

성당본당의 실내음향 특성에 관한 실험적 연구

○신 영 진*, 박 현 구**, 최 형 욱**, 김 선 우***

An Experimental Study on the Acoustical Characteristics in the Main Hall of Catholic Church

Young-Jin Shin, Hyeon-Ku Park, Hyung-Wook Choi, Sun-Woo Kim

Abstract

Recently the acoustic design has been considered the important part of architectural design. However, in the design of Catholic churches the exterior beauty is still main point. This study aims to find out the acoustical characteristics in the main hall of Catholic churches. Six catholic churches were selected for this experiment and the physical parameters which represent the acoustic characteristics of room were compared by the plan type and the architectural factor. The physical parameters compared and analyzed were SD(Stand deviation) of SPL (sound pressure level), RT(reverberation time), D_{50} (definition), C_{80} (clarity) and STI(speech transmission index).

1. 서 론

1784년 이승훈 등에 의해 설립된 천주교는 박해 시대를 거치면서 1934년 골롬방 외방전교회가 전남지방에 진출한 이후 전남지방에 본격적인 서양식 성당들이 지어지기 시작하였다. 천주교가 들어 온지 200년이 지난 오늘날 우리나라에서도 초기의 단순한 외래건축문화의 복사나 획일적인 직사각형의 평면형태에서 벗어나 지역성과 시대성이 가미됨에 따라 다양한 형태가 나타나고 있다.

성당내의 종교의식은 크게 두 가지로 설교와 기도 및 음악적 활동으로 구분되어질 수 있다. 음향설계시 어느 것에 중점을 두어야 하는지 먼저 생각하여, 전자를 우선시 할 경우 강당의 음향설계에

기초한 방법으로 설계를 하여야 할 것이고 후자를 더 중요시 할 경우는 음악당의 음향 설계를 기초로 설계해야 할 것이다.

현재 성당 개개의 특성을 고려하여 신·개축이 많이 이루어지면서, 건축 의장적 면과 규모 등만을 생각하는 반면, 건축음향적 측면을 소홀히 함으로써 후에 발생하는 음향적 문제들을 생각하지 못하고 있는 실정이며, 음향계획을 병행하더라도 선행과정과 자료들이 빈약한 관계로 많은 어려움을 겪고 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 성당 건축에 대한 음향 특성을 조사 분석함으로써 성당의 음향설계시 기초자료를 제공하려 한다.

2. 성당본당에서의 실내음향 측정

2.1 측정 성당의 제원

* 정회원, 전남대 석사과정

** 정회원, 전남대 박사수료

*** 정회원, 전남대 건축학과 교수, 공학박사

본 연구는 광주지역내 35개의 성당 중 85년 이후에 건설된 성당으로 평면형태와 건축적 제원등 여러 건축적 요건을 조사하여 적정 성당 6개를 선정하였다.

표1은 특정성당의 제원을 나타낸 것으로 D, S, Y 성당은 장방형 형태로 D와 Y 성당은 제단을 모서리 한편에 위치 시켰고 S 성당은 우리나라 성당의 초기의 전형적인 직사각형태를 갖추고 있다. J, B, V 성당은 다각형 형태의 성당들로 J 성당을 제외한 B, V 성당은 최근에 완공된 것으로 다른 성당보다 규모가 크다.

표1. 측정성당의 제원

성당명	D	J	V
1층면적(m ²)	460	328	570
2층면적(m ²)	69	61	197
합계(m ²)	529	399	767
길이(m)	21	20	34
폭(m)	21	20	21.4
천정고(m)	8.1	7.8	7.7
발코니높이(m)	3.9	3.6	4.5
평면형	장방형	다각형	다각형
좌석수	300	320	593
성가대위치	후면발코니	후면발코니	후면발코니
온도(℃)	29	29	29
상대습도(%)	74	74	74
성당명	S	B	Y
1층면적(m ²)	460	520	1050
2층면적(m ²)	170	190	510
합계(m ²)	630	710	1560
길이(m)	30	27	37
폭(m)	17	20	33
천정고(m)	5.9	6	9
발코니높이(m)	2.5	3.5	3.2
평면형	장방형	다각형	장방형
좌석수	300	600	900
성가대위치	최상층중앙	최상층중앙	최상층중앙
온도(℃)	28	29	27
상대습도(%)	79	76	74

