

한지(韓紙)의 환기성능에 관한 실험적 연구

이 종 원[†], 임 정 명^{*}

부산대학교 건축공학과 대학원, ^{*}부산대학교 건축공학과

The Experimental Study on the Efficiency of Ventilation of Korean Paper (Hanji)

Jong-Won Lee[†], Jeong-Myeong Lim^{*}

Department of Architecture Engineering, Graduate School, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

^{*}Department of Architecture Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

(Received February 9, 2004; revision received April 12, 2004)

ABSTRACT: The purpose of this study is to reevaluate the performance of Hanji as a architectural material. Recent studies report that one of the causes of the Sick-House · Sick-Building Syndrome is due to the contaminants from interior materials and the lack of ventilation. In this study, the properties of Hanji are investigated. The major focuses of this research are (1) how efficient the Hanji is for ventilation of the house and (2) whether the usage of Hanji brings required ventilation volume to the house. According to the test results, differential pressure in the air and the amount of ventilation showed linear relationship. Test results differ from various kinds of Hanji. Since houses usually have double window system, Hanji can be used to the windows system, especially for inner part of double window system. It is suggested that the combination of Hanji windows for the inner part and glass windows for outer part is very effective, and offers a solution to improvement of indoor air quality and the lack of ventilation with passive ventilation that has less energy consumption.

Key words: Hanji(한지), Efficiency of ventilation(환기성능), Airflow rate(환기량), Indoor air quality(실내공기질)

기 호 설 명

A_p : 관의 단면적 [m^2]

A_w : 시험체 창호의 유효면적 [m^2]

C : 풍압계수

P_w : 바람에 의한 환기력 [Pa]

P_0 : 표준 대기압 [1012 hPa]

P_1 : 실험실 기압 [Pa]

Q : 관을 통과하는 통기량 [m^3/s]

q : 기준상태에서의 환산통기량 [$m^3/h \cdot m^2$]

T_0 : 기준상태의 기온 [293 K]

T_1 : 실험실 측정기온 [K]

그리스 문자

v : 관내 유속 [m/s]

ρ_0 : 실외공기의 밀도 [kg/m^3]

v_0 : 건물 상공의 풍속 [m/s]

[†] Corresponding author

Tel.: +82-51-510-1479; fax: +82-51-514-2230

E-mail address: jwlee@pusan.ac.kr

1. 서 론

지금까지 에너지 및 비용의 문제에 매진해 왔던 건축계의 관심이 이제는 친인간적·친환경적 건축으로 옮겨 가고 있다. 최근 그 관심이 높아지고 있는 실내공기질에 관한 문제도 이러한 움직임의 반영이라 할 수 있다.

현대적 건축물은 기존 건축물보다 고단열, 고기밀화되어 있고, 개폐 가능한 창이 없는 경우도 있어 건축물의 틈새를 통하거나 창문을 열고 실내의 공기를 교체하는 자연환기가 이루어지기 어렵게 되었다. 게다가 건축물 내 화학합성수지 제품사용이 증가하면서 인체에 유해한 물질이 실내로 배출되어 실내공기오염을 가중시키기도 한다. 그 결과 실내 거주자들은 두통, 무기력증, 피부발진, 눈, 코 등의 점막자극증상, 호흡기 장애 등의 증상을 호소하게 되었고, 1983년 세계보건기구(WHO) 회의에서는 이와 같은 빌딩과 연관된 새로운 증상들의 복합체를 빌딩증후군(Sick Building Syndrom)이라고 명명하기에 이르렀다.

실내에서 발생하는 이와 같은 문제점을 해결하기 위해서는 환기가 원활하게 이루어져야 하는데 환기의 목적은 첫째, 실내공기와 신선공기를 교체하는 것이고 둘째, 오염물질을 실내에서 제거하는 것이다. 그러나 도심지에 건축되어 있는 건축물의 경우 창문을 열고 직접 외기를 도입할 경우 실외공기가 오염되어 있어 실내공기환경이 더욱 악화될 수도 있고 겨울철 다량의 열손실이 일어나기도 한다.

