

한지(韓紙)가 실내습도조절에 미치는 영향에 관한 실험적 연구

이 중 원[†], 임 정 명^{*}

부산대학교 건축공학과 대학원, *부산대학교 건축공학과

The Experimental Study on a Effect of Korean Paper (Hanji) on Indoor Humidity Control

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 March 28, 2004; revision received May 15, 2004)

ABSTRACT: The purpose of this study is to reevaluate the performance of Hanji as an architectural material. Hanji has good things in controlling indoor space comfortably. Particularly, ability of controlling humidity of Hanji affects indoor space comfort and human health. The major focuses of this experimental research are (1) how much of water vapor passes through Hanji, (2) how much of water vapor is absorbed into Hanji. In the first case, indoor humidity is higher than outdoor humidity. In this case, approximately 38 g of water vapor passes through Hanji 1, generally utilized in window paper (Changhoji), per square meter in one hour. And approximately 4 g of water vapor is absorbed into Hanji 2, generally utilized in wallpaper, per square meter. In the second case, outdoor humidity is higher than indoor humidity. In this case, Hanji passes water vapor to inner space at first, but when indoor relative humidity reach approximately 66%, although outdoor humidity is higher than indoor humidity, water vapor doesn't pass through Hanji. If Hanji is utilized in window material and wallpaper, indoor space is maintained comfortably without mechanical devices in humidity control.

Key words: Hanji(한지), Humidity(습도), Water vapor absorption(흡습), Water vapor permeance(투습)

기 호 설 명

A : 투습면적 [m^2]

G : 투습량 [g/h]

G' : 단위면적당 투습량 [$g/m^2 \cdot h$]

M_1 : 재료의 건조중량 [g/m^2]

M_2 : 재료의 물의 무게 [g/m^2]

P_1 : 항온항습조내 공기의 수증기압 [$mmHg$]

P_2 : 투습컵내 공기의 수증기압 [$mmHg$]

ΔP : 수증기분압차 [$mmHg$]

W_P : 투습계수 [$g/m^2 \cdot h \cdot mmHg$]

Z_P : 투습저항 [$m^2 \cdot h \cdot mmHg/g$]

u_m : 평형흡습비 [%]

[†] Corresponding author

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

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

1. 서 론

최근 건축계의 가장 큰 관심은 친환경적·친인간적 건축을 구현하는 방법에 관한 것이라고 해도 과언이 아닐 것이다. 친환경건축, 생태건축, 환경공생건축 등과 같이 다양한 이름으로 나오고 있는 일련의 사조들은 인간이 자연을 지배하고 정복해 나가는 것이 아니라 인간도 자연의 일부임을 인정하고 자연과 함께 살아나가는 사고의 전환이 우선되어야 한다고 한결같이 이야기하고 있다. 이는 바로 우리 선조들이 자연을 대하는 자세였고 그 선조들이 건축한 건축물에서 실제로 구현된 것이었다. 그중 한지는 건축물의 중요한 창조재료였고, 벽지재료였다.

한지는 인근 자연에서 구할 수 있는 닥나무를 그 원료로 하고 제조과정상이나 폐기시 자연에 미치는 부하도 적은 생태적 재료라 할 수 있다. 또한, 건축재료로서 실내의 열환경, 빛환경, 공기환경, 수환경(습도) 조절에 적합하여 실내를 쾌적하게 함으로써 친인간적 재료라고도 할 수 있다. 이와 같이 친환경적이고 친인간적인 재료가 유리의 등장과 함께 실용성의 관점에서 열세하여 건축물에서 자취를 감추게 되었지만, 친환경, 친인간 건축의 관점에서 한지를 바라볼 때, 한지는 다시 건축재료로 활발하게 이용될 수 있을 것이다. 최근 한지에 대한 관심이 높아져 각종 매체에서 한지를 특집으로 다루고 있지만, 정작 한지를 건축재료로 이용할 수 있는 건축계에서는 그 관심이 미미하였다. 한지의 여러 가지 측면에서의 우수성도 그 객관적 근거가 뒷받침되지 못하고 있는 실정이다.

이와 같은 배경하에 본 연구는 한지가 건축재료로 다시 활용될 수 있는 기초를 마련하고자 한지의 건축환경적 특성을 실험을 통해 살펴보고자 한다. 한지의 열적 성능은 유리와 동등하거나 그 이상일 수 있고, 채광면에서도 실내균제도를 높여 주며, 재료 자체의 환기성능도 뛰어나고 습도 조절성능도 가지고 있는 것으로 알려져 왔다. 본고에서는 한지의 여러 환경적 특성 중 습도조절 성능을 실험을 통해 밝혀 보고자 한다.