표2는 성당의 실내 마감 재료를 나타낸 것이다. 모든 성당의 성소 즉 제단이 있는 곳의 바닥은 카펫이 깔려 있으며 벽의 마감재료는 전체적인 성당내의 벽과는 사용 재료를 달리하여 대리석이나 벽돌로써 반사성 재료를 사용하고 있다. 또한 천정

부는 코펜하겐리브나 나무를 사용하고 있다. 회중석의 바닥은 대부분 테라조로 마감을 하였으며, V 성당의 경우는 통로에 카펫을 사용하였다. 벽에 사용한 재료로는 나무와 치장벽돌, 페인트 벽, 창 등으로 구성되어 있다.

천정은 음의 확산을 위해 나무와 시멘트 마감을 하였으며 D성당만이 흡음재인 유공판 보드를 천정에 사용하였다. 음원으로부터 멀리 떨어져 있는 발코니 부근에 D와 J 성당은 코펜하겐리브를 사용하여 확산을 꾀하고 있으며, V, S, B와 Y 성당은 반사재인 페인트 벽과 나무 등을 사용하고 있다. D, J 성당은 발코니 하부 천정을 미사 주공간의 천정과 달리 유공판 보드를 사용하여 흡음성능을 향상시키고 있으며, 그 외의 성당은 나무 재료를 사용하고 있다.

이와 같은 재료적인 차이로 인해 음향적 특성이 비슷한 용적이나 조건내에서 다소 차이를 보일 것으로 사료된다.

표2. 실내 마감재료

성당명		D	J	V
성소	바닥	카펫	카펫	카펫
	벽	대리석	전면부:대리석 양측벽:벽돌	벽돌
	천정	코펜하겐리브	나무	나무
회중석	바닥	현장테라조	현장테라조	디럭스타일 통로:카펫
	벽	페인트 벽	페인트 벽	페인트벽
	천정	유공판 보드	나무	페인트마감
발코니	의자	나무위비닐	나무위비닐	나무위비닐
	벽	코펜하겐리브	코펜하겐리브	페인트벽
발코니	하부천정	유공판보드	유공판보드	나무
	성당명	B	S	Y
성소	바닥	카펫	카펫	카펫
	벽	벽돌	벽돌	전면부:타일 양측벽:페인트벽
	천정	나무	코펜하겐리브	시멘트벽
회중석	바닥	티럭스 타일	티럭스 타일	현장테라조
	벽	벽돌	페인트벽	페인트벽
	천정	나무	페인트+나무	페인트벽
발코니	의자	나무위비닐	나무위비닐	나무위비닐
	벽	나무	나무	나무
발코니	하부천정	나무	나무	페인트벽

2.2 측정방법 및 내용

그림 1은 측정성당의 평면과 측정 위치를 나타낸 것이다. 선정된 6개의 성당 중 D성당과 J성당을 제외하고 나머지 4개의 성당은 평면상 좌우 대칭이므로 중앙선을 기준으로 하여 한쪽만을 측정하였으며 실내에 가상의 그리드를 만들어 측정 위치를 선정하였다.

