

합판 벽체의 단열성능¹

박준철² · 홍순일²

Adiabatic property of plywood wall panel¹

Jun-Chul Park² · Soon-Il Hong²

요 약

본 실험에서는 합판벽체내의 단열재 종류에 따른 단열성능을 비교 평가하였다. 열의 통과량을 비교해 보기 위하여 열관류 실험을 하였다. 열관류 실험결과 스티로폼과 유리섬유의 열관류율이 적게 나타났다. 용적비열은 황토보드와 집성목이 높은 결과를 나타내었다. 합판 벽체로 제작된 모형 주택을 이용한 실내의 온도변화를 비교해 본 결과 단열재료로 스티로폼과 유리섬유를 사용한 벽체의 경우 외부 온도에 쉽게 영향을 받는 것을 알 수 있었으며 용적비열이 높은 황토보드, 황토·톱밥 혼합재, 집성목을 사용한 벽체의 경우는 외부온도의 변화에 비해 적은 온도변화를 보였다.

실험결과 열관류율은 스티로폼과 유리섬유가 작았지만 용적비열이 높은 황토보드와 황토·톱밥 혼합재, 집성목이 단열성능면에서 우수함을 나타내었다.

ABSTRACT

Adiabatic property of plywood wall panel was examined to evaluate their thermal conductivities. The amount of heat loss was investigated through overall heat transmission experiment. Styroform and grass wool showed less heat loss. However, yellowsoil board and laminated lumber showed high volume specific heat capacity. When the changes of indoor and outdoor temperature were checked in model house, wall manufactured with styroform and grass wool was affected easily by the changes of outdoor temperature. Yellowsoil, the mixed board of yellowsoil and sawdust, and laminated lumber, which have high volume specific heat capacity, were not affected much.

The rates of overall heat transmission were much better in styroform and grasswool, but the adiabatic properties were much higher in yellowsoil board and the mixed board of yellowsoil and sawdust. The results showed that the insulating material can be developed using yellowsoil and wood, which are nature friendly materials.

Keywords : adiabatic, overall heat transmission, volume specific heat

1. 접수 2002년 8월 31일 Received on August 31, 2002
2. 강원대학교 산림과학대학 임산공학과 Dept. of Wood Science & Technology, College of Forest Sciences, Kangwon National University, Chunchon 200-701, Korea

서론

우리나라는 근래에 국민생활의 향상과 더불어 주거생활에도 많은 변화가 생겼다. 삭막하고 획일화된 기존의 생활방식에서 벗어나 자연과 함께 하는 전원생활을 추구하고 있다. 현재 전원생활을 꿈꾸는 사람들이 선호하는 목조주택의 원료인 목재는 친환경적인 소재이며, 재생 가능한 자원으로서 21세기를 맞아 그 수요가 계속 증가할 전망이다. 목조주택의 경우 주택의 미적 요소와 공간의 실용성뿐만 아니라 주택 관리 면에서 에너지절감에도 관심을 가지게 되었다.

건물의 에너지 절감이라든가 거주성 향상 등의 목적으로 재료를 선택할 때에는 기능별로 분류한다. 기능별 분류를 살펴보면 구조재료, 마무리재료, 단열재료, 흡음재료, 차음재료, 차광재료, 방수재료, 조습재료, 불연재료, 접합재료로 분류할 수 있다.

주거환경 중 중요한 실내기후는 실내온도, 습도, 풍속, 방사열등에 의해 나타난다^{1,2)}. 주택의 실내기후는 보통 주택의 기후조절작용에 의존하는 이상 주택구조체의 열저항이나 열용량에 지배를 받는다⁴⁾. 또한, 상대습도에 의한 결로현상은 상대습도를 기술적으로 제어할 수 있는 공조설비를 이용하는 것과 내벽면에 흡습재료를 이용하는 방법등으로 방지하고 있다³⁾. 이와 같이 주택의 실내기후는 벽체의 단열 성능과 재료에 큰 영향을 받는다.

