



세대간 경계벽을 공유한 신한옥의 공기전달음 차단성능 평가

Evaluation on the Airborne Sound Insulation Performance of Partition Walls between Housing Units in Modern New Han-oks

이주엽*

Ju-Yeob Lee*

* Main author and Corresponding author, Adjunct professor, Dept. of Architecture, Chonnam National Univ, South Korea (weaponlee@hanmail.net)

ABSTRACT

Purpose: The purpose of this study is to find the considerable elements that can maintain and improve the airborne sound insulation performance of partition walls between housing unit in Modern New Han-oks though field measurement(KS F 2809). **Method:** Following are measurement and analysis items; the comparison of single number quantities between field measurements and laboratory condition, the correlation analysis between single number quantities according to the KS standard and other evaluation indexes, elements(specimen size, receiving room volume) required for calculating the apparent sound reduction index, the sound map analysis according to the height(low, middle, high), inside and outside, separation distance from partition wall in receiving room, and so on **Result:** It is necessary to set the sound insulation performance standard considering the characteristics and environmental level of Han-oks, in order to secure and maintain the noise privacy of Han-oks that shares the partition wall between housing units. And, It was analyzed that it is necessary to minimize the exposure of the wooden structure of joints including the ceiling, in case of planning a partition wall for a space where noise privacy is more strongly required, such as a bedroom. And, it is necessary to minimize the size of partition wall. In consequence, it was judged that it is necessary to reduce the noise transmission path through the adjusting the size of partition wall, the layout of a space less affected by noise around the partition wall, the diversification of architectural plan, and so on.

KEYWORD

신한옥
차음성능
세대간 경계벽
현장 측정 방법
건축 계획

New Han-ok
Sound Insulation Performance
Partition Wall between Housing Unit
Field Measurement Method
Architectural Planning

ACCEPTANCE INFO

Received Jul. 28, 2021
Final revision received Aug. 10, 2021
Accepted Aug. 17, 2021

© 2021. KIEAE all rights reserved.

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 필요성

최근 한옥은 자연과의 조화를 이루는 친환경적 건축물로서 인식 되고 우리의 전통미와 문화성 등을 보여줄 수 있다는 측면에서 한옥에서의 생활을 원하는 많은 수요자들에게 공급되고 있다. 유형별로 보면 주거형 단독주택 한옥에서부터 공공건축 한옥(숙박시설·마을회관·문화시설·어린이집·학교·도서관·전시체험관 등)에 이르기까지 한옥의 용도적 측면에서 다양하게 범위를 확대해 나가고 있다. 특히 한옥의 홍보와 대중화를 위해 한옥에서 직접 숙박하면서 장단점을 체험할 수 있는 숙박형 한옥마을도 지속적으로 조성되고 있다.

이러한 한옥은 구조적으로 전통 목구조 구법을 따르되 한옥의 공간을 구성하는 벽체·바다·창호·지붕 등의 부위에는 현대의 건축재료를 활용하여 건축하는 신한옥 개념이 적용되고 있다[1]. 주요 부재를 건식공법으로 설계 시공함으로써 전통의 습식공법에 비해 공사기간을 단축하고 부재의 성능향상과 더불어 현장 시공성을 올릴 수 있다는 장점이 있기 때문이다.

다만 이러한 장점과는 달리 부재의 접합인 신한옥의 구법으로 인해 발생하는 문제도 있다. 숙박형 한옥이 단독주택형으로 건축되어 세대간 경계벽을 공유하는 숙박시설로 계획되어지는 경우 인접 공간으로부터 경

계벽을 통해 소음이 전달되는 경우 불쾌감이 유발되어 숙박객들 사이에 충분한 수준의 소음 프라이버시가 확보되지 않는 경우가 발생하고 있다.

이와 같은 세대간 경계벽 구조를 갖는 건축물에 대해서는 「벽체의 차음구조 인정 및 관리기준」에서 실험실 조건에서 평가된 차음량(Rw+C) 48dB 이상을 최저 기준으로 설정하여 건축물의 설계시 반영토록 하고 있다[2]. 이 기준은 경계벽 벽체 계획시 실험실 조건의 평가를 통해 차음구조로 인정받은 벽체의 시공 필요성을 강조하고 있는 기준이라 할 수 있다. 경계벽을 공유하는 건축물은 건축 계획 단계에서 벽체의 차음성능 인정 구조 여부를 확인하고 설계에 반영하여 시공에 이르는 과정으로 진행되기 때문이다.

본 연구의 평가 대상이 된 한옥마을은 상기 국토교통부 고시 기준에 따라 인정받은 구조를 시공하였다[3]. 한옥마을 실증건축을 위한 초기 설계 단계에서부터 「벽체의 차음구조 인정 및 관리기준」에 따라 실험실 조건에서 평가받은 인정구조로서 시험성적서를 확인하고 설계에 반영하여 구축된 한옥마을이다.

그러나, 벽체의 차음구조로 인정받은 구조라 할지라도 실험실 조건의 결과이므로 현장에서 평가할 경우 현장 여건에 따라서 실험실에서 평가받은 벽체 시스템의 성능이 제대로 구현되지 않는다면 문제점을 찾고 보완해야 할 필요가 있다.

이러한 점을 고려하여 현대 건축물과는 달리 부재의 접합 형식으로 건축되는 한옥 경계벽의 차음성능을 평가하기 위해서는 현행 KS

규격에 의한 현장 측정 결과와 실험실 평가 결과를 비교할 필요가 있다. 동시에 한옥 설계 및 시공시 경계벽의 차음성능을 유지하기 위해 고려해야 할 요소에 대한 분석이 필요하다고 할 수 있다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 경계벽을 공유한 숙박형 신한옥의 차음성능 평가를 위해 KS F 2809(공기 전달음 차단 성능 현장 측정 방법)을 적용하여 차음성능 평가량을 분석하였다.

우선 연구를 위해 경계벽 차음성능 평가 관련 기준을 검토하였다. 벽체의 차음구조 인정 및 관리기준은 Table 1.과 같다. 실험실 조건에서의 차음 평가량(Rw+C) 48dB이 최저 기준으로 설정되어 있으며 이 조건을 만족하는 경우 인정구조로 평가하고 있다.

경계벽과 관련된 규정으로 「주택건설기준 등에 관한 규정」 제14조(세대간의 경계벽등)는 공동주택 각 세대간의 경계벽 및 공동주택과 주택외의 시설간의 경계벽은 내화구조로서 구조별 두께 기준을 제시하고 있다[4]. 이외에도 비주거용 숙박시설 건축물을 대상으로 한 녹색건축 인증기준이 있다. 이 기준은 앞서 언급한 벽체의 차음구조 인정 및 관리기준에 의한 성능 수준과 벽체 구조별 두께 기준이 함께 제시되어 건식 벽체인 경우 벽체의 차음구조 인정 및 관리기준에 따라 평가하고 콘크리트 등으로 구성된 경우 벽체의 두께에 따라 평가하도록 되어 있다[5].

성능 수준으로서의 기준은 존재하나 실험실 평가량으로 국한되어 있음을 확인할 수 있다.

또한, 경계벽 구조를 대상으로 차음성능 평가를 실시한 기존의 연구를 고찰하였다. 김태희 외(2001)·백승경 외(2010)·홍성신 외(2014) 연구 등에서는 공동주택 세대간에 적용가능한 경량칸막이 벽체 성능 평가 연구를 실험실 조건의 비교 연구를 각기 다른 재료에 대한 성능 비교로 결과를 제시하였다[6,7,8]. 이상우 외(2007) 연구에서는 초고층 건축물에 적용가능한 건식벽체를 위해 EPC벽체·ALC벽체·ELC벽체·CSG벽체·EPP벽체 등에 대한 평가를 통해 기존 콘크리트 벽체와의 차음성능 수준을 비교하는 연구를 진행하였다[9]. 오양기 외(2008) 연구에서는 친환경 소재를 석고보드로 구성되는 건식벽체에 첨가하여 차음성능 개선 여부를 평가하는 연구를 진행하였다[10].

조경숙 외(2013) 연구에서는 황토 보드를 이용한 경량 칸막이 벽체를 대상으로 공동주택 세대간 경계벽 및 신한옥 칸막이 벽체로 활용하기 위한 평가를 수행하였지만 실험실 평가로 국한되었다[11].