건축물 실내환경의 쾌적도에 영향을 미치는 물리적 요소는 온도, 습도, 기류, 복사온도를 들 수 있는데 그중 습도는 인체의 쾌적도와 위생적 측면에서 그 영향이 지대하다. 실제 공기가 건조할

때 호흡기 계통의 점막을 손상시키고, 감기 바이러스 등이 체내로 쉽게 침투할 수 있다.

우리 나라의 기후는 여름철에 고온다습하고 겨울철에 저온저습하여 실내를 쾌적범위 내로 유지하기 위한 습도조절에 어려움을 겪고 있다. 또한, 현대건축물은 점점 고기밀화되어 가고 있고, 창조재료인 유리를 통한 공기의 유출입이 불가능하여 자연환기를 이용한 습도조절도 어려워 기계장치를 이용하여 습도를 조절하고 있다. 그러나 한지를 통해서도 공기의 유출입이 가능할 뿐만 아니라 한지 자체가 습도조절성능을 가지고 있어 기계장치에 의존하지 않고도 일정정도 습도조절이 가능할 것으로 예상할 수 있다.

본 연구는 4종류의 한지를 시험체로 선정할 후 실험을 통해 한지의 습도조절성능을 정량적으로 평가하여 한지가 다시 건축재료로 활발하게 사용되는 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 창조재료의 대안으로 제시되고 있는 한지의 특성을 정량적으로 분석한 연구는 5편 정도⁽⁶⁻⁹⁾에 불과하다.

1984년 Lee et al. 의 연구⁽⁶⁾는 유리 2중창과 유리와 창호지를 조합한 2중창의 시험체 4종을 제작, 각각의 열관류율을 측정하여 창호지와 유리를 조합한 창호의 열적 성능이 유리 2중창보다 뛰어나다는 것을 실험적으로 밝힌 최초의 연구라고 할 수 있다.

1996년 Jin and Hwang⁽⁷⁾은 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 한지종류에 따른 특성이 고려되지 않았다. 이후 2002년에 발표된 Lim의 연구⁽⁸⁾는 위의 두 연구와 달리 재료 자체의 특성을 실험하는 데 주력하였다. 임수연의 연구는 창호지

4종류와 비교대상으로 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 Lee의 연구⁽⁹⁾는 한지의 채광 특성을 유리와 비교하여 실험한 연구로 한지를 설치한 창호의 균제도가 유리창호보다 더 높게 나타난다고 하였다.

이와 같이 한지의 열적 특성과 채광 특성에 관한 연구는 몇 차례 시행되었지만 한지의 습도조절 성능에 관한 연구는 현재 전무한 실정이다.

2.2 적정습도에 관한 국내외 기준

쾌적한 실내환경을 유지하기 위한 실내상대습도에 대한 국내외 기준은 다음과 같다.

미국의 경우 ASHRAE STANDARD 55-1992, Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy(1992)에서 쾌적한 실내환경을 위해서는 상대습도 30~60% 사이로 유지되어야 한다고 제시하고 있다.

일본의 경우 빌딩위생관리법과 건축기준법에서 실내의 습도는 40~70%로 유지하는 것이 적정하다고 하였다.

국제표준화기구의 ISO 7730, Moderate Thermal Environments(1984)는 통상 여름철 실내환경은 26℃, 50%, 겨울철 실내환경은 22℃, 40%로 유지하도록 하고 있다.

Table 1 Experimental samples

Sample	Raw materials	Thickness [mm]	Weight [g/m ²]
Hanji 1	Dak (mul berry)	0.13	29.59
Hanji 2	Dak (mul berry)	0.24	63.27
Hanji 3	Dak (mul berry)	0.47	130.10
Hanji 4	Pulp	0.13	64.80

우리 나라의 경우 공중위생법의 공중이용시설의 위생관리기준과 건축법의 건축물의 설비기준 등에 관한 규칙에서 실내의 상대습도가 40~70%가 되도록 규정하고 있다.

3. 실험계획

3.1 실험샘플

한지란 우리 나라 고유의 기법으로 뜯 종이로 다·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.

현재 시중에 유통되고 있는 한지는 같은 용도의 종이라도 그 원료와 섬유질 구성, 두께 등이 각기 다르다. 본 연구에서는 실험용 샘플 한지로 닥나무 원료의 한지 3종과 펄프 원료 한지 1종을 선정하였다. 닥나무 원료의 한지는 통상 창호지로 사용되는 1겹지를 한지 1, 벽지로 사용되는 2겹지를 한지 2, 장판지로 사용되는 4겹지를 한지 3, 펄프 원료의 1겹지를 한지 4로 표기하였으며 각각의 특성을 Table 1에 나타내었다.

