

리모델링에 따른 대형 실내체육관의 음향성능 변화

Variation of Acoustic Performance of Large Gymnasium by Remodeling

한성규†·김재수*

Han, Sung-Kyu · Kim, Jae-Soo

1. 서론

최근 문화의 발달과 국민들의 의식수준 향상으로 인하여 각종 집회, 강연회 및 각종행사 등을 위한 대형 실내공간의 필요성이 높아짐에 따라 대형 실내체육관이 많이 건립되었다. 이러한 공간들은 목적에 따라 극장, 음악당, 체육관등으로 사용될 뿐만 아니라 미작기능적인 쾌적성과 더불어 공간이 대형화됨으로써 실내 음 환경에 대한 고려가 필수적인 요소로 등장하게 되었다. 따라서 대형 실내체육관에서 이러한 목적을 수행하기 위해서는 설계단계부터 건물이 완성될때까지 음향전문가가 참여해야하지만 현재 국내에서는 시공된 후 음향적 결함이 심각하게 발생하면 보수공사를 통해 음향적 결함을 해결하고 있으나 많은 어려움이 있다. 이러한 관점에서 본 연구에서 음향적 결함이 발생해 리모델링 단계에 있는 대형 실내체육관을 대상으로 개선 전 음향성능을 측정후 음향적 결함과 문제점을 파악하였다. 이렇게 파악된 자료를 토대로 음향시뮬레이션을 통해 리모델링을 실시하였으며, 리모델링 후 음향성능의 변화와 개선정도를 파악하였다. 이렇게 파악된 자료는 향후 대형 실내체육관 건립 및 리모델링 시 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료를 제공하고자 한다.

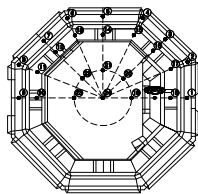
2. 측정방법 및 개요

2.1 연구대상 실내 체육관의 개요

본 연구대상 대형 실내체육관은 평소 여러가지 체육활동 외에도 콘서트, 극장 등의 공연장으로도 사용되고 있는 대형 실내체육관으로서, 돔 형태로 되어있으며 객석은 1층은 입석과 좌석으로 나뉘었으며, 2층 전체는 좌석으로 이루어져 있다. 대상 대형 실내체육관의 제원은 표1.과 같다.

표 1. 대상 실내체육관의 제원

실 규모 산정	제 원	실 규모 산정	제 원
경기장 바닥	4,461.32㎡	입 석 수	약 1,600석
1층 관람석	2,504.6㎡	실내용적(V)	약 59,000㎡
2층 관람석	1,627.37㎡	천 정 면 적	약 4,000㎡
좌 석 수	약 5,150석	경기장 바닥에서 천정높이	약 23m



(a) 대형 실내체육관 평면도



(c) 실내체육관 실외



(d) 실내체육관 실내

그림 1. 대형 실내체육관의 형태 및 전경

표 2. 대상 실내체육관의 내부 마감재료 및 흡음률데이터

구 분	재 료		주파수(Hz)					
	개 선 전	개 선 후	125	250	500	1000	2000	4000
천 장	샌드위치아연도강판	리플톤	0.01	0.01	0.01	0.015	0.02	0.02
	채광창(F.R.P S.N L.G.H.T)	두께 27mm 메이플 플로팅 위 마스 6회칠	0.08	0.16	0.46	0.87	0.99	0.99
경기장 바닥	Chair		0.14	0.11	0.10	0.06	0.05	0.05
벽 체	장두리 벽체 전체 돌레를 고무리브 붙이기		0.15	0.19	0.22	0.39	0.38	0.30
	볼탈 위 수성페인트		0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07
	유리 + 커튼		0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03
			0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.37

3. 건축음향성능 측정

대상 대형 실내체육관의 현장측정은 ISO3382에 준하여 실시하였으며, 음원은 ISO에서 제안하는 무지향성 스피커를 무대의 정 중앙에 1.5m 높이로 설치하였다. 마이크로폰 높이는 1.2m로 하여 각 벽면과 최소 1m 이상 이격시켜 측벽 반사에 의한 영향이 미치지 않도록 하였다. 다양한 건축음향 파라미터를 측정하기 위해, 그 신뢰성이 검증된 01dB사의 Symphonie하드웨어를 사용하여 음향성능을 측정하였고, dBATI 프로그램으로 측정된 자료를 분석하였다.

