

## 김해문화의전당의 사례를 통한 다목적홀의 음향설계

### An acoustical design of Multi-purpose hall - Gimhae Arts & Sports Center

김정준†\* · 류종관\*\* · 김용희\* · 전진용\*\*\*

Jeong Jun Kim, Jong Kwan Ryu, Yong Hee Kim and Jin Yong Jeon

#### 1. 서 론

다목적 공연장은 각 공연 장르에 부합하는 다양한 음향 성능을 제공할 수 있어야 하므로 시공 이전에 공연운영특성을 미리 예측하여 효율적인 가변 음향 성능을 발휘할 수 있는지 검증해야 하고 체계화된 음향 설계 프로세스가 필요하다. 본 연구에서는 지난 2005년 완공된 김해문화의전당(Gimhae Arts and Sports Center, GASC) 대공연장(마루홀)을 사례로 적용된 음향 설계 개념과 이를 실현하고 검증하기 위해 사용했던 축소모형 및 주관적 평가 방법에 대해 기술하고자 한다.

#### 2. 기본 형상 설계

##### 2.1 건축개요

본 공연장의 건축 개요는 표 1과 같다. 1,464석의 대공연장은 음향설계를 통해 다목적 홀로서의 가변 음향공간을 구현하기 위하여 각 공간 활용 모드(mode)에 따른 음향성능의 가변성(flexibility) 및 공간감(spatial impression)을 구현하고 음향적 친밀감을 최대화하고자 하였다.

이를 위해 우선 음향 가변을 위해 그림 1 (b)의 단면도에서와 같이 오케스트라 쉘, 천장 흡음배너, 벽체 흡음커튼, 이동식 오케스트라 피트 등의 가변 건축음향 요소를 도입하였으며 stalls 석의 측면 확산체 및 피트 옆 수직벽체와 발코니



(a) 1st floor plan (b) Section  
Fig. 1 Floor plan and section of the hall

† 교신저자; 한양대학교 건축환경공학과  
E-mail : k1k1j@naver.com  
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2220-4794

\* 일본 산업기술종합연구소  
\*\* 한양대학교 건축환경공학과  
\*\*\* 한양대학교 건축공학부 교수

프론트의 확산설계를 통한 공간감을 증대하였고 평면 형태에서 그림 1 (a)과 같이 슈박스형과 말발굽형 평면 형태의 절충안이 계획됨에 따라 시각적으로나 음향적으로 친밀감이 높도록 음향 설계되었다.

##### 2.2 음향 설계 요소

프로세니엄 인접 측벽에 수직벽체(그림 2의 A)를 계획함으로써 stalls석 중앙부 및 발코니석으로 측면 반사음을 유도하였다. 또한 피트 음원에 대한 피트로의 되반사 및 무대, 객석으로의 반사음 전달을 위해 돌출 스트립을 설치하였다.

Stalls 석 측벽(그림 2의 B)에는 면밀도 40kg/m<sup>2</sup>의 Glass Fiber Reinforce Gypsum으로 제작된 확산체를 부착함으로써 중고주파 대역의 확산을 유도하였다. 한편 저주파 확산은 측벽 발코니의 box 석과 발코니 프론트(그림 2의 D)에 의해 유도된다. 측면 발코니의 깊이는 약 3.5 m로 소뿔과 파라펄은 반사음들을 stalls 석으로 전달해 주는 역할을 하며, 특히 소뿔은 발코니 좌석의 초기반사음에 영향을 미친다. 확산체의 성능은 축소 모형 실험을 통해 평가하였다. 천장반사음은 3개의 천장 반사판에 의해 전달되며, 잔향시간 조절을 위해 천장 흡음배너(그림 2의 E)와 벽체 흡음커튼(그림 2의 F)을 계획하였다.

Table 1. Architectural detail of the hall

구분	내용			
용도	콘서트, 오페라, 연극, 무용, 강연 등			
평면 형태	구두상자형(shoobox)과 말발굽형(horse-shoe) 평면의 절충안			
객석	길이(L)	폭(W)	높이(H)	
	31.3 m	28.5 m	20.4 m	
무대 (폭×길이)	대공연장 내부 기준			
	- 길이: 무대선단에서 각종 후벽까지의 평균길이			
	- 높이: 1층 객석과 천장까지의 평균높이			
	주무대	23 m × 12 m	276 m <sup>2</sup>	
후무대	15 m × 17 m	255 m <sup>2</sup>		
좌/우 측무대	각 15 m × 12 m	180 m <sup>2</sup>		
	총 무대면적		891 m <sup>2</sup>	
좌석수 (N)	총 1,484 석			
	1·2층	864 석	3층	313 석
	4층	307 석		
홀 용적 (V)	15,325 m <sup>3</sup> (오케스트라 쉘 설치시)			
1인당 용적 (V/N)	10.3 m <sup>3</sup> /인			
프로세니엄	폭(W)	18 m	높이(H)	12 m