상기 연구들은 실험실이라는 통제된 조건에서 현대 건축물의 경계벽으로 활용하기 위한 경량 경계벽체를 개발하기 위한 성능평가가 주요 관점이라고 할 수 있다. 특히 공동주택과 같이 비교적 기밀성이 확보된 건축물에 적용하기 위한 연구 결과로 고차음성을 확보할 수 있는 구조 개발을 목적으로 하고 있다. 이러한 선행 연구 결과를 고찰할 때, 한옥 건축물을 대상으로 한 경계벽 차음성능 연구 사례는 전무하다고 할 수 있다. 한옥이 현대 건축물에 비해 환경성능

수준이 상대적으로 취약할 것이라는 심리적 전제가 있다는 점을 고려할 때, 한옥 건축물의 성능 향상 및 유지는 한옥의 장수명 및 보급화를 위해서는 지속적으로 고민하고 연구해야 할 필요가 있다.

따라서, 본 연구에서는 한옥 건축물에 대해 현장 여건에서 경계벽의 차음성능 수준을 평가하기 위하여 KS F 2809 규격에 따른 성능평가를 실시하여 실험실 조건의 평가량과 비교 평가하였다[12]. 실험실과 현장 조건의 단일수치평가량을 비교하되, 현장과 실험실의 여건이 상이하므로 단일수치평가량 산정에 영향을 주는 변수에 대한 상관성 분석을 실시하였다. 동시에 평가 규격인 KS F 2862에 제시된 건물의 공기 전달음 차단성능 평균값 지표와 실내외 위치에서 측정된 등가소음도 간 편차 간의 상관성 분석을 실시하였다. 이는 현장 평가 방법 중 차음성능 수준을 표현할 수 있는 간이 지표가 있는지 찾기 위함이다[13].

더불어, 수음실을 기준으로 실내 공간 내 위치별(안쪽중앙·바깥쪽), 바닥면으로부터 높이별(자·중고), 경계벽으로부터 거리별(근거리·중간·원거리)로 총 3지점(위치)×3지점(높이)×3지점(거리)=27 지점의 수음점을 지정하여 음원실에서 일정한 소음이 발생할 때 수음실 여러 위치로의 소음영향을 분석하였다. 이 분석을 통해 음원실과 수음실의 경계벽 조건, 천장 마감 조건, 목구조 노출 여부 조건에 따라 수음실에 미치는 소음영향 요소와 한옥의 환경성능을 유지하는데 필요한 요소를 도출하였다.

2. 평가 방법 및 내용

2.1. 평가 대상

평가는 국토교통부 실증사업으로 구축된 강릉 오죽한옥마을의

Table 2. Division of floor plan types

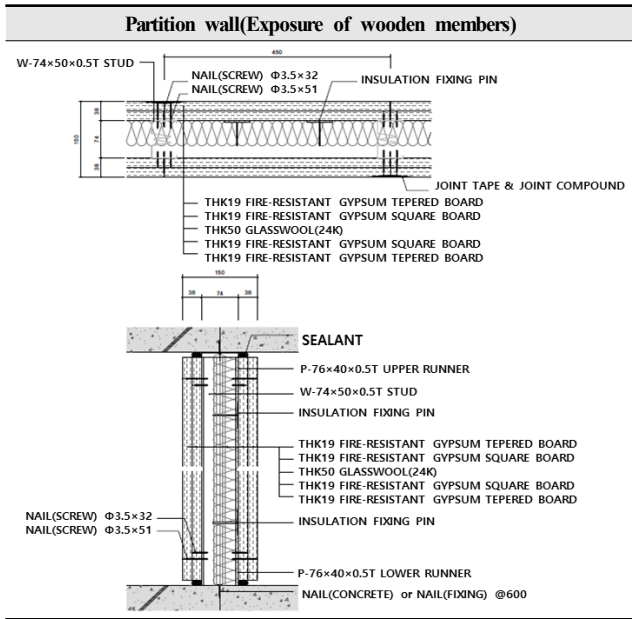
Division	Floor plan
Type-1 1F 72.00m ²	
Type-2 2F 104.40m ²	
Type-3 1F 64.80m ²	

1) (S) : Source Room / (R) : Receiving Room

Table 1. Performance criteria of sound insulation structure

Classification	Rank criteria
Class 1	63 ≤ Rw + C and No partition wall between housing unit
Class 2	58 ≤ Rw + C < 63
Class 3	53 ≤ Rw + C < 58
Class 4	48 ≤ Rw + C < 53

Table 3. Details of partition wall



한옥 중 경계벽을 공유하고 있는 평면 유형의 한옥 9채에서 진행하였다. 평가 대상 한옥은 모두 3개의 평면 유형으로 각 3채씩 총 9채를 대상으로 하였다. 한옥은 동일한 구조와 부재를 적용하여 시공되었으며, 연구의 평가 목적에 해당하는 세대 간 경계벽이 모두 동일한 구조로 시공되었다(Table 2).

평가대상으로 해당 한옥마을을 선정한 것은 R&D연구 결과를 반영하여 실증구축된 한옥단지이며, 설계 과정에서 벽체의 차음구조로 인정받은 구조를 경계벽으로 시공하였으므로 실험실 평가 결과와 현장 평가 결과를 비교할 수 있는 현장이기 때문이다. 각 세대는 경계벽을 경계로 별도의 출입구와 주요 공간으로 구성되어 있다.

Table 3.는 평가 대상 한옥의 경계벽 구성 내역 상세를 보여주고 있다. 벽체 구조는 당시 국토해양부 고시 제 2012-553 (2012.8.22) 벽체의 차음구조 인정 및 관리기준에 따라 실험실 조건에서 평가받은 벽체 구조로서 차음성능 수준은 1등급으로 평가 받은 구조이다. 해당 고시에서의 1등급은 단일수치평가량에 스펙트럼 조정항을 적용한 경우의 수치로 58 dB 이상의 차음성능을 갖는 구조를 1등급으로 규정하고 있다. 현 고시에서는 Table 1.에서 제시한 바와 같이 국토교통부 고시 제2018 776호(2018.12.7)에 따라 벽체의 차음구조를 인정하고 있으며 총 4개 등급으로 1등급이 63 dB 이상을 제시하고 있다. 최저 성능기준 수준은 48 dB 이상 수준으로 제시하고 있음은 동일하다.

2.2. 측정 및 평가방법

측정방법은 크게 두가지 방법으로 진행하였다.

첫째, 경계벽 구조의 단일수치 평가량을 산정하는 과정은 KS F 2809 규격에 따라 실시하고 KS F 2862 규격에 따라 평가하였다. 행위의 유형상 대청과 침실이 경계벽을 공유하는 경우는 대청 공간을 음원실로 하였다. 음원실과 수음실의 크기가 상이한 유형의 한옥은 체적이 큰 공간 대청 공간을 음원실로 하였다.

Table 4,5.는 음원실(Source room)과 수음실(Receiving room)의 공간별 용도, 천장 및 내부 마감에 있어 목구조부 노출 여부

Table 4. Uses of source and receiving room

Division	Use		Exposure or not of wooden members of ceiling	
	Source room	Receiving room	Source room	Receiving room
Type-1	Daechung	Bedroom	Exposure	Non-exposure
Type-2	Bedroom	Bedroom	Non-exposure	Non-exposure
Type-3	Daechung	Daechung	Exposure	Exposure

1) Daechung : Living room

Table 5. Scene of measurement spaces

Division	Partition wall	
	Source room	Receiving room
Type-1		
Type-2		
Type-3		

(Exposure or not of wooden members of ceiling)를 정리한 것이다. 한옥 유형별로 Type-1 한옥은 천장을 비롯한 주요 목구조부가 노출된 대청 공간이며, 수음실의 경우 천장 반자가 설치되어 있고 마감 목구조부는 노출이 되어 있지 않은 조건이다. Type-2는 음원실과 수음실 모두 침실 용도로 목구조가 노출되지 않은 침실 조건이고, Type-3는 음원실과 수음실 모두 대청 용도로서 천장 목구조가 노출된 조건이다. 세 유형의 한옥 서로 다른 3가지 유형으로 평가대상을 구성하였다.

