

잔향가변장치 적용에 따른 다목적 음악연습실에서 음환경 변화특성 평가

Evaluation of Sound Environment in a Multi-purpose Music Practice Room According to the Installation of a Reverberation Variable Device

정 광 민* · 김 용 희** · 김 명 준†

Kwang-Min Jeong*, Yong-Hee Kim** and Myung-Jun Kim†

(Received December 30, 2022 ; Revised January 31, 2023 ; Accepted February 15, 2023)

Key Words : Variable Sound(가변음향), Reverberation Time(잔향시간), Acoustic Characteristics(음향특성), Architectural Acoustics(건축음향)

ABSTRACT

This study investigated the practical effects of the reverberation variable device on controlling reverberation time of the sound fields in a multi-purpose music practice room. The surface of the reverberation variable device can be changed to absorb or reflect the incident sounds by the integrated electronic control system. The developed devices was installed on the surfaces of a music practice room having a length and width of 13.5 m and 3.5 m, respectively, for practical verification. The reverberation variable devices in a total of 96 units were employed in the room with a surface area of 78 m². Especially, 50 units and 46 units of device were installed on the walls and the ceiling, respectively. As a result, the maximum changed reverberation time by frequency bands was measured as 0.15 s at 125 Hz, 0.63 s at 250 Hz, 0.59 s at 500 Hz, 0.37 s at 1000 Hz, and 0.3 s at 2000 Hz. The reflection mode with all the reverberation variable devices in closed state showed the highest reverberation time of 1.29 s at 500 Hz. The sound absorption mode with all the reverberation variable devices in opened state showed the lowest reverberation time of 0.7 s at 500 Hz. According to the partial control, the reverberation time at 500 Hz was 0.89 s when half of the wall units were opened, and 0.81 s when the half of the ceiling units were opened. Additionally, the design application of the developed devices was examined in accordance with ISO 23591.

1. 서 론

최근 K-클래식이라는 말이 유행할 정도로 젊은 연

주자들이 세계적 권위의 콩쿠르에서 좋은 성과를 내고 있다. 클래식 연주자는 수많은 연습을 거쳐 공연장에서 연주를 하게 되며, 이러한 연습공간의 음환경이 매우 중요시 되고 있다. 하지만 공연장과 연습실의 건

† Corresponding Author ; Member, Dept. of Architectural Engineering, University of Seoul, Professor
E-mail : mjunkim@uos.ac.kr

* Member, Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, University of Seoul, Ph.D Student

** Member, Dept. of Architectural Engineering, Youngsan University, Professor

‡ Recommended by Editor Wan Ho Cho
© The Korean Society for Noise and Vibration Engineering

축음향특성은 많은 차이가 있으며, 악기의 종류에 따라 연주자의 선호하는 음환경도 다르다. ISO 23591 ‘음악 연습실과 관련 공간의 음향품질기준’에 의하면 개인연습실, 앙상블룸, 리허설에 사용하는 리사이틀룸으로 구분하여 음향품질기준을 제시하고 있으며, 볼륨 300 m³ 정도의 음악연습실에서 사용목적에 따라 권장 잔향시간은 중심주파수 500 Hz에서 합창, 성악, 앙상블, 현악 사중주 등은 0.7 s이며, 관악기를 포함한 교향악단 등은 1.2 s로 0.5초 정도의 가변폭이 필요할 것으로 조사되었다⁽¹⁾.

수업이나 레슨을 받는 용도인 개인연습실과, 앙상블룸은 상대적으로 낮은 잔향시간을 선호하지만, 공연을 준비하는 리허설 연습인 경우에는 상대적으로 높은 잔향시간을 선호하는 것으로 알려져 있다. 특히 리사이틀홀 연주자들은 연습실에서 연주할 때와 실제 공연 시 잔향시간에 대한 차이를 크게 느끼며, 연습 시 공연장의 음환경을 고려하여 리허설에 많은 신경을 쓰고 있는 것으로 알려져 있어, 음악연습실의 음향환경에 대한 체계적인 연구가 필요하다.

Jung 등⁽²⁾은 대학교내 음악연습실의 음향특성 연구를 진행하였으며, 앙상블 연습실이 평균 0.38 s, 관현악연습실은 0.64 s 이하로 Kundsén이 제안한 볼륨에 따른 용도별 최적 잔향시간 중 실내악 기준으로 매우 짧은 잔향시간으로 평가하였다. 그리고 국내에 다목적으로 사용되는 음악연습실의 경우 흡음커튼을 사용하여 잔향시간을 가변하고 있으며, 커튼의 흡음특성을 살펴보면 Park 등⁽³⁾은 흡음배너의 흡음률을 125 Hz에서 0.1, 250 Hz에서 0.4로 중고음주파수 대역에 비해 상대적으로 매우 낮게 제시하였다. 그리고 시각적 이미지 측면에서 많은 아쉬움이 남고 있다.

한편, 바닥에 흡음성능이 높은 객석의자가 설치되어 있는 중규모 이상의 다목적홀 적용에 있어서 박동체는 객석의자의 흡음특성을 고찰하였으며, 125 Hz에서 0.2에 비해 500 Hz 이상에서는 0.6으로 중고음영역에서 흡음률이 상대적으로 높은 것으로 나타났다⁽⁴⁾. 그리고 Ryu 등⁽⁵⁾은 다목적홀의 음향설계를 위해 1/10 축척모형을 제작하여 흡음배너 설치에 따른 주파수 대역별 잔향시간을 연구하였으며, 연구결과 125 Hz 2.4 s, 500 Hz 1.7 s, 2000 Hz 1.2 s로 중저주파수 대역에 비해 상대적으로 고주파수대역에서 잔향시간이 낮은 것으로 연구되었다. 따라서 고주파수대역에서 흡음률이 상대적으로 낮은 개발 잔향가변장치의 적용 연구가 더 효과적으로 활용될 것으로 판단되며 더욱

폭넓게 연구가 이루어져야 될 것으로 사료된다.