3.1 건축음향성능 개선사항

개선 전 측정결과 현실적으로 체육관이 이미 완공된 상태에서 비용기간 등의 측면을 고려하여 가장 효율적인 대안을 마련하는 것이 필요하다. 본 연구대상인 대형 실내체육관의 경우 음이 집중되는 돔(dome)형태로 되어 있으며 용적이 워낙 커 잔향시간이 매우 높게 나타나 거의 모든 행사를 할 수 없을 정도의 음향적 결함을 갖고 있다. 따라서 천장면에 채광창은 그대로 두고 나머지부분에 흡음재를 부착하여 음향특성을 개선하고자 하였다.

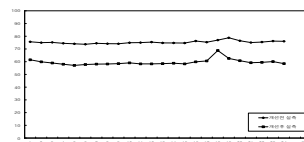


그림 12. 천장에 부착한 흡음재

4. 분석 및 고찰

4.1 음압레벨(SPL)

음의 세기를 나타내는 음압레벨은 실의 형태와 내부공간의 구성에 따라 음압레벨의 분포상태는 매우 중요한 의미를 갖는다. 24개의 수음점에서 개선 전후의 음압레벨을 측정후 결과는 다음과 같다.



개선 전·후 500Hz의 음압레벨 비교

그림 14.를 보면 개선 전의 음압레벨의 평균이 75.3dB, 개선 후

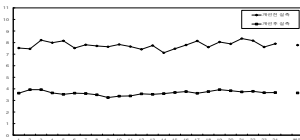
† 한성규 : 원광대학교 건축공학과, 석사과정
sk90672443@hanmail.net / (063)857-6712

* 김재수 : 원광대학교 건축공학과, 교수

음압레벨의 평균이 59.6dB로 개선 전이 약 15.7dB정도 높게 나타났으며 개선 후의 표준편차가 더 많은 차이를 보이고 있다. 이는 마감재료의 변경으로 인해 초기반사음이 감소함에 따라 잔향시간이 짧아져, 음원에서 수음점의 거리가 멀어질수록 음압레벨이 다소 낮아진 것으로 사료된다.

4.2 잔향시간(RT)

올림의 양에 대한 가장 중요한 지수인 잔향시간을 정상상태의 음이 60dB 감소하는데 까지 소요되는 시간으로 정의 된다. 24개의 수음점에서 개선 전·후의 잔향시간을 측정된 결과는 다음과 같다.

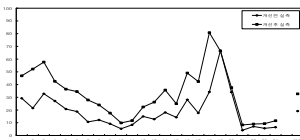


개선 전·후 500Hz의 잔향시간 비교

그림 15.에서 개선 후 잔향시간의 평균은 3.65초, 표준편차는 0.18초로 나타났다. 이는 개선 전보다 개선 후의 잔향시간이 약 4.13초 낮아짐을 알 수 있으며, 또한 수음점별 편차도 개선 전보다 적게 나타나고 있다. 따라서 잔향시간의 감소로 인해 올림이 줄어들고 명료도가 높아지는 등 개선 전에 비해 내부 음향상태가 향상되었음을 알 수 있다. 또한 대상 실내체육관의 경우 공식시 측정된 값으로 만약 만석이 되면 최적 잔향시간에 근접하는 것을 알 수 있다.

4.3 음성명료도(D₅₀)

회화의 명료도에 관한 지수중 강연을 대상으로 하는 D₅₀의 24개 수음점에서 개선 전·후 음성명료도를 측정된 결과는 다음과 같다.

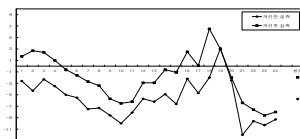


개선 전·후 500Hz의 음성명료도 비교

그림 17.에서 좌석별 평균값이 개선 전 19.18%, 개선 후 32.72%로 약 13.54% 향상됨을 알 수 있다. 이는 개선 후 잔향시간이 변화함에 따라 실의 내부에 올림이 줄어들면서 음성전달이 더욱 명확해져 음성명료도의 값도 개선 전보다 개선 후 더욱 향상된 것을 알 수 있다.

4.4 음악명료도(C₈₀)

음악에 대한 명료도 지수(Clarify index)인 C₈₀을 10개의 수음점에서 실측치와 예측치의 음악명료도를 측정된 결과는 다음과 같다.