평가량 산출은 KS F 2862 규격에 따라 주파수 대역별 특성을 고려하여 다음과 같은 방법으로 단일수치평가량을 산출하여 평가하였다.

규격에 따라 산출하는 겉보기 음향 감쇠계수(Apparent sound reduction index R'_w) 수식은 다음과 같다.

$$R'_w = L_1 - L_2 + 10 \log(S/A) \text{ (단위 dB)}$$

단, L_1 : 음원실 내 평균 음압레벨(dB)

L_2 : 수음실 내 평균 음압레벨(dB)

S: 시험편의 면적(본 연구에서는 경계벽 면적, m^2)

A: 수음실의 등가흡음력(m^2)

상기 식에 의해 산출된 측정 결과를 KS F 2862 규격에 따라 단일 수치평가량을 산출하였다. 산출과정에서 음원의 특성에 따라 결정되는 스펙트럼 조정항 특성도 함께 산출하여 분석에 반영하였다.

둘째, 수음실 내 음장 분석을 위한 측정 방법은 측정 목적에 따라

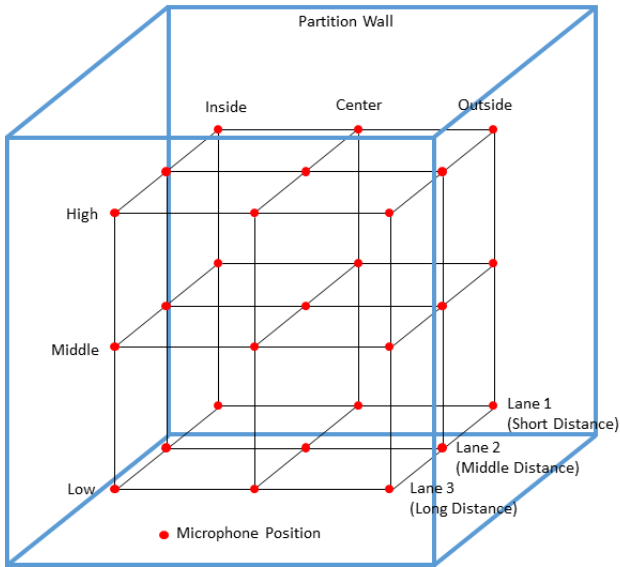


Fig. 1. Microphone layouts

Fig. 1.과 같이 수음점을 세분화하여 설정하였다.

경계면으로부터 거리에 따라 3열, 바닥면으로부터 높이에 따라 3열, 실안쪽부터 바깥쪽으로 3열씩 총 27개의 측정 지점을 선정하였다. 각 측정점은 KS F 2809 규격에 준하여 경계면으로부터 0.5m 이격시켜 등간격으로 설정하였다. 한옥 유형에 따라 침실이 수음실인 경우 천장이 노출되지 않기 때문에 유형별 비교를 위해 천장이 노출된 공간도 침실과 같이 동일한 높이와 위치의 수음점을 설정하였다.

음원의 발생은 무지향성 음원을 실 중앙 위치에서 수음실의 중앙 높이에 해당하는 지점을 설정하여 균일하게 발생시켜 진행하였다. 이는 인접실의 일정한 위치에서 발생한 소음이 경계벽 및 주변부를 통해 수음실 여러 위치에 미치는 소음영향 분석에 포커스가 맞춰져 있기 때문이다. 측정시 음원실 및 수음실 경계벽을 통한 소음전달에 영향을 미칠 수 있는 기존 시설물(TV, 간이냉장고 등)은 이동시키고 측정하였다.

2.3. 평가 내용

평가는 다음과 같은 항목을 중심으로 비교 분석하였다

첫째, 각 한옥의 경계벽 차음성능 평가를 통해 실험실 성적서 상의 단일수치평가량과 비교분석하였다. 실험실 조건의 시험 결과와 현장 조건의 시험 결과를 직접적으로 비교하는 것은 다소 무리가 있으나 현장 여건에 따라 평가량이 어느 정도 낮아질 수 있는지 그 차이를 분석하고자 하였다.

둘째, 현장 조건에 단일수치평가량 산정에 영향을 주는 요소와의 상관성을 분석하였다. 겉보기 음향 감쇠 계수 산정시 반영되는 시험편의 면적 및 흡음력에 반영되는 체적과 같은 요소가 단일수치평가량 산정시 높은 상관성을 갖는지 확인하고자 하였다.

셋째, KS 규격에 의해 산출되는 단일수치평가량과 현장 조건에서 간편하게 측정이 가능한 단순 평가 지표간의 상관성 분석을 실시하였다. 단순 평가 지표로는 KS 규격에 제시되어 있는 건물의 공기음 차단성능 평가량과 음원실과 수음실간 등가소음도 편차라고 할 수 있는 실간레벨

차와의 분석을 진행하였다. 이는 경계벽을 공유하고 있는 공간 간의 차음성능 수준을 다른 지표로 활용하여 분석이 가능한지 확인해 보기 위한 이다.

넷째, 음원실에서 발생한 소리가 경계벽을 통해 수음실 공간 내 높이, 깊이, 이격거리별 소음분포 해석을 통해 차음성능에 영향을 미치는 부위 및 요소에 대한 분석을 하였다. 체적이 큰 공간에서 체적이 작은 공간으로 소리가 전달될 때의 영향, 동일한 체적과 마감 조건에서의 소음 전달 영향 요소, 천장 목구조부 노출에 따른 소음 전달 영향 요소 등에 대해 각 위치별 등가소음도를 비교하여 한옥의 차음성능 유지 및 향상에 필요한 요소를 식별하고자 하였다. 도출된 결과는 한옥 설계시 반영하여 성능을 향상시킬 수 있는 가이드라인의 역할을 기대한다.

3. 평가 결과 분석

3.1. 현장 및 실험실 결과 비교 분석

평가가 이루어진 한옥 9채와 실험실 시험성적서의 단일수치평가량 비교 자료를 정리하였다(Fig. 2., Table 6.). 정리한 단일수치평가량(Single number quantity)은 스펙트럼 조정항(Spectrum adaptation

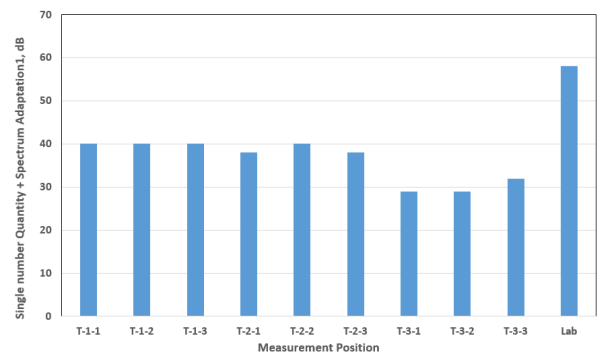


Fig. 2. Comparison analysis between field and lab results

Table 6. Evaluation results according to the analysis condition

Division	Single number quantity + Spectrum adaptation term 1 (R'w) dB	Deviation between field and lab results (dB)		Sound pressure level in receiving room, dB(A)
		Compared with 58dB (Class 2)	Compared with 48dB (Class 4)	
T-1-1	40	18	8	46.9
T-1-2	40	18	8	46.4
T-1-3	40	18	8	46.5
T-2-1	38	20	10	52.0
T-2-2	40	18	8	50.1
T-2-3	38	20	10	51.0
T-3-1	29	29	19	58.8
T-3-2	29	29	19	59.0
T-3-3	32	26	16	55.9
Lab	58			

term 1)을 적용한 결과를 정리한 것이다.

실험실과 현장 조건은 상이하기 때문에 직접적인 비교를 할 수 없으나 실험실 평가량에 비해 현장에서 측정된 한옥은 58dB 기준과 비교시 약 18~29dB 정도 차음성능 수준이 낮아지는 것으로 나타났다. 현행 공동주택 경계벽 최저 소음기준인 48dB 수준과 비교시에도 약 8~19dB의 편차를 보이는 것으로 나타났다.

한옥별로는 음원실과 수음실의 상부 천장이 높고 경계벽의 면적이 크며 목구조부가 노출되는 Type-3 한옥이 다른 한옥에 비해 낮은 차음성능을 보이는 것으로 분석되었다. 수음실에 천장이 있으며 목구조부가 비노출되는 Type-1, 2는 상대적으로 높은 차음성능을 갖는 것으로 분석되었으나, 벽체의 차음구조 인정기준인 최저 48dB에는 모두 도달하지 못하는 것으로 나타났다.

