

실물시험을 통한 흡방습 건축자재의 성능평가

Performance Evaluation of Water Vapour Adsorption/ Desorption Property for a Building Material by Mock up Test

김혜정* 송규동** 이윤규***
 Kim, Hea Jeong Song, Kyoo Dong Lee, Yun Gyu

Abstract

There are increasing developments and uses of functional building materials are recently developed and introduced to the test method for the materials. Especially, moisture problem has a major role are also being established in indoor air quality problems. The purpose of this study is to evaluate the water vapour adsorption/desorption property of a ceiling material. The variation of the temperature and moisture were measured with the application materials by mock up test based on JIS 1470-1. The result shows that water vapour adsorption/desorption property of ceiling material is appeared in changes of moisture adsorption and desorption in comparison with that of a general ceiling material. Therefore, in case of decreasing and increasing in humidity, these materials can be used as an finishing material to sustain comfort condition.

키워드 : 흡방습성, 실내공기질, 새집증후군, 건축자재

Keywords : Water vapour adsorption/desorption property, Indoor air quality, Sick house syndrome, Building materials

1. 서론

1.1 연구배경 및 목적

최근 실내 환경의 가장 큰 문제로 대두되고 있는 새집증후군(Sick House Syndrome)은 실내공간에 적용된 건축 자재 등에서 기인한 것으로 적절한 실내공기질(IAQ)을 확보하기 위하여 다양한 방안이 모색되고 있다.

실내공기 오염물질의 제거 수단으로는 오염물질의 실내 유입을 허용하지 않는 방법과 유입된 오염물질을 제거하는 방법으로 크게 나눌 수 있다. 오염물질의 실내유입을 허용하지 않으려면, 오염 발생원을 제거 격리하거나, 발생원의 성질을 무해하게 하는 방법을 들 수 있다. 또한 유입된 오염물질을 제거하는 것은 공기청정기의 오염물질 제거 방법과 환기에 의해 실외로 배출하는 방법으로 구분할 수 있다.

주요 선진국에서는 이미 오래전부터 실내오염물질이 거주자에 미치는 영향을 연구하였으며, 각종 건축자재에서 방출되는 오염물질의 실태를 밝혀내고자 노력을 하고 있다. 국내에서는 새집증후군을 저감하기 위한 방안으로 휘발성유기화합물 및 폼알데히드의 방산량이 적은 친환경 건축자재의 적용을 우선적으로 고려하여, 환경부의 “오염물질 방출 건축자재 고시”, “친환경 건축물 인증제

도”, “주택성능등급 표시제도”와 같은 건축물 관련 인증제도와 친환경상품진흥원의 “환경마크제도” 및 한국공기청정협회의 “HB마크제도” 등의 운영을 통하여 친환경 건축자재의 관련 업계의 기술개발을 유도하고 있다. 그러나 국내 건축자재의 경우, 단순히 오염물질 저방출 측면에서만 성능이 분석되고 있으며, 실내의 습도를 적절하게 조절할 수 있는 흡방습성능이나 유해화학물질을 흡착·분해하는 기능성 건축자재의 성능평가가 미흡한 실정이다. 우리나라의 기후특성은 여름철의 고온다습과 겨울철의 저온건조 현상으로 쾌적한 실내환경을 유지하기 위해 제습기 및 가습기를 이용하여 습도조절을 하고있다. 건축물 내부에 발생하는 높은 습도는 건물 구조체나 내부의 결로 및 곰팡이 등의 문제를 유발하며, 이러한 문제를 해결하고자 실내공기가 저습인 경우 습기를 방습하고, 고습인 경우 흡습할 수 있는 기능성 건축자재를 개발하여 거주자의 쾌적한 실내환경을 확보할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 기능성 건축자재에 대한 국내·외 현황을 알아본 후 실물시험을 통하여 기능성 건축자재인 흡방습 천장재의 성능을 평가하여 기능성 건축자재의 성능을 알아보려고 한다.

