

전통 농촌주택(흙집) 심벽의 단열 특성

Characteristics of Insulation of Core Wall for Traditional Rural House (Earthen House)

리 신 호*

Rhee, Shin Ho

Abstract

The insulation characteristics of earthen core wall were studied in this paper. The overall heat transfer coefficients(U) were obtained through experiment in accordance with Korea Industrial standards. The result of the experiment are compared with the Regional Overall Heat Transfer Coefficient(U) of Building. This results inform that core wall with soil can be used as building walls because the insulation characteristics agree to the rule of building standards.

Keywords : Core wall, Rural house, Insulation, Overall heat transfer Coefficient, Thermal conductivity, Earthen house, Traditional house

I. 서 론

우리 나라의 전통 농촌주택은 흙집으로 지어져 왔는데, 뼈대는 나무로 하고 벽은 흙벽으로 한 목조심벽집이 대부분이다. 심벽은 댓가지, 수수깡, 찌리, 잡목 등으로 외를 얹고 짚을 썰어서 섞은 흙을 초벽, 맞벽, 재벽(마무리)으로 발라서 만들었다. 이런 흙집은 온도와 습도의 변화가 적고 일정하게 해주어서(항온 항습성) 사람이 살기에 좋은 집으로

알려져 있다.^{2),5)} 그러나 산업화와 더불어 우리 사회가 고생산, 고효율성을 추구하며, 특히 1970년대 새마을 운동으로 시멘트 블록과 벽돌, 콘크리트, 철근콘크리트를 이용한 집이 많이 지어지면서 농촌주택의 주종을 이루게 되고 최근에는 조립식 주택이 농촌에 들어서면서, 전통적으로 유지되어온 목조심벽집은 거의 사라지게 되었다. 그러나 최근 흙이 가지고 있는 재료로서의 자연친화 성질과 흙으로 지어지지 않은 집에서 습기 문제와 구성의 단조로움, 부드럽지 못한 느낌, 건강성 등으로 인해 흙을 이용한 집에 관심이 증가되고 있다.

흙 건축물의 대표적인 우리 나라 흙집은 한옥, 전통주택, 고건축 등으로 불리며 우리 농촌주택의 전통을 유지해 왔으며, 방바닥에서 벽, 지붕까지 모

* 충북대학교 농과대학
Tel.: +82-43-261-2574
fax: +82-43-273-5922
E-mail address: tou666@cbnu.ac.kr

두 흙으로 이루어져 있다. 재료의 단열성은 외부와 내부의 온·습도 차에 의한 열관류의 특성이 많은 영향을 받으므로 건축법에 열관류율을 그 기준으로 삼고 있다.^{3),4)} 흙으로 된 벽의 열전도율이나 열관류율에 관한 연구가 최근 시도되었으나⁶⁾ 아직은 재료로서 흙의 물리적, 환경적 특성을 규명하는데 그치고 있고, 심벽에 대한 여러 가지 환경요소의 특성은 규명하지 못하고 있는 실정이다. 또한 건축에 관련된 기준에도 흙집과 흙 재료는 나와 있지 않다. 따라서 심벽으로 구성하는 흙집을 짓고자 하여도 건축 설계 기준에 맞는 단열 특성을 만족하는지 알 수 없는 실정이다. 심벽의 단열성능은 구성 재료의 물리적인 요인과 기상조건 등의 환경적인 인자가 있다.

본 연구에서는 전통 농촌주택인 목조심벽집의 벽체인 심벽의 모형 시험편을 제작하여 열관류율을 구했고, 건축물의 단열성 기준인 '지역별 건축물 부위의 열관류율' 규정과 비교를 통해 흙벽의 적합성을 평가하여 제시하고, 질 함유율, 상대습도, 다짐 에너지의 변화에 따른 시험 결과를 정리하여 전통적인 심벽 시공법의 타당성을 검증하였다.

