

[논문] 한국태양에너지학회 논문집  
*Journal of the Korean Solar Energy Society*  
Vol. 24, No. 2, 2004

## 흙을 이용한 트롬월의 열성능 시뮬레이션 평가

노지희\*, 김준태\*\*

\*공주대학교 건축공학부(jhnoh@kongju.ac.kr), \*\*공주대학교 건축공학부(jtkim@kongju.ac.kr)

### Thermal Performance Evaluation of Earth-Applied Trombe Wall by Simulation

J.H.Noh\*, J.T.Kim\*\*

\* Dept. of Architectural Engineering, Graduate School, Kongju National University(jhnoh@kongju.ac.kr)  
\*\* Dept. of Architectural Engineering, Kongju National University(jtkim@kongju.ac.kr)

#### Abstract

Energy and environmental concerns accelerate the interest in passive solar heating in buildings, which utilizes solar energy through natural heat transfer. Moreover concerns about environmentally friendly materials were also increased.

This study aims to evaluate the thermal performance of a Trombe wall built with earth. The thermal performance of the Trombe walls was analysed with results from computer simulations with TRNSYS 15. The thermal performance of the three types of Trombe wall was compared.; concrete, rammed earth, adobe. It was found that Trombe wall with the thermal storage wall of earth performed better than that of concrete. Rammed earth and adobe Trombe walls gained 4.7% and 12.8% more solar energy, respectively, than the concrete Trombe wall. In earth-applied Trombe walls, the energy gain by natural convection released from the airspace was about 75% of the total solar gains, that took 15% more than concrete Trombe wall. Rammed earth and adobe Trombe walls seem to be more suitable for buildings that use mostly in daytime, such as school, office and so on.

**Keywords** : 흙건축(Earth architecture), 트롬월(Trombe wall), 축열벽(Thermal storage wall), TRNSYS, 다짐흙(Rammed earth), 흙벽돌(Adobe), 열성능(Thermal performance)

## 1. 서 론

### 1.1 연구배경 및 목적

세계 각국에서 지구환경보호 및 화석연료 고갈의 문제들이 대두되면서 신재생에너지로의 에너지 전환에 주력하고 있다. 하지만, 현대 건축물의 대부분이 콘크리트와 철근 등으로 이루어져 있으며 건축 재료 생산, 건축, 폐기과정에서 많은 에너지 소비와 이산화탄소 배출 등 많은 문제점을 가지고 있다<sup>1)</sup>. 이러한 문제를 해결하는 하나의 방안은 우리나라 기후조건에서 적용이 가능한 태양에너지를 건축에 활용하는 것이다. 이 중 트롬월 시스템은 건물의 냉난방부하를 줄이고 높은 실내 쾌적조건을 유지하는데 유리한 방식이다.

트롬월 시스템에 관한 연구는 축열벽과 자연 대류에 대한 열성능 해석<sup>2)3)</sup>, 시스템을 적용한 실험체 및 건물에 대한 성능 측정 및 분석<sup>4)5)</sup> 등에 대한 것이 주를 이루고 있다. 또한 시스템의 효율성 증진을 위한 방안으로 상변화물질의 적용에 대한 연구<sup>6)</sup>도 수행되었고, 축열벽 외부에 설치되는 유리창의 효과<sup>7)8)</sup> 및 유리창에 대한 야간 단열 효과

등에 대한 연구<sup>9)10)</sup>도 수행되었다.

한편, 70년대 이후 에너지 절감과 환경적인 관점에서 흙 재료에 대한 연구가 선진공업국을 중심으로 활발히 진행되고 있다. 미국에서는 흙벽돌과 다짐방식이 건축법으로 규정되어 있고 지역 특성에 적합한 축조방법들을 개발하고 있다. 또한 프랑스에서는 흙에 대해 건축소재적인 측면에서 과학적인 조사와 연구가 수행되고 있다. 국내에서도 흙 건축의 역사와 기본적인 특징 및 시공방법 등을 다루기도 하였고,<sup>11)</sup> 현재 사용되고 있는 흙벽 재료의 열적 특성 및 생리적 특성을 분석하고 현존하는 흙건축을 체계화하기도 하였다.<sup>12)</sup> 국내에서는 흙벽에 대한 일반적인 내용을 다루는 연구가 주를 차지하는 상황이나, 국외에서는 흙 건축의 축조방식에 따른 구체적인 연구가 진행되고 있다. 그 중, 현대화되어 많이 사용되고 있는 다짐벽에 관한 연구들이 주종을 이루고 있는데, 다짐벽의 강도를 증대시키기 위해 물과 시멘트의 배합비율에 변화를 주어 압축강도를 분석하기도 하였고,<sup>13)</sup> 영국에서는 다짐벽에 관한 기준 및 흙의 테스트 방법에서 구조적 디자인, 시공법, 유지·보수방법 등에 이르는 내용이 정리<sup>14)</sup>되기도 하였다. 그 동안 흙의 건축적 적용

