목재공학 37(4): 320~329, 2009
Mokchae Konghak 37(4): 320~329, 2009

벽체구성에 따른 목조벽체 내 수분변화에 대한 연구(I)
- 실내 실험을 통한 개선 가능성 평가 -*1

김 세 종*2 · 이 전 제*2†

Study on Moisture Variation in Light Frame Wall with Different Wall Assemblies (I)
- Evaluation of Improvement with Laboratory Test -*1

Se-Jong Kim*2 · Jun-Jae Lee*2†

요 약

본 연구는 경골목조벽체의 구조적 안전성을 위협하고 주거환경을 열악하게 하는 벽체 내 수분축적을 감소시키기 위해 수행되었다. 이를 위해 벽체 구성 요소를 변화시켜 실험을 진행하였다. 벽체 구성요소는 방습지 및 공기층을 추가하였고, 이들의 변화에 따른 수분이동의 변화를 조사하기 위하여 실내외 온습도 차이가 뚜렷한 가혹조건에서 기본벽체와 제안벽체의 비교실험을 진행하였다. 실험결과 실내 측 방습지 추가로 방습성능을 높이는 것은 실내로부터의 수분이동 감소에 효과적으로 나타났지만 두 개의 방습지를 설치하는 경우 과도한 방습성능이나 부적절한 위치선정으로 벽체의 내부의 상대습도를 높이는 것으로 나타났다. 공기층 추가는 환기 효과에 의해 벽체 내부에서 실외로 수분이동을 야기하였다. 공기층에 의해 실내로부터 벽체 내부로 유입되는 수분이동을 막을 대안을 찾는다면 환기에 의한 벽체 내 수분감소 효과를 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다.

ABSTRACT

The purpose of this study was reducing the moisture accumulation in a wall, which can threaten the structural safety of light-frame wall and make residential environment poor. For the purpose, the laboratory test was carried out with different wall assemblies. Vapor retarder and air gap for ventilation were added to the typical wall. The improved performance of the

* 1 접수 2009년 4월 15일, 채택 2009년 5월 1일
* 2 서울대학교 농업생명과학대학 산림과학부. Dept. of Forest Sciences, College of Agriculture & Life Science, Seoul National University, Seoul 151-921, Korea
† 주저자(corresponding author) : 이전제(e-mail: junjae@snu.ac.kr)

proposed walls was examined through the test with distinct difference of temperature and relative humidity between outdoor and indoor air conditions. Increased dampproofing performance of additional vapor retarder was effective on reduction of moisture transmission from inside the house into the wall. However, unexpected high relative humidity was shown in the wall with two additional vapor retarder because of excessive dampproofing performance or inadequate location of vapor retarder. And, the open air gap induced the moisture transfer from inside the wall into outdoor air by ventilation. If the alternative to the induction of moisture transmission from inside the house into the wall with open air gap can be found, moisture reduction effect of that will be increased obviously.

Keywords: light-frame wall, moisture transfer, moisture accumulation, condensation, drying potential

1. 서 론

경골목조주택은 벽체가 건물의 하중을 견디는 구조로써 벽체 내 목재 스터드에 의해 건물의 수직하중을 견디며 덮게재로 사용되는 목재 패널에 의해 건물의 횡하중을 지지한다. 구조재로 사용되는 목재와 목질재료는 생태재료로써 미생물과 부후균에 의해 열화 피해를 입을 수 있다. 이러한 목재의 열화는 주변의 온습도 환경에 의해 결정되는데 따뜻하고 습한 조건일수록 발생하기 쉽다. 예를 들어, 실내외 온도차로 결로 발생에 의해 벽체 내부에 국부적으로 수분이 증가하거나 따뜻하고 습한 날씨에 오래 노출되는 경우 목재부재의 생물학적 열화 환경을 조성하는 원인이 된다.

목조 벽체의 구조재인 목재 스터드가 존재하는 벽체 내부 수분의 축적은 구조적인 안전뿐만 아니라 주거환경면에서도 중요하다. 수분은 곰팡이나 미생물의 생장에 좋은 생장조건을 만들어 주고 이는 주거공간의 공기 중에 부유함으로써 거주자의 건강에도 영향을 끼칠 수 있다. 목조주택이 일반화된 캐나다에서는 주택의 38%가량이 습기와 곰팡이로 문제를 겪고 있다(Dales *et al.*, 1991).

