

다목적공연장의 음향설계 및 음향실험 비교연구

이원구, 한찬훈

충북대학교 공과대학 건축공학과

A Comparison of Predicted Acoustics with the Measured Acoustic Performance of a Multi-purpose Hall

Lee Wangu, Haan Chan-Hoon

Dept. of Architectural Engineering, Chungbuk National University

E-mail : kan09@hanmail.net, chhaan@chungbuk.ac.kr

요 약

본 연구는 최근에 완공한 안산문화예술회관의 다목적 공연장의 음향설계부터 시공과 완공후의 음향실험을 통한 평가에 이르기까지의 일련의 음향설계 및 시공의 과정을 소개하고 설계시의 음향설정치와 완공 후 음향측정에 의한 음향성능을 비교함으로써 다목적홀의 음향에 대한 종합적인 평가를 시행하였다.

음선 경로를 확보하였다. 또한 2층부터 4층에 걸쳐 있는 발코니객석은 앞 열부터 맨뒤 열까지 계단식 경사로 이루어진 바닥으로 되어 있다.

대공연장의 건축계획상 제원은 표 1에 나타난 바와 같으며 음향실험과 시뮬레이션에 사용된 대공연장의 평면은 층별로 그림1과 그림2에 나타난 바와 같다.

표 1. 안산문화예술회관 대공연장의 건축계획상 제원

계 원	길이(L)	폭(W)	높이(H)
최 대	33	37	21
평 균	30.5	28.5	17.5
체 적 (V)	약 14,500 m ³		
실내표면적(S)	5,146 m ²		
바닥면적 (F)	1,580 m ²		
좌석수 (N)	1,750 석		
V/N	8.29 (m ³ /석)		
무대면적	1273 m ²		

1. 서 론

문화예술의 발전에 따라 국내 지방자치단체의 문화 예술공연장의 건축이 활발하게 진행되고 있다. 또한, 점차로 공연장의 음향설계에 대한 접근도 이전보다 과학적이고 체계적으로 진행되고 있다.

본 연구의 목적은 다목적공연장의 설계에서부터 완공 후 평가에 이르는 일련의 과정을 거쳐서 설계시 설정한 목표치와 실제의 측정치를 비교함으로써 공연장 건축음향설계방법론의 사례로 소개하고자 한다.

2. 안산문화예술회관 대공연장의 설계개요

안산시문화예술회관은 전문공연장 3개를 포함한 종합문화회관으로서의 목표를 가지고 계획되었다. 문화회관을 구성하는 주 공연장은 그 규모에 따라 대공연장, 중공연장, 소공연장으로 대별되며 대공연장은 총 1750석의 객석을 지닌 대형 다목적홀로 계획되었다. 대공연장은 전형적인 프로세니엄 형태의 공연장으로서 지상1층의 무대로부터 지상 4층에 이르는 객석까지 총 2개의 발코니가 있는 부채꼴 (Fan-shape)모양의 평면형을 취하고 있다.