2. 친환경 및 기능성 건축자재의 국내·외 현황

국내에서는 유해화학물질이 저방산되는 건축자재를 확보하고자 친환경 건축자재에 대한 인증이 활발히 이루어지고 있으나, 기능성 건축자재에 대한 인증은 제시되어

* 교신저자, 한양대학교 대학원 건축환경공학과 박사과정 (hjkim145@kict.re.kr)

** 한양대학교 건축공학과 교수

*** 한국건설기술연구원 책임연구원

있지 못하고 있다. 친환경 건축자재는 쾌적한 실내환경을 확보하기 위하여 자원 절약 및 재활용을 통한 환경부하 저감과 에너지 절약을 목적으로 생산된 건축자재를 말하며, 기능성 건축자재는 건축자재가 내재하고 있는 특정 성능에 대한 객관적인 검증이 가능하고, 이로 인한 실내 공기환경의 개선효과가 유효한 것으로 입증된 건축자재로 정의할 수 있다.

국내 건축자재 관련규제 및 인증제도는 환경부, 환경마크제도, HB 마크제도, 한국산업규격(KS)에서 총휘발성유기화합물(TVOC) 및 품질 등의 환경시험항목을 표1과 같이 평가하고 있다.

표 1. 국내 건축자재 관련 규제 및 인증제도

구분	환경부	KS제도	환경마크	HB마크
대상제품	건축자재	공산품	건축자재	건축자재
시험항목	TVOC 및 HCHO	품질 및 환경시험	품질 및 환경시험	TVOC 및 HCHO
법적근거	다중이용시설등의 실내공기질관리법	산업표준화법 제11,12조	환경기술개발 및 지원에 관한 법률 제 20조	산업표준화법 제 27조
담당기관	국립환경과학원	한국표준협회	친환경상품진흥원	한국공기청정협회

표 2. 주요 국가의 건축자재 관련 규제 및 인증제도

구분	인증제도	오염물질	대상제품
독일	GEV -Emicode	TVOC	접착제, 프라이머, 몰탈
	Blue Angel	HCHO, VOCs, SVOCs, 발암물질	문, 플로어링, 가구 등
	GUT	VOCs, HCHO, 냄새 등	바닥재, 페인트, 보드류
핀란드	M1 Classification	VOCs, HCHO, 냄새 등	바닥재, 페인트, 보드류
캐나다	Environmental Choice M Program	VOCs, HCHO	페인트, 카펫, 카펫 접착제
미국	카펫 인증프로그램	TVOC, HCHO	접착제, 카펫
일본	JIS	HCHO	접착제, 단열재
	JAS	HCHO	목질제품

주요 선진국의 친환경 및 기능성 건축자재의 개발과 사용이 늘어남에 따라 표2, 3과 같이 성능평가방법의 연구가 활발히 이루어지고 있다. 다습한 기후를 가진 일본의 경우 흡방습 건축자재를 이용한 기능성 건축자재의 개발이 활발히 이루어지고 있으며, 비교적 다양한 제품들이 생산·판매되고 있다. 또한 이러한 기능성 자재들은 흡방습 건축자재의 특성 뿐만 아니라 탈취기능과 폼알데

히드 흡착·제거 성능도 갖고 있는 것으로 보고 되고 있어 쾌적한 실내공기를 유지하기 위한 방법으로 기능성 건축자재에 대한 많은 연구가 진행되고 있다.

표 3. 주요 국가의 건축자재 흡방습 성능 평가방법

규격	규격명	비고
ISO 24353 :2008	Hygrothermal performance of building materials and products - Determination of moisture adsorption/desorption properties in response to humidity variation	ISO
JIS A 1475 :2004	Method of test for hygroscopic sorption properties of building materials	JIS
JIS A 1470-1 :2008	Determination of water vapour adsorption / desorption properties for building materials - Part 1: Response to humidity variation	
JIS A 1470-2 :2008	Determination of water vapour adsorption/desorption properties for building materials - Part 2 : Response to temperature variation	
일본건재 시험센터	조습건재의 조습성능 평가기준	-