Rousseau (1983)는 건물외피에서 발생하는 수분피해사례를 분류하였는데 벽체 내부에서 발생하는 수분피해의 경우 그 원인을 다습한 실내 환경, 차가운 외기조건, 짧은 일조시간, 방습지 또는 공기막의 결함 등으로 보고하였다. Rousseau (1999)는 British Columbia의 해안성 기후에서 나타난 건물 외피의 피해사례를 조사하였는데, 벽체구성 자체의 문제보다는 벽체 재료 간 또는 창호와의 연결부위 등에서 문제가 발생한다고 보고하였다. 특히 연결 부재의 틈새가 존재하여 인접한 부재끼리 간격이 있었지만 배수 조건과 벽체의 건조성능이 수분피해가 옆 부재로 번지는 것을 막기에는 부족하다고 보고하였다. Mukhopadhyaya 등(2004)은 실내방습지를 추가한 경골목조 벽체에 차가운 해양성 기후인 캐나다 Vancouver의 외기조건을 적용하여 hygIRC-2D 시뮬레이션을 진행하였다. 실내온습도조건을 22°C, 40% RH로 고정하거나 변화하는 조건 등 세 가지의 조건을 주어 벽체 내 온습도를 예측하였고 이를 이용하여 벽체 내 수분축적의 정도를 판단하였다. 판단기준은 목재부후균의 생장조건인 임계 온도와 상대습도의 지속시간에 비례하여 나타나는 RHT index (Kumaran 등, 2002)를 사용하였다.

이와 같이 벽체 내 축적된 수분은 목재부재를 열화시켜 건물의 구조적 안전성을 위협하고 유지보수 비용을 발생시키며 곰팡이 발생 등으로 주거환경이 열악해지는 등 여러 가지 문제를 발생시킨다. 이러한 문제점을 막기 위해서는 열화환경을 피하도록 벽체 내 수분축적을 막는 것이 중요하다. 목조 벽체의 온습도 분포를 결정하는 것은 벽체 구성 재료들의 열적 특성과 물질투과성 및 벽체 구성방법에 따라 달라질

Table 1. Vapor diffusion properties of wall materials

Materials	Permeance ($g/Pa \cdot s \cdot m^2$)	Vapor diffusion resistance ($Pa \cdot s \cdot m^2/g$)
OSB*	7.52×10^{-9}	1.33×10^{8}
Gypsum board**	1.60×10^{-6}	6.25×10^{5}

* http://tecotested.com
** http://www.gypsum.org

수 있다(Rousseau, 2003).

본 연구에서는 벽체재료의 구성방법을 달리하여 벽체의 수분이동과 벽체 내 수분축적을 평가하고 벽체 내 축적을 감소시킬 수 있는 벽체구성방법을 찾고자 하였다. 이를 위해 일반적으로 시공되는 경골목조벽체를 기본벽체로 정하고 구성을 달리한 세 가지 벽체를 제안하여 기본벽체와 제안벽체의 비교실험을 통해 벽체 내 수분이동을 관찰하고 그에 따른 벽체 내 수분 축적을 평가하였다.

2. 재료 및 방법

2.1. 벽체구성

실내를 20°C, 50% RH 온습도 조건으로 가정하면 수분의 이동은 수증기압이 높은 곳에서 낮은 곳으로 이동하므로 우리나라의 경우 여름철에는 실외에서 실내로 겨울철에는 실내에서 실외로 이동하게 된다.

실내외 온습도 환경을 정상상태로 가정하면 벽체 내 수증기압의 변화는 벽체 구성 재료의 증기투과성(water vapor permeance)의 역수인 확산저항(water vapor diffusion resistance)에 비례한다(ASHRAE, ch.23, 2001). 계절이나 실내 환경에 따라 실내로부터의 수분유입이 벽체 내 수분축적의 원인이 될 수 있지만 벽체구성 재료 중 내부마감재인 석고보드는 Table 1에 나타난 것처럼 수증기 확산에 대한 저항이 외부 덮게재인 OSB보다 매우 작은 값을 갖고 있다. Kim 등(2006)은 고온다습한 환경에서 내부마감재인 석고보드가 실내로부터의 수분침투에 취약하다는 것을 확인하였다. 따라서 실내로부터의 수분침투를 줄이기 위해 벽체 실내 측의 방습성능을 높일 필요가 있다.

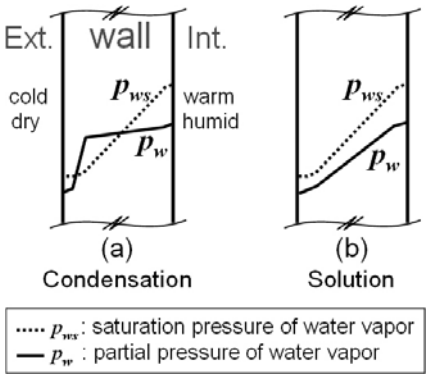

Fig. 1. Condensation in winter.