- 1) 박정식, 심소희, 김형수, 이경희, 흙건축의 생태적 의미와 현대적 이용에 관한 연구, 대한건축학회논문집, Vol.20 No.2, p.861, 2000
- 2) L. Zalewski, S. Lassue, B. Duthoit & Butez, "Study of solar walls - validating a simulation model", Building and Environment Vol.37, I.1, pp.109-121, 2002
- 3) S.J. Ormiston, G.D. Raithby, & K.G.T. Hollands, "Numerical predictions of natural convection in a Trombe wall system," International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.29, I.6 pp869-877, 1986
- 4) H. Onbasioglu and A. N. Egrican, "Experimental approach to the thermal response of passive systems", Energy Conversion and Management, Vol.43, I.15, pp.2053-2065, 2002
- 5) L. Zalewski and M. Chantant, "Experimental thermal study of a solar wall of composite type," Energy and Buildings, Vol25, I.1, pp7-18, 1997
- 6) 김광화, 김명진, "PCM(Phase Change Materials)을 이용한 자연형 태양열 시스템의 축열성능에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, Vol.8, No.2, pp.376-380, 1988
- 7) 정현채, 김경영, "Passive system에서 Trombe Michel wall 과 창문의 효과", 한국태양에너지학회 논문집, Vol.4, No.1,

pp.29-43, 1984

- 8) T. Matuska, "A simple trombe wall: comparison of different glazings", Proceedings of EuroSun 2000, Copenhagen (Denmark), 2000
- 9) 안태경, 전봉구, 1988, "자연형 태양열 시스템 야간 단열 구조의 열성능에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, Vol.8, No.2, pp.380-385
- 10) 김동환, 황정하, 1988, "자연형 태양열 트롬월 방식에서의 야간단열에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, Vol.8, No.2, pp.372-376
- 11) 임상훈, 서응철, "흙건축에 관한 연구", 한국생태환경건축학회 논문집, Vol.2, No.2, pp.45-50, 2002
- 12) 박정식, 심소희, 김형수, 이경희, op. cit., pp.861-865.
- 13) W. U. Fritz and S. M. Merry, "Experimental investigation of optimum compaction parameters for rammed earth construction", Proceedings of the BETEC Sustainable Buildings III Symposium, National Institute of Building Sciences, Santa Fe, NM., 2001
- 14) V. Maniatidis and P. Walke, A Review of Rammed Earth Construction, Natural Building Technology

에 대한 연구가 수행되었으나 흙을 트롬월의 축열체로 적용하고 이의 성능을 분석한 연구는 이루어지지 않은 상황이다.

이에 본 연구의 목적은 벽 구조체의 축열 성능을 이용하고 동시에 대류에 의해 열을 획득하는 트롬월 시스템에 환경친화적 재료로 재인식되고 있는 흙을 적용할 때 나타나는 열적 성능에 대한 특성을 분석하는 것이다.

## 1.2 연구방법

먼저 트롬월의 에너지 성능 시뮬레이션을 위한 단위모듈을 설정하고, 일반적으로 트롬월의 축열벽 재료로 많이 사용되는 콘크리트를 대신하여 다짐 흙벽과 흙벽돌 벽을 적용한 흙 이용 트롬월 시스템을 설계하였다. 에너지 시스템 해석 프로그램인 TRNSYS 15를 이용하여 각 트롬월 모델에 대한 열적 성능을 모델링하였고, 기준 모델을 대상으로 공기조화냉동공학회(현 대한설비공학회)에서 제공하는 TMY2 형태의 대전지역 일년치 기상데이터<sup>15)</sup>를 적용하여 난방기간 동안(11월 15일-3월 15일)의 열성능에 대한 시뮬레이션 결과를 비교·분석하였다.

## 2. 흙의 이론적 고찰

### 2.1 흙

흙은 지표의 74%를 덮고 있기 때문에 간편하고도 분명한 건축재료이다.<sup>16)</sup> 흙은 암석이 오랜 기간동안 풍화작용을 통해 크고 작은 부스러기로 입자들의 복잡한 이동과정을 통한 물리적, 화학적, 생물학적 작용에 의해 형성된다. 따라서, 다양한 성질을 가진 흙을 정확하게 분류하는 것은 거의 불가능

한 것이지만, 흙의 고유한 성질들을 합리적으로 개발하고 이용하기 위해서는 무엇보다 흙을 효과적으로 분류하는 것이 중요하다. 흙건축을 위해서 가장 많이 이용되는 분류법은 지질학과 토양학에서 사용되는 분류법<sup>17)</sup>으로 굵은 자갈, 잔자갈, 모래, 실트, 점토, 콜로이드로 나뉘어진다. 이 중에서 흙건축을 위해서 주로 사용되는 것은 물과 반응하여 몰탈의 역할을 하는 점토와 구조적인 역할을 하는 모래이다.

### 2.2 흙을 이용한 축조방식

세계적으로 흙을 이용한 축조법은 지역과 환경에 따라 다양하게 나타나고 있다. 축조방식으로 알려진 공법만으로도 180여 가지가 넘고, 지금도 계속적으로 새로운 공법들이 개발되고 있다. 축조방식은 크게 다짐공법, 흙벽돌과 심벽으로 분류된다.

#### (1) 다짐벽 방식(Rammed earth)

다짐벽 방식은 토벽구축 방법 중 두 번째로 오래된 것으로<sup>18)</sup> 콘크리트 구조와 같이 거푸집을 이용하고 그 공간에 흙을 층층이 다져 넣어 30~50cm 두께의 흙벽을 구축하는 공법이다.(그림 1)

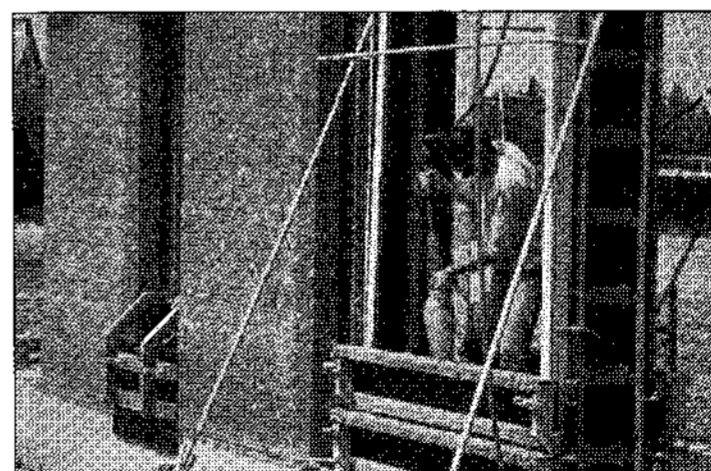


그림 1. 현대적인 다짐방식

점토와 사토를 대략 3:7의 비율로 섞어서 사용하거나 강도를 높이기 위해서 석회석(소석회), 시멘트,

Group, University of Bath, 2003

15) 김두천 외, 1996, "건물의 공조부하계산용 표준전산프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구", 통상산업부 연구보고서, 94-p-11-03