3. 흡방습 건축자재의 개요

본 연구에서는 실내마감재로 사용하고 있는 천장재를 대상으로 실물시험(Mock up test)을 통하여 기능성 건축자재인 흡방습 천장재의 성능을 검증하였다. 흡방습 건축자재를 구성하는 원재료의 종류는 성능, 외관, 질감 및 적용부위 등에 따라 다양한 특징을 갖고 있다. 따라서 실제 흡방습 건축자재를 실내에 적용하기 위해서는 실내의 습도환경이나 사용하는 장소 등에 따라 최적의 흡방습 자재를 선택해야 한다. 먼저 원료별로 분류하면 석질계, 목질계, 토질계로 나뉘며 본 연구에 사용된 흡방습 천장재는 석질계 보드용 건축자재로 표 4와 같다.

표 4. 흡방습 건축자재의 개요

원료의 종류	재 료
석질계	규산칼슘계, 제오라이트계
건축자재	보드용 천장재

대부분의 흡방습 건축자재는 제품내부에 무수한 미세기공을 갖고 있으며, 이러한 미세기공을 통하여 습기를 흡습하거나 방습한다. 흡방습 건축자재는 공기 중의 오염물질을 흡착하여 제거하기도 하는데 이러한 흡방습 원리는 공기 중의 냄새를 저감할 수도 있고, 오염물질을 분해하는 기능이 포함되기도 한다.

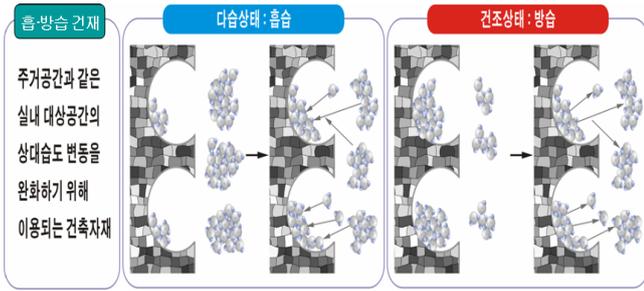


그림 1. 흡방습 건축자재의 원리

본 연구에 사용된 기능성 건축자재인 흡방습 천장재는 압면제 내에 자율적 조습능력을 갖는 다공성 물질을 포함하여 실내의 습기가 상승할 때 습기를 흡수하고 반대로 습도가 낮아질 때 습기를 방출하여 실내의 최적 습도를 조절하는 기능성 건축자재이다. 흡방습 성능 시험방법은 일본의 JIS 1470-1을 이용하였으며, 48시간의 흡방습 성능 결과를 보면 표 5와 같다.

표 5. 흡방습 건축자재의 성능 시험결과($\times 10^{-3}$ kg/m²)

구분	흡방습건축자재	일반건축자재
흡습과정 종료시의 흡습량	48.1	13.2
방습과정 종료시의 방습량	39.2	12.8
잔류 수분량	8.9	0.4

또한 방산되는 오염물질을 알아보기 위해 소형챔버를 이용하여 흡방습 건축자재 및 일반 건축자재의 7일 방산량 시험을 실시하였다. 그 결과 흡방습 천장재는 HB마크의 최우수 등급에 해당되며, 실물시험에 사용된 건축자재의 휘발성유기화합물 및 폼알데히드의 방출량은 표 6과 같다.

표 6. 흡방습 건축자재의 방출량(mg/m²h)

구분	TVOC	HCHO
흡방습 천장재	0.049	0.001
일반 천장재	0.216	0.004

4. 실물시험(mock up test)을 이용한 성능평가

4.1 실험방법

실내습도는 환기량 및 실내외 온·습도에 따라 많은 영향을 받기 때문에 본 연구에서는 최소화하기 위해서 실물시험실을 이용하여 흡방습 건축자재의 성능평가를 하였다. 실물시험실의 크기는 각각 3,200×3,600×2,300H(mm)로 시험실 4곳에 일반 천장재와 흡방습 천장재를 시공하였다.

