

가청화를 이용한 돔형 체조연습장의 음향 성능평가에 관한 연구

A Study on Valuation of Acoustic Performance about Dome-typed Gymnastics Training Floor utilizing Auralization

윤재현†·주덕훈*·정은정**·김재수***

Yun, Jae-hyun, Ju, duck-hoon, Jung, Eun-Jung, Kim, Jae-Soo

Key Words : Computer simulation(컴퓨터 시뮬레이션), Auralization(가청화), Psycho-acoustic Experiment(청감실험)

ABSTRACT

In case of indoor gymnastics training floor, in view of its characteristics, since it is simultaneously required the related smooth communication between the coach and the player, also the acoustic performance regarding to the Clearness of Music, besides the sport activity, the consideration about the acoustic character has entered the stage as an indispensable element. On such viewpoint, on the object of the recently built dome-typed gymnastics training floor, after making the optimized acoustic design with the remodeling through acoustic simulation, by means of measurement and valuation on human's psychological(sensual) degree utilizing Auralization that enables to experience the virtual sound field at the stage of design, this thesis has attempted to survey of the acoustic satisfaction degree and its reaction about the gymnastics training floor. As the result of investigation about the research on the space of object, it could be known that the valuation regarding to the acoustic performance of 'After-Improvement' was distinctly more refined than that of 'Before-Improvement'. It is now considering that such result of the study can be utilized as the useful data which enables to improve the retrenchment effect of the construction cost as well as the acoustic capability, by means of the prediction·control on the acoustic problem from the stage of design, for the occasion when the similar indoor sport gymnasium is planning to build for the near future.

1. 서 론

실내체조연습장의 경우 그 특성상 체육활동 외에도 음악의 사용이 많고 감독과 선수와의 의사소통이 중요하여 음향적 결함을 최소화 할 수 있는 음환경에 대한 고려가 중요시 된다.

따라서 본 연구는 잔향시간이 너무 길어 음향적 결함이 발생하고 있는 체조연습장을¹⁾ 음향시뮬레이션을 통해 개선한 후²⁾ 설계단계에서 완성 후 음장을 체험할 수 있는 가청화 실험을 실시하여 체조연습장에 대한 음향 만족도 및 반응을 조사 하고자 하였다.

이러한 자료는 향후 이와 유사한 체육시설의 계획 및 설계 단계에서 기초적인 자료로 활용하여 시공비 절감효과 및 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

2. 측정방법 및 개요

2.1 가청화 음향시뮬레이션

가청화(可聽化)란 홀의 설계 단계에서 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 음향설계를 한 뒤 객석의 수음점에서 구한 임펄스 응답(Impulse Response)과 무향실에서 녹음한 원음(Dry Source)을 합성연산(Convolution)하여 음향 시뮬레이션의 결과에 따라 에코 패턴 및 잔향시간데이터를 직접음 2채널, 방향에 따른 반사음을 12채널로 분할하고, 그 결과를 스피커를 통하여 재생하는 것을 말한다. 기존의 음향 시뮬레이션에 의한 건축음향설계는 건축가에게 설계단계에서는 많은 도움을 주었지만 실제 개관했을 경우 어떤 소리로 들릴 것인가에 대한 신뢰성은 거의 없었다. 그러나 가청화 시스템은 홀의 설계단계에서 완성 후의 음장을 체험할 수 있으며, 발주자와 설계자가 실험대, 내장재 및 음원의 지향성 등 변화에 따른 상황을 실제의 음, 즉 음의 건본을 들음으로써 희망하는 음장을 결정하는데 이용한다. 가청화의 과정은 그림 1.과 같다.

† 윤재현, 원광대학교 건축음향연구소
E-mail : yun810805@naver.com
Tel : (063) 857-6712, Fax : (000) 000-0000

* 원광대학교 석사과정

** 원광대학교 석사과정

*** 원광대학교 건축학부 교수

1) 정철운, 정은정, 김재수 ; 돔형체조연습장의 음향특성에 관한 연구, 대한환경공학회 학술발표대회, 2006.11.

