

# 콘서트 홀에서 선호되는 음향특성에 관한 연구

## Investigation of the Preferred Acoustic Characteristics in Concert Halls

최 영 지\*  
(Young-Ji Choi\*)

\*계명대학교 공과대학 건축학부

(접수일자: 2005년 1월 3일; 수정일자: 2005년 2월 1일; 채택일자: 2005년 2월 14일)

본 연구는 주관적 음향평가를 통하여 콘서트 홀에서 선호되는 음향특성과 중요한 음향지표 조사에 그 목적이 있다. 호주의 두 콘서트 홀 (이하 Hall A와 Hall B로 가칭함)에서 더미헤드 (Dummy Head)로 녹음된 음악을 이용하여 음향평가를 위한 청감실험을 통해 실시하였다. 평가된 두 콘서트 홀의 음향선호도는 측정된 음향지표와의 상관도를 분석하여 실제 홀에서의 음향평가에 기여하는 음향지표를 조사하였다. 청감실험에서 피험자들은 Hall B가 Hall A에 비해 음향적으로 우수하다는 결과를 보여주었으며, Hall A의 낮은 음향선호도는 전문음악가와의 인터뷰조사결과와 유사하였다. 두 콘서트 홀의 음향평가에 가장 중요한 음향지표는 음압레벨로 밝혀졌다.

**핵심용어:** 음향특성, 콘서트 홀, 음향지표, 청감실험

**투고분야:** 건축음향 분야 (7.2)

This study deals with a subjective assessment to investigate the preferred acoustic conditions and determine the important acoustical parameters in concert halls. A subjective test was carried out using dummy head recorded sounds made in actual halls in Australia (referred to as Hall A and Hall B) to evaluate the acoustic performance of two halls. The results of subjective tests were then correlated with measured acoustical parameters to investigate the significant determinants for the preference judgements. The listeners show a stronger preference for seats in the Hall B than those in the Hall A. The low preferences for seats in the Hall A are in agreement with live performance ratings assessed by musicians. It is found that the sound level is the most significant acoustical parameter for evaluating the overall acoustic preference in the two halls.

**Keywords:** Acoustic Characteristics, Concert Halls, Acoustical parameters, Subjective Assessments

**ASK subject classification:** Architectural Acoustics (7.2)

### I. 서론

홀의 크기와 흡음율로 정의되는 잔향시간만으로는 다차원적인 속성의 콘서트 홀 음향을 평가하기에 역부족임을 깨달은 연구자들은 콘서트 홀 음향을 보다 정확하게 이해하고 측정할 수 있는 음향지표연구에 주력하였다. 그 결과 많은 연구자들에 의해 새로운 음향지표들이 실험을 통해 제시되었고, 또한 다양한 홀의 주관적 음향평가방법을 통한 이들 음향지표와 홀의 주관적 음향과의 상관관계도 검증 되었다[1-3]. 하지만, 이러한 수많은

실험 및 연구에도 불구하고 콘서트 홀 음향의 다차원적인 속성으로 인해 몇몇 음향지표와 콘서트 홀의 주관적 음향과의 불분명한 상관관계가 보고되었으며[3,4] 이것은 이들 주관적 음향요소를 보다 정확하게 측정하기 위한 새로운 음향지표제시에 관한 연구[5]로 파급되었다.

콘서트 홀 음향에 중요한 주관적 요소들은 몇 가지로 요약될 수 있으며, 이들 요소는 각각 독립된 개체가 아닌 상호간의 상관관계가 있음을 여러 연구결과를 통해 밝혀졌다. (2장 내용 참조) 예를 들어, Barron[3]은 영국의 콘서트 홀의 주관적 음향평가연구에서 음압레벨은 음압감 (Loudness)을 측정하기 위한 음향지표이지만, 공간감 (Spatial Impression)과 친밀감 (Intimacy)에도 상관관계가 있음을 보여주었다. 비록 다차원의 콘서트 홀

음향을 한가지 음향지표로 함축하여 나타내는 것은 불가능하지만, 콘서트 홀 음향평가에 가장 중요한 음향지표를 실제 홀에서 조사하고 재확인함으로써 복잡한 콘서트 홀의 주관적 요소를 이해하는데 한층 쉽게 접근할 수 있을 것이다.