여기에서 2겹지와 4겹지는 1겹지 한지를 각각 2장, 4장 붙여서 만든 한지를 말한다. 이때, 2겹지는 1겹 한지를 딱풀로 두 장씩 붙이는 부판작업을 거쳐 만들어지고 4겹지는 1겹 한지 4장을 붙이는 부판작업 후 다시 큰 나무못치로 찢는 도침작업과정을 거쳐 만들어진다.

3.2 실험장치

본 실험은 Table 2와 같은 KS 기준을 참조하여 Fig. 2, Fig. 3과 같은 실험장치를 제작하였다.

Table 2 Korean Standards (KS) for humidity measurement

Standard	Title
KS A 0078	Humidity - Measurement methods
KS F 2607	Mesuring method of water vapor permeance for building materials
KS F 2518	Testing method for absorption and bulk specific gravity of stone
KS F 2550	Testing method for total moisture of aggregate by drying

(1) 투습컵

투습컵은 KS F 2607을 참조하여 제작하였으며 각 접합부는 실리콘으로 실링하여 기밀성을 확보하였다.

(2) 향온항습조

향온항습조는 내부에 팬을 설치하여 1.5 m/s의 속도로 공기를 순환시켜 습도 평형을 촉진시켰다. 투습컵과 염포화 흡수제 사이는 철망으로 구획하여 공기순환시 발생하는 저항을 최소화 하였다.

(3) 향온항습상자

실내의 온습도 변화가 향온항습조에 미치는 영향을 줄이기 위해 일정한 온도와 습도로 유지되도록 제작한 보호상자이다.

(4) 흡습제

흡습제로는 25℃에서 상대습도 32.8% 상태를 만들 수 있는 염화마그네슘($MgCl_2 \cdot 6H_2O$)과 84.3% 상태를 만들 수 있는 염화칼륨(KCl) 포화수용액을 사용하였다.

(5) 습도조절기와 온도조절기

습도조절기(humidistat)는 대성 ENG의 digital humidity controller FOX-2H를 사용하였으며, FOX-2H의 습도제어범위는 0.0~100.0%RH이고 센서는 HM-1500이다.

온도조절기(thermostat)는 대성 ENG의 digital temperature controller FOX-2001을 사용하였으며, FOX-2001의 온도제어범위는 -50~99.9℃이고 센서는 NTC이다.

(6) 습도계, 온도계

상대습도는 0~95%RH에서 $\pm 4\%$ RH 오차를 가지는 VAISALA사의 MultiMeterMate 습도계로 측정하였고, 온도는 -200~300℃ 범위의 온도를 측정할 수 있는 CC(Copper-Constantan) Type T 열전대를 사용하였다.

(7) 가습기

시중에서 판매되고 있는 초음파 가습기를 사용하였다.

(8) 전자저울

전자저울은 CAS사의 미량정밀저울 MW-II 300을 사용하였다. MW-II 300은 최대 300 g까지 측정할 수 있으며 최소눈금은 0.01 g이다.

3.3 실험방법

본 연구는 한지가 건축물의 창호지와 벽지로

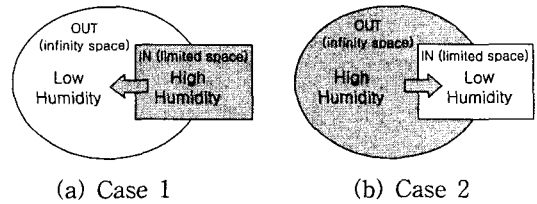


Fig. 1 Concept diagram.

사용되었을 때, 창이 밀폐되어 있는 상황에서 한지 자체가 실내습도조절에 미치는 영향을 정량적으로 평가하기 위해 Fig. 1과 같은 두 가지 경우를 가정하여 실험을 실시하였다.

첫째, 실내습도가 실외습도보다 높아 실내에서 실외로 수증기의 흐름이 발생하는 경우(Case 1), 실내 수증기가 창호지를 통해 실외로 빠져나가는 양, 즉 투습량 측정실험과, 벽지가 머금고 있는 습기량, 즉 흡습량 측정실험 두 가지를 실시하였다.

둘째, 실외습도가 실내습도보다 높아 실외에서 창호지를 통해 실내로 수증기가 들어오는 경우(Case 2), 실내의 상대습도변화를 측정하였다.

