

2024년 춘계학술발표대회 : 일반부문

황토벽돌 외피의 투습저항이 조습능력에 미치는 영향 분석

- 목조주택과 실측 비교를 통한 고찰 -

Analysis of the effect of moisture permeation resistance of losse brick envelop on humidity control ability

- Consideration through actual comparison with wooden house -

○유 회 화* 남 호 동* 이 학 성**
Liu, Huihua Nan, Haodong Lee, Haksung

Abstract

The purpose of this study is to analyze the influence of loess brick envelop on indoor humidity. Losse bricks are known to have excellent indoor humidity control capabilities, but the effectiveness may be reduced when used with insulation materials with high moisture permeability resistance. To analyze this, the indoor temperature and humidity of a losse brick house with moisture damage and a wooden house were measured and compared. The field measurement was conducted in July and August during high temperature and high humidity. As a results, the losse brick house showed a more stable temperature change and had a lower peak temperature, but showed less comfortable results due to high relative humidity. Moreover, it was also found that there was a higher risk of moisutre damage.

키워드 : 황토벽돌 외피, 습도조절, 흡방습, 주택실측

Keywords : Loess brick envelope, Humidity control, Moisture adsorption and desorption, Field measurement

1. 서론

지구의 풍부한 자원 중 흙과 나무는 수천 년 동안 건축 자재로 사용되어 온 긴 역사를 가지고 있다 (Khadka, 2020; Himes, & Busby, 2020). 산업혁명 이후 기술의 발전과 세계인구 증가에 따라 자원의 소비와 온실가스 배출도 급격히 증가하고 있는 가운데 건물은 온실가스 배출의 주요 원인으로 분석되고 있다. 이로 인한 에너지 위기와 지구온난화 및 기후변화에 대응하기 위해 친환경 건축과 에너지 절약 건축기술이 발달하기 시작했고, 흙과 나무와 같은 자연 건축자재도 서서히 다시 주목받고 있다(Khadka, 2020; Himes, & Busby, 2020; Crimmel, & Thomsom, 2014).

건축물 실내 환경의 건강성과 쾌적성에 대한 관심과 중요성은 계속해서 부각되고 있다. 실내습도는 거주자의 건강뿐만 아니라 건물의 내구성에도 영향을 미친다(Lee et al., 2019). 높은 습도와 낮은 습도의 환경은 모두 인간의

건강에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 예를 들어, 건조한 환경은 피부 알레르기와 눈 자극을 유발할 수 있으며, 습한 환경은 곰팡이를 유발하여 호흡기 질환 및 알레르기,

건물 표면의 결로 및 기타 위험을 유발할 수 있다. 또한, 습기로 인한 건축물 손상은 건물 외피 손상의 주요 원인 중 하나이다(Lee et al., 2019; Zhang, & Yoshino, 2010; Kramer et al., 2021). 따라서 실내 습도를 조절하는 것은 인간의 건강과 건물의 건강에 매우 중요하다.

기존 연구에 따르면 건축자재의 흡방습 특성을 이용하여 건축물 실내의 습도를 조절할 수 있으며 결로 방지 효과까지 얻을 수 있다(Lee et al., 2019). 그 중 목재 및 흙과 같은 자연재료는 다양한 종류의 공극을 갖고 있어 흡방습 능력과 투습성능이 우수하여 조습 건축자재로서 실내 쾌적한 환경조성의 효과를 기대할 수 있다(Simonson, Salonvaara, & Ojanen, 2001, McGregor et al., 2014, Choi et al., 2021, Osanyintola, & Simonson, 2006).

황토를 건축재료로 사용할 경우 흡방습 거동이 실내의 상대습도를 조절하는 효과가 있다는 연구가 많이 보고되고 있다(Zhang, Sang, & Han, 2020; Liang, Tan & Jiang, 2022). 하지만 최근 에너지절약 설계기준의 강화로 단열성능을 높이고 열손실을 줄이기 위해서는 단열재를 반드시 설치해야 하며, 황토벽돌만으로는 외피의 열관류율 기준을 만족시킬 수 없다. 이 때, 투습저항이 높은 단열재를 사용할 경우 황토벽돌의 습도조절 성능은 현격하게 감소할 수

* 충북대학교 대학원 석사과정

** 충북대학교 건축학과 조교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architecture, Chungbuk University, leehaksung@chungbuk.ac.kr)

이 연구는 2023년도 금산군 아토피 자연치유마을 마스터플랜 수립용역 연구결과의 일부임.

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. RS-2023-00210812).