본 연구에서는 다른 음향특성을 가진 호주의 두 콘서트 홀의 주관적 음향평가를 실시하고, 그 결과를 바탕으로 실제 홀에서 선호되는 음향특성과 음향평가에 중요한 영향을 미치는 음향지표조사에 그 목적이 있다. 두 콘서트 홀의 주관적 음향평가에는 실제 홀에서 더미헤드로 녹음된 음악을 바탕으로 청감실험을 실시하였다. 청감실험에서 얻어진 결과의 타당성을 검토하기 위하여 음악전문가들과의 인터뷰조사를 바탕으로 한 선행연구결과[6]와 유사한지 비교하였다. 또한, 음향평가에 중요한 영향을 미치는 음향지표들을 조사하기 위하여 두 홀의 음향 선호도와 측정된 음향지표들과의 상관관계를 분석하였으며, 유럽의 콘서트 홀의 주관적 음향평가에서[1-3] 보고된 홀의 음향평가에 중요한 음향지표와 유사한지 비교하였다.

## II. 주관적 음향평가와 중요한 음향지표

콘서트 홀의 주관적 음향평가방법에는 평가장소에 따라 실험실연구 (Laboratory Study)와 라이브공연평가 (Live Performance Evaluation)로 분류된다. 실험실연구는 라이브공연평가가 불가능한 경우나 비 음향지표 (Non-Acoustical Parameters)를 배제한 평가방법으로, 실제 홀에서의 공연을 더미헤드 (Dummy Head)로 녹음하여 무향실에서 스피커나 헤드폰을 이용한 음향재생법을 이용한다. Schroeder 외 [1]는 유럽의 25개 콘서트 홀에서 더미헤드로 녹음한 음악을 무향실에서 스피커를 이용한 음향재생방법으로 홀의 음향선호도를 평가하고, 음향선호도와 음향지표와의 상관관계를 검증하였다. 세 음향지표, 양이상관계수 (Inter Aural Cross Correlation), 잔향시간 (Reverberation Time) 그리고 Definition (혹은, Deutlichkeit), 가 콘서트 홀의 음향선호도와 상관성이 높게 나타났다. 이와 유사한 방법으로 Plenge 외 [2]는 유럽의 6개 콘서트 홀에서 더미헤드로 녹음한 음악을 무향실에서 헤드폰을 이용한 음향재생방법으로 홀의 음향평가를 실시하였다. 인자분석법을 이용하여 음압레벨

(Sound Level), 센터타임 (Centre Time) 그리고 주파수 대 초기감쇠시간 경사도 (The Slope of the Early Decay Time as a Function of Frequency)이 홀의 음향평가에 중요한 음향지표로 밝혀졌다. Plenge 외는 또한 음의 크기 (Loudness)가 음향평가에 가장 중요한 주관적 요소임을 발견했으며, 이것은 음의 크기가 음향평가에 지배적인 요소임을 인식해 모든 테스트 음장 (Test Sound Fields)의 음압레벨을 동일하게 설정한 Schroeder 외 [1]의 연구에서도 발견되는 공통적인 결과이다.

실험실연구에 비해 라이브공연평가는 콘서트 홀 음향에 관한 보다 사실적인 정보를 얻을 수 있는 장점이 있지만, 실제 홀에 내재해 있는 비 음향지표가 홀의 주관적 음향평가에 영향을 미친다는 점을 배제할 수 없다. Barron [3]은 영국의 11개 콘서트 홀을 대상으로 한 주관적 음향평가에서 잔향감 (Reverberance), 공간감 (Envelopment) 그리고 친밀감 (Intimacy)이 홀의 음향 선호도와 높은 상관도를 보이고, 음의 크기는 친밀감을 통해 음향선호도에 영향을 미친다고 밝혔다. 이들 주관적 음향요소들과 상관되는 음향지표로는 초기감쇠시간, 측면에너지비 (Lateral Energy Fraction) 그리고 음압레벨로 나타났다. Barron의 라이브공연평가는 전술한 더미헤드 녹음을 바탕으로 한 콘서트 홀의 음향평가의 연구와 여러 측면에서 유사한 결과를 보여주었다. Schroeder 외 [1]의 잔향시간과 양이상관계수는 각각 잔향감과 공간인상 (Spatial Impression 혹은 Spaciousness)의 주관적 요소와 상관성이 있는 음향지표이며, 이것은 Barron의 초기감쇠시간과 측면에너지비와 유사하다고 볼 수 있다. 그리고, Plenge 외 [2]의 연구에서 보고된 음압레벨과 초기감쇠시간의 중요성은 Barron의 연구결과에서 재 검증 되었다.