II. 열관류율과 단열¹⁾

심벽이 건축물의 벽체로서 사용되기 위해선 단열 성능이 규명되어야 한다. 두 물질 사이의 온도차가 주어질 때 온도차에 따른 열에너지의 이동현상을 열전달이라고 하며, 단열은 열전달과 관련된 재료의 성질이다. 여기에는 벽체의 온도경사가 주요한 변수가 되며, 이때 단열 특성은 열전도율(thermal conductivity)과 열관류율(overall heat transfer coefficient)로 나타낸다. 열전도율이란 건물의 벽체를 통과하여 열에너지가 이동하는 것으로 고정된 매질을 통해 열에너지의 흐름만 주어지며, 항상 고온에서 저온으로 흐른다. 반면, 열관류율은 열전도를 포함하여 벽체에 전달되는 대류열전달-전도열전달-대류열전달의 세 과정의 조합으로 이루어지

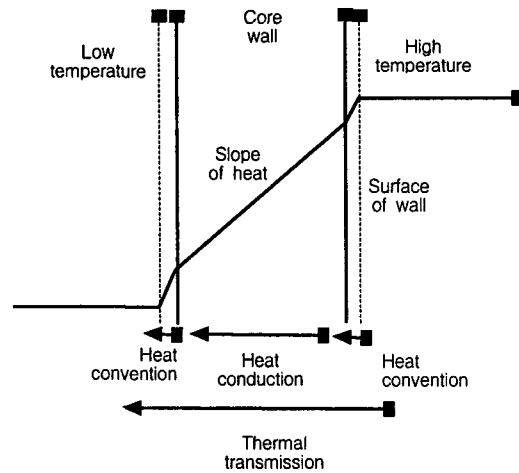


Fig. 1 Schematic diagram of thermal transmission for core wall

는 복합열전달현상을 의미하며, 벽체 등에서 열적 특성을 가장 잘 나타내는 값이다. 심벽을 통한 열관류 현상을 그림으로 보면 Fig. 1과 같다.

III. 재료 및 실험방법

1. 재 료

예로부터 집을 지을 때 사용한 점토질 흙으로 모형 벽체를 제작하였는데, 흙의 채취장소는 경기도 수원이었다. 흙의 성질을 알아보기 위해 기초 물성 실험을 실시한 결과는 Table 1과 같으며 통일분류 방법으로는 CL로 분류되고, 입도분포곡선은 Fig. 2와 같다.

벽체의 강도 증진과 균열제어를 위한 보강 재료인 짚은 약 5 cm 길이로 절단하여 흙에 섞었다.

Table 1 Physical properties of soil materials

G _s	LL	PI,	USCS	OMC	max. dry density
2.62	38.4 %	17.2 %	CL	19.2 %	1.70 g/cm ³

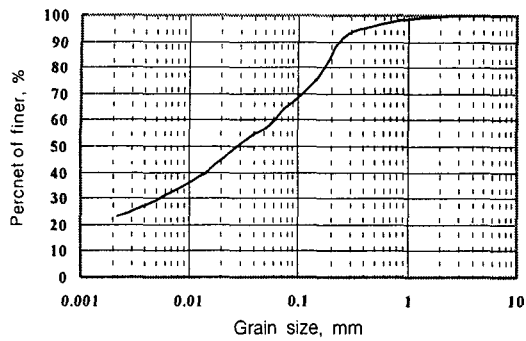


Fig. 2 Grain size distribution curve of soil materials

2. 실험장치

실험장치는 KS F 2299에 제시된 방법에 따라 제작하였으며, 가열 장치, 냉각 장치, 가습 장치, 온·습도 조절기, 온도측정기, 전원 장치 등으로 구성된다. 가열실과 냉각실은 스테인리스 재질과 석면의 단열재로 이루어진 두께 100 mm의 벽으로 이루어져 보온이 되며, 외기의 온·습도 영향을 아주 적게 받게 하였다. 가열실과 저온실 모두 온·습도를 제어할 수 있어, 원하는 온도 및 습도 환경

을 구성할 수 있도록 하였다. 실험기구에서 가열, 가습하는 곳을 가열실이라 하고, 그렇지 않은 곳을 냉각실이라 한다. 실험장치의 모식도는 Fig. 3과 같다.

