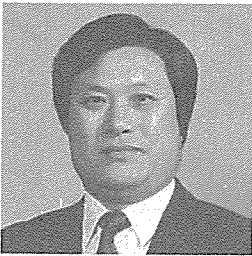


自然型 태양열 조립식 住宅 개발연구

“國家 지원과 産業體 관심이 관건”



李 璟 會

(연세대학교 공과대학 건축공학과)

현재 국가적 차원에서 추진되고 있는 정부의 에너지절약사업에서 건물부문이 차지하는 에너지 절약효과는 대단히 크다. 특히 우리나라의 총 에너지 소비량 중 주거부문이 차지하는 비율은 36%에 이르고 있으며, 이 중 많은 에너지가 열관리 및 보존방법의 문제로 손실되고 있음을 볼 때 주거부문의 에너지 절약기술의 개발이 시급하다.

또한 주거부문의 에너지절약을 꾀하고 주택난해결에 기여할 수 있도록 양산화가 가능한 에너지절약형 자연형 태양열 조립식주택을 개발하여 보급하면 주택난 해소와 에너지절약 효과를 동시에 기대할 수 있다.

이러한 관점에서 본 연구는 주간 열성능이 우수한 자연 대류형 태양열 집열기(Themosiphoning Air Panel: TAP)를 단열성능이 우수하고 접합부위에서의 열교현상을 방지할 수 있는 아연도강 경량단열판넬(Insu Panel)을 사용하여 태양열을 적극적으로 이용할 수 있고 공장생산이 가능한 에너지절약형 자연형 태양열 조립식주택을 개발하는데 목적이 있다.

본고에서는 이론연구를 거쳐 개발한 실험용 모델 주택의 건축설계과정과 열성능 평가 결과를 고찰함으로써 자연형 태양열 조립식 주택의 개발 가능성을 제시하고자 한다.

◇ 경량단열판넬 조립식 주택시스템

구성 재료

경량단열판넬이란 팽창 폴리스티렌(Expanded Polystyrene foam)에 선도장된 강판(Pre-coated Steel)을 특수접합방법으로 입힌 강도 높은 자립구조체 조립식판넬이다.

경량단열판넬의 구성재료로는 표면마감재인 선도장강판과 그 중간재인 EPS 또는 폴리우레탄 폼이 있다.

경량단열판넬의 종류에는 사용부위에 따라 벽체용과 지붕용이 있으며 벽체용은 폭이 1.2m, 지붕용은 폭이 0.9m이고 길이는 취급 및 운반이 가능한 범위에서 무제한으로 할 수 있다. 두께는 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200mm의 규격으로 생

산된다.

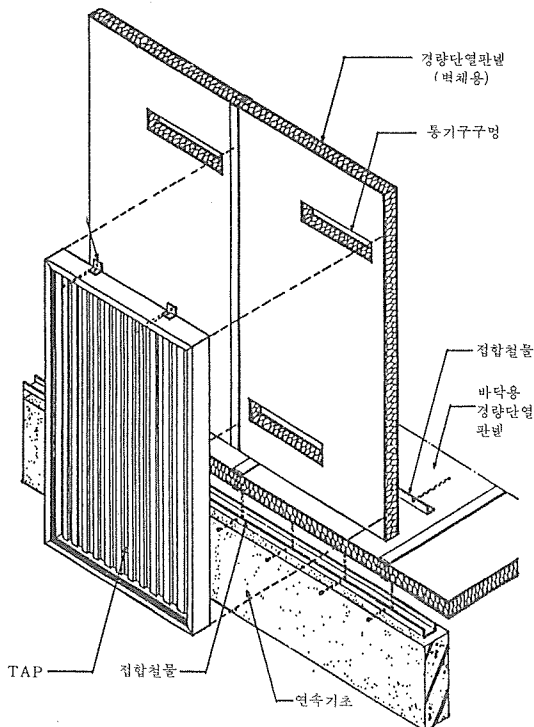
경량단열판넬은 일반 건축재료와 비교하여 취급이 용이하며 특히 단열성능이 우수하면서 습기를 거의 흡수하지 않으므로 결로에 의한 단열성능저하를 방지할 수 있을 뿐만 아니라 단열재가 끊기는 부위가 없으므로 열교(heat bridge)현상에 의한 열손실을 줄일 수 있다.