비록 연구자들간에 콘서트 홀의 주관적 음향측정을 위한 음향지표에 관한 견해차이는 있지만, 음향평가방법과 연구대상의 다양성에도 불구하고 콘서트 홀 음향평가에 중요한 주관적 요소들에 관한 유사한 연구결과가 보고되었다. 특히, 음의 크기가 콘서트 홀 음향을 평가함에 있어 가장 중요한 주관적 요소임은 실험실연구[1, 2]뿐만 아니라 실제 홀에서의 라이브공연평가[3]에서도 밝혀진 공통된 결과이다. 이것은 또한 콘서트 홀에서 높은 음압레벨 유지를 위하여 지나친 객석에서의 흡음으로 인한 음압레벨의 감소를 막기 위한 객석 수의 제한 (3,000 석 이하) 과 거리에 따라 감소되는 음압레벨의 특성을 고려한 무대와 객석간의 거리 (40 m이하) 제한이라는

기본적인 설계지침에도 적용되고 있음을 알 수 있다[7]. 무대와 객석간의 거리제한은 충분한 시선확보와도 연관되며, 이것은 또한 주관적 음의 크기와 친밀감이 상관관계가 있다는 Barron [3]의 연구에서도 보고되었다.

음향이 우수한 콘서트 홀의 조건으로 높은 음압레벨과 객석 부분별로 균등한 음압레벨의 분포가 중요한 요소라는 것은 컴퓨터 시뮬레이션 (Computer Simulation)으로 재현한 유럽의 두 콘서트 홀, The Vienna Grosser Musikvereinsaal 과 The London Royal Festival Hall, 의 음향평가를 위한 청감실험에서도 보고된 바 있다[8]. 두 콘서트 홀의 컴퓨터 모델에서 7개 객석 지점을 가청화 (Auralization)한 음악샘플을 바탕으로 두 홀의 음향선호도 평가를 실시하였으며, 피험자들은 Vienna 홀이 London 홀에 비해 음향적으로 우수하다고 판단하였다. Vienna 홀에 대한 높은 음향선호도는 높은 음압레벨 (평균예측치: 6.8 dB, 평균측정치: 7.0 dB) 과 더불어 객석의 균등한 음압레벨 분포 때문이며, 음향선호도와 음압레벨의 높은 상관도가 이 사실을 재 검증해주었다.

### III. 음향측정 및 청감실험 개요

#### 3.1. 대상공간

실제 콘서트 홀에서 선호되는 음향과 음향선호도와 높은 상관성을 가지는 음향지표를 조사하기 위하여 호주의 두 콘서트 홀을 (Hall A와 Hall B로 가칭함) 본 연구의 대상공간으로 선정하여 음향측정을 실시하였다. 표 1은 대상공간의 재원을 나타내고 있다. Hall A는 부정형 (irregular) 평면형태를 한 대규모 콘서트 홀이고, 독주에서 대규모 오케스트라에 이르기까지 다양한 장르연주가 유치되고 있다. 수려한 외관과는 대조적으로 저음감 (Bass)의 저조와 무대에서의 앙상블 (Ensemble) 연주의 어려움 등의 음향적인 문제점이 대두되고 있어, 현재 이 문제점을 해결하고자 리노베이션 (Renovation)을 계획 중에 있다. Hall B는 장방형 (Rectangular) 평면형태를 한 중규모 콘서트 홀이고, 주요공연장르는 실내악과 독주연주이다. 특히 Hall B는 무대와 최 원거리에 있는 객석간 거리가 30m를 유지하고 있어 (Hall A의 경우 무대와 최 원거리에 있는 객석간 거리는 50m) 이는 연주자와 관객 사이의 친밀감 (Intimacy) 형성에 기인하는 중요한 건축적 요소이며, 또한 객석의 균등하고 높은 음압

표 1. Hall A와 Hall B의 재원

Table 1. Data on Hall A and Hall B.

