

남측외벽에 적용한 혼합형 태양열시스템의 성능 분석

윤태균*, 이현수*, 장향인*, 서승직**

*인하대학교 대학원 건축공학과(fireytg81@hotmail.com/soo1038@naver.com/jhiaesl@inha.edu),

**인하대학교 건축공학과(energeti@inha.ac.kr)

Performance Analysis of Combined Passive Solar System for Building South Wall

Yun, Tae-Gyun* Lee, Hyun-Soo* Jang, Hyang-In* Suh, Seung-Jik**

*Dept. of Architectural Eng., Graduate School, Inha University(jhiaesl@inha.edu/babingos@naver.com),

**Dept. of Architectural Eng., Inha University(energeti@inha.ac.kr)

Abstract

In this article, the author carried out a theoretical study on the application techniques of a new Combined Passive Solar System (hereinafter referred to as the CPSS) of direct gain and trombe walls to get quick morning heating and to prevent afternoon overheating for office building. The numerical model proposed in this study can be used for the performance analysis of the CPSS in the winter and summer. Heating and Cooling loads are analysed for building energy consumption reduction using this numerical model.

The results indicate that CPSS in the winter and summer modes could provide profitable conditions for improvement of indoor thermal comfort control and energy saving. consequently, the application of CPSS will not lead to significant reductions in the auxiliary air conditioning demand but also realize the environmentally friendly building.

Keywords : 트롬블(Trombe Wall), 커튼월(Curtain Wall), 자연형태양열시스템(Passive Solar System), 시간지연효과(Time-lag effect), 수치해석(Numerical analysis), 매트랩(MATLAB), 에너지플러스(EnergyPlus)

기 호 설 명

H	: 중공층 높이 [m]	\dot{q}	: 중공층 공기열유속[W/m ²]
hc	: 전도 열전달계수 [W/m ² K]	S ₁	: 투과체흡수일사량 [W/m ²]
hr	: 복사 열전달계수 [W/m ² K]	S ₂	: 흡수체흡수일사량 [W/m ²]
hw	: 대류 열전달계수 [W/m ² K]	T	: 온도 [K]
k	: 열전도율 [W/mK]	W	: 중공층 너비 [m]
		Gr	: Grashof number

투고일자 : 2011년 9월 5일, 심사일자 : 2011년 9월 6일, 게재확정일자 : 2012년 1월 26일

교신저자 : 유능수(yooneso@kangwon.ac.kr)

Nu	: Nusselt number
Pr	: Prandtl number
Ra	: Rayleigh number
ϵ	: 방사율
τ	: 투과율
ρ	: 밀도 [kg/m^3]
σ	: Stefan-Boltzmann 상수

1. 서 론

1.1 연구 배경 및 목적

자연형 태양열시스템은 열관리가 용이하고 경제적이며 쾌적할 뿐만 아니라 건축계획적 수법만으로도 태양에너지의 취득과 보존을 충분히 운용할 수 있다. 그러나 벽의 부피가 커지고 조망이 결핍되며 구조적인 역할을 겸용하지 못하면 시공비가 증가하게 되어 현재는 거의 활용되고 있지 못하는 실정이다.

또한, 건물의 유리 외피 면적이 커질수록 적당 일사 유입으로 인한 열적 불쾌감, 불쾌 현휘와 같은 문제점이 발생할 수 있으며 유리 외피의 높은 열관류율과 이를 통한 일사 투과는 과도한 냉방에너지 사용을 초래하여 친환경 건축물 달성에 걸림돌이 된다.

이에 본 연구에서는 자연형 태양열시스템인 직접획득형과 간접획득형의 단점을 보완하고 장점을 극대화할 수 있도록 건축적 기법의 요소 기술을 응용한 혼합식 자연형 태양열시스템(Combined Passive Solar System ; 이하 CPSS라 한다)을 제안하였다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구는 시스템 설계를 위해 다양한 조건에서의 시스템 성능을 분석하고 시스템 적용에 따른 건물 에너지 성능을 평가하였다. 이를 위해 이론적인 체계 및 신뢰성이 검증된 수치적 방법과 상용 건물에너지 해석프로그램을 이용해 연구를 수행하였다.