선행연구결과 다목적홀에서 잔향시간을 가변하는 방식은 상하로 움직이는 흡음배너 또는 회전 및 미단이 되어 형태로 흡음과 반사를 변화시키는 장치를 이용하고 있다. 그러나 공간 디자인 측면이나 사용상의 불편함으로 주로 벽체 위주로 적용되고 있어 적용 부위의 한계가 있으며, 주로 사용되고 있는 흡음배너는 저음에 대한 흡음특성이 부족하며, 설치 후 벽체의 형태가 가려지는 단점이 있는 것으로 나타났다. 이러한 문제점을 개선하기 위해 잔향가변장치를 연구하여 흡음 및 반사모드의 흡음특성을 분석 및 평가하였다⁽⁶⁾. 이 연구에서는 선행연구에서 개발된 잔향가변장치를 다목적 음악연습실에 실제 적용하여 잔향시간을 중심으로 건축 음환경 변화특성을 분석 및 평가하였다. 잔향가변장치의 흡음면적을 4가지 케이스로 구분하여 설치한 후, 현장 측정을 통해 잔향시간을 분석하고, ISO 23591의 음악연습실의 음향품질기준과 비교하여 잔향시간의 변화특성을 살펴보았다. 이 연구결과를 바탕으로 향후 중규모 이상의 다목적 홀을 대상으로 잔향가변장치 적용을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 잔향가변장치 현장 설치

2.1 잔향가변장치 개요

개발 잔향가변장치는 하나의 장치에서 흡음 및 반사 상태를 전자 제어시스템으로 가변 할 수 있는 구조이다. Fig. 1은 개발모듈의 전자제어시스템에 대한 개념도이며, 1대의 무선공유기를 통해 최대 256대가

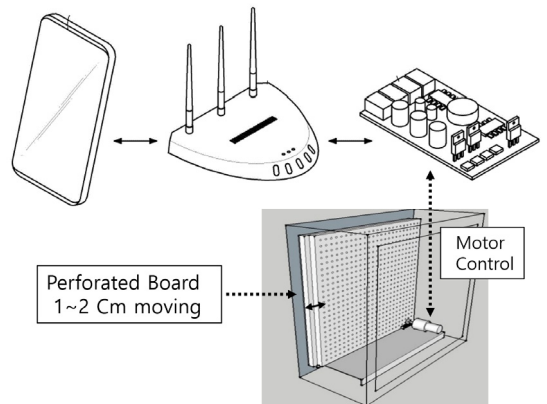


Fig. 1 Conceptual diagram of remote control reverberation variable device

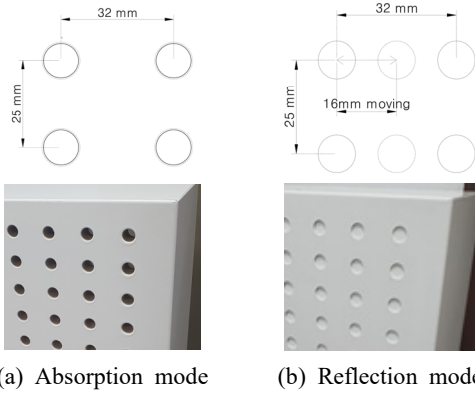


Fig. 2 Controlling concept of the absorption variable surface according to sound absorption and reflection modes

지 연결이 가능하나, 예비 실험을 통해 최대 100개까지 원활히 작동하는 것을 확인하여, 이 연구를 통해 실증 하고자 하였다. 세부 구성은 잔향가변장치의 개구율을 조절할 수 있도록 구동부와 이를 제어할 수 있는 PCB판넬 등 하드웨어와 사용자가 직접 제어할 수 있는 응용프로그램으로 이루어져 있으며, 응용프로그램은 사용자가 사용하기 편리하도록 PDA에 어플리케이션을 설치 후 개별작동, 그룹작동, 전체 작동 등으로 단순 버튼식으로 구성되어 있다⁽⁷⁾.

각 모듈은 타공 개폐에 따라 모두 열려 있을 때의 흡음모드와 모두 닫혀 있을 때의 반사모드 2종류로만 단순하게 작동하며, 응용프로그램을 이용하여 여러 모듈을 동시에 제어할 수 있었다. 따라서, 실험에서 적용한 4가지 case 외에도 사용자의 요구에 따라 자유롭게 구현할 수 있다. 또한 전문 사용자에게 의한 튜닝을 통한 음환경 조건별로 메모리 기능이 있어서 설치 완료 후 일반 사용자는 단순 버튼 작동을 통해 쉽게 음환경을 변경할 수 있도록 개발되었다. 그리고 잔향가변장치의 작동시간은 Fig. 2와 같이 장치 내부 타공 판넬의 16 mm 수평 이동으로 약 1~2초 이내에 가변이 이루어지도록 설계되어있으며, 그룹별 순차적으로 가변한다고 해도 최대 1분 이내에 가변이 가능하여 다목적홀에서 여러 음환경을 손쉽게 변경하여 공간활용도가 높을 것으로 사료된다.

Fig. 3은 잔향가변장치의 제작 규격으로 외관 크기는 가로 900 mm × 세로 900 mm × 두께 80 mm 크기의 10∅ 32 × 25 pitch, 개구율 9.8%의 steel plate 및 MDF 타공판을 사용하였다. 첫 번째 layer에는 steel

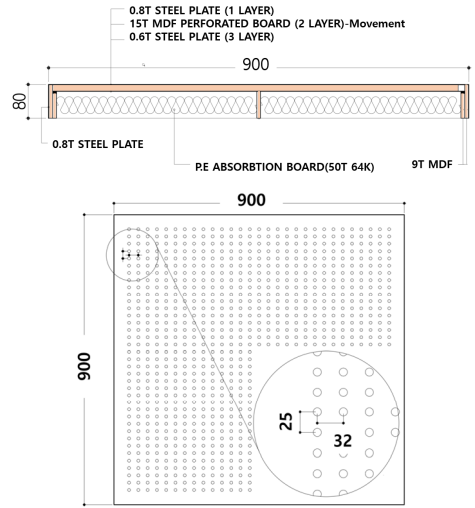


Fig. 3 Details of the developed devices

Table 1 Sound absorption coefficients for absorption and reflection modes

Mode	1/1 Octave band center frequency					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Absorption mode	0.29	0.94	0.85	0.50	0.27	0.29
Reflection mode	0.22	0.17	0.13	0.11	0.12	0.07
Difference	0.07	0.77	0.72	0.39	0.15	0.22