16) J. Dethier, Down to Earth, New York: Facts on File, Inc, p.33, 1991

17) 흙의 분류, [http://www.architerre.com/menu02\\_02.php3](http://www.architerre.com/menu02_02.php3), Architerre(흙건축), 2003

18) 김용부, 흙건축과 기술, 대한건축학회지, Vol.36, No.3, p.38, 1992

포졸란(화산재)등을 섞기도 한다.<sup>19)</sup> 배합비로 인해서 최종 벽체의 강도가 결정되므로 배합비를 적정하게 하는 것이 중요하다.

적당한 수분은 벽의 강도를 결정하는 결정적인 요소 중 하나로 다짐은 5-15%의 자연 상태의 수분을 이용한다. 흙 입도의 경우에도 너무 작은 입자로만 이루어져 있으면, 벽 자체의 강도를 떨어뜨리는 요인이 될 수 있으므로, 다짐 흙은 점토에서부터 자갈까지 포함한 것이 권장된다.

다짐벽은 흙벽 자체가 내력벽으로 지붕의 하중을 전달하는 구조체가 되며 두꺼운 벽체두께로 인해 우수한 단열효과를 갖는다.(표 1)

표 1. 일반적 다짐 벽의 특징<sup>20)</sup>

특 징	수 치
건조비중(밀도)	1700-2200kg/m <sup>3</sup>
압축강도(건조)	1-15MPa
인장강도	0.5-2MPa
열저항값	0.35-0.79m <sup>2</sup> K/W

다짐벽은 공법의 특성상 현대화 할 수 있는 많은 가능성을 가지고 있고, 현재 연구가 활발히 진행 중이며 부분적으로 상용화가 이루어졌다.

(2) 흙벽돌 방식(Adobe)

'adobe'란 태양과 공기로 말린 진흙 벽돌을 뜻하고, 'unbaked brick'나 'clay-earth'라 부르기도 한다.<sup>21)</sup> 흙벽돌은 진흙에 물을 적당히 섞어 네모난 틀 속에 채워 넣어 형을 떠서 이를 햇볕에 말려 조적하는 방식이다.(그림 2) 흙벽돌 조적 시에 통 줄눈은 피하고, 보통 미장(흙)으로 마감을 하여 사용한다. 지역에 따라서는 강도를 높이고 건조 시 수

축과 균열을 줄이기 위해 짚이나 풀잎, 동물의 털과 같은 섬유질을 섞기도 한다.

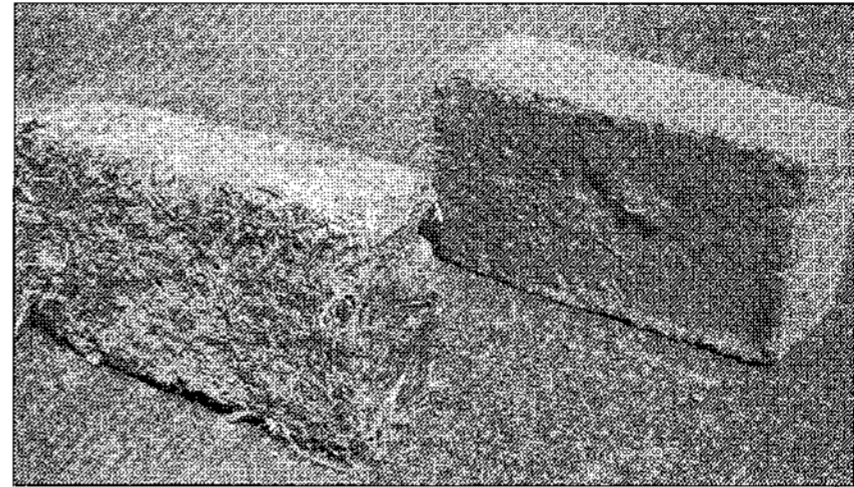


그림 2. 일반적인 흙벽돌 모습<sup>22)</sup>

흙벽돌은 앞서 설명한 다짐벽에 비해 유연한 함수율을 가지고 만들어지며, 일반적인 특징은 표 2와 같다.

표 2. 일반적 흙벽돌의 특징<sup>23)</sup>

특 징	수 치
건조비중	1200-2000kg/m <sup>3</sup>
압축강도(건조)	1-5MPa
인장강도	0-0.5MPa
열저항값	0.25-0.60m <sup>2</sup> K/W

2.3 흙의 열적 특성

흙처럼 열용량이 큰 건축 재료는 여름철 낮 동안의 과도한 태양 에너지를 흡수하여 밤 동안 이 에너지를 천천히 방사하기 때문에 외기의 극심한 낮과 밤 기온 차이를 완화시켜준다. 한편, 겨울철에는 낮 동안의 태양에너지를 벽 또는 지붕에 저장하였다가 밤 동안 천천히 실내로 발산하여 실온을 높인다. 흙 건축은 재료의 물성이 연중 외기와 실온간의 완충을 가능하게 한다.<sup>24)</sup> 흙 건축은 일반 건축보다 실온 변화폭이 매우 작아 비교적 균일한 실내온도를

19) L. Elizabeth and C. Adams, Alternative Construction, New York: John Wiley & Sons, Inc, p.167, 2000