대공연장의 단면형태는 1층의 주객석의 바닥은 약간 경사진 면으로 처리되어서 모든 관객의 시각선 및 직접

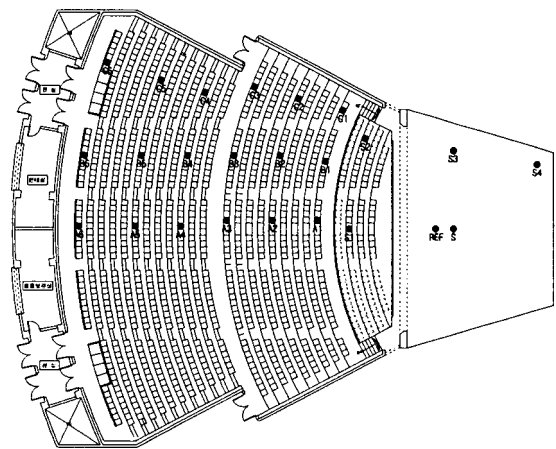


그림 1. 대공연장 1층 객석의 측정점 위치

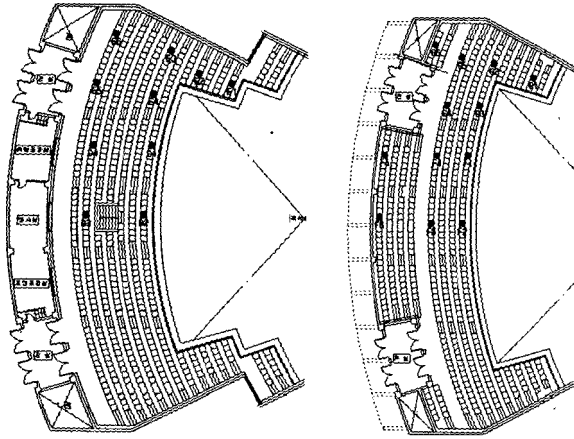


그림 2. 대공연장 2층 및 3층 객석의 측정점 위치

3. 건축음향 시뮬레이션

대공연장의 목적에 따라 실내의 음향특성과 소리의 전달과정을 체계적으로 조사하기 위하여 컴퓨터를 이용한 3차원 시뮬레이션을 수행하였다. 대공연장의 설계도면과 마감자재를 각 부위별로 시뮬레이션 모델에 적용하였다. 시뮬레이션 모델의 운영을 위하여 약 1575개의 표면으로 구성된 3차원 모델에 설계도에 따라 각 부위별로 마감자재를 입력하였다.

시뮬레이션용으로 전환한 대공연장의 3차원 표면상 모델은 그림3과 같다. 시뮬레이션 모델은 주 무대를 중심으로하여 음향반사판을 설치하였을 때를 기준으로 제작하였다. 설계시 설정한 주파수별 목표잔향시간은 표2에 나타난 바와 같다.

표 2. 대공연장의 주파수별 목표잔향시간

Hz	125	250	500	1K	2K	4K	Tmid
RT	1.80	1.60	1.50	1.50	1.50	1.42	1.50

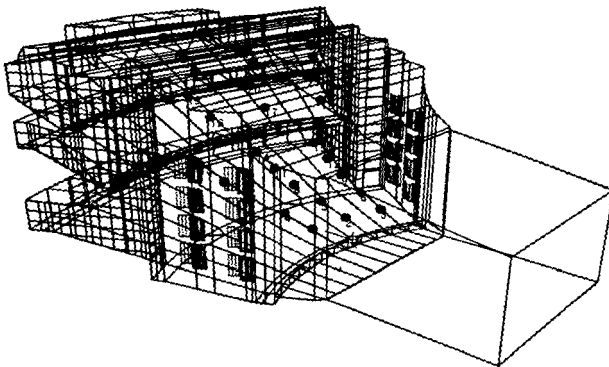


그림 3. 대공연장 시뮬레이션 모델의 3-D 도면상 음원과 수음점의 위치

4. 실내음향측정

대공연장의 음향성능을 평가하기 위하여 실내음향 측정기기를 이용하여 객석 위치별로 음압레벨과 잔향시간을 비롯한 실내음향인자를 측정하였다. 측정결과를 분석하여 설계목표에 따른 음향성능 기준치와 비교함으로써 대공연장의 음향상태를 평가하였다.

대공연장에 대한 실내음향성능을 조사하는데 있어 실험일시 및 측정기기의 선택, 음원의 특성 등은 사전에 현장사정을 감안하여 조사 선택되었으면, 모든 실측은 ISO와 ASTM의 규준에 따라 시행하였다.

음향실험시 채택한 대공연장 무대와 객석의 측정점의 위치는 그림1과 그림2에 표시하였다. 측정점의 위치에 따라 전 객석을 8개의 권역(Zone)으로 나누었다. 객석의 층별, 권역별로 설정한 측정점의 수는 총 44개로 설정하였다.

시뮬레이션 수행한 설계치와 비교를 위하여 실험시에도 무대에 무대음향 반사판(Stage Enclosure)을 설치한 상태로 실험을 실시하였다.

각 층의 음압레벨의 분포를 조사하기 위하여 우선 음원의 Power Level을 측정하여 위치별 음압레벨과 비교분석할 수 있는 기준을 설정함으로써 각 주파수별 음압 감소량을 측정하였다. 무지향성 음원은 무대 바닥에서 1.5m높이로 설치하였고 수음점은 각 측정점에서 1.2m 높이로 설치하였다. 측정시 음원 신호는 음원조사 및 무대에서는 일정한 음압의 MLS signal을 사용하였으며, 객석에서는 1 옥타브밴드로 측정하였다. 컴퓨터와 동기된 Generator에서 발생된 음신호는 power amplifier를 거쳐 증폭된 뒤 무대위의 음원에서 방사되어 지정된 측정점에서 측정하였다.

