

대형 실내체육관 음향성능의 주관적 반응 평가에 관한 연구

A Study on the Subjective Response Evaluations of Acoustics Performance of the Large Gymnasium

윤희경* · 김재수**

Yun, Hee-Kyoung · Kim, Jae-Soo

Abstract

Now days, as the consideration of sound environment is getting important, method of physical measurement such as reverberation time and sound pressure level becomes common. However, such method cant include subjective sensation such as personal emotion and feeling, evaluation. So there is a limitation to make the most optimized sound environment. Therefore, in the present experiment, I improve big indoor gymnasium that has sound defect because of too long reverberation time. After that, I conduct the auditory sense evaluation of human psychological response. From the experiment, I will make research into sound satisfaction rate about the subject space and response of each item. As well as, I will present the result as basic database of sound environment improvement experiment of indoor gymnasium.

키워드 : 대형실내체육관, 청감실험, 주관적평가

Keywords : The Large Room Gymnasium, Psychoacoustics Experiment, Subjective Evaluation

1. 서 론

오늘날 각종 집회나 행사를 위한 대형 실내 공간의 필요성이 높아지게 되면서 이러한 공간들은 목적에 따라 극장, 음악당, 체육관등으로 건설되어지게 되었고 미적·기능적인 쾌적성과 더불어 공간이 대형화 됨으로써 실내 음환경에 대한 고려가 필수적인 요소로 등장하게 되었다.

이처럼 음환경에 대한 고려가 중요시되면서 잔향시간이나 음압레벨등의 물리량에 의한 방법이 많이 이용되고 있는데 이러한 방법은 개

인의 감정이나 정서, 가치판단등의 주관적인 느낌까지는 반영하지 못하고 평가되어지고 있어서 최상의 음환경을 조성하는데는 한계가 있다.

따라서 본 연구에서는 잔향시간이 너무 길어 음향적 결함이 발생한 대형 실내체육관을 개선 1)한후 인간의 심리량을 측정하는 청감평가를 실시함으로써 대상 공간에 대한 음향 만족도 및 각 항목에 대한 반응을 조사하고 향후 실내 체육관의 음환경 개선에 관한 연구를 하는데 있어 기초적 자료로 제시하고자 한다.

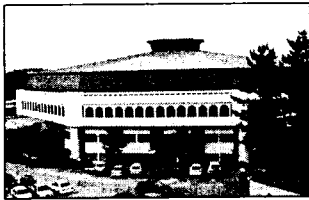
* 정회원, 원광대학교 건축학부 석사과정
** 정회원, 원광대학교 건축학부 부교수, 공학박사

1) 윤희경, 박정호, 김재수 : "대형실내체육관의 음향 성능 개선에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계 학술발표대회, 2003.10

2. 연구 내용 및 방법

2.1 대상 실내체육관의 개요

본 연구 대상 실내체육관은 체육활동외에도 행사나 집회의 용도로 사용되고 있는 다목적 홀로써 특성상 기둥이 없어야 하는 형태와 음이 집중되는 돔(dome)형태로 되어 있으며 대상 공간의 외부 형태 및 제원은 <그림 1>과 같다.



실규모산정	제원
경기장 바닥	면적=4,461.32m ²
입석수	약 1,600석
1층 관람석	면적=2,504.6m ²
2층 관람석	면적=1,627.37m ²
실내용적(V)	약 59,000m ³
과석수	약 5,150석

그림 1. 대상 실내체육관의 외부형태 및 제원

2.2 청감평가를 위한 평가어휘 조사

실내음향 특성을 평가하기 위해 Beranek, Barron 등에 의해 연구되어진 내용을 바탕으로 대상 공간의 주관적인 효과를 대변할 수 있는 어휘들을 물리적인 파라메타들과 연관지어 찾고자 하였다.

따라서 대상 공간의 특성상 체육활동외에 다양한 공연이나 강연이 행하여지고 있음을 고려하여 기존 연구자들의 평가안을 기초로 적절한 언어를 선정하여 잔향감, 친밀감, 음의세기, 명료도, 저음의 양, 공간감 그리고 전반적인 인상에 대해 주관적인 평가를 하도록 하였다.