주택의 시공 시 건축재료는 천연재료를 인공 재료로 하는 공장제품화, 가공도의 증가, 시공 시간의 콘트롤, 고성능화, 고급화, 불연화·난연화 등으로 향상되었다. 특히, 건축물에 소비되는 에너지의 양은 국가 총 에너지소비량의 1/3을 차지하고 있어 에너지 절약방안을 수립할 필요성이 있다.

이에 본 실험은 기능별 분류의 하나인 황토를 이용한 단열 벽체를 제작, 사용하여 기존의 단열재를 사용한 벽체와 비교하여 성능을 검토하였다. 단열재란 물체에 흐르는 열의 열

전도저항을 크게 하여 열 흐름을 적게 하는 것으로 즉, 열전도율이 낮은 재료를 의미하며 통상 0.05(kcal/mh℃)이하의 열전도율을 가진 재료를 말한다. 단열재는 특히 태양의 직사광선에 노출되어 있는 지붕과 벽체 표면으로부터의 열의 유입을 방지하게 위해서 사용함으로써 난방비나 냉방비를 절감하는데 크게 도움이 된다.

본 실험은 황토를 이용한 단열재료를 사용하여 단열재를 만들고 단열재의 성능을 타 단열재와 비교하여 황토의 단열성능을 알아보는데 목적이 있다.

재료 및 방법

2.1. 공시재료

본 실험에는 소나무(*Pinus densiflora* S. et Z.)를 사용하여 목재 프레임을 제작하였으며 단열재로는 황토보드, 황토·톱밥 혼합, 집성목, 스티로폼, 유리섬유(KCC 금강고려화학 유리면 보온판 2호)를 사용하였다.

벽체는 두께 7.5mm의 5ply 일반합판을 사용하여 제작하였다.

황토보드는 황토와 물을 4:1 비율로 혼합하였으며, 내구성이 없는 단점을 보완하기 위하여 보드 중간층에 방충망을 삽입하여 10kgf/cm² 하중을 가하여 보드를 제작하였다.

황토·톱밥 혼합재는 보드로 제작하지 않고 황토와 톱밥을 6:1 비율로 혼합하여 사용하였다.

단열재료에 따른 벽체의 Type은 다음과 같다.

- Type 1. 황토보드,
- Type 2. 황토·톱밥 혼합재,
- Type 3. 집성목,
- Type 4. 스티로폼,
- Type 5. 유리섬유

2.2 실험방법

2.2.1. 열관류 계산

열관류 측정에 사용된 벽체는 그림 1과 같은 모형 벽체내 구성재료에 온도센서와 열류센서를 부착하였다. 실내측 구성벽체로 큰합판을 사용하여 그림과 같이 벽체들을 부착하여 시험 벽체를 제작하였다. 벽체는 항온항습장치의 개폐구에 고정시켜 각 측정점의 온도를 5분 간격으로 측정하였다. 각 측정 온도가 거의 변화가 없을때까지 측정을 계속하여 벽체 구성재료에 따른 열관류율을 계산하였다.

2.2.2. 모형 주택의 제작

단열성능을 비교 평가하기 위해 모형주택을 제작하였다. 프레임은 그림과 같이 A와 B type으로 제작하였으며 각각의 단열재를 넣고 두께 7.5mm의 5ply합판을 양면에 붙여 벽체를 제작하였다.

제작된 A와 B type의 벽체를 각각 2개씩 사용하고 위, 아래에 합판을 붙여 직육면체의 모형주택을 제작하였다.