시스템 성능에 영향을 미치는 설계인자들

에 대해 수치해석적 방법을 통해 분석한 후, 이를 통해 얻어진 결과를 최적시스템의 선정된 단위모델에 확정하였고, EnergyPlus를 활용하여 열성능 지표인 연간 냉·난방부하의 변화패턴과 건물에너지요구량을 분석하여 제안한 시스템의 타당성을 검증하였다.

2. CPSS의 제안

2.1 시스템 개요

제안한 외피 형태는 그림 1과 같이 남측 외피 파사드에 자연형 태양열 시스템을 혼합하였다. 남동측에 설치된 커튼월은 오전의 일사 유입을 촉진하고, 남서측에 설치된 트롬월은 과열을 방지하며 주간에 축열된 태양열이 야간이나 흐린 날에 서서히 방출되도록 할 것이다. 이는 시간지연효과와 실내온도 변화폭을 줄여 높은 수준의 열쾌적감을 실내에 제공할 수 있으며, 트롬월의 단점인 채광과 조망을 동시에 만족시킬 수 있을 것으로 기대된다.

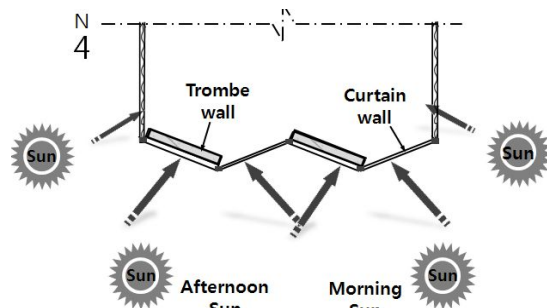


그림 1. 혼합된 자연형 태양열 시스템의 개념평면도

2.2 시스템 운영방식

그림 2는 CPSS 남서측 트롬월의 계절별 운영 모드를 나타낸 것이며, 기대효과는 다음과 같다.

(a) 여름철 주·야간 : 실내 유입구를 닫아 중공층 공기의 실내 유입을 차단하고, 건물전면부 상부 유출구를 열어서 중공층 내의 공기를 건물 밖으로 배기한다. 이는 여름철 과도

한 일사에 의한 실내의 과열을 방지할 수 있다.

(b) 겨울철 주간 : 실내 유입구를 열어 축열 된 열을 실내로 유입시키고 건물전면부 상부 유출구는 닫아 시스템을 통한 유입 열류를 증가시켜 시스템 효율을 높여준다.

(c) 겨울철 야간 : 중공층 내의 차가운 공기가 역류되는 것을 막기 위해 실내쪽 유입구에 댐퍼를 모두 닫아 중공층을 폐쇄시킨다.

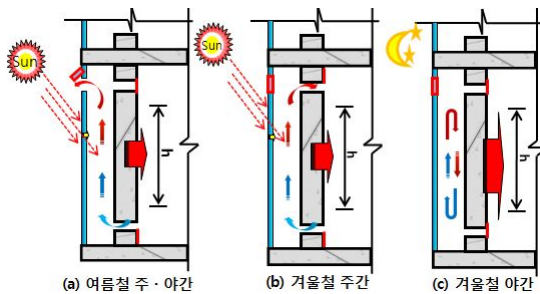


그림 2. 계절별 운용 모드

분(투과체 외측, 투과체 내측, 유체 유동공간, 축열체 외표면, 축열체 내부, 축열체 내표면)으로 나누어 수립하였다. 매스월의 경우 중공층 공기 유동이 없는 경우로 간주하여 해석하였고 커튼월의 경우 유체 유동공간 및 축열체를 제외한 투과체 외측과 투과체 내측으로만 나누어 수립하였다.