표1. 대상 공간의 음향성능 구성요소

사용된 어휘	주관적 요소	물리적 요소
건조하다/충만하다	음의 울림	잔향시간(RT)
먼곳에서 연주하는 느낌이다/ 가까운곳에서 연주하는 느낌이다.	음의 친밀감	초기지연 시간 (ITDG)
작게 들린다/크게 들린다	음의 크기	음압레벨 (SPL)
탁하다/명료하다	음의 명료성	명료도 (D50, C80)
둔하다/선명하다	음의 선명함	저음비(BR)
날카롭다/부드럽다	음의 포근함	
음이 한쪽으로 치우친다/ 음이 균형있다	음의 균형	공간감 (IACC)
한쪽으로 집중된다/넓게 확산된다.	음의 확산감	
빈약하다/우수하다	음의 전반적인 인상	

<표 1>은 대상공간의 음향 평가를 위해 추출된 평가어휘로 물리적인 평가 파라메타와의 관계를 분석하였다.

이렇게 추출된 평가어휘를 바탕으로 미국의 심리학자 Osgood에 의해 제안된 의미분별법 (SD; Method of Semantic Differential)을 이용한 청취 실험에 사용되어질 설문지를 <표 2>와 같이 구성하였다.

표 2. 주관적 반응을 평가하기 위한 평가시트

음원 종류

무지향성음원 : 음원번호 () 좌석번호 ()

▷ 청취실험 피험자 권선사항

1) 성명 : 2) 연령 : ()세 3) 성별 : 남 · 여

항목 별	평 가
음의 울림(잔향감) (Reverberance)	건조하다 보통이다 충만하다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 친밀감 (Intimacy)	먼곳에서 연주하는 느낌이다 보통이다 가까운곳에서 연주하는 느낌이다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 크기 (Loudness)	작게 들린다 보통이다 크게 들린다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 명료성 (Intelligibility)	탁하다 보통이다 명료하다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 선명함 (Clarity)	둔하다 보통이다 선명하다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 포근함 (Warmth)	날카롭다 보통이다 부드럽다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 균형 (Balance)	음이 한쪽으로 치우친다 보통이다 음이 균형 잡혀있다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 확산감 (Envelopment)	한쪽으로 집중된다 보통이다 넓게 확산된다 ----- ----- ----- ----- -----
음의 전반적인 인상 (Overall Impression)	빈약하다 보통이다 우수하다 ----- ----- ----- ----- -----

2.3 청감평가를 위한 음원의 구성

대상 공간의 청감 실험에 사용될 평가 음원은 체육활동의 음악연주 및 공연, 강연 등 다양한 목적을 위해 건립되어진 다목적공간이라는 것을 고려하여 <표 3>과 같이 음성과 음악으로 음원을 구성하였다.

표 3. 음원의 구성

음원번호	음원종류
1	아나운서 음성(남,여)
2	가요(버블송)
3	드럼연주
4	해금연주

이러한 청취실험 음원은 CD에서 음원을 추출하여 음향 편집 프로그램인 Cool Edit 2000와 Jet-Audio를 이용하여 음원을 구성하였으며 각 음원의 형태는 <그림 2>과 같다.

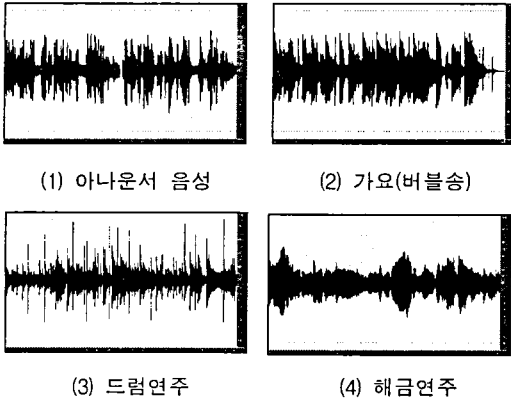
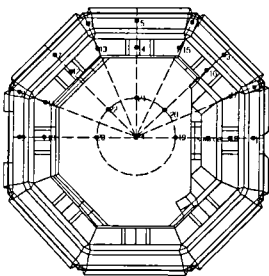


그림 2. 음원의 형태

2.4 청감 평가방법 및 실험

대상 실내체육관의 형태가 대칭으로 이루어져 있어 피험자는 실의 중심선을 기준으로 그리드(grid)를 설정해 24개소에서 24명을 대상으로 청감을 실시하였으며 대상 공간의 형태와 좌석의 위치는 다음 <그림 3>과 같다.