이와 같은 상황에서 본 연구는 건축물의 에너지효율 측면과 함께 실내공기질을 고려할 수 있는 재료로 우리나라 전통건축물의 창호재료로 쓰였던 한지(韓紙)에 주목하였다. 한지의 우수성은 여러 측면에서 알려져 왔으나 정략적으로 평가된 예가 드물고, 특히 환기성능에 대한 객관적 평가는 전무한 실정이다. 이에 본 연구는 일곱 종류의 한지를 샘플로 선정 후 실험을 통해 한지의 환기성능을 밝혀 주거용 건물에 한지창호를 설치한 경우 실외 창호의 개방 없이도 재료 자체의 통기성능으로 최소필요환기량을 충족시킬 수 있는지를 알아보고, 이와 함께 한지창호를 통과한 기류의 실내속도를 산정하여 한지를 다시 건축재료로 활성화하는 데 기여할 수 있는 기초자료를 제시하고자 한다.

2. 이론적 고찰

2.1 연구동향

창호의 대표적 재료인 유리에 관해서는 열, 빛, 음 등에 관한 다양한 연구가 진행되어 왔고, 그 사용에 있어서도 적용기준 및 각종 표준이 제정되어 있다. 그러나 창호재료의 대안으로 제시되고 있는 한지의 특성을 정량적으로 분석한 연구는 4편 정도⁽⁴⁻⁷⁾에 불과하다.

1984년 이종호 외 4인의 연구⁽⁴⁾는 유리 2중창과 유리와 창호지를 조합한 2중창의 시험체 4종을 제작, 각각의 열관류율을 측정하여 창호지와 유리를 조합한 창호의 열적성능이 유리 2중창보다 뛰어나다는 것을 실험적으로 밝힌 최초의 연구라고 할 수 있다.

1996년 진병화, 황수진의 연구⁽⁵⁾에서는 세 종류의 창호(유리, 유리+창호지, 유리+공기층+창호지)를 선택하여 내부를 일정 온도로 유지하기 위해 필요한 열량을 계산하여 열적 성능을 비교하였다.

그러나 위의 두 연구는 한지 자체의 재료적 특성에 대한 검증절차 없이 단일 종류의 한지만을 실험에 적용하여 한지 종류에 따른 특성이 고려되지 않았다. 이후 2002년에 발표된 임수연의 연구⁽⁶⁾는 위의 두 연구와 달리 재료 자체의 특성을 실험하는 데 주력하였다. 임수연의 연구는 창호지 4종류와 비교 대상으로 3mm, 5mm 단판유리를 선정하여 열관류율 실험을 실시한 결과 저피섬유 함유량이 많은 한지의 경우 유리와 유사하거나 더 뛰어난 열적 특성을 나타낸다는 것을 증명하였다.

이상의 연구는 한지의 열적 특성에 관한 연구들인데 반해, 2002년 이지은의 연구⁽⁷⁾는 한지의 빛적 특성을 유리와 비교하여 실험한 연구로 한지를 설치한 창호의 균제도가 유리창호보다 더 높게 나타난다고 하였다.

이와 같이 한지의 열적 특성과 빛적 특성에 관한 연구는 몇 차례 시행되었지만 한지의 환기성능에 관한 연구는 현재 전무한 실정이다.

또한, 현재 창호재료로 쓰이고 있는 유리는 재료 자체의 통기성능이 없으므로 이에 대한 연구는 진행된 바가 없다.

2.2 필요환기량에 대한 국내외 기준

2.2.1 외국의 필요환기량 기준¹⁾

주거용 건물에 대한 최소필요환기량 기준으로 미국, 캐나다 및 유럽 각국에서는 주거용 건물 전체에 대한 필요환기량이나 용도별 필요환기량을 제시하고 있다. 환기량은 1인당 필요환기량 [m³/인] 또는 실 전체에 대한 시간당 필요환기량 [m³/h], 환기횟수[회/h] 등으로 표시하고 있다.