5. 음향측정 결과 및 분석

실험은 공식의 상태에서 시행되었으며 음압레벨은 10초간 각 수음점에서 Leq값을 2회 측정하였다. 무대 위의 4개의 수음점과 객석의 40개 수음점의 음압레벨을 비교분석하기 위하여 1곳의 기준 수음점을 음원으로부터 1m 떨어진 지점에 설정하여 음압을 측정하였다. 무대의 암소음은 약 37.2dB였으며 1m 떨어진 지점에서 음원의 음향출력은 약 94.2dB였다.

5.1 음압레벨(SPL)

실험계획에 따라 객석의 각 측정점을 1 Octave 대역으로 음압레벨을 측정하였다. 대공연장의 무대와 객석의 전체 평균음압레벨을 주파수별로 비교하여 그림4에 나타내었다. 평균음압레벨은 무대를 제외한 객석의 모든 측정점의 평균값을 나타낸다.

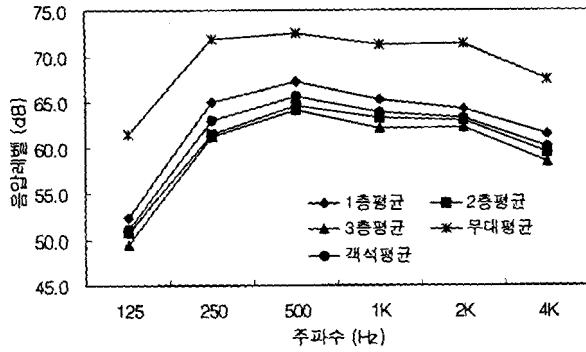


그림 4. 대공연장 객석의 위치별 평균음압레벨 비교

객석의 위치별 평균 음압레벨을 비교한 결과 모든 주파수대역에서 약 $\pm 2.0\text{dB}$ 범위내에서 고르게 음압레벨이 분포됨을 알 수 있다. 전체 측정점의 표준편차는 저주파수대역에서는 약 1.5-2.0dB, 중간주파수 대역에서는 약 1.6dB 내외, 고주파수 대역에서는 약 1.0-1.5dB의 범위 이내에 고른 음압분포가 형성되고 있다.

음압레벨의 주파수분포는 500Hz의 중간주파수 대역에서 가장 높게 형성되고 있으며 주파수가 증가할수록 음압레벨도 다소 작아지는 특성을 보이고 있다.

대공연장의 설계시 시뮬레이션을 통하여 예측한 객석의 주파수별 평균음압레벨과 완공 후 측정된 객석의 음압레벨을 비교하여 그림 5에 그래프로 도식하였다.

실험결과는 125Hz 대역을 제외하고는 대체로 설계상의 시뮬레이션치보다 높게 나타나고 있으며 평균치는 약 1.1dB의 차이만을 보이고 있다. 이 값은 실제 객석 시를 고려하면 설계치와 거의 동일한 값으로 나타나게 될 것이라 판단된다.

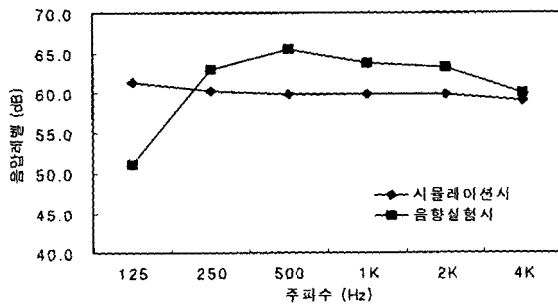


그림 5. 객석의 음압레벨 설계치와 측정값의 비교

5.2 잔향시간(AT)

음압레벨과 같이 대공연장의 객석에서의 전체 평균 잔향시간을 주파수별로 비교하여 그림6에 나타내었다.

분석결과 공식시 대공연장의 중간주파수 대역의 전체 평균잔향시간은 1.66초로 나타났다. 이것은 당초의 설계 목표치 1.5초 보다 높은 값이나 설계치는 관객작

석시를 기준한 값임으로 실제 공연시에는 이보다 작게 나타나게 된다.