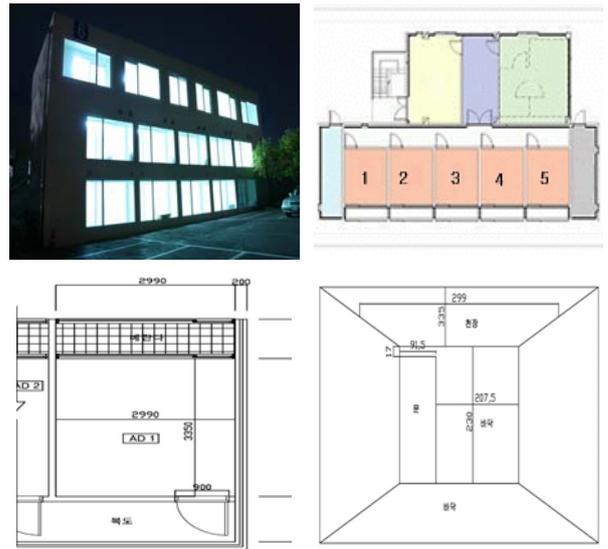


그림 2. 실물시험동

흡방습 천장재의 성능시험은 각 실험실의 천장, 바닥, 벽에 일반 석고보드를 시공 후 각 실험실 천장에 일반 천장재와 흡방습 천장재를 각각 표 7과 같이 시공하였다. 또한 측정자의 출입에 의한 오차를 줄이기 위해 출입구를 통제하고 튜브를 이용해 실험실 외부에서 온습도를 측정하였다.

표 7. 실물시험 측정 조건

실험실	1	2	3	4
실험 내용	가습기	가습기	자연상태	자연상태
	수조	수조		
천정	일반 천장재	흡방습 천장재	일반 천장재	흡방습 천장재
바닥	일반석고보드			
벽	일반석고보드			



그림 3. 석고보드 시공 후 흡방습 천장재 설치 모습

실물시험실에서 실내 온습도에 따른 흡방습 천장재의 성능을 알아보기 위해 강제가습(가습기, 수조) 및 자연상태에서 외기 온습도에 따른 흡방습 천장재의 성능을 알아보았다.



a)가습기 b)수조
그림 4. 강제가습을 통한 흡방습 천장재의 성능 평가

4.2 실험결과

(1) 가습기를 이용한 흡방습 건축자재의 성능분석

가습기를 이용한 강제가습 실험은 높은 실내습도를 인위적으로 유지하여 흡방습 건축자재의 성능을 측정하였다. 실험기간은 2008년 2월 28일부터 3월 5일까지 총 7일이며, 바닥난방을 통하여 실온을 21℃이상 유지하였다. 가습기의 가습용량은 6리터(ℓ)로 평균 0.041 ℓ/h로 가습이 되어 총 6일간 가습이 되었다.