최소필요환기량 기준은 나라마다 추구하는 실내환경의 수준이나 평가방법이 다르기 때문에 4인 가족이 거주하는 연면적 250 m², 실질 실내공기체적이 300 m³인 주택건물을 가정하여 건물 전체에 대한 환기량을 산출한 후, 이 값을 시간당 환기횟수로 환산하여 비교해 보았다. 그 결과, 캐나다는 0.3회/h, 미국 0.35회/h, 이탈리아 0.5회/h, 영국 0.5~0.7회/h, 벨기에 1.0회/h 등으로 나타나 0.3~1.0회/h의 값을 제시하고 있다. 이와 더불어 실내공기질에 대한 사회적 관심이 높아진 일본에서는 2003년 일반주거에서도 시간당 환기횟수 0.5 회/h를 만족하도록 환기설비를 설치하라는 의무조항을 법제화하였다.

2.2.2 우리나라의 공기환경 기준

우리나라에는 실내공기환경에 대해 중앙관리방식의 공기조화설비를 갖추고 있는 건물을 대상으로 건축법 시행규칙 23조의 건축물 설비기준 등에 관한 규칙(제12조 3항)이 있으며 공중위생보건법에는 공공이용시설을 대상으로 건축법과 동일한 기준이 있다.

2004년 5월 15일부터 시행예정인 『다중이용시설 등의 실내공기질 관리 법령』²⁾에서는 11가지의 오염물질을 대상으로 하여 실내공기질 유지기준(제3조 관련) 및 권고 기준치(제4조 관련)를 정하는 한편, 다중이용시설뿐만 아니라 공동주택에 이르는 일반 주호까지 그 대상에 포함시켰다. 또한 이 법률 제12조 관련 『환기설비의 설치기준』에는 다중이용시설에 있어 환기횟수[회/h] 및

이용인원당 환기량[m³/인·h] 권고치를 마련하여 두 값 중 높은 값을 권고할 수 있도록 하였다.

3. 실험계획

3.1 실험샘플 선정

한지란 우리나라 고유의 기법으로 뜬 종이로 닥·삼·마 등의 인피섬유를 원료로 한다. 닥나무는 뽕나무과에 속하는 식물로 섬유질이 매우 길고 질겨서 종이원료로 적합하다. 한지는 최근까지 전통적 방식에 따라 수작업으로 제조되어 오다가 1960년대 이후 공정 일부가 기계화되면서 목재펠트를 섞어 기계를 사용하여 만들기도 하지만 만드는 방법이나 공정은 예나 다름없다.

한지는 용도에 따라 질과 호칭이 다르다. 예를 들어 문에 바르면 창호지, 족보·불경·고서의 영인에 쓰이면 복사지, 사군자나 화조를 치면 화선지, 연하장·청첩장 등으로 쓰이는 솜털이 일고 이끼가 박힌 것은 태지라고 한다.

그러나 현재 시중에 유통되고 있는 한지는 같은 용도의 종이라도 그 원료와 섬유질 구성, 두께 등이 각기 달라 한지의 환기성능을 실험하는데 있어 용도별 구분은 적절치 않다. 따라서, 본 실험에서는 실험용 샘플한지를 원료별, 두께별, 섬유질 구성별로 구분하여 7가지를 선정하였다. 본 실험에서의 한지 분류항목은 Table 1, 선정된 실험샘플의 특성은 Table 2와 같다.

한지는 원료별로 닥나무로 만들어진 것, 펄프로 만들어진 것, 닥나무와 펄프가 혼합된 것이 있으며, 두께는 1겹지의 경우 2mm 미만, 2겹지의 경우 2mm 이상이다. 섬유질 구성은 섬유질이 짧고 균일한 것과 길고 균일한 것, 그리고 길

Table 1 Classified catalogue of Hanji

Item	Description	
Raw materials	Dak (mul berry)	A
	Pulp	B
	Dak & Pulp	C
Composition of fibers	Short & uniformity	a
	Long & uniformity	b
	Long & crossing	c
Thickness	1 layer (0.2 mm under)	1
	2 layers (0.2 mm more)	2

1) 이윤규, 최근 실내공기환경 기준의 국제적 연구동향, 대한건축학회 세미나 - 21세기 실내공기환경의 질, 1998. 09에서 발췌.
 2) 「다중이용시설 등의 실내공기질 관리 법령」: 2003년 4월 30일 국회 본회의의 통과, 2004년 5월 15일 발효 예정.

