

## 청감실험을 통한 원불교 대법당의 음향특성 제안에 관한 연구

### A Study on the Acoustic Characteristics Proposal of Won Buddhist Sanctums by Psychoacoustics Experiment

한경연\*1) · 서정석\* · 김재수\*\*

Han, Kyeong-Yeon · Seo, Jung-Seok · Kim, Jae-Soo

#### Abstract

The present article has the purpose of evaluating subjective response of Won Buddhism sanctums by psychoacoustics experiment. Furthermore, basing on this experiment, the present article makes a suggestion of a physical sound-evaluating index. To achieve the purpose, I conducted an psychoacoustics experiment at 6 sanctuaries out of the representing 40 sanctuaries of Won Buddhism sanctums, which size is bigger than 1,000 m<sup>2</sup>. I made a reanalysis with 3 Buddhist sanctums out of the subjects of psychoacoustics experiment, which are generally rated superior. From the result, I can make each evaluation type into two types, sound clarity and space sense of sound. Also, I make various suggestions of physical parameter, with which I can evaluate the proper sound condition for Won Buddhism sanctums.

키워드 : 원불교 대법당, 청감실험, 주관적 평가

Keywords : Won Buddhist Sanctums, Psychoacoustics Experiment, Subjective Evaluation

## 1. 서 론

원불교는 현재 국내에 15개교구 450여개 교당, 국외에 4개교구 13개국 30여개 교당을 설립하고 교화활동을 전개하고 있다. 교당에서는 설교, 순교, 법회, 의식, 행사 등의 다양한 교화행위가 이루어지고 있으나 지금까지는 원불교 대법당의 음향특성에 대한 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서 원불교 대법당은 음향특성을 고려하지 않고 설계·시공되어 많은 음향적 결함들이 발생하고 있으나 이에 대한 연구 및 자료가 부족하여 이를 개선하는데 많은 어려움을 겪고 있는

실정이다.

따라서 본 연구에서는 청감실험을 통해 대법당의 음향성능을 평가해보고 최적의 음향상태를 유지하고 있는 대법당을 파악함으로써 향후 원불교 대법당의 음향설계를 위한 기초적인 자료를 제시하고자 한다.

## 2. 청감실험 및 방법

### 2.1 원불교 대법당의 개요

원불교 대법당 중 대표성을 가진 40개의 교당에서 건물체적 1,000m<sup>3</sup> 이상의 규모를 가지고 있는 대법당 6개소를 선정하였다. 대상 원불교 대법당의 개요는 표 1과 같다.

\* 정회원, 원광대학교 건축학부 석사과정

\*\* 정회원, 원광대학교 건축학부 부교수, 공학박사

표 1. 대상 원불교 대법당의 개요

구분	A교당	B교당	C교당	D교당	E교당	F교당
단면형	단층형	단층형	단층형	발코니형	발코니형	발코니형
1층면적(m <sup>2</sup> )	446.3	270.9	475.8	838.8	254.6	485.7
2층면적(m <sup>2</sup> )				600.6	64.1	205.8
바닥면적(m <sup>2</sup> )	446.3	270.9	258.3	838.8	254.6	485.7
체적(m <sup>3</sup> )	2677.8	1025.9	1356.1	6271.0	1094.8	3376.8
길이(m)	27	20.4	20.4	28.4	22.3	28.5
폭(m)	18	14	12	33	11.9	20.5
천정고(m)	6~8.7	4.2	5.25	7.5	4.3	6~6.8
좌석수(석)	450	400	220	1440	350	800

각 원불교 대법당의 평면이 대칭에 가까운 형태이므로 실의 중심을 기준으로 그리드(Grid)를 설정해 각 열과 거리를 고려하여 비교적 고르게 분포하도록 한 6~10개소의 수음점을 선정하였다. 청감음원의 위치는 불단의 위치로 고정된 상태에서 피험자가 각 수음점을 이동하며 청감 실험을 실시하였다. 원불교 대법당의 평면형태와 수음점의 위치는 그림 1과 같다