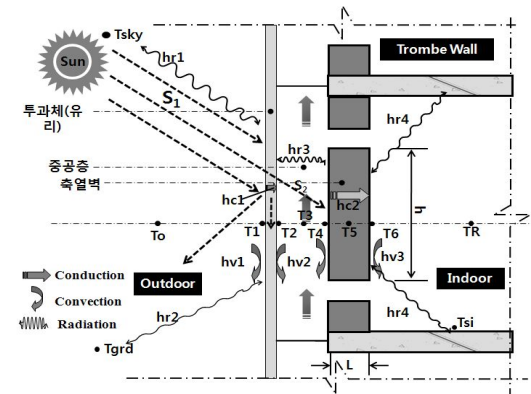


그림 3. 트롬월 시스템 수치모델

3. 시스템 해석

CPSS의 설계인자들에 대한 성능을 분석하기 위해 그림 3과 같이 전도, 대류, 및 복사 등의 복합된 경계조건을 갖는 열전달 수치모델을 해석하였다. 이론적 분석을 단순화하기 위한 기본 가정은 다음과 같다.

- 1) X축 방향의 온도구배만을 고려한 1차원 비정상 상태 열전달 문제로 간주하였다.
- 2) 중공층 공기 이외의 재료의 물성치는 온도변화와 무관하다.
- 3) 모든 표면은 회색체로 간주하였다.
- 4) 지표면 온도는 외기온도와 동일하다.
- 5) 흡수체에 흡수되는 일사량 계산 시 음영의 영향은 무시한다.

3.1 열평형방정식

시스템 해석을 위한 열평형방정식은 남서측 트롬월의 경우 다음과 같이 크게 여섯 부

$$\rho_c c_c e_c \frac{\partial T_1}{\partial t} = S_1 + h_{v1}(T_o - T_1) + h_{c1}(T_2 - T_1) + h_{r1}(T_{sky} - T_1) + h_{r2}(T_{grd} - T_1) \quad (1)$$

$$\rho_c c_c e_c \frac{\partial T_2}{\partial t} = h_{c1}(T_1 - T_2) + h_{v2}(T_3 - T_2) + h_{r3}(T_4 - T_2) \quad (2)$$

$$\rho_f c_f e_f \frac{\partial T_3}{\partial t} = h_{v2}(T_2 - T_3) + h_{v3}(T_4 - T_3) - \dot{q} \quad (3)$$

$$\rho_t c_t e_t \frac{\partial T_4}{\partial t} = S_2 + h_{r3}(T_2 - T_4) + h_{v3}(T_3 - T_4) + h_{r4}(T_{sky} - T_4) + h_{r5}(T_{grd} - T_4) + h_{c2}(T_5 - T_4) \quad (4)$$

$$\rho_t c_t e_t \frac{\partial T_5}{\partial t} = h_{c2}(T_4 - T_5) + h_{c3}(T_6 - T_5) \quad (5)$$

$$\rho_t c_t e_t \frac{\partial T_6}{\partial t} = h_{c3}(T_5 - T_6) + h_{v4}(T_R - T_6) + h_{r6}(T_{si} - T_6) \quad (6)$$

식(3)의 \dot{q} 는 자연대류로 인해 공기에 전달되는 열유속(heat flux)을 나타내며 식(7)에 의해 계산된다. 여기서 $\bar{\gamma}$ 는 ‘평균온도근사계

수'로 Ong과 Chow가 제안한 0.74를 사용하였다.¹⁾ 질량유량 \dot{m} 은 식(8)에 의해 계산할 수 있으며, 무차원상수 C_1 과 C_2 는 Trombe 등이 제안한 8과 2를 사용하였다.²⁾

$$\dot{q} = \frac{\dot{m} C_f (T_f - T_{fi})}{\gamma WH} \quad (7)$$

$$\dot{m} = A_f \cdot \rho_f \cdot \sqrt{\frac{2gH}{C_1 \left(\frac{A_f}{A_{fi}}\right)^2 + C_2} \frac{(T_f - T_{fi})}{|T_f|}} \quad (8)$$

3.2 열전달계수의 계산

3.2.1 전도열전달계수

1) 외측 커버의 전도 열전달 계수

$$h_{c1} = \frac{k_c}{e_c/2} \quad (9)$$

2) 축열체의 전도 열전달 계수

$$h_{c2} = h_{c3} = \frac{k_t}{e_t/4} \quad (10)$$

3.2.2 대류열전달계수

중공층의 대류열전달계수는 중공층과 실내·외의 공기 유동 유무에 따라 구분하며, 식(11)~(15)을 이용하여 계산할 수 있다.

