

음향시뮬레이션을 이용한 이리 S교회 음향성능 개선에 관한 연구

A Study on the Improvement of I-ri S Church using Acoustic Simulation

한성규† · 김재수*

Han, Sung-Kyu · Kim, Jae-Soo

1. 서론

최근 건립되어진 교회들의 경우 하나의 공간에서 여러 가지 장르의 음악공연 및 강연 콘서트 등 다목적 홀의 역할을 소화하고 있어 적절한 울림과 명료성이 확보되어야 한다. 하지만, 대상 이리 S교회의 경우 미적요소만을 강조한 채 음향적 특성을 고려하지 않고 건립되었으며 성가대의 불규칙한 위치 등으로 인해 많은 음향적 문제점이 발생하고 있어 음향적 성능 개선이 시급한 상황이다. 따라서 본 연구는 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 최적화된 음향성능을 갖는 교회를 설계하고자 선행연구에서 음향적 결함이 발생하는 이리 S교회를 대상으로 음향시뮬레이션을 이용하여 최적의 음향성능을 갖는 S교회의 음향성능을 제안하고자 하였다. 이렇게 파악된 자료는 향후 대형 교회건립 시 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료를 제공하고자 한다.

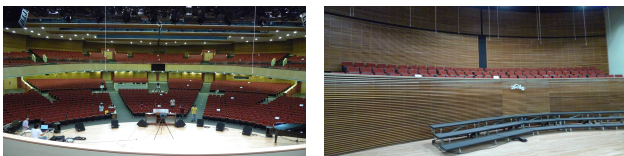
2. 개요 및 측정방법

2.1 S교회의 개요

이리 S교회는 전북 익산시 마동에 위치하고 있으며, 본당은 체적이 16,000m³으로 총 2350명의 인원을 수용할수 있는 대규모 교회 건축물 중 하나이다. 표 1.과 그림 1.은 S교회의 제원과 형태이다.

표 1. S교회의 제원

구분	제원	구분	제원	
면적	1층	약 1,698m ²	길이	약 47.7m
	2층	약 800m ²	폭	약 46.3m
체적	약 16,000m ³			



(a) 객석 모습 (b) 성가대 모습

그림 1. S교회의 모습

이리 S교회의 특징은 목사님의 설교 외에도 여러 가지 공연이 이루어질 수 있는 다목적 홀의 개념도 가지고 있다. 또한 성가대의 위치가 무대 바로 뒤쪽에 붙어있어 다른 교회와 차이가 있다. 이는 마치 음악공연 시 뒤에 코러스가 있는 형태를 띠고 있으며, 실제로도 합창 외에도 여러 가지 음악공연이 이루어짐을 알 수 있다.

표 2. 개선 전 이리 S교회의 마감 재료별 흡음률

위치	마감 재료	주파수(Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
벽	1층후벽	0.2	0.48	0.75	0.58	0.68	0.69
	2층후벽	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
	후벽	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	전,측벽	0.15	0.08	0.07	0.05	0.06	0.05
천정	지붕	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
	반사판	0.49	0.66	0.8	0.88	0.82	0.7
바닥	카펫	0.44	0.56	0.67	0.74	0.83	0.87
	객석(공석)						

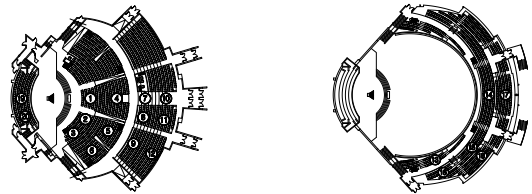
† 한성규 : 원광대학교 건축공학과, 석사과정
sk90672443@hanmail.net / (063)857-6712
* 김재수 : 원광대학교 건축공학과, 교수

표 3. 변경된 이리 S교회의 마감 재료별 흡음률

위치	마감 재료	주파수(Hz)					
		125	250	500	1k	2k	4k
벽	2층후벽	0.25	0.14	0.1	0.04	0.1	0.09
	후벽	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04
	측벽	0.36	0.44	0.31	0.29	0.39	0.25
천정	반사판	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04

2.2 Computer simulation 개요

연구대상 S교회의 음압분포 및 실내음향 파라미터의 예측분석은 음선추적법(Ray-tracing method)과 허상법(Image model method)에 의한 3차원 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하였으며 사용 프로그램은 Odeon 4.21이다. 음원 및 수음점의 위치는 그림 3. 과 같다.



(a) 1층 평면도

(b) 2층 평면도

그림 3. 대상 S교회의 각 층 평면도 및 수음점의 위치

대상 S교회는 평면이 대칭이므로 홀의 무대를 기준으로 그리드(Grid)를 설정하여 비교적 고르게 분포되도록 20개소의 수음점을 선정하였다. 그림 4.는 대상 S교회의 음선추적도를 나타낸 그림이다.

