D 문화체육센타 대공연장의 음향특성에 관한 연구
A Study on the Acoustic Characteristics of D's Large Performance Hall

서정석* 한경연* 김재수**
Seo, Jung-Seok, Han, Kyeong-Yeon Kim, Jae-Soo

Abstract

In accordance with recent culture-advancement and national improvement in conscious level, the desire for cultural life is on increasing, so that it is also increasing tendency toward the planning and construction of large performance hall for the local residents, conducted by the provincial self-governing body. For the sake of a satisfiable acoustic efficiency at the said large performance hall, although it is designed and constructed with application of various methods of simulation from the planning stage, there could be appeared an error of the said simulation and defect occurred in the construction, and due to such reason, a situation unable to fulfill a satisfiable Acoustic efficiency to be generated thereat after opening of the hall. Accordingly, it is able to judge on the part which necessitates for betterment, also the region where acoustically weak, through measurement and evaluation on the acoustic efficiency in the completed performance all, and by its correction as well as supplement thereon based on the afore-mentioned, a performance hall equipped with the supreme acoustic condition could be established.

키워드 : 콘서트 홀, 실내음향
Keywords : Concert Hall, Room Acoustic

Ⅰ. 서 론

최근 문화의 발달과 국민들의 의식 수준이 향상됨으로 인해 문화생활에 대한 욕구가 증대되고 있으며 이에 따라 지방자치단체에서 지역주민을 위한 대규모 공연장의 계획 및 건설이 증가하고 있는 추세이다. 이러한 대규모 공연장은 만족할 만한 음향성능을 위해서 계획단계에서부터 다양한 방법의 음향예측기법이 적용되어 설계, 시공되고 있으나 음향예측기법의 오차와 시공상의 결함이 발생할 수 있으며 이로 인하여 개관후 만족할 만한 음향성능을 충족시키지 못하는 경우가 발생하게 된다 따라서 완공된 공연장의 음향성능을 측정·평가하여 음향성능 개선이 필요한 부분과 음향적으로 취약한 부위를 판단할 수 있으며 이를 토대로 수정, 보완함으로써 최상의 음향조건을 갖춘 공연장을 만들 수 있다

이러한 관점에서 본 연구는 콘서트 홀로 설

* 정회원, 원광대학교 건축학부 석사과정
** 정회원, 원광대학교 건축학부 부교수, 공학박사

계, 시공된 개관전 대공연장을 선정하여 현장 측정을 실시함으로써 실내음향특성을 평가해 보고자 하였다.

이렇게 분석된 자료를 토대로 향후 대공연장의 음향특성을 파악하고 결함이 발생한 부분을 보완한다면 최고의 음향상태를 갖춘 공연장을 건립할 수 있을 것으로 사료되며 다른 공연장의 음향설계를 위한 기초적인 자료로 제시하고자 한다.

II. 측정방법 및 개요

2.1 연구 대상 대공연장의 개요

본 연구대상 대공연장은 문화체육센타에 부속되어 있는 콘서트 홀로 계획된 공연장으로서 객석은 1층 주객석과 2층의 발코니를 돌출시킨 객석으로 이루어져 있으며 실내용적은 18,375.57㎥, 객석수는 약 1,204석으로 이루어져있다.

다음 <표1>은 대공연장 내부마감재료와 주파수별 흡음률 자료이며, <그림1>은 대공연장 내부의 모습이다.

표1 대공연장의 마감재료 및 흡음률데이타

소구분		재료	125	250	500	1k	2k	4k
객석		관객+의자	0.18	0.21	0.46	0.46	0.51	0.50
통로		T3mm 비닐쉬트마감	0.03	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
발코니	선면	T8.0mm F.G 보드2겹 /지정무늬목 쉬트마감	0.18	0.12	0.08	0.06	0.06	0.06
	천정	Acoustical celing panel	0.43	0.5	0.42	0.62	0.86	1.0
흡음벽체		T.H.K25mm Fiber glass /지정무늬목Sheet 마감	0.1	0.35	0.6	0.7	0.75	0.8
확산체		T8.0mm F.G 보드2겹 /지정무늬목 쉬트마감	0.18	0.12	0.08	0.06	0.06	0.06
천정		T8.0mm F.G 보드2겹 /지정무늬목 쉬트마감	0.18	0.12	0.08	0.06	0.06	0.06
무대벽체/천정		T9mm 합판	0.28	0.22	0.17	0.09	0.1	0.11
무대바닥		stage	0.16	0.14	0.12	0.11	0.09	0.07
흡음벽체		T.H.K25mm Fiber glass /지정무늬목Sheet 마감	0.1	0.35	0.6	0.7	0.75	0.8
바닥		연주자+의자	0.6	0.74	0.88	0.96	0.93	0.85
문			0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	0.03
창문			0.18	0.06	0.04	0.03	0.02	0.02
갈바			0.2	0.12	0.08	0.06	0.04	0.04