Table 2 Experimental samples

Sample	Property	Thickness [mm]	Weight [g/m ²]	Use
Hanji 1	Aa1	0.170	32.8	Painting & calligraphy
Hanji 2	Ab1	0.182	35.8	Window (changhoji)
Hanji 3	Ac1	0.140	30.3	Window (changhoji)
Hanji 4	Ba1	0.126	64.8	Window (changhoji)
Hanji 5	Ca1	0.128	29.8	Painting & calligraphy
Hanji 6	Cc1	0.186	36.3	Ornament
Hanji 7	Ca2	0.203	60.1	Painting & calligraphy

Table 3 Korean Standards (KS) for making experimental apparatus

Standard	Title
KS F 2297	General rule for test method of windows and doors
KS F 2292	Test method of air tightness for windows and doors
KS F 2807	Method of measurement of air quantity for ventilation and air conditioning system
KS M 9429	Stationary source emissions—Measurement of velocity and volume flow rate of gas streams in duct
KS B 6740	Clean room—Air filters—Test methods
KS B 6870	Gas-removal—Methods of test for performance of gas-removal filters

고 교차시킨 것으로 구분할 수 있다. 섬유질 교차하는 한지의 강도를 높이기 위한 것으로 균일한 섬유질의 한지보다 제조과정이 복잡하다.

3.2 실험장치

3.2.1 실험장치 제작 및 측정기준

본 실험은 Table 3과 같은 KS 기준을 참조하여 장치를 제작하고 측정하였다.

한지는 KS M 7301 “창호지”에서 성능규정을 섬유조성, 치수, 겉모양, 색상 및 무늬, 평량[g/m²],

과열강도[kg/cm²], 백색도[%]로 정해 놓고 있으나 열, 빛, 통기성능에 관한 규정은 없어 본 실험의 통기성능 측정상자 및 창호 등은 KS F 2292 『창호의 기밀성 시험방법』의 압력상자를 참고하여 제작하였다. 또, 풍속측정을 위한 배기구의 적정 관경 선정은 KS F 2807을, 풍속 측정점의 위치선정은 KS F 2807, KS B 6704, KS B 6870를, 그리고 차압 측정점에 관한 사항은 KS B 6704, KS B 6870를 참조하였다.

3.2.2 실험장치 및 측정기기

(1) 압력상자

압력상자는 KS F 2292를 참고로 하여 제작하였으며 각 접합부에는 실리콘 실링, 고무 바킹 등을 사용하여 기밀성을 확보하였다.

예비실험 결과, 압력상자에 1,000 Pa 이상까지 가압하여도 공기누출 등의 문제는 발생하지 않는 것으로 확인되었다. 창틀은 한지크기를 고려하여 500×500, 540×540의 두 가지를 제작하여 실험하였다. 압력상자의 사진을 Fig. 1, 단면도를 Fig. 2, 사양을 Table 4에 나타내었다.

(2) 차압계

차압계는 Dwyer사의 Magnehelic Differential gauge를 사용하였으며, 0~60 Pa, 0~250 Pa을 측

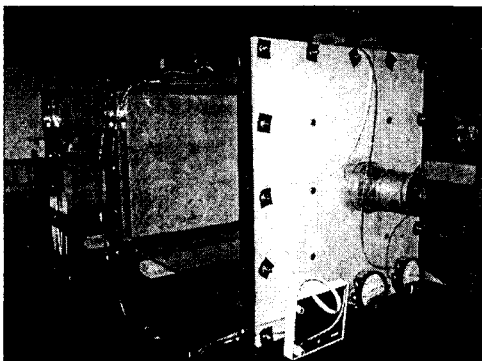


Fig. 1 Pressure box.

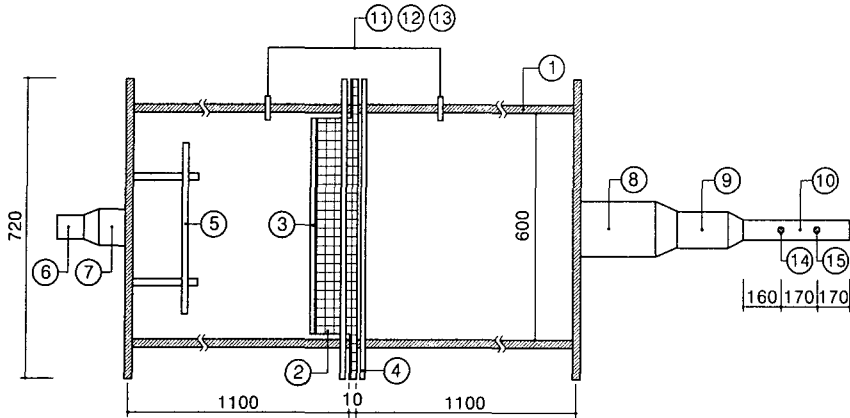


Fig. 2 Section of Pressure box.

