

건물 신선 외기 태양열 난방 제어 시스템에 관한 연구

권기린* · 현명택* · 강은철**

Building Fresh Air Solar Heating Control System

Ki-Rin Kwon*, Myung-Taek Hyun* and Eun-Chul Kang**

ABSTRACT

Unglazed solarwall installed in south wall is to preheat fresh air by solar insolated energy. This system has been proved as cost effective and easy to design and install and even operate. So, advanced countries such as canada and USA have already developed and applied the solar wall systems. KIER has started to work on design, analysis and control of the solar wall system. The purpose of this paper is to introduce the solar wall fresh air heating control system. The control system logic as well as hardware will be explained. The impacts of solar wall control system on the room temperature have been investigated. The designed control system to keep the room temperature constant between 18°C to 25°C could be developed and demonstrated with LabVIEW 6i software and DAQ hardware in KIER.

Key Words : Solar insolated energy, Labview, DAQ, Korea Institute of Energy Research

기호설명

A	: 집열판의 면적 [m ²]	T _{room}	: 실내(room)온도 [°C]
c _p	: 정압비열 [kJ/kg/°C]	V	: 공기접근속도(suction velocity)[m/s]
I _T	: 일사량 [W/m ²]	η	: 집열판의 효율 [%]
m	: 집열판을 통과하는 공기유량 [m ³ /s]	ρ	: 공기의 밀도 [kg/m ³]
ΔT	: 온도차 [°C]		
T _{amb}	: 외기(ambient)온도 [°C]		
T _{plen}	: 공기층(plenum)온도 [°C]		

1. 서론

국제유가 상승과 지구환경오염문제는 지난 수년간 대체에너지 개발의 중요성을 부각시키는 계기가 되어 왔으며, 이러한 에너지 및 환경문제를 해결하기 위한 방안으로 많은 환경친화형 대체에너지 응용 기술 개발이 진행되어져 왔다. 국내에서 시행되는 ESCO 사업 및 지역에너지 사업을 통한 에너지개발 및 대체에

* 제주대학교 기계에너지생산공학부, 첨단기술연구소
Faculty of Mechanical, Energy & Production Eng. Research
Institute of Advanced Technology, Cheju Nat'l Univ.

** 제주대학교 대학원
Graduate school, Cheju Nat'l Univ.

너지 연구 개발 사업 등은 현 시점에서의 국내의 대체에너지 개발의 중요성을 잘 보여주고 있다. 대체에너지원 중에서도 태양은 다른 에너지원에 비해 무한한 이용가치를 가지고 있으며 태양열을 이용한 에너지 기술 개발은 중요한 과제로 떠오르고 있다.

Solarwall시스템[1]은 태양열을 이용한 에너지개발 기술에 하나로써 겨울철 실내난방 및 신선 외기 유입을 위한 시스템이며 기존에 사용하던 물 대신에 공기를 작동유체로 사용하므로 겨울철 동파의 위험이 없다는 장점이 있으며 유리커버대신 집열판을 건물외벽에 직접 설치하기 때문에 설치가 용이하고 초기설치비용 또한 저렴하다.[2][3]

본 논문에서는 현재 한국에너지기술연구원에서 수행중인 solarwall집열판을 건물에 적용한 겨울철 신선 외기 난방 시스템을 소개하고 실증실험을 통해 얻어낸 결과를 분석하여 본 시스템을 평가해본다. 또한 LabVIEW 6i와 DAQ[4]를 이용하여 실내온도를 제어할 수 있는 프로그램을 구현해 보고 본 solarwall시스템에 적용하여 그 실용가능성을 평가해 보고자 한다.

II. 시스템 설계 및 원리

2.1 시스템 설계

2.1.1 건물 모델링

본 실험에 사용된 건물은 Fig. 1과 같으며, 이 건물의 제적은 $2.7 \times 2.8 \times 2.4(\text{m}^3)$ 로 벽면은 단열 벽체로 구성되었다.

