



한식 창호의 개구 면적에 따른 기밀 및 차음 성능간 상관성 연구

A Correlation Analysis between the Airtightness and Sound Insulation Performance on the Opening Spaces of Han-style Windows

이주엽* · 장현충** · 이태강*** · 송민정**** · 김선우*****

Lee, Ju-Yeob* · Jang, Hyeon-Chung** · Lee, Tai-Gang*** · Song, Min-Jeong**** · Kim, Sun-Woo*****

* Corresponding author, Industrial Technology Research Institute, Chonnam National University, South Korea(weaponlee@hanmail.net)

** Dept. of Architecture, Graduate School, Chonnam National University, South Korea (cdreamj@hanmail.net)

*** Industrial Technology Research Institute, Chonnam National University, South Korea (leetaigang@hanmail.net)

**** Industrial Technology Research Institute, Chonnam National University, South Korea (minjeongsong@hanmail.net)

***** Dept. of Architecture, Chonnam National University, South Korea (swk@jnu.ac.kr)

ABSTRACT

The purpose of this study is to evaluate the correlation coefficients between the airtightness and sound insulation performance of Han-style windows in New Han-ok. To achieve these goals, field measurements were accomplished in 18 bedrooms of 16 Han-oks in which actual residents were living, and then lab measurements were proceeded in the reverberation lab for evaluating the sound insulation performance. Followings are results.

The results of the correlation analysis between the airtightness(Air change per hour at 50 Pa, ACH50) and sound insulation performance(Sound reduction index, R_w) in bedrooms of actual Han-oks, it was found that there were no significant correlation between two evaluating values. On the other hand, it was analyzed that the correlation coefficients of total 24 structures(double casement windows, single casement window, casement and sliding windows, single sliding window, 6 types per each structure) were located on 0.6757 exponentially and 0.4154 lineary in the lab evaluating conditions. But, The results of evaluating 4 structure classificatorily, it was found that there were high correlation coefficients(0.8665~0.9273 at ACH50, 0.8414~0.9346 at R_w). These results were signified that the correlation coefficients were changed according to the each structure and case by case analysis were necessary at the same time.

KEYWORD

한식 창호,
기밀성능,
시간당 환기회수,
차음성능,
음향 감쇠 계수

Han-style Windows,
Airtightness Performance,
Air Change per Hour at 50pa,
Sound Insulation Performance,
Sound Reduction Index

ACCEPTANCE INFO

Received April 21, 2014

Final revision received June 21, 2014

Accepted June 23, 2014

© 2014 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

최근 국내에서는 한옥의 보급 확대를 위한 일환으로 신한옥 마을 조성이 원활하게 진행되고 있다. 그러나, 여전히 상당수의 한옥에 있어 몇 가지 문제점이 노출되고 있다. 대표적인 예로 한옥의 구법이 각 부재의 접합이라는 구조적 특수성 때문에 각 구조부간 틈새로 인한 기밀성 저하는 한옥 전체의 온열환경에 영향을 미치고 있으며, 현대인의 생활에 있어 중요한 소음 프라이버시 문제가 동시에 제기되고 있다. 따라서, 한옥 전체의 성능 수준의 향상을 위해서는 기밀, 차음, 단열에 대한 성능 강화가 한옥의 친환경성 만큼이나 중요한 문제라 할 수 있다.

특히, 신한옥은 구법상 전통구법을 따르되 현대 건축재료(벽돌, 블록, 석고보드, 각종 단열보드, 유리 등)를 활용하여 벽체를 구성하는 한옥이다. 그 중 내외부간 완충 역할을 하는 창호의 경우에는 한식 창호라 하여, 다양한 유형의 창호를 제작하여 시공하고 있다. 전

통의 목재 구성 창호(목재 미닫이 내창+목재 여닫이 내창, 창호지 바름(이중창의 경우))를 활용하는 경우부터 유리 미서기창 및 여닫이창을 목재 여닫이창과 혼합 시공하는 경우, 유리 미서기창 이중창 구조 등 거주자의 취향과 경제적 상황에 맞춰 매우 다양한 유형으로 시공되고 있다.

창틀의 주요 재질은 목재, 알루미늄, PVC 등으로 목재를 제외한 알루미늄이나 PVC의 경우에는 목재 느낌이 나는 도장을 하거나, 유사 마감을 하여 한옥 외관상 재질로 인한 이질감이 생기지 않도록 시공하고 있다. 창 재질로는 목재 창틀인 경우 창호지+띠살+판유리의 조합 형식이, 알루미늄이나 PVC 창틀은 복층유리와 단판유리가 주로 제작되어 시공되고 있다(본문 표 1 참조).

그러나, 신한옥 외벽 부재 중 한식 창호는 벽체에 비해 차음성능이 매우 취약하며 공간의 기밀성능에도 큰 영향을 미치고 있다. 기존 연구를 통해 목재 기반의 한식 창호는 PVC 미서기창에 비해 차음성능¹⁾이 낮게 나타나고 있으며, 목재 여닫이창 구조로 시공할수록 기밀성능²⁾도 저하하는 것을 확인한 바 있다.

1) 이주엽 외, 한옥 구성 부재의 차음성능 평가에 관한 실험적 연구, 한국소음진동공학회 추계학술발표대회, 2012

2) 이주엽 외, 신한옥 침실 공간의 기밀성능 평가 연구, 한국생태환경건축학회 논문집,

따라서, 본 연구에서는 신한옥 내외부간 침기와 소음 프라이버시에 큰 영향을 미치는 한식 창호를 대상으로 한 기밀성능 및 차음성능을 실시하여 각 성능간 상관성 분석을 통해 기밀성능 평가량 변화에 따른 차음성능 평가량 변화 추이를 분석해 보고 향후 한식 창호 성능향상에 필요한 자료를 제공하고자 한다.

1.2. 연구 방법 및 범위

본 연구는 크게 두 단계로 진행하였다.

첫째, 신한옥에 대한 현장 평가를 통해 기밀성능과 차음성능간 상관성 여부를 분석하였다. 본 연구자는 기존 연구(각주 2)를 통해 신한옥 침실 공간의 기밀성능 수준을 평가한 바 있다. 상기 연구에 따르면, 전라남도 행복마을 신한옥 중 2007~2010년 완공된 한옥 총 517동에 대한 도면 및 현장 방문을 통해 총 9개 한옥마을 중 16동을 선정하고, 총 26개 한옥 침실 공간에 대한 시간당 환기회수법을 적용한 기밀성능 평가를 실시하였다. 본 연구에서는 기존 26개 침실 공간 중 측정 여건이 조성되지 않은 8개를 제외한 18개 침실 공간에 대한 차음성능 평가를 진행하여 단일 수치 평가량인 가중 표준화 음압 레벨차를 산출한 후, 기밀성능 평가량과의 상관성 분석을 수행하였다.