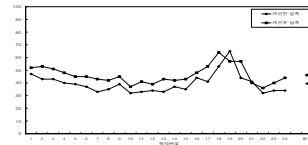
개선 전·후 500Hz의 음악명료도 비교

그림 18.을 보면 개선 전 좌석별 평균값이 500Hz에서는 -5.73dB로 나타나 Jordan이 제안한 콘서트홀의 허용범위인 ±2dB에 근접하지 못함을 알 수 있으며, 개선 후를 보면 좌석별 평균값이 500Hz에서는 -1.95dB로 나타나 음악명료도 허용값인 ±2dB에 근접한 것을 알 수 있다. 또한 개선전·후 모두 각 좌석별 표준편차가 4dB 내외로 좌석간에 불균일하게 나타남을 알 수 있다.

4.5 음성전달지수(RASTI)

실내에서 음성 전달의 이해도(Speech Intelligibility)를 나타내는 주관

적 척도로서의 평가지수인 RASTI를 분석한 결과는 그림 12와 같다.



개선 전·후 500Hz의 음성전달지수 비교

그림 19.를 보면 음성전달지수는 음원에서 가장 가까운 18, 19번이 좌석에서 가장 높게 나타났으며 좌석별 평균값이 개선 전 실측치는 39.5%, 개선 후 실측치는 46%로 “Poor (잘 알아듣지 못한다.)”의 평가를 얻었던 실내 체육관이 마감재료의 변경으로 인한 리모델링 후 “Fair (노력하면 들을 수 있다)”로 평가되어 좀 더 개선되어진 음향성능 평가를 얻고 있음을 알 수 있다.

4.6 리모델링 전·후 음향성능 개선

개선 전과 개선 후의 자료를 토대로 음향평가지수가 어느정도 개선이 되었는지 파악해보면 다음과 같다.

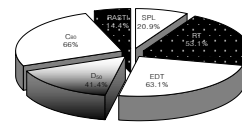


그림 20. 리모델링 후 음향성능 개선상태 비교

5. 결 론

본 연구는 대형 실내체육관을 대상으로 사공이 가능한 마감재료를 보수보강한 후 현장 측정을 통해 개선 전·후를 비교, 분석하여 실내 음향성능의 향상 여부를 검토하였으며, 나아가 대형 실내체육관을 리모델링 한 후 청감실험을 실시함으로써 대상 공간에 대한 음향 만족도 및 각 항목에 대한 반응을 조사하고자 하였으며, 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 리모델링 전 음향성능을 평가해 보면 대형 실내체육관의 특성상 돔 형태를 갖고있고 마감재료의 대부분이 반사성 재료로 마감되어 있어 거의 모든 좌석에서 음향적 결함이 발생하였다. 따라서 음향성능 개선이 매우 필요한 상태였다.
2. 리모델링 후 음향성능을 평가해보면 500Hz를 기준으로 개선 후 SPL은 75.28dB에서 59.56dB로, RT는 7.78초에서 3.65초로 4.13초 짧아진 것으로 나타났다. 또한, EDT는 7.69초에서 2.84초로, D50은 19.18%에서 33%로, C80은 -5.73dB에서 -1.95dB로, RASTI는 39.50%에서 46%로 개선되어 “Fair (노력하면 들을 수 있다.)”로 나타나 개선 전에 비해 음향성능이 매우 개선되었다.
3. 본 연구 대상 실내체육관은 공식시 측정된 값을 토대로 개선 전·후의 음향성능을 비교 및 분석하였다. 그러나 리모델링 후 만석이 되면 잔향시간은 2.7초로 낮아져 최적잔향시간에 근접해 만족할만한 음향성능을 보일 것으로 사료된다. 또한, 다른 음향성능 평가지수들도 만석 시 훨씬 개선될 것으로 판단되어 다양한 목적을 수행할 수 있는 실내체육관의 음향성능을 확보할 것으로 판단된다.
4. 리모델링 후 음향성능 개선정도를 파악해보면 개선 전보다 개선 후의 음향성능이 많이 향상된 것을 알 수 있다. 특히 SPL과 RASTI 보다는 RT, EDT, D₅₀, C₈₀ 등이 많이 개선되었으며 음향성능의 평가기준이 되는 500Hz에서 SPL은 20%이상, RT는 53%이상, EDT는 63%이상, D₅₀은 40%이상, C₈₀은 66%이상, RASTI는 14%이상 향상된 개선정도를 보였다. 따라서 천정의 마감재료를 변경한 리모델링 후에는 더욱 더 향상된 음향특성을 갖는 공간으로 변화하였다.