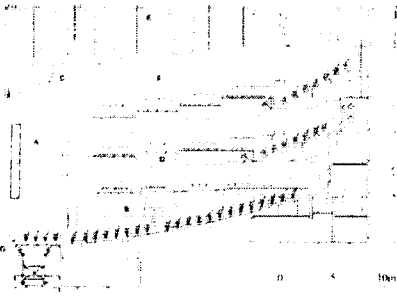


Fig. 2 Acoustical design elements

또한 오케스트라 셸의 설치를 통한 무대 공간 및 음향의 변화를 유도하였다. 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 천장 높이 및 천장면 수평 각도를 변화시켜가며 객석에서의 잔향시간, 명료도를 측정하였고, 그 결과 오케스트라 셸은 최대 12 m·최소 8 m의 높이를 갖도록 설계되었다. 또한 가동레일형으로 계획되어 무거운 자중에 불구하고 효율적으로 설치할 수 있으며 상부는 baffle 형태의 우물천장이 설치되었다. 오케스트라 피트 공간은 수직 상하 이동이 가능한 리프트 시스템(그림 2의 G)을 이용하여 각 용도에 적합하게 활용하도록 설계되었다. 피트 공간의 면적은 96.5m<sup>2</sup>이고 용적은 168.7m<sup>3</sup>이다. 콘서트 공연을 위해 오케스트라 피트 공간에 116석(월체어석 10석 포함)의 가변 객석을 설치할 수 있다.

### 2.3 확산 설계

최대의 확산성을 발휘하기 위해서 ISO 17497-1에 따른 확산율 측정을 통해 벽면 확산체를 설계하였다. 일차적으로 높은 확산율을 보이는 재료를 찾고자 하였으며, 이를 실제 축소모형에 설치하여 실내 음장의 변화를 측정하였다.(그림3,4) 확산체의 음향 성능은 축척모형에서 수음한 임펄스 리스펀스와 무향실에서 녹음한 평가음원을 컨벌루션하여 평가음원을 제작하여 주관적 평가를 실시하였다.

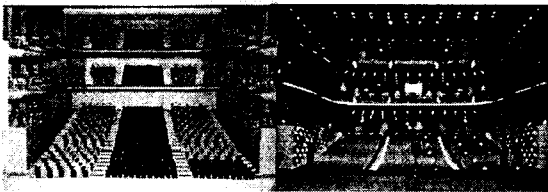


Fig. 3 The scale model and the real hall

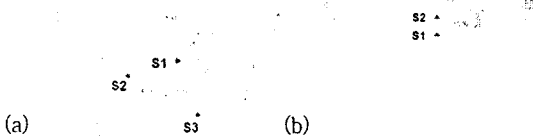


Fig. 4 The measurement position. (a) concert and (b) opera mode

Table 2. Acoustical environment by adjustable acoustics elements

음향 환경	음향가변요소			
	오케스트라 셸	천장흡음배너 벽체흡음커튼	피트공간 가변객석의자	피트+연주자 좌석
콘서트 모드	○	X	○	X
오페라 모드	X	X	X	○
뮤지컬 모드	X	○	X	○

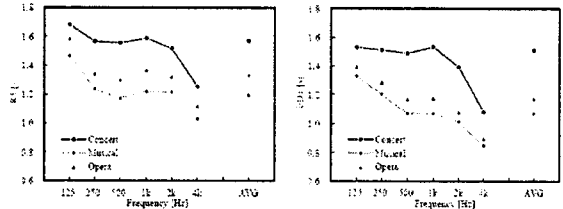


Fig. 5 The measured RT and EDT

### 3. 음향 평가

설계안의 음향 성능은 컴퓨터 시뮬레이션과 1:10 축소모형을 통해 예측하였고, 또한 완공 후 현장 측정을 통해 평가하였다. 현장 측정시 음원의 위치는 그림 4와 같으며, 가변음향 요소는 표 2와 같이 세 가지 음향모드로 구분하여 설치하였다.

현장 측정결과 RT와 EDT의 주파수대역별 분포는 그림 5와 같다. RT의 경우 뮤지컬→오페라→콘서트 모드별로 약 1.2~1.6초 인 것으로 측정되어 다목적 홀로서 잔향시간이 매우 적절한 한 것으로 나타났으며, 특히 저주파수 대역의 잔향이 비교적 풍부하여 따듯한 느낌을 주고 있다. EDT는 콘서트, 오페라, 뮤지컬 모드별로 RT보다 다소 짧게 측정되었다. 한편, C80의 경우 콘서트, 오페라, 뮤지컬 모드에서 약 0~4 dB인 것으로 나타나 우수한 음악명료도를 보이는 것으로 나타났으며, 1-IACC<sub>ES</sub>는 모든 모드에서 0.6으로 공간감이 우수한 것으로 평가할 수 있다. 음향적 친밀감을 나타내는 ITDG는 12.3ms로 짧아 청감적으로 친밀감이 높은 공간으로 평가된다.

### 4. 토의 및 결론

본 논문에서 살펴본 김해문화의전당 대공연장은 다목적 홀로서 음향 가변을 위해 다양한 건축적 장치가 사용되었다. 대공연장의 음향설계는 흡음배너 및 측면 확산체 등 건축음향 요소의 효과를 1:10 축척 축소모형 실험을 통해 검증하는 프로세스로 진행되었다. 축소모형 실험에서 다양한 크기의 확산체를 이용해 음향측정과 주관적 평가를 통해 확산설계를 진행하였다. 완공된 후에 현장에서 음향측정을 실시하였고, 그 결과 대공연장은 다목적홀로서 청감적으로 확실하게 인지가 가능한 적절한 가변 음향성능을 갖는 것으로 나타났으며 특히, 음악 및 음성 명료도, 청각적 공간감과 친밀감이 우수한 것으로 평가되었다.