

Y중학교 다목적 실내체육관의 건축음향설계

A Study on the Architectural Design for a Y Middle school of multipurpose gymnasium

박 영 지· 김 대 군*· 김 재 수**

Park Yeong-Ji, Kim Dae-Goon and Kim Jae-Soo

1. 서 론

학교에 설치된 실내체육관의 경우 체육시설의 목적과 더불어 지역 주민의 여가활동과 강연 및 집회활동, 연극과 음악회 등의 공연이 가능한 다목적홀로 사용되는 경우가 많다. 이러한 실내체육관의 기능을 최대한 활용하기 위해서는 음성과 음악의 명료도에 대한 음향능성이 동시에 요구 된다. 그러나 대부분의 체육시설은 그 특성상 높은 천장고로 설계되어 음의 초점(Sound Focus)을 형성하여 특정 부분에 음이 집중되며, 반사성이 강한 마감 재료의 사용으로 인해 음의 울림이 너무 커 많은 음향적 결함이 발생하게 된다. 이러한 관점에서 본 연구는 Y중학교 실내체육관의 초기안 도면을 바탕으로 실의 체적과 용도에 적합한 형태 및 마감 재료의 변경을 통한 최종안을 제안하였다.

2. 측정방법 및 개요

2.1 연구대상 실내체육관의 개요

실내체육관의 음향특성은 규모, 평면형태, 체적, 실내표면과 마감재료 등에 영향을 크게 받는다. 초기안 도면을 바탕으로 한 Y중학교 실내체육관의 형태 및 제원 그리고 마감재료의 주파수별 흡음률은 그림 1.과 표 1.2.와 같다.



(a) 평면도 (b) 단면도
그림 1. Y중학교 실내체육관의 형태(초기안)

표 1. Y중학교 실내체육관의 마감 재료별 흡음률(초기안)

구분	마감 재료	주파수						
		125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
무대	바닥	단풍나무 플로어링	0.20	0.15	0.10	0.09	0.09	0.09
	천정	흡음텍스	0.55	0.59	0.55	0.60	0.74	0.74
	벽	패브릭지	0.35	0.65	0.78	0.76	0.70	0.62
강당	바닥	단풍나무 플로어링	0.20	0.15	0.10	0.09	0.09	0.09
	벽(상단)	글라스울 25T	0.10	0.30	0.60	0.70	0.80	0.85
	벽(하단)	안전고무리브	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
	천정	SKY VIVA 100T	0.20	0.48	0.76	0.93	0.95	1.00
	유리	복층유리 간격30T	0.15	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02

† 박영지; 원광대학교 건축공학과 박사과정
hanmompeace@naver.com
(063)857-6712

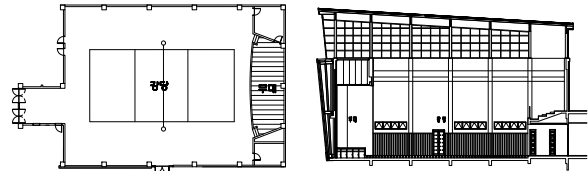
* 김대군; 원광대학교 건축공학과 석사과정

** 김재수; 원광대학교 건축학부 교수

표 2. Y중학교 실내체육관의 제원(초기안)

실내체육관의 규모산정	제원
실내 표면적(S)	약 594㎡
실내 용적(V)	약 5,106㎡

그림 1.에 b와 같이 천장이 평행할 경우 무대에서 발생하는 음원이 균일하게 전달되나 반사되는 음선거리가 길어 강당 전체에 확산감 있는 음의 효과를 느끼기 어려울 것으로 사료된다. 따라서 형태 및 마감 재료의 변경을 통해 그림 2.와 표 3.와 같은 최종안을 제안하였다.



(a) 평면도 (b) 단면도
그림 2. Y중학교 실내체육관의 형태(최종안)

표 3. Y중학교 실내체육관의 마감 재료별 흡음률(최종안)

구분	마감 재료	주파수						
		125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	
무대	바닥	단풍나무 플로어링	0.20	0.15	0.10	0.09	0.09	0.09
	천정	텍스	0.02	0.02	0.05	0.13	0.12	0.15
	벽	유공흡음판	0.30	0.55	0.55	0.51	0.45	0.42
강당	1층바닥	단풍나무 플로어링	0.20	0.15	0.10	0.09	0.09	0.09
	2층바닥	콘크리트 인조석	0.02	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04
	벽(상단)	유공흡음판	0.30	0.55	0.55	0.51	0.45	0.42
	벽(하단)	안전고무리브	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
	천정	SKY VIVA 25T	0.13	0.29	0.70	0.89	0.82	0.66
	기둥	콘크리트 위 몰탈	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.05
유리	복층유리 간격10T	0.15	0.05	0.03	0.03	0.02	0.02	