Table 4 Details of pressure box

No.	Name	Note
1	Pressure box	Acryl 10 mm
2	Window frame	Plywood 12 mm
3	Hanji	Samples
4	Support	MDF 10 mm
5	Plate	440×440
6	Inlet	φ 100
7	Inlet	φ 130
8	Outlet reducer	φ 190
9	Outlet reducer	φ 100
10	Outlet	φ 56
11	Differential pressure gauge	2000-60
12	Differential pressure gauge	2000-250
13	manometer	-
14	Anemometer	Hot wire probe
15	Anemometer	Vane probe

정할 수 있는 두 종류를 사용하였다.

(3) 풍속계

풍속은 Kanomax 6412 열선풍속계 및 Testo 435를 측정기로 하는 Probe 0635.9344 풍차풍속계를 사용하였다. 풍차풍속계의 계측범위는 0.25~20 m/s(±0.1 m/s)이고, 열선풍속계의 계측범위는 0~20m/s(±0.03 m/s)이다. 그러나 열선풍속계는 기류중 최대 및 최소 풍속을 측정하는데 적합한 기기이므로 풍차풍속계의 최저계측한계인 0.25 m/s 이하의 풍속측정에만 이용하도록 한다. 풍차풍속계는 압력상자 배기구의 구경과 동일하여 배

기구를 통과하는 기류의 평균 풍속을 측정하는데 적합하다.

실제 50~250 Pa의 차압상태에서 한지 7종을 통과하는 기류의 풍속을 측정된 결과 그 값이 모두 0.25 m/s 이상으로 나타나 본 실험의 측정값은 모두 풍차풍속계로 측정된 값이다.

(4) 송풍기

송풍기는 풍량 16.2 m³/min의 용량을 가지며, 예비실험 결과 한지 4에서 1,000 Pa 이상까지 가압 가능한 것으로 나타나 필요성능을 만족한다.

(5) 기압계, 온도계, 습도계

기압 및 기온은 Aneroid Barometer를, 습도는 VAISALA사의 Multimatermate RH 습도센서 및 Fluke사의 Multimeter를 사용하여 측정하였다.

3.2.3 측정방법

건축물 창호에 한지를 적용할 경우 창호가 개방되지 않은 상태에서 실내외 공기의 차압에 의해 재료 자체의 통기성능으로 발생하는 환기성능을 실험하기 위해 Fig.2와 같이 실험장치를 제작하였다.

실내외 공기차압은 Fig.2의 ③ 한지 전후면의 압력차로 간주하고 송풍기를 이용하여 ⑥ 급기구를 통해 송풍하여 50 Pa, 100 Pa, 150 Pa, 200 Pa, 250 Pa의 다섯 단계의 차압상태를 만들었으며 이는 ⑪, ⑫, ⑬의 차압계로 확인하였다.

이때, 한지 전후면의 압력차는 0 Pa부터 50 Pa 단위로 250 Pa까지 가압하는 것이 1차 실험, 다시 250 Pa에서 0 Pa까지 50 Pa 단위로 감압하는 것이 2차 실험, 1차 실험과 동일한 방식으로 가압하는

것을 3차 실험으로 하였다.