특히, 이러한 분석을 수행하는 이유는 침실 공간 기밀성능에 대한 현장 평가시 실의 마감 조건(주요 구조부 노출 현황, 부속실 유무, 창호 유형, 개구부 수)에 따라 목구조부가 노출될수록, 부속 공간 출입구가 많을수록, 목재 여단외와 미단이 이중창 구조가 시공될수록, 창호수가 많을수록 기밀성능이 저하하는 경향을 확인한 바 있으나, 현장 평가시 한식 창호를 통한 기밀성능과 차음성능의 상관성이 충분한 설명력을 갖는지 가늠해 보기 위함이다.

둘째, 실험실 평가를 통해 한식 창호의 기밀성능과 차음성능간 상관성을 분석하였다. 현장 평가 결과에 대한 상관성 분석 결과, 높은 상관성을 도출되지 않음에 따라 현장 평가시 발생할 수 있는 다양한 변수 조건들을 차단한 실험실 조건에서 한식 창호의 기밀성능과 차음성능간 상관성 여부를 분석하기 위해 해당 연구를 진행하였다.

평가를 위한 시험 대상 구조는 현대 신한옥 현장 성능평가시 조사된 창호 유형에 대한 분류를 통해 대표적인 창호 유형을 선별하여 공기전달음 차음성능 평가가 가능한 잔향실험실에 시편을 설치하여 시편 자체에 직접적인 개구를 하여 변화하는 실제적인 물리량으로서의 기밀성능 및 차음성능 변화량을 측정하고 그 결과에 대한 상관성 분석을 진행하였다.

2. 신한옥 한식 창호 현장 평가를 통한 상관성 분석

2.1. 측정 방법 및 내용

기밀성능 평가는 기밀성능 압력차 측정방법인 가압/감압법으로 Blower door tester 시스템을 이용하여 측정을 실시하였다. 측정기는 캐나다 CGSB 149.15(1996)에서 제시하는 기밀도 측정방법에 따른 상용 Blower door 시스템으로 미국 Energy Conservatory사의 Minneapolis Fan Model 3을 사용하여 매뉴얼³⁾에 따라 진행하였



a) Blower door b) Speaker & Microphones
c) Sound insulation performance test method

Fig 1. Field measurement of Airtightness and Sound insulation performance

다. 블로어 도어를 제어하기 위한 소프트웨어로는 TECTILE Express(version 4.0.10.0)를 사용하였다.

평가는 건물 내부에 인위적으로 $\pm 50\text{Pa}$ 의 차압이 유지될 때 발생한 침기 또는 누기량에 대한 시간당 환기회수를 평가하는 시간당 환기회수ACH50(Air Change per Hour at 50Pa, 시간당 환기회수, 회/hr)로 분석을 하였다. 이 방법은 크기와 형태가 다른 건물이나 공간의 기밀성능을 상호 비교하기 위한 지표로 현장 평가 과정에서 주로 활용되고 있다.

차음성능 측정은 건물 외부소음에 대한 내부소음도 측정을 통해 외벽체의 차음성능을 평가하는 방법을 적용하기 때문에 가장 적절한 측정 규격으로 KS F 2235(외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단 성능 현장 측정방법)⁴⁾ 중 스피커를 이용한 전체법을 활용하였다.

측정하고자 하는 창호 부재를 향하여 건물 외부 7m 거리에서 지향성 스피커를 $45^\circ \pm 5^\circ$ 의 입사각으로 설치하여 음원을 발생시킨다. 수음점은 건물 외부 창호로부터 스피커 방향으로 2m 이격시킨 위치에 마이크로폰 1포인트를 설치하여 외부소음도를 측정하고, 실내에서는 측정 한옥의 평면을 고려하여 각 5개의 마이크로폰을 배치하여 실내 음장에 대한 평균 음압 레벨을 구하는 방법이다.

평가는 KS F 2862(건물 및 건물 부재의 공기 전달음 차단 성능 평가

3) The Energy Conservatory, Minneapolis Blower Door Operation Manual for Model 3 and Model 4 Systems, The Energy Conservatory, 2010.
4) 한국표준협회, KS F 2235:2001 외벽 및 외벽 부재의 공기전달음 차단 성능 현장 측정 방법, 2001

방법)⁵⁾에 규정되어 있는 평가량 중 건물의 공기 전달음 차단성능 단일 수치 평가량인 가중 표준화 음압 레벨차(Weighted standardized sound level difference, $D_{1s,2m,n,T}$)를 활용하여 평가하였다.

Table 1은 측정 대상 한옥 침실 한식 창호의 종류를 정리한 것이다. 모든 측정 대상 구조는 충분한 차음성능을 확보하기 위하여 이중 창 구조로 선택하였다. 주로 사용된 창틀의 재질은 PVC와 목재를 활용하고 있다. PVC의 경우 대부분의 창이 16mm 복층유리 미서기창의 형식을 취하고 있으며, 목재 창호의 경우 창호지를 바름창이나 창호지+띠살+유리로 된 여닫이창 형식이 비율이 높은 것으로 조사되었다. 조사 결과 중 가장 높은 비율을 차지하는 창호 구조는 16mm 복층유리 PVC 미서기 내창에 창호지(내)+띠살+유리(외) 목재 여닫이 외창 구조가 가장 많은 범위를 차지하는 것으로 조사되었다.

측정은 침실 공간으로 한정하여 진행하였다.

Table 1. Details of han-style windows in residential Han-oks

Han-ok village name	Location	Window type ¹⁾
Gokseong Kemui	room1	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
	room3	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Yeosu Bonglim-1	room2	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Yeosu Bonglim-2	room1	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Bosung Samjeong	room3	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Bosung Daeun-1	room1	IW : Changhoji, wood, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Bosung Daeun-2	room3	IW : Changhoji, wood, sliding OW : Changhoji(in)+grate+plastic(out), wood, casement
Yeongam Sanjeong-1	room2	IW : Changhoji, wood, sliding OW : 22mm pair-glass, PVC, sliding
Yeongam Sanjeong-2	room1	IW : Changhoji, wood, sliding OW : 22mm pair-glass, PVC, sliding
	room2	IW : Changhoji, wood, sliding OW : 22mm pair-glass, PVC, sliding
Yeongam Mojung-1	room1	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
	room2	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Yeongam Mojung-2	room1	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Gangjin Wallnam-2	room1	IW : Changhoji, wood, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
	room2	IW : Changhoji, wood, sliding OW : Changhoji(in)+grate+glass(out), wood, casement
Gangjin Anpung-1	room1	IW : 3mm glass, PVC, sliding OW : 16mm pair-glass, PVC, sliding
Gangjin Anpung-2	room2	IW : 3mm glass, PVC, sliding OW : 16mm pair-glass, PVC, sliding
Jangseong Japung-1	room1	IW : 16mm pair-glass, PVC, sliding OW : Changhoji, wood, sliding

1) IW : Inner Window
OW : Outer Window

5) 한국표준협회, KS F 2862:2002 건물 및 건물 부재의 공기 전달음 차단 성능 평가 방법, 2002

2.2. 기밀성 및 차음성간 상관성 분석

침실 공간을 중심으로 측정된 기밀성능과 차음성능 결과에 대한 상관성 여부를 분석하였다. 평가지수는 기밀성능의 경우 시간당 환기회수(회/h), 차음성능은 가중 표준화 음압 레벨차(dB)을 이용하였다. Table 2와 Fig 2은 단일수치 평가량과 상관성 분석 결과이다.

