

전민동 성당의 음향 특성에 관한 모의 실험 및 측정 결과 비교

정철호, 권영일, 신성환, 이정권

한국과학기술원 기계공학과 소음 및 진동제어 연구센터

A Comparison between Predicted and Measured Acoustic Characteristics of Jeonmin Catholic Church

Cheol-Ho Jeong, Young-Il Kwon, Sung-Hwan Shin, Jeong-Guon Ih

NoViC, Department of Mechanical Engineering, KAIST, Science Town, Taejeon 305-701, Korea.

요약

전민동 성당은 얇은 팔각뿔대 형상의 지붕을 가진 팔각기둥의 형태로 재설계되었다. 팔각기둥의 형상은 마주보는 4쌍의 벽들로 인하여 공간에서 정상파가 발생하기 쉽고, 지붕 또한 둥근 형태로 음향 초점이 발생할 수 있는 등 여러가지 문제점을 가지고 있다. 이러한 형태의 전민동 성당에 대하여 여러 가지 음향 인자들을 예측하였고, 예측치와 측정치를 비교하였다. 사용된 음장해석 프로그램은 CATT™이고 예측 또는 측정된 음향 인자는 RT, D50, C80 등이다. 건축물만의 특성과 전기음향설비가 포함된 음향특성을 비교하기 위하여, 무지향성 스피커를 이용한 측정과 성당에 장착된 전기음향장치를 이용한 측정을 수행하였다.

공연장과 마찬가지로 성당의 신도석에서도 음이 고르게 분포되는 것이 바람직하며, 신도석에서의 음압분포를 예측과 측정을 통하여 비교하여 보았다.

1. 서론

건물의 음향설계에서 가장 중요한 1차적인 요소는 건축물의 구조적인 형태와 건축자재의 음향 성능이다. 일단 건축물이 건설된 후에는 건축물의 구조적인 형태 및

건축자재의 배치를 변화시키기 어렵고, 변화시킨다 하더라도 여러가지 제약이 따르게 된다. 그렇기 때문에 항상 설계단계에서 음향 설계가 고려되어야만 좋은 음향 성능을 가진 건축물이 될 수 있다. 성당과 같은 예배당은 공연장과 더불어 음향 특성이 가장 중요한 곳이다. 예배당의 경우에는 성직자의 설교가 신도들에게 명료하게 전달되어야 하며, 성가와 같은 음악은 경건하고 웅장하게 연주되는 것이 바람직하다. 하지만 명료도와 잔향은 정반대의 음향 특성이기 때문에 두가지를 동시에 만족시키는 것은 거의 불가능하며, 이러한 두가지 측면에 대한 절충이 필요하다.

대전 전민동 성당은 2003년 재건축되었으며, 성당은 몸체는 팔각기둥의 형태이며, 지붕은 얇은 팔각뿔대의 형태로 재설계되었다. 팔각기둥의 형상은 마주보는 4쌍의 벽으로 인하여 정상파가 만들어지기 쉽고, 얇은 팔각뿔대의 지붕으로 인하여 음향 초점이 생길 수 있는 문제점을 가지고 있다. 건축물에서 흡음은 지붕부분에 집중되어 있고, 옆벽은 흡음이 거의 되지 않기 때문에 건축물의 잔향이 과도한 상황이다.

이러한 전민동 성당의 음향 특성을 알아보기 위하여 측정과 모의 실험을 수행하였다. 예측 또는 측정된 음향 인자는 RT, D50, C80 등이며, 신도석에서의 음압 분

또 또한 예측과 측정을 통하여 비교하였다.