급기구를 통해 들어간 공기는 ⑤의 차풍판에서 감속되어 가능한 미속상태로 창틀에 도달되며, 한지 전후면의 압력차에 의하여 강제 통기가 발생하게 된다. 한지를 통과한 공기들은 ⑩ 배기구를 통해 배기되며, 이때 배기관에서의 풍속을 측정하여 기록한다. 0.25 m/s 이하의 미속은 열선풍속계를 사용하여 측정하고, 그외 풍속은 풍차풍속계로 계측한다. 기압 및 기온은 Aneroid Barometer를 이용하여 실험개시 직전에 측정하였다. 습도는 Multimetermate RH 습도센서 및 Multermeter를 이용하여 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 통기량 측정결과

한지 실험샘플 7종에 대해 각각 3차에 걸쳐 풍속을 측정한 결과를 평균하여 Table 5에 나타내었다.

각 한지의 통기성능 비교를 위해 Table 5에 나

Table 5 Average velocity of samples [m/s]

Samples	Differential pressure [Pa]					
	0	50	100	150	200	250
Hanji 1	0	1.17	2.24	3.22	4.17	5.21
Hanji 2	0	8.08	14.70	21.30	-	-
Hanji 3	0	5.89	11.20	15.47	19.83	21.57
Hanji 4	0	0.30	0.60	0.83	1.00	1.13
Hanji 5	0	8.10	13.70	-	-	-
Hanji 6	0	5.07	10.01	13.77	17.50	21.40
Hanji 7	0	0.32	0.61	0.81	1.01	1.14

Table 6 Average airflow rate of samples [m³/h·m²]

Sample	Differential pressure [Pa]					
	0	50	100	150	200	250
Hanji 1	0	27.6	53.6	76.9	99.5	124.5
Hanji 2	0	193.1	351.2	502.1	-	-
Hanji 3	0	140.7	267.9	369.5	473.8	515.2
Hanji 4	0	7.3	14.3	19.8	23.9	27.0
Hanji 5	0	290.2	490.9	-	-	-
Hanji 6	0	121.1	239.2	328.9	418.1	500.1
Hanji 7	0	7.6	14.7	19.4	24.1	27.2

탄단 풍속을 단위면적당 통기량 q 로 환산한 후 평균한 값을 Table 6과 Fig.3에 나타내었다.

이때, 단위면적당 통기량 q 는 다음과 같이 구할 수 있다. 배기관 내에서 측정된 풍속값을 이용하여 먼저 식(1)로부터 통기량 Q 를 산정한다.

$$Q = A_p v \tag{1}$$

식(2)를 이용하여 통기량 Q 를 기준상태(20℃, 1,013 hPa)에서의 단위시간당, 단위면적당의 통기량 q 로 환산할 수 있다.

$$q = 3600 \cdot \frac{Q}{A_w} \cdot \frac{P_1}{P_0} \cdot \frac{T_0}{T_1} \tag{2}$$

Table 6과 Fig.3에서 알 수 있듯이 한지의 통기성능은 한지 종류에 따라 매우 다양하게 나타나고 있다.

닥나무를 원료로 하고 1겹지이면서 섬유질 구성이 서로 다른 한지 1, 2, 3의 통기량 결과를 살펴보면, 섬유질이 길고 균일한 형태인 한지 2의 통기성능은 과대하게 뛰어나 200 Pa 이상의 차압이 만들어지지 않고, 섬유질이 짧고 균일한 한지 1은 한지 2, 3에 비해 통기성능이 현저히 떨어지며, 섬유질이 길고 교차된 한지 3은 한지 1의 약 4배의 통기성능을 보여주고 있다. 한지 2와 3은 통상 창호지로 쓰이는 한지로 우리나라의 전통 창호지에 가장 가까운 형태이다. 이는 한지와 펄프 혼합재질에 1겹지이면서 섬유질이 길고 교차된 한지 6과 유사한 결과를 보여 섬유질 구성이 한지의 통기성능에 영향을 미치고 있음을 알 수 있다.

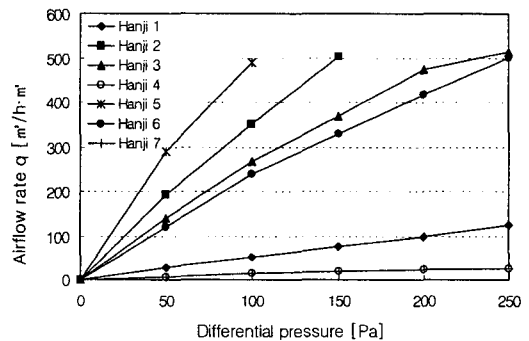


Fig. 3 Average airflow rate of samples.