1) 중공층을 통한 공기 유동이 있는 경우³⁾

$$h_{v2} = \frac{k}{H} \cdot Nu \quad (11)$$

① $Ra \leq 10^9$ 인 경우

$$Nu = 0.68 + \frac{0.67(Ra)^{1/4}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{4/9}} \quad (12)$$

② $Ra > 10^9$ 인 경우

$$Nu = \left\{ 0.825 + \frac{0.387Ra^{1/6}}{[1 + (0.492/Pr)^{9/16}]^{8/27}} \right\}^2 \quad (13)$$

2) 중공층을 통한 공기 유동이 없는 경우⁴⁾

$$h_{v2} = \frac{k}{(D/2)} \cdot Nu \quad (14)$$

$$Nu = \text{Max}[1, 0.228(Ra/A)^{0.25}, 0.039(Ra)^{0.33}] \quad (15)$$

실내·외의 대류전달계수는 다음 식(16)~(19)을 이용해 계산하였다.

$$h_{v1} = 2.8 + 3.0 V_{el} \quad (16)$$

$$h_{v3} = \frac{k}{H} \cdot Nu \quad (17)$$

$$Nu = 0.516(Ra)^{1/4} \quad (10^4 < Gr \leq 10^8) \quad (18)$$

$$Nu = 0.117(Ra)^{1/3} \quad (10^8 < Gr \leq 10^{12}) \quad (19)$$

3.2.3 복사열전달계수

$$hr_1 = 0.5 \cdot \sigma \cdot \epsilon_g \cdot (T_1^2 + T_{sky}^2)(T_1 + T_{sky}) \quad (20)$$

$$hr_2 = 0.5 \cdot \sigma \cdot \epsilon_g \cdot (T_1^2 + T_{grd}^2)(T_1 + T_{grd}) \quad (21)$$

$$hr_3 = \sigma \cdot \frac{1}{1/\epsilon_c + 1/\epsilon_t - 1} (T_2^2 + T_4^2)(T_2 + T_4) \quad (22)$$

$$hr_4 = \tau_c \cdot \sigma \cdot \epsilon_t \cdot 0.5(T_4^2 + T_{sky}^2)(T_4 + T_{sky}) \quad (23)$$

$$hr_5 = \tau_c \cdot \sigma \cdot \epsilon_t \cdot 0.5(T_4^2 + T_g^2)(T_4 + T_g) \quad (24)$$

$$hr_6 = \sigma \cdot \epsilon_t \cdot \epsilon_{si} (T_6^2 + T_{si}^2)(T_6 + T_{si}) \quad (25)$$

3.3 수치해석 및 재료의 물성값

일사, 대류 및 복사가 복합된 경계조건을 갖는 식(1)~(6)의 열평형 방정식은 유한차분법(Finite-Difference Method) 중 시간간격의 제한이 없고, 수치적으로 안정적인 음해법(Implicit)을 이용하여 이산화하였다. 이산화된 방정식의 해는 역행렬법을 이용하여 MATLAB으로 해를 구했으며 재료의 물성치는 다음 표 1과 2)와 같다.

1) K.S. Ong, C.C. Chow, Performance of a solar chimney, Solar Energy, Vol. 74, pp. 1-17, 2003.
 2) Trombe, F., Robert, J. F., Cabanot, M., and Sesolis, B., Concrete Walls to Collect and Hold Heat, Solar Age, Vol 2, pp 13-19, 1977.
 3) S. W. Churchill and H. Chu, "Correlation equations for laminar and turbulent free convection from a vertical plate", Int. J. Heat and Mass Transfer, Vol. 18, pp. 1323~1329, 1975.