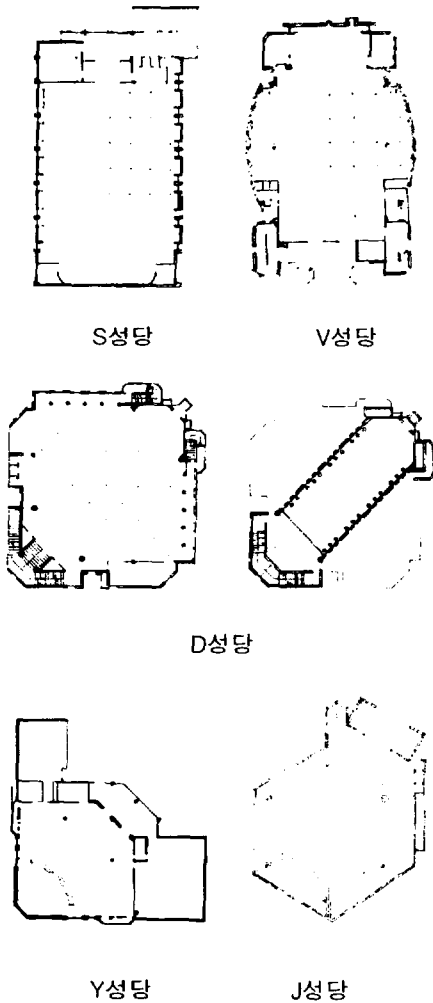


그림 1. 측정성당의 평면

음원은 표준음원인 12면체 스피커를 사용하였으며 본당 제단 중앙에 두었다. 음원은 중앙선상에 삼각대를 이용하여 1.5m 높이에 설치하였으며, 각 수음점인 마이크로폰은 각 측정점의 바닥에서 1.2m 높이에 설치하여 마이크로폰의 단부의 위치

를 수음자의 양쪽 귀 높이와 동일하도록 하였다.

측정은 ISO 3382 (Acoustics-Measurement of the reverberation time of room with reference to other acoustical parameters)에 준해 실시하였다.

측정기기 내역은 다음과 같으며, 측정기기의 구성도는 그림 2와 같다.

- ① ASA-2 Real Audio & Sound Analyzer (ETANI)
- ② Non-directional 12면 Speaker (Do12)
- ③ Microphone, Preamplifier (EATANI)
- ④ Amplifier (Inter-M)
- ⑤ Notebook Computer (IBM)
- ⑥ Tripod

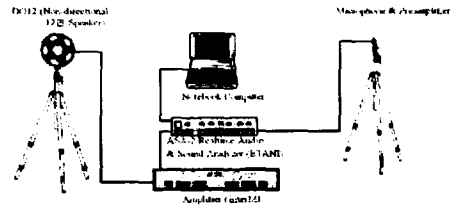


그림 2. 측정기기의 구성도

3. 측정결과 및 분석

3.1 SPL

그림 3은 성당별 음압레벨의 표준편차를 나타낸 것이다. Y와 V 성당의 경우 체적이 다른 성당에 비해 크기 때문에 편차가 크지만 전체적으로 음압레벨의 표준편차는 1.6dB~2.6dB 정도로 고른 음압레벨 분포를 보이고 있다.

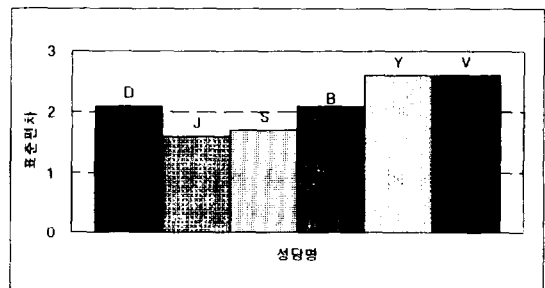


그림 3. 성당별 음압레벨의 표준편차

그림 4는 음압레벨의 최대 최소치를 나타낸 것이다. S, D, B 성당은 최대 최소 레벨차가 6.9~8.9dB 정도이며 J, Y, V성당은 9.9dB~10.9dB의 차이를 보이고 있다. 음원과 가장 가까운 위치에서 최대치를 보이고, 발코니 하부와 뒷부분의 20번 위치에서 최소치를 보이고 있다. 이는 거리에 따른 감쇠와 발코니 하부에 반사음의 전달이 효과적으로 이루어지지 않고 있음을 보이고 있다.

