한국소음진동공학회 2008년 추계학술대회논문집, pp.139~140

리버스팬 형상 리사이틀 홀의 음향설계 - 세종 체임버홀

An acoustical design of reverse fan-type recital hall - Sejong Chamber Hall

한원영†·김용희*·서춘기*·전진용**

Won Young Han, Yong Hee Kim, Chun Ki Seo and Jin Yong Jeon

1. 서 론

세종문화회관 컨벤션센터는 1978년 세종문화회관의 개관과 함께 국제회의장으로 3층과 4층에 건설되었으며, 2000년 1차 리모델링을 통해 컨벤션 센터로 명칭을 바꾸고, 회의 기능뿐만 아니라 다목적 공연도 가능하도록 실내 공간을 개선하고 무대를 설치하였다. 그러나 컨벤션 전문 공간의 활성화로 인해 원래의 경쟁력을 상실하였고, 다양한 문화적 수요에 따라 소규모 챔버 뮤직이나 리사이틀 수용을 위한 전문 공연 공간이 요구되어 졌다. 이에 따라 지난 2006년 기존의 음향시설이 낙후된 컨벤션센터를 클래식 전문공연공간으로 리모델링을 진행하였다. 본 연구에서는 세종 체임버홀의 음향 리모델링 사례를 통해, 리버스팬 형상의 리사이틀 홀의 음향설계에 대해 논의하고자 한다.

2. 음향설계 목표 및 방법

약450석 규모의 소규모 리사이틀홀로 계획된 체임버홀의 건축개요는 표 1과 같다. 실내 용적은 기존 구체 형상에 따라 약 3,200m^{3}로 계획되었고(천장내부 용적 포함), 좌석당 용적은 7m^{3}로 설정하였다. 음향설계 목표를 설정하기 위해 외국 챔버홀의 음향특성을 조사하였다. 그림 1은 실용적에 따른 만석시 잔향시간 분포를 나타내고 있으며, 3,000m^{3}에서 4,000m^{3}사이의 실내용적을 갖는 chamber hall의 적정잔향시간 분포는 약 1.4~1.5초인 것으로 예상되었다. 표 2는 400-500석 규모 chamber hall의 음향지표 특성을 나타내고 있다.

음향설계 및 음향 성능의 예측을 위하여 컴퓨터 음향 시

Table 1. Architectural detail

구 분	내 용
용 도	챔버 및 리사이틀
좌석수	총 456석 (1층 349석, 2층 107석)
용 적	3,212 m^3 (좌석당 용적 비율 7.0 m^3)

† 교신저자; 한양대학교 기계공학과
E-mail : cirzero@gmail.com
Tel : (02) 2220-1795, Fax : (02) 2220-4794
* 한양대학교 건축환경공학과
** 한양대학교 건축공학부 교수

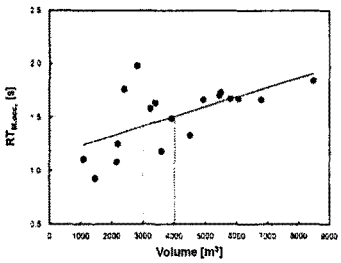


Fig. 1 Reverberation time of the chamber halls

Table 2. Acoustical parameters of the chamber halls with 400-500 seats

Hall name	V [m^3]	Seat Number	RT (s)	EDT (s)	C80 (dB)	1-IACC$_{E3}$	ITDG (ms)
BK	2,150	440	1.1	1.3	2.0	0.7	11
AC	2,190	478	1.3	1.5	1.5	0.7	17
KH	3,576	482	1.2	1.1	3.1	0.7	10
TT	4,500	490	1.3	1.4	0.8	0.7	20

BK : Berlin, Kleinersaal in Schauspielhaus
AC : Amsterdam, Kleinersaal in Concertgebow
KH : Kanagawa, Higashitotsuka Hall
TT : Tokyo, Tsuda Hall

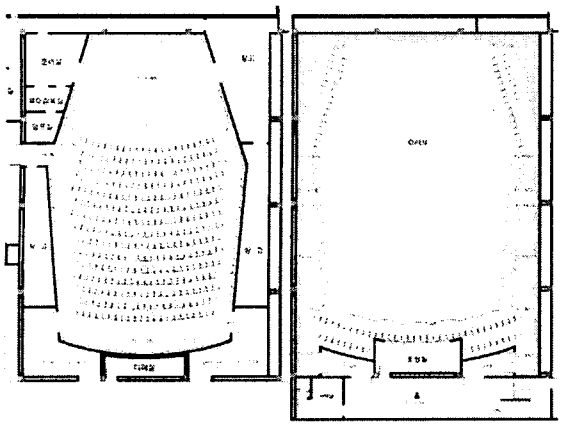
뮬레이션 및 스케일 모델 측정법을 사용하였다. 본 연구에서는 1:25 축척모형을 제작하여 설계안의 음향특성 측정 및 평가를 실시했다. 측정은 초고주파 대역까지 무지향성으로 방사할 수 있는 스파크 소스(Spark source)를 무대 위에 설치, 음원을 재생하고 이를 1/8인치 무지향성 마이크로폰으로 수음하여, 음향 특성을 평가하였다.

3. 음향설계 요소

3.1 리버스 팬 평면

홀의 평면은 그림 2와 같이 슈박스형 외벽 속에 1층을 리버스 팬(Reverse Fan)형태를 나뭇잎 형상으로 설계하여, 객석부에 강한 측면 반사음을 전달하여 높은 음압과 공간감을 제공하도록 하였으며, 객석 후열로 갈수록 측벽간의 거리가 짧아지는 리버스팬 형태를 적용하여 객석후부에 초기반사음을 보강하여 명료도가 증가되도록 하였다.