20) Standards Australia, The Australian earth building handbook, Sydney: Standards Australia International Ltd, P.45, 2002

21) L. Elizabeth and C. Adams, op, cit., p.89

22) G. F. Middleton, Earth-wall construction, Australia National Building Technology Centre, 4th, p.39, 1987

23) Standards Australia, op, cit., p.36

24) 임상훈, 서용철, op, cit., p.47

유지하여 쾌적한 실내 온열환경을 조성하는데 유리하다. 다음 표 3은 재료별 축열 성능을 나타낸 것이다.(표 3)

표 3. 재료별 축열 성능 비교<sup>25)26)</sup>

재 료	밀도(kg/m <sup>3</sup> )	축열성능(kJ/m <sup>3</sup> K)
물	1000	4186
콘크리트	2240	2060
벽돌	1700	1360
흙벽돌	1550	1300
다짐벽	2000	1830
목재	480	904

흙을 이용한 축조방식은 콘크리트에 비해 열용량이 떨어지나, 벽돌, 목재에 비해 우수한 열용량을 가진다. 특히, 다짐벽은 열용량도 우수하고 열전도율은 0.91W/mK로 쾌적한 실내 환경조성에 유리한 건축재료로 평가된다.

구조체의 열용량에 따른 열전달의 지연 효과를 나타내는 타임랙(time-lag)을 비교하면, 흙이 콘크리트에 비해 약 1.5배가량 긴 것으로 나타났다. (표 4) 타임랙(time lag)은 보통 열용량이 클수록 길어지나, 재료의 열전도 특성에도 관련이 있다. 주거의 경우 타임랙을 길게 하면, 겨울철 야간에 실내 온도가 최고에 달하게 되므로 난방 에너지 절감에 효과적이다. 따라서, 다짐벽이나 흙벽돌을 이용하면 주야간 실내온도의 변화 폭을 줄이고 난방 에너지 절감이 가능하게 된다.

표 4. 재료별 타임랙<sup>27)</sup>

재 료	두께(mm)	타임랙(시간)
콘크리트	250	6.9
흙벽돌	250	9.2
다짐벽	250	10.3
압축 흙블럭	250	10.5

25) Passive solar design; thermal mass, <http://www.newtonhouse.info/thermal.htm>, Newton House, 2003

26) V. Maniatidis and P. Walke, A Review of Rammed Earth Construction, University of Bath, p.19, 2003

27) Ibid.,

표 5에서 보는 바와 같이 일반적인 콘크리트가 1.4W/mK의 열전도율을 갖는데 비해, 흙은 열전도율이 0.3-0.9W/mK로 상대적으로 우수한 단열 성능을 갖고 있다.

표 5. 재료별 열전도율<sup>28)</sup>

재 료	열전도율(W/mK)
콘크리트	1.4
다짐벽	약 0.91
흙벽돌	약 0.73
압축 흙블럭	약 0.9
압축 흙블록(기계)	0.35
흙짚 블럭	0.30
벚짚	0.09

### 3. 트롬월의 열성능 평가

#### 3.1 시뮬레이션 개요

트롬월의 성능을 평가하기 위하여 TRNSYS 모듈 Type 36(Thermal Storage Wall)을 이용하였다. 축열벽과 외부 유리 사이의 중공층에서 형성되는 공기의 유동을 온도차에 의해 제어하는 Mode 4를 적용하였다. 기준 단위 모듈에 대한 열적 해석은 건물의 동적 열현상을 상세하게 해석하는 Type 19(Detailed zone)를 사용하였다.(그림 3) 기준 모델의 각 부위별 열관류율은 건축법에 따른 건축물 부위의 열관류율 값에 준하여 벽체 0.45W/m<sup>2</sup>K, 지붕 0.27W/m<sup>2</sup>K, 바닥 0.31W/m<sup>2</sup>K로 설정하였다.

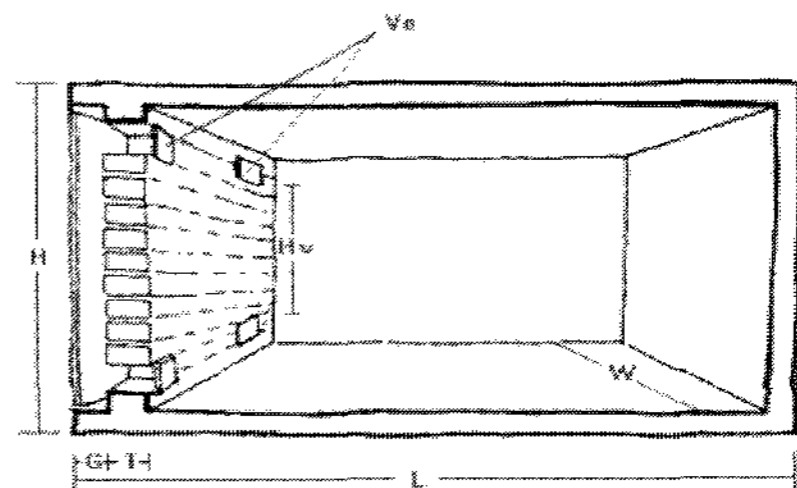


그림 3. 트롬월 기준 모듈 상세

28) Adobe & Earth, [http://www.egt.bme.hu/ecobuild/greencon/f05\\_0620.htm](http://www.egt.bme.hu/ecobuild/greencon/f05_0620.htm), Faculty of Architecture, Budapest University Technology & Economics, 2003

또한, 난방 설정온도는 '공공건물의 에너지 절약을 위한 냉·난방 온도 관리'에서 정하고 있는 20℃로 입력하였다. 열성능 시뮬레이션을 위한 트롬월 상세 값은 표 6에서와 같이 일반적으로 많이 사용되는 규격으로 정하였다.