4) G. D. Raithby, K. G. T. Hollands and T. E. Unny, "Analysis of heat transfer by natural convection across vertical fluid layers", J. heat transfer, Vol. 99, pp. 287~293, 1977.
 5) Yunus A. Cengel. Heat Transfer A Practical Approach

표 1. 재료의 물성치

구분	재료명	두께 [mm]	열전도율 [W/m·K]	밀도 [kg/m ³]	비열 [J/kg·K]	흡수율	방사율
축열벽 (내부)	콘크리트	300	1.7	2400	795	0.7	0.8
축열벽 (외부)						0.9	0.9

표 2. 유리의 물성치

구분		두께 (mm)	U-Value (W/m ² K)	SHGF
남서측 (커튼월)	이중로이 유리	3/13/3	1.785	0.598
남동측 (트롬월)	로이유리	3	3.484	0.658
	투명유리	3	5.894	0.861

4. 설계인자별 성능분석(수치해석 결과)

4.1 건물방위각에 따른 최적 설치각도

건물외피각도 따른 연간일사량은 EnergyPlus 에서 제공되는 인천지역 기상데이터를 가공하여 사용하였다. 겨울철 최대한 많은 일사량을 받고 여름철 적은 일사량을 받는 방위각은 정남측이지만, 본 시스템의 특징상 오전 오후로 나누어서 일사량을 분석한 결과 표3과 같이 남동·남서방향 각각 10°가 최적의 각도로 분석되었다.

표 4. 동지 때 건물 방위각에 따른 수직면 누적직달일사량

각도 [°]	남동측 오전 (9시~12시) [W/m ²]	남서측 오후 (13시~16시) [W/m ²]	남동측 전체 (7시~17시) [W/m ²]	남서측 전체 (7시~17시) [W/m ²]
0	2213.39	1609.46	3900.88	3900.88
10	2355.12	1848.19	3841.61	3841.61
20	2319.49	1823.20	3665.63	3665.62
30	2319.19	1742.80	3378.26	3378.25

4.2 투과체 재료

그림 4는 동절기(12월~2월) 남서측(축열벽) 투과체 재료에 따른 평균일 시간별 축열벽의 표면온도를 나타낸 것이며, 남동측 커튼월은 로이복층유리를 기준으로 하였다. 투명유리가 로이유리보다 약 0.7°C 정도 높지만, 그 차이가 경미하게 나타났다. 전반적으로 비슷

한 패턴을 보이는 것은 투명유리가 적외선을 차단시키지 못하지만 축열체에서의 충분한 열 흡수가 이루어지기 때문인 것으로 판단된다.

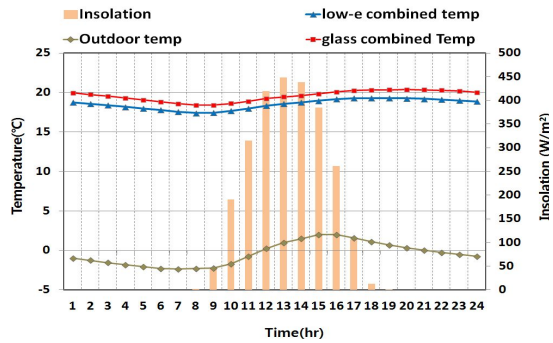


그림 4. 투과체 재료에 따른 평균일 시간별 표면온도

4.3 중공층 두께

중공층 두께가 증가하면 투과체와 축열체 외표면이 받는 일사량은 동일해 중공층이 받는 열전달량은 동일한 반면 중공층의 열전달은 증가하여 중공층의 평균온도가 하락하고 유속이 감소하는 것으로 판단된다. 또한 선행 연구 ‘집열판과 PV가 혼합된 지붕 일체형 태양채배 시스템의 응용’⁶⁾과 ‘지하 공간의 환기를 위한 태양굴뚝 시스템의 응용’⁷⁾에서 유체 유동공간 두께별 온도 변화의 분석결과를 참조하여 0.2m로 결정하였다.

4.4 시스템 형태

그림 5는 동절기(12월~2월) 시스템형태에 따른 축열벽 평균 내표면온도의 시간별 변동 특성을 나타낸 것이다. 앞서 분석된 최적각도와 투과체 재료를 적용한 트롬월(Trombe Wall)과 매스월(Mass Wall), 커튼월(Curtain Wall)로 비교 대상으로 나누었다. 트롬월과 매스월의 경우 일사가 없는 야간이나 새벽에 커튼월에 비해 최대 3~5 °C 이상 높게 분석되

6) 이현수, 집열판과 PV가 혼합된 지붕 일체형 태양채배 시스템의 응용, 공학석사학위 청구논문, 인하대학교 대학원 건축공학과, 2005.