2. 전민동 성당의 음향 특성

2.1. 측정 결과

건축물만의 특성이 고려된 잔향시간을 측정하기 위한 측정 장치는 그림 1과 같다. 스피커 등의 전기 음향 설비의 영향을 포함하지 않은 건축 음향 특성을 측정기 위하여 source는 B&K의 무지향성 스피커와 B&K sound level meter 2260을 이용하여 RT를 측정하였다. 그림 2는 interrupted method를 이용한 RT 측정법이며, 위 12점의 평균은 그림 3(a)에 나타나 있다. Interrupted method의 측정치와 그림 3(a)의 빨간색 수음점에서 impulsive method로 측정한 RT는 거의 일치하는 것으로 나타난다. 측정된 RT는 중,저주파수에서는 2.4~2.8초로 매우 높은 것으로 나타나며, 특히 500 Hz 근처의 중주파수 대역에서 가장 크게 나타난다. 무지향성 스피커를 이용한 경우와 성당에 장착된 EV I-12 스피커를 이용한 경우의 결과는 그림 3(b)에 나타난다. 1 kHz 대역까지는 RT가 거의 비슷하게 나타나고 있고, 1 kHz 이상의 주파수 대역에서는 장착된 스피커를 사용하는 경우의 RT가 작다. 두 경우 모두 1 kHz 이하 주파수대역의 RT가 크게 나타나고 있으며, 이는 말소리의 명료도에 영향을 미친다. 2 m 간격으로 측정된 1층 신도석의 음압 분포는 그림 4와 같다. 전체적으로 중앙열에서의 음압이 가장 크게 나타나지만, 125 Hz에서는 음압 분포가 거의 일정하고, 1 kHz에서는 뒤쪽 스피커의 영향으로 뒤쪽 부분의 음압이 크게 나타난다. 측정된 ITDG는 35 ms였고 C80 과 D50은 그림 5에 나타난다. 측정된 C80과 D50은 명료도가 좋지 않은 것을 보여준다.

2.2. 모의 실험 결과

모의 실험에 사용된 흡음 계수는 표 1과 같고 모델은 그림 6과 같다 [1]. 모델에서 사용된 스피커는 앞쪽 벽 6m 높이에 장착된 3개의 스피커와 2층 발코니 아래쪽에 장착된 3개의 스피커이다. 예측된 음압 분포는 주파수에 따라서 큰 변화가 없으며, 전체적으로 신도석의 중앙열 부근에서 가장 크게 나타나므로 125 Hz와 1 kHz 대역은 측정치와 다른 양상을 보여준다. 잔향시간은 측정치는 모의 실험결과와 거의 비슷하게 나타나고 있는

며, 500 Hz에서 C80은 -1dB정도이고 D50은 40% 정도로 측정치인 2 dB와 50%보다 약간 낮은 값을 보인다.

3. 결론

재건축된 전민동성당을 대상으로 측정된 값과 예측된 값을 비교하여 보았다. 음압 분포 비교에서 나타난 차이는 사용된 스피커의 방향성을 주파수에 따라서 고려하지 못한 것이 주요 원인이라고 생각된다. RT는 impulsive method와 interrupted method, omni-source나 설치된 스피커를 사용한 경우에도 거의 비슷한 결과를 나타내며, 예측치 또한 비슷하다. C80이나 D50 값은 예측치가 전체적으로 약간 낮다. 전체적으로 전민동 성당은 성가와 같은 음악의 연주에 더 적합한 것으로 보이며, 설교의 명료도를 향상시키는 보완책이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 BK21과 NRL에서 일부 재정 지원을 받았습니다.

참고문헌

- [1] L. L. Beranek, *Concert hall and opera houses: Music, Acoustics, and Architecture*, Springer, New York.

Table 1. Absorption coefficients.

Material	Absorption coefficient					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Marble	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02
Brick	0.03	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07
Wood	0.07	0.08	0.08	0.11	0.14	0.16
Chair	0.10	0.09	0.08	0.08	0.08	0.08

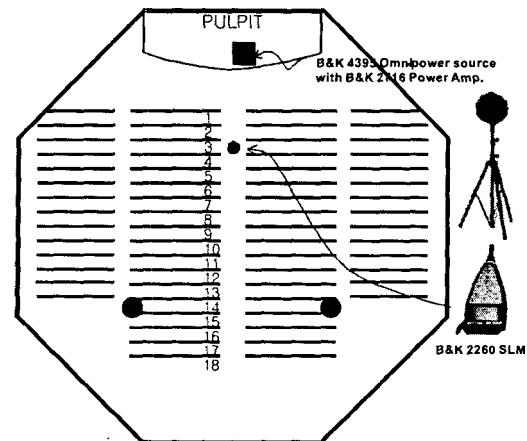


Fig. 1. Measurement setup for measuring RT.

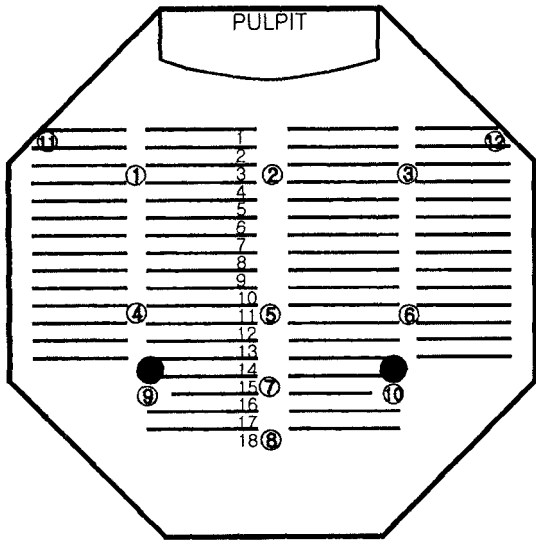


Fig. 2. Measurement points for RT using interrupted method.