겨울철 벽체 내부에서의 결로는 벽체내부 기둥의 하부에 수분의 형태로서 존재하게 됨으로써 기둥의 부후를 발생시키는 원인이 된다. 이를 방지하기 위하여 벽체내부에 결로가 발생하지 않도록 벽체를 구성하는 것이 중요하다. Fig. 1에 벽체내부의 결로 발생을 나타내었다. 벽체내부의 결로는 포화수증기압(p_{ws}, saturation pressure of water vapor)과 수증기분압(p_w, partial pressure of water vapor)에 의해 발생하며, 포화수증기압은 온도에 비례하고, 수증기분압은 공기 내에 증기형태로 존재하는 수분의 양에 비례한다. Fig. 1(a)에서 보는 바와 같이, 결로는 습한 실내공기가 단열재 구간을 지나면서 온도하강으로 낮아진 포화증기압에 비해 수증기분압이 감소하지 않아 발생하게 된다. 즉, Fig. 1(a)에서 수증기분압이 포화수증기압보다 클 때에 결로가 발생하게 되므로 벽체 내부의 조건을 결로가 발생하지 않을 조건으로 항상 유지하는 것이 필요하다. 이러한 조건은, Fig. 1(b)와 같이 수증기분압 곡선이 벽체내부 구간에서 포화수증기압 곡선과 만나지 않도록 단열재 재료의 방습성능을 높여 만족시킬 수 있다.

한편, 따뜻하고 비가 많이 내리는 여름에는 벽체 외부마감을 따라 빗물이 벽체로 스며들 수 있으며 습한 주거환경에 의해 축적된 벽체 내 수분도 제거될 필요가 있다. 이는 벽체 구성 중 외부마감재와 덮게재 사이를 분리하여 공기층을 배치하는 레인스크린

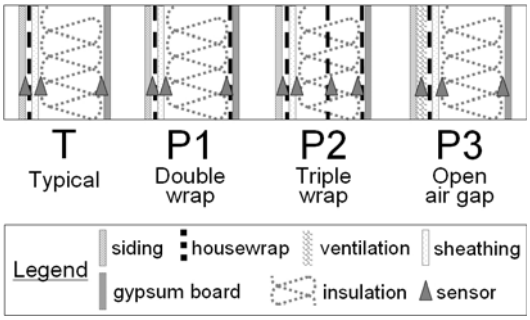

Fig. 2. Wall assemblies and location of sensors.

Table 2. Materials for wall assemblies

Materials	Specification
Stud	24 S.P.F lumber
Siding	western red cedar bevel siding
Ventilation	home slicker: Nylon6, vertical channel
Housewarp	housewrap (669 ng/Pa・s・m^2)
Sheathing	OSB, T = 12 mm
Insulation	glass wool R-15 (kraft-faced)
Gypsum board	T = 12 mm

(rainscreen) 시스템을 적용함으로써 배수 및 환기를 용이하게 할 수 있다.

벽체의 방습성능 증가는 반대로 건조성능의 감소를 야기한다. 따라서 방습재료 사용에 있어 적절한 방습성능을 유지하는 것이 중요하다. 본 연구에서는 방습재료로 방습지(vapor retarder: 수증기투과성 5.72×10^{-7} g/Pa・s・m^3 이하)가 아닌 투습방수지(housewrap, 6.69×10^{-7} g/Pa・s・m^3)를 사용하여 건조성능의 감소를 피하고자 하였다(방습목적으로 사용하였으므로 이하 방습지라 칭함).

이러한 조건들을 고려하여 본 연구에서는 현재 통상적으로 적용되는 벽체를 기본 벽체(T, typical wall)로 하여 3가지의 제안벽체(P, proposed wall)를 구성하였다(Fig. 2).

Table 2에 벽체 제조에 사용한 재료를 나타내었다. Fig. 2에서 벽체 P1은 기본 벽체(T)에 수분 침투가 취약한 실내 측에 방습지를 추가하여 방습성능을 높이고자 하였다. 벽체 P2는 벽체 T에 실내 측 추가방습지와 단열재 구간 사이에 추가방습지를 설치하였으며 벽체 P3는 벽체 T에 환기를 위한 공기층이 배치되도록 목재사이딩과 벽체사이를 6 mm 이격시켰다. 온습도 측정은 Pt1000 타입의 온도센서(accuracy: ±0.5°C)와 capacitive 센서(±3% at 20°C)가 함께 내장된 직경 12 mm, 길이 116 mm의 온습도센서(EE06, E+E ELEKTRONIK)를 사용하였다.

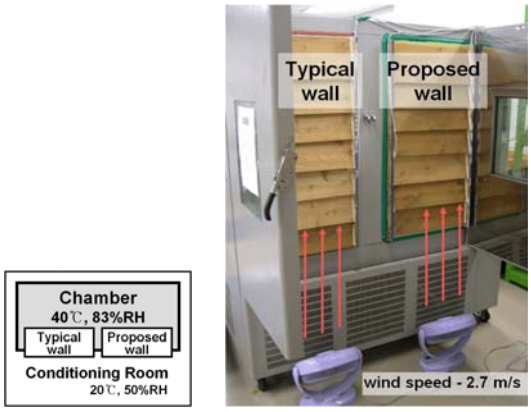

Fig. 3. Installation of wall assembly.

