

# 교회규모에 따른 음향성능 조사분석

이세나\*, 이환희\*\*, 한찬훈\*\*\*

충북대학교 건축공학과

## Investigation of Acoustic Properties of Churches Depending on the Size of Halls

Lee Sena, Lee Hwan-Hee, Haan Chan-Hoon

Dept. of Architectural Engineering , Chungbuk National University

Email : ssena@hanmail.net\*, lhwanh@freechal.com\*\*, chhaan@cbucc.chungbuk.ac.kr\*\*\*

### 요약문

우리나라의 교회는 점점 신도수가 늘어나면서 점차 대형화되어가고 있으며 많은 첨단 설비를 갖추고자 하는 교회도 적지 않다. 하지만, 교회설계에 있어서, 대체로 그 형태와 규모만 중요시될 뿐, 그 기능에 적합한 건축물을 짓는데 소홀해 왔던 것이 사실이다. 교회의 예배공간에서 이루어지는 음향적인 매개체는 찬양과 설교인데, 이 두가지의 물리적 특성이 다르기 때문에 교회건축에 있어 실내음향은 어려운 과제라고 할 수 있다. 즉, 성가는 긴 잔향시간과 음의 따뜻함(Warmth)과 친밀감(Intimacy)등이 중시되는 반면, 설교는 소리의 명료도, 이해도(intelligibility) 등이 중시되는 등 그 음향적인 특성이 달라, 각기 다른 음향환경을 요구하기 때문에 강당이나 음악당보다 교회음향이 건축적으로 난점이 있다고 하겠다.

본 연구는 최근에 시뮬레이션을 통해 음향설계를 실시한 규모가 각기 다른 예배실의 채원과 음향성능을 조사하고 그 특성을 비교, 분석하여 일반적인 음향성능을 개선하기 위한 방안을 모색하여 교회 음향설계단계에 자료를 제공하고자 한다.

이를 위하여 예배실의 규모에 따라 5개의 교회를 선정하였으며 시뮬레이션을 통해 얻어낸 각 교회의 성가시, 설교시 실내음향인자값(SPL, RT, C80, RASTI)과 마감재료 등을 조사하고, 비교하였다. 대체로 규모가 큰 교회에서 음압레벨이 작게 나타났고, 잔향시간도 실의 체적이 클수록 크게 나타났지만 마감재료와 형태에 따라 차이를 보였다. 또, 대형교회의 음향적 결함을 보완하기 위해서는 건축의 형태, 재료는 물론, 전기음향설비의 보강이 중요하다고 하겠다.

### 1. 서론

교회설계에 있어서 그 형태와 규모 뿐 아니라, 예배에 적합한 실의 음향 환경도 매우 중요하리라 생각하였다. 예배는 대체로 시각과 청각적인 행위로 이루어지고 특히 개신교 교회에서는 음향환경의 중요성이 더 크기 때문이다. 따라서 교회는 우수한 실내음향환경이 갖추어져야 할 필요가 있다. 하지만, 성가는 음의 따뜻함(Warmth)과 친밀감(Intimacy)등이 중시되고, 설교는 소리의 명료도(Clarify), 이해도(Intelligibility) 등이 중요함으로 음향적으로 상반된 조건을 요구하고 있다.

따라서 본 논문의 목적은 규모가 다른 교회들의 건축적 채원과 실내음향성능을 조사하고 각 실의 음향특성을 비교, 분석하여 일반적인 음향성능을 개선하기 위한 방안을 모색함으로써 교회설계단계에서 필요한 자료를 제공하고자 하는 것이다.

이에 규모와 형태가 각기 다른 5개의 예배실에서 시행한 기존의 음향설계의 사례를 고찰하여, 각 실의 음향특성과 차이점을 찾아내고 비교 검토하였다.

먼저 연구의 대상이 된 5개 교회들의 건축적 채원 및 마감재료, 체적 그리고 쉼적잔향시간 등을 정리하고, 본 연구에 사용한 음향시뮬레이션에 대해 설명하였으며 시뮬레이션 결과 얻어낸 각 예배실의 음압레벨(SPL), 잔향시간(RT), 음악명료도(C80), 음성명료도(D50), 이해도(RASTI)를 비교하여 각 실의 특성과 차이점을 알아내어 분석한다. 마지막으로 시뮬레이션 값으로 얻어낸 각 교회의 음향특성의 분석결과와 각 예배실에 쓰인 음향설계와 실제 마감재료 등을 기본으로 일반적인 대안을 정리하였다. 이를 통해 규모와 형태에 따른 일반적인 설계안을 도출하고자 했다.