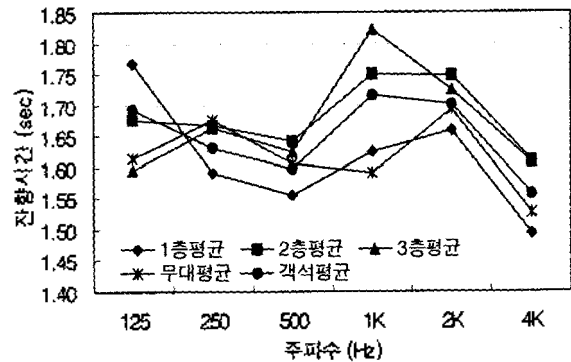


그림 6. 대공연장 객석의 위치별 평균잔향시간 비교

대공연장 객석의 중간주파수대역의 평균대비 잔향시간 최대편차는 0.06초로 매우 짧다. 이것은 모든 객석에서 일정한 잔향조건을 가지고 있다는 것을 나타낸다.

대공연장의 설계시 시뮬레이션을 통하여 예측한 객석의 주파수별 평균잔향시간과 완공 후 측정된 객석의 잔향시간의 주파수 특성은 설계시와 비슷하게 나타나고 있으며 125Hz 대역을 제외하고는 측정값이 설계치보다 모든 주파수 대역에서 더 높게 나타나고 있다.

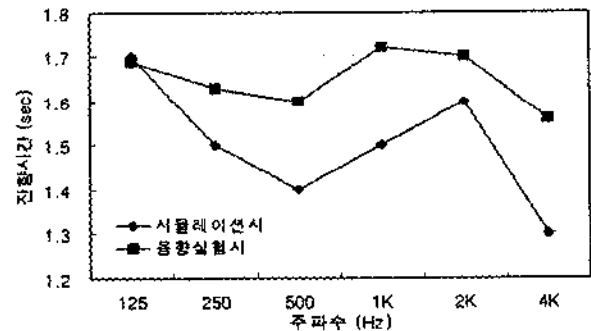


그림 7. 객석의 잔향시간 설계치와 측정값의 비교

5.3 음악명료도(C80)

음악명료도 분석결과, 전체객석의 평균 음악명료도 값은 3.6dB로 양호한 것으로 나타났다. 대공연장 객석의 각 Zone별 평균음악명료도를 주파수별로 비교하여 그림8에 나타내었다.

대공연장의 음악명료도 설계치와 실측치를 비교하여 그림9에 도식하였다. 분석결과, 음악명료도의 주파수 특성은 설계시에는 상대적으로 평탄하였지만 측정결과 고주파수 대역에서 높은 음악명료도를 보이고 있다. 측정결과는 1KHz 이내의 음악명료도는 서양음악의 최적치인 +3dB이내에 분포하고 있음을 보여준다.

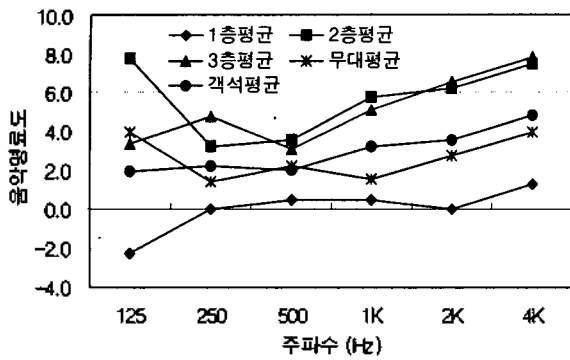


그림 8. 대공연장 객석의 평균음악명료도 비교

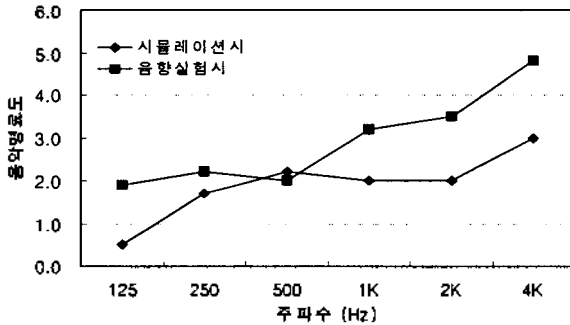


그림 9. 음악명료도 설계치와 측정값의 비교

5.4 음성명료도(D50)

대공연장 객석의 각 Zone별 평균음성명료도를 주파수별로 비교하여 그림 10에 도식하였다.