다만 본 데이터는 현장 측정 여건상 수음실에서 배경소음과의 보정사항을 고려하기 위해 음원실에서 약 90dB 수준의 높은 소음레벨의 음원을 발생시켜 얻어진 결과로서 측정시 수음실의 소음도는 약 46.4~59.0 dB(A) 수준으로 나타났다.

실제 생활환경에서 발생하는 소음 수준을 고려할 때 발생소음원의 레벨값이 낮아지면 수음실의 소음도도 동시에 낮아지기 때문에 현재의 평가량이 최저 기준치를 만족하지 못한다고 해서 소음을 차단할 수 없다는 것은 아니라고 할 수 있다.

소음은 그 레벨이 낮다고 하더라도 틈새나 우회전달음이 전달될 수 있는 부위가 있다면 어떠한 형태로든 전달이 되고 낮은 배경소음이 유지되는 환경에서는 낮은 레벨의 소음도 인지할 수 있기 때문에 전체적인 차음성능 평가량이 높아질 수 있도록 벽체를 개발하고 시공하는 것이 필요하다고 할 것이다.

이러한 점을 고려해서 경계벽을 통해 투과되는 소음이 수음실 내에서 경계벽으로부터 이격거리 및 높이 등의 위치에 따라 미치는 영향 분석이 필요함을 확인하였다.

3.2. 단일수치평가량 산정 영향 요소 상관성 분석

현장 시험 결과인 단일수치평가량 가중 겉보기 음향 감쇠 계수 산정에 영향을 줄 수 있는 요소와의 상관성을 분석하였다. 다만, 분석을 위한 샘플수가 적기 때문에 경계벽의 면적, 수음실의 체적과 단일수치평가량 간 단순회귀분석을 통해 상관성을 검토하였다(Fig. 3,4).

단일 수치 평가량에 스펙트럼 보정항1를 적용하여 산출된 각각의 결과와 경계벽 시편의 면적, 수음실의 체적 간의 상관성 분석 결과, 경계벽 면적($R^2=0.9237$)과 수음실 체적($R^2=0.9237$) 모두 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

소음이 전달되는 경계벽 면적이 작고, 수음실 체적 또한 작을수록 단일수치평가량이 높게 나타나 차음성능이 상대적으로 높게 평가될 수 있는 것으로 나타났다. 물론 이러한 변수는 단일수치 평가량(겉보기 음향 감쇠계수) 모델식에 직접적으로 영향을 미치는 변수로서 작용하기 때문이다.

분석결과로서 경계벽을 공유하는 한옥 구조의 경우 경계벽의 크기를 최소화하는 것이 경계벽을 통한 소음 전달량 조절에 관여할 수 있다는 결과로 확인된다.

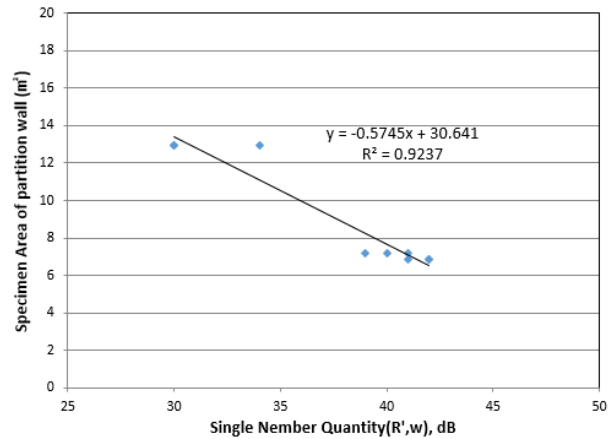


Fig. 3. The correlation analysis between weighted single number quantity(Spectrum adaptation term 1) and specimen area of partition wall

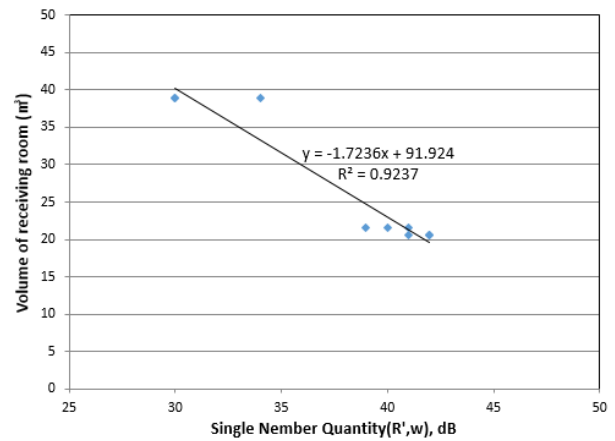


Fig. 4. The correlation analysis between weighted single number quantity(Spectrum adaptation term 1) and volume of receiving room

3.3. 차음성능 평가지표간 상관성 분석

본 절에서는 현장 차음성능 평가 방법에 따라 산출되는 단일수치평가량(Single number quantity)과 다른 단순 평가 지표를 함께 비교 분석하였다. 해당 평가 지표는 KS 규격에 제시되어 있는 등가소음도 실간레벨차(Deviation between source and receiving room' equivalent sound level)와 건물의 공기음 차단성능 평가량(Average evaluation)을 활용하였다(Table 7., Fig. 5,6,7.).

한옥을 대상으로 평가한 선행연구에서는 한옥의 외벽 및 외벽 부재에 대해 전체법 및 부재법을 통해 한옥 건축물 내외부간 소음도를 평가할 때 단일수치평가량과 실내외 등가소음도 실간레벨차, 건물의 공기음 차단성능 평가량 간에 높은 상관성을 보인다는 것을 확인한 바 있다[14]. 본 연구에서는 평가 조건이 내외부간 평가가 아닌 경계벽을 대상으로 한 실간 평가이므로 실간 평가에 활용이 가능한 등가소음도 실간레벨차를 활용하여 각 평가량간 상관성을 비교분석하였다.

분석은 KS 규격에서 제시하는 스펙트럼 특성 조정항(Spectrum adaptation term)을 적용한 단일수치평가량(가중 겉보기 음향 감쇠 계수)과 KS F 2862 부속서 D에 의한 건물의 공기음 차단성능의 평

Table 7. Evaluation results according to the analysis condition

Division	Use		Single number quantity (R'w) dB	Spectrum adaptation term 1 dB	Spectrum adaptation term 2 dB	Deviation between source and receiving room' equivalent sound level, dB	Average evaluation Dm(1/3) dB	
	Source room	Receiving room						
Type-1	T-1-1	Daechung	Bedroom	41	-1	-4	32	37
	T-1-2	Daechung	Bedroom	42	-2	-6	30	38
	T-1-3	Daechung	Bedroom	42	-2	-5	31	37
Type-2	T-2-1	Bedroom	Bedroom	40	-2	-6	26	36
	T-2-2	Bedroom	Bedroom	41	-1	-5	28	37
	T-2-3	Bedroom	Bedroom	39	-1	-4	28	35
Type-3	T-3-1	Daechung	Daechung	30	-1	-4	20	26
	T-3-2	Daechung	Daechung	30	-1	-4	21	25
	T-3-3	Daechung	Daechung	34	-2	-6	23	28

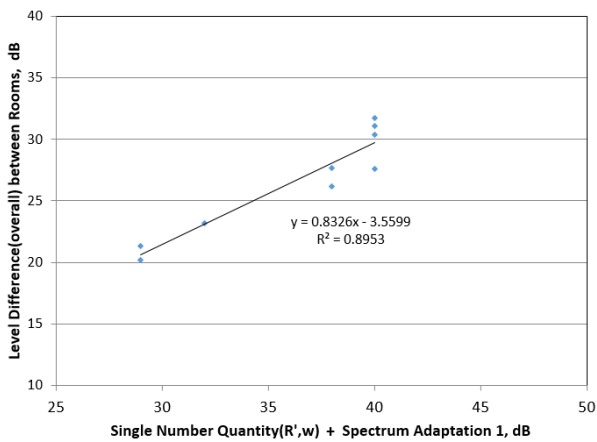


Fig. 5. The correlation analysis between weighted single number quantity(Spectrum adaptation term 1) and level difference(overall) between rooms