plate 0.8 T, 두 번째 layer에는 MDF 15 T, 세 번째 layer에는 steel plate 0.6 T를 적용하여, 3 layer 구조로 겹쳐서 단일구조로 제작하고, 뒷면에 폴리에스터 흡음재(50T 64K)를 충전하였다. Fig. 2와 같이 흡음모드(A Mode)에는 타공판 3장의 관통 구멍이 일치하도록 조정하고, 반사모드(R Mode)에는 중간 MDF 15T 타공판을 관통 구멍의 중심에서 다음 관통 구멍의 중심까지 거리의 중간위치에 오도록 16 mm 수평 이동시켜 관통 구멍이 불일치하도록 제작되었다. 흡음모드와 반사모드에서 측정된 시작품의 잔향실법 흡음율은 Table 1에 나타내었다⁽⁶⁾.

2.2 잔향가변장치 현장 설치

대상 음악연습실은 가로 13.3 m, 너비 6.4 m, 높이 3.5 m로 바닥면적 90 m²의 규모이고, 최대한 층고를 높이기 위해 건축구조 보를 노출하고 슬라브 상단까

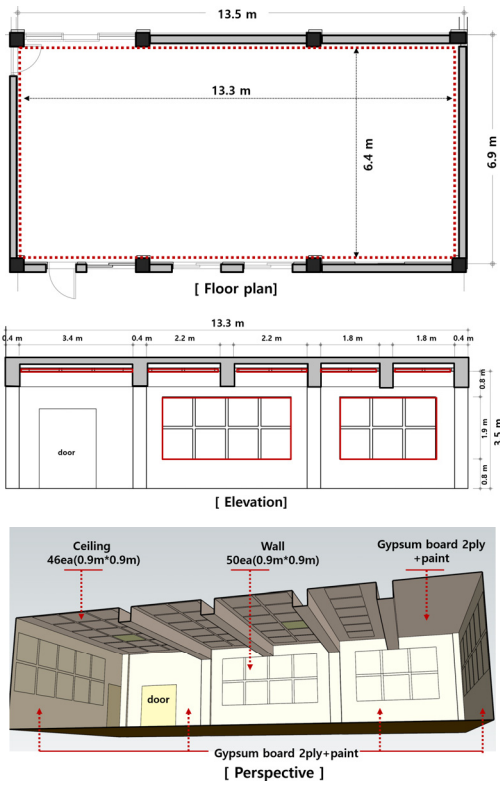


Fig. 4 Model drawings of the music practice room



Fig. 5 Installation photo of the developed reverberation variable device

지 층고를 높여 볼륨을 확보하였다.

개별 모듈의 크기가 가로 0.9 m × 세로 0.9 m(0.81 m²) 인 잔향가변장치를 벽면에 50개(40.5 m²), 천정면에 46개

Table 2 Finishing material and area

Division	Finishing materials/area [m ²]	
Floor	Terrazzo (Artificial Stone)	90
Ceiling	Reverberation variable device	37.3
	Gypsum board/Paint	44.7
	Molding (MDF/film)	8.0
Wall	Gypsum board/Paint	90.4
	Reverberation variable device	40.5
	Molding (MDF/film)	5.8
	Steel Door	1.89
	Glass	5.4

Table 3 Reverberation variable device application and ratio

Part	Surface area [m ²]	Application area [m ²]	Application rate [%]
Ceiling	90	37.3	41
Wall	135	40.5	30
Total	225	77.8	35

(37.3 m²), 총 96개(78 m²)를 설치하였다. Fig. 4는 평균 대상 음악연습실 평면도 및 입면도와 투시도를 나타낸다.

Fig. 5는 잔향가변장치의 현장설치 과정을 나타낸 것으로 첫째 잔향가변장치를 고정할 수 있는 구조를 작업, 둘째 잔향가변장치 설치 작업, 셋째 마감몰딩 설치 작업 순으로 진행되었다.

Table 2는 부위별 마감재 및 설치면적을 나타내었으며, 잔향가변장치를 제외한 벽면 및 천정면은 석고보드 9.5T 2겹에 페인트 마감으로 시공되었다. Table 3은 바닥을 제외한 천정 및 벽체의 면적과 잔향가변장치 적용 면적, 그리고 적용비율을 나타내고 있다. 천정면적 90 m²에서 잔향가변장치 적용면적 37.3 m²로 적용 비율 40% 이고, 벽체면적 135 m²에서 적용면적 40.5 m²로 적용 비율 30%이며, 전체 천정 및 벽체 면적 225 m²에서 적용면적 77.8 m²로 적용비율 35%이다.

3. 실내음향 파라메타 측정

3.1 측정 개요

대상 음악연습실은 다목적 음악연습실인 것을 고려하여 수음점 및 음원의 위치를 선정하여 하였으며 Fig. 6과 같다. 측정은 무지향성 스피커를 이용한 건

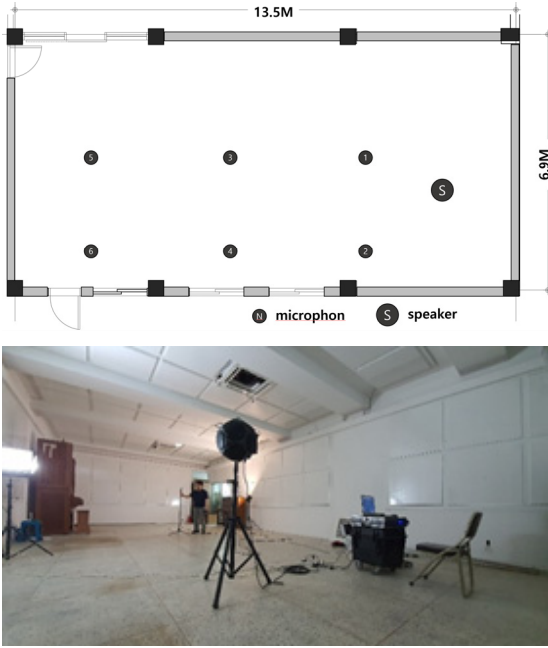


Fig. 6 Measurement points and sound source location in music practice room

축 음향 측정방법은 ISO 3382-1⁽⁸⁾에서 제안하는 방법으로 무지향성 스피커 음원(sound source)을 무대 위치에서 출력하여 각 수음점 바닥에서 1.2 m 높이에 있는 마이크로폰으로 수음하도록 측정하였다. 이때 측정용 신호는 swept-sine을 사용하였으며, 수음점은 모두 6곳으로 배치하고, 마이크는 무지향성 마이크와 양지향성 마이크를 사용하였다. 그리고 음향분석 프로그램은 adobe audition(aurora plug-in)을 사용하여 실내음향 파라메타를 분석하였다.