3.3.1 Case 1-실내습도가 실외습도보다 높은 경우

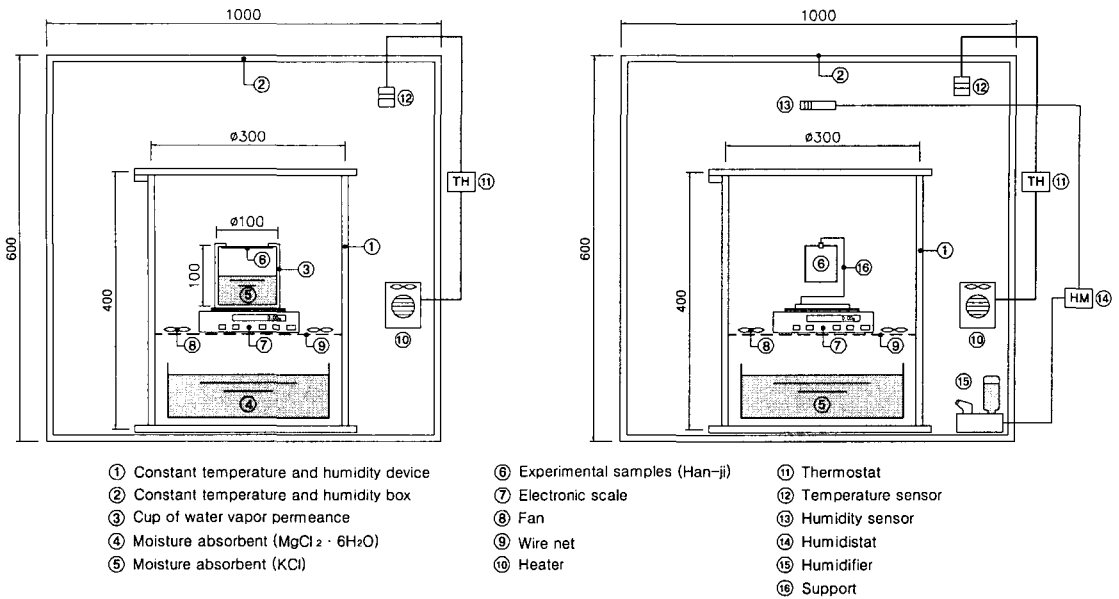
(1) 한지의 투습량 측정실험

실내습도가 실외습도보다 높을 때 창이 밀폐되어 있으면, 실내의 수증기는 한지를 투과하여 실외로 빠져나가게 된다. 이때, 한지를 통해 빠져나가는 수증기량을 한지의 투습량이라 정의한다.

실내에서 계속해서 수증기가 발생하는 상황에서 실외의 습도가 실내보다 낮으면 실내 수증기는 한지를 투과하여 실외로 빠져나가게 되지만 실외는 무한한 공간이므로 실내의 수증기가 더해져도 습도변화는 발생하지 않는다고 가정할 수 있다. 즉, 실내와 실외의 습도 평형상태는 만들어지지 않는다고 볼 수 있다. 이와 같은 상황을 고려하여 한지의 투습량 측정을 위해 Fig. 2(a)와 같은 실험장치를 제작하였다.

Fig. 2(a)에서 ① 향온항습조는 실외의 온습도 변화에 영향을 받지 않도록 25℃로 유지되는 ② 향온상자로 보호되고 있다.

① 향온항습조 안의 습도는 ④ 염화마그네슘($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) 포화수용액에 의해 32.8%RH로 유지된다. 이는 Case 1의 실내보다 습도가 낮은 실외상태를 향온항습조 내에 구현한 것이다. 32.8



(a) Water vapor permeance experimental apparatus (b) Water vapor absorption experimental apparatus

Fig. 2 Case 1-Experimental apparatus.

%RH 항습상태는 습도가 높아지면 밑 부분에 가라앉아 있던 염이 희석되면서 수증기를 흡수하고, 이와 반대로 습도가 낮아지면 수증기를 공급하고 용액 밑 부분에 염량이 증가하는 염화마그네슘 포화수용액의 특성에 의해 유지된다.

③ 투습컵 안의 습도는 ⑤ 염화칼륨(KCl) 포화수용액에 의해 84.3%RH 상태로 유지된다. 이 또한 염화마그네슘 포화수용액과 같은 원리로 항습상태를 유지한다. 투습컵은 Case 1의 습도가 높은 실내상태를 구현한 것이다.

84.3%RH 상태의 투습컵과 32.8%RH 상태의 항온항습조 사이에는 수증기분압차에 의해 수증기가 이동하게 되는데 습도가 낮은 투습컵 내의 수분이 증발하여 ⑥ 한지를 투과하여 항온항습조로 나가게 된다.

한지의 투습량은 항온항습조와 투습컵이 안정상태에 도달한 실험개시 2시간 이후부터 1시간 간격으로 24시간 동안 투습컵의 무게를 ⑦ 전자저울로 측정하였다.