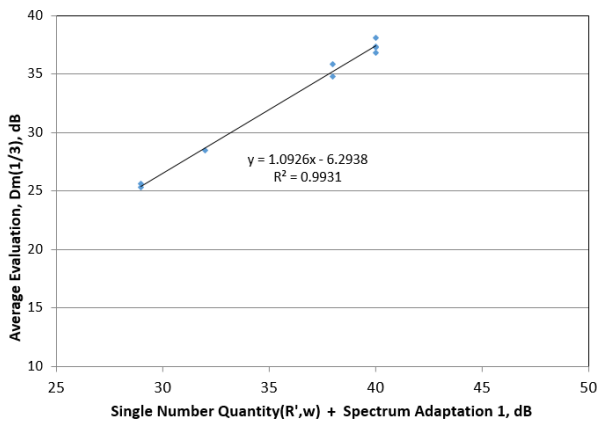


Fig. 6. The correlation analysis between weighted single number quantity(Spectrum adaptation term 1) and average evaluation, Dm(1/3)

군값에 의한 평가량(Dm(1/3)) 및 실간 각 위치에서 측정된 등가소음도 실간레벨차와의 상관성 분석을 실시하였다.

스펙트럼 특성 조정항의 경우 특성-1만 반영하여 분석하였다. 평가 대상이 실간 경계벽의 성능을 평가하는 내용임을 감안할 때 KS F 2862 부속서A 스펙트럼 조정항의 사용에 따르면, 스펙트럼 특성-1

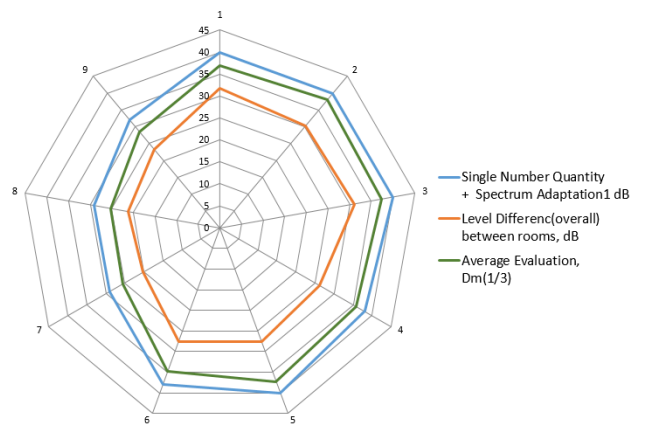


Fig. 7. Comparison analysis of three indexes(Spectrum adaptation term 1)

은 일상생활 중 회화·음악·라디오·텔레비전 등을 고려한 특성이며, 특성-2의 경우 외부에서 발생하는 교통소음 및 공장 소음을 고려한 내용으로 실내에서 발생하는 음원의 성격이라 할 수 없기 때문이다.

분석 결과, 단일수치 평가량인 가중 겹보기 음향 감쇠 계수와 실간 레벨차 및 건물의 공기음 차단성능 평가량 간에는 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다.

스펙트럼 특성-1을 적용한 단일 수치 평가량은 등가소음도 실간레벨차와는 0.8953의 설명력을, 건물의 공기음 차단성능 평가량과는 0.9931의 설명력을 보이는 것으로 분석되었다. 각 실에서 측정된 평균 음압 레벨 간 편차를 의미하는 등가소음도 실간레벨차에 비해 각 주파수 대역별 차음성능의 산술평균을 의미하는 건물의 공기음 차단성능 평가량 Dm이 단일 수치 평가량과 상관성이 상대적으로 높은 것을 확인하였다(Fig. 6,7).

단일 수치 평가량과 등가소음도 실간레벨차, 건물의 공기음 차단성능 평가량과의 편차를 산출하고 그 평균치를 비교한 결과, 등가소음도 실간레벨차는 10 dB, 공기음 차단성능 평가량은 5dB의 편차를 보이는 것으로 나타났다.

이러한 편차가 발생하는 것은 단일 수치 평가량을 산정하는 모델식의 경우 각 위치의 소음 레벨간 차이 뿐만 아니라 경계벽 시편의 면적, 수습실의 체적, 잔향시간 등을 반영하여 산정하기 때문이다(Fig. 8).

한옥 건축물이 부재의 접합으로 이루어진다는 점과 시험편(경계

벽) 주변을 보강한 후의 측정이 현실적으로 불가능하다는 점을 감안한다면, 현장에서 한옥의 경계벽 차음성능을 측정하고 평가하기에는 각 위치에서의 소음도 차이를 비교하는 것은 오차 발생 범위가 커지므로 바람직하지 않다고 할 수 있다.

물론, 시험편 주변의 영향을 상대적으로 덜 받을 수 있는 유형의 공동주택이나 기밀성 건축물의 경우는 다른 결과를 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

3.4. 수음점 위치에 따른 소음분포 분석

한옥의 수음실에 총 3(바닥으로부터 높이)×3(경계면으로부터 거리)×3(안쪽에서 바깥쪽까지)=27지점에서 측정한 소음도를 비교 분석하였다. 한옥이 총 3개의 유형으로 분류되므로 각 유형별로 분석하였다. 수음점을 높이별로 구분하고 거리와 위치에 따른 소음 분포 현황을 소음지도 형식으로 나타내고 소음도를 정리하였다 (Table 8., Fig. 8,9,10.).

Type-1 한옥은 음원실이 대청이고 수음실이 침실인 경우로 대청에 비해 수음실의 크기가 상대적으로 작은 유형의 한옥이다(Table 2,4,5. 참조). 음원실인 대청은 목구조가 노출된 구조이고 수음실은 천장 마감이 된 형태로 실내측은 목구조를 노출하지 않은 조건으로 조성되어 있다.

분석 결과, Low 높이에서는 경계벽 중앙부를 통한 투과음이 많은 것으로 나타났다. Middle 높이에서는 바깥쪽 코너 부위에서 다른 위치에 비해 높은 소음도를 보이고 있는데 해당 높이에 바깥쪽에 창이 위치하고 있으므로 간접적인 우회전달음 영향이 발생한 것으로 보인다. High 높이에서는 경계벽 중앙부와 실 중앙부 위치에서의 소음도가 다른 위치에 비해 높게 나타났다.

경계벽으로부터 이격거리에 따른 소음도는 1,2열에 비해 3열이 상대적으로 낮게 나타났다. 각 열별로 높이에 따른 소음도를 비교한 결과는 Low 높이가 Middle, High 높이에 비해 상대적으로 낮은 소음도를 보이는 것으로 나타났다.

음원실은 목구조가 노출된 높은 천장의 대청 공간이고, 수음실은 목구조가 노출되지 않은 침실 공간이라는 점을 고려할 때 High 높이에서는 상부벽을 통한 소음전달 영향이, Middle 높이에서는 창호부위를 통한 우회 전달 영향이 있는 것으로 분석되었다. 구조상 창쪽은 기둥과 벽이 만나는 접합부가 안쪽보다 가깝게 위치하고 있으며, 안쪽은 수음실쪽(침실) 구조가 수납공간이 있기 때문에 소음도가 상대적으로 낮게 나오는 것으로 보인다.

이 결과는 목구조부가 노출되지 않은 음원실과 수음실을 갖는 Type-2 한옥과 비교시에도 벽체 상단부를 통한 소음전달이 더 있는 것으로 확인되었다.

한옥별로 각 27개 측정점간 최대 최소 편차를 분석한 결과, Type-1 한옥은 측정점 위치에 따라 3.5, 4.2, 5.1 dB(A)의 편차를 보이고 있어 한 공간 내에서도 상당한 소음도 차이를 보이는 것으로 나타났다.

Type-2 한옥은 음원실과 수음실이 모두 침실인 경우로 두 실의 크기가 같은 구조의 한옥이다(Table 2,4,5. 참조). 두 실 모두 목구조부를 노출하지 않은 천장 마감형의 조건을 갖고 있다.