그림에서 보이는 solarwall집열판은 태양이 잘 비취는 정남쪽을 향하여 남측벽체에서 10cm 떨어져 지표면과 수직으로 설치하였으며, 집열판이 설치된 벽면의 상하좌우 끝단에는 마감처리를 하여 집열판과 벽면사이에 공기층(plenum)[5]을 형성하도록 하였다. 그리고 남측벽면의 중앙 상부에는 $15 \times 30(\text{cm}^2)$ 의 벽을 뚫어 공기층으로부터 실내로 공기를 유입시킬 수 있도록 팬을 설치하였다.(Fig. 2 참조)

2.1.2 집열판

태양복사에너지는 물체에 도달하면 투과하거나 흡

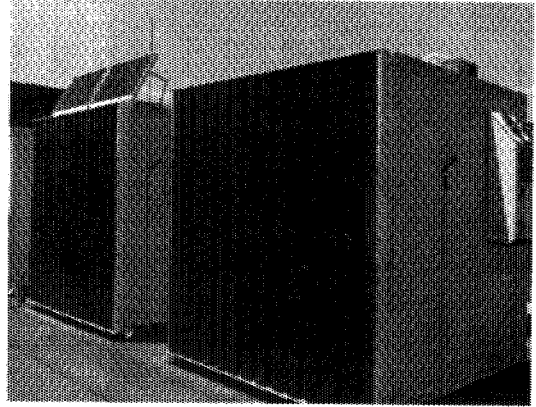


Fig. 1. Solarwall system test cell.

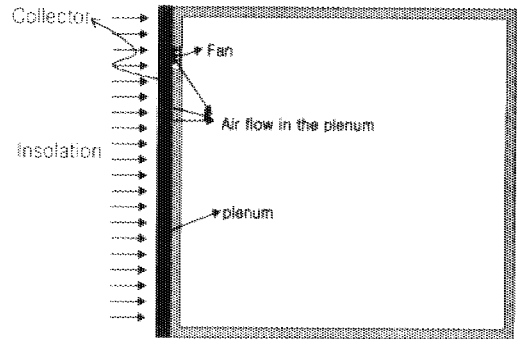


Fig. 2. Solarwall system test cell design.

수되며, 나머지는 반사된다. solarwall시스템은 흡수율이 뛰어난 집열판을 사용하여 태양복사에너지를 흡수한 후, 열전도 및 대류에 의해 공기층 온도를 상승시키는 역할을 한다. 특히 집열판에는 많은 홀(hole)이 있어 팬이 가동될 때 이 홀을 통해 외부공기가 공기층으로 유입되면서 집열판의 열을 흡수하게 된다. 이때 집열판에서의 에너지 변환 효율식[5]은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$\eta = \frac{\rho \dot{m} c_p (T_{plenum} - T_{amb})}{A I_T} \quad (1)$$

$$\dot{m} = AV \quad (2)$$

$$\eta = \frac{\rho V c_p (T_{plenum} - T_{amb})}{I_T} \quad (3)$$

여기서 공기에 대한 밀도(ρ)와 정압비열(c_p)은 온

도에 따라 미세하게 변하지만 각각 1.15 kg/m^3 , 1007 J/kg/C [6]로 일정한 값을 주었다. Approach velocity $V[5]$ 는 출을 통해 들어가는 공기의 속도를 말하며, 일반적으로 집열판의 출을 통해 들어가는 공기유량 m [m^3/s]를 집열판 면적 A 로 나눈 값으로 표현된다. 본 실험에 사용된 집열판(Fig. 3)은 일사량 600W/m^2 일 때 46%의 효율을 보여주고 있으며, 그 사양은 Table 1과 같다.

2.2 시스템 제어 원리

2.2.1 프로그램 구성

겨울철 실내 적정온도를 맞춰주기 위해서는 제어시스템이 필요하다.

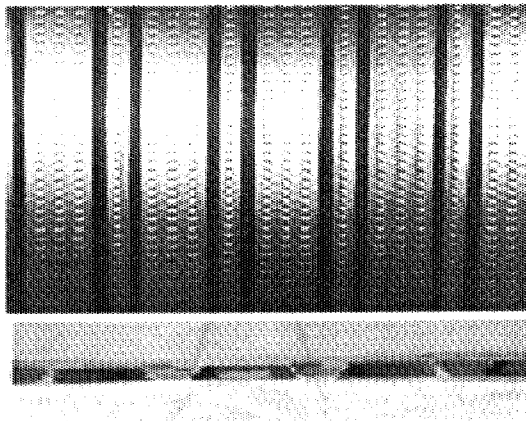


Fig. 3. Solarwall panel of dark brown color.

Table 1. Parameter of solarwall panel

Material	Aluminum
collector shape	trapezoid
color	dark brown
absorbability	85~90 %
hole shape	slit
porosity	0.6%

난방장치를 하루종일 켜놓게 되면 실내온도가 계속해서 증가하므로 이를 조절하는 것은 당연한 것이다. solarwall시스템도 일사량이 좋은 조건(600W/m^2 이상)에서는 실내온도 상승효과가 크게 나타나므로 적절한

방법을 이용하여 시스템을 제어해야 한다. 본 실험에서 사용된 제어시스템은 LabVIEW 6에서 DAQ를 이용한 통신 방법을 구현하고, 실내온도와 공기충온도를 입력값으로 하여 solarwall시스템의 팬(fan)과 전기heater의 전원을 제어함으로써 이루어진다.