표 6. 트롬월의 기본 요소 입력값(기준 모델)

기본 요소	입력값
Wall height(H)	2.7m
Wall width(W)	3.4m
Wall thickness(T)	0.3m
Wall conductivity	(표 7 참조)*
Specific capacitance of wall	-
Wall solar absorptance	0.9
Wall emittance	0.94
Glazing emittance	0.9
Number of glazings	2**
Spacing between wall and glazing(G)	0.09m
Extinction	0.0524
Refractive index	1.526
Vent outlet area(Vo)	0.18m <sup>2</sup>
Distance between vents(Hv)	2m

\* 열전도율은 재료별로 다르게 입력, \*\* 이중유리를 의미

시뮬레이션을 위해 사용한 축열벽 재료의 물성치는 표 7과 같다.

표 7. 재료별 입력 물성치

재 료	열전도율(W/mK)	축열용량(kJ/m <sup>2</sup> K)
콘크리트	1.4	2060
다짐벽	0.91	1830
흙벽돌	0.73	1300

### 3.2 열성능 평가 분석

#### 3.2.1 총 에너지 획득량 분석

트롬월 시스템의 열성능을 평가한 결과를 보면, 기존의 트롬월 시스템에서 흔히 이용되고 있는 콘크리트 트롬월에 의해서는 601.7MJ(25MJ/m<sup>2</sup>)의 에너지 획득량을 보였다. 흡을 이용한 경우, 다짐벽 트롬월에 의해서는 629.9MJ(26.2MJ/m<sup>2</sup>)로 콘크

리트 트롬월에 비해 4.7% 증가한 획득량을 나타냈고, 흙벽돌 트롬월에 의해서는 678.4MJ(28.3MJ/m<sup>2</sup>)로 12.8% 증가한 에너지 획득량을 나타냈다.(그림 4)

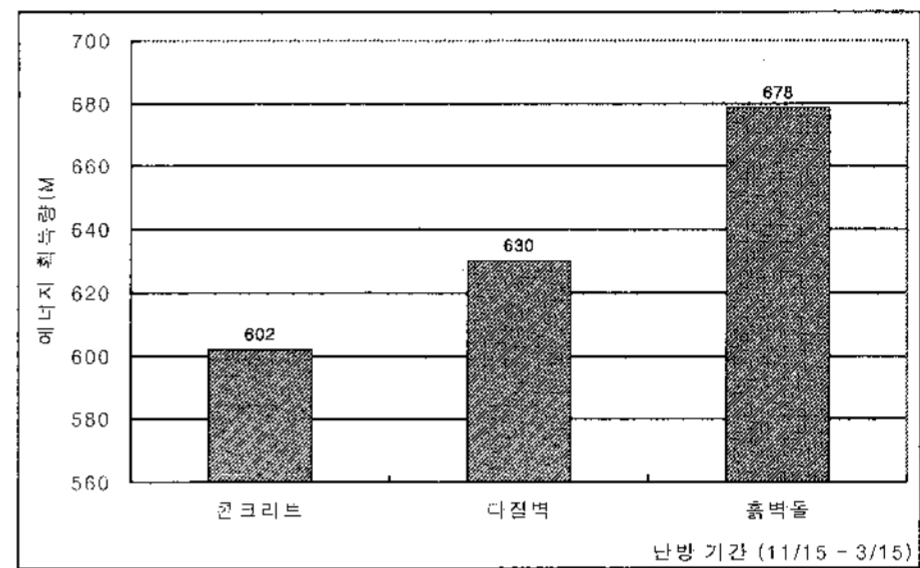


그림 4. 트롬월 유형별 트롬월의 총 에너지 획득량

#### 3.2.2 에너지 획득 성분 분석

트롬월은 두가지 경로에 의해 에너지를 획득하는데, 축열벽의 전도에 의해 공간으로 전달되는 에너지 획득량 (Q<sub>wall</sub>)과 통기구를 통해 자연대류로 인한 에너지 획득량 (Q<sub>vent</sub>)으로 나뉘어진다. 이 두가지 에너지 획득량을 각각 비교하면(그림 5), 콘크리트 트롬월의 경우 Q<sub>wall</sub>과 Q<sub>vent</sub>가 약 4:6의 비율로 나타났다. 그에 비해 흡으로 이루어진 다짐벽 트롬월은 Q<sub>vent</sub>가 전체 에너지 획득량의 70%, 흙벽돌 트롬월은 79%의 비율로 나타났다. 주간 방출되는 Q<sub>vent</sub>의 비율이 가장 크게 나타난 흙벽돌 트롬월이 공기를 통해 획득되는 에너지량이 큼을 알 수 있다.