분석 결과, Low, Middle, High 모든 높이에서는 경계벽 중앙부

를 통한 투과음이 많은 것으로 나타났다. 수음실 쪽 안쪽방향 2열의 소음도가 바깥쪽(창가) 쪽에 비해 상대적으로 낮아지는 것은 안쪽은 화장실 내벽 구조가 더 있기 때문에 이로 인한 소음감쇠가 있기 때문으로 분석되었다.

측정 대상 3채 한옥 모두 1열 Middle 높이에서 최고 소음도 수준을 보이고 있고 3열 Low 높이에서 가장 낮은 소음도 수준으로 분포하였다.

음원실(침실)과 수음실(침실) 모두 목구조가 비노출된 구조임을 감안할 때 경계벽 중앙부를 통한 투과음이 높은 소음도를 보이고 있다. 실내 조건에서는 목구조 비노출 구조이므로 목구조 노출 부위를 통한 투과 및 우회전달음 영향보다 경계벽 자체의 투과손실 특성에 많은 영향을 받는 것으로 보인다.

한옥별로 각 27개 측정점간 최대 최소 편차를 분석한 결과는 Type-2한옥은 측정점 위치에 따라 6.3, 7.1, 6.7 dB(A)의 편차를 보이고 있어 Type-1에 비해 위치별 편차가 더 커지는 것으로 나타났다.

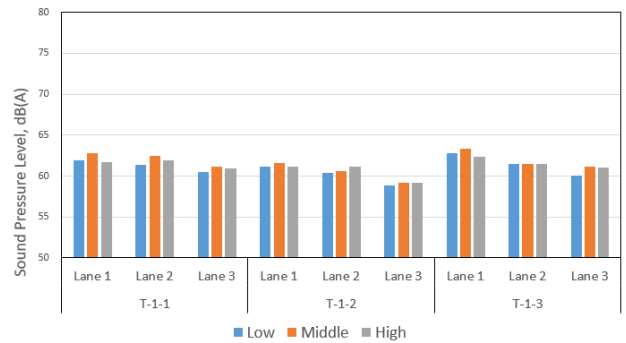


Fig. 8. Comparison analysis of receiving points(Han-ok type-1)

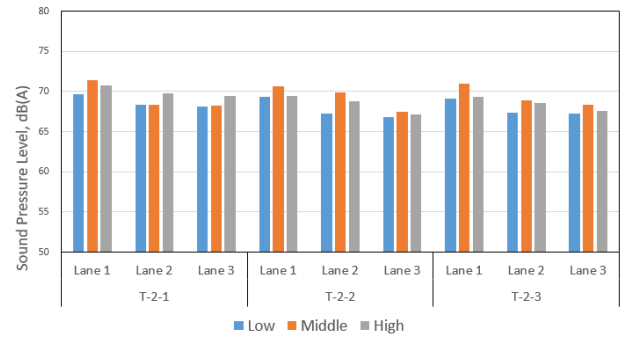


Fig. 9. Comparison analysis of receiving points(Han-ok type-2)

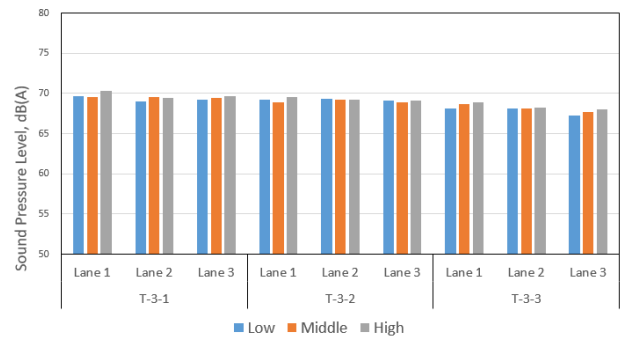
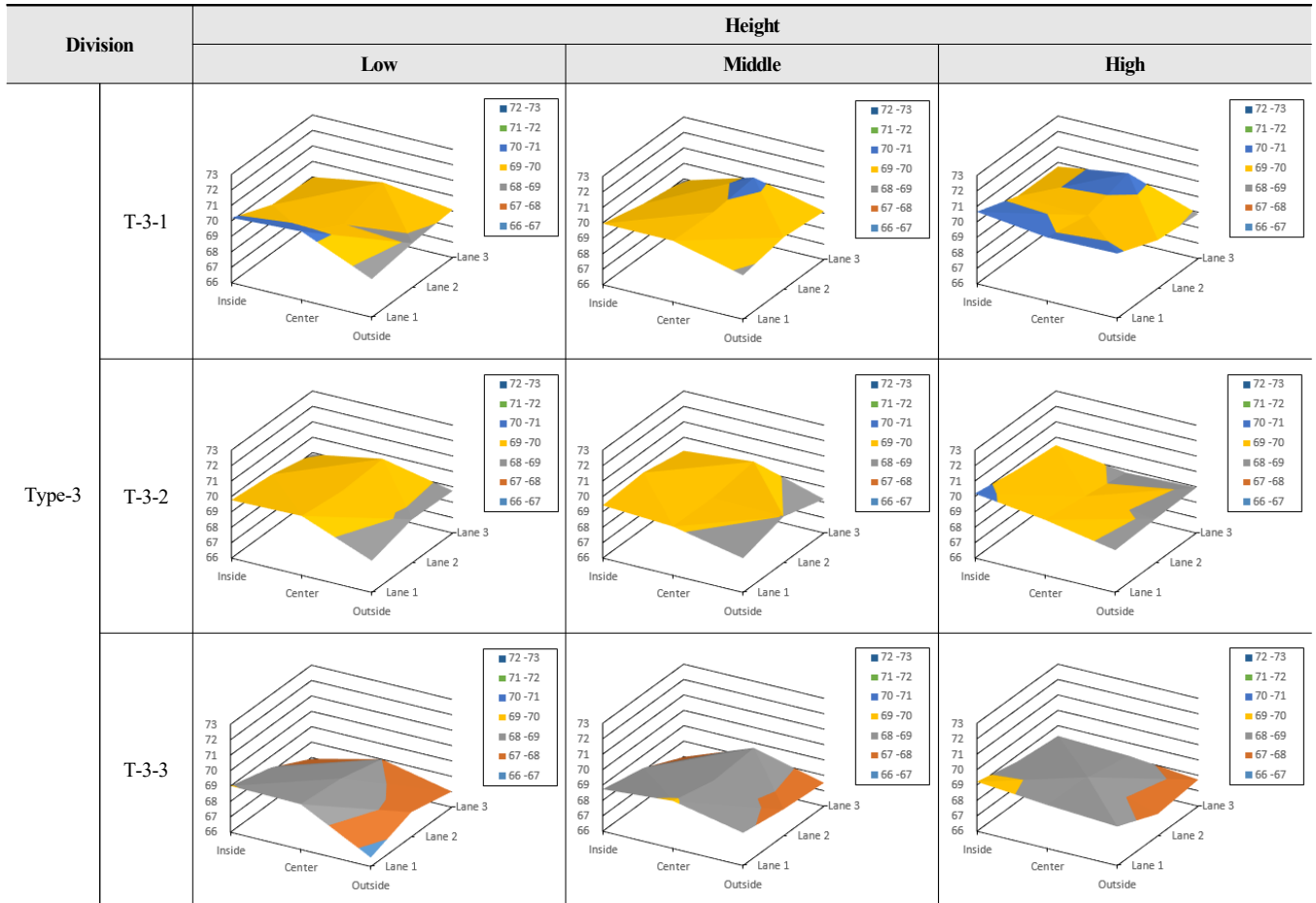


Fig. 10. Comparison analysis of receiving points(Han-ok type-3)

Table 8. Noise map and evaluation results according to the measurement condition(dB(A))(Continue)