가열실과 냉각실의 크기는 벽체의 폭과 높이에 맞추어 50×50 cm로 제작하였고, 시험체의 크기는 20 cm의 두께로 제작하였으나 두께는 조절이 가능하게 하였다. 실험장치 중 가열장치는 디지털 온·습도 조절장치로부터 입력받은 온도에 맞게 가열 또는 냉각을 한다. 가열 및 냉각범위는 -30℃에서 60℃이다. 또한 가습장치도 외부로부터 들어오는 증류수를 설정 습도에 맞게 가습 또는 건조한다. 가습할 수 있는 상대습도의 범위는 35%에서 98%까지이다. 송풍장치는 가열실과 냉각실의 초기 온·습도 분포를 균일하게 하기 위해 가열실과 냉각실의 한쪽 벽면으로부터 바람을 보낸다. 온도 측정은 열전대를 사용하였고, 측정범위가 -200℃에서 200℃인 T형이다. 습도측정은 열전대를 이용한 아스만 통풍 건습구 온도계를 사용하였고, 건구온도와 습구온도를 측정하여 상대습도를 계산한다.

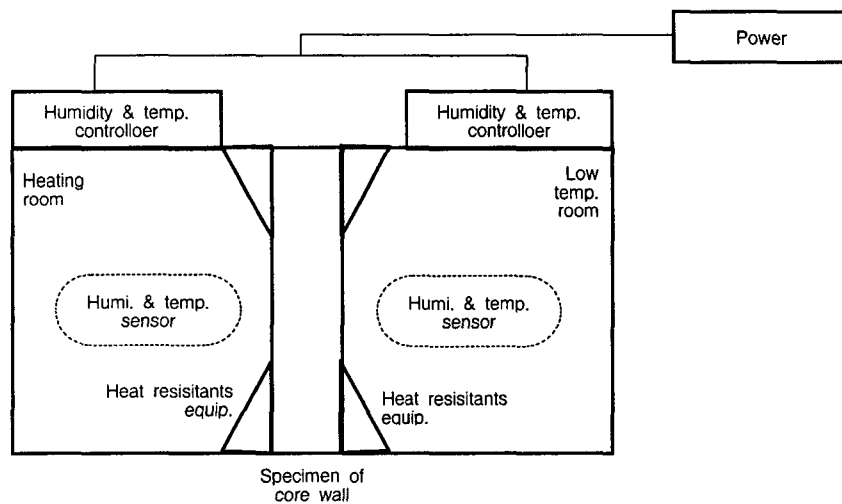


Fig. 3 Experiment equipment for core wall

3. 실험방법

분쇄한 건조토를 최적함수비 조건에 맞도록 물을 섞어 습윤토로 만들고, 24시간 이상 안정시킨다. 흙에 짚을 혼합비에 맞게 넣고 충분히 섞어서 골고루 분포하게 한다. 혼합된 재료는 50×50×20 cm 크기의 형틀에 넣어 다진다. 시험체 모형의 두께는 앞 선 연구 결과²⁾를 바탕으로 단열성이 충분하다고 여겨지는 크기인 20 cm로 결정하였다. 이 때 다짐은 최적함수비로 5층 이상 다지며 표준다짐에너지를 기준으로 한다. 다진 시험체는 형틀을 풀지 않은 상태로 하루 정도 기건한다. 그 후 형틀을 분해하고, 시험체를 건조실에 양생한다. 이때, 건조 온도는 40℃, 상대습도는 30%에서 40%이다. 시험체는 함수비의 변화가 없을 때까지 충분히 양생한다.