분석 결과, 침실 공간의 기밀성능과 차음성능 사이에는 높은 상관성($R^2 = 0.0267$)은 보이지 않는 것으로 나타났다. 기밀성능 평가는 침실 공간을 중심으로 실내의 모든 면(천장, 바닥, 벽)의 접합부 요소에 의해 영향을 받는다는 점에서 차음성능에 대한 충분한 설명력을 보이지 못하는 것으로 나타났다.

특히, 시간당 환기회수법에 의한 기밀성능 현장 평가는 창호 부재 뿐만 아니라, 공간 내벽 전체의 영향을 고려한 체적 단위의 평가 개념이라는 점에서 실내 마감 상태(주요 구조부 노출 현황, 부속실 유무, 창호 유형, 개구부 수)의 영향이 기밀성능 평가량에 절대적인 영향을 미치고 있다. 반면, 차음성능 평가는 외벽 및 외벽 부재를 통해

Table 2. The results of airtightness and sound insulation performance in field measurements

Han-ok No.	Location	Air change per Hour at 50Pa ACH@50Pa (AC/h)	Weighted standardized sound level difference $D_{1s,2m,n,T,W}$ (dB)
No.1	room1	44.01	21
	room3	48.53	18
No.2	room2	14.36	27
No.3	room1	35.40	22
No.4	room3	76.63	18
No.5	room1	26.24	10
No.6	room3	40.89	12
No.7	room2	52.93	15
No.8	room1	22.28	17
	room2	33.90	14
No.9	room1	49.54	22
	room2	56.84	19
No.10	room1	32.63	19
No.11	room1	78.38	12
	room2	67.95	16
No.12	room1	29.64	15
No.13	room2	25.46	19
No.14	room1	28.32	11

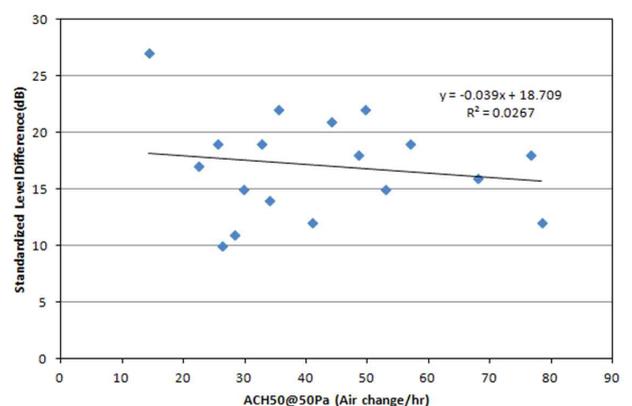


Fig 2. The correlation analysis between airtightness and sound insulation performance in bedrooms

실내로 투과되는 소리의 양에 대한 평가 방법이므로 침실을 구획하는 모든 벽 부위에 대한 평가량이 적용되는 것은 아니다.

즉, 기밀성능 평가량은 침실에서 한옥 실내외부로 빠져나가는 공기의 누설량이 전체 평가량으로 산정되는 반면, 차음성능은 외벽 및 외벽 부재만을 통해 직접 투과되는 소리에 대한 평가가 전체 평가량을 좌우하는 것이다. 물론 침실에 인접한 거실 창호와 침실 출입문을 통해 전달되는 우회전달음이 있다 할지라도 그 영향은 직접 투과하여 미치는 영향에 비해 크지 않기 때문이다.

따라서, 이러한 결과를 고려할 때 한식 창호의 기밀성과 차음성에 대한 상관성 분석을 위해서는 부재 자체에 대한 평가가 가능한 조건의 측정 및 평가가 필요하다.

3. 실험실 평가를 통한 한식 창호의 기밀성 및 차음성간 상관성 분석

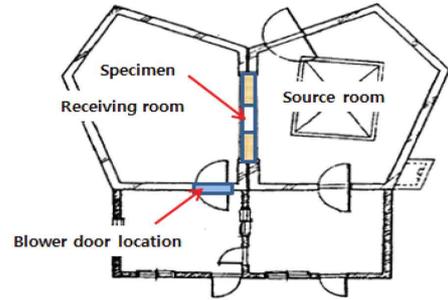
3.1. 측정 방법 및 내용

2장에서 현장 조건의 신한옥에 대한 기밀성과 차음성의 상관성 분석 결과, 기밀성능과 차음성능 사이에는 상관성을 찾을 수 없었다. 그 이유로는 상관성 분석에 필요한 각 물리량 산출에 필요한 변수가 서로 일치하지 않기 때문이었다. 따라서, 이러한 변수의 제어를 통해 기밀성능과 차음성능의 상관성을 분석할 필요가 있다.

따라서, 기밀성능과 차음성능 평가가 동시에 이루어질 수 있는 조건의 실험실로 차음성능 평가가 가능한 잔향실험실 조건에서 진행하였다. 실제 창호 부재의 기밀성 측정은 항온 항습 조건이 갖추어진 실험실 조건에서 KS F 2292(창호의 기밀성 시험방법)에 의해 평가를 실시하여야 하나, 이 조건에서는 차음성능을 측정할 수 없다. 또한, 기밀성능 시험을 진행한 시편을 철거하여 음향실험실에 별도로 설치하여 평가할 경우 시편의 시험 조건이 변하기 때문에 적절한 시험 방법이라 할 수 없다.

이러한 관점에서 차음성능 평가가 가능한 음향 실험실을 선정하여 창호를 설치하여, KS F 2808(건물 부재의 공기 전달음 차단 성능 실험실 측정 방법)에 의한 차음성능 시험을 진행하였다. 기밀성능 시험은 현장 시험방법인 캐나다 CGSB 149.15(1996)에서 제시하는 기밀도 측정방법으로서 가압법(Pressurization)을 활용하여 진행하였다. 가압법만 활용한 이유는 그림 2에서 보는 바와 같이 현재 시편이 음향실험실내 음원실과 수용실 중간에 설치되어 있으며, 외기에 직접 노출된 조건이 아니고 간접 노출되어 있는 조건이므로 감압시 충분히 수용실 쪽으로 외기를 빨아들이는데 어려움이 있기 때문이다.