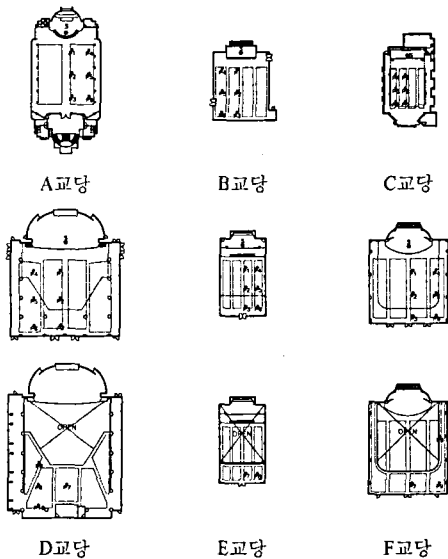


그림 1. 대상 원불교 대법당의 평면도

## 2.2 피험자의 구성

원불교 교역자와 교도, 원광대학교의 건축학

부에 재학중인 대학생과 대학원생 중 청력관련 질환을 앓은 경력이 없거나 앓고 있지 않은 자가 청감실험에 참여하였다. 피험자의 관련사항은 표 2와 같다.

표 2. 피험자의 관련사항

번호	변인	세부내용	N	%
1	응답자수	-	42	100
2	성별	남성	22	52.4
		여성	20	47.6
3	연령	20대	35	83.3
		30대	5	11.9
		40대	1	2.4
		60대	1	2.4
4	직업	교역자	5	11.9
		학생	35	83.3
		사무원	1	2.4
		농업	1	2.4
5	입교년수	11~20년	4	9.5
		20년이상	5	11.9
		기타	33	73.6

피험자는 각 교당별 수음점의 수를 기준으로 표 3과 같이 구성하였다.

표 3. 피험자의 구성

번호	교당	응답자수	성별구성	수음점수
1	A교당	6	남:3, 여:3	6
2	B교당	6	남:4, 여:2	6
3	C교당	6	남:4, 여:2	6
4	D교당	10	남:4, 여:6	10
5	E교당	6	남:4, 여:2	8
6	F교당	8	남:3, 여:5	9

## 2.3. 청감실험용 음원 및 구성

원불교 대법당에서는 성가와 설교뿐만 아니라 종교의식이 행해지기 때문에 의식의 주요 구성요소인 경종과 목탁, 대표적인 성가 2곡과 표준어를 구사하고 발음이 정확한 남자와 여자아나운서의 음성을 음원으로 구성하였다. 음원의 형태는 그림 2와 같다.

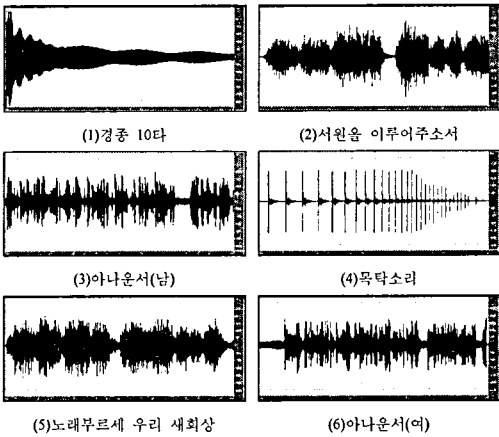


그림 2. 음원의 형태

음원은 스튜디오에서 녹음한 성가집과 뉴스진행자의 음성을 Cool Edit 2000을 이용하여 음원번호-음원10초-평가시간 30초 순으로 그림 3과 같이 편집하여 제작하였다. 음원은 그림 4와 같이 무지향성스피커(DO12)를 통해 피험자에게 제시하였다.

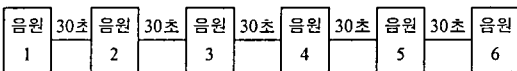


그림 3. 음원 재생 방법

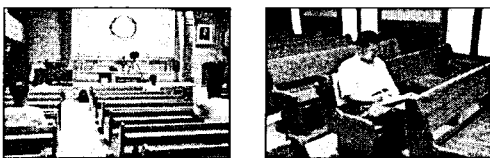


그림 4. 청감실험사진

## 2.4 청감항목 구성

대법당의 음향특성을 평가하기 위해 원불교 교부님들을 통한 사전조사와 기존에 Beranek, Barron 등에 의해 연구되어진 내용을 기초로 대법당의 주관적인 반응을 평가할 수 있는 적절한 어휘를 다음과 같이 선정하였다.