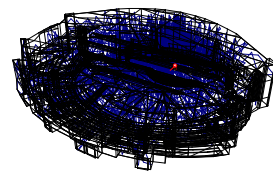
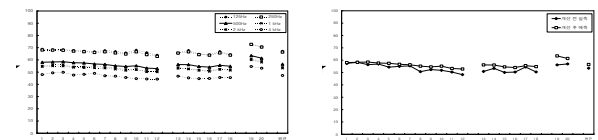


그림 4. 대상 S교회의 음선추적도

4. 분석 및 고찰

4.1 음압레벨(SPL)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 실의 형태와 내부공간의 구성에 따라 매우 중요한 의미를 갖으며, 객석의 균등한 음압분포는 소리의 직접음과 초기반사음 에너지의 양에 따라 결정된다. 연구대상 교회를 대상으로 20개 수음점에서 주파수별 음압레벨(dB)은 그림 4. 와 같다.



(a) 개선 후 예측

(b) 개선 전·후 음압레벨 비교 모습

그림 4. 개선 전·후 수음점에 따른 음압레벨(dB)

그림 4.를 보면 평균의 기준이 되는 500Hz에서 음압레벨이 개선 전은 53.52dB, 개선 후는 56.53dB로 나타났으며, 표준편차는 개선

전 3dB, 개선 후 2.6dB로 나타났으며 개선 후 평균값이 3.01dB 높아졌음을 알 수 있다. 이는 성가대석이 무대 뒷쪽에 있기 때문에 19, 20번 수음점에서는 음압레벨이 높아지기 때문이다.

4.2 잔향시간(RT)

잔향시간은 울림의 양에 대한 가장 중요한 평가지수이며 정상 상태의 음이 60dB 감쇠하는 데까지 소요되는 시간으로 정의된다. 실의 용도와 체적에 맞는 대상 교회의 최적 잔향시간은 그림 5. 와 같다.

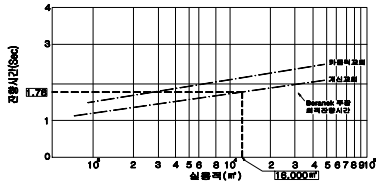
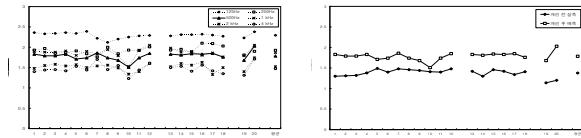


그림 5. 각 실의 잔향시간 범위표(500Hz와 1000Hz의 평균)
 그림 5.를 보면 실의 체적과 사용 목적에 따른 이리 S교회의 500Hz 최적 잔향시간은 1.78초로 나타났다. 위의 내용을 바탕으로 개선 전·후 20개의 수음점에서 파악한 개선 전·후 잔향시간은 그림 6.과 같다.

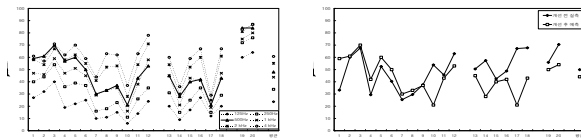


(a) 개선 후 예측 (b) 개선 전·후 잔향시간 비교 모습
 그림 6. 개선 전·수음점에 따른 잔향시간(sec)

그림 6.에서 개선 전·후 500Hz의 잔향시간을 살펴보면, 좌석별 잔향시간의 평균이 개선 전 1.38초, 개선 후 1.79초로 나타나 개선 후의 잔향시간은 최적 잔향시간을 만족하고 있다. 이러한 잔향시간의 결과로 미루어볼 때, 개선 전보다 개선 후 대상 S교회의 경우 만족할만한 음향성능을 나타내는 것으로 사료된다.

4.4 음성명료도(D₅₀)

회화의 명료도에 관한 지수중 강연을 대상으로 하는 D₅₀은 음의 발생이 중지한 후 50ms이내의 직접음 및 초기반사음이 직접음을 보강하는 명료도를 좋게 하는 것으로, 음과 충에너지의 비인 Definition 또는 Deutlichkeit를 말한다. 연구대상 교회를 대상으로 20개의 수음점에서 주파수별 음성명료도는 그림 8. 과 같다.