본 잔향실험실은 시편 설치 개구의 면적은 10㎡이상(3.6m×2.9m)으로 차음성능 실험을 실시할 수 있는 조건이다. 이 조건에서 창호의 차음성능을 측정하는 경우 개구 전체에 창호를 설치할 수 없으므로 실 규격의 창호만큼의 개구를 설치하여 이 공간에 창호를 설치하여 측정을 진행할 수 있다. 이러한 경우 주변을 채우는 벽체의 경우 매우 높은 차음성능을 갖는 구조로 시공하여 창호 구조만을 통한 차음성능 평가를 실시하게 되지만, 본 시험의 경우 창호 구조를 통한 기밀성과 차음성의 상관성을 분석하는 과정이므로 벽체의 차음성능은 시험을 위한 고정 변수로 간주할 수 있다.



1층 평면도
a) Specimen installation(Floor plan)



b) Specimen(window)

Fig 3. The Condition of reverberation measurement lab

현재 설치된 벽체 구조는 「회벽칠10T + 방수석고보드 9.5T 2겹 + 공간층 50T + 단열재 42T + 공간층 50T + 석고보드 9.5T + 차음시트 4T + 석고보드 9.5T」로 창호가 없는 상태에서 차음성능 평가시 음향감쇠계수 R_w 가 36 dB 수준이다. 본 구조는 방수석고보드가 설치된 수용실 측 벽면 마감에 회벽칠로 마감하였다.

평가를 위한 한식 창호 구조는 현장 창호 조사 내용(Table 1)에 고려하여 목재 여단이창과 PVC 미서기창 구조를 선정하였다. 다만 우리의 경우, 창호지 바름을 한 경우 차음성능이 매우 낮게 나타나기 때문에 복층유리로 통일하였다. 유리 규격은 「5mm Low-E 유리+ 아르곤 가스 12mm+ 5mm 일반유리」인 22mm 복층유리로서 미서기 창호와 목재 창호 모두 통일하였다. 창호 규격은 가로 1.5m, 세로 1.2m인 두 짝 창호로서 목재 창은 여단이 창호, PVC 창은 미서기 창호로서 한옥 현장 조사시 일반적으로 두 짝 창호시 많이 사용되는 규격으로 선정하였다.

Table 3은 시험 구조 내역을 정리한 것으로 전체적으로 목재 여단이 이중창 구조, 목재 여단이 단창 구조, 목재+PVC 이중창 구조, PVC 단창 구조로 총 4개 구조로 구분하였다.

창호 자체에 기밀성과 차음성에 변화를 줄 수 있는 방법으로는 창호에 개구를 하는 방식으로 시험 조건의 변화를 주어 그에 따른 물리적 변화량을 산출하는 방식을 선택하였다.

목재창의 경우에는 각 구조별로 지름 8mm 구멍과 30mm 구멍을 뚫는 방식으로 창호 자체에 실 개구를 부여하였다. 초기 시험 단계에서는 8mm 구멍을 50개 뚫어 10개 단위로 기밀성능과 차음성능 결과를 비교하였다. 그러나, 주어진 시험 조건에서 기밀성능의 경우 8mm 구멍을 0~40개 변화시 결과에 있어 유의미한 차이가 도출되지 않았으나, 50개 이상 개구한 경우 시간당 환기회수량에 변화가 발생하였다. 따라서, 기밀성에 영향을 줄 수 있는 충분한 크기의 개구가 필요

Table 3. Details of testing structures

Structure	Windows	The opening condition of windows						Structure naming	Real opening area (m ²)
		Casement window, wood (out)		Casement window, wood (in)		Sliding window, PVC (in)			
		φ8mm hole (number)	φ30mm hole (number)	φ8mm hole (number)	φ30mm hole (number)	φ8mm hole (number)	6.5mm gap (width)		
Structure -1	Casement window Wood + Casement window Wood (Double windows)	0	0	0	0	-	-	1-1	0
		50	0	50	0	-	-	1-2	25.12
		50	10	50	10	-	-	1-3	95.77
		50	20	50	20	-	-	1-4	166.42
		50	30	50	30	-	-	1-5	237.07
		50	40	50	40	-	-	1-6	307.72
Structure -2	Casement window Wood (Single window)	-	-	0	0	-	-	2-1	0
		-	-	50	0	-	-	2-2	25.12
		-	-	50	10	-	-	2-3	95.77
		-	-	50	20	-	-	2-4	166.42
		-	-	50	30	-	-	2-5	237.07
		-	-	50	40	-	-	2-6	307.72
Structure -3	Casement window Wood + Sliding window PVC (Double windows)	0	0	-	-	0	0.00	3-1	0
		50	0	-	-	50	0.00	3-2	25.12
		50	10	-	-	50	0.65	3-3	95.77
		50	20	-	-	50	1.30	3-4	166.42
		50	30	-	-	50	1.95	3-5	237.07
		50	40	-	-	50	2.60	3-6	307.72
Structure -4	Sliding window PVC (Single window)	-	-	-	-	0	0.00	4-1	0
		-	-	-	-	50	0.00	4-2	25.12
		-	-	-	-	50	0.65	4-3	95.32
		-	-	-	-	50	1.30	4-4	165.52
		-	-	-	-	50	1.95	4-5	235.72
		-	-	-	-	50	2.60	4-6	305.92



Fig 4. Opening types and test mode

하다고 판단하여 지름 30mm 규격의 구멍을 추가로 10개씩 최대 40개 개구하였으며, 표에서 보는 바와 같이 각 구조별로 시험 조건을 총 6개 조건으로 구분하여 시험을 진행하였다. 목재 이중창의 경우

각 창호별로 동일하게 8mm 50개, 30mm 40개를 개구하였다.

PVC 창호의 경우에는 목재 창호와와는 다른 방법으로 개구부를 두었다. 8mm 구멍은 50개를 동일한 조건으로 뚫었으나, 30mm 구멍을 개구하기 어려움이 있고 창호에 직접적인 충격이 발생하고 창호가 미서기창인 점을 감안하여 30mm 구멍 수만큼의 개구면적을 확보할 수 있도록 그 면적만큼 여는 방법을 선택하였다. 목재 여닫이창 개구면적과 딱 맞아 떨어지지 않는 것이라도 근사치에 도달할 수 있는 조건으로 6.5mm 1칸~4칸으로 틈새 간격을 설정하였다.

각 구조별 세부 시험 프로세스는 각 조건별로 기밀성능 및 차음성능 시험을 실시하고 개구의 조건을 바꾸고 시험하는 방식(개구의 수를 점차 늘려가는 방식)으로 진행함으로써 해당 조건별 기밀성능 평가량과 차음성능 평가량이 상호 대응할 수 있는 방식으로 진행하였다.