온도와 습도 계측은 먼저 완성된 시험체를 가열실과 냉각실 사이에 밀어 넣어 고정한다. 이 때 관류 열량을 측정할 수 있도록 시험체의 양쪽 면 중 표면에 금이 있거나 매끄럽지 못해서 열적 약점이 되는 면을 가열실에 접하도록 한다. 시험체와 가열실의 접촉면에 틈이 생기지 않도록 패킹재로 1차 단열하며, 보호 단열막에 패킹재를 발라 2차로 단열한다.

측정은 가열실과 냉각실의 공기 및 표면 온도와 습도가 충분히 정상 상태로 된 것을 확인한 후 실험을 시작한다. 가열실과 냉각실의 온도차를 발생시킨 후 가열실과 냉각실의 온도가 평형상태가 이루어지면 실험을 끝낸다. 실험 초기 조건으로 습도는 생활에 적합한 70%를 기준으로 하고 50%, 90% 등 세 가지 경우에 대해서 설정하며, 온도는 여름철 외기 온도와 유사한 30℃에 대해서 설정한

다. 평형상태가 되면 가열실을 가열하거나 냉각하여 가열실과 냉각실의 온도차를 15, 30, 40℃가 되도록 하였다. 외기 조건인 가열실의 온도는 표준 온도(봄, 가을 기준) 15℃와 겨울 환경 -10℃, 0℃, 여름 환경 45℃ 등 세 가지로 하였다. 시험체에 사용된 벽체는 중량비로 짚을 0.3, 1.0, 3.0%의 세 종류와 표준다짐에너지를 사용한 것과 1/2배를 사용한 것 두 종류를 사용하였다.

IV. 결과 및 고찰

건축물의 설비기준 등에 관한 규칙(2001. 01. 17. 건설교통부령 제270호)과 건축물의 에너지절약설비기준(2001. 05. 11. 건설교통부 고시 제2001- 118호)에 발표된^{3),4)} '지역별 건축물 부위의 열관류율' 규정중 거실의 외벽에 대한 기준은 Table 2와 같다. 거실의 외벽이 벽체에 해당하므로 이 항을 기준으로 하고 열관류율 제한값이 높은 중부지방을 실험 결과와 주로 비교하였다. 여기서 중부지방은 서울특별시, 인천광역시, 경기도, 강원도(강릉, 속초, 고성, 양양군 제외), 충청북도(영동군 제외), 충청남도(천안시), 경상북도(청송군) 지역이다. 남부지방이나 제주도 지방은 열관류율 제한이 이 지역보다 크다.

1. 짚 함유량에 따른 변화

짚의 함유율에 따른 열관류율은 Table 3과 Fig. 4와 같다. 표와 그림에서 볼 수 있듯이 15℃에서 열관류율이 최고값을 나타내는 것을 볼 수 있다. 이는 Table 2에서 창 및 문에 해당하는 열관류율

Table 2 Regional overall heat transfer coefficient (U) of outer wall of room (Unit : w/m² · K)

Region	Middle	South	Jeju
Direct air	< 0.47	< 0.58	< 0.76
Indirect air	< 0.64	< 0.81	< 1.10

Table 3 Overall heat transfer coefficient (U) according to straw content ratio (RH 70%, standard compaction, thickness of test wall 20 cm)

Straw content ratio	0.3%				1.0%				3.0%			
	Temp. °C	45	15	0	-10	45	15	0	-10	45	15	0
U, W/m ² ·K	0.69	4.10	0.88	0.53	0.55	4.51	1.83	0.55	0.67	1.62	0.55	0.40