평가위치	좌석 수
경기장바닥	6
1층관람석	9
2층관람석	9

그림 3. 대상실내체육관의 형태와 좌석 위치

피험자로 선정된 24명중 남성은 16명, 여성은 8명이며 모두 정상적인 청력을 가진 20대의 신체 건강한 대학생들을 대상으로 하였으며 청감평가를 실시하기전 음향에 대한 이해를 돕기 위해 평가시트를 사전에 나누어 주고 설명과 함께 음원을 들려준뒤 실험에 참가하도록 하였다.

평가당시 각 좌석에 응답자들을 위치시키고 음원번호를 들려준 뒤 5초후에 10초동안 음원을 들려준 후 30초동안 평가시트를 작성하게 하였으며 동일한 순서대로 4개의 음원을 한좌석에서 들려주어 평가를 하게 하였다.

다음 <그림 4>는 청감 평가시 사용된 음원의 제시방법이다.

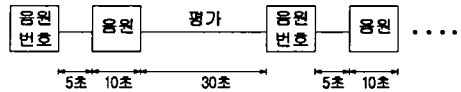


그림 4. 청감실험시 제시된 음원의 제시 방법

또한 한 좌석에서 4개의 음원에 대해 청감 평가를 실시한뒤 그 다음 좌석으로 이동하여 24명 모두 24개의 좌석에서 평가를 실시하도록 하여 좌석에 따라 총576장의 평가시트를 작성하게 하였다.

따라서 이러한 장시간의 청감 평가로 인한 피로도를 낮추고 정확한 실험을 위해 6개의 좌석에 대해 청감평가를 실시하고 15분 정도의 쉬는 시간을 두어 약 3시간에 걸쳐 실험을 실시하였다. <그림 5>는 청감 평가 실시 장면이다.

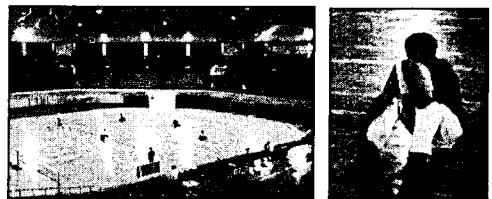


그림 5. 청감실험 장면

3. 분석 및 고찰

청감 평가를 실시한 결과를 분석하기 위해 평가시트의 유효여부를 평가한 후 각 항목을 코딩한 다음 통계 프로그램인 Spss 10.0 for Windows를 이용하여 분석하였다.

3.1 각 항목에 따른 평균적 반응 분석

대상 공간에서 항목에 따른 응답결과를 정리한 결과 <그림 6>과 같다.

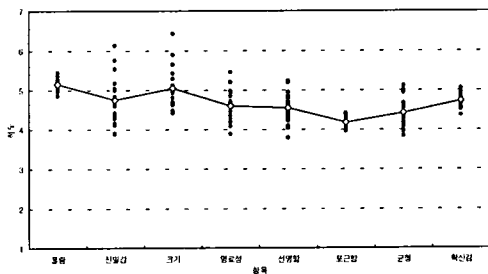


그림 6. 각 항목에 따른 평균적 반응

그림을 보면 각 항목의 응답에 따라 좌석별 평균값을 나타낸 것으로 "친밀감", "크기"가 0.5정도의 가장 큰 편차를 보이고 있으며, 각 항목별 평균값은 4.18에서 5.16까지의 범위를 나타내고 있다.

따라서 대형 실내체육관을 개선한 후 음향성능에 대한 주관적 반응은 모두 "보통이다"이상을 상회하고 있어 공연 및 행사에 큰 지장이 없을 정도로 개선되었음을 알 수 있다.

3.2 좌석에 따른 반응 비교 분석

좌석에 따른 반응의 차이를 보기 위하여 각 항목에 대한 응답결과를 정리한 결과 <그림 7>과 같이 나타났다.

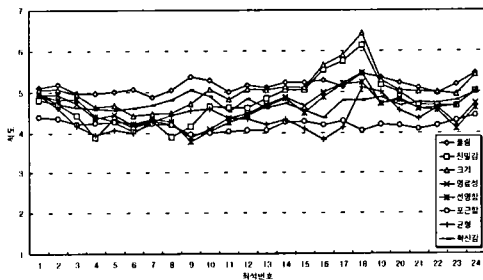


그림 7. 좌석에 따른 반응 비교

그림을 보면 각 좌석에 따라 "울림"이나 "포근함", "균형감", "확산감"의 항목은 큰 차이를 보이지 않게 나타났으나 "친밀감", "크기", "명료성", "선명함"의 항목은 음원에 가장 가까운 18, 19번 좌석에서 가장 높게 나타났음을 알 수 있다.