각 시험별 창호의 개구 모습은 Fig 4에 나타내었다. 목재 여닫이창의 경우 지름 8mm 구멍이 없는 경우부터 시작하여 50개 개구한 경우, 그 이후로 이 조건에서 지름 30mm 구멍만 10개씩 증가하는 방식으로 하여 진행하였다. 다른 구조로 넘어갈 경우에는 구멍과 동일 사이즈의 볼트와 너트를 채워 구멍을 메우는 방식으로 진행하였다. 이는 구멍이 전혀 뚫리지 않았을 때와 볼트와 너트로 구멍을 채웠을 경우 동일한 결과값을 얻었기 때문이다.

따라서 실험실 평가를 통해 다음과 같은 내용에 대한 기밀성과 차음성의 관련성을 검토하고자 하였다.

첫째, 눈에 보이지 않는 침기면적(유효침기면적)에 따른 기밀성 및 차음성 변화량 분석

둘째, 실제 개구면적에 따른 기밀성 및 차음성 변화량 분석

셋째, 창호 유형에 따른 기밀성 및 차음성 변화량 분석
넷째, 기밀성과 차음성의 통합적인 상관성 여부
등에 대한 평가를 본 장의 연구 목적으로 하였다.

3.2. 측정 결과 분석

1) 유효침기면적 대비 시간당 환기회수 및 음향 감쇠 계수간 상관성 분석

전체 측정 결과는 기밀성능의 경우 시간당 환기회수(ACH@50Pa), 차음성능의 경우 음향 감쇠 계수(Rw)로 결과를 산출하였으며 각 조건별로 분석을 실시하였다.

우선, 유효침기면적 대비 시간당 환기회수 및 음향 감쇠 계수간 상관성 분석을 진행하였다. 유효침기면적은 건물 내부에 4Pa의 차압이 발생할 경우 누기 풍량과 같은 공기가 새어 나가는 구멍의 크기를 환산한 것으로 이 값이 크다는 것은 침기가 발생하는 면적이 넓다는 것을 의미한다. 또한, 유효침기면적은 육안으로 들어나는 면적이 아닌 기밀성능 측정 과정에서 연산되어지는 물리적인 값이라고 할 수 있다.

유효침기면적과 시간당 환기회수 및 음향감쇠계수간 상관성 분석 결과를 Fig 5와 Fig 6에 나타내었다.

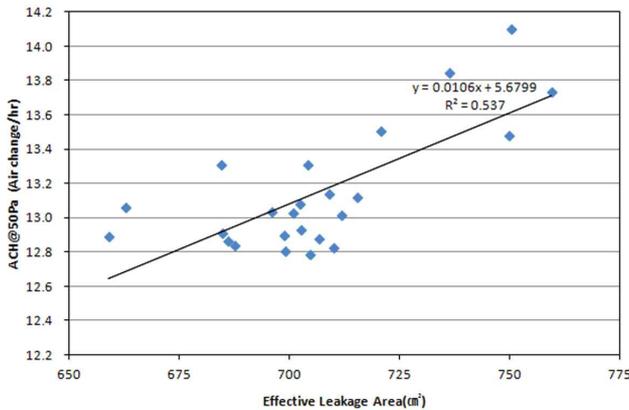


Fig 5. The correlation analysis between effective leakage area and ACH@50Pa

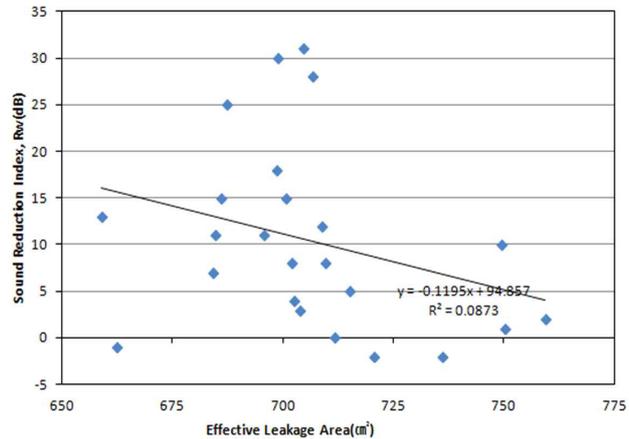


Fig 6. The correlation analysis between effective leakage area and sound reduction index

Table 4. The Correlation coefficient(R²) between the effective leakage area and single number quantities

Division	ACH@50Pa	Sound reduction index
Structure-1	0.776	0.2317
Structure-1	0.8019	0.8211
Structure-1	0.0284	0.0077
Structure-1	0.3457	0.0006

유효침기면적과 시간당 환기회수간 상관성 분석 결과, 전체 24개 시험 조건의 경우 유효침기면적이 증가하면서 시간당 환기회수도 선형적(R²=0.537)으로 증가하는 것으로 나타났다. 각 창호 유형별로 분류하여 구조별로 분석시에는 1구조(R²=0.776)와 2구조(R²=0.8019)는 비교적 높은 상관성을 보이고 있으나, 3구조(R²=0.0284)와 4구조(R²=0.3457)는 상관성이 낮게 나타나고 있다. 즉, 목재 여단이 창이 적용된 구조에서는 비교적 상관성이 보이고 있으나, 미서기창 구조에서는 상관성이 없는 것으로 분석되었다. 그 이유는 미서기창의 경우 실제 개구한 구멍과 6.5mm단위로 개방한 창호 부위 이외에도 창짝이 겹치는 부위의 추가적인 기밀이 발생하기 때문으로 사료된다. 목재 여단이 창외의 경우 닫은 상태에서 그 자체의 기밀성은 우수하기 때문에 충분한 설명력을 보이는 점이 그 차이로 할 수 있다.

유효침기면적과 음향 감쇠 계수간 상관성 분석 결과, 전체 구조를 통합하여 분석시 유효침기면적이 증가하면서 유의미한 상관관계는 없는 것으로 분석되었다. 각 구조별로 비교시에는 2구조(R²=0.8211)만 높은 설명력을 보이고, 1구조(R²=0.2317), 3구조(R²=0.0077), 4구조(R²=0.0006)는 상관성이 없는 것으로 분석되었다.

2) 실 개구면적 대비 시간당 환기회수 및 음향 감쇠 계수간 상관성 분석

다음으로 실 개구면적 대비 시간당 환기회수 및 음향 감쇠 계수간 상관성 분석을 진행하고 그 결과를 Fig 7과 Fig 8에 나타내었다. 실 개구면적이란 육안으로 드러나는 면적을 의미한다.

