

팬을 부착한 이중외피의 이론적 검토 및 적용성에 대한 실험 연구

임 지 혜[†], 손 장 열

한양대학교 건축환경공학과, *한양대학교 건축공학과

Theoretical Review and Experiment on Applicability of Double Skin Facade Ventilated by Fans

Ji Hye Lim[†], Jang Yeul Sohn^{*}

Dept. Sustainable Architectural Engineering, Hanyang University Graduate School, Seoul, Korea

**Dept. of Architectural Engineering, Hanyang University, Korea*

(Received March 19, 2010; revision received June 29, 2010)

ABSTRACT: Double skin facade(DSF) ventilated by fans consists of a normal external and an internal envelope. In this glass layer, the installed fan replaces an air inlet for the control of air flow through the cavity. The purpose of this paper is to investigate physical theory and to analyze the applicability of fans installed in a DSF. The experiment was conducted in 2 rooms. One room has a DSF with installed fans and the other one has a typical window.

The room ventilated through a DSF which fans are installed was always kept warmer than the other room, ventilated directly from the outdoors. The average increase of the supplied air temperature through the DSF ventilated by fans was 6.54°C at 78CMH, 6.2°C at 95CMH, and 3.7°C at 120CMH. As a result, the DSF with installed fans was appropriate for installation in rooms. It supplies outdoor fresh air heated through a cavity and ventilates a constant air volume.

Key words: Double skin facade(이중외피), Fan(팬), Ventilation(환기), Mock-up test(실물모형실험)

기 호 설 명

T	: 온도 [K]
c	: 축열량 [J/kg K]
q_{sun}	: 일사량 [W/m^2]
k	: 흡수계수 [-]
Δd	: 각층의 두께 [m]
z	: 수송 열전달율 [$W/m^2 \cdot k$]
V	: 팬에 의한 체적유량 [m^3/s]

A_{facade}	: 중공층 단면의 넓이 [m^2]
ΔP	: 층 압력차 [$kg/m \cdot s^2$]
q	: 중공층내의 유량 [m^3/s]
v	: 유속 [m/s]
r	: 팬의 반경 [m]
b	: 팬의 높이폭 [m]
a	: 평균수직속도 [m/s]
c_p	: 풍압계수 [-]
g	: 중력가속도 [m/s^2]

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2220-0313; fax: +82-2-2296-5331

E-mail address: wsjh@hanyang.ac.kr

그리스 문자

c : 열용량 [J/kg · K]

- ρ : 밀도 [kg/m^3]
- α_c : 대류열전달률 [$\text{W/m}^2 \cdot \text{k}$]
- α_R : 복사열전달률 [$\text{W/m}^2 \cdot \text{k}$]
- $\frac{\lambda}{\delta}$: 고체열전도율 [$\text{W/m}^2 \cdot \text{k}$]
- ξ : 유동저항 [-]

하첨자

- ing, exg* : 내피유리, 외피유리
- cavity, air* : 중공층, 공기
- i, o* : 유입구, 유출구
- tot, stack, wind* : 총압력, 굴뚝효과 압력, 풍압
- 1,2,3,4 : 이중외피 내외부유리의 각 표면
- out1, out2* : 주변 공기
- w1, w2* : 주변 표면
- f* : 팬

1. 서론

1.1 연구 배경

사무실 건물 및 주상복합 빌딩 등에서 이중외피를 적용하고 있는 사례들을 많이 볼 수 있다.

이중외피는 건물외벽의 전체에 한 겹의 외피를 추가하여 중공층을 형성하고, 내피와 외피의 개구부를 통하여 공기의 유동이 이루어지게 하는 것이 일반적인 형태이다. 이중외피는 건물에서의 에너지 사용량 저감과 함께 실내환경의 쾌적성을 향상시켜 줄 수 있다. 실내와 실외 사이에 완충공간 역할을 하여 외부의 영향을 줄일 수 있으며, 겨울철이나 중간기에는 중공층을 통하여 가열된공기를 공급하여 자연환기가 가능하고, 운용방법에 따라 냉난방 부하도 줄일 수도 있다. 그러나 이중외피에 의한 환기량은 조절할 수 없으며, 설치 시 시공 및 유지관리의 어려움과 함께 실내면적이 줄어든다는 단점이 있다.