2.2. 실험방법

실내로부터의 수분침투가 우려되는 국내 겨울을 기준으로 외기조건을 -5°C, 60% RH (relative humidity: 상대습도), 실내조건을 20°C, 50% RH로 가정하면 실내외 수증기압차는 0.9 kPa이고 실외로부터의 수분침투가 우려되는 여름철 외기조건을 30°C, 85% RH, 실내조건을 20°C, 50% RH로 가정하면 실내외 수증기압차는 2.4 kPa이다. 본 연구에서는 단기간에 기본벽체와 제안벽체 간 수분이동의 차이를 보기 위해 실내외 수증기압 차가 5.0 kPa이 되도록 실내외 온습도 환경을 가혹조건으로 실내 실험을 실시하였다. 20°C, 50% RH 온습도 환경이 조성된 항온항습실에 40°C, 83% RH로 제어한 항온항습기를 두고 항온항습기의 양측 문에 기본벽체 T와 각 제안벽체를 설치하여 비교실험을 진행하였다(Fig. 3). 모든 벽체의 크기는 항온항습기 문에 벽체를 설치하기 위해 0.5 m × 1 m (폭 × 높이)로 제작하였다.

Table 3. Test conditions

Type		Indoors			Outdoors		
		Temp. (℃)	RH (%)	Wind (m/s)	Temp. (℃)	RH (%)	Wind (m/s)
P3	P1	40	83	×	20	50	×
	P2	40	83	×	20	50	×
	humid outside	20	50	2.7	40	83	×
	humid inside	40	83	×	20	50	2.7

벽체 P1~P2의 경우 각각 실내로부터의 수분침투에 대한 방습성능과 결로 발생가능성을 확인하기 위하여 고온다습한 항온항습기 조건이 실내 환경이 되도록 설치하였다(Table 3). 벽체 P3의 경우 공기층의 건조성능을 확인하기 위해 외기가 고온다습한 경우와 실내가 고온다습한 경우 모두 진행하였으며 항온항습기 밖으로 드러난 벽체표면에 풍속 2.7 m/s의 바람을 적용하였다. 모든 실험은 60시간씩 진행되었다. 데이터 수집 간격은 5분이며 결과 분석에는 1시간 평균값을 사용하였다.

2.3. 벽체 성능의 평가

온도에 따른 포화수증기압은 Hyland와 Wexler (1983b)가 제시한 다음 식 (1), (2)를 따른다.

$$(-100\sim0℃)\ \ln p_{ws} = C_1/T+C_2+C_3T+C_4T^2+C_5T^3+C_6T^4+C_7\ln T \quad (1)$$

$$(0\sim200℃)\ \ln p_{ws} = C_8/T+C_9+C_{10}T+C_{11}T^2+C_{12}T^3+C_{13}\ln T \quad (2)$$

여기서, C_1 = -5.674 535 9 E+03
C_2 = -6.392 524 7 E+00
C_3 = -9.677 843 0 E-03
C_4 = -6.221 570 1 E-07
C_5 = -2.074 782 5 E-09
C_6 = -9.484 024 0 E-13
C_7 = -4.163 501 9 E+00
C_8 = -5.800 220 6 E+03
C_9 = -1.391 499 3 E+00
C_{10} = -4.864 023 9 E-02
C_{11} = -4.176 476 8 E-05
C_{12} = -1.445 209 3 E-08
C_{13} = -6.545 967 3 E+00
p_{ws} = 포화수증기압, Pa
T = 절대온도, K=℃+273.15

같은 온도(t)와 기압(p)하에서 상대습도는 포화수증기압과 수증기분압의 비로써 다음 식 (3)과 같이 표현된다.

$$\Phi = \left.\frac{p_w}{p_{ws}}\right|_{t,p} \quad (3)$$

여기서, Φ = 상대습도
p_w = 수증기분압
p_{ws} = 포화수증기압

실험에서 측정된 온도와 상대습도를 위 식 (1)~(3)에 적용하여 수증기분압을 구하고 다음 이상기체 방정식 (4)에 대입하여 절대습도를 구한다(ASHRAE, ch.6, 2001).

$$p_w V = n_w RT \quad (4)$$
$$d_v = -\frac{m}{V}\frac{= nM_w}{V} = \frac{M_w p_w}{VRT}$$

여기서, d_v = 절대습도(g/m^3)
M_w = 수증기의 몰 질량(g/mol)
m = 수증기의 질량(g)
n = 수증기의 몰 수(mol)
p_w = 수증기분압(kPa)