	Hall A	Hall B
체적	24,600 m <sup>3</sup>	11,000 m <sup>3</sup>
실 형태	부정형	장방형
평균 길이 (무대중심에서)	50 m	30 m
평균 너비	33.2 m	13 m
평균 높이	16.8 m	18 m
스테이지 면적	180.7 m <sup>2</sup>	80 m <sup>2</sup>
객석 수	2,679 석	1,238 석

레벨은 호주의 현지 콘서트 관객들 (Concert-goers)이 Hall A보다 Hall B를 음향 면에서 선호하는 주된 이유라 들 수 있다.

#### 3.2. 음향측정

홀의 음향측정은 신호대잡음비 (Signal to Noise Ratio) 가 우수한 사인 스위프법 (Sine sweep method)을 이용하였다[9]. 청감실험용 터미헤드녹음은 무향실 녹음 음원[10]을 이용하였고, B&K 4205 Sound Power Source 의 핑크 노이즈 (Pink Noise)를 음원으로 음압레벨을 측정하였다. 음원용 스피커는 'Soundsphere' (Sonic Systems, model 2212-1) 와 125 Hz이하 저 대역주파수 보정 스피커를 합체하여 본 연구용으로 특별 제작한 스피커를 사용하였다. 홀의 음향지표측정을 위한 마이크로폰 (Microphone)은 모노 마이크로폰 (B&K sound level meter type 2215 with free field 1/2" microphone type 4190)과 터미헤드 (B&K head and torso simulator type 4128C)를 이용하였다. 사인 스위프와 청감실험용 무향실 녹음 음원은 레코더 (ALESIS, Master link ML9600)에서 스피커를 통하여 홀내로 전달되고 마이크로폰을 통해서 받아들인 음원은 하드 디스크 (ALESIS, ADAT HD24)에 저장되었다.

그림 1은 Hall A의 음원점과 측정점을 예를 들어 보여 주고 있다. 측정점은 무대중심점에서 10 m 거리에 있는 객석을 시작으로 Hall A에서는 45 m 거리까지 그리고 Hall B에서는 30 m 거리까지 5 m 거리 간격을 두었다. 이러한 측정기법의 이용은 두 홀에서 무대와 동일한 거리에 있는 객석의 상대적 음향비교를 가능하게 하고, 거리에 따른 객석의 음압레벨차이가 음향선호도에 미치는 영향에 관해 조사하기 위함이다. 6개 음원점과 두 홀의 45 와 24 객석에서 각각 음향측정이 실시되었다. 모든 홀의 음향측정은 객석이 공석인 상태에서 실시되었다. 단, Hall A의 음향측정에는 무대에 뮤직 스탠드 (Music Stand), 의자 그리고 스테이지 레이저 (Stage Raiser)등이 배치되어 있었다.

하드 디스크에 녹음된 사인 스위프와 타임 리버스드 사

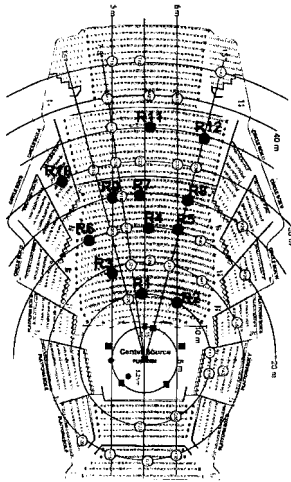


그림 1. 음향평가에 사용된 Hall A의 음원점과 측정점 (■: 무대 중앙 음원점, ●: 12 수신점)  
 Figure 1. Source and receiver positions used in the subjective assessments in Hall A (■: 1 centre source, ●: 12 receiver positions).

인 스위프 (Time reversed sine sweep)과의 디컨벌루션 (Deconvolution) [9]으로 측정점의 임펄스 응답 (Impulse Response)을 계산하였다. 디컨벌루션과 측정점의 음향 지표산출에는 Cool Edit Pro[11]와 Aurora[12] 소프트웨어를 이용하였다.