## 2. 컴퓨터 시뮬레이션

### 2.1. 대상교회의 개요

교회규모에 따른 구분에서 연구의 편의에 따라 2000석 이하를 소규모로, 1500석부터 3000석까지를 중규모로, 3000석 이상을 대규모로 규정하였으며 대상교회의 평면을 중심으로 측벽이 평행한 것과 평행하지 않은 것을 나누어 구분하였다. 본 연구에서 규모에 따라 선정된 5개 교회의 개요와 건축적 제원은 표1 과 표2에 나타난 바와 같다.

<표 1> 규모별 조사대상교회의 개요

규모	소		중		대	
	비평형	평형	비평형	비평형	평형	평형
교회	KS교회	YN교회	SD교회	SY교회	KB교회	
좌석수	840석	1500석	2600석	3800석	8000석	
위치	서울시 망우동	서울시 저동	청주시 미평동	부산시 우2동	서울시 망우동	
형태						

<표 2> 예배실들의 기본계획에 따른 건축적 제원

규모	소		중		대	
	비평형	평형	비평형	비평형	평형	평형
교회명	KS	YN	SD	SY	KB	
주용도	교회음악 및 예배		예배	예배	예배	
좌석수 (석)	840	1,500	2,600	4,500	8,000	
실체적 (m <sup>3</sup> )	3,137	9,800	15,133	27,000	55,000	
바닥면적 (m <sup>2</sup> )	800	1,048	1,430	3,376	4,500	
치수 (m)	길이	20.0	33.6	39.9	41.0	35.0
	폭	30.0	27.5	54.8	50.4	55.4
	높이	9.8	13.0	12.7	13.6	15.4
1석당 점유면적 (m <sup>2</sup> /석)	0.95	0.70	0.55	0.75	0.56	
1석당 점유용적 (m <sup>3</sup> /석)	3.73	6.53	5.82	8.22	6.88	
강단면적 (m <sup>2</sup> )	71	115.4	68.3	160	91.7	

### 2.2. 시뮬레이션 개요

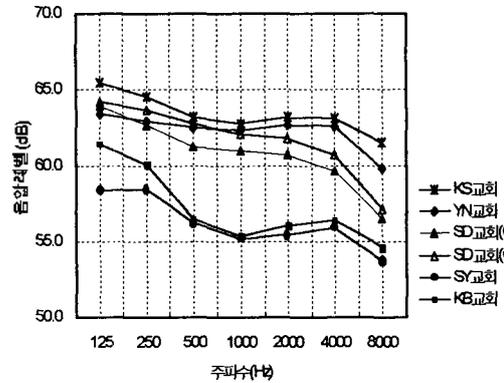
컴퓨터 시뮬레이션에서 사용한 분석프로그램은 ODEON이며 각 교회의 3D도면에 각 부위별로 마감재료를 적용하여 예배실 상태를 가지적으로 재현하였다. 음원은 자연음원의 경우 성가대석울, 전기음원의 경우는 실제 speaker 위치를 따라 선정하였다. 특히, 성가시나 설교시의 총음향출력레벨은 90dB로 통일하였으며 각 교회의 규모에 따라 수음점을 설정하여 구역별로 바닥에서 1.2m 떨어진 위치를 지정하였다.

## 3. 실내음향 분석

### 3.1. 음압레벨(SPL)

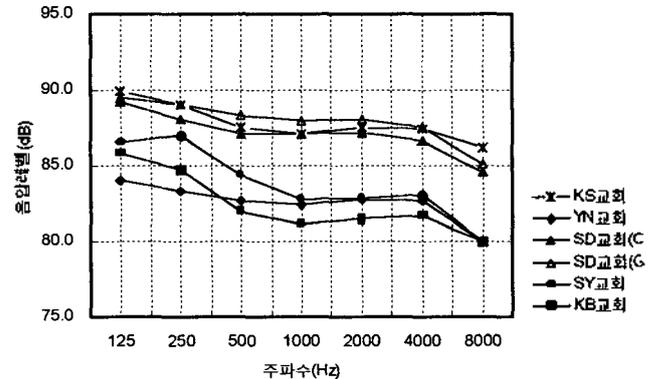
그림1과 그림2는 각 예배실이 만석일 때를 가정하여 얻은 성가시와 설교시의 음압레벨이다. 여기에서 대체로 큰 체적일수록 음압레벨이 작은 것을 알 수 있다. 일반적으로 음압레벨은 음선거리가 길어질 경우 측정지점에 도달하였을 때 에너지의 양이 작아지게 되는데, 규모가 큰 공간일수록 음원에서 수음점까지의 거리가 멀어 음압레벨이 저하되는 공간이 많기 때문에 나온 결과라고 볼 수 있다.