2.2 Computer Simulation 개요

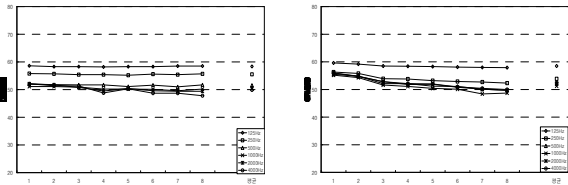
Y중학교 실내체육관의 음압분포 및 실내음향 파라메타의 예측분석은 음선추적법(Ray-tracing method)과 허상법(Image model method)에 의한 3차원 컴퓨터시뮬레이션을 이용하였으며, 사용된 프로그램은 Odeon ver.4.21이다. 음향 시뮬레이션의 측정조건은 정확한 DATA를 위해 실험에 비교적 많은 영향을 미치는 Impulse Response 길이를 4,000 smoothing late decay는 OFF Smoothing late ratios는 ON으로 설정하였으며, 온도 및 습도는 시뮬레이션에 반영하지 않았다. 시뮬레이션 상의 음원 및 수음점의 위치 좌우 대칭으로 왼쪽에 8개를 선정 하였다.

3. 분석 및 고찰

3.1 음압레벨(Sound Pressure Level)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 실의 형태와 내부공간에 따라 매우 중요한 의미를 갖는다. 8개의 수음점에서 주

과수별 음압레벨(dB)을 파악한 결과는 그림 3과 같다.

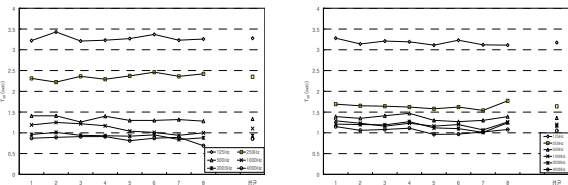


(a) 초기안 주파수별 예측치 (b) 최종안 주파수별 예측치
그림 3. 수음점에 따른 음압레벨(SPL)

그림 3.을 보면 음량에 대한 평가지수중 가장 대표적인 SPL은 음원과 거리가 가까운 수음점에서 높은 음압레벨을 유지하지만 거리가 멀어질수록 거리감쇠의 영향으로 인해 점차 낮아지는 것을 알 수 있다. 또한 500Hz를 기준으로 할 때 초기안은 51.58dB, 최종안은 52.08dB로 나타났으며, 수음점간 음압레벨의 차이의 경우 ± 3 dB 이내로 각 수음점에서 균일한 음압레벨분포를 보였다. 특히 최종안의 경우 다른 수음점과 높이가 다른 2층객석(8번 수음점)에서도 이와 같은 조건을 만족하여 모든 좌석에서 일정한 음량감을 느낄 수 있으리라 사료된다.

3.2 잔향시간(Reverberation Time)

잔향시간은 울림의 양에 대한 가장 중요한 평가지수이며 정상상태의 음이 60dB 감쇠하는 데까지 소요되는 시간으로 정의된다. 대상 공간은 500Hz에서 최적 잔향시간이 초기안은 약 1.31초, 최종안은 1.36초를 유지하는 것이 적정하리라 사료된다. 위의 내용을 바탕으로 8개의 수음점에서 주파수별 잔향시간(sec)을 파악한 결과는 그림 4.와 같다.

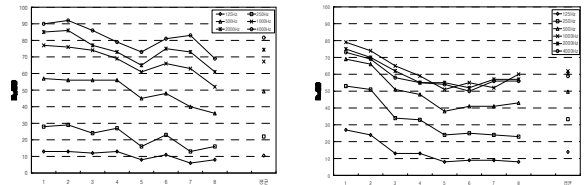


(a) 초기안 주파수별 예측치 (b) 최종안 주파수별 예측치
그림 4. 수음점에 따른 잔향시간(RT)

그림 4.를 보면 RT는 500Hz를 기준으로 할 때 초기안은 수음점간 평균 잔향시간이 1.32초, 표준편차 0.15로 나타났으며, 최종안은 평균 잔향시간이 1.36초, 표준편차 0.11로 나타났다. 특히 최종안 잔향시간의 경우 최적 잔향시간과 동일하게 나타났으며, 각 수음점별 편차도 0.11초로 나타나 거의 모든 수음점에서 일정한 소리의 울림을 느낄 수 있도록 음향설계가 되었음을 알 수 있다. 이러한 이유는 실내음향을 고려한 천장의 경사진 형태와 각 주요 부위에 흡음, 반사, 확산을 고려한 마감 재료를 사용하였기 때문인 것으로 사료된다. 따라서 이러한 잔향시간의 결과로 미루어 볼 때, Y중학교 실내체육관의 체육활동의 목적 외에도 전문성을 부여한 다목적 용도의 공간으로도 매우 적합하다고 사료된다.