7) 장향인, 지하 공간의 환기를 위한 태양굴뚝 시스템의 응용, 공학석사학위 청구논문, 인하대학교 대학원 건축공학과, 2010.

였으며, 약 1.9~2.1 °C 정도의 작은 온도 변화 폭을 나타냈다.

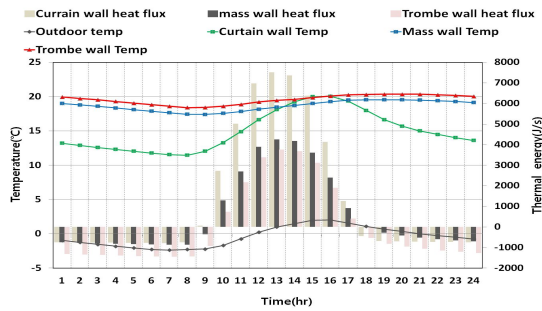


그림 5. 동절기 시스템 형태별 평균표면온도

5. 분석 및 고찰

이상의 고찰 결과, 네트워크 환기법을 이용하여 중공층의 공기 유동을 실제건물과 유사하게 모사할 수 있는 EnergyPlus를 활용해 열성능 지표인 연간 냉·난방부하의 변화패턴과 건물 에너지요구량을 분석하여 제안한 시스템의 그 타당성을 검증하였다.

5.1 단위 모델 및 분석조건

1) 단위 모델

대상 건물은 산업자원부(現, 지식경제부)에서 제시한 업무형 건물의 표준모델, 기준층 1 span에 해당하는 폭 7.8 m, 길이 11.5 m를 참조하여 아래 그림 6과 같이 단위모델을 선정하였다.

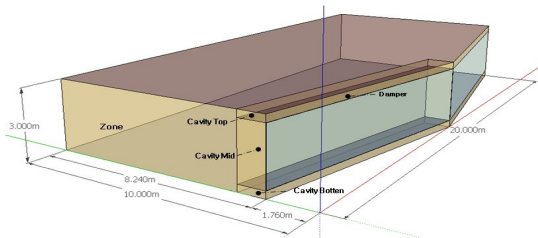


그림 6. CPSS 단위모델

2) 중공층과 실내 노드

CPSS의 남서측 간접획득형 부분은 댐퍼

개폐에 따른 중공층 기류 이동을 모사하기 위해 그림 6과 같이 상중하 중공층 노드와 하나의 존으로 모델링하였다. 계절별 운용에 따른 댐퍼 및 가상개구부의 개폐와 공기의 유동은 airflow network를 이용해 모델링하였으며, 중공층의 공간 사이의 경계면은 'Material:NoMass'를 적용하고, 'EffectiveLeakageArea'를 통하여 노드 간의 기류 유동을 구현하였다. 침기면적에 대한 정확한 값을 측정하기 매우 어렵기 때문에 ASHRAE Handbook (2001)에 제시하는 값을 사용하였다.

3) 주요 입력값

실내 부하요소는 인체부하, 조명부하, 장비부하로 나누어 사무소 건물의 중간 발열 수준으로 산업자원부의 에너지 절약형 건물의 성능인증을 참고하여 표 5와 같이 입력하였으며, 인체, 조명, 기기시스템 스케줄은 ASHRAE(2004)의 값을 사용하였다.

표 5. 부하계산을 위한 설정조건

내부발열조건	인체발열	2.18 W/m ²
	조명발열	10.5 W/m ²
	기기발열	10.5 W/m ²

건물부하는 기계 시스템을 정의할 필요가 없으며, 요구되는 실내 열공급(열제거)이 이상적인 시스템에 의해 이루어진다고 가정하는 'IdealLoadsAirSystem'를 이용하여 계산하였다. 다음 표 6은 비교대상으로 선정된 외피 시스템이며 재료의 물성값은 표1, 표2와 동일한 값을 사용하였다.