있다. 본 연구에서는 황토벽돌 이중쌓기로 외피가 구성되어 있으며, 그 사이 투습저항이 높은 것으로 알려진 종래의 단열재가 설치된 주택을 대상으로 실내 온열환경을 실측한 결과를 분석한다. 또한 같은 지역에 위치한 목조주택을 동시에 측정하여 결과를 비교함으로써 투습저항이 높은 단열재와 황토벽돌이 병행되었을 경우의 문제점을 파악하고, 황토 재료의 특성을 살린 설계방법론을 고안하는 것을 목표로 한다.

2. 실측

2.1 실측 대상 주택

본 연구에서는 목조주택과 외피가 황토벽돌로 만들어진 주택(황토벽돌 주택) 주택의 실내온도와 습도를 측정하여 건축의 외피 재료별 실내습도에 미치는 영향을 파악하였다. 결과의 비교와 분석을 통해 목조 주택과 황토벽돌 주택의 실내 습도환경 현황 및 문제점을 파악하고 기존주택의 보완방안을 모색한다.

본 연구에서 실측된 주택은 충청남도 금산군에 위치하며 그림1에 각각 실측대상 주택의 외관을 나타낸다. 그림1(a)는 황토벽돌 주택이며 그림1(b)는 목조 주택이다. 그림2와 그림3에 황토벽돌주택과 목조주택의 평면도와 온습도 측정점을 각각 나타낸다. 각 주택의 1층 거실, 방, 2층 다락의 온습도를 측정하였다. 그림4에 실제 현장에서 측정한 모습을 나타낸다. 측정기간 동안 주택 내부에는 거주자가 거주하고 있지 않은 상태이다.

실측된 두 주택의 벽체구성을 개략적으로 그림5에 각각 나타낸다. 황토벽돌주택의 외피는 황토벽돌 이중쌓기로 구성되어 있으며 황토벽돌 사이에 발포폴리스티렌 단열재 EPS 100mm가 설치되어 있다. 목조주택의 경우, 현장에서 벽체의 배관 구멍을 통해 육안으로 관찰하여 추정하여 작성하였다.

2.3 실측조건

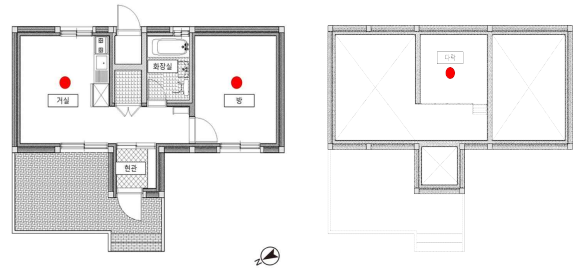
실측은 2023년 7월 7일에 시작하여, 본 논문에서는 8월 31까지의 결과를 분석한다. 이 기간은 여름철로 고온다습한 기간이다. 7월 25일에 각 주택 옥실의 환풍기를 가동하였고, 8월 18일에 환풍기 가동을 중지하여 환풍기 가동 유무에 따른 차이를 확인할 수 있도록 하였다. 또한 각 주택의 거실은 층고 높기와 창면적에 차이가 있고 방은 비교적 그 차이가 적기 때문에 이에 따른 영향을 검토하기 위해 8월18일 부터 거실과 방의 문을 닫고 실측을 진행하였다.

3. 실측결과

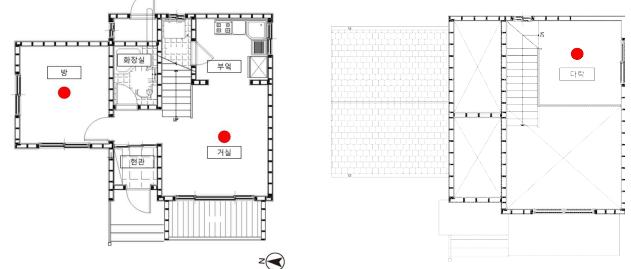
그림6에 (a)에 온도, (b)에상대 습도, (c)에 절대습도의 결과를 각각 나타내고, 그림7의 (a)에 온도, (b)상대 습도, (c)에 절대습도의 누적그래프를 각각 나타낸다. 외기 온습