3.3 평가 항목간의 상관관계 분석

항목간 상관관계 및 "전반적인 인상"과 각 항목간의 상관관계를 살펴보면 다음 <표 4>와 같다.

표 4. 평가어휘간 상관관계 분석

pearson의 상관계수 사용

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1.000								
친밀감	0.530**	1.000							
크기	0.633**	0.960**	1.000						
명료성	0.300	0.837**	0.820**	1.000					
선명함	0.182	0.749**	0.734**	0.974**	1.000				
포근함	-0.042	0.122	0.091	0.365	0.387	1.000			
균형	0.539**	0.313	0.369	0.218	0.169	0.136	1.000		
확산감	0.451*	-0.010	0.107	-0.134	-0.126	0.033	0.738**	1.000	
인상	0.358	0.825**	0.820**	0.955**	0.952**	0.404	0.389	0.059	1.000

**상관관계는 0.01수준(양쪽)에서 유의합니다.

*상관관계는 0.05수준(양쪽)에서 유의합니다.

표를 보면 평가 어휘간 상관관계를 분석한 것으로 항목간 상관관계는 "친밀감"- "크기", "명료성"- "선명함"이 0.9 이상의 아주 높은 상관성을 나타냈으며 "친밀감"- "명료성", "친밀감"- "선명함", "크기"- "명료성", "크기"- "선명함", "균형"- "확산감"은 0.7 이상의 비교적 높은 상관성을 나타냈다.

또한 "전체적인 인상"과 각 항목간의 상관성을 살펴보면 "명료성">"선명함">"친밀감">"크기"의 순서대로 0.8 이상의 높은 상관성을 보여 주어 대체적으로 대형 실내체육관의 "전체적 인상"을 평가하는데 있어서는 "명료함"과 "선명함"과

의 항목이 상관성이 가장 높게 나타남을 알수 있다.

다음 <그림 8>은 "전반적인 인상"에 대한 각 항목간의 상관관계를 비교한 것이다.

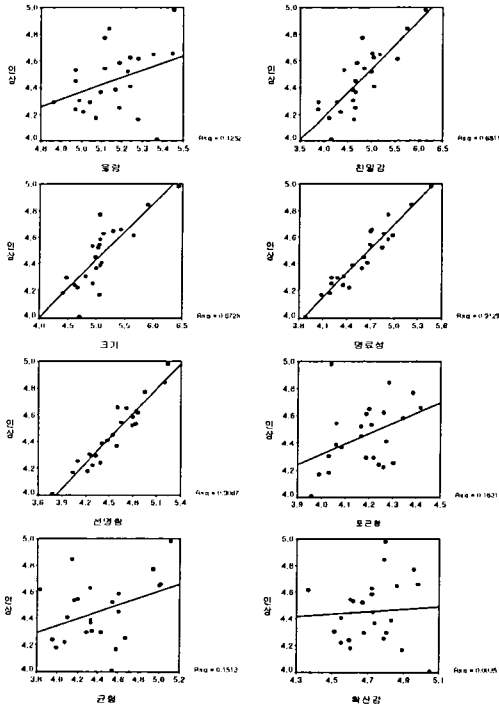


그림 8. 전반적인 인상에 대한 각 항목과의 비교

3.4 평가 항목간의 요인 분석

응답자들의 결과를 바탕으로 서로 관련있는 변수들을 이용하여 그 변수 속에 내재된 요인이라고 부르는 소수의 공통적인 새로운 변수를 찾아내기 위해 요인분석을 실시하였다.

요인추출 방법은 주성분분석법을 사용하였으며, 분석은 상관행렬, 요인수의 결정은 고유값(Eigenvalue)을 기준으로 1 이상인 성분을 추출하였다. 또한 요인의 해석을 위해 직각회전(Orthogonal Rotation)방법인 베리맥스(VariMax)방법을 이용하였다.

이러한 방법으로 얻어진 분석결과는 다음 <표 5>, <표 6>, <그림 9>과 같다.