실 개구면적 대비 시간당 환기회수간 상관성 분석 결과, 전체 구조(1,2,3,4구조)의 경우 실 개구면적이 증가하면서 시간당 환기회수도 선형적(R²=0.6917)으로 증가하는 것으로 분석되었다. 전체적인 경향 분석시 실 개구면적이 증가하면서 각 구조별 시간당 환기회수간 편차가 커지는 것을 확인할 수 있다. 각 구조별 분석시 전반적으로 실 개구면적 증가에 따라 시간당 환기회수도 선형적으로 매우 높은 상관성(1구조(R²=0.8971), 2구조(R²=0.9656), 3구조(R²=0.934), 4구조(R²=0.8981))을 갖는 것으로 분석되었다.

실 개구면적 대비 음향 감쇠 계수간 상관성 분석 결과, 전체적인 경향은 실 개구면적이 증가함에 따라 차음성능이 감소하는 양상을 확인할 수 있다. 전체 구조(1,2,3,4구조)의 경우 실 개구면적 증가에 따라 차음성능은 전체적으로 감소하는 경향을 보이고 있으나 강한 설명력을 보여주지는 않는다. 그러나, 기본적인 감소 패턴은 육안으로 명료하게 드러나고 있으며, 각 구조별로 편차가 있음을 알 수 있다. 또한, 실 개구면적이 없을 때부터 이미 각 구조별로 차음성능에 차이가 있어 기본적인 편차가 발생하는 것을 확인할 수 있으며, 실 개구면적이 증가하면서 전체적인 차음성능 수준이 낮아지면서 각

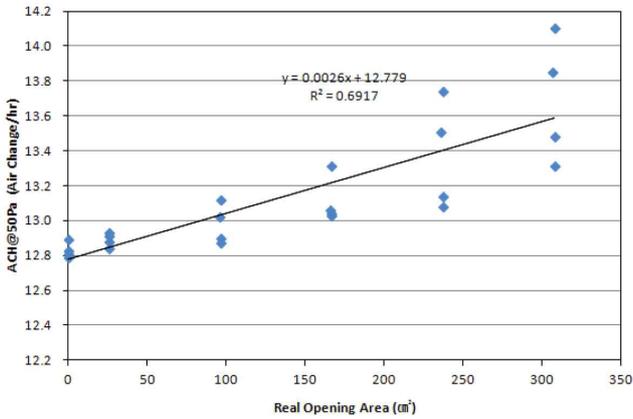


Fig 7. The correlation analysis between real opening area and ACH@50Pa

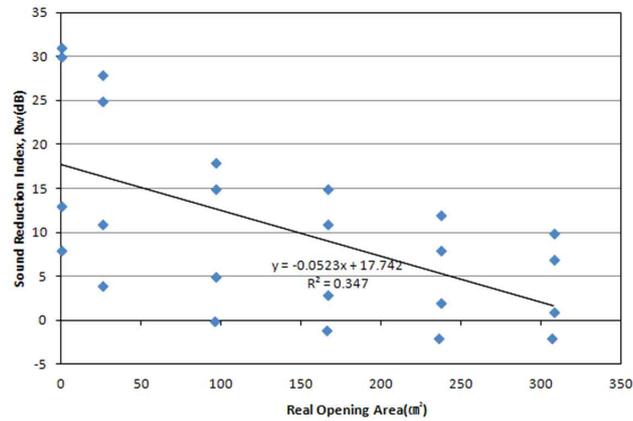


Fig 8. The correlation analysis between real opening area and sound reduction index

Table 5. The Correlation coefficient(R^2) between the real opening area and single number quantities

Division	ACH@50Pa	Sound reduction index
Structure-1	0.8971	0.9076
Structure-1	0.9656	0.8713
Structure-1	0.9340	0.8811
Structure-1	0.8981	0.7666

구조별 그 편차는 줄어드는 것으로 나타났다. 개별 구조별 비교시 실 개구면적 증가에 따라 음향 감쇠 계수가 선형적으로 매우 높은 상관성(1구조($R^2 = 0.9076$), 2구조($R^2 = 0.8713$), 3구조($R^2 = 0.8811$), 4구조($R^2 = 0.7666$))을 갖고 감소하는 것으로 분석되었다.

유효침기면적 대비 각 지표의 상관성 분석 결과에 비해 실 개구면적에 대한 상관성이 상대적으로 강한 설명력을 갖는 것으로 나타났다. 이는 유효침기면적의 경우 창호 자체의 침기 이외에도 실험실 내표면 각 단부에서 발생하는 침기가 영향을 미치기 때문으로 분석된다.

또한, 전체 구조별 분석을 실시하는 경우보다 개별 분석시 강한 설명력을 나타내는 것은 각기 다른 창호 구조를 통합적으로 평가하는 것보다 개별적으로 기밀성과 차음성을 분석하는 것이 바람직하다는 것을 의미하는 결과라 할 수 있다.

3) 시간당 환기회수와 음향 감쇠 계수간 상관성 분석

기밀성능과 차음성능의 상관성을 분석하기 위해 시간당 환기회수와 음향 감쇠 계수간 분석을 진행하고 그 결과를 다음과 같이 정리하였다.

- ① 1,2,3,4구조 : 선형($R^2 = 0.4154$), 지수($R^2 = 0.6757$)
- ② 1,2,3구조 : 선형($R^2 = 0.5493$), 지수($R^2 = 0.8168$)
- ③ 1,2구조 : 선형($R^2 = 0.5505$), 지수($R^2 = 0.8026$)
- ④ 개별 구조 : 1구조($R^2 = 0.687$), 2구조($R^2 = 0.7658$), 3구조($R^2 = 0.7073$), 4구조($R^2 = 0.537$)(선형)

선형 분석 이외에도 지수함수 분석을 추가적으로 실시한 이유는 전체 구조의 경우 보다 높은 설명력을 보이는 관계를 찾기 위함이다. 분석 결과, 전체 구조의 경우 지수함수 분석시 더 높은 설명력을 갖는 것으로 분석되었다.

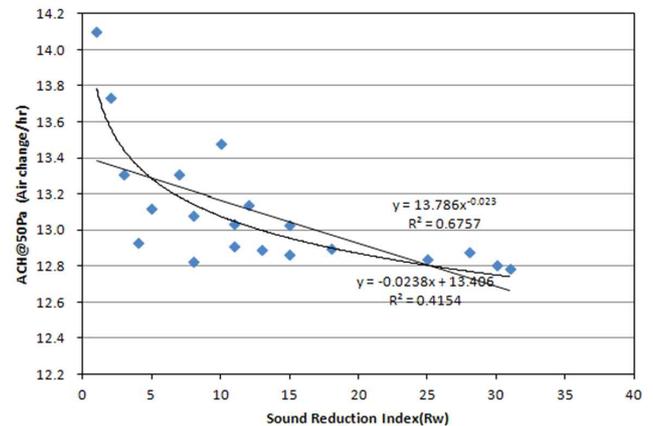


Fig 9. The correlation analysis between ACH@50Pa and sound reduction index of all structures

각 창호를 구조별로 구분하여 상관성 분석을 실시한 결과는 비교적 높은 상관성을 보이는 것으로 분석되었다.