3.2 측정 Case

음악연습실의 벽체 및 천정의 흡음면적의 비율에 따라 측정 case를 구분하여 Table 4에 나타냈으며, Fig. 7은 벽체 및 천정에 설치된 잔향가변장치의 50% 흡음모드(A Mode), 50%는 반사모드(R Mode)로 적용 할 때 배치를 나타내고 있다. Case 1은 벽체 및 천정에 설치된 잔향가변장치 전체가 반사모드(R Mode)이고, case 2는 벽체에 설치된 잔향가변장치의 50%인 20.25 m²를 흡음모드(A Mode)로 하였으며, case 3은 벽체에 설치된 잔향가변장치의 50%인 20.25 m²와 천정에 설치된 잔향가변장치의 50%인 18.25 m² 벽체 및 천정 합쳐서 총 38.5 m²를 흡음모드(A Mode)로 하였으며, case 4는 벽

Table 4 Experimental configurations

	Case 1	Case 2
Wall	R mode	20.25 [m ²] A mode
Ceiling	R mode	R mode
Absorption area	-	20.25 m ²
Application rate	-	9 %
	Case 3	Case 4
Wall	20.25 [m ²] A mode	40.5 [m ²] A mode
Ceiling	18.25 [m ²] A mode	37.3 [m ²] A mode
Absorption area	38.5 m ²	77.8 m ²
Application rate	17 %	35 %

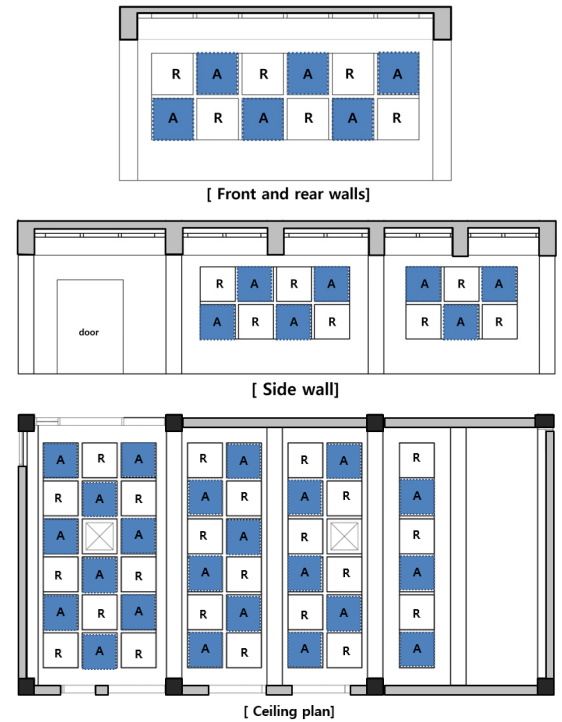


Fig. 7 Placement of reverberation variable devices (A mode, R mode) in case 3

체 및 천정에 설치된 잔향가변장치의 100%인 77.8 m²를 흡음모드(A Mode)로 설치하여 측정하였다.

4. 측정 결과 평가 및 토의

4.1 평가

이 연구는 선행연구에서 개발된 잔향가변장치를 다

목적 음악연습실에 실제 설치하여 잔향시간(RT) 변화 특성을 중심으로 연구를 진행하였으며, 잔향시간 변화에 따른 건축음향성능의 변화특성을 살펴보기위해 음절대크기(G), 음성명료도(D₅₀), 음악명료도(C₈₀), 측면 반사비율(LF) 등의 음향과라메타를 평가하였다.

(1) 잔향시간(RT, reverberation time)

잔향시간(RT)은 울림의 양을 나타내는 지표로서 공간의 음환경을 대표하는 음향과라메타로 사용되고 있다. 선행연구에서 공간의 사용목적과 볼륨에 따라 적정 잔향시간을 제안하고 있으며, Fig. 8에서 Kundsen & Harris가 제안한 실내악과 음악평균 기준으로 살펴보면 음악연습실의 체적은 297 m³로 500 Hz에서 권장 잔향시간은 음악평균 1.2 s, 실내악 기준 1.0 s로 조사되었다⁹⁾. 대상 음악연습실의 측정결과 case 1의 잔향시간은 1.29 s, case 2의 잔향시간은 1.03 s로 음악평균과 실내악기준 모두 만족하는 것으로 나타났다. 또한 Case 4는 0.7 s로 강연기준에 적합한 것으로 나타났다.

한편 음악연습실에 대한 음향품질기준은 ISO 23591에 의하면 개인연습실, 앙상블룸, 리허설에 사용하는 리사이틀 룸으로 구분하고 있으며, 또한 Fig. 9와 같이 음악 유형별 적정잔향시간을 제시하고 있다. 여기서 영역 1은 리허설 공간의 소리가 작은 어쿠스틱 음악으로 확성장치를 사용하지 않는 합창, 성악, 앙상블, 현악 사중주 등이 있으며, 영역 2는 리허설 공간의 소리가 큰 어쿠스틱 음악으로 관악밴드 관악기를 포함한 교향악단 등이 있으며, 영역 3은 리허설 공간의 확성음악으로 전기음향시스템을 이용하여 소리를 발생하는 모든 음악이 포함된다. 대상 음악연습은 다목적용으로 영역1~영역3까지 포함하는 것으로 판단되고, 체적 297 m³로 500 Hz에서 권장 잔향시간은 0.68 s(영역3)~1.18 s(영역1)로 0.5 s 정도의 가변폭이 필요하며, 대상 음악연습실의 측정결과 Case 1의 잔향시간은 1.29 s, Case 4의 잔향시간은 0.7 s로 가변범위가 0.59 s로 나타나 다목적 음악연습실 용도로 만족할 것으로 판단된다.