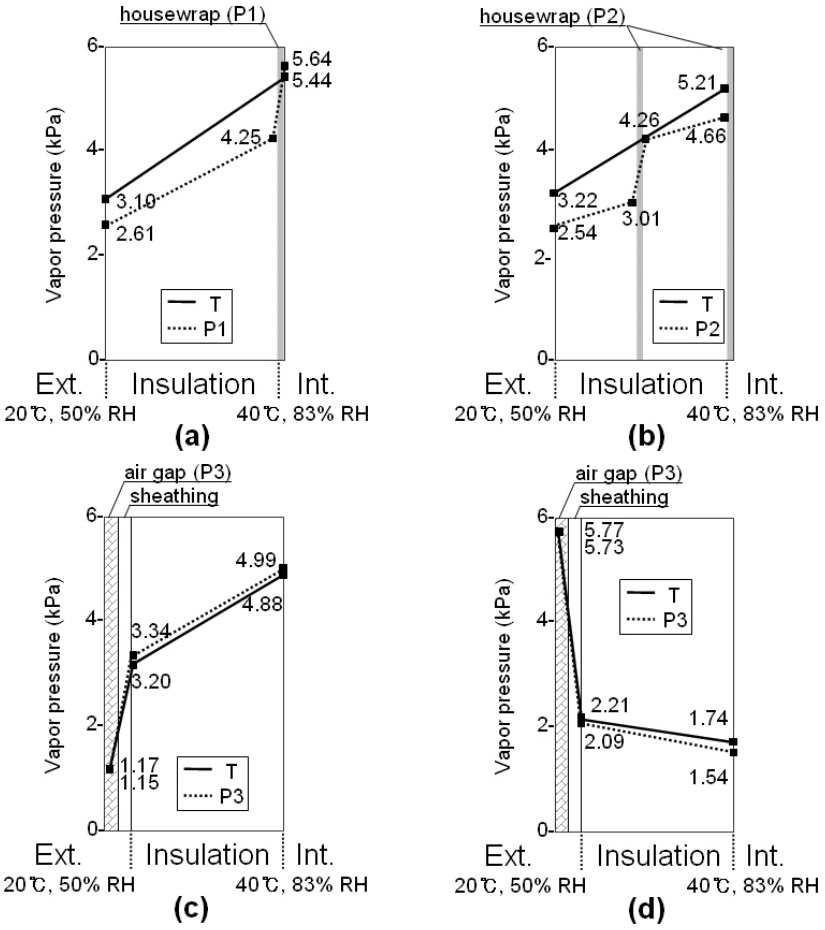

Fig. 4. Distribution of vapor pressure in walls (60 hours later).

R = 이상기체상수, 8314.41 J/(kg mol · K)
T = 절대온도(K)
V = 전체부피(m^3)

수증기분압은 압력차에 의한 수분의 이동을 발생시키고 절대습도는 건조공기의 입방미터 당 포함된 수증기의 g질량을 나타낸다. 따라서 본 연구에서는 실내외 공기와 벽체의 수증기압 분포를 통해 수분의 이동을 확인하고 절대습도를 계산하여 목재 구조재가 노출되는 벽체 내 공기 중의 수분의 양을 평가하고자 하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 수증기압 분포

Fig. 4에 가습종료 시점인 60시간 후의 벽체 내 수증기압 분포를 나타내었다. 벽체 내부의 수증기압 변화는 다음 식 (5)와 같이 각 재료의 증기확산저항(vapor diffusion resistance)에 비례하므로 단열재 구간의 경사가 완만하고 작은 값을 보일수록 실내외 마감재와 덮게재의 방습성능이 증가된 것을 의미한다.