자연대류형공기식 집열기(Thermosiphoning Air Panel : TAP)의 설계

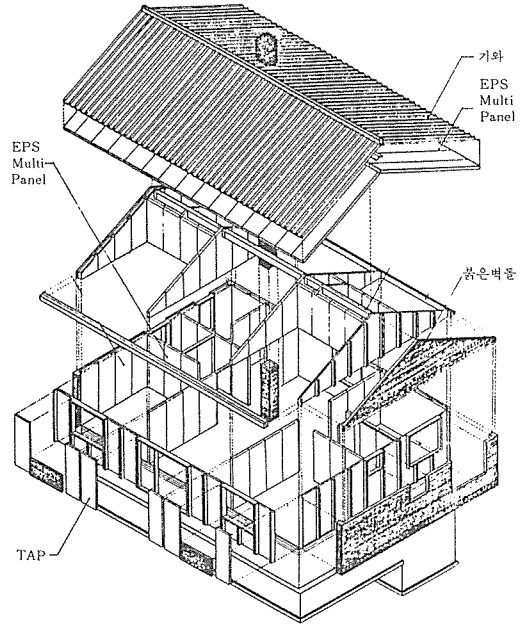
TAP은 자연대류 방식의 일종으로 열류순환회도가 짧고 주간 열성능이 매우 우수한 공기식 집열기이다. TAP은 기본적으로 투과체, 흡열판, 지지틀 및 상·하 통기구로 구성된다. 햇빛이 투과체를 통과하여 흡열판에 쬐이면 흡열판이 가열되어 배면의 공기가 가열됨에 따라 자연대류에 의해 더운 기류가 실내로 전달되게 된다.

TAP의 폭은 판넬의 기준폭과 일치되어야 하며

〈그림-1〉 TAP의 조립도



〈그림-2〉 시공개념도



높이는 2.1~2.4m로 결정된다. 그리고 통기구의 적정 규모는 TAP 면적의 5%이며, 유효두께(흡열판과 벽면사이의 거리)는 40~50mm가 적정 간격이다.

TAP적용에 따른 기준척도조정과 적정 단위난방공간 규모

자연대류형 태양열 집열기(TAP)를 조립식 주택에 적용할 경우 기능적인 면과 생산성 향상을 위하여 반복성과 호환성을 갖도록 계획하는 것이 매우 중요하다. 따라서 TAP을 계획한 경우 제품의 폭은 건축평면의 수평기준척도에 의하여, 제품의 높이는 수직기준척도에 의하여 척도조정이 되어야 한다.

TAP을 적용한 조립식판넬 공간의 평면계획에서 수평기준척도로는 조립식판넬의 수평기준척도(6M)와 개구부의 수평기준척도(9M)를 고려하여 9M 혹은 6M으로 결정되며, 기본격자의 기준선은 외벽인 경우 판넬의 바깥선, 내벽의 경우에는 판넬의 중심으로 결정된다. 그리고 단면계획에서는 수직기준척도도 1M을 적용하여 천장높이는 2.4M로 결정된다.

또한 단위난방공간의 적정규모는 주거공간의 표준화계획에 따라 폭과 깊이가 다른 표준침실에 TAP을 부착시켰을 경우 월별 에너지절감율 변화와 공간의 활용성을 고려하여 결정하였다. 이러한 결과에 의하면 전면폭이 2.7m일 경우 실깊이 3.3m가 적정하고, 3.0m일 경우는 3.6m, 3.3m일 경우에는 3.6m가 적정하다. 그리고 실깊이가 3.9m이상일 경우에는 실폭이 3.6m이상이어야 한다.

각종 모델주택의 설계안과 열성능 평가

▲ 기본형 모델 : 자연형 태양열 조립식주택의 기본모델형의 설계개요는 다음과 같다.