3.3 음성명료도(D₅₀)

음성명료도는 회화의 명료도에 관한 지수중 강연을 대상으로 하는 D₅₀은 음의 발생이 중지한 후 50ms이내의 직접음 및 초기반사음이 직접음을 보강하여 명료도를 좋게 하는 것으로, 음과 충에너지의 비인 Definition 또는 Deutlichkeit 를 말한다. 8개의 수음점에서 주파수별 음성명료도(%)를 파악한 결과는 그림 5.와 같다.

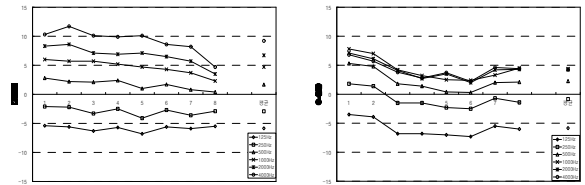


(a) 초기안 주파수별 예측치 (b) 최종안 주파수별 예측치
그림 5. 수음점에 따른 음성명료도(D₅₀)

그림 5.를 보면 D₅₀은 500Hz를 기준으로 할 때 초기안은 수음점간 평균 음성명료도가 49.25%로 나타났으며, 최종안은 평균 음성명료도가 49.63%로 나타났다. 일반적으로 다목적 강당의 경우 음성명료도는 연극이나 강연의 경우 55~60%, 음악의 경우 30~40%를 권장하고 있다. 따라서 Y중학교 실내체육관의 경우 이러한 목적을 충분히 만족시키고 있다. 특히 최종안의 경우 소규모 집회 활동이나 연극 및 강연 시 관객객이 집중될 수 있는 1,2번 수음점의 음성명료도가 높아 각종 공연 및 강연을 하는데 별 무리가 따르지 않을 것으로 사료된다.

3.4 음악명료도(C₈₀)

음악에 대한 명료도지수(Clarify Index)인 C₈₀은 콘서트홀에서 음악에 대한 명료도를 나타내기 위한 지수로 너무 클 경우 연주음이 너무 건조하고 딱딱해져 충분한 음량과 음색으로 이를 감상하기 어려워지기 때문에 음향설계 시 음성명료도와 함께 고려해야 할 평가지수이다. 8개의 수음점에서 주파수별 음악명료도(dB)를 파악한 결과는 그림 6.과 같다.



(a) 초기안 주파수별 예측치 (b) 최종안 주파수별 예측치
그림 6. 수음점에 따른 음악명료도(C₈₀)

그림 6.을 보면 C₈₀은 500Hz를 기준으로 할 때 초기안은 수음점간 평균 음악명료도가 1.68dB로 나타났으며, 최종안은 평균 음악명료도가 2.26dB로 나타났다. 이러한 결과는 현대교회음악, 대중음악에서도 명료도가 얻어지는 +6/-2dB 범위를 만족한다. 따라서 Y중학교 실내체육관의 경우 무대에서 음악을 연주할 경우 모든 객석에서 풍부한 음색과 충분한 음악을 감상할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구는 Y중학교 실내체육관의 초기안 도면을 바탕으로 실의 체적과 용도에 적합한 형태 및 마감 재료의 변경을 통해 최종안을 제시 하였으며, 그 결과를 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 실내공간의 음향성능을 비교·분석해 보았다.

그 결과, 초기안 보다는 최종안의 경우 물리적 음향 평가지수인 음압분포레벨(SPL), 잔향시간(RT), 초기감쇠시간(EDT), 음성명료도(D₅₀), 음악명료도(C₈₀), 음성전달지수(RASTI)등이 보다 더 만족할 만한 음향 상태를 유지하고 있음을 알 수 있었다.

따라서 향후 Y중학교 실내체육관이 최종안에서 제안한 음향설계에 맞게 완공되어지면 체육시설의 목적과 더불어 다양한 공연이 가능한 다목적홀로서의 기능도 적합할 것으로 사료된다. 이러한 자료는 이와 유사한 실내체육관의 건축음향설계 시 활용될 수 있을 것으로 사료된다.