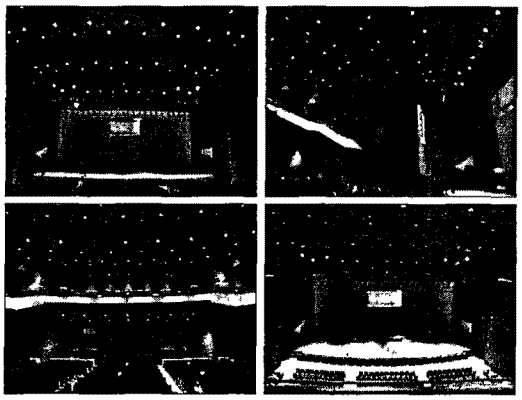
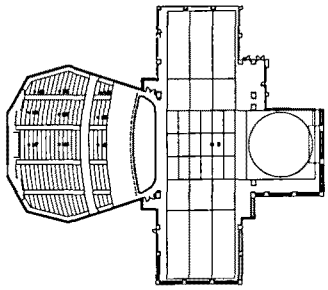


그림1 대공연장의 모습

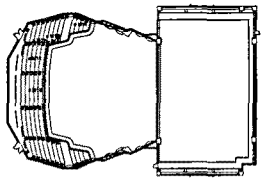
2.2 측정 방법 및 측정기기 구성도

연구대상 대공연장의 형태가 대칭이므로 실의 중심선을 기준으로 한쪽편을 대상으로 각 열과 거리를 고려하여 1층 객석부분에 9개, 2층 객석부분에 5개로 비교적 고르게 분포되도록 총 14개의 측정점을 선정하였다.

측정은 ISO 3382에 준하여 실시하였으며, 음원은 ISO에서 제안하는 무지향성 스피커(DO12:Omni-Directional Speaker)를 사용하였고 마이크로폰 높이는 1.2m, 각 벽면과 마이크로폰은 최소 1m이상 이격시켜 측벽 반사에 의한 영향이 미치지 않도록 하였다 <그림2>는 대공연장의 평면형태 및 음원과 수음점의 위치이다.



(a) 대공연장의 1층 평면도



(b) 대공연장 2층 평면도

그림2 대공연장의 평면형태 및 음원과 수음점

측정용 음원은 MLS(Maximum-Length Sequence) 음원을 사용하여 배경소음에 대한 영향을 어느 정도 배제할 수 있었다 측정에 사용된 측정기기는 01dB社의 Symphonie중에서 dBBATI를 사용하였으며 다음과 같다

① Omni-Directional Speaker
② Power Amplifier
③ Realtime Frequency Analyzer
④ Notebook Computer
⑤ Microphone & Pre-amplifier

측정기기의 구성 및 배열은 <그림3>과 같다

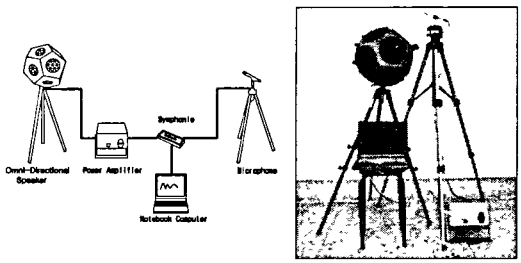
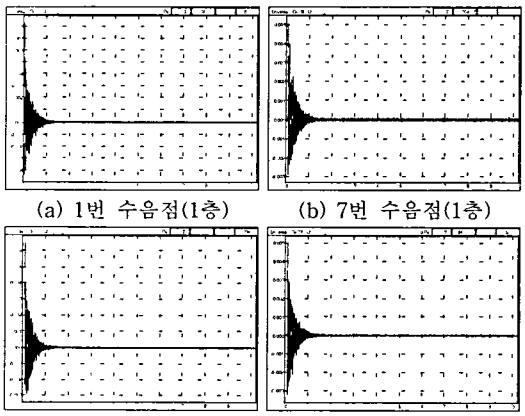


그림 3 측정기기 구성 및 배열

III. 분석 및 고찰

3.1 임펄스응답(Impulse Response)

소리가 변화하는 임펄스의 합(sum)이며 공간의 모든 정보를 포함하고 있는 임펄스 응답은 1층객석, 2층객석 수음점에서 측정한 대표적인 임펄스 응답을 보면 다음 <그림4>와 같다.