SD교회의 경우 뒷벽 전체가 Glass wall로 시공되어 예배시 지나친 음의 반사가 예상됨에 따라, 흡음 커튼을 설치하여 가변적으로 사용하게 되었다. 이에 본 연구에서는 뒷벽에 커튼을 설치한 경우(SD-C)와 뒷벽재료가 유리인 경우(SD-G)로 나누어 분석하였다.



(그림 1) 각 교회의 성가시 주파수별 평균음압레벨(dB)

그림2는 각 교회별 설교시 평균 음압레벨을 그래프로 나타낸 것이다. YN교회의 경우는 설교보다는 성가를 중심으로 설계되어 설교시 음압레벨은 같은 정도 규모의 예배당보다 작게 나타났다.



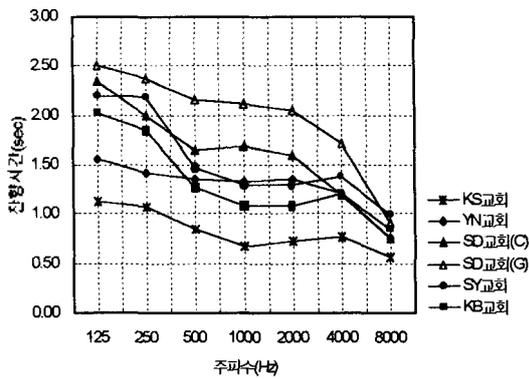
(그림 2) 각 교회의 설교시 주파수별 평균음압레벨(dB)

그림1과 그림2에 보면 규모가 3000석 이상인 SY교회와 KB교회의 음압레벨이 3000석 이하의 예배실에서

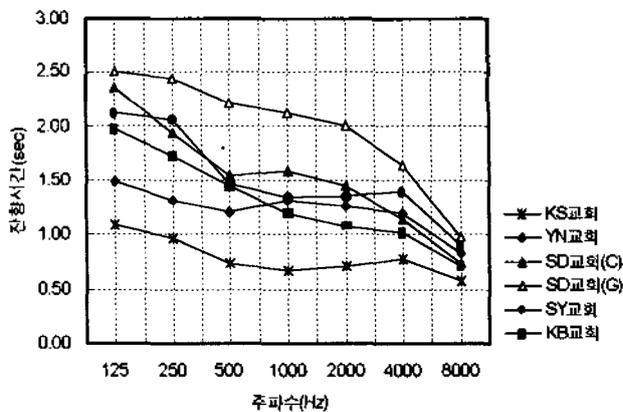
보다 두드러지게 작은 것 볼 수 있다. 이를 보강하기 위해서, 대규모 교회에서는 성가시, 설교시 모두 전기 음향시스템의 역할이 중요하리라 생각된다. 실제로 대규모의 다목적홀에서 균동한 음압레벨과 잔향시간을 유지하기 위해, 음장지원시스템을 적용하기도 한다.<sup>1)</sup>

### 3.2. 잔향시간(RT)

그림3과 그림4는 각 예배당에서 만석시를 기준으로 성가시와 설교시의 잔향시간을 나타낸 것이다. SD교회의 경우는 후면벽의 재료를 커튼과 유리로 나누어 분석했는데, 음압레벨에서는 거의 차이가 없었으나, 잔향시간은 성가시 최대 0.5초, 설교시 0.67초의 큰 차이를 보였다.