(a) 황토벽돌 주택 (b) 목조 주택
그림1. 실측대상 황토벽돌주택과 목조주택 외관



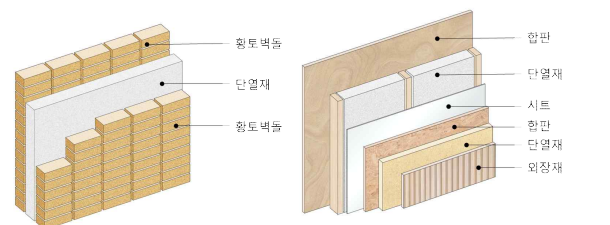
(a) 1F 평면도 (b) 다락
그림2. 황토벽돌주택 온습도 측정점



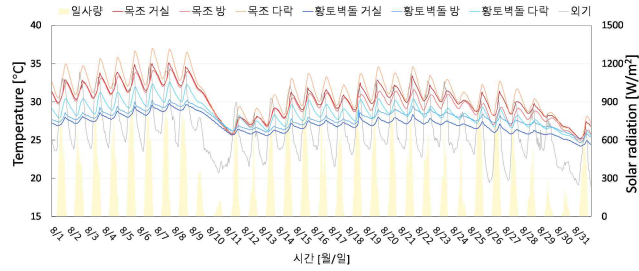
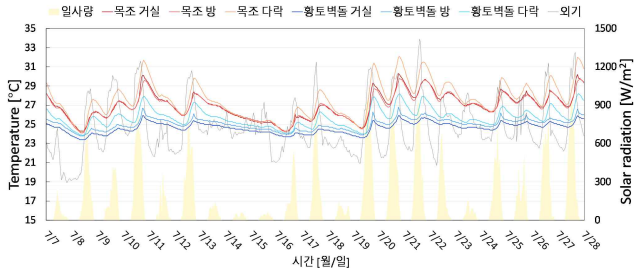
(a) 1F 평면도 (b) 다락
그림3. 목조주택 온습도 측정점



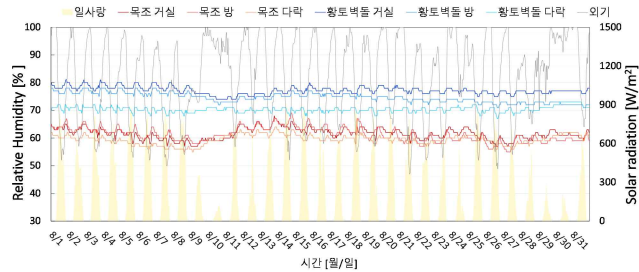
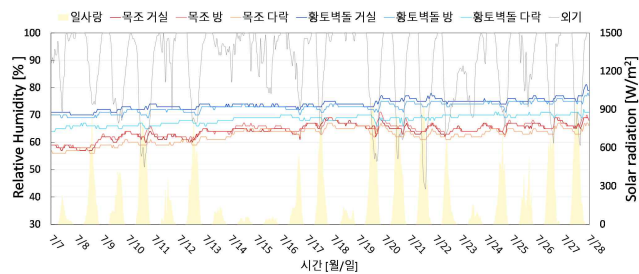
그림4. 실내 실측 모습



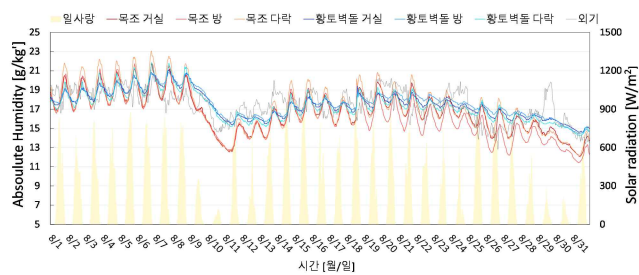
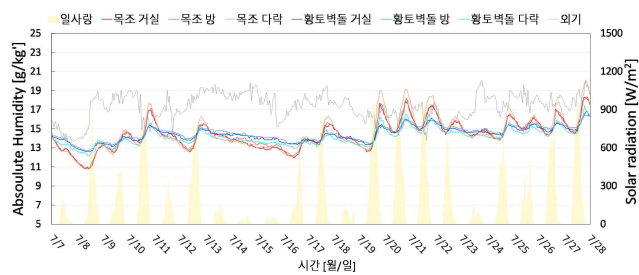
(a) 황토벽돌주택 벽체구성 (b) 목조주택 벽체구성 (추정)
그림5. 벽체구성