2) 윤재현, 정철운, 김재수 ; 음향시뮬레이션을 이용한 돔형 체조연습장의 음향성능개선, 한국소음진동공학회, 2007.5.

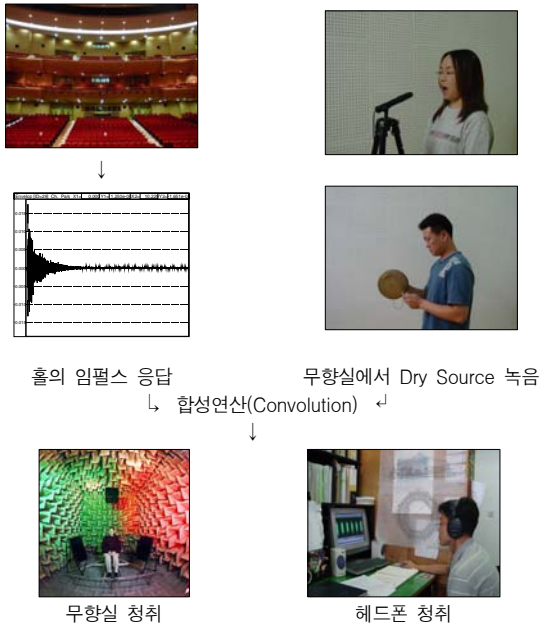


그림 1. 가상화 프로세스

2.2 연구대상 체조연습장의 개요

측정대상 실내체조연습장은 W대학교 내에 위치하고 있으며 제원과 형태는 표 1.과 그림 2.와 같다.

표 1. 대상 실내체조연습장의 제원

구분	제원	구분	제원
바닥면적	837.2m ²	길이	36.4m
폭	23m	천정고 (하부)	6.45m
천정고 (상부)	11.253m	체적	7,730.45m ³



그림 2. 대상 실내체조연습장의 내·외부 형태

선행연구 결과와 음향시뮬레이션을 통한 개선 전·후 실내음향 특성 비교는 표 2.와 같다.³⁾

표 2. 개선 전·후 실내음향 특성 비교(500Hz)

	RT(sec)	SPL(dB)	D ₅₀ (%)	C ₈₀ (dB)	RASTI(%)
개선전	3.42	63.71	21.18	-3.83	42.88
개선후	1.39	56.08	46.88	1.73	60.00

표 2.에서 보면 개선 전 반사성이 강한 마감 재료의 사용으로 인해 실측 잔향시간이 평균 3.42초로 매우 길게 나타났다. 또한 대상 체조연습장의 체적은 약 7,730.45 m³로서 최적 잔향시간은 약 1.4초가 적정하리라 판단되어 음향 시뮬레이션 상에서 흡음률이 높은 마감 재료를 사용하여 리모델링을 실시하였다.

3) 윤재현, 정철운, 김계수 ; 음향시뮬레이션을 이용한 대형 체조연습장의 음향성능개선, 한국소음진동공학회, 2007.5.

2.3 청감평가를 위한 평가어휘 조사

실내음향 특성을 정확하게 평가하기 위해 Beranek, Barron등에 의해 연구되어진 내용을 바탕으로 대상 공간의 주관적인 효과를 대변할 수 있는 어휘들을 물리적인 파라메타들과 연관지어 찾고자 하였다. 따라서 대상 실내체조연습장의 특성상 체육활동 외에도 음악의 사용이 많고 감독과 선수와의 의사소통이 중요함을 고려하여 선행연구의 평가안을 기초로 적절한 어휘를 선정하여 주관적인 평가를 하도록 하였다. 음향 평가에 사용된 어휘와 물리적인 파라메타와의 관계를 분석한 것은 표 3.과 같다.