이나 실제 우리가 생활하는 적정온도가 18°C로 외기의 온도가 15°C 정도인 봄이나 가을에는 열관류율이 높고 낮음에 실제 큰 영향이 없다고 할 수 있다. 우리나라의 경우 벽체의 단열성 즉, 열관류율이 중요한 역할을 수행 하는 시기는 춥거나 더울 때, 즉 겨울이나 여름이라 할 수 있다. 표에서와 같이 45°C일 때의 열관류율은 짚 함유율 0.3, 1.0, 3.0%일 때 각각 0.69, 0.55, 0.67 W/m²·K으로 외기에 간접 면하는 경우의 열관류율 조건(0.64 W/m²·K 이하)에 부합하였고 외기에 직접 면하는 조건(0.47 W/m²·K 이하) 보다는 큰 값이었다. -10°C일 때의 열관류율은 0.53, 0.55, 0.40 W/m²·K으로 45°C일 때보다 더 작아지고, 외기에 간접 면하는 조건보다는 작은 값이었고, 직접 면하는 조건보다는 약간 큰 값이거나 다소 작은 값이었다.

이 결과를 보면, 심벽은 외기와 실내의 온도가 비슷한 봄, 가을의 경우에 열관류율이 커서 열흐름이 비교적 크지만, 겨울과 여름 즉, 단열이 필요한 시기에는 열관류율이 작아 열의 흐름을 막아주는

것을 알 수 있다. 따라서 심벽은 우리나라 건축물 기준에 적합한 벽이다.

짚을 중량비로 1.0% 넣은 경우 열관류율이 가장 높게 나왔고, 3.0%를 넣은 경우는 가장 낮았다. 짚의 양이 많아지면 미세한 공기층이 많아져서 열관류율이 낮아 질 것으로 예상한 것과 약간 다른 측정값이 나왔다. 이 현상은 짚의 함유량 1.0%는 적절한 양이 되지 못하고, 함유량이 많은 3.0%인 경우가 가장 적절한 양으로 단열성능을 높이는 것을 알 수 있다. 쉬울 때 경험을 미루어 보면, 짚은 함유량이 적은 경우도 골고루 분포되고, 양이 다소 많아야 분산이 좋아지는 현상이 실험 결과에 그대로 나타난 것으로 생각된다.

이 결과로 보면, 짚은 충분히 많이 들어가야 단열성이 좋아지므로 초벽과 맞벽은 짚을 3.0% 정도로 많이 넣어서 시공하고, 재벽은 0.3% 정도의 아주 적은 량을 골고루 섞어서 마무리 하는 것이 좋다. 이 방법은 전통적인 심벽의 시공 방법과 같다.

2. 상대습도에 따른 변화

강우가 있는 날과 건조한 날에 따른 단열 성능을 알기 위해 측정된 상대습도 별 열관류율 값은 Table 4와 같고, 그림으로 나타내면 Fig. 5와 같다. 온도 15°C에서는 상대습도가 50, 70, 90%로 변화하면 열관류율의 변화폭이 크게 나타났고, 0°C와 45°C인 경우 변화 정도가 작는데, 50%와 70%의 경우는 거의 같은 값이고, 90%인 경우는 약간높게 나타났으며, -10°C인 경우는 상대습도가 변해도 같은 값 0.40 W/m²·K이었다. 상대습도 90%인

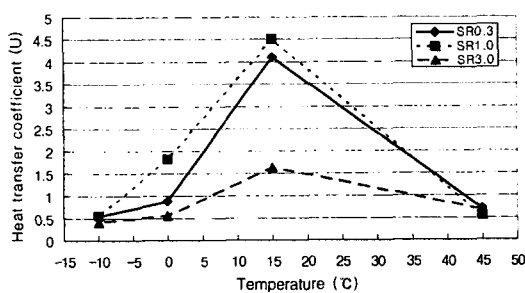


Fig. 4 Overall heat transfer coefficient (U) according to straw content ratio (RH 70%, standard compaction, thickness of test wall 20 cm)

Table 4 Overall heat transfer coefficient (U) according to relative humidity (straw content ratio 3.0%, standard compaction, thickness of test wall 20 cm)

Relative humidity	50%				70%				90%			
	Temp. °C	45	15	0	-10	45	15	0	-10	45	15	0
U, W/m ² · K	0.63	1.87	0.55	0.40	0.67	1.62	0.55	0.40	0.88	3.36	0.85	0.40