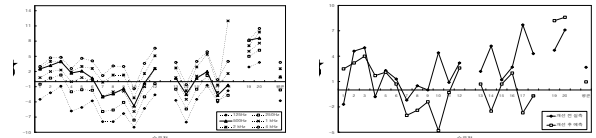


(a) 개선 후 예측 (b) 개선 전·후 음성명료도 비교 모습
 그림 8. 개선 전·수음점에 따른 음성명료도(%)

그림 8.을 보면 개선 전·후 500Hz에서 음성명료도는 개선 전 평균 49.93%, 개선 후 44.1%로 나타났다. 이는 개선 전 흡음체의 영향으로 잔향시간이 낮게 나타났으며, 개선 후 음압레벨이 약 5.8% 낮아져 관객이 명료한 음성을 듣는데 무리가 없는 것으로 사료된다.

4.5 음악명료도(C₈₀)

음악에 대한 명료도지수(Clarify Index)인 C₈₀은 너무 클 경우 연주음이 너무 건조하고 딱딱해서 충분한 음량과 음색으로 이를 감상하기 어려워지기 때문에 음향설계 시 음성명료도와 함께 고려해야 할 평가지수이다. 20개의 수음점에서 주파수별 음악명료도를 파악한 결과는 그림 9. 와 같다.



(a) 개선 후 예측 (b) 개선 전·후 음악명료도 비교 모습
 그림 9. 개선 전·수음점에 따른 음악명료도(dB)

그림 9.를 보면 500Hz에서 음악명료도는 개선 전 평균 2.68dB, 표준편차 2.68dB, 개선 후 평균 0.96dB, 표준편차 3.47dB로 나타났다. 일반적으로 음악당 내에서 C₈₀의 적정 허용값은 ±2dB인데 개선 후 이를 만족하고 있으므로 대상 S교회에서 노래나 악기연주를 할 경우 풍부하고 충분한 음악을 감상할 수 있을 것으로 사료된다.

4.6 음성전달지수(RASTI)

음성전달지수는 실내에서 음성의 전달에 따른 이해도(Speech Intelligibility)를 나타내고자 하는 주관지수이다. 대상 교회의 20개 수음점에서 주파수별 음성전달지수를 파악한 결과는 그림 10. 과 같다.

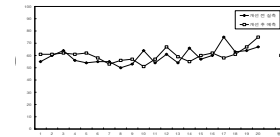


그림 10. 개선 전·후 음압레벨 비교 모습(500Hz)

그림 10.를 보면 RASTI는 개선 전 59.35%, 개선 후 60.2%로 나타났다. 이러한 결과를 RASTI 평가기준표인 표 5.에 비교해보면 “Fair (노력하면 들을 수 있다.)”에 해당하는 것을 알 수 있다. 이는 음성전달은 공식서 무리없이 전달되고, 만석시에는 RASTI값이 더 높아져 더 잘 들릴 것으로 판단되나, 교회의 특성상 명료도가 너무 높게 되면 신성함과 경건함이 느껴지지 않게 되어 교회의 음향특성에 적합하지 않음을 알 수 있다.

표 5. RASTI 평가기준표

RASTI(%)	평가 척도
0~32	Bad (전혀 알아듣지 못한다.)
32~45	Poor (잘 알아듣지 못한다.)
45~60	Fair (노력하면 들을 수 있다.)
60~75	Good (잘 들린다.)
75~100	Excellent (아주 편안하게 들을 수 있다.)

5. 결론

본 연구는 이리 S교회를 대상으로 선행연구에서 나타난 음향적 문제점을 바탕으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 실내 공간의 개선 전·후의 음향성능을 평가해 보았다. 이리 S교회는 과도한 흡음체 사용으로 인해 물리적 평가지수인 SPL, RT, EDT, C₈₀, D₅₀, RASTI 등이 교회의 음향특성에 맞지 않는 것으로 나타났다. 특히 잔향시간의 경우 개선 전 최적잔향시간인 1.78초보다 0.4초 적은 1.38로 너무 짧게 나타나 교회가 갖는 음향특성인 웅장함이나 경건함은 찾아 볼 수 없었으나, 연구결과 개선 후 잔향시간이 1.79초로 나타나 만족할만한 음향성능을 갖는 것으로 나타났다. 또한, 목사의 설교 외에도 음악연주, CCM콘서트 등 많은 공연이 이루어지고 있는 대상 S교회에서 개선 후 SPL, RT, EDT, D₅₀, C₈₀, RASTI 등의 물리적평가지수가 만족할만한 음향성능을 나타내고 있는 것으로 나타났다. 따라서 향후 개선 후 제안한 음향설계에 맞게 변경되어지면 관객 모두가 풍부하고 충분한 음악을 감상할 수 있을 것으로 사료된다. 이러한 연구는 익산에 위치한 S교회를 대상으로 컴퓨터 시뮬레이션을 통한 개선 전·후의 음향성능 비교를 한 것이며 더 나아가 가청화를 통한 연구가 병행된다면 음향적으로 우수한 교회로 거듭 날 수 있을 것으로 사료된다.