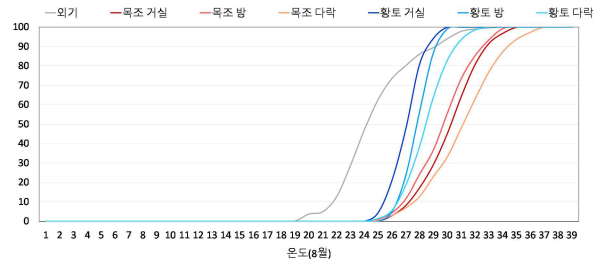
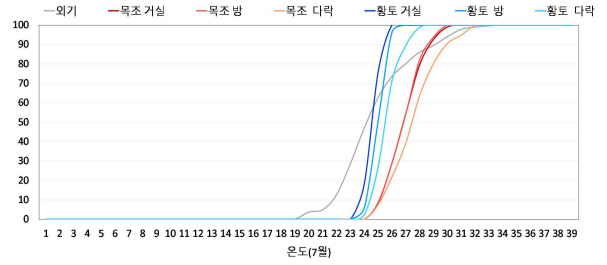
(a) 7~8월 온도



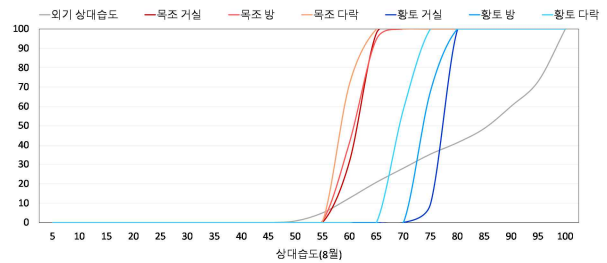
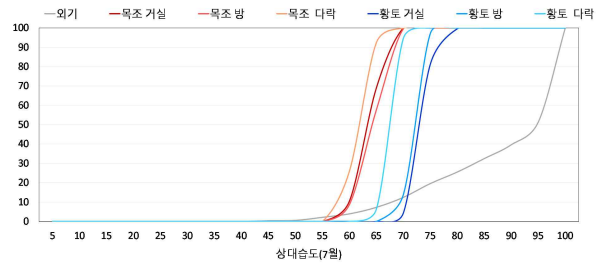
(b) 7~8월 상대습도



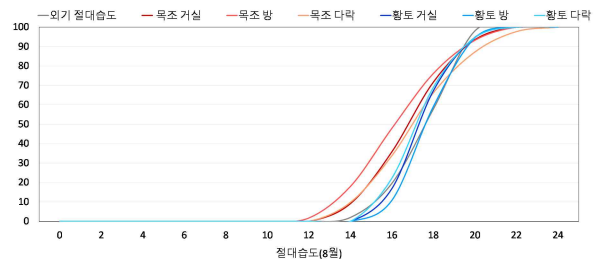
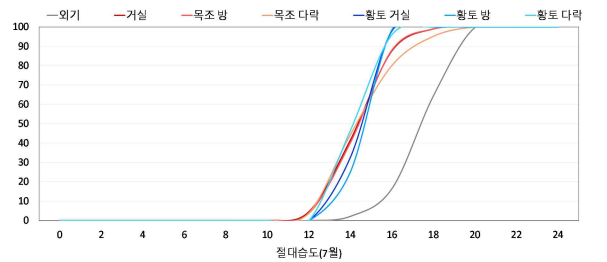
(c) 7~8월 절대습도
그림 6. 7~8월 온습도 그래프



(a) 온도



(b) 상대습도



(c) 절대습도
그림 7. 7~8월 온습도 누적그래프

도는 기상청의 금산군 데이터, 일사량은 기상청의 대전광역시 데이터를 사용하였다.

전체적으로 목조주택 모든 실의 온도가 황토벽돌주택의 실내 온도보다 약 1~4℃ 높다. 또한 목조주택의 피크온도가 약 4℃ 높으며 온도변동이 더 심한 것을 알 수 있다. 목조주택 거실의 창문의 면적이 큰 것이 영향을 미칠 수도 있지만, 각 주택의 방의 문을 닫은 뒤 방의 온도를 비교하여도 동일한 경향이 보이기 때문에 황토벽돌의 열용량이 큰 것이 주 원인인 것으로 판단된다.

상대습도는 두 주택 모두 온도변동에 비해 비교적 완만한 변동을 보이는 반면 절대습도의 변동이 큰 것을 통해 벽체의 흡방습현상이 발생하고 있는 것을 확인 할 수 있다. 또한 두 주택의 실내 절대습도가 외기의 절대습도보다 낮은 것을 통해 두 주택 모두 흡습을 통해 습도를 조절하고 있는 것을 알 수 있다.

황토벽돌주택의 높은 열용량으로 온도상승이 목조주택보다 완만하여 온도의 측면에서는 황토벽돌주택이 더 쾌적한 환경이 조성됨을 확인할 수 있지만, 70%~80%의 높은 상대습도가 유지되어 습해의 위험도가 높다. 또한 절대습도의 변동을 보면, 높은 열용량으로 인하여 온도변화가 미비하기 때문에 흡방습량 또한 감소된 것으로 사료된다.