## 음 원

항 목 별	표 식		
	평 가		
음의 울림(잔향감) (Reverberance)	건조하다	보통 이다	충만하다
음의 친밀감 (Intimacy)	먼곳에서 연주 하는 느낌이다	보통 이다	가까운곳에서 연주 하는 느낌이다
음의 크기 (Loudness)	작게 들린다	보통 이다	크게 들린다
음의 명료성 (Intelligibility)	탁하다	보통 이다	명료하다
음의 선명함 (Clarity)	둔하다	보통 이다	선명하다
음의 포근함 (Warmth)	날카롭다	보통 이다	부드럽다
음의 균형 (Balance)	음이 한쪽으로 치우친다	보통 이다	음이 균형 잡혀있 다
음의 확산감 (Envelopment)	한쪽으로 집중된다	보통 이다	넓게 확산된다
음의 전반적인 인상 (Overall mpression)	반악하다	보통 이다	우수하다

그림 5. 청감실험 시트

각 항목의 평가척도는 미국의 심리학자Osgood에 의해서 제창된 의미분별척도법(Method of Semantic differential Scaling; SD)의 척도로 1~7까지의 수가 4를 기준으로 양극 척도를 그림5와 같이 이루고 있다.

## 3. 분석 및 고찰

### 3.1 교당별 주관적 평가

대법당의 주관적 평가 항목에 대한 각 대법당의 평가결과는 그림 6과 같이 전반적으로 보통이상 5~6사이에 평가되었다. “전반적인 인상”은 C교당> D교당> A교당> E교당> F교

당) B교당의 순으로 나타났고, 이는 9가지 항목의 평균 순위와도 일치하는 결과를 얻을 수 있다.

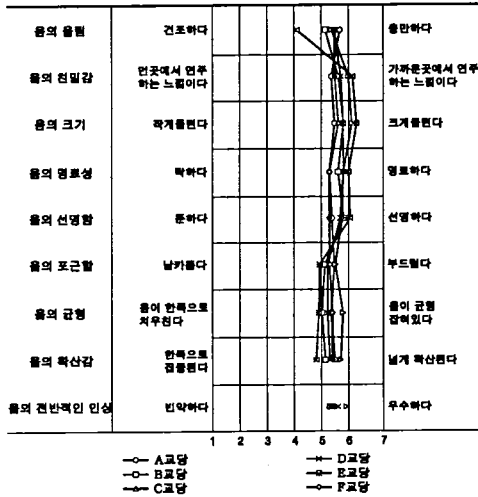


그림 6. 주관적평가

### 3.2 상관관계 분석

상관관계분석을 통해서 관련을 갖는 주관적인 평가항목을 산출하였다. 상관계수는 공통으로 선택한 항목 사이의 행렬을 기초로 유사성 계수인 파이계수(Phi Coefficient)로서, 이 행렬에서 파이계수가 높은 값은 항목간의 거리가 가깝고 서로 유사성이 높다는 의미이다. 분석에는 SPSS Win 10을 이용하여 각 교당의 상관관계를 표 4와 같이 도출해냈다.

표 4. 각 교당의 항목간 상관관계 분석

- A교당

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	.613	1							
크기	.724	.987**	1						
명료성	.657	.950**	.955**	1					
선명함	.750	.941**	.958**	.974**	1				
포근함	.747	.933**	.943**	.983**	.981**	1			
균형	.896*	.827*	.887*	.786	.878*	.852*	1		
확산감	.907*	.875*	.937**	.854*	.919**	.894*	.981**	1	
인상	.814*	.933**	.958**	.921**	.959**	.961**	.956**	.961**	1

- B교당

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	-.157	1							
크기	-.226	.980**	1						
명료성	-.381	.835*	.880*	1					
선명함	-.353	.899*	.950**	.972**	1				
포근함	.406	.693	.645	.542	.607	1			
균형	.176	.180	.189	.443	.386	.665	1		
확산감	.317	.499	.457	.540	.533	.916*	.897*	1	
인상	-.005	.770	.768	.846*	.848*	.873*	.765	.899*	1