- 바닥면적 : 94.27㎡(28.7평)
- 거주인원 : 4인가족
- 수평기준척도 : 0.9M
- TAP규격 및 수 : 후면 순환형 0.9×2.4m(폭 높이)

기본형 모델의 열성능을 컴퓨터시뮬레이션을 통하여 평가해본 결과 야간단열을 실시할 경우 TAP만에 의한 연간 에너지절감율은 25.9%이고 유류절감량은 경유로 환산하면 372liter이다. 그리고 창을 통한 직접획득 일사량에 의한 에너지절감율을 고려하면 총 연간 에너지절감율은 54.5%가 되며 유류절감량은 782liter가 된다.

경제성 측면에서는 TAP 6개의 추가비용은 공장생산을 할 경우 총 60만원이며 연간 유류절감액은 10만원이므로 단순회수방법에 의한 상환기간이 6년이 되므로 경제성이 높다는 것을 알 수

있다.

▲ 변형모델 : 자연형 태양열 조립식주택의 기본형 모델을 도시형 단독주택(170㎡, 51.5평), 도시형 연립주택(129㎡, 39.1평) 및 농촌형 단독주택(92㎡, 29.3평)으로 발전시켜 기본설계를 완성하였다. 이 변형모델의 형태계획은 외피를 통한 열손실을 최소화하기 위해 구형형상(장단변비 1:1.6~1:1.8)을 채택했으며, 차양계획은 TAP의 여름철 과열현상을 고려하여 적정 치수를 설정하였다(분리길이 20cm, 돌출길이 1m). 이러한 변형모델의 열성능을 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 분석한 결과는 다음의 <표-1>과 같다.

◇ 자연형 태양열 조립식 모델주택의 열성능 평가

실험모델주택의 시공개요

실험 모델주택은 기본형 모델을 일부 변형하여 Y대학교 옥상에 시공하였다.

실험 모델주택의 남측면에는 유효두께가 3cm, 4cm인 TAP을 제작하여 설치하였고 모든 접합부위는 외부철판이 내부와 연결되지 않도록 절단접합방식을 사용하여 시공하였으며 거실에는 축열 바닥을 시공하였다.

조립식 모델주택의 부위별 경량단열판넬 두께 및 마감상태는 다음의 <표-2>와 같다. 건물의 방위각은 S-10°-W이다.

<표-2> 모델주택의 부위별 시공개요

| | |
|-----|--------------------------------|
| 외 벽 | 9mm 석고보드+100mm EPS 판넬 마감 |
| 내 벽 | 9mm 석고보드+100mm EPS 판넬+9mm 석고보드 |
| 바 닷 | 100mm 온돌축조+100mm EPS 판넬 |
| 천 장 | 9mm 석고보드+50mm EPS 판넬 |
| 지 붕 | 75mm EPS 판넬 |

실험방법

자연형 태양열 조립식 모델주택의 열성능 평가를 하기 위하여 실내·외온도와 TAP의 취출온도 등을 측정하였으며, 실외온도를 측정하기 위해서

<표-1> 변형모델의 열성능

| 구분 월 | 에너지절감율(%) | | | 유류절감량(경유 liter) | | |
|---------|-------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-------------|
| | 도시형 단독주택 | 도시형 연립주택 | 농촌형 단독주택 | 도시형 단독주택 | 도시형 연립주택 | 농촌형 단독주택 |
| | 11월 | 53.6 | 69.1 | 88.1 | 150 | 159 |
| 12월 | 24.7 | 31.1 | 37.2 | 132 | 137 | 123 |
| 1월 | 30.1 | 37.8 | 43.6 | 191 | 199 | 170 |
| 2월 | 34.1 | 43.1 | 49.8 | 172 | 181 | 154 |
| 3월 | 51.2 | 65.6 | 75.1 | 200 | 213 | 175 |
| 총계 | 38 | 49 | 58 | 845 | 889 | 763 |

는 외부 백엽상에 온도감지선(T type)을 설치하였고, 실내온도를 측정하기 위해서는 동서북측 벽체로부터 40cm, 바닥으로부터 30cm, 120cm, 210cm마다 총 9개부위에 설치하였으며, TAP의 취출온도를 측정하기 위해서는 통기구 중심으로 부터 50cm마다 설치하였다.