Fig. 10은 Case 1의 주파수별 평균 잔향시간과 ISO 23591에 제안된 주파수별 잔향시간 한계 값을 비교 검토하였으며, 분석 결과 125 Hz와 250 Hz에서 기준값에 부족한 것으로 나타났다. 반사모드(R Mode)인 Case 1에서 125 Hz와 250 Hz에서 잔향시간이 상대적으로 낮은 것은 Fig. 11과 같이 잔향가변장치 설치 및

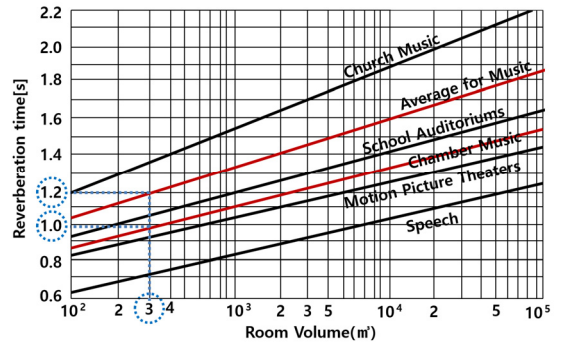


Fig. 8 Optimum reverberation time propose by Kundsen & Harris

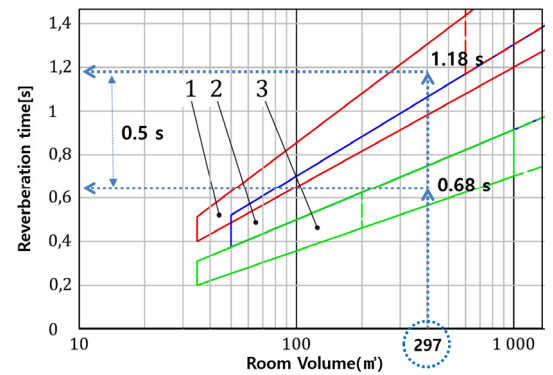


Fig. 9 The criteria of the reverberation time given for each area of application for rehearsal

몰딩 설치 시 필름 마감된 9 mm 두께의 MDF 몰딩을 사용함으로써 밀도가 부족하고, 천정 설치 시 유지보수를 위한 탈부착 가능구조를 고려함으로써 몰딩과 잔향가변장치 사이에 1 cm 이내의 틈으로 인해 반사성능이 저하 된 것으로 사료된다. 또한 대상 음악연습실의 잔향가변장치 외 일반벽체의 구조를 목상틀에 석고보드를 설치함으로써 관진동에 의한 흡음의 영향으로 125 Hz에서 잔향시간이 상대적으로 낮은 것으로 사료되며, 석고보드의 흡음특성을 살펴보면 김대균은 가변형 시스템을 갖는 다목적홀의 건축음향성능 평가에서 석고보드 9.5 T 2겹 위에 페브릭 마감재의 흡음률을 125 Hz에서 0.29로 제시하여 500 Hz 0.05에 비해 상대적으로 높게 제시하였다¹⁰⁾.

Fig. 12와 Table 5는 Case 1~Case 4의 평균 잔향시간과 가변폭을 나타내며, 최대 잔향시간 가변폭은 잔향가변장치 반사모드인 Case 1과 흡음모드인 Case 4의

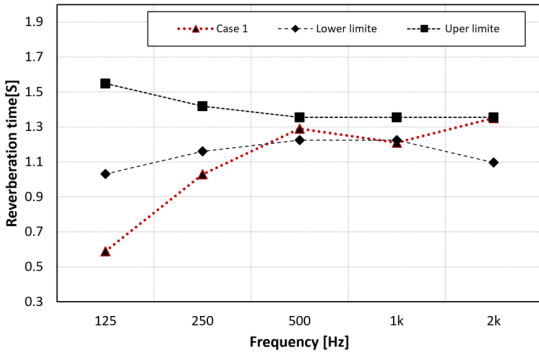


Fig. 10 Comparison the measured reverberation time (case 1) and ISO 23591

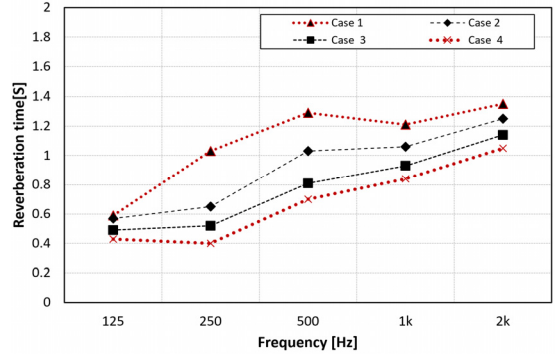


Fig. 12 Reverberation time in music practice room of case 1 ~ 4

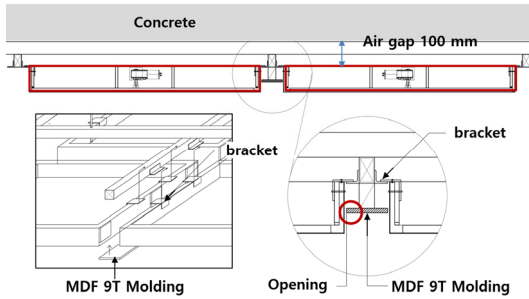


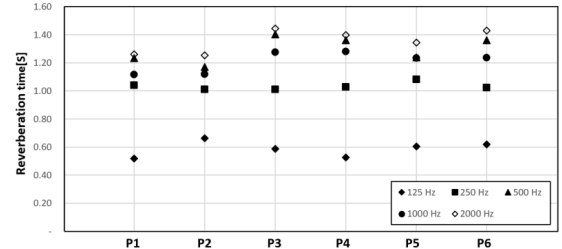
Fig. 11 Installation details of reverberation variable device