### 3.3. 청감실험

#### 3.3.1. 피험자

시드니 대학의 오디오전공 석사과정 학생 8명을 대상으로 청감실험을 실시하였다. 남녀 각각 4명씩으로 구성된 피험자들의 연령은 20~40세 사이로 정상적인 청력의 소유자들로 알려졌다. 장시간 반복되는 음악샘플의 청취로 인한 피험자들의 피곤함을 덜기 위해 청감실험은 3회로 나누어서 실시되었으며, 각 회마다 10분간의 휴식시간을 가졌다. 피험자들이 청감실험을 마치는데 소요되는 시간은 대략 2시간 30분~3시간 정도였다.

#### 3.3.2. 실험방법

두 홀의 주관적 음향평가를 위한 청감실험이 실제 홀에서 더미헤드로 녹음된 음악을 이용해 무향실에서 실시되었다. 청감실험에서는 각 홀에서 측정된 객석의 좌석들 중 주로 스톨 (Stall)과 발코니 (Balcony)부분에 위치한 12좌석들만이 평가되었다. 이 좌석들 중에 스톨의 9좌석들은 (Hall A의 R1에서 R9좌석들과 Hall B의 R13에서 R21좌석들) 무대 음원점에서 동일 거리선상에 있어 두 홀의 상대적인 좌석간 음향비교가 가능하였다 [Hall

B의 좌석에 관해서는 참고문헌 8의 130 페이지 참조].

청감실험은 쌍대비교법 (Paired Comparison Method)을 이용하였으며 주어진 쌍의 두 음악 중에 어느 음악을 선호하는지 선택하도록 하였다. 피험자에게 청감실험의 이해를 돕기 위해서 본 실험 전에 몇 쌍의 음악샘플 (Music Sample)로 구성된 간단한 예비실험을 실시하였다. 청감실험중에 피험자들이 원하는 만큼 반복해서 음악을 들을 수 있도록 하였고, 피험자들은 총 276 쌍의 음악샘플을 평가하였다. 청감실험은 시디 플레이어 (CD Player, Denon DN-C630)와 오픈 타입 헤드폰 (Open Type Headphone, Sennheiser HD600)을 이용해 무향실에서 실시되었다. 음악은 Weber의 Theme 곡의 첼로 독주 연주 10 초간을 이용하였다.

## IV. 결과

### 4.1. 음향선호도

두 콘서트 홀의 음향선호도는 Thurstone's Case V법 [13]을 이용해 심리선호척도 (Psychological Preference Scale)로 환산되었다. 청감실험을 통해서 얻어진 심리척도가 유효한지 검증되었고[14], 그 결과 5% 이내에서 심리선호척도가 유의하였다.

그림 2는 두 홀의 24 좌석의 음향평가에서 얻어진 피험자들의 평균심리선호척도를 보여준다. 두 홀에서 피험자들이 가장 음향적으로 선호하는 좌석은 Hall A의 R2와 Hall B의 R14로 이 좌석들은 무대중앙에서 10 m와 객석 중앙선에서 왼쪽으로 5 m 들어간 지점에 위치해 있다. 하지만, 이들 좌석의 심리선호척도를 비교해보면 Hall A의 경우 0.02와 Hall B의 경우 1.32로 큰 차이를 보여줌을 알 수 있다. 두 홀에서 무대와 객석간 동일한 거리에 있는 9좌석들의 경우 한 좌석 R20을 제외한 Hall B의 모든 좌석들이 Hall A의 좌석들보다 선호되었다. 이것은 피험자들은 Hall B의 대부분의 좌석들을 Hall A의 좌석들보다 음향면에서 선호함을 보여준다. 그리고, Hall A에 비해 Hall B의 대부분의 좌석들은 좌석간 심리선호척도차를 비교적 낮게 보여주고 있어 Hall B는 홀 내부의 균등한 음향 분포를 가짐을 알 수 있다.