(그림 3) 각 교회의 성가시 잔향시간 (sec)



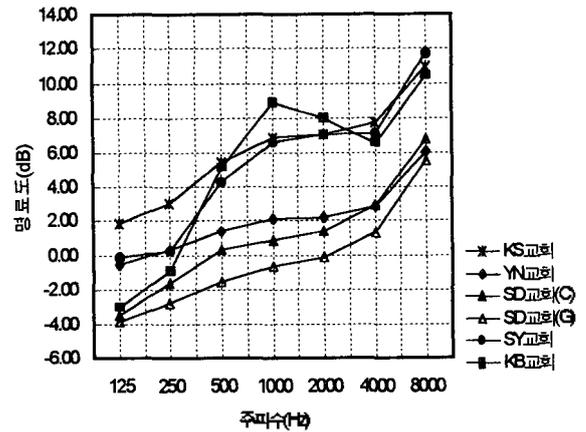
(그림 4) 각 교회의 설교시 잔향시간 (sec)

성가시와 설교시 모두 공기에 의한 흡음의 영향을 많이 받는 고주파에서의 잔향시간은 적게 나왔다. SD-G의 잔향시간이 전체적으로 크게 나왔는데, 이는 뒷벽이 유리로 전환된 경우 재료의 흡음률이 작아지기 때문이다.

### 3.3. 음악 명료도(C80)

각 교회에서 자연음원을 사용하였을 경우를 기준으

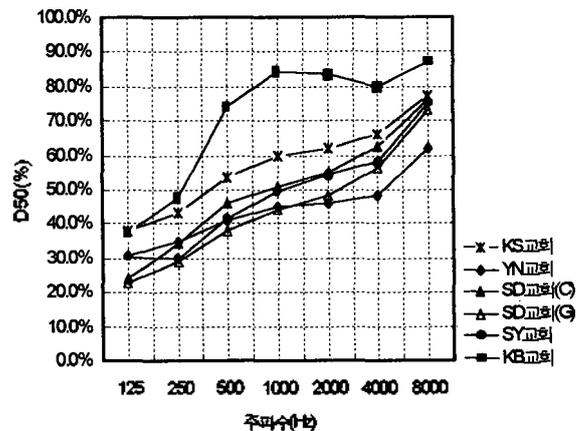
로 분석하여 그림5에 나타내었다. 일반적으로 C80값이 0dB 이상으로 나타나면 직접음에 의한 음의 전달이 반사음에 의한 음의 전달량보다 더 많다는 것을 알 수 있다. 본 시뮬레이션에서 SD교회의 후면벽을 유리로 설정한 경우의 C80 값이 가장 낮게 나타났는데, 이는 후면벽의 재료의 영향으로 잔향시간이 길어짐에 따른 것이다. 이 표에서는 앞의 잔향시간과 비교하였을 때, 잔향시간이 길수록 명료도가 떨어진다는 일반적인 사실을 확인시켜주고 있다.



(그림 5) 각 교회의 주파수별 음악 명료도(C80) 비교

잔향시간이 길게 나타난 저주파에서는 반대로 음의 명료도가 떨어지는 것을 알 수 있다. 주파수에서 뿐 아니라, C80 주파수별 평균 값에서도 잔향시간이 높았던 실은 음악 명료도 값이 낮다. 다른 예배실과는 달리 가장 규모가 큰 KB교회의 경우, 중간 주파수 대의 C80값이 현저하게 높게 나온 것을 볼 수 있다.

### 3.4. 음성 명료도(D50)

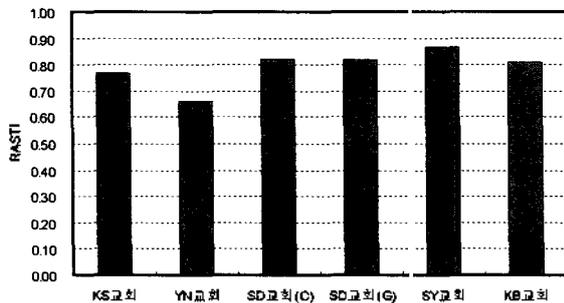


(그림 6) 각 예배실의 음성명료도(D50)

그림6은 각 예배실의 음성 명료도를 보여주고 있다. 예배보다는 성가를 중시하는 YN교회를 제외하고는 대체로 규모가 작은 교회에서 음성명료도도 높은 편이다. 하지만, KB교회의 경우 그 값이 모든 주파수에서 크게 나타났다. 이것은 마감재료 중 흡음재료의 사용이 다른 교회들 보다 많이 사용되었기 때문이다.