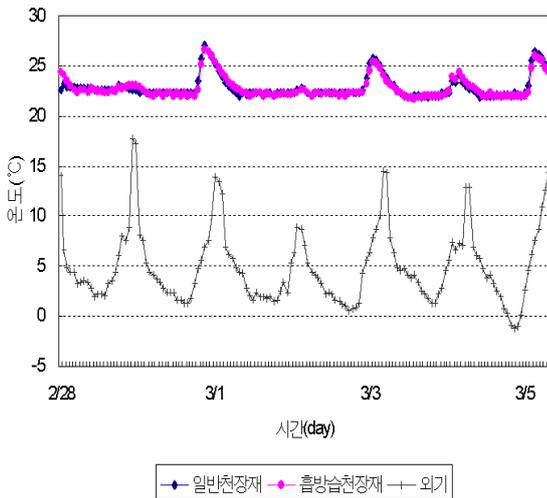


그림 5. 가습기를 이용한 흡방습 천장재 온도분포

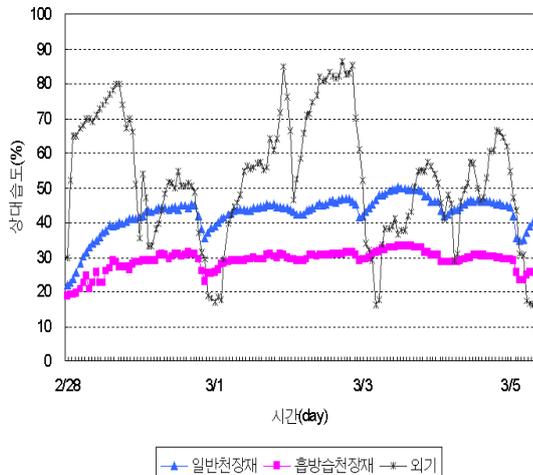


그림 6. 가습기를 이용한 흡방습 천장재 상대습도 분포

강제가습을 실시하는 동안 일반 천장재실과 흡방습 천장재실의 실내온도를 그림 5에서 보면, 평균 22.9℃의 비슷한 온도를 나타내며, 온도가 일정하게 유지된 것으로 나타났다. 또한 그림 6의 각 실의 상대습도를 살펴보면, 일반 천장재실과 흡방습 천장재실의 평균 상대습도는 각각 42.8%와 28.9%로 일반 천장재실이 흡방습 천장재실보다 약 13.9% 높게 나타났다.

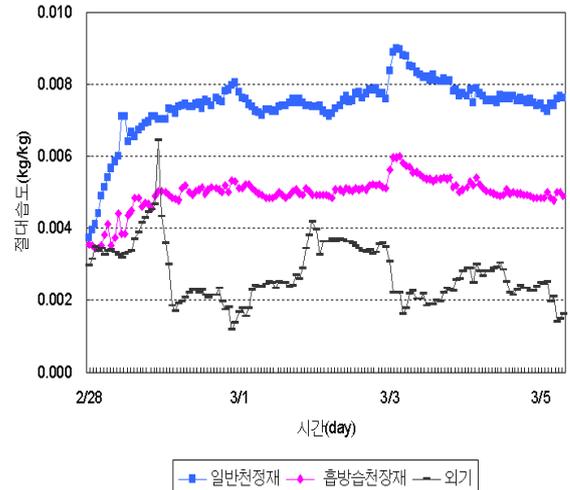


그림 7. 가습기를 이용한 흡방습 천장재 절대습도 분포

가습기를 이용한 강제가습 실험의 흡방습 천장재실과 일반천장재실의 절대습도분포를 알아보기 위해 그림 7을 보면 평균 절대습도가 0.0074(kg/kg')와 0.0049(kg/kg')로 일반천장재실이 약 0.0025(kg/kg') 높게 나타났다.

(2) 수조를 이용한 흡방습 건축자재의 성능분석

수조를 이용한 강제가습 실험은 물의 자연증발현상을 이용하여 흡방습 건축자재의 성능을 평가하였다. 실험기간은 2008년 3월 10일부터 4월 7일까지이며, 바닥난방을 통하여 실온을 21℃이상 유지를 하였다.