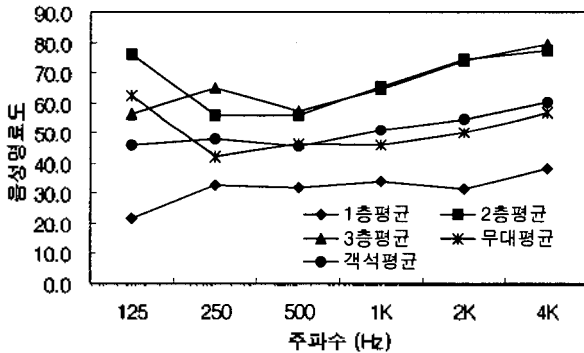


그림 10. 대공연장 객석의 위치별 음성명료도 비교

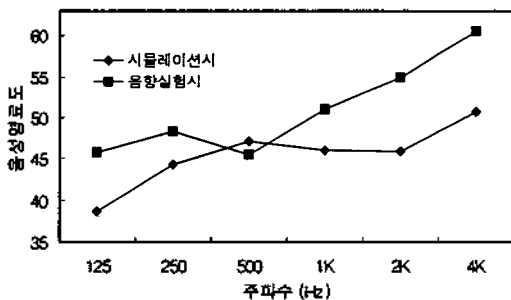


그림 11. 음성명료도 설계치와 측정값의 비교

객석의 주파수 특성은 모든 주파수 대역에 걸쳐서 평탄한 특성을 띄고 있다. 전체객석의 평균 음성명료도 값은 53.7로 양호한 것으로 나타났다.

설계시의 평균 음성명료도가 45.4로 설정되었으나 측정결과는 53.7로서 보다 높은 음성명료도를 확보하고 있음을 보여준다. 이것은 대공연장이 충분한 잔향시간으로 인하여 음악공연이 가능할 뿐 아니라 강연이나 집회에도 적합한 음환경을 가지고 있음을 의미한다.

5.6 음이해도(RASTI)

공석시 대공연장 객석의 각 Zone별 평균 음이해도는 그림 12에 나타난 바와 같다. 분석결과 대공연장 전체 객석의 평균 음이해도는 0.59로 나타났다. 또한, 모든 객석에서 최저한도치인 0.45보다 높은 값을 보여주고 있다. 설계시의 목표치는 0.55이었으나 측정결과 음이해도 평균치는 0.59로서 더 개선되어 나타났다.

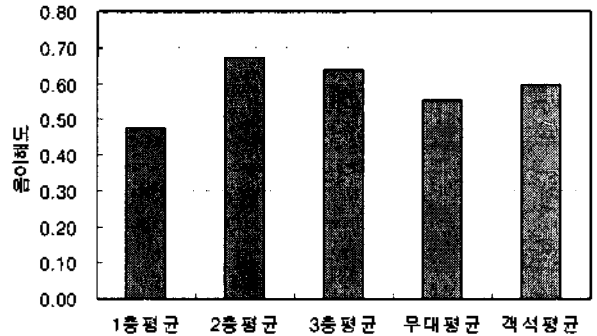


그림 12. 객석의 위치별 평균 음이해도 비교

6. 결론 및 고찰

본 연구는 안산문화예술회관 대공연장의 설계부터 완공에 이르는 음향설계상의 과정을 검증하고 설계치와 측정치를 비교함으로써 음향상태를 평가하고 향후 음향 개선에 필요한 음향 Data를 얻기 위함이다.

분석결과 대공연장의 현재상태는 설계시의 기준에 맞추어 시공되었으며 음향설계에 제시된 각 음향인자의 값을 대체로 만족하고 있는 것으로 나타났다. 또한 충분한 잔향시간과 높은 명료도를 동시에 확보하고 있어서 음악공연부터 집회 및 강연에 이르는 다양한 공연을 수용할 수 있는 다목적홀로서의 음향조건을 갖추고 있다고 판단된다.

참고문헌

- [1] 한찬훈, 안산시 문화예술회관 건축음향설계보고서, 충북대학교 건설기술연구소, p.128, 2003.
- [2] 한찬훈, 안산시 문화예술회관 음향실험보고서, 충북대학교 건설기술연구소, p.92, 2004.