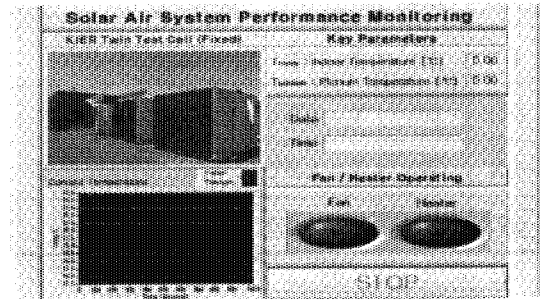


Fig. 4. Labview 6i front panel.

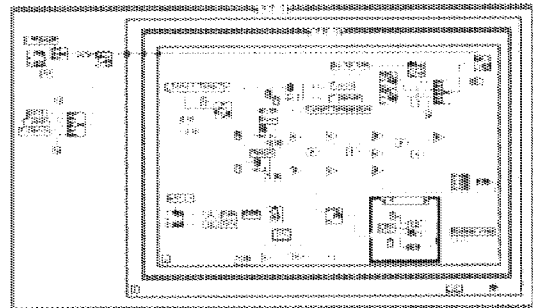


Fig. 5. Labview 6i block diagram.

2.2.2 제어 조건

본 실험에 사용된 제어 조건은 다음과 같다.

- 실내온도 : $18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$ 유지.
- 난방장치 : solarwall시스템, 전기 Heater
- 데이터 입력 : 공기충온도, 실내온도
- 시스템제어 : Fan ON/OFF, Heater ON/OFF

일사조건에 의해 공기충온도가 25°C 를 넘게 되면 Fan이 작동하여 실내온도를 높여주고, 일사량이 없는 야간에나 흐린 날에는 전기난방기를 작동하여 실내온도를 높여주게 된다. 그리고 실내온도가 25°C 를 넘게 되면은 Fan과 전기난방기의 작동을 멈춘다. 실내온도

가 18°C 이상일 때에 공기층온도가 25°C를 넘게되면 Fan만을 가동시켜 실내난방을 한다. 본 제어로직을 근거로 예상되는 실내온도 변화는 Fig. 6.과 같다.

Table 2. Control system algorithm

Fan	Heater	Condition	
ON	On	$T_{plen} \geq 25^{\circ}\text{C}$	$T_{room} < 18^{\circ}\text{C}$
OFF	ON	$T_{plen} < 25^{\circ}\text{C}$	$T_{room} < 25^{\circ}\text{C}$
ON	OFF	$T_{plen} \geq 25^{\circ}\text{C}$	$18^{\circ}\text{C} \leq T_{room} < 25^{\circ}\text{C}$
OFF	OFF	$T_{room} \geq 25^{\circ}\text{C}$	

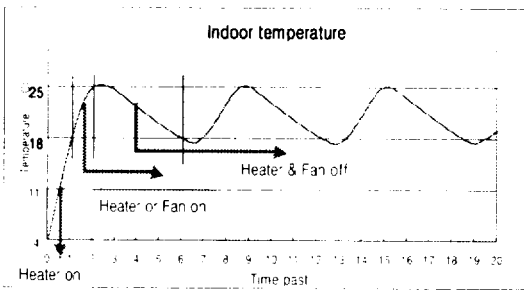


Fig. 6. Predicted indoor temperature results.

III. 실험 결과 및 분석

3.1 실험 방법

본 실험은 겨울철 기준 1일 데이터를 중심으로 이루어 졌으며, 2개의 똑같은 실험 건물을 이용하여 solarwall집열판이 설치되었을 때의 공기층 온도 비교 분석 및 solarwall시스템 가동시의 실내온도 결과 분석에 초점을 맞추었으며, 실내온도를 일정하게 유지하도록 제어시스템을 적용하였다. solarwall시스템에 사용되는 변수로는 유량, 일사량, 온도가 있으며 이중 유량 값은 단일 팬을 사용함으로 110CFM으로 일정한 값을 주었고, 일사량 측정은 EPLAB사의 PSP(Precision Spectral Pyranometer)일사량계를 실험 건물 남측면에 설치하여 solarwall집열판으로 떨어지는 일사량을

측정하였다. 건물 바깥쪽의 외기온도와 solarwall 시스템 공기층온도 그리고 건물 실내의 온도 측정은 OMEGA사의 T-type의 열전대를 사용하였으며, 건물 냉방부하를 고려하여 실험용건물의 출입문을 300 cm² 열어서 실험을 수행하였다.