4. 결론

황토벽돌 주택의 현황과 주택성능 파악을 파악하고, 문제점을 진단 하여 개선방안을 모색하기 위해 거주자가 없는 황토벽돌주택과 목조주택의 실내 온습도를 측정하였다. 이 결과를 바탕으로 본 연구에서는 황토벽돌 외피가 실내 습도에 미치는 영향을 분석하였다. 실험결과는 다음과 같다.

(1) 황토벽돌주택의 경우, 황토벽돌의 큰 열용량에 의해 실내온도 변화가 완만하다. 7~8월 황토벽돌 주택 방의 실내온도는 최고 30℃ 반면에 목조주택은 방의 실내온도가 34℃까지 상승하였다. 온도의 측면에서는 황토벽돌주택이 더 쾌적한 결과를 보인다.

(2) 두 주택 모두 완만한 상대습도 변동을 보이지만, 8월 황토벽돌주택의 상대습도가 80%까지 상승하여 쾌적하지 못한 환경이 조성되며 습해의 위험도 더 높다.

황토벽돌은 실내환경을 조절하는 많은 장점을 갖는 재료로 알려져 있지만, 벽체 중간에 설치된 투습저항이 높은 단열재의 경우 벽체의 흡방습 및 투습성능이 감소할 수 있기 때문에 실내의 높은 상대습도가 유지되는 결과의 원인이 될 수 있다. 따라서 현 상황은 황토벽돌의 특징을 충분히 활용한 구법이라고 판단하기 어렵다.

본 연구의 실험에서는 두 종류의 주택 각각 한동의 실내 온습도만을 분석하였기 때문에 건축물의 재료 및 구성 외에 실내환경에 악영향을 미치는 원인이 있을 가능성도 배제할 수 없다. 황토벽돌 주택 습해의 원인을 정확하게 파악하고 개선방안을 모색하기 위해 추가적인 실측조사와 상세 수치시뮬레이션을 통한 분석을 계획 중에 있다.

참고문헌

1. Khadka, B. (2020). Rammed earth, as a sustainable and structurally safe green building: a housing solution in the era of global warming and climate change, *Asian Journal of Civil Engineering*, 21, 119-136.
2. Himes, A. & Busby, G. (2020). Wood buildings as a climate solution, *Developments in the Built Environment*, 4, 100030.
3. Crimmel, S.R. & Thomsom, J. (2014). Earthen floors, a modern approach to an ancient practice, *Sustainable Building & Design*, 11-16.
4. Lee, H. Ozaki, A. Lee, M. & Yamamoto, T. (2019). Humidity control effect of vapor-permeable walls employing hygroscopic insulation material, *Indoor Air*, 1-15.
5. Zhang, H. & Yoshino, H. (2010). Analysis of indoor humidity environment in Chinese residential buildings, *Building and Environment*, 45, 2132-2140.
6. Kramer, A. Wichelhaus, T.A. Kempf, V. Hogardt, M.H. & Zacharowski, K. (2021). Building-related illness (BRI) in all family members caused by mold infestation after dampness damage of the building, *GMS Hygiene and Infection Control*, 16, Doc32.
7. Simonson, C.J. Salonvaara, M. & Ojanen, T. (2001). Improving indoor climate and comfort with wooden structures. VTT Technical Research Centre of Finland, 431, 1235.
8. McGregor, F. Heath, A. Shea, A. & Lawrence, M. (2014). The moisture buffering capacity of unfired clay masonry, *Building and Environment*, 82, 599-607.
9. Choi, Y. Cho, W. Ozaki, A. & Lee, H. (2021). Influence of the moisture driving force of moisture adsorption and desorption on indoor hygrothermal environment and building thermal load, *Energy and Buildings*, 253, 111501.
10. Osanyintola, O.F. & Simonson, C.J. (2006). Moisture buffering capacity of hygroscopic building materials: Experimental facilities and energy impact, *Energy and Buildings*, 38, 1270-1282.
11. Zhang, L. Sang, G. & Han, X. (2020). Effect of hygrothermal behaviour of earth brick on indoor environment in a desert climate, *Sustainable Cities and Society*, 55, 102070.
12. Liang, J. Tan, J. & Jiang, B. (2022). Thermal and humid environment of rammed-earth dwellings in Northwest Sichuan, *Indoor and Built Environment*, 31, 465-456