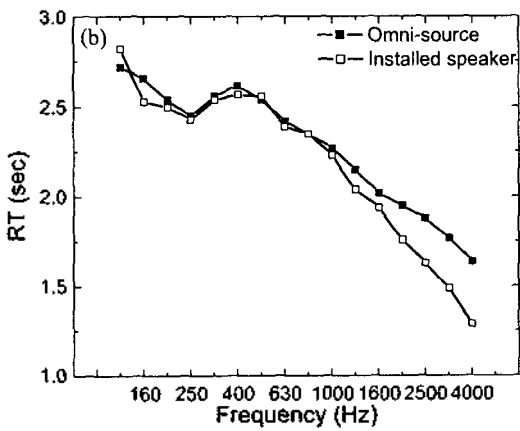
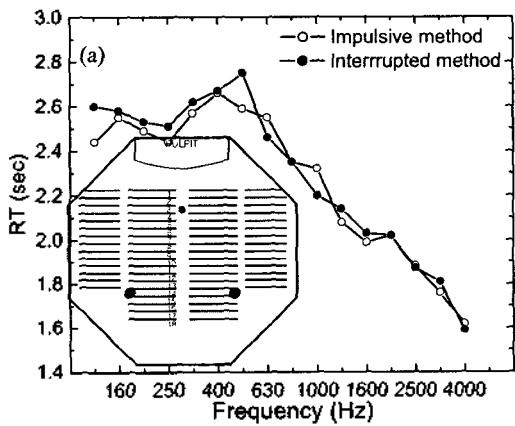


Fig. 3. Comparison of RT. (a) Impulsive and interrupted method, (b) omni-directional source and installed speaker.

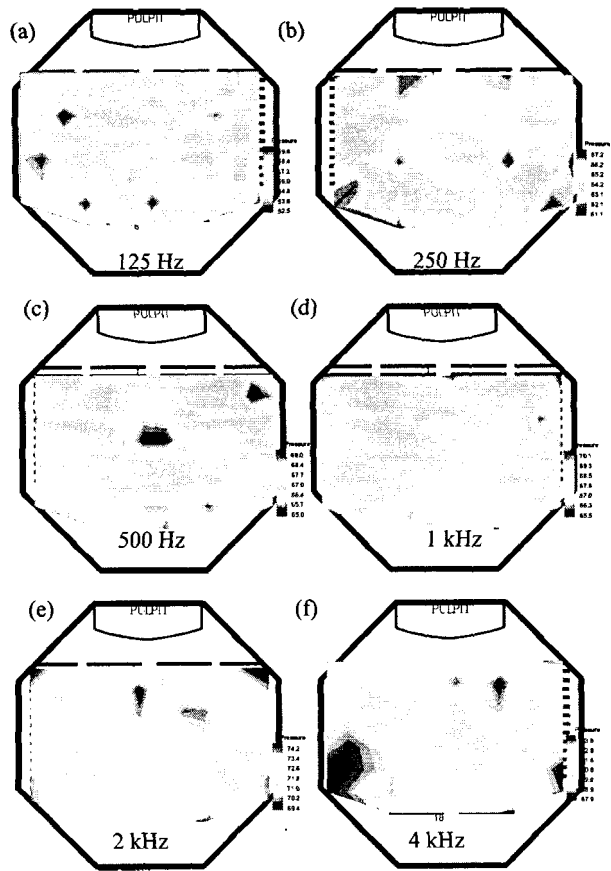


Fig. 4. Measured pressure distribution. (a) 125 Hz, (b) 250 Hz, (c) 500 Hz, (d) 1 kHz, (e) 2 kHz, (f) 4 kHz.