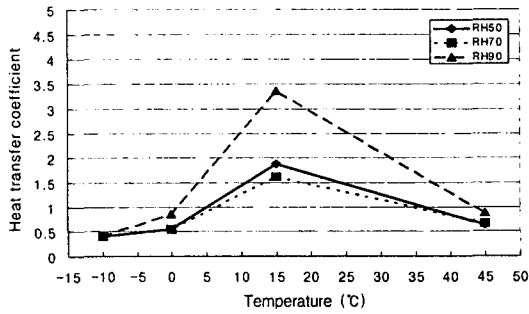


Fig. 5 Overall heat transfer coefficient (U) according to straw content ratio (straw content ratio 3.0%, standard compaction, thickness of test wall 20 cm)

경우를 제외하고 겨울과 여름에 해당하는 온도 -10°C, 0°C, 45°C의 열관류율은 거실의 외벽이 외기에 간접 면하는 경우(0.64 W/m² · K 이하)의 값 근처에 있고, -10°C의 경우는 거실의 외벽이 외기에 직접 면하는 경우(0.47 W/m² · K 이하)의 열관류율에도 충분한 값이었다.

봄과 가을에는 상대습도가 열관류율에 영향을 미치는 반면, 여름과 겨울에는 별 영향이 없다. 즉, 강우의 변화는 심벽의 단열성에 큰 영향이 없다고 볼 수 있다.

3. 다짐에너지에 따른 변화

심벽을 만들 때 어느 정도 다지면 좋은지 알기 위해 시험한 다짐에너지에 따른 열관류율 값은 Table 5와 같고, 그 변화는 Fig. 6과 같이 나타난다. 표준다짐에너지의 1/2만 주어서 다진 경우의 열관류율은 표준다짐에너지로 다진 것 보다 낮은

Table 5 Overall heat transfer coefficient (U) according to compaction energy (straw content ratio 1.0%, RH 70%, thickness of test wall 20 cm)

Compaction energy	Standard				1/2 of standard			
	Temp. °C	45	15	0	-10	45	15	0
U, W/m ² · K	0.55	4.51	1.83	0.55	0.62	2.87	0.65	0.43

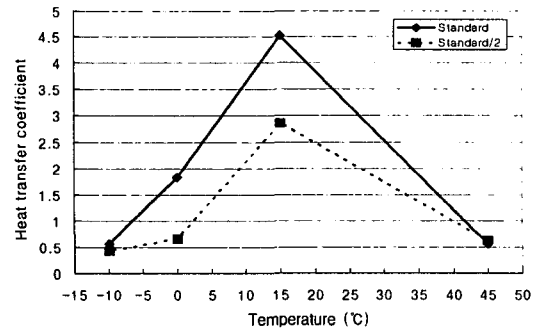


Fig. 6 Overall heat transfer coefficient (U) according to compaction energy (straw content ratio 1.0%, RH 70%, thickness of test wall 20 cm)

값이고 45°C인 경우만 약간 높았다. 표준다짐에너지는 심벽을 사람이 만드는 경우를 생각하면 힘이 아주 많이 드는 상태인데 절반의 에너지는 사람이 던지거나 손으로 다져서 충분히 가능한 값이다.

따라서 심벽은 옛날부터 해 온 대로 사람이 던지는 초벽과 손으로 다지는 맛벽, 흙손으로 눌러 발라 마감하는 채벽으로 하면 거실의 외벽 기준에 만족하는 벽이 되는 것이다.

V. 결 론

건축 관련 기준에 전통 농촌주택의 대부분인 흙집과 흙 재료는 나와 있지 않아 흙으로 된 벽을 만들어 집을 짓고자 하여도 건축 설계 기준에 맞는 단열 특성을 만족하는지 알 수 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 전통 농촌주택인 목조심벽집의 벽체인 심벽의 모형 시험편을 제작하고 KS에 규정된 방법에 의해 열관류율을 구하고, 건축물의 단열성 기준인 '지역별 건축물 부위의 열관류율'과 비교를 통해 흙벽의 적합성을 평가하였다.