Division	Height	Lane 1			Lane 2			Lane 3			Avg	Max	Min	
		Inside	Center	Outside	Inside	Center	Outside	Inside	Center	Outside				
Type-1	T-1-1	Low	61.5	62.3	61.9	61.0	61.7	61.4	60.3	61.0	60.0	61.2	62.3	60.0
		Middle	61.9	63.0	63.5	62.0	62.6	62.7	61.1	61.0	61.3	62.1	63.5	61.0
		High	61.1	62.1	61.8	61.8	62.5	61.4	60.9	61.1	60.9	61.5	62.5	60.9
	T-1-2	Low	60.5	61.7	61.4	59.6	61.0	60.6	59.0	59.1	58.4	60.1	61.7	58.4
		Middle	60.7	61.5	62.7	59.7	60.6	61.6	58.8	59.3	59.3	60.5	62.7	58.8
		High	60.4	61.9	61.2	60.1	62.3	61.1	59.3	59.3	59.1	60.5	62.3	59.1
	T-1-3	Low	62.2	63.9	62.4	61.0	61.6	61.6	59.5	60.8	59.9	61.4	63.9	59.5
		Middle	62.8	62.7	64.6	60.9	61.9	61.8	60.7	60.9	61.7	62.0	64.6	60.7
		High	60.9	64.2	61.9	60.8	62.1	61.4	60.6	61.4	61.0	61.6	64.2	60.6
Type-2	T-2-1	Low	69.3	71.2	68.5	66.2	70.1	68.8	66.4	69.7	68.2	68.7	71.2	66.2
		Middle	70.9	72.5	70.8	68.4	69.4	67.5	68.5	68.3	67.9	69.3	72.5	67.5
		High	69.7	72.2	70.3	69.4	71.7	68.3	68.8	71.1	68.3	70.0	72.2	68.3
	T-2-2	Low	69.1	70.7	68.4	65.3	69.1	67.2	65.4	68.1	67.0	67.8	70.7	65.3
		Middle	70.0	72.3	69.7	69.2	71.8	68.5	66.1	69.3	67.2	69.4	72.3	66.1
		High	69.5	71.0	67.8	68.8	70.7	67.0	66.4	69.2	66.0	68.5	71.0	66.0
	T-2-3	Low	68.3	70.7	68.5	66.7	68.6	66.8	65.8	67.9	67.9	67.9	70.7	65.8
		Middle	69.6	72.5	70.8	68.0	70.7	68.1	68.0	68.6	68.5	69.4	72.5	68.0
		High	68.7	71.0	68.4	67.7	70.5	67.7	66.8	69.1	66.8	68.5	71.0	66.8
Type-3	T-3-1	Low	70.2	70.4	68.5	69.1	69.0	68.9	69.0	69.8	69.1	69.3	70.4	68.5
		Middle	70.0	70.0	68.8	69.3	69.9	69.4	68.9	70.2	69.1	69.5	70.2	68.8
		High	70.7	70.1	70.2	69.7	69.6	69.1	69.7	70.4	68.9	69.8	70.7	68.9
	T-3-2	Low	69.8	69.9	68.1	69.5	69.6	68.8	68.9	69.7	68.7	69.2	69.9	68.1
		Middle	69.4	69.2	68.2	69.6	69.1	69.0	69.1	69.5	68.2	69.0	69.6	68.2
		High	70.2	69.6	68.7	69.7	69.2	68.9	69.5	68.8	68.9	69.3	70.2	68.7
	T-3-3	Low	69.0	68.9	66.6	68.3	68.7	67.6	66.9	68.0	67.0	67.9	69.0	66.6
		Middle	68.7	69.1	68.1	68.2	68.5	67.7	67.0	68.7	67.5	68.2	69.1	67.0
		High	69.2	68.8	68.5	68.6	68.7	67.4	68.3	68.2	67.7	68.4	69.2	67.4

Table 8. Noise map and evaluation results according to the measurement condition(dB(A))

Division	Height			
	Low	Middle	High	
Type-1	T-1-1			
	T-1-2			
	T-1-3			
Type-2	T-2-1			
	T-2-2			
	T-2-3			

Type-3 한옥은 음원실과 수음실이 모두 대청인 경우로 두 실의 크기가 같은 구조의 한옥이다(Table 2,4,5. 참조). 두 실 모두 목구조 부를 노출한 높은 천장을 갖고 있는 조건이므로 두 실간 경계벽은 보를 기준으로 상하부벽을 공유하는 조건을 갖고 있다.

분석 결과, Type-3 한옥은 전반적으로 Low, Middle, High 높이 모두 경계벽 안쪽(Inside)을 통한 투과음이 많은 것으로 나타났다. 위치별로 창쪽(Outside)보다 안쪽의 소음도가 상대적으로 높은 것인데 이 한옥은 한옥의 마감 여건상 안쪽은 목구조부가 노출된 모서리 마감을 갖고 있는 반면 창쪽은 목구조를 비노출한 마감을 하였기 때문에 목구조와 벽체 구조와의 접합부 부위를 통한 우회 전달음이 발생하였기 때문으로 보인다.

한옥별로 각 27개 측정점간 최대 최소 편차를 분석한 결과는 Type-3한옥은 측정점 위치에 따라 2.2, 2.1, 2.6 dB(A)의 편차를 보이고 있어 다른 한옥 유형에 비해 위치별 편차가 더 작은 것으로 나타났다. Type-3한옥은 단일수치평가량 분석시 타 한옥에 비해 상대적으로 낮은 차음성능을 보였다는 점을 고려할 때 투과음이 많이 발생하여 오히려 실내 위치별 차이는 더 줄어드는 결과를 보인 것으로 판단된다.

경계벽으로부터 거리에 따른 분석에 해당하는 측정 열별 분석 결과를 보면 높이 및 거리 등에 따른 차이가 크게 나타나지 않은 것을 알 수 있다. 이는 상부 목구조를 노출함으로써 세대간 공유하고 있는 경계벽이 상대적으로 커짐에 따라 상부벽을 통한 소음전달량이 많고 그에 따른 차음성능 수준도 낮아지는 이유가 된 것으로 판단할 수 있다.

4. 결론

본 연구는 세대간 경계벽을 공유하는 신한옥의 차음성능 향상을 위한 연구의 일환으로 공기전달음 현장 측정방법에 의한 차음성능 결과와 실험실 평가량을 비교분석하고, 현장 시공시 한옥 설계 및 시공시 경계벽의 차음성능을 유지하기 위해 고려해야 할 요소를 찾고자 하였다.

본 연구를 통해 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 경계벽을 공유한 한옥의 소음 프라이버시 확보 및 유지를 위해서는 한옥의 특성과 수준을 고려한 경계벽 차음성능 기준 설정이 필요하다.

실험실 평가량과 현장 평가량을 비교한 결과, 현행 공동주택 경계벽 최저 소음기준인 48dB 수준(실험실 평가량 기준)과 비교시 약 8~19dB의 편차를 보이는 것으로 나타났다. 특정 현장 조건의 결과이므로 일반화할 수는 없으나, 한옥의 성능개선 연구의 일환으로 구축된 실험실 한옥의 결과임을 감안하더라도 현장 조건은 실험실 조건에 비해 상대적으로 낮은 성능을 가짐을 인지할 수 있다. 한옥 건축물의 경우 현대 건축물에 비해 접합부 틈새가 많고 건축계획상 목구조 노출 설계가 반영된다는 점을 고려할 때 이러한 부위를 통한 우회 전달음 발생가능성이 높다는 것은 차음성능 저하로 연결될 수 밖에 없다. 당연한 결과라고 넘기기 보다는 차음성능을 유지할 수 있는 부재 시스템 및 접합부 시공법의 개발을 통해 계속 증가하고 있는 한옥의 수요 및 대중화에 기여할 수 있도록 하고, 설계 단계에서만만

아니라 사용 전 검산단계에서도 성능을 검증하는 과정으로서의 기준이 필요할 것으로 판단된다.

2) 경계벽을 공유하는 위치를 침실과 같이 소음 프라이버시가 더 강하게 요구되는 공간으로 계획하는 경우 천장을 비롯한 접합부 목구조 노출을 최소화 할 필요가 있다.

음원실과 수음실 조건에서 목구조부의 노출 여부에 따라 천장목구조가 노출될수록 상부벽을 통한 투과음의 전달이 많아지고, 벽체 접합부 중 목구조 노출된 부위가 비노출 부위에 비해 소음 투과량이 많아지는 것을 확인하였다. 음원실과 수음실 모두 목구조가 노출된 경우에는 경계벽으로부터 이격거리와는 상관없이 근거리와 원거리 소음 분포가 유사하게 나타나고 있다. 이는 거리 이격에 따른 효과가 크기 없음을 뜻하고 공간 전체가 소음 영향을 받을 수 있음을 의미하기 때문이다.

3) 경계벽을 공유하는 한옥 구조로 설계 및 시공하는 경우 공유하는 경계벽의 크기를 최소화하는 것이 필요하다.