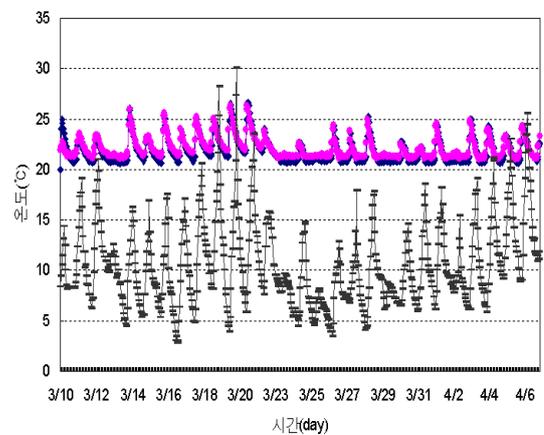


그림 8. 수조를 이용한 흡방습 천장재 온도분포

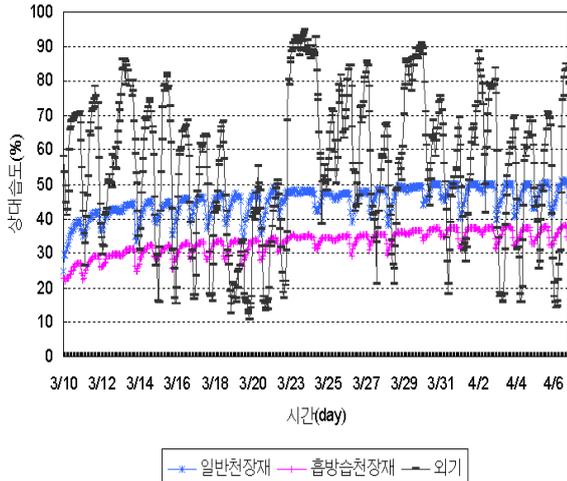


그림 9. 수조를 이용한 흡방습 천장재 습도분포

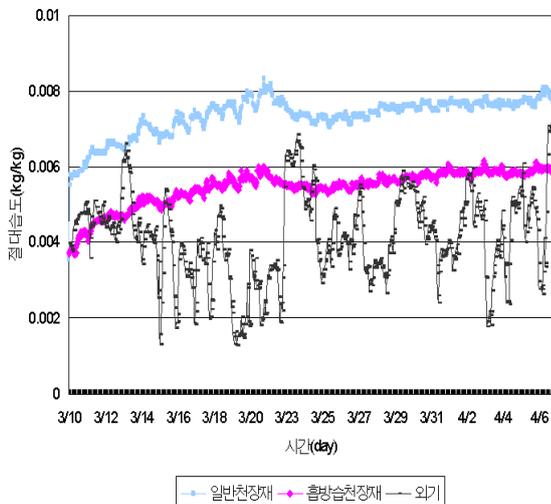


그림 10. 수조를 이용한 흡방습 천장재 절대습도분포

수조의 용량은 20리터(l)로 평균 $0.0045 l/h$ 가 자연증발되어 총 28일동안 3리터의 물이 표면 증발하였다. 또한 자연증발현상을 이용한 강제가습을 실시하는 동안 일반천장재실과 흡방습 천장재실의 실내평균온도는 그림8과 같이 각각 $21.9^{\circ}C$ 와 $22.1^{\circ}C$ 로 일정하게 유지되었다.

각 실의 평균상대습도를 살펴보면, 그림 9와 같이 일반천장재실과 흡방습 천장재실의 상대습도는 각각 45.0%와 33.1%로 일반 천장재실이 흡방습 천장재실보다 약 11.9% 높게 나타났다. 또한 그림 10에서 평균 절대습도를 보면 일반 천장재실과 흡방습 천장재실의 평균절대습도는 각각 $0.0073(kg/kg')$ 과 $0.0054(kg/kg')$ 로 일반천장재실이 약 $0.0019(kg/kg')$ 높게 나타났다.

(3) 자연상태의 흡방습 건축자재의 성능분석

외기의 온습도에 따른 자연상태의 흡방습 천장재 실험은 2008년 4월 10일부터 2008년 5월 10일까지 막단방을 통하여 $21^{\circ}C$ 이상의 온도를 유지하였다. 측정기간의 외기 온습도는 평균 $17.7^{\circ}C$ 와 48.4%를 보이며, 온도의 경우 $7.0^{\circ}C$ 에서 $33.8^{\circ}C$, 습도는 99.0%에서 10.0%의 분포를 보이고 있다.

