

# 다목적 공연장의 시공과정 중 건축음향컨설팅 사례연구

## An Study on Construction process of the multi-purpose hall acoustical consulting case study

김성용† · 김정중\*

Seong-Yong Kim and Jung-Joong Kim

### 1. 서 론

경제가 발전하고 소득이 증가하면서 사람들은 삶의 여유가 생기고 그에 따른 삶의 질이 높아지면서 다양한 문화생활을 찾고 있다. 그에 맞춰 전국 각지에서 다양한 문화 행사를 개최하고 있으며, 각 지역마다 다양한 문화행사를 소화할 수 있는 문화회관과 같은 공연장들을 신축하거나 리모델링하고 있다.

각 지역의 있는 대다수의 공연장들은 어느 한 가지 용도로 사용되는 것이 아니라 다양한 행사를 소화할 수 있는 다목적 공연장 용도로 계획되고 있는 실정이다. 다목적 공연장은 말 그대로 한 가지 장르만을 위한 공연장이 아니라 다양한 장르의 행사들을 모두 만족할 수 있는 공간을 확보하는 것이 중요하다. 특히 건축음향환경의 확보는 그 곳에서 진행되는 다양한 행사들의 질을 높이는 데 중요한 역할을 한다.

이처럼 건축음향성능을 만족할 수 있는 다목적 공연장을 완성하기 위해서는 설계뿐만 아니라 시공 단계에서도 전문가의 컨설팅을 통하여 그 과정들이 단계별로 관리가 되어야 한다. 대부분의 공연장들이 설계단계에서 설계도서를 통한 수치해석과 컴퓨터시뮬레이션을 통하여 건축음향설계 및 예측 평가가 진행되고 있다. 하지만 시공과정 중 현장 상황에 따라 여러 변수가 발생할 수 있으며, 그에 따라 컴퓨터시뮬레이션결과와 다른 음향환경이 될 수 있다. 그렇기 때문에 설계단계에서 뿐만 아니라 시공과정 중 상황에 맞게 단계별 현장 측정과 컴퓨터시뮬레이션이 병행되어 예측하고 확인하는 과정이 필요하다.

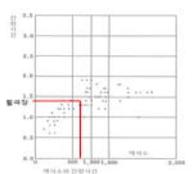
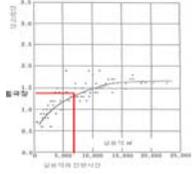
따라서 본 연구는 다목적 공연장 T 극장의 시공과정 중 건축음향 컨설팅을 통하여 건축음향성능을 만족할 수 있는 공간을 완공한 사례와 그 효과에 대하여 연구하고자 한다.

### 2. 건축음향 개선을 위한 재검토

#### 2.1 재검토 개요

건축음향 설계가 주로 T극장의 형상, 실용적, 천장, 벽면 등의 미화적인 Design에 대한 건축 음향적 분석 검토와 차음구조, 흡음구조, 반사구조, 확산구조 등을 고려한 건축 공간내부의 쾌적한 음향환경이 되도록 시공자, 건축설계자와 협의를 조정하여 설계 재검토를 시행하였다.

Table 1 Reviewed acoustic direction

구분	T 극장	공간별 실용적 최적 잔향시간
개념	다목적 극장의 확산 설계 및 가변에 의한 명료도 및 충분한 라우드니스 확보	
음향 계획	· 목표잔향시간 : 1.4~1.5초 (공석 반사모드 시) · 가변잔향시간 : 0.2초의 가변 측벽의 돌출 및 확산반사판 설계로 Room Mode에서 발생하는 음향장애 제거 · 프로세니움 아치형 천정에 의한 확산음장 설계 · 벽체와 천정의 흡음배너 및 가변잔향벽체 설계	
용도	다목적 (오페라, 발레, 뮤지컬, 연극)	

#### 2.2 설계 제원 및 잔향시간 검토

T 극장의 설계 도면을 통한 위치별 마감재료 면적 을 계산하여 잔향시간을 이론적으로 계산하였다.