짚 함유율, 상대습도, 다짐에너지의 변화에 따른 심벽의 열관류율 시험 결과를 정리하고, 전통적인 시공법과 비교한 결과는 다음과 같다.

1. 심벽의 두께가 20 cm이면 우리나라 건축물 단열 기준에 적합하다. 외기 온도 15℃는 열관류율 기준을 넘어서는데 실내 적정 온도가 18℃인 점을 고려하면 열관류율의 높고 낮음이 단열성에 큰 영향이 없다.
2. 짚 함유량이 중량비로 3.0%이거나 0.3%이면 1.0%인 경우보다 단열성이 좋아진다. 초벽과 맞벽은 짚을 많이 넣어서 시공하고, 재벽은 아주 적은 양을 골고루 섞어서 마무리 하는 전통적인 심벽의 시공 방법이 증명된다.
3. 상대습도가 변해도 열관류율 값은 큰 변화가 없으나, 온도 15℃에서는 변화 정도가 크다. 봄과 가을에는 상대습도가 열관류율에 영향을 미치지만 여름과 겨울에는 별 영향이 없으므로, 강우의 변화는 심벽의 단열성에 큰 영향이 없다고 볼 수 있다.
4. 다짐에너지의 크기로 보면, 표준보다 1/2만 준 경우가 단열성이 더 좋아진다. 던져 넣는 초벽과 다지는 맞벽, 눌러서 마감하는 재벽으로 만드는 전통 심벽 시공법이 적합하다는 근거이다.
5. 전통 농촌주택인 목조심벽집의 심벽은 짚을 넣어서 균열을 억제하면서 단열성을 높이고 초벽, 맞벽, 재벽의 시공법은 단열성을 높이는 면에서 적합한 방법인 것을 알 수 있었다. 옛집은 심벽의 두

께가 10 cm 내외라서 단열성이 떨어져서 추웠던 것이다. 즉, 흙벽은 건축물에 사용되어도 현재의 기준에 전혀 손색이 없는 재료임을 알 수 있다. 특히 우리나라 기온의 특성상 사계절이 뚜렷하여 계절에 따른 열관류율의 유동이 좋은 흙은 매우 좋은 재료이다.

6. 환경문제가 대두됨에 따라 건축물에도 친환경 재료의 사용이 필요하게 되었다. 흙은 자연에서 온 재료로 인간의 간섭만 없으면 스스로 자연으로 돌아가는 건축 재료로서 친환경 재료의 정답이라 할 수 있고, 전통적으로 우리의 조상들이 사용해 왔다. 특히 농촌에 급속히 지어지고 있는 조립식 주택, 시멘트 소재 주택의 확산을 막기 위해서 더 많은 연구와 더 많은 실험을 통해 흙 재료를 이용한 건축물의 대중화와 실용성을 극대화시켜야 하겠다.

References

1. Kim, M. K., S. W. Nam, W. M. Seo, Y. C. Yoon, S. K. Lee, and H. W. Lee, 2000, *Agricultural Facilities Engineering*. Seoul: Hwangmunsa.
2. Rhee, S. H. 1997. Development of a rural house model for tradition and environmental conservation. 191-213. Seoul: Korea Ministry of Agriculture and Forestry.
3. Ministry of Construction and Transportation, 2001. Design Standard of Energy Saving for Building., MOCT notification No. 2001-118
4. Ministry of Construction and Transportation, 2001. Rule of design standards of equipment for building, MOCT notification No. 270
5. Rhee, S. H., M. Y. Oh, 1995, Influence of residential environment by variation of temperature and humidity at soil-material house, *Regional Development Research* Vol.6, pp.173-189. Research Institute of Regional Development Chungbuk Nat'l University
6. Seo, D. W. 2000. A study on characteristics of thermal conduction of soil wall, MS. diss. Seoul: Seoul National University. (in Korean)