차이로 나타나며, 125 Hz에서 0.16 s, 250 Hz에서 0.63 s, 500 Hz에서 0.59 s, 1000 Hz에서 0.37 s, 2000 Hz에서 0.3 s로 나타나고 있다. 주파수별 변화특성을 살펴 보면, 1000 Hz 이상에서 잔향시간 가변폭이 상대적으로 적은 것은 선행연구에서 개발한 잔향가변장치 시제품의 흡음률을 살펴보면 개구율이 10% 이내 흡음 모드시에 1000 Hz 이상에서 상대적으로 흡음특성이 높지 않은 것으로 사료된다. 그리고 125 Hz에서 잔향시간 가변폭이 작은 것은 구조틀을 벽체 및 천정에 바로 붙여서 설치하여 배후 공기층이 10 cm 이내로 형성되어 흡음모드 시에 흡음률이 높지 않은 것으로 판단된다. 또한 잔향가변장치 외의 일반벽체의 구조를 목상틀에 석고보드 9.5 T 2겹으로 설치되어 판진동에 의한 판상흡음특성으로 125 Hz에서 잔향시간이 상대적으로 낮은 것으로 사료된다.

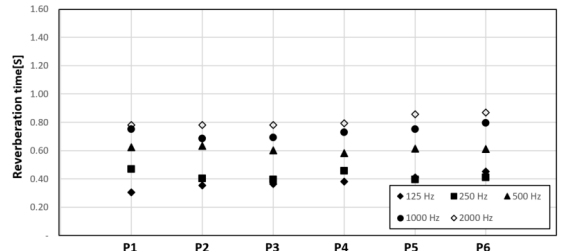
Fig. 13은 측정 위치별 잔향시간 분포를 나타내고 있으며, (a)는 Case 1의 분포이며 (b)는 Case 4의 분포이다. 반사모드인 Case 1의 경우에는 음원 가까운

Table 5 Maximum gap of reverberation time for 4 cases

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Case 1	0.59	1.03	1.29	1.21	1.35
Case 2	0.57	0.65	1.03	1.06	1.25
Case 3	0.49	0.52	0.81	0.93	1.14
Case 4	0.43	0.4	0.7	0.84	1.05
Max gap[s]	0.16	0.63	0.59	0.37	0.3



(a) Case-1



(b) Case-4

Fig. 13 Reverberation time in each measured point

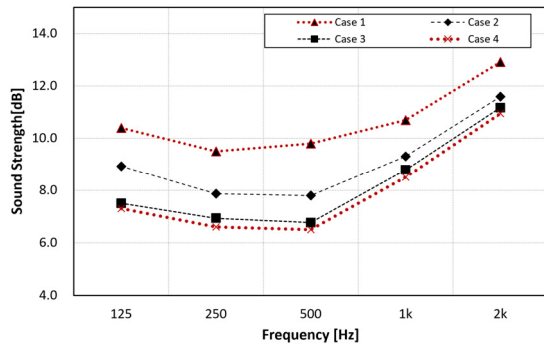
P1지점과 P2지점은 500 Hz 이상에서 상대적으로 낮은 것으로 나타났으며, 흡음모드인 case 4의 경우는 전체적으로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

(2) 음 절대크기(G, sound strength)

공간에 의해 증폭되는 자연음의 크기를 측정하는 G값은 자유 음장에서 음원의 10 m 떨어진 곳에서 측정된 충격 응답과 실내 공간의 특정점에서 측정된 음압레벨 비율로 나타내며, 일반적으로 홀의 크기가 작을수록, 잔향시간이 길수록 커지는 특성을 갖는다. 세계적으로 유명한 2000석 규모 정도의 대형 콘서트홀에서의 G값은 500 Hz에서 4 dB에서 6 dB의 분포를 보이는 것으로 조사되었다⁽¹¹⁾. Fig. 14는 case 1~case 4의 위치별 평균 G값을 나타내고 있다. 최대 가변폭은 500 Hz에서 3.3 dB, 1000 Hz에서 2.2 dB로 나타나고 있으며, 일반적인 콘서트홀에 비해 실의 크기가 작기때문에 반사모드 9.8 dB, 흡음모드 6.5 dB로 충분한 음량감을 확보한 것으로 사료된다.

(3) 음성요해도(D₅₀, definition)

D₅₀은 음성의 요해도를 나타내는 지표 중의 하나로서, 수업이나 레슨시 고려될 수 있는 지표이다. 일반적으로 다목적 홀에서는 50%~60%, 음악전용 홀에서는 30%~40% 정도가 권장된다⁽¹²⁾. Fig. 15는 Case 1~Case 4의 위치별 평균 D₅₀값을 나타내며, 잔향시간과 반비례 관계임을 확인할 수 있다. 음성요해도의 최대 변동폭은 500 Hz에서 34.1%에서 63.1%로



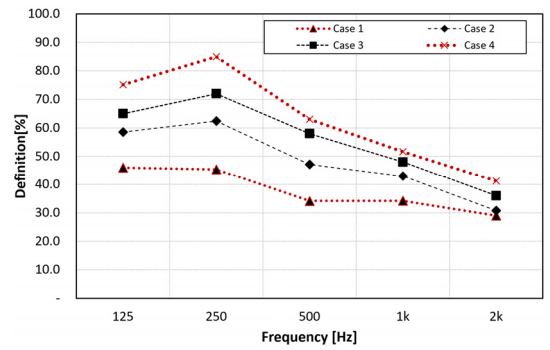
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Max gap[dB]	3.1	2.9	3.3	2.2	2.0

Fig. 14 Sound strength in music practice room of case 1~4 and maximum gap

29%, 1000 Hz에서 34.1%에서 63.1%로 18%로 분석되었다. 500 Hz를 기준으로, 흡음모드인 case 2~case 4은 47.1%에서 63.1%의 범위로 수업과 레슨 등의 용도로 적합한 것으로 판단된다.