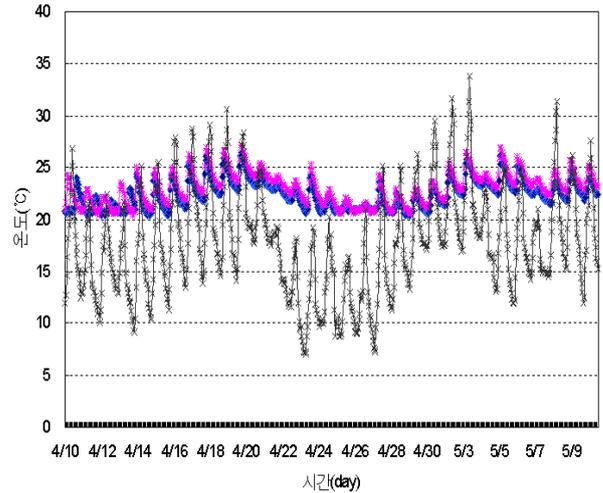


그림 11. 자연상태의 외기에 의한 흡방습 천장재 온도분포

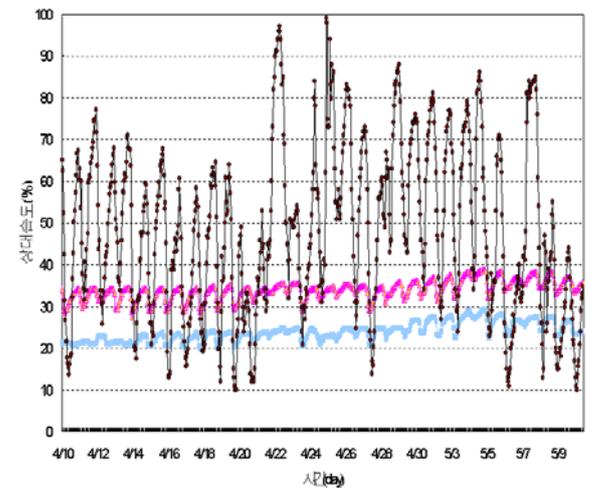


그림 12. 자연상태의 외기에 의한 흡방습 천장재 습도분포

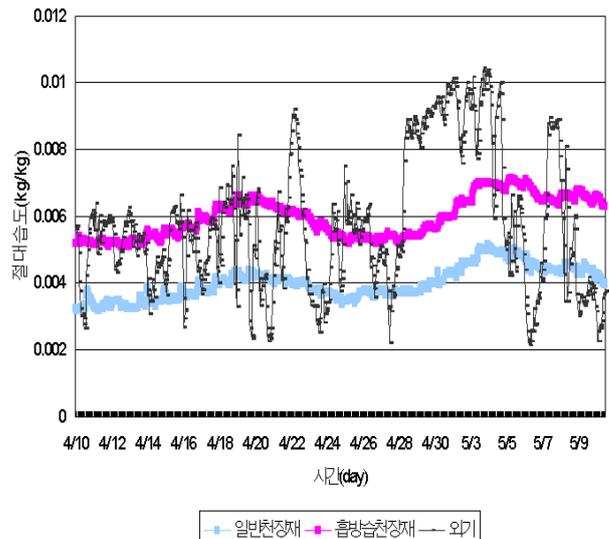


그림 13. 자연상태의 외기에 의한 흡방습 천장재 절대습도분포

외기의 온습도에 의한 자연상태의 흡방습 천장재실과 일반 천장재실의 평균온도는 그림11과 같이 각각 23.1℃와 22.4℃로 온도가 일정하게 유지되었다. 각 실의 평균 상대습도는 그림12와 같이 흡방습 천장재실과 일반천장재실이 각각 34.0%와 23.8%로 흡방습 천장재실이 약 10.2% 높게 나타났다. 또한 절대습도를 보면 그림13과 같이 흡방습 천장재실과 일반 천장재실의 평균절대습도는 각각 0.0059(kg/kg')과 0.0039(kg/kg')로 흡방습 천장재실이 약 0.0020(kg/kg') 높게 나타났다.

5. 결론

본 연구에서는 기능성 건축자재를 통하여 쾌적한 실내 환경을 조성하고자 흡방습 건축자재의 성능에 대한 객관적인 평가를 위해 실물시험을 통한 성능검증을 하여 표 8과 같은 결론을 얻었다.

표 8. 실물시험을 통한 흡방습천장재의 성능 결과

구분	외기			일반천장재			흡방습천장재		
	온도 (℃)	상대 습도 (%)	절대 습도 (kg/kg')	온도 (℃)	습도 (%)	절대 습도 (kg/kg')	온도 (℃)	습도 (%)	절대 습도 (kg/kg')
강제가습	4.9	53.1	0.0027	22.9	42.8	0.0074	22.8	28.9	0.0049
수조	10.6	55.6	0.0011	21.9	45.0	0.0073	22.1	33.1	0.0054
자연상태	17.7	48.4	0.0057	22.4	23.8	0.0039	23.1	34.0	0.0059

(1) 가습기를 이용한 강제가습과 수조를 이용한 자연증발의 경우, 흡방습 천장재가 시공된 실험실이 일반 천장재가 시공된 실험실 보다 약 10%정도 습도가 낮게 유지되었으며, 이는 강제가습(가습기, 수조)으로 인해 높아진 실내습기를 흡방습 천장재가 흡습하여 실내습도가 일반 천장재에 비해 낮게 나타난 것으로 판단된다.