한지 4와 한지 7은 실험샘플 7종 중 통기성능이 가장 낮은 결과를 보여주고 있다. 한지 4를 원료 외에 타 조건이 동일한 한지 5와 비교해 볼 때 한지 4의 통기성능이 나쁜 것은 펄프재질 원료에 그 원인이 있는 것으로 추정할 수 있다. 또한, 한지 7을 두께 외에 타 조건이 동일한 한지 5와 비교해 볼 때 한지 7의 통기성능이 나쁜 것은 한지 7이 2겹지로 두께가 두꺼운데서 그 원인을 찾을 수 있다.

이외 한지 5는 타 샘플과는 달리 중국산 제품으로 한지의 섬유질 간극이 눈으로 확인할 수 있을 정도로 넓고 재질도 균일하지 않는 등 제조과정상의 문제로 통기성능이 과대하게 나타난 것으로 판단된다.

4.2 한지창의 유효환기량 산정

한지의 통기성능 실험결과를 바탕으로 주거용 건물의 창호에 한지를 부착한 경우 창호가 개방되지 않은 상태에서 한지를 통한 환기량으로 주거용 거실의 최소필요환기량을 충족시킬 수 있는지를 알아보았다. 이때, 최소필요환기량은 환기횟수를 이용하여 확인하였고, 최소필요환기횟수는 최근 일본에서 법제화한 0.5회/h를 기준으로 하였다.

이를 위해 Fig. 4와 같은 3.6×3.6×2.4 m 주거용 거실에 1×2m 한지가 부착된 두 짝 창호가 있는 경우(Case 1)와 0.8×1.5m 한지가 부착된 두 짝 창호가 있는 경우(Case 2), 두 가지 모형을 가정하였다.

이때, 실외에 바람이 불어 실내로 기류가 흐르면서 발생하는 환기량을 산정하기 위해 서울지방과 부산지방의 연평균 풍속을 조사한 결과 각각 2.4 m/s, 4.0 m/s³)로 나타났다. 연평균 풍속에 풍압계수 0.7을 적용하여 바람에 의한 환기력 P_w 를 식(3)을 이용하여 산정한 결과 서울은 2.43 Pa, 부산은 6.74 Pa로 나타났다.

$$P_w = \frac{C_{\rho_0} v_0^2}{2} \tag{3}$$

이를 Fig. 4의 (a), (b)실에 한지 7종의 창호가 설치된 경우에 적용해 본 결과 각 실의 환기횟수

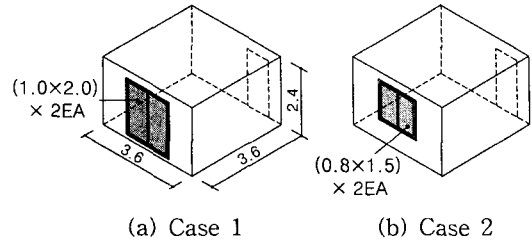


Fig. 4 Models of windows with Hanji (unit: m).

Table 7 The estimated number of air changes per hour through windows with Hanji

Samples	Case 1 (1.0×2.0 m)×2 EA		Case 2 (0.8×1.5 m)×2 EA	
	Seoul (2.43 Pa)	Busan (6.74 Pa)	Seoul (2.43 Pa)	Busan (6.74 Pa)
Hanji 1	0.17	0.48	0.05	0.14
Hanji 2	1.21	3.35	0.36	1.00
Hanji 3	0.88	2.44	0.26	0.73
Hanji 4	0.06	0.16	0.02	0.05
Hanji 5	1.82	5.04	0.55	1.51
Hanji 6	0.76	2.10	0.23	0.63
Hanji 7	0.05	0.13	0.01	0.04

는 Table 7과 같이 나타났다.

Table 7에 나타난 것과 같이 전통적인 기법으로 만들어진 한지 2, 한지 3, 한지 6은 한지 자체의 통기성능만으로도 최소필요환기횟수 0.5회/h를 만족하고 있고 종이의 간극이 큰 중국산 한지 5는 타 샘플보다 통기성능이 과다하게 나타났다. 이와 같이 창호의 크기를 실외 조건에 맞게 조절하고 한지의 원료, 섬유질 구성, 두께 등을 조절한다면 창호를 개방하지 않은 상태에서도 필요로 하는 환기량을 충족시킬 수 있을 것으로 판단된다.