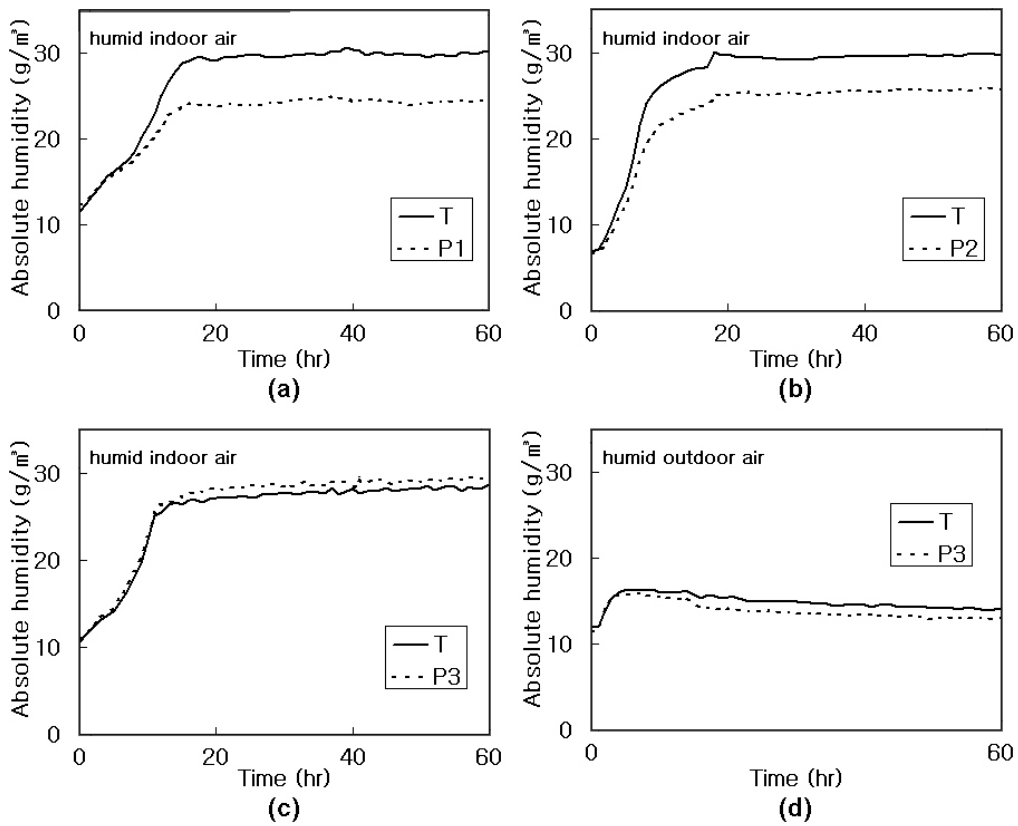

Fig. 5. Comparison of absolute humidity variation between typical wall and proposed wall during test.

$$\frac{\triangle p_{material}}{\triangle p_{wall}} = \frac{\triangle Z_{material}}{\triangle Z_{wall}} \quad (5)$$

여기서, p = 수증기압(Pa)

Z = 증기확산저항(vapor diffusion resistance, Pa · s · m^2/g)

Fig. 4(a), (b), (d)의 경우 기본벽체 T보다 개선된 수증기압분포를 보이고 있지만 실내의 습도가 높고 공기층을 설치한 벽체에서는 기본벽체 T보다 높은 수증기압 분포를 보이고 있다. 이는 공기층으로 인해 실내로부터의 수분침투에 대한 방습성능이 저하되었음을 의미한다. 이전 연구(Kim 등, 2006)에서 실외에서 실내로 또는 실내에서 실외로 수분이 이동할 때 벽체 구성층 중 방습성능의 기능은 외장 덮게재인 OSB에서 대부분 담당하는 것으로 나타났다. Fig. 4(c)와 (d)에서도 모두 OSB에서 수증기압 경사가 가파르게 나타나 같은 경향을 보이지만 수분의 이동방향이 실내에서 실외로 이동하는 Fig. 4(c)의 경우 실내에서 실외로 이동하는 Fig. 4(d)보다 벽체 내부에 높은 수증기압 분포를 보이는데 이는 수분이 벽체로 유입될 때 처음 접하는 구성층의 방습성능에 의해 결정되는 것으로 판단된다.

3.2. 벽체 내 수분축적

Fig. 5는 실내 가혹실험 동안 벽체 내 절대습도의 변화를 나타낸 것이다. 벽체 내부의 공기 중에 포함

Table 4. Relative humidity between sheathing and insulation (60 hours later)

Wall	T	P1	P2	P3	Δ (difference)
Relative humidity (%)	89.8	83.8	-	-	-6.0
	87.3	-	80.0	-	-7.3
	95.7	-	-	98.4	+2.6

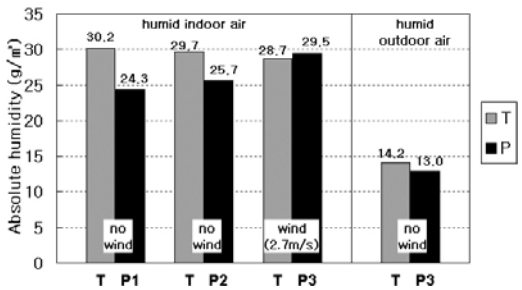

Fig. 6. Absolute humidity in walls (60 hours later).

된 수분의 양을 나타내는 절대습도는 단열재 구간 양측에 설치된 센서의 평균값을 사용하였다. 각 벽체 실험에서 기본 벽체 T의 절대습도 값이 달라지는 것은 각 실험의 초기 온습도 실험조건이 완전히 일치하지 않기 때문이다. 실내가 습한 경우(Fig. 5(a), (b), (c)) 가습이 시작되고 약 24시간 이내에 벽체 내 절대습도 증가가 완만해졌다. 이는 벽체 실내측이 실외측보다 방습성능이 낮아 실내로부터의 수분침투에 취약함을 알 수 있고 벽체 실내 측에 추가방습지를 설치한 벽체 P1, P2가 기본벽체 T보다 벽체 내 공기의 수분증가가 완만하게 나타난 것으로 실내 측 추가방습지가 효과적임을 알 수 있다. 기본벽체 T에서 실외가 습한 경우 벽체 내 절대습도가 증가하다가 완만히 감소하는데 이는 급격한 습기의 증가로 평형상태에 도달하기 위한 초기 완충기간으로 판단된다.