(2) 자연상태에서 외기의 온습도에 의한 경우, 흡방습 천장재는 일반 천장재가 시공된 실험실보다 약 10%이상 높은 습도를 보여주고 있다. 이는 낮은 습도의 실내공기를 흡방습 천장재가 내재하고 있는 수분을 방출하여 실내습도가 높게 나타난 것으로 사료된다.

이와같이 실물시험을 통하여 강제가습 여부에 따른 흡방습 천장재의 성능평가를 한 결과, 흡방습 천장재는 흡습과 방습을 통하여 실내습도를 일정하게 유지하는 효과가 있는 것으로 판단이 되며, 강제가습과 외기의 온습도 조건 모두에서 약 30%에서 40%정도의 일정한 상대습도를 유지하는 것으로 나타났다. 그러나 실물시험실의 천정면만 시공했기 때문에 상대적으로, 흡방습 자재의 성능을 제한적인 효과만이 나타난 것으로 판단되며, 시공면적을 벽면으로 확대할 경우 명확히 알 수 있을 것으로 사료된다. 따라서 향후, 흡방습 건축자재의 흡습과 방습기능을

객관적으로 평가하기 위해서는 실제 단위세대를 대상으로 하는 지속적인 연구가 필요할 것으로 판단되며, 다양한 기능성 건축자재의 성능평가 방법에 대한 연구가 제시하고자 한다.

후 기

이 논문은 첨단도시개발사업 저에너지 친환경 공동주택 기술개발과제(06건설핵심 B02) 친환경소재개발 연구결과의 일부입니다.

참 고 문 헌

1. 주) ASHRAE, ASHRAE 1993 Fundamentals, ASHRAE, p.8.13.
2. Test method of adsorption/desorption efficiency for building materials to regulate an indoor humidity-Part 1: Response method of humidity, JIS A 1470-1, 2002
3. Test method of adsorption/desorption efficiency for building materials to regulate an indoor humidity-Part 2: Sealed box method, JIS A 1470-2, 2002
4. 건축재료의 투습성 측정방법, KS F 2607, 2002
5. 이케다고우이찌, 실내공기오염의 메커니즘, 동화기술, 2001
6. 친환경 건축자재 시험방법 개정(안) 공청회 및 기능성 건축자재 흡착성능 평가방법(안) 연구발표, 한국공기청정협회, 2009
7. 高野敏克, 調濕建材を知る, 第3會調濕建材セミナー, 2006.3
8. 저에너지 친환경 공동주택 기술개발 친환경 소재기술 세미나. 한국건설기술연구원, 2008.3
9. 김혜정, 송규동, 이윤규, 기능성 석고보드의 폼알데하이드(HCHO) 저감성능 평가를 위한 실물시험(Mock up test)연구, 설비공학논문집, 제20권, 제12호. 2008.
10. 손장열, 이윤규, 기능성 건축자재 실태조사 및 관리방안연구 최종보고서, 국립환경과학원, 2008.12
11. 허정용, 최창호, 이윤규, 무기질 도료의 조습성능에 관한 연구, 대한설비공학회 2008 하계학술발표대회 논문집
12. 박진철, 신축공동주택에서 실내마감재 시공에 따른 실내공기 환경 실태 조사연구, 대한건축학회논문집, 제23권, 제6호, 2007
13. www.daiken.jp, 다이켄사
14. www.me.go.kr, 환경부
15. www.standard.go.kr, 기술표준원
16. www.kaca.or.kr, 한국공기청정협회

투고(접수)일자: 2009년 2월 20일

심사일자: 2009년 3월 3일

게재확정일자: 2009년 4월 21일