이러한 온도감지선은 기록 측정장치(HP-3497)에 연결되어 측정용 프로그램에 의해 10분 간격으로 자동 측정되며 1시간마다 평균을 내어 그 결과치는 디스크에 자동으로 기록된다.

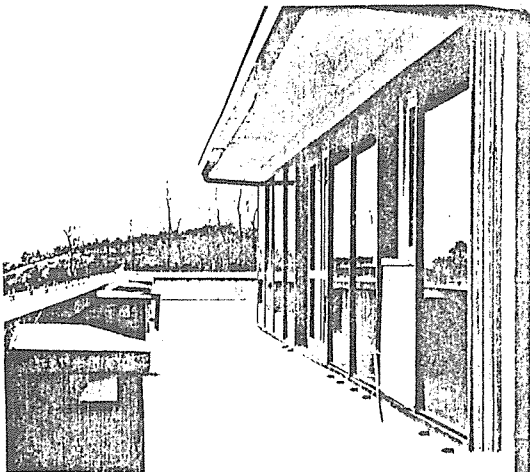
실험결과

TAP의 열성능 실험치와 이론치를 비교 분석해 본 결과 거실과 침실에 설치한 TAP이 3~4% 범위의 오차가 있었다.

실내·외온도의 측정결과를 분석해 보면 TAP을 통한 취득 열량과 창을 통한 획득일사량에 의한 실온상승효과는 약 5°C 내외이고, 건물의 단열성능에 의한 실온상승효과는 약 9°C 내외이다. <표-3>참조.

수직온도구배는 일사량을 받을 경우에는 최대 상하 4~5°C 차이가 나며 바닥층열체가 있는 거실이 침실보다 차이가 적다. 수평온도구배는 거의 차이가 없다.

TAP의 상하부 통기구의 온도는 일사를 받는 낮동안에는 약 20°C 정도 차이가 나고 야간에는 <그림-3> 자연형태양열 조립식 모델주택의 전경



5°C 정도 차이가 난다.

<표-3> 실내 평균온도의 실험측정 결과

| 성 명 | 날 짜 | 실내온도 (일평균) | 외기온도 (일평균) | 온도차 (Δt) |
|-------|------------|---------------|---------------|-----------------------|
| 침 실 I | 11월27일(흐림) | 10.43°C | 1.57°C | 8.86°C |
| | 11월28일(맑음) | 12.71°C | -0.98°C | 13.69°C |
| 거 실 | 11월27일(흐림) | 10.68°C | 1.57°C | 9.11°C |
| | 11월28일(맑음) | 12.57°C | -0.98°C | 13.55°C |

◇ 결 론

자연형 태양열 조립식주택의 기본시스템은 주간 열성능이 우수한 자연대류형 공기식 집열기(TAP)를 건물외피의 단열성능이 우수한 경량단열판넬주택에 일체화시킨 시스템으로 개발하였다. 이 시스템의 에너지절약을 위한 단열성능을 요약하면 다음과 같다.

① 경량단열판넬을 사용한 건물의 열성능은 일반 건축재료를 사용한 건물에 비해 거의 1.6배 정도 우수하다.

② 자연대류형 공기식 집열기(TAP)를 경량단열판넬 조립식 건물에 적용하면 일반 건축재료를 사용한 건물에 적용한 경우보다 실온 상승효과가 거의 2배정도이다.

③ 자연대류형 공기식 집열기를 경량단열판넬 조립식 주택의 단위주거공간에 적용할 경우 실내 설계온도를 21°C로 유지하면 난방에너지가 50% 이상 절감되고, 18°C를 유지하면 70%이상 절감된다.

또한 경량단열판넬 조립식주택은 일반주택에 비해 구조체 내부결로를 방지할 수 있으며, 각 부위별 열교현상도 방지할 수 있다. 그리고 여름철에는 투습저항이 크므로 쾌적한 실내환경유지에 유리한 시스템이다.

앞으로 TAP을 통한 획득열량을 야간에도 사용할 수 있는 축열방법을 개발하면 매우 경제성이 높은 에너지절약적인 주택으로 발전되어 국내의 시장성도 높아지므로 이 분야에 대한 국가차원의 적극적인 지원과 주택 산업체의 관심을 기대하는 바이다.