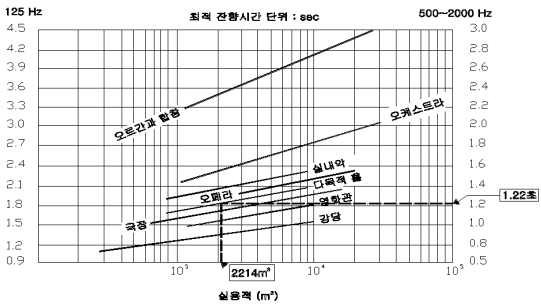


그림 6. 최적 잔향시간표

그림 6.을 보면 대상 다목적홀의 체적이 2,214m<sup>3</sup>이므로 500Hz에서 최적 잔향시간이 약 1.22초를 유지하는 것이 적정하리라 사료된다. 대상 다목적홀의 잔향시간을 분석한 결과는 그림 7.과 같다.

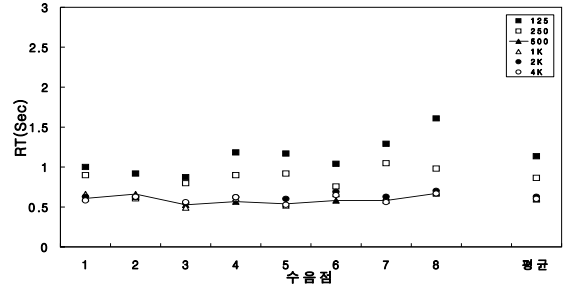


그림 7. 대상 다목적홀의 주파수별 RT

그림 7.을 보면 125Hz의 저주파수에서는 평균 잔향시간 1.12초로 길게 나타났으나 실내음향에서 잔향시간 평가의 기준이 되는 500Hz의 평균 잔향시간은 0.59초, 표준편차는 0.05초로 매우 짧게 나타났다. 대상 다목적홀의 실측된 잔향시간과 최적 잔향시간을 비교한 결과는 그림 8.과 같다.

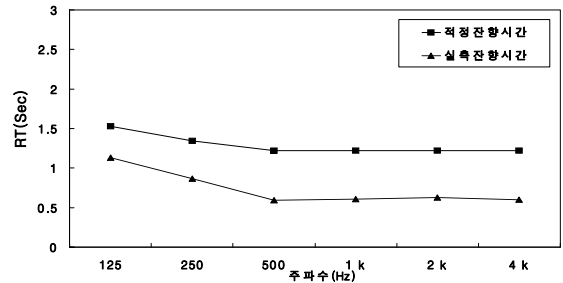


그림 8. 대상 다목적홀의 주파수별 최적 잔향시간과의 차이

그림 8.을 보면 대상 다목적홀의 경우 500Hz 실측한 잔향시간이 최적 잔향시간보다 0.63초 짧게 나타났다. 따라서 잔향시간이 짧아 강연 및 의사소통에는 별 문제가 없으나, 음악을 사용할 경우 아름답고 풍부한 소리의 울림은 느낄 수 없을 것으로 사료된다. 결국 최적 잔향시간을 확보하기 위해서는 건축음향설계를 통해 반사되는 구간과 확산되는 구간을 명확하게 구분하여 흡음재의 사용을 줄이고 적정위치에 반사재의 사용을 늘려야 할 것으로 사료된다.

#### 4.3 초기감쇠시간(EDT, Early Decay Time)

잔향의 또 다른 주관적 평가지수인 초기감쇠시간은 잔향 시간과는 달리 음이 10dB의 감쇠를 대상으로 60dB이 감쇠하는 데까지 소요되는 시간으로 정의된다. 대상 다목적홀의 초기감쇠시간을 분석한 결과는 그림 9.와 같다.