(2) 한지의 흡습량 측정실험

실내습도가 실외습도보다 높을 때 창이 밀폐되어 있으면, 한지를 투과하여 수증기가 유출되기도 하지만, 그 이전 한지 자체에 흡습되기도 한다.

한지의 흡습량 측정실험은 한지가 건축물의 벽

지로 사용되었을 때 실내습도 조절을 위해 흡수하는 수증기량을 측정하는 실험이다. 실험장치는 Fig. 2(b)와 같다.

Fig. 2(b)에서 ① 항온항습조는 실외의 온습도 변화에 영향을 받지 않도록(시험체 교체시의 온습도변화 방지) ② 항온항습상자로 보호되고 있다. 항온항습상자 안은 25℃, 84%RH로 유지된다.

① 항온항습조 안은 ⑤ 염화칼륨 포화수용액에 의해 84.3%RH로 유지되고 90℃ 전열판에서 5시간 동안 건조된 ⑥ 한지는 수증기를 흡습한다.

한지의 흡습량은 시험체가 수증기를 흡습하면서 생기는 무게변화량을 1분 간격으로 1시간 동안 측정하였다.

3.3.2 CASE 2-실외습도가 실내습도보다 높은 경우

실외습도가 실내습도보다 높은 경우 창이 밀폐되어 있으면, 실내의 수증기분압차에 의해 실외 수증기는 한지를 투과하여 실내로 들어오게 된다. 이때, 실내는 유한한 공간이기 때문에 실외에서 유입되는 수증기량에 의해 상대습도가 상승하다 일정시간이 지나게 되면 실내의 습도가 평형상태에 이르게 된다.

본 실험은 실외 수증기량이 한지를 통해 유입될 때 실내의 상대습도 변화를 살펴보기 위한 것

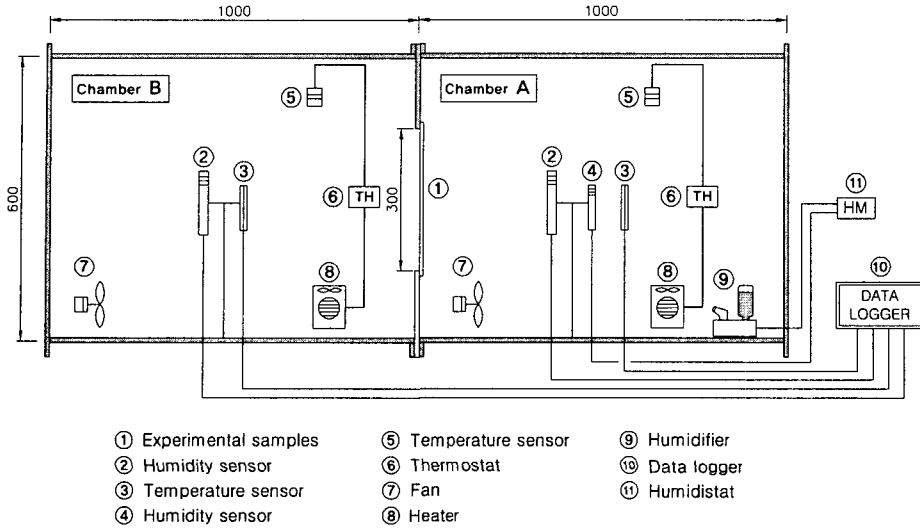


Fig. 3 Case 2-Experimental apparatus.

이다. 이를 위해 Fig. 3과 같은 실험장치를 제작하였다.

Fig. 3에서 Chamber A는 습도가 높은 실외상태를 나타내는 공간이고, Chamber B는 습도가 낮은 실내상태를 나타내는 공간이다. 두 공간은 ① 시험체 한지(창호지창)로 구획되어 있어 Chamber A의 수증기가 한지를 투과하여 Chamber B로 유입된다.

Chamber A는 Chamber B보다 높은 습도상태를 만들기 위해 가습기를 설치하여 80%RH로 유지하고 Chamber B에서 일어나는 상대습도의 변화는 5분 간격으로 4시간 동안 측정하였다.

4. 실험결과 및 분석

4.1 Case 1-실내의 습도가 실외의 습도보다 높은 경우

4.1.1 한지의 투습량 측정 결과

실내습도가 실외습도보다 높은 경우를 가정하

여 제작한 Fig. 2(a)의 장치에서 한지의 투습량을 측정된 결과를 Table 3에 나타내었다.

Table 3의 G는 투습량이 일정해지는 실험개시 2시간 이후 0.0043 m²의 시험체를 투과한 시간평균투습량이다. 이를 단위면적당 투습량으로 환산한 것이 G'이다.