- C교당

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	.802	1							
크기	.833*	.982**	1						
명료성	.786	.962**	.969**	1					
선명함	.777	.971**	.984**	.995**	1				
포근함	.779	.791	.825*	.794	.807	1			
균형	.935**	.925**	.944**	.905*	.912*	.922**	1		
확산감	.834*	.912*	.931**	.913*	.924**	.969**	.973**	1	
인상	.835*	.966**	.974**	.948**	.963**	.928**	.973**	.969**	1

- D교당

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	.956**	1							
크기	.929**	.938**	1						
명료성	.889**	.964**	.963**	1					
선명함	.841**	.912**	.921**	.979**	1				
포근함	.848**	.826**	.815**	.834**	.834**	1			
균형	.694*	.702*	.681*	.682*	.679*	.639*	1		
확산감	.937**	.940**	.934**	.898**	.871**	.808**	.844**	1	
인상	.877**	.891**	.896**	.888**	.895**	.899**	.859**	.955**	1

- E교당

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	.576	1							
크기	.500	.991**	1						
명료성	.554	.972**	.959**	1					
선명함	.482	.976**	.971**	.978**	1				
포근함	.613	.793*	.756*	.747*	.788*	1			
균형	.491	.316	.300	.311	.308	.712*	1		
확산감	.588	.829*	.821*	.768*	.843**	.932**	.625	1	
인상	.739*	.912**	.888*	.876**	.874**	.922**	.589	.911**	1

- F교당

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	.449	1							
크기	.546	.971**	1						
명료성	.110	.539	.596	1					
선명함	.143	.552	.541	.849**	1				
포근함	-.248	-.527	-.514	-.285	-.049	1			
균형	.455	.563	.567	-.050	-.026	-.039	1		
확산감	.509	.783*	.836**	.406	.235	-.320	.825**	1	
인상	.536	.816**	.888**	.629	.514	-.253	.669*	.937**	1

표에서 보면 A·C·D교당의 평가항목간 상관관계가 가장 좋은 것으로 나타났다. 따라서 대법당 6개소 중 상관관계가 높고 청감결과가 전반적으로 우수하게 평가된 3개 교당의 평가항목별 상관관계를 분석해 보면 다음 표 5와 같다.

표5. 평가항목간 상관관계 분석

	울림	친밀감	크기	명료성	선명함	포근함	균형	확산감	인상
울림	1								
친밀감	.588**	1							
크기	.672**	.981**	1						
명료성	.549**	.944**	.924**	1					
선명함	.602**	.932**	.931**	.978**	1				
포근함	.667**	.611**	.687**	.495*	.573**	1			
균형	.650**	.759**	.799**	.657**	.728**	.737**	1		
확산감	.793**	.822**	.885**	.722**	.789**	.829**	.926**	1	
인상	.652**	.912**	.935**	.858**	.903**	.768**	.906**	.922**	1

\*\*상관계수는 0.01 수준(양측)에서 유의합니다.  
\*상관계수는 0.05 수준(양측)에서 유의합니다.

항목간 상관관계는 “친밀감”-“크기”, “크기”-“인상”, “명료성”-“선명함”, “선명함”-“인상”, “균형”-“확산감”, “확산감”-“인상” 등이 0.9이상으로 아주 높은 상관성을 나타내었고, “울림”-“확산감”, “포근함”-“확산감”은 0.7이상의 높은 상관성을 나타냈다. “전반적인 인상”과 항목간의 상관관계를 살펴보면 “크기”>“확산감”>“친밀감”>“균형”>“선명함”의 순으로 상관성을 나타냈다.

### 3.3 군집분석을 통한 항목의 유형

평가항목들을 유형화하기 위해 유클리디안 거리(Euclidean Distance)와 완전기준결합방식(Complete Linkage)을 이용하여 군집분석을 하였다. 그림 7은 덴드로그램으로 나타낸 것이고, 이 결과로부터 항목을 군집시켜 분류한 것이 표 6이다.