기밀성능과 차음성능의 관계를 단일 수치 평가량으로 상관성 분석을 할 경우 창호 구조의 차이로 인해 총합적인 상관성 분석 결과는 얻기 힘들고, case by case별 분석에 의미가 있다고 할 수 있다. 다시 말해, 창호의 종류와 형식에 따라 기밀성능과 차음성능의 상관성이 각기 달라지는 것을 의미한다.

또한, 전체 구조 분석시 PVC 미서기창을 포함하는 경우 상관성이 낮아지는 것은 여닫이창의 경우 온전히 닫힌 상태에서 창문과 창짝을 통한 추가의 틈새가 발생하지 않는 구조인 반면, PVC 미서기창은 창짝이 서로 겹치는 창호 중앙 부위가 틈새 개방에 따라 겹칩 부위가 줄어들면서 추가적인 공기의 누설이 발생하기 때문에 창호 전체 성능에 영향을 미치고 있으며, 통합 분석의 상관성을 떨어뜨리는 요소로 판단된다.

4) 각 구조별 기밀성능 및 차음성능 분석

전체 구조에 대한 기밀성능 및 차음성능 상관성 분석 결과, 창호 구조별로 case by case로 분석할 필요성을 확인하였다. 따라서, 각 구조별로 시간당 환기회수와 음향 감쇠 계수간 상관성 분석을 실시

하고 그 결과를 Fig 10, 11에 나타내었다.

각 구조별 구분시 개구면적 증가에 따라 선형적으로 시간당 환기회수가 강한 상관성(1구조($R^2 = 0.8723$), 2구조 ($R^2 = 0.9273$), 3구조 ($R^2 = 0.9006$), 4구조($R^2 = 0.8665$))을 갖고 증가하는 것을 알 수 있다. 전반적으로 각 구조별로 구분하여 분석할 경우 그 경향이 뚜렷하

게 나타나고 있다.

구조별로는 단창 구조의 변화량이 이중창 구조의 변화량보다 더 급격하게 증가하고 있다. 이러한 특징은 개구면적이 증가하면서 각 구조별 기밀성능의 편차가 증가하는 양상을 보여준다. 각 구조가 모두 동일한 구조가 아니기 때문에 직접적인 비교는 할 수 없으나 각 구조별로 변화하는 비율을 고려할 때 목재 여단이 단창 구조, PVC 미서기 단창 구조, 목재 여단이 이중창 구조, 목재 여단+PVC 미서기 이중창 구조의 순으로 시간당 환기회수가 증가하는 것으로 나타났다.

차음성능의 경우에는 개구면적 증가에 따라 각기 선형적(1구조 ($R^2 = 0.9346$), 2구조($R^2 = 0.9065$), 3구조($R^2 = 0.9216$), 4구조 ($R^2 = 0.8414$))으로 감소하는 것으로 나타났다. 전체적인 차음성능 수준은 개구면적이 발생하기 전에 각 구조별로 큰 성능 차이를 보이고 있으나, 개구면적이 증가하면서 점차 그 편차가 감소하면서 전체적인 차음성능 수준 또한 감소하고 있다. 구조별로는 상대적으로 기본 차음성능 수준이 우수한 이중창 구조가 단창 구조에 비해 개구면적 증가에 따라 차음성능 감쇠량이 더 급격하게 감소하는 것으로 나타났다.

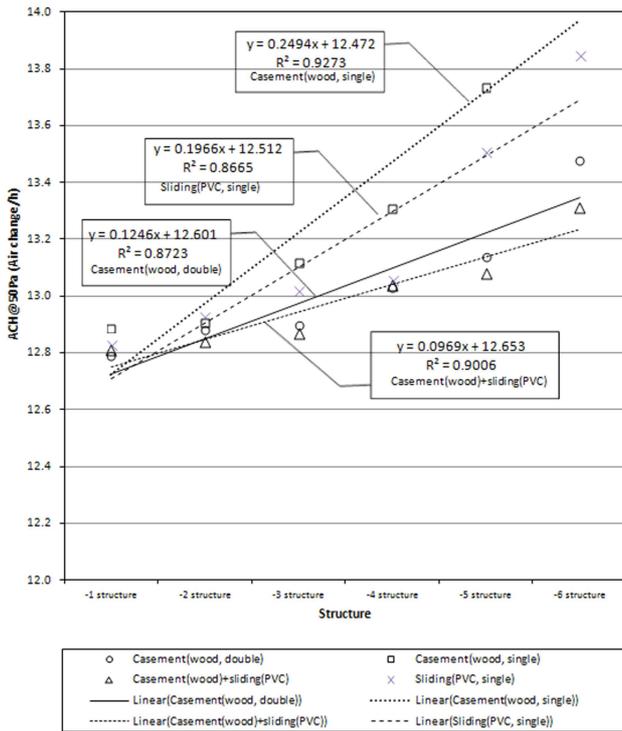


Fig 10. ACH@50Pa according to the window type

4. 결론

본 연구에서는 신한옥 내외부간 침기와 소음 프라이버시에 큰 영향을 미치는 한식 창호의 기밀성능 및 차음성능간 상관성을 분석하기 위해 현장 및 실험실 평가를 실시하였다.

본 연구를 통해 도출된 결과를 정리하면 다음과 같다.

1) 신한옥 침실 공간에 대한 현장 실험을 통해 기밀성능(시간당 환기회수)과 차음성능(가중 표준화 음압 레벨차)간 상관성을 분석한 결과, 높은 상관성($R^2 = 0.0267$)은 보이지 않는 것으로 나타났다. 기밀성능 평가량은 침실에서 한옥 실내외부로 빠져나가는 공기의 누설량이 전체 평가량으로 산정되는 반면, 차음성능은 외벽 및 외벽 부재만을 통해 직접 투과되는 음량이 전체 평가량으로 반영되는 것으로 분석되었다.

2) 실험실 평가를 통해 한식 창호 각 구조별 기밀성능(시간당 환기회수) 및 차음성능(음향 감쇠 계수)에 대한 상관성 분석을 실시한 결과, 시험 구조 전체에 대한 경향 분석시 상관성이 도출되지 않았으나 각각 창호 구조별로 구분하여 분석시 비교적 높은 상관성을 갖는 것으로 나타났다. 이는 창호 구조별로 기밀성능과 차음성능의 상관성이 각기 달라지는 것으로, 개별 창호 구조에 대한 case by case로 분석을 통해 그 상관성 여부를 판별할 수 있음을 의미한다.