투습량 측정치를 이용하여 한지의 투습저항 Z_P와 투습계수 W_P를 식(1)과 식(2)로 산정하였다.

$$Z_P = \frac{(P_1 - P_2) \times A}{G} \tag{1}$$

$$W_P = \frac{1}{Z_P} \tag{2}$$

식(1)에서 투습면적 A는 시험체 면적 0.0043 m²이고 투습량 G는 시험체 면적 0.0043 m²을 통과한 Table 3의 값이다.

측정 결과 통상 창호지로 사용되는 한지 1과 벽지로 사용되는 한지 2의 투습량이 유사하게 나

Table 3 Water vapor permeance rate

Samples	G [g/h]	G' [g/m ² ·h]	Z _P [m ² ·h·mmHg/g]	W _P [g/m ² ·h·mmHg]
Hanji 1	0.164	38.1	0.315	3.175
Hanji 2	0.167	38.8	0.309	3.236
Hanji 3	0.123	28.6	0.420	2.381
Hanji 4	0.154	35.8	0.335	2.985

타났고 펄프원료의 한지 4는 같은 1겹지이면서 닥나무 원료인 한지 1과 비교했을 때 94% 수준의 투습능력을 보이고 있다. 장판지로 사용되는 4겹지인 한지 3은 같은 원료의 2겹지인 한지 2의 투습계수와 비교했을 때 74% 수준의 투습능력을 보이고 있다.

4.1.2 한지의 투습능력 평가

Table 3의 결과를 적용하여 한지의 투습능력을 평가해 보기 위해 Fig. 4와 같은 모형실에 한지 4종이 각각 창호지로 부착된 경우를 가정하였다. 이때 실내의 온도는 25℃, 실내습도는 85%RH, 실외습도는 55%RH 상태이다.

위와 같은 상황에서 창호지창을 통과하는 투습량 G 를 식(3)을 이용하여 산정하였다.

$$G = W_p \cdot A \cdot \Delta P \quad (3)$$

식(3)에서 투습면적 A 는 창호지창의 면적으로 4m²이고, 실내외 수증기분압차 ΔP 는 7.1 mmHg이며, 투습계수 W_p 는 Table 3의 값이다. 이를 대입한 결과 투습량 G 는 한지 1 창문의 경우 90.17 g/h, 한지 2 창문의 경우 91.90 g/h, 한지 3 창문의 경우 67.62 g/h, 한지 4 창문의 경우 84.77 g/h으로 산정되었다. 이는 수증기가 창호지창을 통해 실외로 유출됨으로써 85%RH 상태인 실내습도를 쾌적범위의 상한치인 70%RH로 만드는데 한지 1 창문은 73분, 한지 2 창문은 72분, 한지 3 창문은 98분, 한지 4 창문은 78분이 소요되는 값이다.

4.1.3 한지의 흡습량 측정 결과

실내습도가 실외습도보다 높은 경우를 가정하여 Fig. 2(b)와 같은 실험장치에서 한지에 흡습되

는 수분량, 즉 한지의 흡습량을 측정한 결과는 Fig. 5, Table 4와 같다.

Fig. 5에서 본 시험체의 흡습은 실험개시 5분 안에 증량평형상태에 도달하는 것을 알 수 있다. 실험개시 전 건조상태의 한지중량 M_1 을 측정하고 수분을 흡수한 후 증량평형상태에 도달한 한지의 중량을 측정하여 그 증량차로 한지의 흡습량 M_2 를 산정하였다.

Table 4의 u_m 은 흡습범위 내에 포함되는 84.3 %RH 상태에서의 증량대비 평형흡습비로 식(4)를 이용하여 산정하였다.

$$u_m = \frac{M_2}{M_1} \times 100 \quad (4)$$

위의 한지 1, 한지 2, 한지 3은 각각 전통방식으로 제작된 1겹지, 2겹지, 4겹지이다. 즉, 위의 측정 결과에서 한지 1의 흡습량 1.53 g/m²은 1겹 한지 자체에 흡습된 수분량이고, 한지 2의 흡습량 4.08 g/m²은 1겹 한지 2장에 흡습된 양과 2장의 1겹지 사이에 생긴 간극에 흡습된 양이 더해진 값이다. 한지 4의 흡습량 8.16 g/m²은 1겹 한

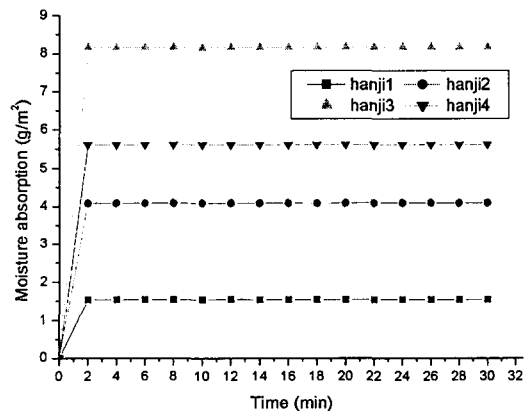


Fig. 5 Water vapor absorption.