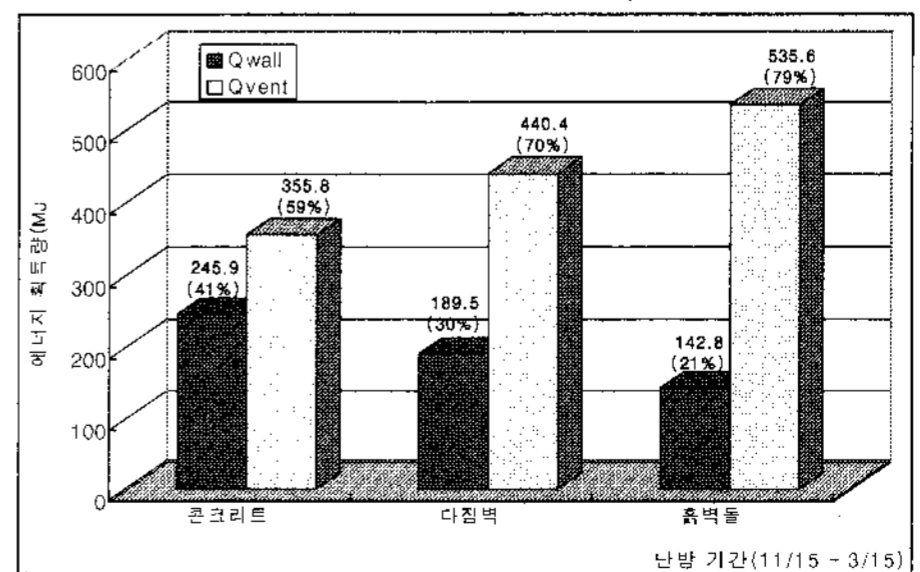


그림 5. 에너지 획득 요소별 에너지 획득량

한편, 축열벽에 의한  $Q_{wall}$ 은 콘크리트 트롬월에 비해 다짐벽 트롬월은 약 23%, 흙벽돌 트롬월은 약 42% 가량 감소됨을 알 수 있는데, 이는 콘크리트가  $2060\text{kJ/m}^3\text{K}$ 의 축열 성능을 갖는 반면에 다짐벽은  $1830\text{kJ/m}^3\text{K}$ , 흙벽돌은  $1300\text{kJ/m}^3\text{K}$ 의 열용량을 갖는 차이에 기인하는 결과로 분석되었다. 그러나  $Q_{vent}$ 를 보면,  $355.8\text{MJ}$ 을 보인 콘크리트 트롬월에 비해 다짐벽 트롬월은 그보다 23.8% 상승한  $440.4\text{MJ}$ 을, 흙벽돌 트롬월은 51% 상승한  $535.6\text{MJ}$ 값을 나타냈다. 이러한 결과 또한, 콘크리트에 비해 흙 재료가 갖는 낮은 축열성으로 인하여 태양 복사 에너지가 벽에 흡수되기보다는 중공층 공간의 공기에 열을 전달하여 공기자체의 온도를 상승시켜 내부로 전달된 결과로 분석되었다.

$Q_{wall}$ 값과  $Q_{vent}$ 가 비교적 비슷한 비율을 가지는 콘크리트 트롬월은 주야간에 모두 이용되는 건물 유형에 보다 적합하다고 할 수 있다. 이에 비해  $Q_{vent}$ 의 비율이 70-80%로 높게 나타난 흙 이용 트롬월은 주간 이용건물인 학교, 사무소, 상업용 건물 등에 더욱 적합한 것으로 평가되었다.

위에 나타난 결과를 상세히 파악하기 위해 겨울철 일주일(12월 21일-27일) 동안 시스템의 열성능을 시뮬레이션하여 트롬월의 에너지 흐름을 분석하였다. 우선, 축열벽 통기구를 통한 에너지 흐름과 관련하여 실내로 유입되는 통기구의 일주일간의 공기온도를 통해  $Q_{vent}$  획득 요인을 분석하였다.(그림 6)

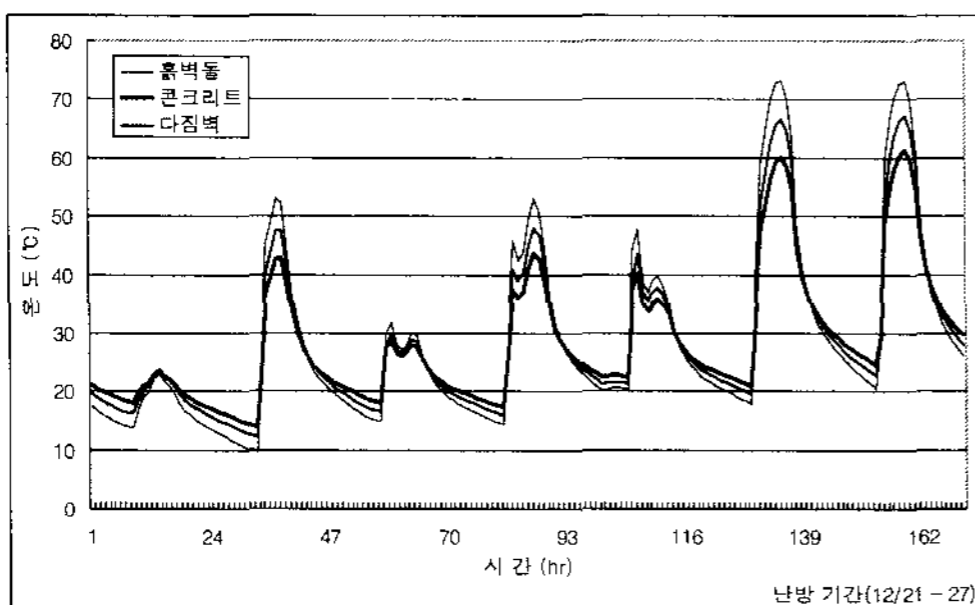


그림 6. 유형별 공간 유입부 공기온도

콘크리트 트롬월보다 흙을 이용한 다짐벽 트롬월과 흙벽돌 트롬월에 의한 유입부의 주간 공기 온도가  $5-10^{\circ}\text{C}$ 정도 높게 나타났다. 이는 흙이용 트롬월이 중공층에서 고온의 공기를 생성하여  $Q_{vent}$  에너지 획득량이 높기 때문으로 분석되었다.

### 3.2.3 축열벽의 열전달 분석

축열벽의 재료변화에 따른 열전달 지연효과를 알아보기 위하여 동절기 일주일간의 축열벽 내·외부의 온도 변화 패턴을 살펴보았다. 그림 7, 8, 9는 각 재료별 온도변화를 나타낸 것이다.