(a) 1번 수음점(1층) (b) 7번 수음점(1층)

(c) 10번 수음점(2층) (d) 12번 수음점(2층)

그림 4 대공연장의 Impulse Response

그림에서 보면 각 좌석별 Impulse Response에서는 echo 현상이 모두 발생하지 않음을 알 수 있다.

이처럼 임펄스응답 측정 결과로부터 많은 음향변수들이 계산될 수 있으며 RT, EDT, D_{50}, C_{80}, RASTI등 과 같은 음에너지의 시간적 분포에 관한 평가지수들을 산출하여 실내음향 특성 및 에코(Echo) 발생 여부를 판단 할 수 있다.

3.2 음압레벨(SPL, Sound Pressure Level)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 14개의 수음점에서의 좌석에 따른 주파수별 음압레벨을 파악해보면 <그림5>와 같다.

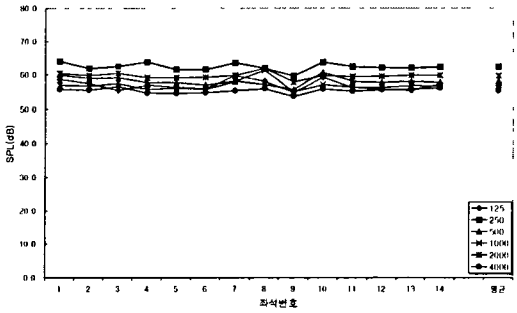


그림 5. 좌석에 따른 대공연장의 음압레벨

그림에서 보면 각 수음점간 음압레벨 차가 ±3dB 이내로 나타나 대공연장 14개 수음점에서 측정한 음압레벨은 상당히 균일한 음압분포를 보이고 있다. 특히 평가의 기준이 되는 500Hz에서 음압레벨 표준편차는 1.2dB로 나타나 각 좌석에서 아주 균일한 음압레벨 분포를 보이고 있다 따라서 공연시 모든 객석에 일정한 크기의 음에너지를 전달할 것으로 사료된다

3.3 잔향시간(RT, Reverberation Time)

울림의 양에 대한 가장 중요한 평가지수인 잔향시간은 14개의 수음점에서 좌석에 따른 주파수별 잔향시간을 파악해보면 <그림6>과 같다.

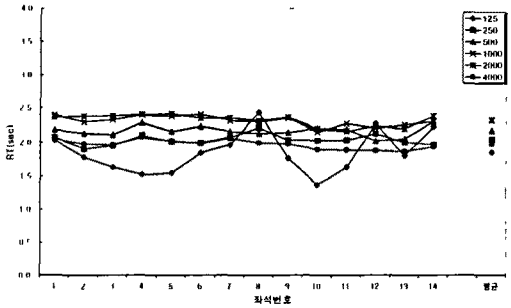


그림 6 좌석에 따른 대공연장의 잔향시간

대공연장의 공석시 측정한 잔향시간을 살펴보면 홀의 잔향시간에 대한 평가기준인 500Hz에서 14개 수음점의 잔향시간 평균이 2.16초이며, 표준편차는 0.08초로 나타나 좌석간 잔향시간의 차이는 거의 없는 것으로 나타났다.

다음 <그림7>은 실의 체적이 18,375㎥정도 되는 대공연장의 500Hz에서 최적잔향시간을 나타내는 그래프이다.