시간당 환기회수와 음향 감쇠 계수간 상관성 분석을 실시한 결과는 전체 구조 중 PVC 미서기창을 제외한 경우 상관성이 증가하는 것으로 나타났다. 이는 여단이창은 온전히 닫힌 경우 창문과 창짝이 겹칩 부위에 별도의 틈새가 발생하지 않고 개구를 통한 침기가 반영되지만, PVC 미서기창은 창짝이 서로 겹치는 창호 중앙 부위가 개구 간

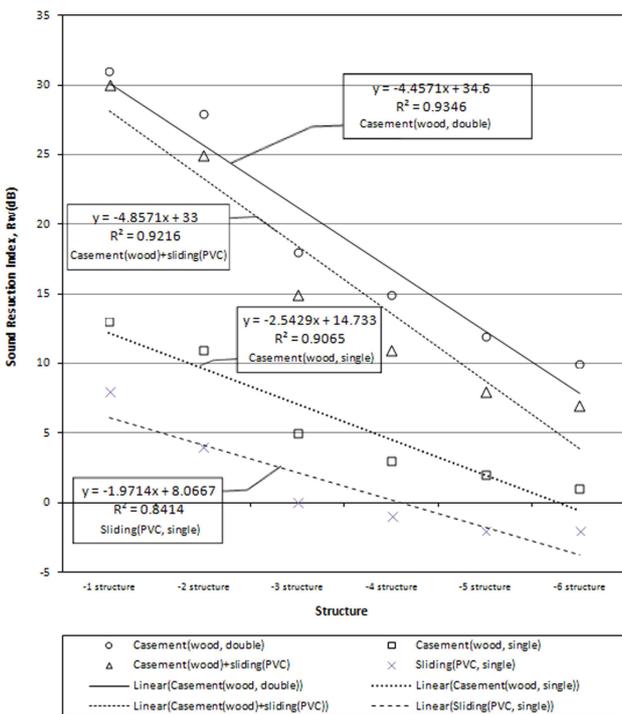


Fig 11. Sound reduction index according to the window type

격 개방에 따라 겹침 부위가 줄어들면서 추가적인 공기의 누설이 발생하기 때문에 전체적인 성능에 영향을 미치기 때문에 분석된다.

실 개구면적과 시간당 환기회수 및 음향 감쇠 계수간 상관성 분석 결과, 전체 구조 분석시 실 개구면적이 증가함에 따라 시간당 환기회수는 선형적($R^2=0.6917$)으로 증가하고 있으나 음향 감쇠 계수는 선형적($R^2=0.347$)으로 감소하는 것으로 분석되었다. 그러나, 각 개별 4구조별로 구분하여 분석할 경우 시간당 환기회수는 0.8971~0.9656, 음향 감쇠 계수는 0.7666~0.9076 범위의 높은 상관성을 갖는 것으로 나타나고 있어 창호 개개 구조별 분석시 상관성이 명료해 진다는 결론을 뒷받침하고 있다.

3) 한옥은 여러 건축 부재 접합에 의한 건축물이므로 창호뿐만 아니라 기둥과 벽, 벽체와 창호, 창호 자체에 의한 침기와 누기가 많이 발생한다는 점에서 현대 건축과는 다른 점이라 할 수 있다. 따라서, 본 연구의 결과로부터 알 수 있듯이 실험실 조건에서 한식 창호 자체의 기밀성과 차음성 평가는 실제 한옥 조건과는 성능면에서 차이가 발생할 수 있음을 인지해야 할 것으로 판단된다.

Acknowledgement

This research was supported by a grant(1313AUDP-B070244-01) from Urban Architecture Research Program (Development of Hanok Technology, Phase II) funded by Ministry of Land and Transport Affairs of Korean government

Reference

1. Lee, J., Song, M., Lee, T., Kim, S(2012), An Experimental Study on Evaluation of the Sound Insulation for Han-ok composition elements, Proceedings of the Korean society for Noise and Vibration Engineering, vol.2012, No.2, pp.409-410.
2. Lee, J., Jang, H., Song, M., Lee, T., Kim, S(2013), A Study on the Airtightness and Sound Insulation Performance of New Han-ok Bedrooms, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.13 No.3, pp.79-89.
3. Park, C., Hong, G., Choi, J., Lee, Y., Choi, J(2013), A study on the Correlation between Airtightness and Sound Insulation in the Apartment Housing, Proceedings of the Korean society for Noise and Vibration Engineering, vol.2013, No.2, pp.296-297
4. Park, H(2012), Evaluation of Airborne Sound Insulation Performance of Airtightness Improved Window, Proceedings of the Korean Housing Association, Vol.32, No.2, pp.357-358.
5. Kim, S., Lee, T., Kim, H., Kim, H, Choi, E(2006), An Experimental Study on the Sound Insulation Performance of Korean Traditional Houses, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.16, No.2, pp.141-148.
6. Kim, M., Kim, H(2004), An Experimental Study on the Evaluation of the Sound Insulation of Balcony Window in Apartment Houses, Journal of the Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, Vol.14, No.11, pp.1137-1146
7. Korean agency for Technology and Standard(2006), KS L ISO 9972:2006 Thermal Insulation - Determination of Building Airtightness-Fan Pressurization method
8. Korean agency for Technology and Standard(2001), KS F 2235:2001 Field Measurements of Sound Insulation of Building Facades and Facade Elements.
9. Korean agency for Technology and Standard(2011), KS F 2808:2001 Laboratory Measurements of Airborne Sound Insulation of Building Elements.
10. Korean agency for Technology and Standard(2002), KS F 2862:2002 Rating of airborne sound Insulation in Buildings and of Building Elements.
11. ISO 9972(2006) Thermal Performance of Buildings - Determination of air permeability of buildings - Fan pressurization method.
12. The Energy Conservatory(2010), Minneapolis Blower Door Operation Manual for Model 3 and Model 4 Systems. The Energy Conservatory.
13. ASTM E 779:10 Standard Test Method for Determining Air Leakage Rate by Fan Pressurization
14. ASHRAE Standard 119-1988, Air Leakage Performance for Detached Single Family Residential Buildings, 1998(Withdrawn Standard(Updated February 2013), Withdrawn 2/17/2012, Standard 119 requirements were placed in Std 62.2)
15. ANSI/ASHRAE Standard 62.2-2004, Ventilation and Acceptable Indoor Air Quality in Low-Rise Residential Buildings, American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning, Engineers, Inc., Atlanta, GA.
16. CGSB Standard 149.15(1996), Determination of the overall enveloped air-tightness of buildings by the fan pressurization method using the building's air handling system, Canadian General Standards Board.