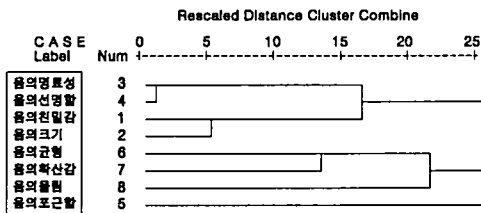


그림 7. 항목의 군집분석

표 6. 항목의 유형

군 집	항 목	유 형
군집 I	음의명료성 음의선명함 음의친밀감 음의크기	음의명확성
군집 II	음의균형 음의확산감 음의울림 음의포근함	음의공간감

평가항목은 크게 군집 I(명료성, 선명함, 친밀감, 크기), 군집 II(균형, 확산감, 울림, 포근함)으로 분류되어 나타났고, 이중 군집 I은 “음의 명확성”, 군집 II는 “음의 공간감”으로 유형화 할 수 있다.

“명료성”과 “선명함”이 가장 거리가 가까운 항목으로 나타났고, 다음으로 “친밀감”과 “크기”, “균형”과 “확산감”으로 나타났다.

### 3.4 대법당의 음향성능평가 파라메타 제안

청감실험 결과 우수하게 평가된 A·C·D교당의 실측치<sup>3)</sup>를 토대로 대법당의 음향성능을 평가하는 물리적 평가지수들의 적정치를 분석해 보면 다음과 같다.

그림 8은 원불교 대법당의 잔향시간(RT)과 교회의 최적잔향시간을 비교한 것이다.

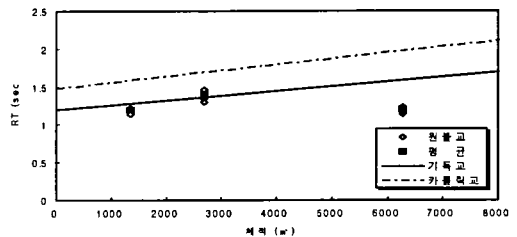


그림 8. 교회의 최적잔향시간과 대법당의 RT의 비교

1) 서정석, 한경연, 김재수; “원불교 대법당의 음향특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 추계 학술발표대회 23권 2호, 2003.10.

1982년부터 20년동안 건립된 190여개 원불교 대법당의 체적을 조사한 결과 모두 4000m<sup>3</sup>이하인 것으로 나타났다. 따라서 대법당의 체적이 4,000m<sup>3</sup>이하인 A교당과 C교당의 잔향시간을 분석한 결과 카톨릭교보다 기독교의 최적잔향시간과 유사함을 보여주고 있다. 이러한 결과를 토대로 원불교 대법당의 적정잔향시간은 약 1.2sec~1.4sec정도를 유지하는 것이 바람직하리라 사료된다.

그림 9는 초기감쇠시간(EDT)을 비교한 것이다.

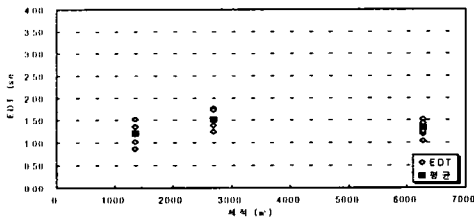


그림 9. 초기감쇠시간(EDT)

EDT는 1.2sec~1.5sec로 잔향시간과 비슷한 분포형태를 가지고 있지만 잔향시간에 비해 편차가 다소 크게 나타나는데, 이는 EDT가 잔향시간에 비해 실의 형태에 따라 매우 민감하게 반응하고 측정위치에 따라 현저하게 달라진다는 특성 때문으로 사료된다.

그림 10은 음의 명확성과 관련이 있는 음악명료도(C80)와, 음성명료도(D50)이다.

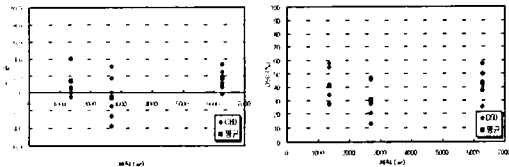


그림 10. 음악명료도(C80) 및 음성명료도(D50)

명료도는 잔향시간이 높은 교당은 명료도가 다소 낮은 것으로 나타났으며 C<sub>80</sub>은 평균 -0.5dB~1.7dB로 나타났고, D<sub>50</sub>은 평균 30.4%~42.8%로 나타났다.