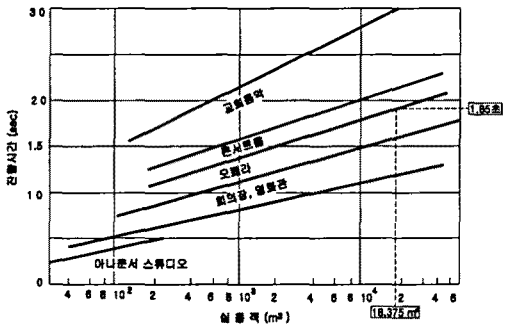


그림 7. 대공연장의 최적잔향시간

그림에서 보면 본 연구대상 대공연장은 콘서트 홀로 최적잔향시간이 500Hz에서 만석시 1.85초를 나타내고 있어 실측치 값보다 짧음을 알 수 있다 이러한 현상은 공석과 만석의 객석 흡음률 변화에 따른 잔향시간 차이로 사료되며, 만석시 이와 유사한 잔향시간을 확보할 것으로 판단된다.

3.4 초기감쇠시간(EDT, Early Decay Time)

잔향의 또 다른 주관적 평가지수인 초기감쇠시간은 14개의 수음점에서 좌석에 따른 주파수별 초기감쇠시간을 파악해보면 <그림8>과 같다.

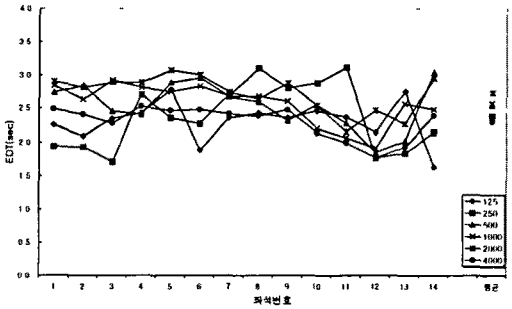


그림 8. 좌석에 따른 대공연장의 초기감쇠시간

그림에서 보면 500Hz에서 14개 수음점의 초기감쇠시간 평균이 2.54초로 나타났으며 각 좌석별 표준편차는 0.35초로 나타났다. 이렇게 잔향시간에 비해 표준편차가 큰 이유는 측정위치 및 실의 형상에 대해 민감하게 반응하는 초기감쇠시간의 특성 때문으로 사료된다.

3.5 음성명료도(D_{50}, Definition)

50ms까지의 반사음이 직접음을 보강하여 명료도를 좋게하는 평가지수인 음성명료도는 14개의 수음점에서 좌석에 따른 주파수별 음성명료도를 파악해보면 <그림9>와 같다.

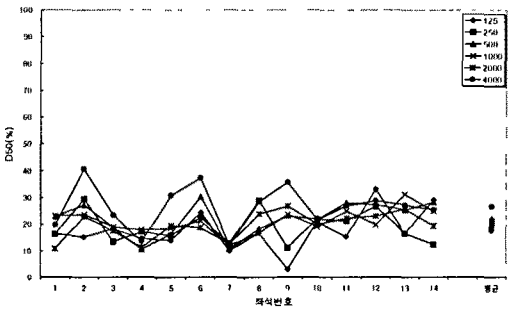


그림 9 좌석에 따른 대공연장의 음성명료도

그림에서 보면 500Hz에서 14개 수음점의 음성명료도 평균은 22%, 표준편차가 6.4%로 음성명료도는 낮게 나타나고 있다. 이는 대공연장의 체적이 18,375㎥정도로 아주 크고 이로 인한 잔향시간도 2.16초로 길게 나타나 음성명료도가 낮게 나타나는 것으로 사료된다. 그러나 콘서트 홀의 경우 풍부한 음량감 및 잔향감이 중요하므로 음성명료도 보다는 음악명료도가 주요한 명료성을 나타낼 것이다. 또한 만석시 객석흡음

률의 변화로 인해 음성명료도가 높아질 것으로 사료된다.

3.6 음악명료도(C_{80}, Clarity)

음악에 대한 명료도 평가지수(Clarity Index)인 음악명료도는 14개의 수음점에서 좌석에 따른 주파수별 음악명료도를 파악해보면 <그림 10>과 같다.

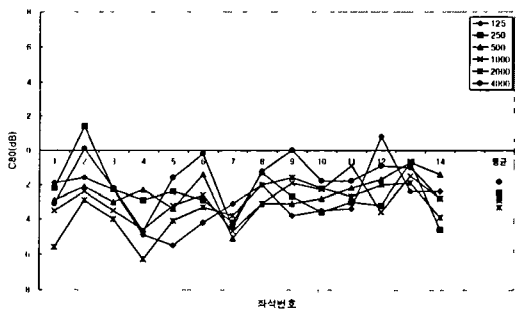


그림 10 좌석에 따른 대공연장의 음악명료도

그림에서 보면 500Hz에서 14개의 수음점의 음악명료도 평균이 -2.5dB이고 표준편차가 1.1dB로 나타났다. 이는 충분한 음량과 음색으로 공연을 감상할 것으로 사료된다.