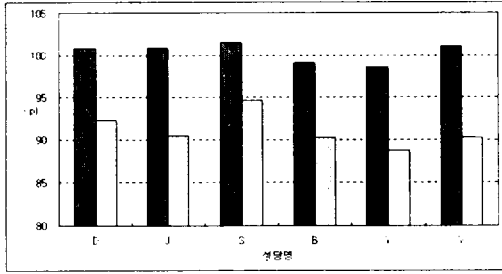


그림4.성당별 최대 최소 음압레벨

3.2 RT와 EDT

그림5, 6은 각 성당에서의 RT와 EDT 값을 나타낸 것이다. RT 값은 각 성당별로 차이가 있지만 V, S 성당을 제외한 4개의 성당에서는 전 주파수대에 일정한 잔향시간 특성을 보이고 있으며, EDT 값은 RT 값보다 저주파수 대역에서 짧게 나타나고 있음을 알 수 있다.

같은 마름모형태임에도 불구하고 D와 Y 성당에서 잔향시간이 차이가 많이 나고 있다. 이는 Y 성당의 실용적이 D성당의 2배 이상으로 넓고, 절반 이상이 발코니로 덮혀 있어 음향에 따른 차이가 다른 성당과 다를 것으로 사료된다.

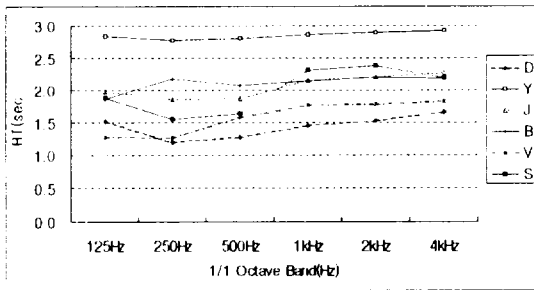


그림5.주파수별 RT값

J, B 성당은 2초대에 가까운 비교적 긴 잔향 시간을 가지고 있으며, V, S 성당은 1.5초를 상회하는 비교적 양호한 잔향 시간을 가지고 있다.

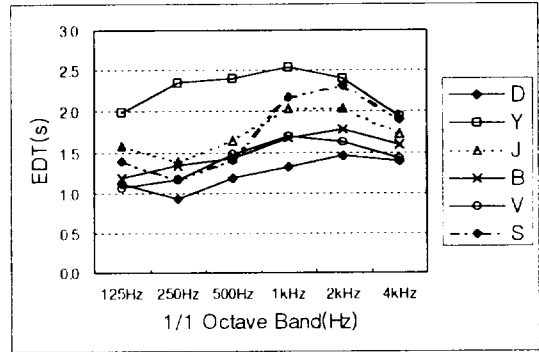


그림6.주파수별 EDT 값

그림 7은 각 위치별 RT값을 주파수 대역별로 나타낸 것이다. 250Hz 대역에서 측정 위치와 상관 없이 가장 낮은 값을 보이고 있으며 4KHz 대역에서 최대의 값을 보이고 있다. 그래프의 형태를 살펴보면 정중앙과 중앙부 벽쪽에서의 주파수별 그래프 양상이 비슷함을 알 수 있다.

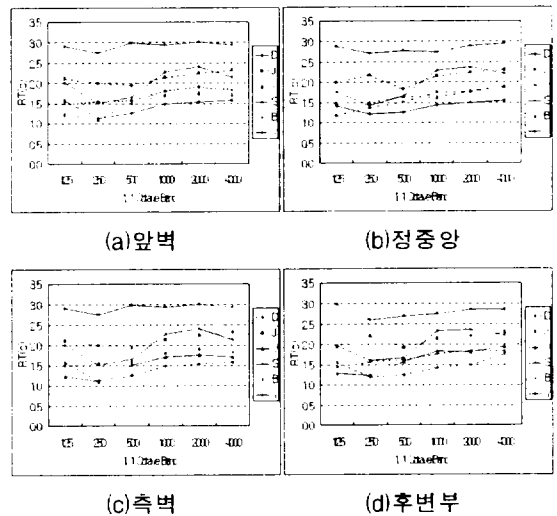


그림7. 각 위치별 RT 값

그림8은 성당별 각 측정점 (벽부근과 중앙, 뒷부분)에서의 RT 값을 비교한 것이다. 4곳에서의 큰 차이는 보이고 있지 않지만 Y 성당의 경우 규모가

크고 발코니석이 미사공간의 전면부를 덮고 있기 때문에 약간의 값의 차이를 보이고 있다.