3.2 실험결과 및 분석

3.2.1 solarwall시스템

Fig. 7은 본 실험용 건물에 solarwall집열판이 설치되지 않았을 때의 시간에 따른 일사량 및 외기, 공기층, 실내온도를 측정 한 것이다. Fig. 8는 건물남측벽에 흡수율이 좋은 solarwall집열판이 설치되었을 때의 시스템 가동시 결과값을 나타내고 있다. 그림에서 보면 동일 일사조건일 때 solarwall시스템에서의 공기층 온도가 굉장히 높게 나타난다는 것을 알 수 있다. 이는 solarwall집열판에서 태양복사에너지를 흡수하여 공기층의 온도를 상승시키고 팬에 의해 외부 공기가 집열판을 통과하면서 집열판의 열을 빼앗기 때문이다. 공기층에 있는 더운 공기는 팬에 의해 실내로 유

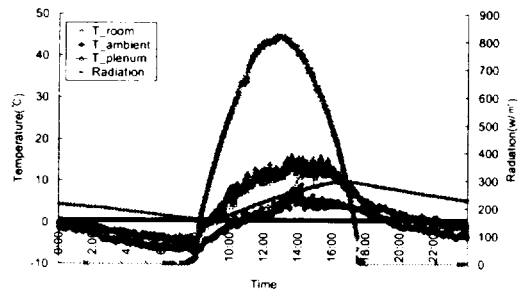


Fig. 7. Results without solarwall panel.

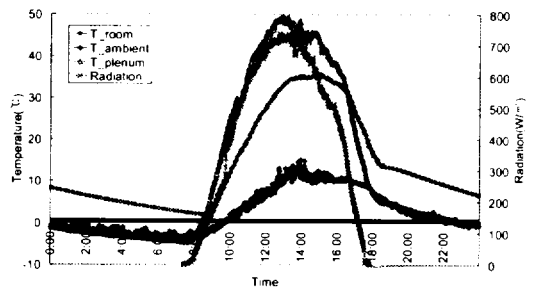


Fig. 8. Results with solarwall system.

입되면서 실내난방에 사용되어진 것이다. 따라서 겨울철 일사량이 좋은 조건하에서 solarwall시스템을 가동시키면 실내난방을 위한 에너지를 얻을 수 있다는 것을 알 수 있다.

Fig. 9은 Fig. 7, Fig. 8에서 보여준 일사량에 따른 온도증가량을 하나의 그래프로 나타낸 것으로 일사량이 증가할수록 온도증가량도 비례하여 증가한다는 것을 알 수 있다.

$$\Delta T = T_{plen} - T_{amb} \quad (4)$$

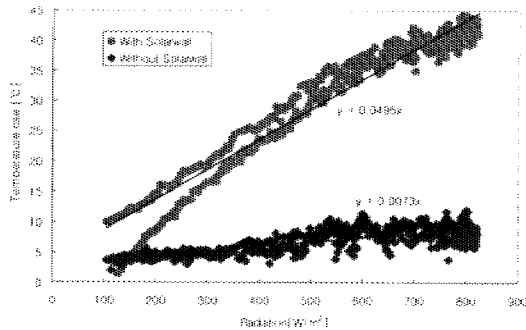


Fig. 9. Radiation vs. temperature rise.

3.2.2 실내온도 제어시스템

Fig. 10은 공기층온도와 실내온도를 입력값으로 하여 주간에는 solarwall시스템을 제어하고, 야간에는 전기난방기를 제어하는 시스템을 구현한 것이다. 공기층온도 25°C를 기준으로 solar wall시스템의 팬의 가동여부를 제어하였고, 실내온도는 18°C ~ 25°C를 유지하도록 설정하였다.