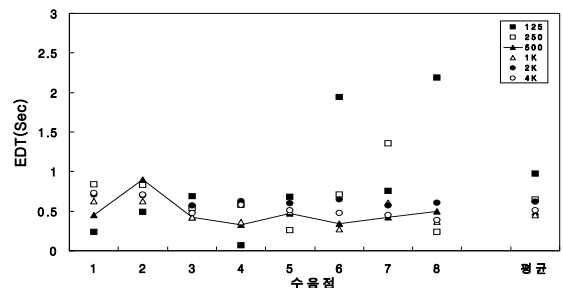


그림 9. 대상 다목적홀의 EDT

그림 9.를 보면 500Hz의 평균 EDT는 0.48초로 짧게 나

1) Vern O. Kundsens and Cyril M. Harris ; "Acoustical Designing in Architecture", JOHN WILEY & SONS,INC.,1955  
 2) M.David Egan ; "Concepts in Architectural Acoustics", McGraw-hill book company, 1972, p40

타났다. 따라서 짧은 EDT로 인해 초기음을 보강하여 소리가 뒤섞이지는 않을 것으로 사료된다. 또한 표준편차의 경우 0.13초로 잔향시간에 비해 0.08초 크게 나타났다. 이는 EDT의 경우 실의 형상에 대해 매우 민감하게 반응하고 측정위치에 따라 현저하게 달라지는 특성 때문에 각 수음점별로 잔향시간에 비해 일정한 분포를 보이지 않고 편차가 크게 나타난 것으로 사료된다.

#### 4.4 음성명료도(D<sub>50</sub>)

회화의 명료도에 관한 지수중 강연을 대상으로 하는 D<sub>50</sub>은 음의 발생이 중지한 후 50ms이내의 직접음 및 초기반사음과 총 에너지 비를 말한다. 대상 다목적홀의 음성명료도를 분석한 결과는 그림 10.과 같다.

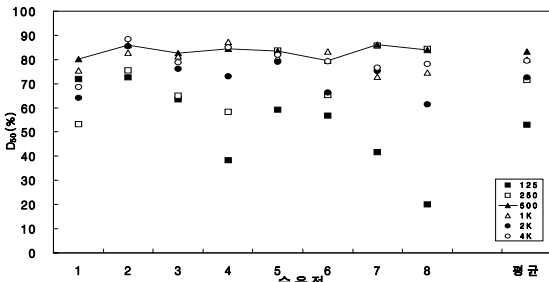


그림 10. 대상 다목적홀의 주파수별 D<sub>50</sub>

그림 10.을 보면 500Hz의 평균 D<sub>50</sub>은 83.34%, 표준편차는 2.45%로 나타났다. 일반적으로 다목적홀에서 연극이나 강연 등의 경우 권장하는 D<sub>50</sub>인 55%~60%에 비교해 볼 때 매우 높은 값이다. 결국 대상 다목적홀의 경우 음성정보 전달을 위한 음향 상태는 양호하나 음악을 감상하거나 연주시 풍부하고 충만한 느낌을 받기 어려울 것으로 사료된다. 일반적으로 D<sub>50</sub>의 경우 잔향시간이 짧을 수록 높아지는 특성을 갖기 때문에 대상 다목적홀의 잔향시간을 최적 잔향시간인 1.22초로 높인다면 D<sub>50</sub>은 낮아질 것으로 사료된다.

#### 4.5 음악명료도(C<sub>80</sub>)

대상 다목적홀의 음악에 대한 명료도 지수(Clarify Index)인 C<sub>80</sub>을 분석한 결과는 그림 11.과 같다.

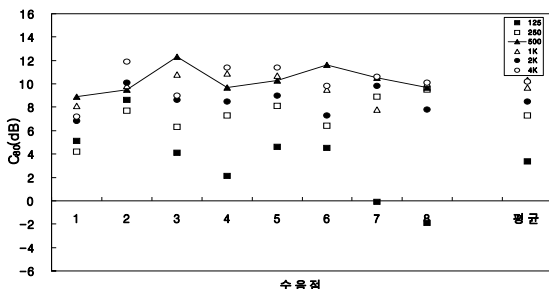


그림 11. 대상 다목적홀의 주파수별 음악명료도(C<sub>80</sub>)

그림 11.을 보면 대상 다목적홀의 500Hz의 수음점별 C<sub>80</sub>은 포크음악, 현대 대중음악, 재즈 등의 음악적 명료도 범위인 +4/-2dB의 범위를 크게 벗어난 +7.8/+10.9dB로 나타났다. 따라서 대상 다목적홀의 경우 음이 너무 건조하고 딱딱해져 충분한 음량과 음색으로 음악을 감상하기가 매우 어려울 것으로 사료된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서는 적절한 잔향시간의 확보가 필요하며 이를 위해 반

사구간과 흡음구간의 재배치가 필요할 것으로 사료된다.