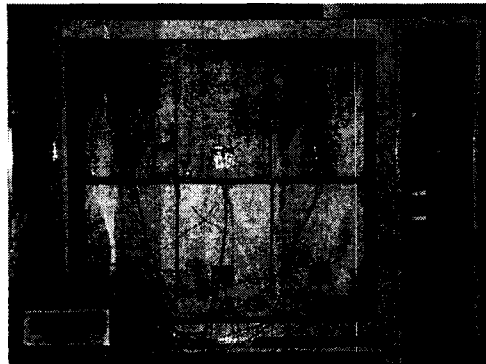
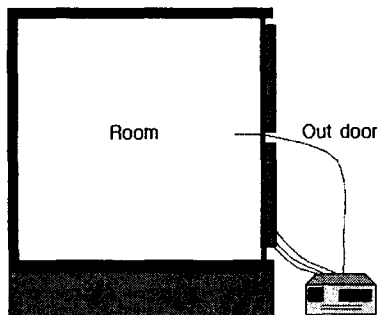
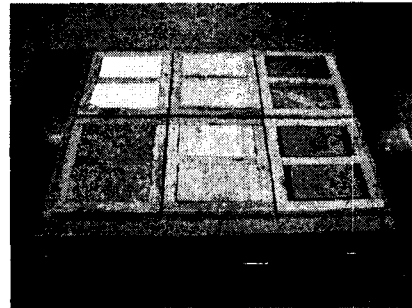
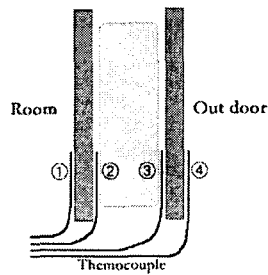


Fig. 1. Preparation of test specimens.

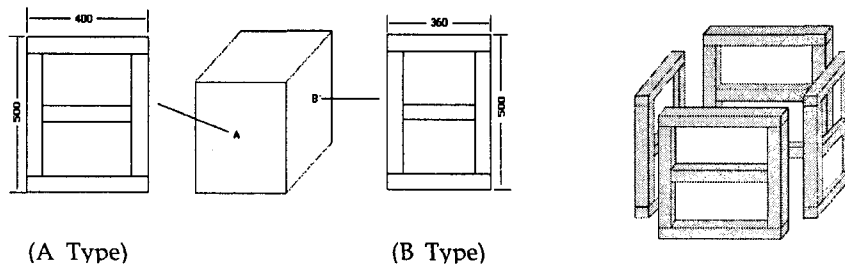


Fig. 2. Construction of model house.

2.2.3. 모형주택을 이용한 단열성능 평가

온도센서(thermocouple)를 사용하여 모형주택의 벽체내 온도, 실내온도, 실외온도를 측정하였다. 실험은 2000년 11월 7일 오후 7시부터 11월 11일 오후 4시까지 한시간 간격으로 94 시간동안 측정하였다.

용적비열은 집성목이 가장 높았으며 황토보드와 황토·툽밥의 혼합재도 높은 값을 나타내었다. 반면, 스티로폼과 유리섬유는 매우 낮은 값을 보였다.

Table 1. Comparison of heat-transfer coefficient.

	k [W/m ² · k]	Q [W]
Yellow soil	3.15	8.06
Yellow soil and saw	3.12	8.00
Wood	2.20	5.63
Styrofoam	1.21	3.09
Glass wool	1.23	3.14
None	2.76	7.05

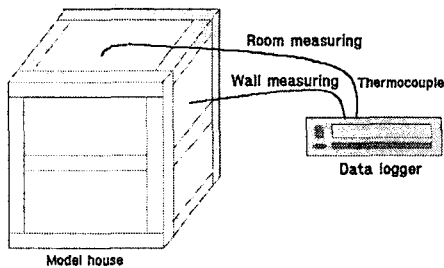


Fig. 3. Schematic diagram of measuring temperature.

결과 및 고찰

3.1. 열관류율

열관류율은 스티로폼과 유리섬유가 낮았으며 황토 board와 황토·툽밥이 높았다.

3.2. 모형주택의 온도변화

3.2.1. 실외온도변동

실외의 온도 변동을 보면 개시 후 20시간 이후부터는 온도가 급격히 상승하여 40시간경과 후엔 최고온도 9.1℃였고, 37시간 경과했을 때 최저온도 -2℃였다. 실외온도의 평균값은 3.6℃였다.

황토보드(type 1)와 집성목(type 3)을 이용한 벽체의 온도는 한 시간 후 각각 11.9℃와 13℃로 다른 type의 벽체에 비해 가장 높았다. 그리고 황토·툽밥(type 2)은 실외온도가 상

승 또는 하강 할 때마다 다른 type의 벽체 온도에 비해서 외기 온도에 민감한 반응을 보였다. 반면에 개시 후 실외 온도가 -2.2℃와 -1.6℃로 가장 낮아졌을 때에도 황토보드와 유리섬유(type 5)는 비교적 낮은 변동율을 보였다.