Fig. 11과 Fig. 12는 제어시스템을 가동하였을 때의 결과값을 보여주고 있다. Fig. 11은 solarwall 시스템이 건물내에서 작동되는 유일한 난방장치일 때의 결과값으로, 일사량이 증가하면서 실내온도가 비례적으로 증가하다 25°C를 기점으로 solarwall시스템이 작동을 멈추고, 그로 인해 실내온도가 서서히 떨어지는 결과를 보여주고 있다. Fig. 12는 건물내에 난방장치가 solarwall시스템과 전기난방기가 있을 때의 적정 실내온도를 유지하는 결과를 보여주고 있다. 태양이 없는 시간에는 전기난방기를 통해 실내난방을 하고, 태양이 비쬐는 주간에는 solarwall 시스템을 이용하여

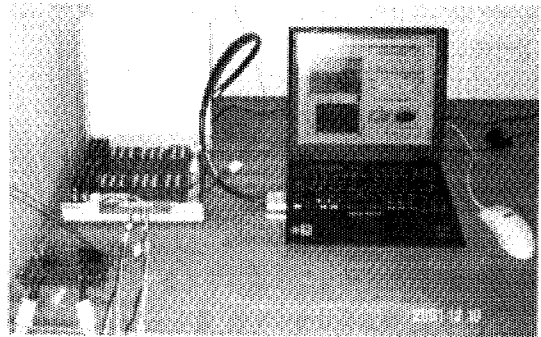


Fig. 10. Solarwall control system.

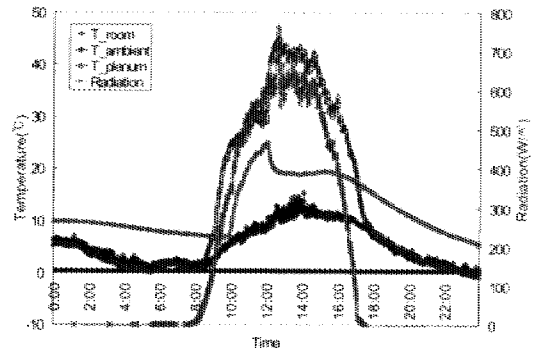


Fig. 11. Indoor temperatures control with solarwall system.

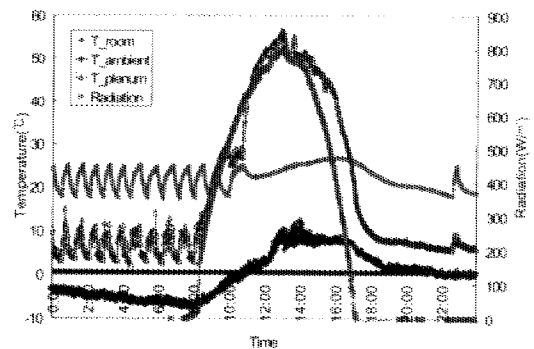


Fig. 12. Indoor temperatures control with solarwall & heater system.

실내난방을 하였다. Fig. 12에서 10:00시를 전후로 공기층온도가 급격히 떨어지다 다시 올라가는 것을 볼 수 있는데 이는 그 시간에 solarwall시스템이 가동되어 실내온도를 높이다가 실내온도가 25°C를 넘을 때

solarwall시스템이 가동을 중단했다는 것을 보여주는 것이다.

IV. 결론

본 논문에서는 겨울철 난방을 위하여 건물 남측벽에 흡수율이 뛰어난 solarwall집열판을 설치하여 여기에 도달하는 태양복사에너지를 열에너지로 변환시켜 실내난방에 사용하는 기술을 설명하였다. 이러한 기술은 현재 캐나다, 미국 등 선진국에서 시행되고 있으나 국내에는 아직 보급이 안되어 있는 실정이다. 따라서, 본 고에서는 solarwall시스템에 대한 전반적인 설명과 시스템 제어 가능성을 평가하였으며, 그 결과 외기와 실내조건에 따라 본 시스템을 LabVIEW software와 DAQ hardware를 사용하여 제어할 수 있다는 사실을 확인할 수 있었다. 또한 오버히팅되는 경우를 감안하여 실내적정온도 유지를 위한 solarwall 시스템 제어 로직을 구성하였으며, 본 실험에 적용하여 실증실험을 통해 그 LabVIEW 활용 제어 기술 유용성을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- 1) Doug McClenahan. 1994. Performance of the perforated-plate/canopy solarwall at GM Canada. Oshawa.. pp. 3-5.
- 2) S. Robert Hastings. 1999. Solar Air Systems: Built Examples. IEA.
- 3) Alfred P. Brunger. 1999. Low Cost, High Performance Solar Air-Heating Systems Using Perforated Absorbers.
- 4) Choi. S. J.. 1999. Graphical Programming LabVIEW Introduction.. pp. 257-265.
- 5) David N. Summers. 1995. Thermal Simulation and Economic Assessment of Unglazed Transpired Collector Systems. University of Wisconsin-Madison.
- 6) Lee. T. S. et al.. 1993. Introduction to Heat Transfer.. p. 740.