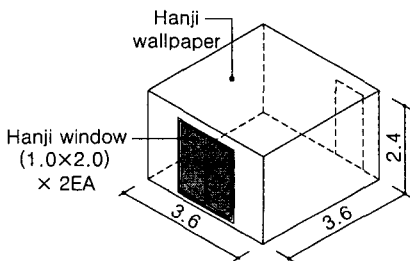


Fig. 4 Model room (Unit: m).

Table 4 Water vapor absorption quantity

Samples	M_1 [g/m ²]	M_2 [g/m ²]	u_m [%]
Hanji 1	29.59	1.53	5.2
Hanji 2	63.27	4.08	6.5
Hanji 3	130.10	8.16	6.3
Hanji 4	64.80	5.61	8.7

지 4장에 흡습된 양과 4장의 1겹지 사이에 생긴 간극에 흡습된 양이 더해진 값이다. 한지 4의 간극흡습량이 한지 2보다 적은 것은 한지 4가 도침 작업과정을 추가로 거치면서 종이와 종이 사이의 간극이 좁아졌기 때문으로 생각할 수 있다. 이와 같은 한지 제조과정 특성상 한지 1, 2, 3의 평형 흡습비가 서로 상이하게 나타났다.

한지 4는 다펀을 원료로 하는 한지 1, 2, 3과 달리 펄프원료 제품으로 같은 1겹지인 한지 1의 평형흡습비보다 약 1.7배 높은 결과를 보이고 있다.

4.1.4 한지의 흡습능력 평가

Table 4의 결과를 적용하여 한지의 흡습능력을 평가해 보기 위해 Fig. 4와 같은 모형실에 한지 4 종이 각각 벽지로 부착된 경우를 가정하였다.

위 실의 경우 실제 벽지를 붙일 수 있는 벽 면적이 약 42m^2 으로 벽면에 시험체 4종이 각각 벽지로 사용될 경우 Table 4의 M_2 값에 벽 면적을 곱하여 실 전체 벽지의 흡습능력을 알아보았다. 그 결과 한지 1의 흡습량은 64.26g/h , 한지 2의 흡습량은 171.36g/h , 한지 3의 흡습량은 342.72g/h , 한지 4의 흡습량은 235.62g/h 으로 산정되었다. 이는 위 모형실이 25°C (포화수증기압 25.7mmHg , 포화절대습도 0.020kg/kg(DA)), $85\%RH$ 상태일 때, 실내 상대습도를 한지 1은 8.7% , 한지 2는 23.3% , 한지 3은 46.8% , 한지 4는 32.2% 감습할 수 있는 능력에 해당한다.

4.2 CASE 2—실외습도가 실내습도보다 높은 경우

실외습도가 실내습도보다 높을 때 한지가 부착된 창이 밀폐되어 있는 경우를 가정하여 제작한 Fig. 3과 같은 실험장치에서 한지를 투과하여 유입되는 수증기량에 의해 발생하는 실내 상대습도 변화를 측정된 결과는 Fig. 6과 같다.

Fig. 6에서 외기의 상대습도는 80% 로 유지되고 있고 실외보다 습도가 낮은 실내는 한지를 통해 유입되는 수증기에 의해 상대습도가 상승하고 있다. 그러나 실험 결과 실내습도는 실외습도와 평형이 되는 $80\%RH$ 까지 상승하지 않고 한지 1은 $65.8\%RH$, 한지 2는 $68.7\%RH$, 한지 3은 $69.2\%RH$, 한지 4는 $69.3\%RH$ 에서 멈추는 특성을 보

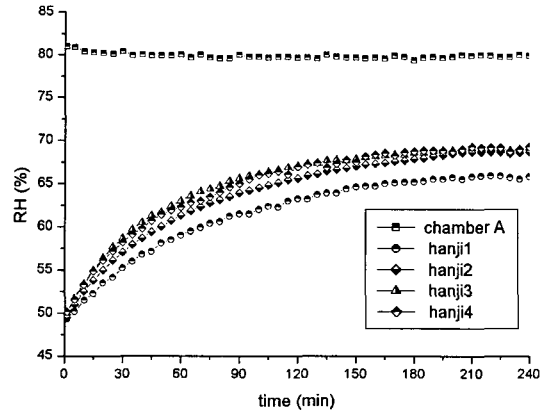


Fig. 6 Variation of Indoor relative humidity.