측벽과 후벽에 가까이 위치한 Hall B의 좌석 R20의 낮은 선호도는 더미헤드 녹음과정에서의 기술적인 오류에서 나타난 결과인지 이 좌석만의 음향특성인지에 관해

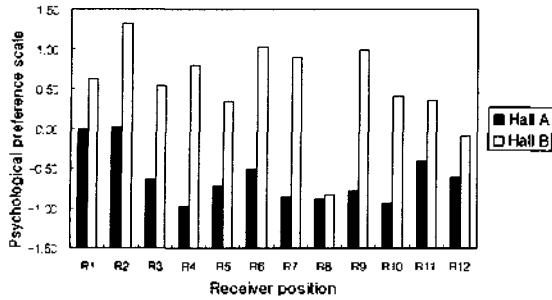


그림 2. Hall A와 Hall B의 좌석 별 피험자들의 평균 선호도  
Figure 2. Average subjective preference as a function of receiver position in Hall A and Hall B.

서 조사되었다. 더미헤드 녹음 음악소리는 이 홀의 다른 좌석들에 비해 딱딱하게 (*muddy*) 들렸고, 측정된 양이임 펄스응답 (Binaural Room Impulse Responses)를 가청화한 음악샘플도 녹음된 음악소리와 유사하게 들렸다. 이 결과 R20의 낮은 음향선호도는 더미헤드 녹음과정에서 나타난 오류로 인해서가 아니라 좌석만의 음향특성이라 유추될 수 있다.

두 콘서트 홀의 음향선호척도로 미루어볼 때 피험자들은 Hall B를 Hall A보다 음향적으로 선호함을 알 수 있고, 본 청감실험에서 얻어진 Hall A의 낮은 음향선호도는 Beranek의 전문음악가들과의 인터뷰결과[6]와 유사하였다.

4.2. 음향선호도와 음향지표와의 상관도

두 콘서트 홀의 음향평가에 중요한 영향을 미친 요소들을 분석하기 위하여 청감실험에서 얻어진 심리선호척도와 음향지표들과의 상관성을 분석하였다. 표 2는 청감실험에 이용된 두 콘서트 홀의 24 좌석에서 측정된 음향지표와 그들의 표준편차값을 나타내고 있다. 각 홀의 12 좌석의 음향지표의 평균값을 비교해보면 초기감쇠시간, EDT (SOH: 2.21 초 and CRH: 1.86 초), 저음비 (Bass Ratio), BR (SOH: 0.87 and CRH: 1.03), 중 주파수대역의 음압레벨 (Mid-Frequencies Strength),  $G_{mid}$  (SOH: 3.3 dB and CRH: 7.2 dB), 명료도,  $C_{80}$  (SOH: -4.1 dB and CRH: -0.3 dB)와 양이상관계수,  $1-IACC_{E3}$  (SOH: 0.50 and CRH: 0.67)에서 매우 다르게 나타난다. 무엇보다 Hall A의 음향지표값은 주로 객석의 스톨 (Stall)에 위치한 좌석의 평균값으로 본 청감실험에서 평가되지 않은 원거리객석 (무대에서 35 m 거리 이상의 객석)의 음향지표값을 고려한다면 특히 음압레벨면에서 두 콘서트 홀의 음향적인 차이는 현저할 것으로 생각된다.

표 2. 두 홀의 24 좌석의 측정된 음향지표와 표준편차  
Table 2. Measured acoustical parameters and standard deviations at 24 seat positions in the two halls.

Hall A	RT (s)*	EDT (s)*	BR*	$G_{mid}$ (dB)	$1-IACC_{E3}$	$C_{80}$ (dB)
R1	2.15	2.10	0.85	5.6	0.53	-3.4
R2	2.17	2.23	0.90	4.9	0.59	-2.9
R3	2.20	2.24	0.89	3.4	0.63	-4.7
R4	2.12	2.18	0.89	2.5	0.57	-6.3
R5	2.15	2.22	0.89	2.3	0.56	-4.8
R6	2.16	2.28	0.85	2.4	0.47	-4.4
R7	2.19	2.23	0.84	4.0	0.46	-4.4
R8	2.20	2.13	0.87	3.5	0.47	-3.9
R9	2.24	2.22	0.89	3.4	0.43	-3.4
R10	2.19	2.31	0.89	2.3	0.42	-4.3
R11	2.14	2.11	0.83	2.7	0.54	-3.2
R12	2.17	2.32	0.86	2.9	0.37	-3.0
Mean	2.17	2.21	0.87	3.3	0.50	-4.1
S.D.	0.03	0.07	0.02	1.06	0.08	0.97
Hall B	RT (s)	EDT (s)	BR	$G_{mid}$ (dB)	$1-IACC_{E3}$	$C_{80}$ (dB)
R13	2.03	1.77	1.07	8.2	0.66	-0.1
R14	2.05	1.81	1.03	8.6	0.74	0.6
R15	2.03	1.81	1.00	8.0	0.74	-0.6
R16	2.01	1.71	1.01	7.1	0.59	0.4
R17	2.03	2.01	1.02	7.6	0.63	-0.3
R18	2.04	1.87	0.98	7.1	0.73	-0.9
R19	2.07	1.80	1.07	7.5	0.71	0.2
R20	2.08	1.75	1.10	5.2	0.72	0.1
R21	2.07	1.79	1.05	6.7	0.74	0.0
R22	1.98	2.15	1.02	7.0	0.55	-1.6
R23	2.02	2.00	1.04	6.4	0.55	-1.3
R24	2.03	1.94	1.02	6.8	0.70	-0.6
Mean	2.04	1.87	1.03	7.2	0.67	-0.3
S.D.	0.03	0.13	0.03	0.90	0.07	0.68