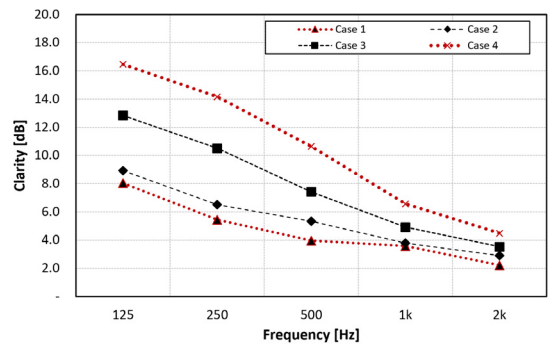
(4) 음악명료도(C₈₀, clarity)

C₈₀은 음악의 명료도를 나타내는 지표로서 음악전용 홀에서는 일반적으로 -2 dB에서 3 dB 정도가 적절한 것으로 알려져 있다.⁽¹¹⁾ Fig. 16은 case 1~case 4의 위치별 평균 음악명료도(C₈₀)를 나타내고 있다. 최대 가변폭은 125 Hz에서 8.4 dB, 250 Hz에서 8.7 dB, 500 Hz에서 6.7 dB, 1000 Hz에서 3.08 dB, 2000 Hz에서 2.3 dB로



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Max gap[%]	29.1	39.7	29.0	17.5	12.2

Fig. 15 D₅₀ in music practice room of case 1~4 and Maximum gap



	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz
Max gap[dB]	8.4	8.7	6.7	3.0	2.3

Fig. 16 C₈₀ in music practice room of case 1~4 and maximum gap

나타났다. 흡음모드인 case 4를 제외하고 반사모드 case 1 ~ case 3의 500 Hz에서 4.0 dB ~ 7.0 dB로 나타났다.

(5) 측면반사비율(LF, lateral energy fraction)

LF값은 수음점에 입사되는 전체 음 에너지 중에서 양측면 방향에서 반사되어 오는 음 에너지의 비율을 말하며, 소리에 둘러싸인 정도로서 공간감을 나타내며, 0.2~0.4 정도를 권장한다⁽¹²⁾. Fig. 17은 case 1~case 4의 평균 측면반사비율(LF)을 나타내고 있다. 최대 측면 반사비율(LF) 가변폭은 500 Hz에서 0.30~0.36으로 0.06 정도의 가변폭을 보이고 있으며, 흡음 및 반사모드에서 모두 권장기준에 적합한 것으로 판단된다. 이러한 이유는 평면형태가 직사각형 형태로 6.9m의 비교적 작은 폭으로 인해 측면 반사비율이 높은 것으로 사료된다.

4.2 토의

선행연구에서 개발된 잔향가변장치를 다목적 음악 연습실에 적용하여 500 Hz 기준 0.7 s에서 1.29 s로 0.59 s 가변성을 확인하였으며, Kundsen & Harris가 제안한 실내악 및 음악평균 기준과 비교 평가하고, 또한 ISO 23591의 음악연습실의 음향품질기준과 비교 평가 하였다. 평가결과, 중주파수 대역에서 잔향시간 성능기준과 가변 폭은 적합한 것으로 나타났다. 반면 125 Hz와 250 Hz에서 잔향시간은 기준 값보다 낮은 것으로 나타났으며, 2000 Hz 이상에서는 상대적으로 가변 폭이 적은 것으로 평가되었다. 이러한 점을 개선하기 위해 첫째, 잔향가변장치 시작품의 흡음

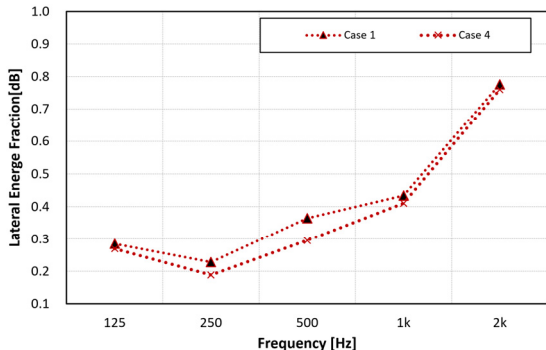


Fig. 17 LF in music practice room of case 1~4 and maximum gap

특성을 살펴보았다. Fig. 18은 잔향가변장치 시작품의 반사모드와 흡음모드의 흡음특성과 개선방향에 대해 설명하고 있다. 여기서 ①은 반사모드 시에 밀도를 증가시켜 250 Hz 이하의 흡음률을 낮추고, ②는 흡음 모드시에 현장설치 시 공기층을 크게하여 125 Hz이하의 흡음률을 증가시키고, ③은 흡음모드 시에 타공판의 개구율을 높여 1000 Hz 이상에서 흡음률을 높이는 방향으로 개선이 필요할 것으로 사료된다.

둘째, Fig. 19는 잔향가변장치와 중간에 몰딩을 설치한 현장설치 사진이며, 현장설치 시 오작동 발생 시 탈부착을 할 수 있는 몰딩구조가 취약한 것으로 파악되었다. 향후 몰딩의 밀도향상과 잔향가변장치와 연결부위를 밀실하게 하여 반사성능을 향상시켜야 될 것으로 판단된다. 또한 천정 및 벽체의 일반벽체 마감에 있어서 일반석고보드 보다 밀도가 높은 CRC(cellulose fiber reinforced cement)보드와 같은

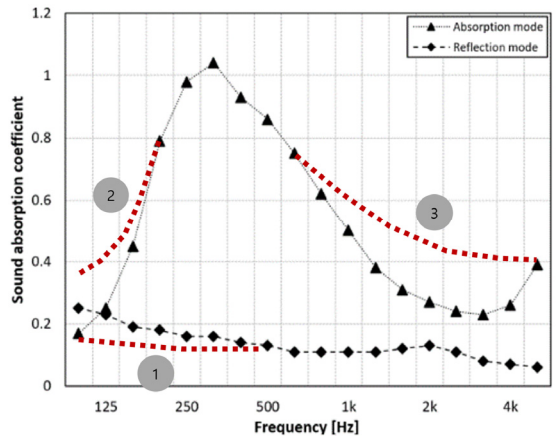


Fig. 18 Desirable sound absorption coefficients of reflection mode and absorption mode for multi-purpose room