표 3. 대상 실내체조연습장의 음향성능 구성요소

사용된 어휘	주관적 요소	물리적 요소
건조하다/충만하다	음의 울림	잔향시간(RT)
먼곳에서 연주하는 느낌이다/ 가까운곳에서 연주하는 느낌이다	음의 친밀감	초기지연시간 (ITDG)
작게 들린다/크게 들린다	음의 크기	음압레벨(SPL)
탁하다/명료하다	음의 명료성	명료도(D ₅₀ , C ₈₀)
둔하다/선명하다	음의 선명함	
날카롭다/부드럽다	음의 포근함	저음비(BR)
음이 한쪽으로 치우친다/ 음이 균형있다	음의 균형	공간감 (IACC)
한쪽으로 집중된다/넓게 확산된다	음의 확산감	

이렇게 추출된 평가어휘를 바탕으로 미국의 심리학자 Osgood에 의해 제안된 의미분별법(SD; Method of Semantic Differential)을 이용한 청취 실험에 사용되어질 설문지는 표 4.와 같이 구성하였다.

표 4. 주관적 반응을 평가하기 위한 평가시트

항 목 별	평 가						
	← 전혀 그렇지 않다 → 매우 그렇다						
음의 울림(잔향감) (Reverberance)	1	2	3	4	5	6	7
음의 친밀감 (Intimacy)	1	2	3	4	5	6	7
음의 크기 (Loudness)	1	2	3	4	5	6	7
음의 명료성 (Intelligibility)	1	2	3	4	5	6	7
음의 선명함 (Clarity)	1	2	3	4	5	6	7
음의 포근함 (Warmth)	1	2	3	4	5	6	7
음의 균형 (Balance)	1	2	3	4	5	6	7
음의 확산감 (Envelopment)	1	2	3	4	5	6	7

2.4 청감평가를 위한 음원의 구성

대상 실내체조연습장의 청감 실험에 사용될 평가 가상화 음원은 체육활동 외 음악의 사용이 많고 감독과 선수 간에 의사소통이 중요한 점을 고려하여 CD 및 Odeon Sample에서 추출하여 표 5.와 같이 구성하였다.

표 5. 가청화 음원의 구성

음원번호	음원종류
1	박수소리
2	강의음성 (여)
3	악기소리 (바이올린)
4	응원가 (월드컵음원)
5	음악반주 (애국가)
6	민요 (아리랑)

이러한 청취실험 음원은 반드시 잔향음이 없는 무향실에서 녹음한 Dry Source를 사용해야 한다. 그 이유는 음이 실내에 울려 퍼지는 감동의 음향적 인상은 초기 반사음의 영향이 큰데 약간의 잔향음이 포함되어도 가청화 시 음의 건분을 들음으로써 희망하는 음장을 정확히 결정하기 어렵기 때문이다. 본 연구에 사용된 Dry Source를 개선 전·후 Coll Edit Pro 2.1로 분석한 음원형태는 그림 3.과 같다.



그림 3.에서 보면 Dry Source는 잔향음이 없어 깨끗하지만 홀의 공간적 정보를 반영한 가청화 음원은 소리에 잔향감과 공간감이 포함되어 있음을 알 수 있다. 또한 개선 전에 비해 개선 후 음원형태의 폭이 줄어든 이유는 잔향시간을 줄이기 위해 기둥과 벽면, 천장에 흡음재를 설치하였기 때문인 것으로 판단된다.

2.5 청감 평가방법 및 실험

청감실험은 헤드셋을 이용해 동시에 8명씩 진행하였으며 청감시 일정한 음량을 유지하기 위해 헤드앰프를 사용하였다. 피험자로 선정된 20명중 남성은 17명 여성은 3명이며 실험에 대한 이해력과 참여도, 분석에 유효한 성의 있는 응답을 위해 정상청력의 20대가 참여하였다. 청감평가를 실시하기 전에 실험에 대한 이해를 돕기 위해 평가시트를 사전에 나누어 주고 설명과 함께 음원을 들려준 뒤 실험에 참가하도록 하였다. 음원의 제시과정은 그림 4.와 같으며 순서대로 6개의 음원을 개선전·후로 나누어 평가를 하였다. 청감평가 실험장비 및 실시 장면은 그림 5.와 같다.