다음 그림은 음성전달지수(RASTI)와 저음비

(BR)이다.

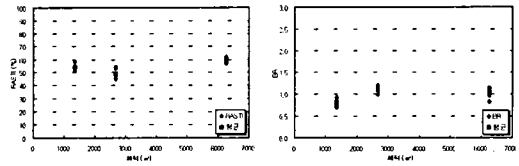


그림 11. 음성전달지수(RASTI) 및 저음비(BR)

음성전달지수(RASTI)는 평균 48.8%~59.3%로 나타났으며, 저음에 대한 사람의 주관적인 감각인 음의 포근함을 나타내는 평가지수인 저음비는 평균 0.8~1.1로 나타났다.

#### 4. 결론 및 향후 연구과제

본 논문은 청감실험을 통한 원불교 대법당의 주관적 반응을 평가하고 이를 토대로 물리적 영향 평가지수를 제안한 연구이다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

1. 청감실험 결과가 우수한 A·C·D교당을 기준으로 상관관계를 분석한 결과 “친밀감”-“크기”, “크기”-“인상”, “명료성”-“선명함”, “선명함”-“인상”, “균형”-“확산감”, “확산감”-“인상”등이 0.9이상으로 높은 상관성을 나타내었다.

2. 평가항목들을 유형화하기 위한 군집분석 결과는 군집 I(명료성, 선명함, 친밀감, 크기)은 “음의 명확성”, 군집 II(균형, 확산감, 울림, 포근함)는 “음의 공간감”으로 유형화할 수 있었다.

3. 대부분의 대법당 체적이 4,000m<sup>3</sup> 이하라는 점을 감안한다면 원불교 대법당의 적정잔향시간은 약 1.2sec~1.4sec정도로 유지하는 것이 바람직하리라 사료된다.

4. 청감실험 결과가 우수한 3개의 교당의 물리적 평가지수들의 적정치는 초기감쇠시간(EDT)은 평균 1.2sec~1.5sec로 나타났고, C<sub>80</sub>은 평균 -0.5dB~1.7dB, D<sub>50</sub>은 평균 30.4%~42.8%로 나타났다. 그리고 음성전달지수(RASTI)는 평균 48.8%~59.3%로 나타났으며, 저음비는 평균 0.8~1.1로 나타났다.

본 연구에서의 실험대상은 대표성을 가진 40

개의 원불교 대법당중 형태, 체적, 음향상태 등을 고려하여 6개소만을 선정하여 진행된 연구이다. 따라서 향후 형태와 체적 및 음향상태가 다양한 더 많은 대법당을 선정하여 청감실험 및 물리적 음향평가지수에 대한 측정이 이루어지면 보다 정확한 원불교 대법당의 음향상태를 평가하는 기준이 설정될 수 있을 것으로 사료된다.

또한 이렇게 연구된 자료는 가청화(Auralization)를 통해 설계단계에서의 음향상태를 사전에 평가할 수 있는 좋은 자료로 활용될 수 있으리라 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 김재수 ; 건축음향설계, 세진사, 2003.9.
2. 김재수, 양만우 ; 건축음향설계방법론, 도서출판 서우, 2001.9.
3. 서정석, 한경연, 김재수 ; “원불교 대법당의 음향특성에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 23권 2호, 2003.10.
4. 박현구, 김선우 ; “성당 음향성능 평가를 위한 어휘조사 및 주관적 반응 조사 연구”, 대한건축학회논문집 19권 5호, 2003.5.
4. 박현구, 김선우, 이성호, 전지현 ; “교회예배당의 음향특성에 관한 실험적 연구”, 한국소음진동공학회 추계학술발표대회, 1998.11.
5. Heinrich Kuttruff, Room Acoustics, Elsevier Applied Science, 1991
6. James P.Cowan, Handbook of Environmental Acoustics, Van Nostrand Reinhold, 1994