3.2.2. 실내온도변동

오전 7시부터 오후 6시까지를 낮(daylight)이라고 하고 오후 6시부터 오전 7시까지를 밤(night)이라고 하여, 최초개시 후 13~24, 44~48시간 경과된 지점을 낮, 0~12, 24~36, 48~60시간 경과된 지점을 밤으로 구분하였다.

낮시간에는 유리섬유(type 5)의 실내 온도가 가장 높았고, 집성목(type 3)의 실내온도가 가장 낮게 나타났다. 또한 밤 시간에는 유리섬유의 실내온도가 가장 높았고, 집성목의 실내 온도가 가장 낮게 나타났다. 그러나 낮의 경우 유리섬유와 집성목의 온도차가 큰 반면에 밤의 경우에는 비교적 작은 온도차를 보였다. 즉, 유리섬유의 경우 외부온도 변화에 쉽게 변동되어 일교차가 크게 나타나지만 집성목의 경우는 온도가 쉽게 변동되지 않으므로 단열 성능이 좋게 나타났다. 황토보드의 경우 집성목 다음으로 단열성능이 좋게 나타났다.

Table 2. Comparison of outdoor and wall temperature with time.

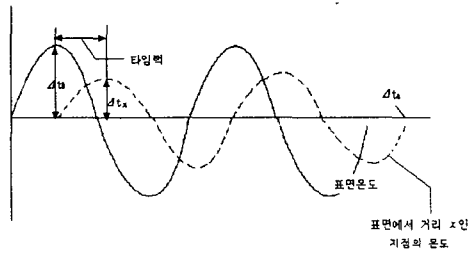
time	Outdoor	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5
13	1.6	5.1	3.6	3.1	3.6	4.5
21	8.2	8.2	13.5	9.5	8.8	9.5
37	-2.2	1.7	-0.1	-0.4	0.3	1.3
45	9.1	8.2	10.3	10	9.1	9.1
69	6.6	7.9	7.5	7.4	7.6	7.8
88	-1.6	2.2	2.5	2.9	2.4	2.2
94	9.2	8.2	11.4	11.8	10.3	9.1
	Outdoor	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5
21-37	10.4	6.5	14.6	9.9	8.5	8.2
45-69	3.5	0.3	2.5	2.6	1.5	1.3
88-94	10.8	6.0	8.9	8.9	7.9	6.9

Table 3. Comparison of outdoor and room temperature with time.

Time	Outdoor	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5
13	1.6	4.3	5.8	3.7	4.2	4.5
21	8.2	8.6	9.3	8.7	8.4	10.4
37	-2.2	0.9	0.5	0.4	11	0.9
45	9.1	9	6.2	9.7	8.8	9.8
69	6.6	7.7	7.5	7.8	7.7	7.7
88	-1.6	0.7	0.1	0.4	0.6	0.7
94	9.2	10.2	12.6	10.2	9.8	13.5
	outdoor	Type1	Type2	Type3	Type4	Type5
21-37	10.4	7.7	8.8	8.3	2.6	9.5
45-69	2.5	1.3	1.3	1.9	1.1	2.1
88-94	10.8	9.5	12.5	9.8	9.2	12.8

3.2.3. 표면온도의 사인파변화에 대한 실내의 온도변동

내부온도가 일정하게 유지된다 하더라도 외부온도는 항상 변화한다. 하루의 외기온도는 반복되는데 이것을 주기열류(periodic heat flow)라고 한다. 어느 증량벽의 한 면에 열이 전달되면 처음의 층은 많은 열을 흡수하여 그 열을 다음 층으로 전달된다. 이것이 지연효과(delaying)를 일으킨다.



- Δt_0 : 표면온도 진폭
- Δt_x : 표면에서 거리 x인 지점의 온도 진폭
- Δt_a : 평균온도
- 진폭 감쇠율 = $\Delta t_x / \Delta t_0$

진폭 감쇠율이 작을수록 구조체의 온도변화가 작은 것이다. 진폭 감쇠율은 집성목이 가장 작았고 유리섬유가 가장 컸다. 즉, 실외온도의 변동에 따라 집성목이 온도변화가 가장 작았고, 유리섬유가 가장 크게 변동했다.