### 3.5. 음이해도(RASTI)

대체로 교회의 경우 RASTI 값은 최소한 0.60 이상의 값을 만족하는 것이 좋으며 0.70 이상의 값이 바람직하다. 각예배실의 RASTI 값은 그림7에 나타난 바와 같다. 대부분의 교회가 0.6이상을 넘어서고 있으며, 교회의 적정 RASTI값인 0.7이상의 값을 나타내었다.



(그림 7) 각교회의 RASTI 비교 그래프

YN교회에서 RASTI값(0.66)이 가장 작게 나온 것은 성가 및 찬양을 주 목적으로 하는 공간임으로 실내의 마감재 반사성이 강한 자재로 마감된 때문이다. 또, SD교회의 경우, 뒷벽 재료와 무관하게 RASTI값은 동일하게 나온 점도 주목할 만 하다.

## 4. 결론

각 교회를 규모에 따라 2000석 미만, 3000석 미만, 3000석 이상으로 구분하고, 형태에 따라 측벽이 평행한 평면과 평행하지 않은 경우로 구별하여 각 예배실의 주요음향지수를 정리하였다. 규모에 따른 교회의 실내음향특성을 조사하고 각 교회별 시뮬레이션을 실시한 결과와 그 대책을 정리하면 다음과 같다.

1) 규모가 3000석 이상인 교회의 음압레벨이 3000석 이하의 예배실에서 보다 두드러지게 작은 것 볼 수 있다. 이를 보강하기 위해서 대규모 교회에서는 건축형태나 재료를 통한 건축음향설계 이외에 전기음향적인 시스템의 보강이 필요하다.

2) 잔향시간은 1좌석당 점유 용적과 대체로 비례하지만, 성가시 설교시 모두 공기에 의한 흡음의 영향을 많이 받는 고주파에서 잔향시간은 작게 나왔다. 예배실이 커질 수록 이러한 현상은 증가함으로 대형교회의 경우 예배실의 뒷벽과 천장에 판상재를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다. 조사결과 실내마감재료가 잔향시간에 주는 영향이 매우 큰 것을 알 수 있다.

3) 일반적으로 음악명료도(C80)값이 0dB이상으로 나타나면 직접음에 의한 음의 전달이 반사음에 의한 음의 전달량보다 더 많다는 것을 알 수 있다. SD-G의 경우를 보면 뒷벽재료의 변경에 따라 음압레벨(SPL)과 음이해도(RASTI) 값의 변화는 거의 없었으나, 잔향시간과 음악명료도(C80)에는 매우 큰 영향을 주었다.

4) 잔향시간이 길게 나타난 저주파에서는 반대로 음의 명료도가 떨어지는 것을 알 수 있다. 저주파수에서 뿐 아니라, 잔향시간이 높은 예배실의 음악 명료도(C80)와 음성명료도(D50) 값이 낮게 나타났다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때, 소규모 교회에서는 잔향시간을 좀 더 충분하게 설계함으로써, 음의 충만함을 꾀하고, 음악의 명료도가 지나치게 높아 소리가 건조하게 들리는 것을 방지할 필요가 있으며, 3000석 이상의 초대형규모 예배실에서는 음압레벨, 잔향시간 등 음향환경 개선을 위해 기본계획단계 시 음향설계를 통해 건축형태와 재료를 결정하고, 이와 더불어 전기음향을 통한 음장지원이 요구될 것으로 생각된다.

## 참고문헌

- [1] David Lubman, Acoustics of worship spaces, Acoustical Society of America, 1985.
- [2] G. Naylor, J. H. Rindel, "ODEON room acoustics program, Version 2.5, User manual", The Acoustics Laboratory, Technical University of Denmark, Lyngby, 1994.
- [3] J.J.Sendra, Computational Acoustics in Architecture, WITpress, 1999.
- [4] 永田穂, 室内音響設計基準の考え方, 일본음향학회지, 1997.
- [5] 佐久間哲哉, 실내음향설계에서의 시뮬레이션 기술 활용, 일본음향학회지, 2001.
- [6] 川上福司, 음장지원시스템의 전망, 일본음향학회지 58권1호, 2002.
- [8] 김재봉, 이경희, 한운호, 교회건축의 실내음향환경고찰, 대한건축학회논문집, 1985.
- [9] 박현구, 교회예배당의 실내음향특성에 관한 실험적 연구, 전남대학교 대학원 석사학위논문, 1999.