† 교신저자; 김성용, (주)환경음향연구소 음향연구지원팀  
E-mail : syacoustic@hanmail.net

Tel : 02-508-3351 Fax : 02-6499-3351

\* (주)환경음향연구소 소장

**Table 2** acoustic design specification

구분	재료		전면	후면	좌측	우측	천장	바닥	면적
	전면	후면							
1.(객석의자)고도부기								625	625.0
2.바닥 카펫타일(통로)								320	320.3
3우플로링								67	67.2
4 F.G 3ply	68				169	169	883		1,289.0
5 15T 이중 타공 보드		88			30	30			148.3
6 단일 타공 보드					27	27			53.8
7 가변식 흡음 판넬					21	21			42.8
8 흡음 배너					24	24			48.4
9 방음문			28						28.0
10투명유리			16						16.0
11 투광막							26.2		26.2
12. F.G 2Ply					14.3	14.3			28.6
13 오픈									185.0
설면적(S):총합계(m2)	253	132	286	286	909	1013			2879

**Table 3** Reverberation time results of theoretical calculations

구분	125	250	500	1k	2k	4k
최대흡음	2.41	1.74	1.42	1.35	1.29	1.12
흡음배너적용	2.41	1.77	1.50	1.44	1.38	1.18
최대반사	2.64	1.93	1.63	1.57	1.49	1.25

설계 도면을 통하여 잔향시간을 이론적으로 계산한 결과는 잔향시간이 500 Hz기준 1.63초로 설계목표인 1.45초~1.55초보다 높게 계산되고 있다. 따라서 건축음향성능을 만족하기 위해서는 개선이 필요하다.

### 2.3 건축음향 개선 방안

가변흡음 면적을 (6% 이상)넓히고, 저음을 흡수할 수 있는 공간이 필요하다. 천장이 전부 반사재로 설계되어 있어 가변잔향의 문제가 우려되므로, 이를 개선하기 위하여 천장 확산을 방지하는 흡음재를 설치하고, 객석 후벽에는 저음역대를 흡음할 수 있도록 공기층을 확보하였다.

**Table 4** Improvements and variable asoption area ratio

	설계안 (m <sup>2</sup> / %)		ALT 1 (m <sup>2</sup> / %)		ALT 2 (m <sup>2</sup> / %)	
	반사	흡음	반사	흡음	반사	흡음
반사 모드	1456 / 50.6	252.3 / 8.8	1456 / 50.6	252.3 / 8.8	1345.9 / 46.7	362.4 / 12.6
흡음 모드	1364.8 / 47.4	343.5 / 11.9	1364.8 / 47.4	343.5 / 11.9	1254.7 / 41.5	498.5 / 16.5
가변 흡음 비율	- 3.2 %	3.1 %	-3.2 %	3.1 %	- 5.2 %	3.9 %
흡음영역	이중타공판넬, 가변흡음판넬, 측벽흡음배너		구스타프판넬, 가변흡음판넬, 측벽흡음배너		구스타프판넬, 발코니천정리브, 가변흡음판넬, 측벽흡음배너, 객석천정흡음배너	

### 3. 컴퓨터 시뮬레이션 예측과 단계별 현장 측정을 통한 마감 개선 시공

#### 3.1 시뮬레이션 개요 및 CASE

ODEON 11.0 Combine Software를 중심으로 설계시 고려되는 실내 음향인자를 분석하여 시행착오를 방지 할 수 있도록 하였다.

구 분	가변 흡음판넬	흡음 배너
반사모드	가변 흡음판넬 (반사)	미 적용
흡음모드	가변 흡음판넬 (흡음)	적용
설계안	단일 타공흡음판넬	이중 타공흡음판넬
제안 안	Gustaf (PG5)원형 단타공 발코니 천장 리브 마감	Gustaf (SH8)슬롯 단타공 객석 천장 흡음 배너
ALT 1	FG 2ply(반사)	FG 2ply(반사)
ALT 2	무대 개구부 반사	무대 개구부 반사
ALT 3	객석 통로(반사)	객석 통로(반사)



Fig. 1 Computer Simulations case

#### 3.2 시뮬레이션 예측 결과 분석

**Table 5** Computer simulation Results

평가 지수	음향설계	평가기준	제안 안	ALT 1	ALT 2	ALT 3
RT	1.45 ~ 1.55초		1.29초	1.36초	1.39초	1.47초
EDT	잔향시간의 10%내외		1.23	1.38	1.23	1.21
C80	±2dB 이상		3.2	4.3	3.2	3.2
D50	30% 이상		53%	49%	53%	53%
SPL	±3dB 내외		±3dB 내외	±3dB 내외	±3dB 내외	±3dB 내외
LF	0.2 이상		0.23	0.208	0.218	0.218
가변잔향	0.2초		0.17	0.24	0.24	0.21

※ 시뮬레이션오차 : 목표잔향시간의 ±10% (500Hz)

컴퓨터 시뮬레이션은 시공사에서 제시한 개선안에 대하여 시뮬레이션한 결과 잔향시간이 500 Hz 기준 1.29초로 낮게 예측 되었다. 따라서 재 설계가 진행되었으며 3가지 ALT안을 가지고 시뮬레이션을 진행하였으며, 최종안에 대하여 결과가 목표치에 만족하는 것으로 예측 되었다.