3.7 음성전달지수(RASTI)

실내에서 음성의 전달에 따른 이해도(Speech Intelligibility)를 나타내는 주관적 척도로서의 평가지수인 음성전달지수는 14개의 수음점에서 좌석에 따른 음성명료도를 파악해보면 <그림 11>과 같다.

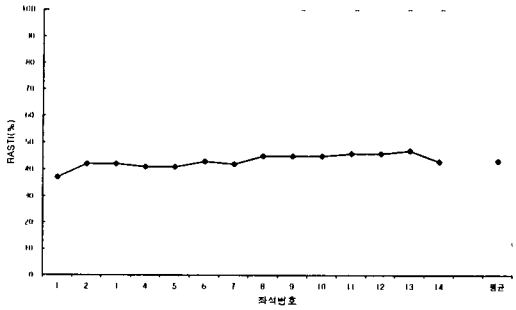


그림 11. 좌석에 따른 대공연장의 음성전달지수

그림에서 보면 14개 수음점의 음성전달지수 평균이 43.2%로 나타났다. 이러한 값은 <표2>를 기준으로하여 Poor(잘 알아듣지 못한다.)로 평가됨을 알 수 있다.

표2. RASTI 평가기준

RASTI(%)	Rating Scale
0~32	Bad(전혀 알아듣지 못한다)
32~45	Poor(잘 알아듣지 못한다.)
45~60	Fair(노력하면 들을 수 있다)
60~75	Good(잘 들린다.)
75~100	Excellent(아주 편안하게 들을 수 있다.)

이는 음성명료도에서 처럼 큰 체적과 긴 잔향시간에 따른 영향으로 보이며 만석시 잔향시간이 짧아짐에 의해 Fair(노력하면 들을 수 있다.)로 성능이 향상될 것으로 사료된다.

V. 결론 및 향후 연구과제

본 연구에서는 D 문화체육센터의 대공연장을 선정하여 현장 측정을 실시함으로써 대상 실내공간의 음향성능을 평가해 보았다.

측정결과를 분석해 본 결과 물리적 음향 평가 지수인 음압레벨분포(SPL), 잔향시간(RT), 초기감쇠시간(EDT), 음악명료도(C_{80})를 살펴보면 만족할 만한 음향상태를 가지하고 있음을 알 수 있다. 특히 잔향시간은 공석시 500Hz에서 2 16초 정도로 약간 길게 측정되었으나 만석시의 객석 흡음률이 변화됨을 감안하면 최적잔향시간과 유사할 것으로 사료된다. 반면 음성명료도(D_{50}), 음성전달지수(RASTI)의 경우 낮은 음향상태를 가지고 있다. 이는 잔향감과 음량감의 확보가 우선시 되는 콘서트 홀의 경우 충분한 여운을 만들기 위한 긴 잔향시간으로 인해 음성명료성 부분이 다른 평가지수들에 비해 부족하게 되나 음악명료성은 우수하여 콘서트 홀의 목적에 적합할 것으로 사료된다.

따라서 본 연구를 통해 얻은 D 문화체육센타 대공연장의 현장측정 결과를 기초로 하여 음향적으로 취약한 부위를 판단하고 이를 수정, 보완한다면 최상의 음향조건을 갖춘 공연장을 만들 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계, 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001 9.
3 윤희경, 서정석, 김재수 ; "D 대공연장의 실내음향특성에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 제23권2호 pp897-900, 2003.10.
4 윤희경, 김재수 ; "컴퓨터 시뮬레이션을 이용한 오페라하우스의 건축음향설계", 제4회 영호남 건설 기술 심포지움 논문집 pp335-362, 2002.10.
5. 장재희, 이상우 외1 ; "예술의 전당 오페라하우스의 음향성능평가에 관한 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 제12권2호 pp353-356, 1992.10.
6. F.R.Watson, Acoustics of Buildings, John Wiley & Sons,Inc, 1948