가습 종료시점인 60시간 이후의 각 벽체 내 절대습도 값을 Fig. 6에 나타내었다. 실내 측 방습지를 추가한 벽체 P1과 P2 모두 기본벽체보다 감소되었으나 단열재 구간에 방습지를 더 추가한 벽체 P2의 감소폭이 작았다. 이는 추가된 방습지로 인해 실내로부터 유입된 벽체 내 수분이 실외 측으로 빠져 나가지 못했기 때문이다. 평형 상태에 도달할 수 있는 충분한 시간이 흐르면 P1과 P2의 차이는 감소할 것이지만 비정상상태인 실제 환경에서 벽체의 건조성능 저하를 초래할 것으로 판단된다.

Mukhopadhyaya 등(2004)이 진행한 실내방습지를 추가한 경골목조 벽체의 수분피해 가능성에 대한 실험에서 지표로 사용된 RHT index는 수분 피해 가능성에 비례하여 나타나는데 실내 온습도 조건과 관계없이 방습지의 방습성능에 따라 RHT index의 값이 변화하였다. 특히 vapor barrier의 판단기준인 1 perm (57 ng/Pa・s・m^2)보다 낮은 증기투과성을 보이는 방습지의 경우는 방습지를 전혀 설치하지 않는 경우와 같이 높은 RHT index값이 나타났다. 증기투과성 60~1000 (ng/Pa・s・m^2) 사이의 방습지를 사용한 벽체에서는 낮은 RHT값이 나타났는데, 본 연구에서 진행한 방습지의 방습성능은 669 ng/Pa・s・m^2로 개선효과를 보인 범위 내에 있어 앞선 연구와 일치하는 결과를 보였다. 따라서 실내 측에 추가된 방습지는 실제 외기환경에서 벽체 내 수분축적 감소에 효과가 있을 것으로 기대된다.

공기층을 설치한 벽체 P3의 경우 실내가 습한 경우에 기본벽체 T보다 증가하였고 실외가 습한 경우엔 감소하였다. 이는 공기층의 환기효과가 실내로부터 실외 측으로 수분이동을 유발하기 때문이다. 따라서 외기가 습한 여름철에 공기층을 설치하는 것이 벽체 내 수분감소에 효과적일 것으로 판단된다.

가습 종료시점인 60시간 이후 실내가 실외보다 습한 조건에서 상대습도가 가장 높아 결로가 발생할 수 있는 덮게재와 단열재 사이에서의 상대습도를 다음 Table 4에 나타내었다.

실내로부터의 수분침투에 가장 취약했던 공기층 벽체에서 상대습도가 상승한 것을 확인할 수 있었다. 결로 방지를 위해 제안하였던 벽체 P2는 가장 큰 감소폭을 보였으나 Fig. 7(b)와 같이 단열재 사이에

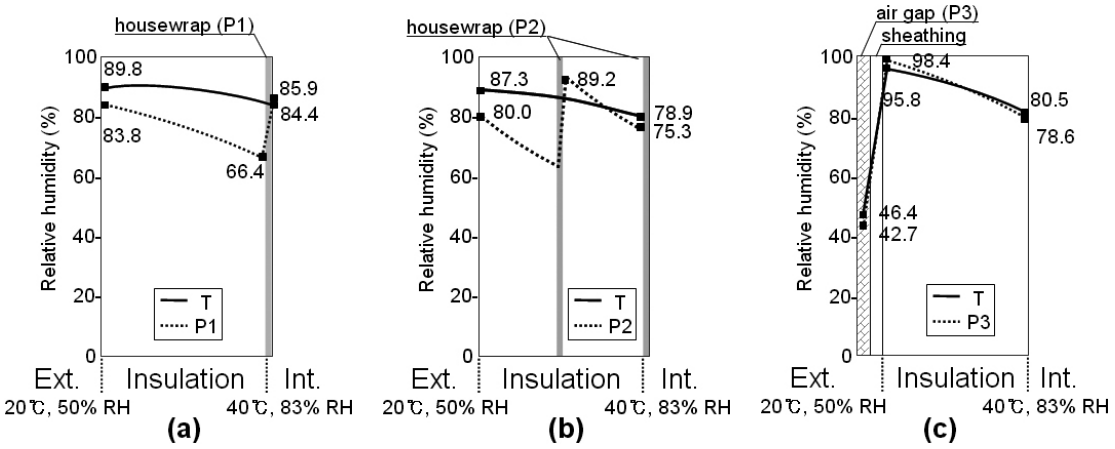

Fig. 7. Distribution of relative humidity in walls (60 hours later).

추가된 방습지 뒷면에서 가장 높은 상대습도가 발생했다.