표 6. 비교대상으로 선정된 외피 시스템

외피 System	남동측 외피 형태	남서측 외피 형태
case 1 (Reference Sys.)	커튼월	커튼월
case 2	매스월	매스월
case 3	매스월	커튼월
CPSS	트롬월	커튼월

5.2 수치해석과 시뮬레이션 비교 분석

건물에너지사용량 예측 도구로서 EnergyPlus 적용성에 대한 검증은 위해서 수치해석과 비교해 보았다. 그림 7과 같이 동절기 축열벽 내표면 평균온도 분포를 보면 기존 커튼월의 경우 거의 일치하는 것으로 나타났고, CPSS 적용시 온도분포의 패턴은 비슷하나 EnergyPlus가 수치해석 결과보다 평균 약 2°C정도 낮은 것으로 나타났다.

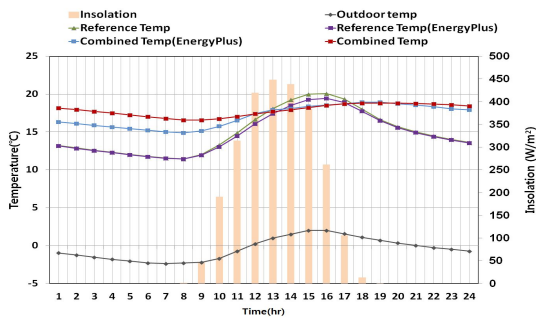


그림 7. 수치해석과 시뮬레이션 동절기 축열벽 내표면온도

5.3 건물에너지 절감 효과

1) 난방부하

그림 8은 겨울철 각 시스템별 난방부하 및 피크부하를 나타낸 것이다. CPSS는 기준모델(Case1)과 비교하여 볼 때 약 1,695 kWh의 난방부하 절감효과를 나타내고 약 2 kW의 피크부하를 줄일 수 있을 것으로 분석되었다. 기준모델 대비 CPSS는 35.5 %, Case2는 6.6 %, Case3은 24.9 %의 절감율을 보인다.

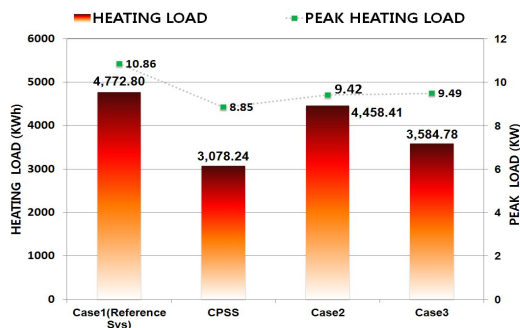


그림 8. 겨울철 대안별 난방부하 및 피크부하

2) 냉방부하

그림 9는 여름철 각 시스템별 냉방부하 및 피크부하를 나타낸 것이다. CPSS를 적용하였을 경우 연간 냉방부하량은 약 8,890 kWh로 기준모델 대비 약 14.5 % 절감되는 것으로 분석되었고 Case2는 기준모델 대비 약 37.9 % 절감율을 보여 연간 냉방부하량이 가장 많이 절감되는 것으로 분석되었다.

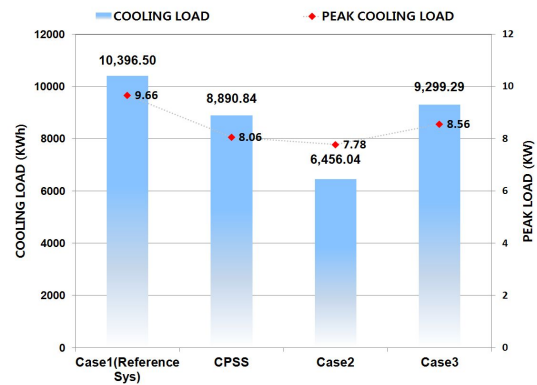


그림 9. 여름철 대안별 냉방부하 및 피크부하

3) 에너지 요구량

대안별 시스템에 따른 총 에너지요구량과 건물단위면적당 에너지요구량 및 절감율은 그림 10과 같다. CPSS는 기준모델 대비 총에너지요구량이 약 21.72 GJ 감소되었고 절감율은 19.9 %이며, 건물면적당 에너지요구량은 약 119.06 MJ/m² 절감효과 있는 것으로 분석되었다.