#### 4.6 음성전달지수

실내에서 음성 전달의 이해도(Speech Intelligibility)를 나타내는 주관적 척도로서의 평가지수는 RASTI를 분석한 결과는 그림 12.와 같다.

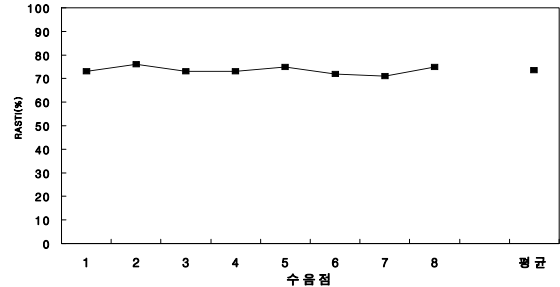


그림 12. 대상 다목적홀의 음성전달지수(RASTI)

표 2 RASTI 평가기준

RASTI(%)	평가 척도
0~32	Bad (전혀 알아듣지 못한다.)
32~45	Poor (잘 알아듣지 못한다.)
45~60	Fair (노력하면 들을 수 있다.)
<b>60~75</b>	<b>Good (잘 들린다.)</b>
75~100	Excellent (아주 편하게 들을 수 있다.)

그림 12.를 보면 수음점별 음성전달지수가 71~75%로 나타났다. 이는 잔향시간이 짧기 때문에 나타난 현상으로 표 2. RASTI 평가기준에 의해 “Good (잘 들린다.)”로 평가되었다. 따라서 대상 다목적홀의 경우 발생하는 원음이 왜곡되어 명료성이 저하되지 않을 것으로 사료된다.

### 5. 결론

본 연구는 음향성능 개선이 필요한 소규모 다목적홀을 선정하여 현장 측정을 실시함으로써 대상 실내 공간의 음향특성을 파악해 보았다.

1. 대상 다목적홀의 음압레벨의 편차가 상당히 높게 나타났다. 이러한 이유는 흡음을 위주로 무분별한 마감 재료의 사용으로 인하여 음이 뒷좌석까지 효과적으로 확산 및 반사가 되지 않기 때문인 것으로 사료된다.

2. 임펄스 응답을 분석한 결과 건축음향에서 음향성능을 평가하는 기준인 500Hz의 RT는 평균 0.59초, EDT는 평균 0.48초, D<sub>50</sub>은 평균 83.34%, C<sub>80</sub>은 평균 +9.7dB, RASTI는 평균 73.5%로 나타나 음성정보 전달은 양호하나 음악 감상시 아름답고 풍부한 울림은 기대할 수 없는 것으로 나타났다.

3. 대상 다목적홀의 경우 체계적인 건축음향설계에 기초하지 않고 많은 부분에 다공질형 흡음재인 THK25 ACOUSTIC PLANK(텍텀)을 사용하여 음이 건조하고 딱딱해져 음악을 감상하거나 연주시 풍부하고 충만한 느낌을 받기 어려울 것으로 사료된다. 따라서 음향시뮬레이션을 통해 체계적인 음향설계가 필요하며 이를 통해 최적의 음향 상태를 갖는 다목적홀로 거듭날 수 있을 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계(개정판), 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.
3. Vern O. Kundsén and Cyril M. Harris ; "Acoustical Designing in Architecture", JOHN WILEY & SONS.INC, 1955
4. M.David Egan ; "Concepts in Architectural Acoustics", Mcgraw-hill book company, 1972
5. Heinrich Kuttruff, Room Acoustics, Elsevier Applied Science, 1991