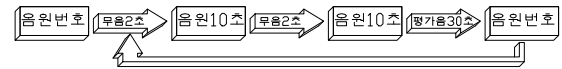


그림 4. 음원의 제시과정

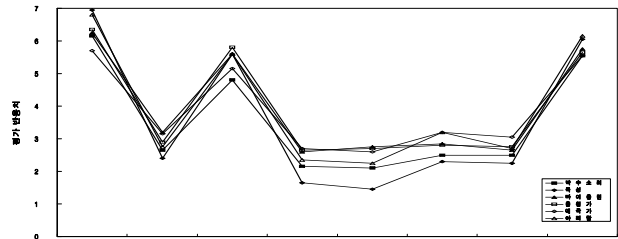


그림 5. 청감실험 장비 및 실험장면

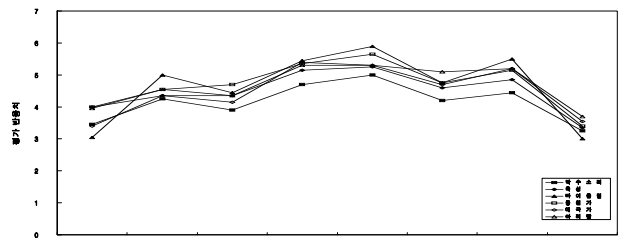
3. 분석 및 고찰

3.1 각 평가어휘에 따른 평균적 반응 분석

동형체조연습장의 개선 전·후의 평가를 각 항목별 응답결과를 정리한 결과는 다음 그림 6.과 같다.



(a) 개선 전 평균적 반응



(b) 개선 후 평균적 반응

그림 6. 개선 전·후 각 어휘에 따른 평균적 반응

그림 6.을 보면 개선 전에는 “울림”과 “확산감”의 항목에 대한 평균 반응치는 5.55~6.95의 결과로 높게 나타났으나, “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형”

항목은 다소 낮게 평가되고 있다. 그러나 개선 후에는 잔향시간을 낮춘 결과 “울림”과 “확산감”항목의 평균 반응치가 3~4으로 낮게 나타나 “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형”항목에 대한 성능이 개선되어 상호 반비례 관계에 있음을 알 수 있다. 또한 개선 후의 “포근함”, “균형”어휘를 살펴보면 “음성”, “바이올린”, “애국가”, “아리랑”음원이 다른 음원에 비해 비교적 높은 반응치를 보여 음악적 요소가 많이 개선되었음을 알 수 있다.

3.2 대상 체조연습장의 개선 정도 비교 분석

가칭화를 실시한 체조연습장의 전체적인 인상을 알아보기 위해 각 평가 어휘별로 6개 음원 전체에 대한 개선 전·후 응답분포 밀집도는 그림 7.과 같다.