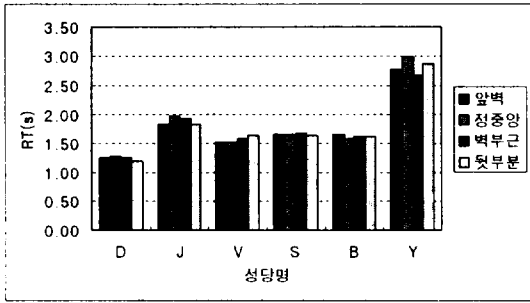


그림 8. 각 성당별 측정점의 RT 값 비교

3.3 초기음에너지 비율과 선명도

그림9, 10은 각성당의 C_{80} 과 D_{50} 값을 나타낸 것이다. Y성당의 경우 실용적이 크고, 나무, 돌, 유리 와 같은 재료를 사용하여 흡음성 재료들이 거의 없어 잔향시간이 길어 실내의 명료도는 다른 성당에 비해 명료성이 떨어져 미사시 울림이 있어 설교를 듣는데 다소 어려움이 발생할 것으로 판단된다.

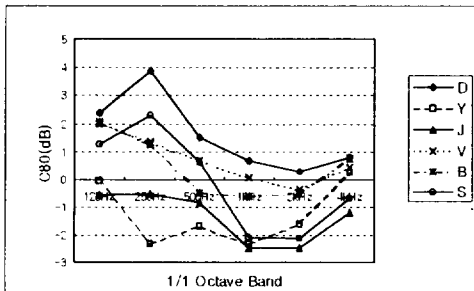


그림 9. 주파수별 C_{80} 값

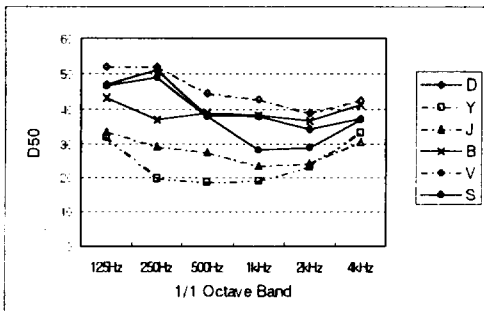


그림 10. 주파수별 D_{50} 값

D_{50} 값은 다목적 홀에서는 55% ~ 60%, 음악당에서는 30%~40%의 적정값에 대한 비교를 하였으며, 그 결과 Y, J 성당을 제외하고 모든 성당에서 음악에 적절한 정도의 수준을 나타내었으며, C_{80} 값 또한 음악을 듣기에 적절한 정도의 선명도를 나타낸다고 하는 ± 2 이내의 범위에 있다.

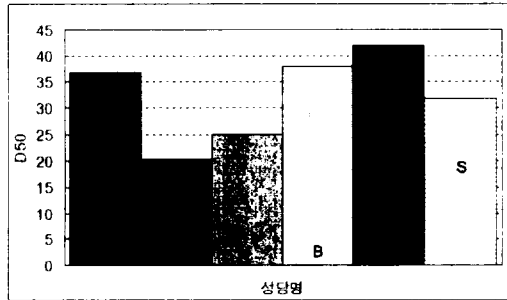


그림 11. 성당별 D_{50} 값

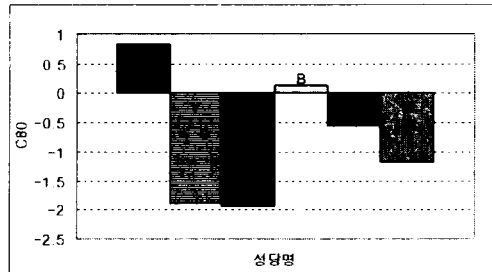


그림 12. 성당별 C_{80}

3.4 STI

그림13는 각 성당별 STI 값이다. J, Y, S 성당의 경우 음성정달지수가 0.4 정도의 분포를 보였으며, D, V, B 성당의 경우에는 0.45~0.6 이상의 범위를 나타내어 상대적으로 높게 나타났는데 이는 천정