결론

열관류 실험과 모형주택을 이용한 실험을 한 결과 열관류 실험에서 스티로폼과 유리섬유의 열관류율은 작게 나타났고 황토와 집성목의 경우에는 반대로 열관류율과 용적비열이 높은 값을 나타냈다.

실제 외기 조건에서 행한 모형주택의 실내외 온도 변동은 황토와 톱밥 혼합재를 사용한 벽체 모형의 실내 온도가 외부온도 변화에 따라 많이 변동하였고 황토보드와 유리섬유는 적게 변동하였다.

실내온도는 밤 시간일 경우 모든 Type에서 유사한 변화를 보였지만, 낮 시간인 경우에는 유리섬유의 실내온도 변화가 급진적이었다.

Table 4. Room temperature - average temperature.

	temperature							
	0	13	21	37	45	69	88	94
outdoor	5.3	2.0	4.6	5.8	5.5	3.0	5.2	5.6
type 1	8.5	0.7	6.7	4.7	6.5	4.1	4.3	6.6
type 2	7.7	0.3	7.0	4.1	6.7	4.0	3.7	9.0
type 3	7.2	0.1	5.3	4.0	6.4	4.2	3.7	6.6
type 4	7.7	0.6	5.5	7.4	6.2	4.2	4.2	6.2
type 5	8.2	0.9	8.9	4.5	7.6	4.2	4.2	9.9

Table 5. Decrement factor of room temperature.

	temperature								average
	0	13	21	37	45	69	88	94	
type 1	1.60	0.35	1.46	0.81	1.18	1.37	0.83	1.18	1.10
type 2	1.45	0.15	1.52	0.71	1.22	1.33	0.71	1.61	1.09
type 3	1.36	0.05	1.15	0.69	1.16	1.40	0.71	1.18	0.96
type 4	1.45	0.30	1.20	1.28	1.13	1.40	0.81	1.11	1.08
type 5	1.55	0.45	1.93	0.78	1.38	1.40	0.81	1.77	1.26

이것은 외기 온도 변화에 실내온도 변화가 쉽게 일어난다는 것을 알 수 있었다. 그리고 집성목의 경우 전체적으로 온도가 낮았지만 외기온도 변화에 따른 실내온도 변화는 작게 나타났다.

벽체온도와 실내온도의 진폭 감쇠율을 통해 알아본 온도 변화는 실제로 스티로폼과 유리섬유가 외부 온도 변화에 따라 쉽게 변동였으며 집성재와 황토board, 황토·툽밥의 경우는 온도 변화에 변동이 적었다.

실험 결과 단열성능은 열관류율 보다는 용적비열에 더 큰 영향을 받는 것을 알 수 있었다. 이결과 열관류율이 작은 유리섬유나 스티로폼보다 용적비열이 상대적으로 높은 황토board와 황토·툽밥, 집성목의 경우가 단열성능이 우수한 것으로 나타났다. 자연친화적인 재료인 황토와 목재를 이용한 단열재의 개발이 가능하다고 생각되며 실대 벽체의 실험 등 주택의 기밀화에 관련된 사항을 포함하여 앞으로도 많은 데이터의 축적이 필요하리라 생각된다.

인용문헌

1. 牧 福美, 則元 京, 山田 正. 1978. 内装材料と湿度調節. 木材學會誌. Vol.24, No.11, p.797~801.
2. 牧 福美, 則元 京, 山田 正. 1980. 内装材料と湿度調節(第2報). 木材學會誌. Vol.26, No.12, p.767~772.
3. 關野 登. 1991. 木質内装材の調濕効果に関する-考察. 木材工業. Vol.46, No.6, p.270~274.
4. 東 修三. 1974. 木質材料と住宅の室内氣候. 木材工業. Vol.29, No.7, p.287~291.
5. 조완호. 1990. 에너지 절약을 위한 건물의 단열. 고려대학교.