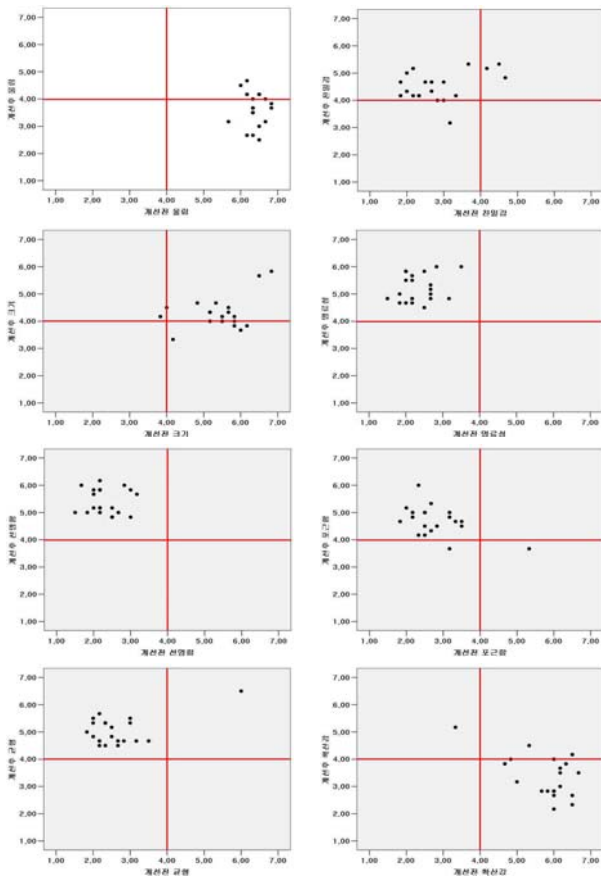


그림 7. 개선 전·후 응답분포의 밀집도

그림 7.을 살펴보면 음의 “울림”과 “확산감”은 우측위 쪽과 우측아래쪽에 걸쳐서 분포하지만 이와는 반비례하는 “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형”은 좌측위쪽에 밀집하여 분포하고 있어 개선 후 실내음향 성능이 상향 평가되었음을 알 수 있다. 개선 전·후의 빈도분석결과를 정규분포곡선으로 나타낸 것은 그림 8.과 같다.

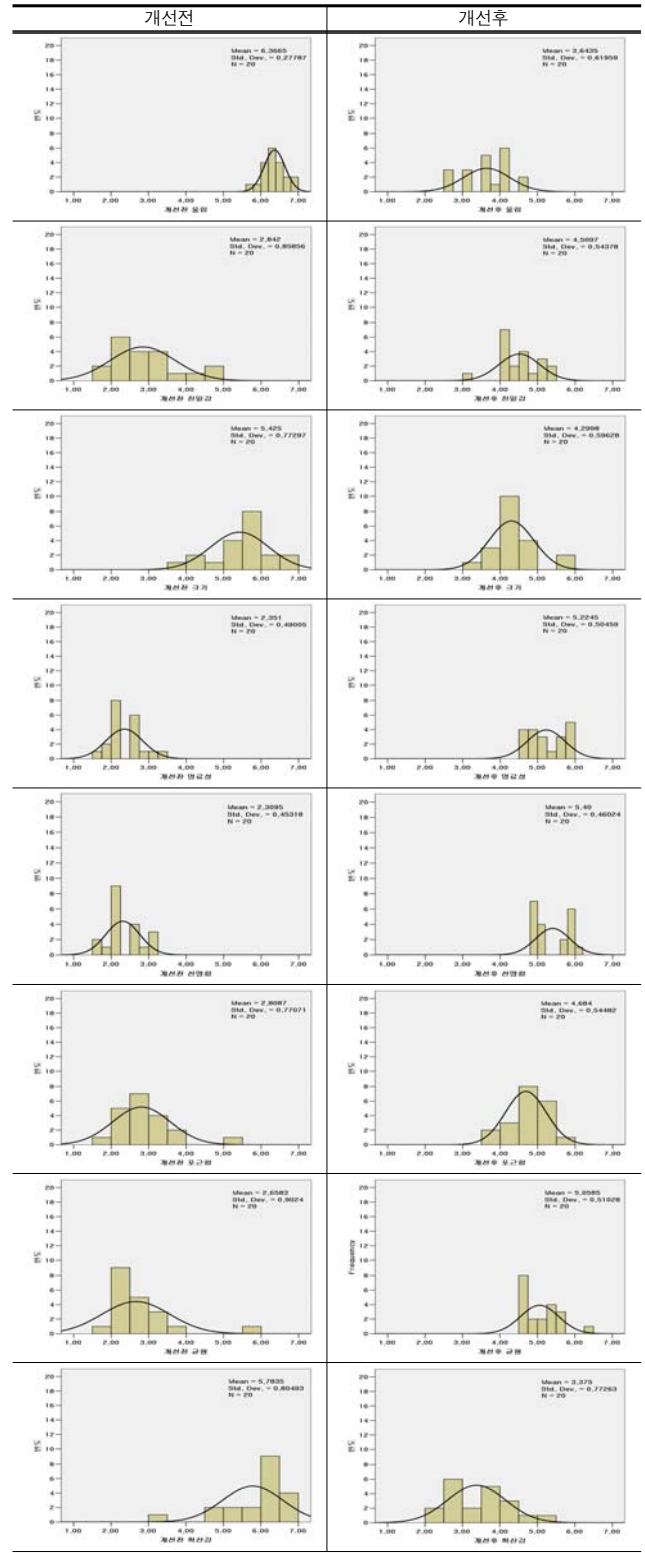


그림 8. 개선 전·후 빈도분석 (정규분포곡선)