경계벽 면적이 작고, 수음실 체적 또한 작을수록 차음성능이 상대적으로 높게 평가될 수 있는 것으로 나타났다. 물론 면적과 체적과 같은 변수는 평가에 활용되는 단일수치 평가량 모델식에 직접적으로 영향을 미치는 변수로서 작용한다. 그러나, 분명한 것은 동일한 파워의 음원이 발생되는 조건에서 수음실의 체적이 작고 공유하는 경계벽의 면적이 작을수록 실 자체의 overall 소음도가 상대적으로 낮게 나타났다. 설계 단계에서 공유하는 경계벽의 크기 조절, 소음 영향을 적게 받는 공간의 배치, 평면 형식의 다양화 등을 통해 소음 전달 경로를 줄이는 것이 필요할 것으로 판단된다.

4) 현장 평가를 통해 경계벽의 차음성능 평가를 하는 경우 KS규격을 활용한 단일수치평가량 산출 방법을 따른 평가를 하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

경계벽에 대해 단일 수치 평가량과 등가소음도 실간레벨차, 건물의 공기음 차단성능 평가량과의 편차를 산출하고 그 평균치를 비교하고 상관성을 분석한 결과, 상관성은 높게 나왔으나, 등가소음도 실간레벨차는 10dB, 공기음 차단성능 평가량은 5dB의 편차를 보이는 것으로 나타났다. 이 결과는 기존 한옥의 외벽 및 외벽 부재에 대한 차음성능 현장 평가 연구에서 실내외 등가소음도 측정을 통한 레벨차 산출 과정을 통해 한옥 외벽 및 외벽 부재의 차음성능 간에 평가가 가능하다는 결론과는 상이한 결과라 할 수 있다.

본 연구는 신한옥을 대상으로 공기전달음 차단성능 현장 평가 방법을 통해 한옥 설계 및 시공시 경계벽의 차음성능을 유지하기 위해 고려해야 할 요소를 찾고자 하였다.

그 결과, 실험실 평가를 통해 인증된 벽체구조라도 현장에서 그 성능이 완벽히 구현되기 힘들다는 것을 확인하였다. 그러나, 공유하는 목구조부의 노출 여부, 천장 구조 설치 유무, 경계벽의 크기, 수음실의 체적 등 설계 단계에서 고려함으로써 차음성능을 유지할 수 있는 요소도 확인하였다.

물론 한옥 건축에서 이러한 요소들을 모두 고려하여 설계하는 것이 가능하냐는 의견도 있을 수 있으나, 경계벽을 공유하는 한옥 조건이라는 것은 서로 다른 이가 다른 공간에서 생활한다는 점을 고려할 때 소음 프라이버시 확보를 위해서라도 충분히 고려할 수 있는 요소라 판단된다.

본 연구는 상호비교가 가능한 조건이 구축된 실증한옥을 대상으로 평가한 결과이므로 다른 다양한 한옥의 조건을 반영하지 못한 점은 한계라 할 수 있다. 이 연구를 기반으로 다양한 유형 및 용도의 한옥 건축물의 경계벽 구조에 대한 지속적인 연구가 진행되어 한옥의 환경성능 향상에 기여하기를 기대한다.

Acknowledgement

This work was supported by a grant(21AUDP-B128638-05) from Urban Architectural Research Program funded by Ministry of Land, Infrastructure and Transport Affairs of Korean Government.

Reference

- [1] 건축도시공간연구소, 한옥활성화를 위한 신한옥 모델 개발 연구(1) - 한옥 생활공간 리모델링 매뉴얼 개발, 2012.12, pp.27-35. // (Developing Design Models for Revitalizing Hanok(1) - A Hanok Remodelling Guide to Living Spaces-, 2012.12, pp.27-35.)
- [2] 벽체의 차음구조 인정 및 관리기준, 국토교통부고시 제2018 776호, 2018.12.7. 일부개정 // (Sound insulation structure certification and management standards for walls, Ministry of Land, Infrastructure, and Transport, Notification 2018(776), 2018.12.7.)
- [3] 강릉오죽한옥마을 홈페이지, “한옥마을 안내도”, <http://www.ojuk.or.kr> 2021. // (Gangneung Ojuk Hanok Village, “Hanok Information”, <http://www.ojuk.or.kr>, 2021.)
- [4] 주택건설기준등에관한 규정, 대통령령 제31389호, 2021.1.12., 일부개정. // (Regulations on Housing Construction Standards, Presidential Decree 31389, 2021.1.12.)
- [5] 한국건설기술연구원, 녹색건축 인증기준(신축 비주거용 건축물) G-SEED 2016.4. // (Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, Green Standard for Energy & Environmental Design(New Non-residential Building), 2016.4.)
- [6] 김태희 외 4인, 건식 경량칸막이 벽체의 차음성능 개선을 위한 실험적 연구, 한국소음진동공학회 학술대회논문집, 2001.6, pp.1083-1087. // (T.H. Kim et al., An Experimental Study on Light-Weight Drywall for Improvement of Sound Insulation Performance, Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 2001.6, pp.1083-1087.)
- [7] 백승경 외 4인, 공동주택 세대간 건식벽체 차음성능 평가 연구, 한국소음진동공학회 학술대회논문집, 2010.4, pp 680-681 // (S.K. Beak et al., An Experimental Study for the Sound Insulation of Partition Drywall between Housing Units, Korean Society for Noise and Vibration Engineering, 2010.4, pp 680-681)
- [8] 홍성신, 한찬훈, 공동주택 세대간 경계벽의 차음성능 향상 방안, 충북대학교 건설기술연구소 논문집 제33권 제2호, 2014, pp.105-109. // (S.S. Hong, C.H. Haan, Improvement of Sound Insulation Performance in Partition Wall Between Housing Units, Journal of Institute of Construction Technology, 33(2), 2014, pp.105-109.)
- [9] 이상우 외 4인, 초고층 건물에 적용 가능한 건식벽체의 차음성능 평가, KIEAE Journal, 제7권 제2호, 2007.4, pp.3-8. // (S.W. Lee et al., An Evaluation on the Sound Insulation Performance of Drywall for High-Rise Buildings, KIEAE Journal, 7(2), 2007.4, pp.3-8.)
- [10] 오양기, 주문기, 한명호, 친환경 다중 건식 벽체의 차음 특성에 관한 연구, 대한건축학회 논문집(계획계) 제24권 제3호, 2008.3, pp.257-264. // (Y.K. Oh, M.K. Chu, M.H. Han, A Study on the Insulation Features of Multi Layer Environmentally Sound Dry Wall Systems, Journal of the Architectural Institute of Korea Planning and Design, 24(3), 2008.3, pp.257-264.)
- [11] 조경숙, 여인환, 친환경 황토 보드를 이용한 경량 칸막이 벽체의 세대간 경계벽 적용을 위한 내화 및 차음 성능 연구, 대한건축학회 논문집(구조계) 제29권 제12호, 2013.12, pp.137-144. // (K.S. Cho, I.H. Yeo, An Experimental Study on Fire Resistance and Sound Insulation Performance for Application of Partition Wall Between Housing Units of Wood Framed Light Weight Wall with Loess Board, Journal of the Architectural Institute of Korea Structure and Construction, 29(12), 2013.12, pp.257-264.)
- [12] 한국표준협회, KS F 2809, 공기 전달음 차단 성능 현장 측정 방법, 2011. // ((Korean Standards Association, KS F 2809, Field measurements of airborne sound insulation of buildings, 2011.)
- [13] 한국표준협회, KS F 2862, 건물 및 건물 부재의 공기전달음 차단 성능 평가 방법, 2017. // (Korean Standards Association, KS F 2862, Rating of airborne sound insulation in buildings and of building elements, 2017.)
- [14] 이주엽, 이태강, 공기전달음 차단성능 현장측정 방법에 따른 현대 신한옥 차음성능 비교 평가, KIEAE Journal, 제20권 제5호, 2020.10, pp.115-127. // (J.Y. Lee, T.G. Lee, Comparative Evaluation on the Airborne Sound Insulation Performance of Modern New Han-oks according to the Field Measurements, KIEAE Journal, 20(5), 2020.10, pp.115-127.)