\* RT, EDT and BR 은 콘서트 홀이 공석인 상태에서 측정된 값임.

표 3은 두 콘서트 홀의 선호도 심리척도와 음향지표들과의 상관도를 보여주고 있다. 음향지표들 중에 두 콘서트 홀의 심리선호척도와 가장 상관성이 높은 음향지표는  $G_{mid}$ 로 나타났다. Hall B의 대부분의 좌석들이 8.2~6.4 dB의 높고 균등한 음압레벨분포를 보여주는것과 달리 무대와 객석간의 거리 10 m 에 위치한 두 좌석을 제외한 Hall A의 좌석들 대부분은 2.3~3.5 dB의 낮은 음압레벨을 보여주고 있다. 실제로 청감실험직후 피험자들과의 짧은 인터뷰에서도 피험자들은 두 콘서트 홀의 음향평가에 있어 음의 크기가 가장 중요한 요인으로 꼽았으며, 이것은 음압레벨이 이 두 콘서트 홀의 음향평가에 중요한 요소임을 강조하고 있다. 그 외에 심리선호척도와 상관성이 높은 음향지표들로는  $C_{80}$  그리고 EDT 순으로 나타났다. 심리선호척도와 높은 상관도를 보여준 세 음향지표,  $G_{mid}$ ,  $C_{80}$  그리고 EDT들은 타 연구자들의 더미헤드 녹음음악을 이용한 선행연구결과[1, 2]와 라이브공연 평가[3]와 대체적으로 일치함을 알 수 있다.

표 3. 심리척도와 음향지표와의 상관도  
Table 3. Correlations between subjective preferences and acoustical parameters.

음향지표	EDT	BR	$G_{mid}$	$1-IACC_{E3}$	$C_{80}$
상관도	-0.736	0.670	0.885	0.679	0.809

## V. 결론

호주의 두 콘서트 홀을 대상으로 주관적 음향평가와 음향평가에 중요한 영향을 미치는 음향지표를 조사하기 위하여 청감실험을 실시하였다. 본 연구에서 얻어진 결과를 간단하게 요약하면 다음과 같다.

- 실제 홀에서 녹음된 음악을 시디플레이어와 헤드폰을 이용한 재생법으로 두 홀의 음향적 선호도를 조사한 결과 피험자들은 Hall B의 좌석들을 Hall A의 좌석들보다 음향적으로 선호한다고 판단하였다. Hall A의 음향적인 면에서의 낮은 선호도는 타 연구자의 전문 음악인들과의 인터뷰로 이루어진 선행실험결과[8]와 유사하였다.

- 선호도 심리척도와 측정된 음향지표들과의 상관도 조사는 Hall B의 좌석들이 Hall A의 좌석들보다 음향적으로 선호되는지 부연 설명해주었다. Hall B은 Hall A에 비해 무엇보다 높고 균등한  $G_{mid}$  값을 보여주었으며, 그 외에 높은  $C_{80}$  값과 1-IACC<sub>E3</sub> 값 그리고 긴 BR 값을 보여주었다.