단열재 구간에서 발생한 상대습도 최대값은 Fig. 4(b)의 수증기압 분포에서와 같이 단열재 구간 사이에 추가된 방습지로 인해 수증기압이 감소되지 않아 발생하였다. 따라서 단열재 구간에 추가하는 방습지의 투과성을 높이거나 낮은 투과성을 지닌 실내 측 방습지만을 설치하는 것이 대안이 될 수 있다. 공기층을 설치한 경우 벽체 외부에 풍속 2.7 m/s의 바람을 적용하여 물질대류계수의 증가로 벽체 내부로의 수분유입이 늘어나 상대습도가 다른 벽체들보다 더 많이 증가하였다. 따라서 겨울철 벽체 내부의 결로를 방지하기 위해서는 단열재 구간이 아닌 실내 측에 낮은 투과성을 지닌 방습지를 설치하는 것이 유리할 것으로 판단된다.

4. 결 론

경골목조벽체의 목재부재열화를 유도하는 벽체 내 수분 축적을 줄이고자 벽체 구성을 달리하여 벽체 구성에 따른 수분이동 변화와 벽체 내 수분축적을 비교하였다. 일반적으로 현장에서 시공되는 기본벽체와 3개의 제안벽체를 정한 후 비교실험을 걸쳐 벽체 내 온습도를 측정함으로써 벽체흡습성능의 개선 가능성을 평가하였다. 본 연구를 통해 얻은 결론은 다음과 같다.

1) 벽체 P1과 P2의 실험결과 수분침투에 취약한 벽체 실내 측에 방습재료인 방습지를 추가함으로써 기본벽체 T에 비해 벽체 내부의 절대습도가 각각 13%, 19%의 감소효과를 보였다. 그러나 단열재 사이에 방습지를 더 추가한 벽체 P2의 결과와 같이 단열재 구간에서의 방습성능 증가는 건조성능저하로 이어질 수 있으므로 방습재료의 위치 선정이 중요하다.

2) 공기층을 추가한 벽체 P3의 경우 공기층의 환기효과로 벽체 내부로부터 공기층 방향으로 수분이동이 유도되었다.

3) 공기층을 설치한 벽체 P3의 경우 습한 외기에는 방습효과가 있지만 습한 실내공기에 의해 쉽게 수분이 유입되어 기본벽체보다 개선된 성능을 보이지 않았다. 따라서 실내 측으로 유입되는 수분의 이동만 줄인다면 공기층의 벽체 내 수분감소효과를 극대화 할 수 있을 것으로 기대된다.

이상의 결론과 같이 방습지와 공기층을 추가하는 것이 목조벽체의 흡습성능 개선에 효과적일 수 있으나 실내외 조건과 설치 방법에 따라 개선 여부가 달라지므로 국내 기후에서 나타나는 제안벽체의 성능을 확인하기 위해서는 실제 외기 조건에 노출시켜 벽체 내 수분변화를 관찰하고 평가할 필요가 있다.

사 사

이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-314-F00021).

참 고 문 헌

1. Ayerst, G. 1969. The Effect of Moisture and Temperature on Growth and Spore Germination in some Fungi. JJ. Stored Prod. Res. 5. S: 127~141.
2. Hyland, R. W. and A. Wexler, 1983b. Formulations for the thermodynamic properties of the saturated phases of H2O from 173.15 K to 473.15 K. ASHRAE Transactions 89(2A): 500~519.
3. Dales, R. E., R. Burnett, and H. Zwanenburg. 1991. Adverse health effects among adults exposed to home dampness and molds. American Review of Respiratory Disease. 143(3): 505~509.
4. Owen, M. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *2001 ASHRAE Handbook Fundamentals*. ch. 6.2~6.9
5. Owen, M. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *2001 ASHRAE Handbook Fundamentals*. ch. 23.17~23.19
6. Kumaran, M. K., P. Mukhopadhyaya, S. M. Cornick, M. A. Lacasse, W. Maref, M. Z. Rousseau, M. Nofal, J. D. Qurit, and W. A. Dalgliesh. 2002. A Methodology to develop moisture management strategies of wood-frame walls in North America: application to stucco-clad walls. 6th Symposium on Building Physics in the Nordic Countries.
7. Mukhopadhyaya, P., K. Kumarn, and D. van Reenen. 2004. Vapour barrier and moisture response of wood-frame stucco wall results form hygothermal simulation. CIB World Building Congress 2004. 1~10.
8. Rousseau, J. 1983. Rain Penetration and Moisture Damage in Residential Construction. Proceedings of the Building Science Insight '83. National Research Council Canada. URL: http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/bsi/83-1_e.html.
9. Rousseau, M. 1999. An Overview of the Survey of Building Envelope Failures in the Coastal Climate of British Columbia, Performed by Morrisson-Hershfield Limited for CMHC (1996). Journal of Building Physics. 22(4): 364~367.
10. Rousseau, M. Z. 2003. Heat, air and moisture control strategies for managing condensation in walls. Building Science Insight 2003 Proceedings. National Research Council Canada. NRCC 46734: 1~11.
11. Kim, S. J., C. Y. Park, and J. J. Lee. 2006. Hygroscopic properties of light-frame wall with different assemblies. Mokchae Konghak 34(2): 22~29.