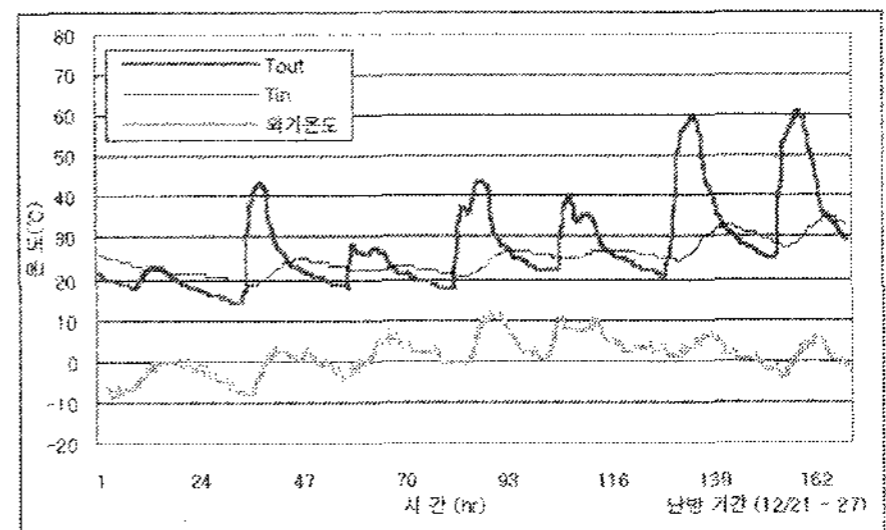


그림 7. 콘크리트 축열벽 내·외부 표면온도 변화

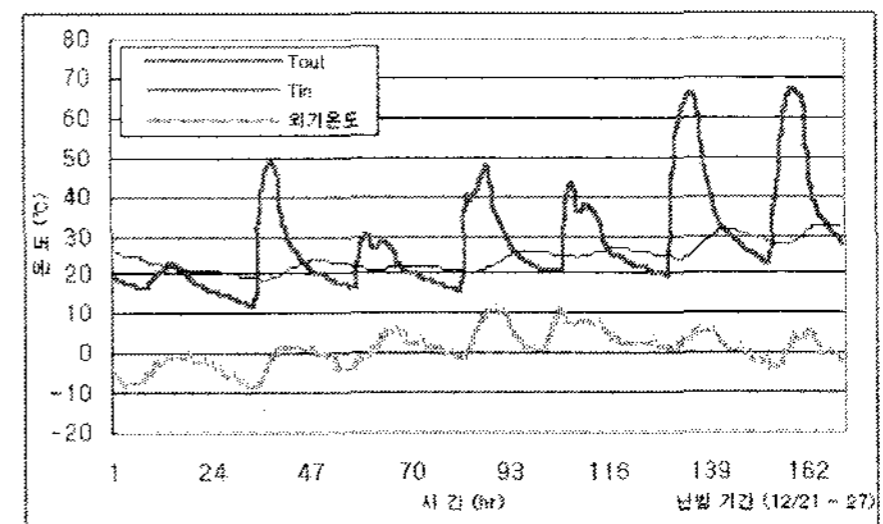


그림 8. 흙 다짐벽 축열벽 내·외부 표면온도 변화

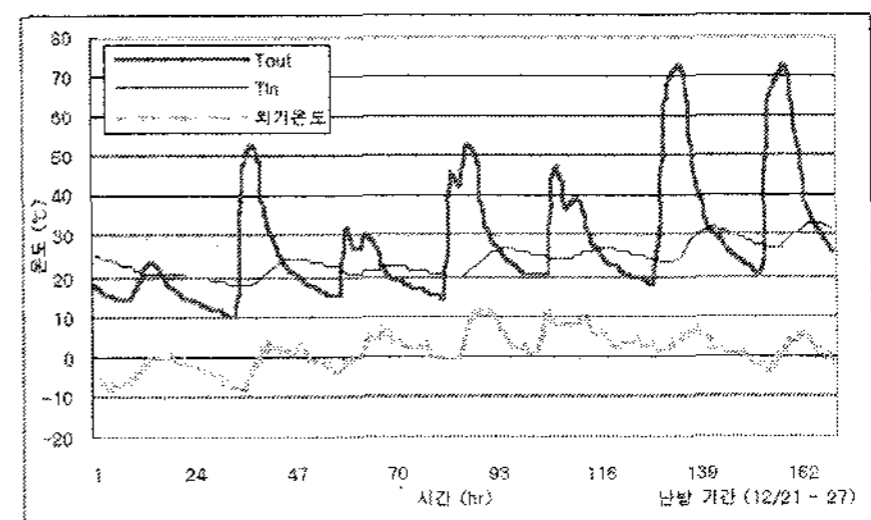


그림 9. 흙벽돌 축열벽 내·외부 표면온도 변화

이를 통해 트롬월의 각 유형별 축열벽을 통한 열전달 지연효과<sup>29)</sup>를 살펴보면, 콘크리트는 약 8.3시간, 흙벽돌은 약 8.6시간, 다짐벽은 약 10시간으로 나타났다. 따라서 열전달 지연효과가 길게 나타난 흙을 축열벽 재료로 사용하는 경우, 실내 온도를 비교적 균일하게 유지시키는데 유리함을 알 수 있다.

#### 4. 결 론

본 논문에서는 자연형 태양열 시스템 중 축열 성능을 이용하며 대류에 의한 열획득이 가능한 트롬월 시스템에 친환경적인 흙을 축열벽 재료로 이용하여 그 열성능을 평가하였다.

콘크리트와 흙을 이용한 트롬월의 기준 모델을 설정하고 열성능을 시뮬레이션하여 다음과 같은 결과를 도출하였다.