이고 있다.

이는 재료를 투과하는 수증기의 이동 특성에 의한 것으로 재료가 건조한 상태에서는 압력차에 의한 확산현상으로 수증기가 이동하다가 재료가 주위의 수증기를 흡습하여 과습범위에 들어가게 되면 수증기 이동이 급격히 감소하기 때문이다.

본 실험에서도 한지가 건조한 초기상태에는 압력차에 의한 확산현상으로 수증기가 이동하다가 시간이 지나면서 한지가 주위의 수분을 흡습하여 한지 자체가 과습범위에 근접해지면서 더 이상 수증기 상태로 이동하지 못하게 된 것으로 보인다.

실험 결과 한지가 실내외의 평균상대습도(한지 1은 $72.9\%RH$, 한지 2는 $74.4\%RH$, 한지 3은 $74.6\%RH$, 한지 4는 $74.7\%RH$)에서의 평형흡습비에도달하면 확산에 의한 수증기 이동은 한계에 도달하는 것으로 보인다.

5. 결 론

실내외 습도차가 발생하는 두 가지 경우에서 한지의 투습량, 흡습량, 실내상대습도 변화를 실험하고, 이를 건축물의 창호재료와 벽지로 사용했을 때를 가정하여 한지의 습도조절성능을 분석해 본 결과는 다음과 같다.

(1) 실내가 실외보다 습도가 높은 경우 한지의 투습성을 실험하여 투습계수를 산정한 결과 한지 1은 3.175, 한지 2는 3.236, 한지 3은 2.381, 한지 4는 2.985로 나타났다.

통상 창호지로 사용되는 다펀 원료 1겹지인 한지 1의 투습계수 3.175를 타 재료와 비교해 볼

때, 100 mm 콘크리트는 0.0143, 6 mm 합판은 0.2104)으로 한지의 투습능력이 뛰어난 것을 알 수 있다. 특히, 현재 창호의 주재료인 유리는 재료 자체가 수증기를 전혀 통과시키지 못하므로 창호재료로 유리와 한지를 비교해 볼 때 습도조절 면에서 한지의 우수성을 확인할 수 있다.

(2) 실내가 실외보다 습도가 높은 경우 한지의 흡습성을 실험한 후 중량 대비 평형흡습비를 산정한 결과 한지 1은 5.2%, 한지 2는 6.5%, 한지 3은 6.3%, 한지 4는 8.7%로 나타났다.

통상 벽지로 사용되는 닥나무 원료 2겹지인 한지 2의 중량 대비 평형흡습비 6.5%와 타 마감재료의 흡습비를 비교해 볼 때 석회플라스터는 1.25 %, ⁽⁵⁾ 폴리에스터 섬유보드는 0.07%로서 한지의 흡습능력이 우수한 것을 알 수 있다.

펠프 원료의 1겹지 한지 4는 닥나무 원료 1겹지 한지 1과 비교해 볼 때 투습능력은 낮고 흡습능력은 높아 닥나무 원료 한지와 펄프 원료 한지의 차이를 확인할 수 있다.

(3) 실외습도가 실내습도보다 높을 때 창이 밀폐되어 있는 경우, 창호지를 통과하여 유입되는 수증기량에 의해 발생하는 실내 상대습도변화를 측정된 결과 확산에 의한 수증기 이동이 한계에 도달하면서 실내외 습도가 평형상태에 도달하지 않았다.

이러한 한지의 특성은 실외가 과습할 때 실내의 상대습도를 일정 범위내에 머무르게 하는 장점이 될 수 있지만, 실내외 상태가 반대가 되는 경우에는 실내습도가 높음에도 불구하고 투습을 못하는 단점이 될 수도 있다.

확산에 의한 수증기 이동이 한계에 도달한 이후의 한지 내에서의 수증기 이동에 관한 메커니즘을 밝혀내는 것은 앞으로의 연구과제이다.

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. Lee, M. S., 2000, Architectural Design of Humidity and Water, Gunseuldoseo.
4. Tanaka, Takesita, 1994, New Environmental Science in Building, Kisolmoonwhasa.
5. Lee, K. Y. and Seo, S. J., 1998, Environmental Science in Building, Iljinsa.
6. 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.
7. 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.
8. Lim, S. Y., 2002, An Experimental Study on the Thermal Property of the Changhoji, Master's Thesis Pusan National University.
9. Lee, J. E., 2002, A Study on the Effect to Changhoji (Hanji) of Light Environment of Interior, Master's Thesis Pusan National University.
10. Kim, H., 2004, An Experimental Study on the Efficiency of Ventilation of Korean-Paper (Hanji), Master's Thesis Pusan National University.