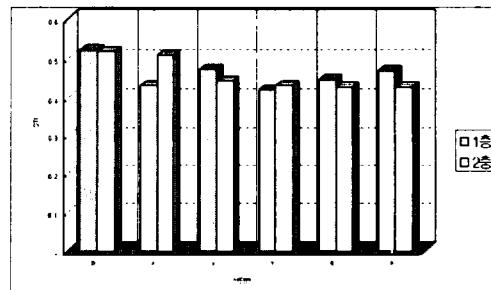


그림 13. 성당별 STI 값

의 반사재로 인해 음의 확산이 효과적으로 이루어졌기 때문에 사료된다.

4. 결론

본 연구는 성당 본당에서의 실내음향 측정을 통하여 그 결과를 비교, 분석함으로써 미사공간에 대한 일반적인 실내음향특성을 분석하고자 하였으며, 그 결론을 요약하면 다음과 같다.

(1) 음압레벨의 분포

가장 바람직한 음압레벨분포는 전체적으로 많은 편차 없이 고른 음압레벨분포를 갖는 것이다. 각 성당에서의 위치별 음압레벨분포를 살펴본 결과 발코니 하부와 성당용적이 큰 경우 음원으로부터 거리가 멀리 떨어진 발코니 상부에서의 편차가 크게 나타났다. 따라서, 성당내에서 보조적으로 PA 시스템으로 보강을 하지만, 기본적으로는 천장면 및 음원근처 벽면의 반사면 계획을 통하여 음의 보강을 효과적으로 이루어야 할 것으로 사료된다.

(2) 울림에 관한 지수

각 성당에서의 잔향시간은 1초에서 3초까지 비교적 다양하게 나타났다. 하지만 잔향시간 및 초기 감쇠시간의 주파수별 특성은 250Hz 대역 부근의 시간이 상대적으로 짧게 나타났다. 그 이유로는 실내 좌석이 비어있는 상태였으며 또한 성당 내부 많은 면을 차지하고 있는 벽 및 천장의 반사면이 나무판과 같은 판진동형 흡음재를 사용하고 있기 때문으로 사료된다. 따라서, 이 부분에 대하여서 좌석이 점유될 경우와 실내 반사면에 흡음재가 설

치된 실에서의 비교가 더 이루어져서 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

(3) 명료성에 관한 지수

측정대상 성당에서의 D50값은 45% 이하의 낮은 값을 나타내었다. 또한 C80값은 -2에서 +1dB의 범위를 나타내고 있음을 확인하였다. 이는 본당 내부의 조성이 음성전달적 요소보다는 음악 혹은 울림이 다소 있는 분위기를 연출하는 측면에서 이루어지고 있음을 알 수 있다.

참고문헌

1. 윤장섭, 건축음향계획론, 동명사, 1990.10
2. 선병택 역, 소음진동대책핸드북, 집문사, 1983
3. 박병전 역, 건축음향, 기문당, 1989.1
4. 정일록, 소음진동학, 신광출판사, 1994
5. 정일록, 소음진동 이론과 실무, 신광문화사, 1995.1
6. 김희강 외, 최신소음진동학, 동화기술, 1995.1
7. 한국소음진동공학회, 소음진동편람, 한국소음진동공학회, 1995.12
8. 최병호, 건축음향설계, 세진사, 1988.1
9. 한기선역, V. O. Knudsen, C. M. Harris저, 건축의 음향설계,
10. 박현구, 김선우, 이성호, 전지현, 교회예배당의 음향특성에 관한 실험적 연구, 한국소음진동공학회 추계학술발표대회논문집, 1998.11
11. 김효균, 음악당의 음향특성 평가에 관한 연구, 경희대학교 석사학위논문, 1992.6