난방기간 동안 흙 이용 트롬월의 총 에너지 획득량은 콘크리트 트롬월에 비해 많은 것으로 나타났다. 획득된 에너지 성분으로는 콘크리트 트롬월에 비해 흙을 이용한 트롬월의 경우 대류를 통한 에너지 획득량( $Q_{vent}$ )이 전도를 통해 얻어지는 에너지량( $Q_{wall}$ )보다 상대적으로 많았다. 이는 흙이용 트롬월이 콘크리트 트롬월보다는 주간 이용건물에 더욱 적합하다는 것을 나타낸다.

흙은 콘크리트에 비해 다소 축열성능이 떨어지나, 단열성능은 상대적으로 우수하다. 따라서 축열체를 통한 열전달 지연효과가 콘크리트에 비해 길고, 축열벽 내부의 표면온도 변화도 적게 나타났다. 이것은 흙 이용 트롬월이 콘크리트 트롬월에 비해 실내온도 변화를 적게 하여 균일한 실내온도 조성에 유리함을 보여주는 것이다. 이와 같이 흙을 이용한 트롬월의 열성능이 콘크리트 트롬월에 비해 우수함을 확인하였다. 한편 실내 벽으로 적용된 흙벽은 실내 습도 및 소음 조절에 유리하여 부가적인 실

내 환경조절에 대한 부가적인 효과를 얻을 수 있다.

본 논문은 시뮬레이션을 통해 흙 이용 트롬월의 열성능을 분석하는 것으로 한정하였으나, 향후 실험을 통해 트롬월의 에너지 성능을 평가하는 모델을 검증하는 연구가 필요하다. 그리고 검증된 모델을 이용하여 트롬월의 디자인 변수에 따른 구체적인 에너지 성능의 변화 분석으로 흙을 이용한 트롬월 시스템의 최적화 연구가 필요하다.

#### 참 고 문 헌

1. 김광화, 김명진, "PCM(Phase Change Materials)을 이용한 자연형 태양열 시스템의 축열성능에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, Vol.8, No.2, pp.376-380, 1988
2. 김동환, 황정하, "자연열 태양열 트롬월 방식에서의 야간단열에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 논문집, Vol.8, No.2, pp.372-376, 1988
3. 김두천 외, 1996, "건물의 공조부하계산용 표준전산 프로그램 개발 및 기상자료의 표준화 연구", 통상산업부 연구보고서, 94-p-11-03
4. 김용부, 흙건축과 기술, 대한건축학회지, Vol.36, n.3, pp.36-41, 1992
5. 박정식, 심소희, 김형수, 이경희, "흙건축의 생태적 의미와 현대적 이용에 관한 연구", 대한건축학회 논문집, Vol.20 No.2, pp.861-865, 2000
6. 안태경, 전봉구, 1988, "자연형 태양열 시스템 야간 단열 구조의 열성능에 관한 실험적 연구", 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, Vol.8, No.2, pp.380-385
7. 임상훈, 서응철, "흙건축에 관한 연구", 한국생태환경 건축학회 논문집, Vol.2, No.2, pp.45-50, 2002
8. 정현채, 김경영, "Passive system에서 Trombe Michel wall과 창문의 효과", 한국태양에너지학회 논문집, Vol.4, No.1, pp.29-43, 1984
9. 흙의 분류, [http://www.architerre.com/men02\\_02.php3](http://www.architerre.com/men02_02.php3), Architerre(흙건축), 2003
10. Adobe & Earth, [http://www.egt.bme.hu/eco-build/greencon/f05\\_0620.htm](http://www.egt.bme.hu/eco-build/greencon/f05_0620.htm), Faculty of Ar

29) 축열벽 실내측 표면온도와 외부측 표면온도와의 차이를 나타내는 것으로 구조체의 타임랙(실외온도 최고점과 실내온도 최고점 사이의 시간)과는 다른 의미로 계산됨



- chitecture, Budapest University Technology & Economics, 2003
11. J. Dethier, Down to Earth, New York: Facts on File, Inc, 1991
  12. L. Elizabeth and C. Adams, Alternative Construction, New York: Wiley & Sons, 2000
  13. W. U. Fritz and S. M. Merry, "Experimental investigation of optimum compaction parameters for rammed earth construction", Proceedings of the BETEC Sustainable Buildings III Symposium, National Institute of Building Sciences, Santa Fe, 2001
  14. V. Maniatidis and P. Walke, A Review of Rammed Earth Construction, University of Bath, 2003
  15. T. Matuska, "A simple trombe wall: comparison of different glazings", Proceedings of EuroSun 2000, Copenhagen, 2000
  16. G. F. Middleton, Earth-Wall Construction, National Building Technology Centre, 4th ed, 1987
  17. H. Houben and H. Guillaud, Earth Construction - A Comprehensive Guide, Intermediate Technology, 1994
  18. H. Onbasioglu and A. N. Egrican, "Experimental approach to the thermal response of passive systems", Energy Conversion and Management, Vol.43, I.15, pp.2053-2065, 2002
  19. S.J. Ormiston, G.D. Raithby, & K.G.T. Hollands, "Numerical predictions of natural convection in a Trombe wall system," International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol.29, I.6 pp869-877, 1986
  20. Passive solar design-thermal mass, <http://www.newtonhouse.info/thermal.htm>, Newton House, 2003
  21. Standards Australia, The Australian Earth Building Handbook, Sydney: Standard Australia International Ltd, 2002
  22. TRNSYS Reference Manual, Volume 1, Solar Energy Laboratory, University of Wisconsin-Madison, 2000
  23. L. Zalewski and M. Chantant, "Experimental thermal study of a solar wall of composite type," Energy and Buildings, Vol25, I.1, pp7-18, 1997
  24. L. Zalewski, S. Lassue, B. Duthoit and Butez, "Study of solar walls- validating a simulation model", Building and Environment, Vol.37, I.1, pp.109-121, 2002