또한 Table 6의 통기량을 식(4)에 적용하면 한지창호를 통과하는 기류의 속도를 구할 수 있다.

$$v = \frac{q}{A_w} \tag{4}$$

본 실험의 측정값인 통기량을 식(4)에 적용하여 산정한 각 한지 샘플을 통과하는 기류속도를 Table 8에 나타내었다. Table 8에서 보는 바와 같이 필요한 환기량을 확보되는 경우에도 기류속도는 0.5 m/s 이하로 나타나 실내환경 기준을 만

3) 기상청, www.kma.go.kr, 1971~2000년도까지의 30년간 통계자료

Table 8 Air velocity through windows with Hanji [m/s]

Samples	Differential pressure [Pa]				
	50	100	150	200	250
Hanji 1	0.01	0.01	0.02	0.03	0.03
Hanji 2	0.05	0.09	0.14	-	-
Hanji 3	0.04	0.07	0.10	0.13	0.14
Hanji 4	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01
Hanji 5	0.08	0.13	-	-	-
Hanji 6	0.03	0.06	0.09	0.11	0.14
Hanji 7	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01

족하고 있다.

5. 결 론

한지의 통기성능을 실험하고, 이를 창호재료로 사용했을 때 창을 개방하지 않은 상태에서 최소 필요환기량을 충족시킬 수 있는지, 그때의 기류 속도는 어떠한지를 살펴본 결과는 다음과 같다.

(1) 한지 2와 한지 5를 제외한 한지 5종 중 통기성능이 가장 뛰어난 것은 전통 창호지와 가장 유사한 닥나무원료의 섬유질이 교차된 한지 3이고, 통기성능이 가장 낮은 것은 펄프재질의 한지 4로 그 차이가 약 19배 이상 나타나 원료별, 섬유질 구성별, 두께별로 한지의 통기성능이 다양하게 나타나는 것을 확인하였다.

(2) 연간 평균 풍속을 이용하여 바람에 의한 연간 평균 환기력을 구하면, 압력-통기량 상관식으로부터 창호지 종류에 따른 연간 평균 기대환기량을 예측할 수 있으며, 이를 본 연구에서 가정 한 주거용 거실에 적용해 본 결과 한지 2, 한지 3, 한지 5, 한지 6에서 창호 개방 없이 최소 필요 환기횟수 0.5회/h를 만족하는 것으로 나타나 한

지의 환기성능을 확인하였다.

(3) 한지를 통과할 때의 평균 기류속도는 재실자에게 불쾌감을 유발하지 않는 수준에서 형성되고 있었다. 이는 유리를 이용한 창호와 비교하여 볼 때, 창문의 직접 개방했을 때의 기류에 의한 불쾌감을 억제할 수 있으므로 창호지창의 장점이 라 할 수 있다.

참고문헌

1. SHASE, 2002, SHASE Handbook 13th Edition, SHASE, Vol. 5, pp. 249-263.
2. ASHRAE, 2001, 2001 ASHRAE Handbook Fundamentals SI Edition, ASHRAE, Ch. 26.
3. Kim, H., 2004, An Experimental Study on the Efficiency of Ventilation of Korean-Paper (Hanji), Master's Thesis Pusan National University.
4. Lee, J.H., Cho, Y.S., Yoo, C.K., Chea, Y.H. and Auh, C.M., 1984, A Study on the thermal properties of the HANJI, Journal of the Architectural Institute of Korea, Vol. 28, No. 117, pp. 63-68.
5. Jin, B.H. and Hwang, S.J., 1996, The effect of Korean paper-glass window on the reduction of fossil fuel consumption, Journal of Environmental Studies, Vol. 14, pp. 81-87.
6. Lim, S.Y., 2002, An Experimental Study on the Thermal Property of the Changhoji, Master's Thesis Pusan National University.
7. Lee, J.E., 2002, A Study on the Effect to Changhoji (Hanji) of Light Environment of Interior, Master's Thesis Pusan National University.