표 5. 초기고유값 및 설명된 총분산

추출방법 : 주성분 분석

성분	초기 고유값			회전 제곱합 적재값		
	전체	%분산	%누적	전체	%분산	%누적
1	3.551	44.387	44.387	2.226	27.831	27.831
2	1.406	17.573	61.960	2.045	25.557	53.388
3	1.003	12.536	74.496	1.689	21.108	74.496
4	.683	8.537	83.034			
5	.528	6.604	89.637			
6	.401	5.014	94.651			
7	.267	3.341	97.992			
8	.161	2.008	100.000			

표 6. 회전된 성분행렬

실문분항	요인부하량			요인명명
	제1요인	제2요인	제3요인	
울림	.864	-.109	.146	음의 크기
친밀감	.731	.422	5.961E-02	
크기	.815	.383	3.358E-02	
명료성	.193	.886	.228	음의 명료성
선명함	.193	.885	.265	음의 공간감
포근함	-7.6E-03	.157	.750	
균형	4.486E-02	.336	.730	
확산감	.474	2.923E-02	.667	

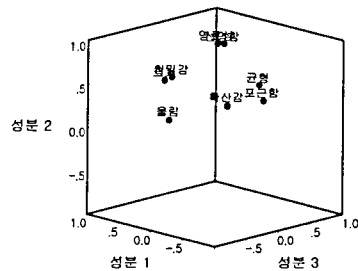


그림 9. 회전공간의 성분도표

표를 보면 성분에 따른 초기 고유값이 1 이상인 성분은 3개로 나타났으며 성분에 대한 회전 결과 초기 고유값이 1 이상인 성분은 74.5%를 나타내고 있다.

이러한 결과를 회전된 성분행렬로 정리해보면 제1요인은 "음의 크기"로 명명하였으며 "울림", "친밀감", "크기"가 포함되어있고 제 2요인은 "음의 명료성"으로 명명하였으며 "명료성", "선명

합"이 포함되어있다. 제 3요인은 "음의 공간감"으로 명명하였으며 "포근함", "균형", "확산감"이 포함되어 있다.

이러한 요인은 대형 실내체육관의 음향성능을 평가하는 항목으로 각각의 중요도를 분석하는데 이용할 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 잔향시간이 너무 길어 음향적 결함이 발생한 대형 실내체육관을 개선한 후 청감실험을 실시함으로써 대상 공간에 대한 음향 만족도 및 각 항목에 대한 반응을 조사하고자 하였으며, 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1. 음향 성능이 개선된 대형 실내체육관에서 청감실험을 통해 주관적 반응을 파악해본 결과 모두 "보통이다" 이상을 상회하고 있어 공연 및 행사에 큰 지장이 없을 정도로 개선되었음을 알 수 있다.

2. 각 항목간 상관관계는 "친밀감"- "크기", "명료성"- "선명함"이 0.9 이상의 아주 높은 상관성을 나타냈으며 "친밀감"- "명료성", "친밀감"- "선명함", "크기"- "명료성", "크기"- "선명함", "균형"- "확산감"은 0.7 이상의 비교적 높은 상관성을 나타냄을 알 수 있다.

3. 대형 실내체육관의 "전체적 인상"을 평가하는데 있어서는 "명료함"과 "선명함"과의 항목이 상관성이 가장 높게 나타남을 알 수 있다.

4. 요인 분석을 통하여 "음의 크기", "음의 명료성", "음의 공간감"의 3가지 독립적인 요인을 추출할 수 있었으며 이러한 요인들은 실내체육관의 음향성능을 평가하는 주요 항목으로 이용될 수 있을 것으로 사료된다.

향후 이러한 연구결과를 토대로 청감실험을 통한 주관적인 평가가 이루어진다면 실내체육관 설계시 음향성능 개선을 위한 기초적인 자료를 제시할 수 있을 것으로 사료되며 또한 설계단계에서부터 음향시뮬레이션을 통한 가청화를 병행한다면 대형실내체육관의 음향상태를 최적의 상태로 제어할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계, 세진사, 2003.9
2. 김재수, 양만우; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9
3. 윤희경, 박정호, 김재수 : "대형실내체육관의 음향성능개선에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회, 2003.10
4. 김재수, 양만우 ; "대형 실내체육관의 음향특성과 시뮬레이션에 관한 연구", 대한건축학회 춘계학술발표대회 21권 1호 pp 493~496, 2001. 4.28
5. 박현구, 김선우 ; "음향 성능 평가를 위한 어휘 조사 및 주관적 반응조사", 대한건축학회 19권 5호 pp191~198, 2003.5