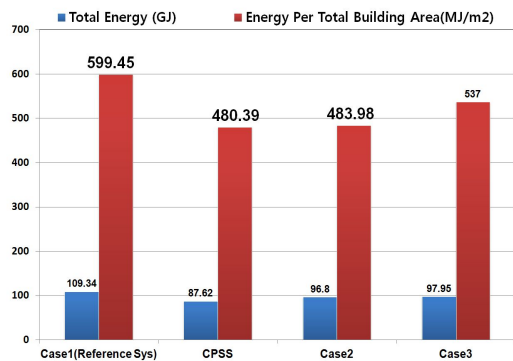


그림 10. 대안별 시스템에 따른 에너지요구량

6. 결 론

본 연구에서는 건물외피를 통한 열손실을 저감하고 건물의 에너지 효율을 극대화할 수 있도록 건축적기법의 요소 기술을 응용한 CPSS를 제안하였으며 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 일사취득의 특성에 따라 남측외피의 최적 각도를 분석한 결과 남동·남서 각각 10°로 결정하였다.
- (2) 남서측(축열벽) 투과체 재료에 따른 축열 성능을 비교해본 결과 로이유리보다 열관류율 값이 2배 높은 투명유리를 사용하여도 축열성능에는 큰 차이가 없었다.
- (3) 중공층의 두께가 0.2 m 이상이 되면 취득 열량 측면에 있어 다소 불리하여 중공층 두께를 0.2 m로 결정하였다.
- (4) CPSS모델과 커튼월의 축열성능을 비교·분석한 결과 축열 효과뿐만 아니라 시간지연효과 측면에서도 커튼월보다 약 5시간 이상 우수한 것으로 나타났으며 온도편차도 줄어들어 실내 열쾌적범위에 가깝게 나타났다. 따라서 용량형 벽체의 특성을 효과적으로 이용한 자연형 태양열 건물을 구현하는 것으로 판단된다.
- (5) 가로 20 m * 세로 10 m * 높이 3 m인 단위모델에 CPSS를 적용하여 냉·난방부하를 비교한 결과 기준모델 대비 최대 1,695 kWh의 부하절감과 약 2 kW의 피크부하 절감효과를 나타내고, 냉방부하는 기준모델 대비 최대 1,505 kWh 부하절감과 약 1.6 kW의 피크부하 절감효과를 나타낸다.
- (6) CPSS는 기준모델 대비 총에너지요구량은 21.72 GJ 감소되었고 절감율은 19.9%이며, 건물면적당 에너지요구량은 약 119.06 MJ/m² 감소되었고 19.9%의 절감율을 나타낸다.

향후 이 시스템은 커튼월 건물의 에너지 절감을 위한 대안으로서의 역할을 하리라 사료

되며, 실용화를 위한 Mock-up 실험을 통한 검증 연구를 수행할 예정이다.

후 기

본 연구는 인하대학교의 연구비지원으로 수행되었음.

참 고 문 헌

1. Ong, K.S., Chow, C.C., Performance of a solar chimney, Solar Energy, Vol. 74, pp. 1-17, 2003.
2. Trombe, F., Robert, J., Cabanot, M., and Sesolis, B., Concrete Walls to Collect and Hold Heat, Solar Age, Vol 2, pp. 13-19, 1997.
3. ASHRAE (2001), ASHRAE Handbook Fundamentals. Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
4. ASHRAE (2004), ASHRAE Energy Standard for Buildings Except for Low-Rise Residential Buildings, Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
5. 산업자원부, 에너지절약형건물의 성능인증에 관한 연구, 2001.
6. 서승직 외, 건축환경공학, 일진사, 2004.
7. Yunus A. Cengel, Heat Transfer : A Practical Approach, 2nd Ed., McGraw-Hill, 2006.
8. 최영우, 이경희, 자연형 태양열 시스템의 적정 규모 계획에 관한 연구, 1989.