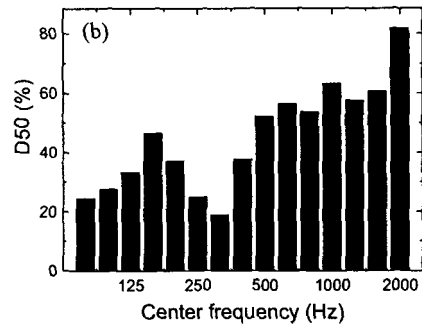
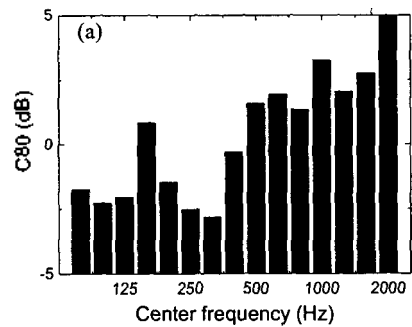


Fig. 5. Measured clarity and definition. (a) C80, (b) D50.

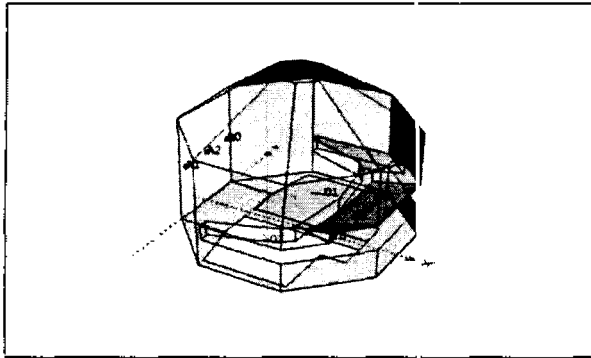


Fig. 6. Geometrical model for simulation.

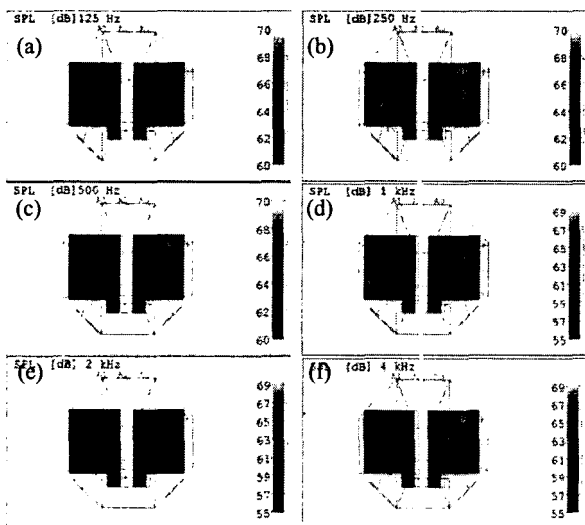


Fig. 7. SPL distribution at audience plane. (a) 125 Hz, (b) 250 Hz, (c) 500 Hz, (d) 1 kHz, (e) 2 kHz, (f) 4 kHz.

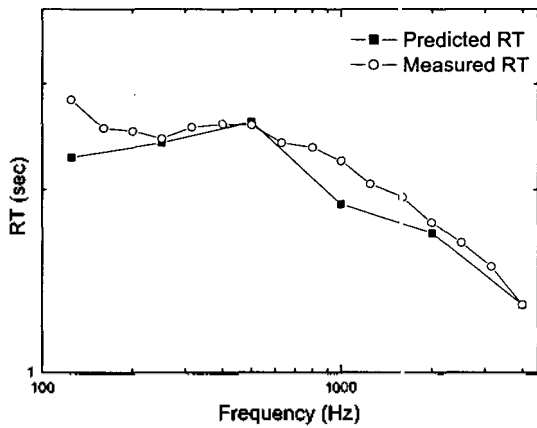


Fig. 8. Comparison between predicted and measured RT.

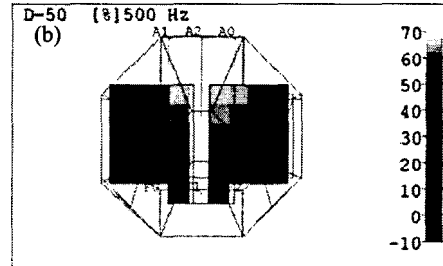
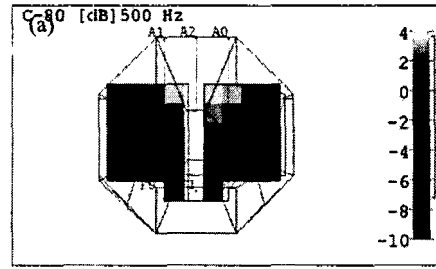


Fig. 9. Calculated clarity and definition at 500 Hz. (a) C80, (b) D50.