객석부는 연주자와 관객간의 친밀한 분위기 유도를 위하여 측벽에 가까운 객석이 무대 쪽으로 기울어진 형태의 컨티넨탈 형식으로 좌석을 배치하고 중간복도를 제거하였으며, 엇갈림 좌석배치를 통해 가시선이 확보되도록 하였다. 무대 측면



(a) 1st floor plan (b) 2nd floor plan

Fig. 2 Floor plans of the Sejong Chamber Hall with combining shoe-box and reverse fan shapes

발코니에도 좌석을 배치하여 측벽간 거리를 최소화하면서 충분한 객석을 확보하였다.

3.2 측벽기울기의 설정

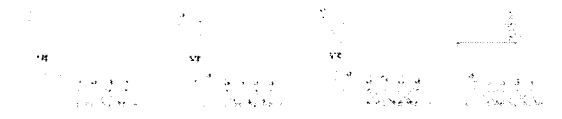
측면 반사음을 높이기 위하여 측벽의 기울기를 변화시키면서 객석에서의 측면반사음비율(LF)을 평가하였다. 그림 3과 같이 측벽이 객석쪽으로 각 1:8, 1:10, 1:13 기울어진 경우와 발코니 하부를 오픈시킨 경우를 합하여 총 4 Case의 측면반사음비율(LF)의 분포를 살펴보았다. 시뮬레이션 결과는 표 3과 같으며, 1:10 기울기가 LF 평균값이 가장 높고, 고르게 분포하는 것으로 나타났다. 이에 따라 주요 측벽은 1:10 기울기로 설계되었다.

3.3 측벽 및 무대부 확산 설계

측벽면은 톱니모양의 확산형상으로 설계하여 측벽반사음이 객석내부에 고르게 분포하도록 계획하였다. 확산체는 그림 4와 같이 특정 주파수 대역에서만의 확산을 방지하기 위하여 다양한 곡률 반지름을 가진 톱니 형태로 설계하여 고른 주파수대역에서 확산을 유도하였다. 확산체의 재료로는 강한 반사음과 확산 음장을 동시에 구현하기 위해 성형성이 뛰어나고 면밀도가 높은 GFRC(Glass-Fiber Reinforced Concrete)를 선정하였다. 무대 후벽은 연주음이 가장 빨리 도달하는 반사면으로 높은 공간감을 객석에 제공하면서, 무대 후벽의 돌출로 인한 용적의 감소를 최소화하기 위해서 이전연구를

Table 3. Simulation result of LF_{E4} by slope of lateral wall

LF_{E4}	1:8	1:10	1:13	Open type
평균	0.274	0.279	0.270	0.253
표준편차	0.036	0.029	0.032	0.048



(a) 1:8 (b) 1:10 (c) 1:13 (d) Open type

Fig. 3 Comparison cases of lateral wall slope

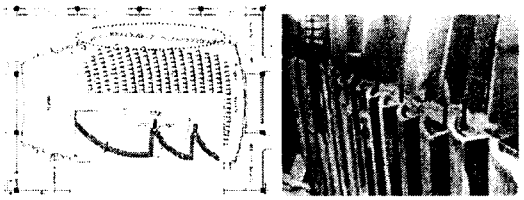


Fig. 4 Saw-tooth shaped GFRC diffusers

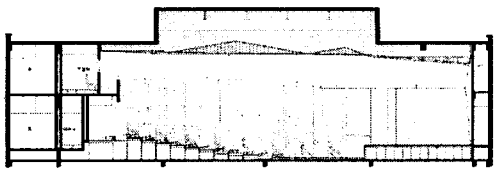


Fig. 5 Open type ceiling reflector in the section

Table 4. Measurement result of acoustical parameters (unoccupied condition)

음향지표	RT (s)	BR	EDT (s)	C80 (dB)	1-$IACC_{E3}$	LF_{E4}	ST1 (dB)
평균값	1.44	1.04	1.35	0.9	0.72	0.28	-7.8

참조하여 5°의 돌출 각도를 지니도록 설계했다.

3.4 열린 천장 설계

홀의 용적을 증대시켜 충분한 잔향시간을 확보하기 위해 그림 5와 같이 경량철골 천장틀 위에 라왕각재로 마감함으로써 시각적으로는 가려져 있지만 음향적으로는 투과성을 가지는 오픈천장으로 설계하였다.

4. 음향 평가

시공 후 객석 38개소, 무대 위 4개소에서 측정한 음향지표는 표 4와 같다. 공석시 중주파수 대역의 잔향시간은 약 1.44초로 측정되었다. 이것은 리모델링 전의 잔향시간(0.94초)에 비해 0.5초 증가하여 현재의 잔향시간은 리사이틀 및 챔버뮤직을 수행하기에 적합한 것으로 사료된다. 명료도(C80)는 0.9dB로 나타났으며, 공간감 요소인 LF_{E4}와 1-$IACC_{E3}$는 각각 0.28과 0.72로 나타났다. 무대음향의 측정 결과, 무대에서 연주자에게 도움을 주는 음향적 요소인 ST1(Stage Support)은 -7.8dB였으며, 이것은 베라넥(Beranek, 1996)이 제시한 700석 이하의 챔버뮤직홀의 적정 ST1범위(-12dB 이상)에 해당한다.

4. 토의 및 결론

본 연구에서는 세종문화회관 컨벤션센터를 전문 클래식 공연장으로 리모델링하는 음향설계 프로세스를 소개하였다. 기존 건물 구체에서의 제약에도 불구하고, 리버스팬 형상의 평면설계와 확산설계, 측벽반사음 최적화를 통해 챔버 뮤직과 리사이틀을 수용할 수 있는 소규모 공연장으로의 리모델링이 성공적으로 수행되었다.