### 3.3 시공 단계별 현장 측정 및 결과

준공 후 최적의 건축음환경확보를 위하여 시공과정 중 단계별 현장 측정 분석을 통하여 현장에 맞도록 개선 방안을 도출 하였다. 단계별 현장 조건은 아래의 표와 같다.

**Table 6 Measurement condition**

측정	측정 시 현장 조건(마감제)				측정 항목
	바닥	천장	벽체	기타	
1차 측정	콘크리트	천장반사판: FG보드 발코니 소켓: 콘크리트	측벽: FG보드 후벽: 콘크리트		RT
2차 측정	카펫 마감 전	마감 완료 후	가변 사용	의자 설치 전	RT 가변잔향
3차 측정	마감완료 후			의자 설치 후	RT,EDT, C80,D50,
4차 준공측정	마감완료후				RT,EDT, C80,D50, LF,SPL,

**Table 7 Measurement result(Reverberation time)**

RT[s]	주파수[Hz]	125	250	500	1000	2000	4000
		1차 측정	2.02	2.33	2.53	2.51	2.41
2차 측정	반사모드	1.71	1.89	1.94	1.87	1.72	1.38
	흡음모드	1.54	1.64	1.70	1.53	1.44	1.21
3차 측정		1.39	1.40	1.47	1.34	1.15	0.87
4차 측정	반사모드	1.46	1.45	1.45	1.24	1.21	1.04
	흡음모드	1.19	1.15	1.21	1.13	0.98	0.80

단계별 측정결과는 위의 표와 같다. 최적의 건축 음환경확보를 위하여 시공과정 중 단계별 현장 측정 분석을 통하여 현장에 맞도록 개선방안을 적용하였다.

### 3.4 단계별 시뮬레이션과 현장측정결과 평가

단계별 시뮬레이션과 현장 측정을 병행하여 현장을 검토하고 분석한 결과 설계 목표치에 만족하는 건축음환경을 확보할 수 있었다. 특히, 측정을 통하여 현장 상황을 파악한 후 시뮬레이션에 적용하여 예측한 결과 보다 정확하게 개선방안을 도출 할 수 있었으며 현장에 적용하였을 때 오차를 줄일 수 있었다. 단계적으로 시뮬레이션과 현장측정을 병행한 결과 최종 준공평가 시 오차를 0.02초로 거의 일치하는 결과를 얻을 수 있었으며 설계목표에도 만족할 수 있는 결과를 얻을 수 있었다.

## 4. 결론

T 극장 시공과정 중 단계별 현장 측정 및 시뮬레이션 예측을 통한 시공 컨설팅 결과 아래의 표와 같은 결과를 얻을 수 있었다.

**Table 8 Measurement result and evaluation**

평가 지수	음향설계 평가기준	준공 측정	결과
RT	1.45 ~ 1.55초	1.45초	만족
EDT	잔향시간의 10%내외	1.34	만족
C80	±2dB 이상	3.08	만족
D50	30% 이상	58.2%	만족
SPL	±3dB 내외	89±3dB	만족
LF	0.2 이상	0.202	만족
가변잔향	0.2초	0.21	만족

본 사례를 통하여 본 시공과정 중 건축음향 컨설팅의 결과는 최적의 건축음환경 확보를 위하여 꼭 필요하다고 볼 수 있으며, 특히 시공단계별 컴퓨터 시뮬레이션 예측과 현장 측정이 병행하여 검토되고 개선이 진행되었을 때 그 효과는 더욱 극대화 되는 것을 볼 수 있었다. 특히, 다목적 공연장과 같이 건축음향성능이 중요하게 적용되어야하는 공간에서는 시공과정 꾸준한 현장 검토와 시뮬레이션 예측을 통하여 음환경 확보를 할 수 있도록 하는 컨설팅이 중요할 것으로 사료된다.

## 참 고 문 헌

- (1) Hwan Kyung Acoustic inc : T Theatre acoustical consulting report, 2013.
- (2) Jae-Su Kim : sejin inc Acoustic design, 2008.
- (3) Jung-Joong Kim : A Study on the Properties of Acoustic in Multi-purpose Auditorium Using Remodeling and Computer Simulation, KSNVE 2003.5
- (4) Jung-Joong Kim, Jung-ho Jung Chang-Keun Cho : Noise and Rooms Acoustic Control in Multi-Purpose Space, KSNVE, 2008.4
- (5) F.Alton Everest & Ken C. Pohlmann : Master Handbook of ACOUSTICS, McGrawHill, 1997.8