- 심리선호척도와 최고 상관도를 보여준 음향지표는  $G_{mid}$ 이며, 그 외에  $C_{80}$  와 EDT 도 높은 상관도를 보여주었으며, 이것은 타 연구자들의 선행연구결과[1-3]와 유사하였다.

터미헤드 녹음 음악을 이용한 두 홀의 음향평가를 위한 청감실험에서는 제한된 무대음원점과 객석들이 판단되어 이 결과가 두 홀의 전체 음향을 대표하기에는 부족한 점이 있다. 본 연구에서는 두 콘서트 홀 만이 음향평가에 이용되어 이 연구결과의 다른 홀들에의 적용은 검토되지 않았다. 이에 보다 정확한 콘서트 홀 음향해석과 평가를 위해서는 다양한 음향특성을 지닌 홀들의 조사가 앞으로 연구되어야 할 것이다.

## 감사의 글

본 연구가 성공적으로 수행될 수 있게 많은 지도와 조언을 아끼지 않은 호주 시드니 대학의 전 지도교수 Fergus R. Fricke께 깊은 감사를 표한다. 아울러 홀 측정을 함께한 Densil Cabrera박사, Riduan Osman씨, John Bassett씨를 비롯해 호주 시드니 대학 음향 팀의 여러 동료들에게 감사를 표한다. 마지막으로 청감실험을 위해 귀중한 시간을 할애해 준 호주 시드니 대학의 오디오전공 석사 과정학생들과 동료들에게 깊은 감사를 표한다.

## 참고 문헌

1. M. R. Schroeder, D. Gottlob, and K. F. Siebrasse, "Comparative study of European concert halls: correlation of subjective preference with geometric and acoustic parameters", *J. Acoust. Soc. Am.* **56**, 1195-1201, 1974.
2. G. Plenge, P. Lehmann, R. Wettschureck, and H. Wilkens, "New methods in architectural investigations to evaluate the acoustic qualities of concert halls", *J. Acoust. Soc. Am.* **57**, 1292-1299, 1975.
3. M. Barron, "Subjective study of British symphony concert halls", *Acustica*, **66**, 1-14, 1988.
4. T. Hidaka, L. L. Beranek, and T. Okano, "Interaural cross-correlation, lateral fraction and low- and high-frequency sound levels as measure of acoustical quality in concert halls", *J. Acoust. Soc. Am.* **98**, 988-1001, 1995.
5. 오양기, 정대업, "다차원 마이크로폰 어레이를 이용한 실내음장특성 측정 방법", *대한건축학회논문집 계획계* **18**권, 195-202, 2002.
6. L. L. Beranek, "Subjective rank-orderings and acoustical measurements for fifty-eight concert halls", *Acta Acustica united with Acustica*, **89**, 494-508, 2003.
7. M. Barron, "Loudness in concert halls", *Acustica*, **82**, S21-29, 1996.
8. Y. J. Choi, *Towards Better Predictions of Concert Hall Acoustic Quality* (PhD thesis, University of Sydney, 2004), 102-116.
9. Stan, G. -B., Embrechts, J. -J. and Archambeau, D. (2002), Comparison of different impulse response measurement techniques, *J. Audio Eng. Soc.*, **50**, 249-262.
10. "Music for Archimedes", CD B&O 101 (1992).
11. "Cool Edit Pro V.2", Syntrillium software corporation, Phoenix, AZ (2002).
12. "Aurora 3.2 Plug-in software for Cool Edit Pro V.2", Farina, A., Parma, Italy (2000).
13. Thurstone, L. L. (1927). A law of comparative judgement, *Psychol. Rev.*, **34**, 273-86.
14. Mosteller, F. (1951). Remarks on the method of paired comparisons: 3. A test of significance for paired comparisons when equal standard deviations and equal correlations are assumed, *Psychometrika*, **16**, 207-218.

## 저자이력

### • 최 영 지 (Young-Ji Choi)



1996년 2월: 계명대학교 공과대학 건축공학과 (공학사)  
 2000년 3월: 日本九州大學 공과대학 건축공학과 (공학석사)  
 2004년 8월: University of Sydney 건축학대학 (PhD)  
 2004년 9월~현재: 계명대학교 건축학부 연구원  
 ※주요연구분야: 실내음향, 콘서트 홀 음향, 컴퓨터 모델링, 음향측정, 청감실험