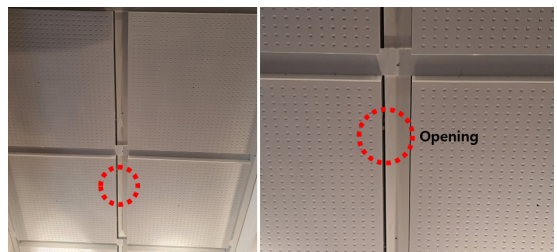


Fig. 19 Installation photo of the reverberation time variable device and molding

재료를 사용하여 기본적으로 저음에 대한 반사성능을 확보해야 할 것으로 판단된다. ISO 23591 규격은 음향품질기준 뿐만 아니라 음악연습실의 설계방법 등의 세부사항이 기술되어 있으며 이에 대한 연구와 함께 음악연습실의 설계 및 잔향가변장치의 적용에 대한 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

5. 결 론

선행연구에서 흡음커튼의 단점을 보완하여 개발된 잔향가변장치를 대상 다목적 음악연습실에 적용하여 건축음환경을 측정 및 분석하였으며, Kundsens & Harris가 제안한 실내악 및 음악평균 기준과 비교 평가하고, 또한 ISO 23591의 음악연습실의 음향품질기준과 비교 평가하여 잔향가변장치의 개선사항 및 향후 연구 방향을 토의하였다.

이 연구를 통하여 얻어진 결론을 정리하면 다음과 같다.

(1) 잔향시간(RT)은 case 별 0.7 s에서 1.29 s의 범위로 Kundsens & Harris가 제안한 기준과 비교평가결과 음악평균에서 강연까지 모두 만족하는 것으로 나타났으며, ISO 23591의 음악연습실 기준과 비교 평가한 결과 다목적용으로 영역1~영역3까지 만족하는 것으로 나타났다.

(2) ISO 23591에 제안된 주파수별 잔향시간 한계값을 비교 검토한 결과, 125 Hz와 250 Hz에서 기준값에 부족한 것으로 나타났으며, 이러한 이유는 마감 몰딩의 밀도와 설치방법으로 인해 저주파수에서 반사성능이 저하된 것으로 조사되어 향후 이에 대한 설치방법 및 연구가 더 필요할 것으로 사료된다.

(3) 음성요해도(D_{50})은 흡음모드인 case 2~4에서 47.1%에서 63.1%의 범위로 수업과 레슨 등의 용도로 적합한 것으로 판단되며, 음악위주의 리허설룸으로 사용할 때에는 실시간으로 음성요해도를 낮추고 잔향시간을 높여 각각의 용도에 맞도록 조절할 경우 공간 활용성이 높을 것으로 사료된다.

(4) 음악명료도(C_{80})은 음악전용 홀에서는 일반적으로 -2 dB에서 3 dB 정도가 적절한 것으로 알려져 있으며, 전체 흡음모드인 case 4를 제외하고 case 1~3의 음악명료도는 500 Hz에서 4.0 dB~7.0 dB로 나타났다.

References

- (1) International Organization for Standardization, 2021, Acoustic Quality Criteria For Music Rehearsal Rooms And Spaces, ISO 23591:2021.
- (2) Jung, C.-W., Jung, E.-J., Ju, D.-H. and Kim, J.-S., 2007, A Study on Acoustic Characteristics of Music Practice Room in the University, Proceedings of the KSNVE Annual Spring Conference, pp. 709~713.
- (3) Park, H. C., Seo, R., Seo C. K. and Jeon, J. Y., 2019, Effects of Changes in Banner Size on Acoustic Environments in Multipurpose Halls for Broadcasting, Journal of the Acoustical Society of Korea, Vol. 38, No. 5, pp. 558~567.
- (4) Park, D.-C., Kim, Y.-H. and Kim, S.-Y., 2022, Sound Absorption Characteristics of Audience Seats for Auditoria. Proceedings of the AIK Annual Autumn Conference, Vol. 42, No. 1, p. 783.
- (5) Ryu, J.-K., Sheen, D.-J. and Jean, J.-Y., 2004, Application of 1/10 Scale Model for Acoustical Design of A Multi-purpose Hall. Journal of Architectural Institute of Korea Planning & Design, Vol. 20, No. 9, pp. 59~66.
- (6) Jeong, K.-M., Kim, S.-T. and Kim, M.-J., 2002, Evaluation of Sound Absorption Characteristics of The Developed Variable Reverberation Devices for Sound Optimization in S Multi-purpose Hall, Transactions of the Korean Society for Noise and Vibration Engineering, Vol. 32, No. 6, pp. 560~570.
- (7) Patent Number 10-2416139, 2022, Reverberation Variable System with Remote Control, Korea.
- (8) International Organization for Standardization, 2009, Acoustic-measurement of Room Acoustic Parameters-Part 1: Performance Spaces, ISO 3382-1:2009.
- (9) Kundsens, V. O. and Harris, C. M., 1955, Acoustical Designing in Architecture, John Wiley & Sons Inc., New York.
- (10) Kim, D.-G. and Kim, N.-D., 2008, Evaluation of Architectural Acoustic Performance for Multipurpose Hall with Acoustic Variable System, Journal of Architectural Institute of Korea, pp. 599~602.
- (11) Beranek, L, Concert Halls and Oper Houses mu-

sic, Acoustics, and Architecture, 2nd Edition, Springer, New York.

(12) Kim, J. S., 2004, Architecture Acoustic Design, Sejinsa, Seoul.



Kwang-Min Jeong received M.S. from Dept. of Architectural Engineering, University of Seoul in 2015. He is a Ph.D. candidate at the Dept. of Architecture Engineering, University of Seoul. His research interests are in the area of acoustic performance in multi-purpose hal.



Yong-Hee Kim received his Ph.D. degree from Hanyang University in 2011. He worked at the National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST) of Japan, and the Korea Conformity Laboratories (KCL). He is currently an assistant professor in the Dept. of Architectural Engineering at Youngsan University. His research interest is room acoustics and public space acoustics.



Myung-Jun Kim received the B.S., M.S. and Ph.D. in Dept. of architectural engineering from Hanyang University, Seoul, Korea in 1987, 1989, and 1999, respectively. He is currently a professor in the Dept. of Architectural Engineering at University of Seoul. His research interests are in the area of architectural acoustics and sound insulation in buildings.