개선 전·후의 정규분포곡선을 비교해보면 개선 후 최적 잔향시간에 맞춰 줄인 결과 “울림”과 “확산감”의 반응은 감소한 반면에 이와 반비례관계에 있는 “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형”항목의 반응은 큰 폭으로 상향평가가 되어 실내음향성능의 개선에 대한 매우 긍정적인 반응을 보였다고 사료된다. 또한 그림과 같이

개선 후 음원형태의 폭이 줄어든 것처럼 피험자가 느끼는 “크기”의 반응도 줄어들었지만 응답평균의 변함은 크지 않음을 보아 “울림”과 “확산감”에 따른 음의 “크기”변화는 큰 상관성이 없다고 판단된다.

4. 결 론

잔향시간이 길어 음향적 결함이 발생한 체조연습장을 시뮬레이션을 통해 리모델링한 뒤 가청화 청감실험을 실시한 결과는 다음과 같다.

1. 개선 전에는 “울림”, “확산감”의 항목에 대한 평균 반응치는 5.55~6.95의 결과로 높게 평가되었으나 개선 후에는 “울림”, “확산감”항목의 평균 반응치가 3~4로 낮게 나타나 “친밀감”, “명료성”, “선명함”, “포근함”, “균형” 항목에 대한 성능이 개선됨을 알 수 있다.

2. 각 어휘의 개선 전·후의 평균적 반응을 비교해 본 결과 “박수소리”나 “응원가”보다는 귀에 익숙한 “음성”, “바이올린”, “애국가”, “아리랑”음원이 각 항목에서 개선 전·후 뚜렷한 반응차이를 보였음을 알 수 있다.

3. 대상 체조연습장의 음향성능 개선 정도를 비교해본 결과 최적 잔향시간에 맞춰 줄인 결과 큰 폭으로 상향평가가 되어 음향성능이 매우 개선되었음을 알 수 있다. 따라서 체육활동 외에도 감독과 선수 간에 원활한 의사소통과 음악의 명료도가 중요시 되는 체조연습장에서 최적화된 음향성능을 가질 수 있도록 변화되었다고 판단된다.

위와 같은 연구결과는 체조연습장 한 곳에서만 이루어진 평가 결과로 향후 이와 유사한 체조연습장을 대상으로 많은 연구가 이루어진다면 결과들이 축적되어 건립시 설계 단계에서부터 음향적 문제를 예측·제어하여 시공비 절감효과 및 음향성능을 향상시킬 수 있는 유용한 자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계(개정판), 세진사, 2004.3.
2. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.
3. 윤재현, 정철운, 김재수 ; 음향 시뮬레이션을 이용한 돛형 체조연습장의 음향성능 개선, 한국소음진동공학회, 2007.5.
4. 정철운, 정은정, 김재수 ; 돛형 체조연습장의 음향특성에 관한 연구, 대한환경공학회 학술발표대회, 2006.11.
5. 윤희경, 김재수 ; 대형 실내체육관 음향성능의 주관적 반응 평가에 관한 연구, 한국주거학회 추계학술발표대회 14권, 2003.11.
6. 한경연 김재수 ; 실내체육관 리노베이션을 위한 음향성능 평가에 관한연구, 대한건축학회 학술발표대회 25권, 2005.10.24
7. CADP2 Manual, ODEON Manual, Raynoise Manual, CATT-acoustics Manual

8. Heinrich Kuttruff; Room Acoustics, Elsevier Applied Science, 1991
9. James P.Cowan; Handbook of Environmental Acoustics, Van Nostrand Reinhold, 1994
10. Leslie L.Doelle; Environmental Acoustics, McGRAW-Hill Book Company, 1972
11. M.David Egan; Concepts in Architectural Acoustics, McGRAW-Hill Book Company, 1972
12. William J. Cavanaugh & Joseph A. Wilks; Architectural Acoustics, John. Wiley & sons
13. Yochi Ando; Architectural Acoustics, Springer, 1998
14. Bril l & Kjær; Sound & Vibration Catalogue, 1997
15. Bril l & Kjær; Measuring Sound, 1984