본 논문에서 연구하고자 하는 팬을 부착한 이중외피는 일반이중외피의 단점을 보완하기 위한 것으로서, 일반 외피에 내부 유리창을 설치하여 중공층을 만들고, 중공층을 통한 환기량을 제어하기 위해 내부유리에 공기 유입구 대신에 팬을 설치하였다. 즉, 이중외피에서의 자연부력에 의한 공기의 유동이 아닌, 내피의 상부, 하부 혹은 측면에 얇은 팬(슬

릿형)을 설치하여 중공층에 있는 공기를 실내로 유입시키는 것이다. Fig. 1은 팬 부착 이중외피의 단면을 나타낸 것이다. 팬 부착 이중외피는 일반 이중외피처럼 중공층을 형성하여 완충공간의 역할을 하고, 환기 풍량의 제어가 가능하며, 창문 각 유닛 당 설치하여, 유지관리가 쉬워질 수 있다.

1.2 연구목적 및 방법

본 논문은 팬을 부착한 이중외피의 주택 및 사무실에서의 적용가능성을 파악하는 것을 목적으로 한다. 일반 이중외피와 팬 부착 이중외피의 각 경계층에서의 열전달과 공기유동에 대한 이론식을 정리하여 이를 바탕으로 중공층과 중공층을 통한 공급공기의 온도에 가장 크게 영향을 줄 수 있는 주요 인자에 대해 검토하였다. 또한 팬 부착 이중외피가 설치되어 있는 실과 함께 온도변화에 대하여 비교할 수 있는 일반창호가 설치된 Mock-up 모델을 제작하였다. Mock-up 실험을 통하여 겨울철을 중심으로 팬 부착 이중외피를 이용한 실내 환기시, 재실공간에 미치는 영향을 파악하기 위한 실험을 실시하였다.

다양한 조건에서 팬 부착 이중외피의 적용성을 파악하기 위하여 외기조건 중 환기량, 일사량, 외기 온도를 주요변수로 실험 케이스를 설정하여, Mock-up 실험실 내부의 온도와 팬 부착 이중외피의 온도를 측정하였다. 이를 바탕으로 외기조건과 환기량에 따른 팬 부착 이중외피의 외기공급온도 변화를 파악하였다.

본 연구에서는 Fig. 1중 팬 부착 이중외피의 첫 번째 안을 형상화하여 실험을 수행하였다.

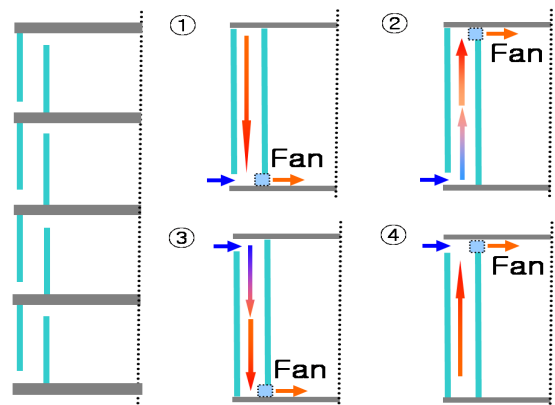


Fig. 1 Entire envelop and each units of double skin facade(DSF) with fan.

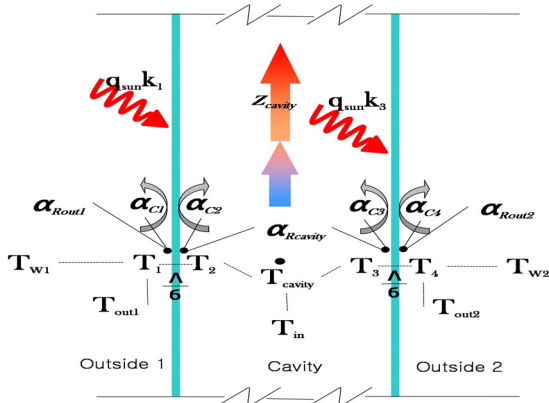


Fig. 2 Heat exchange network in the double skin facade.

2. 이론고찰

2.1 이중외피 각 경계층에서의 열전달

일반 이중외피와 팬 부착 이중외피에서 각 층 사이의 열전달 관계를 Fig. 2에 나타내었다.

Stec et al.⁽¹⁾과 Yilmaz and Cetintas⁽²⁾ 등은 이중외피의 내피와 외피유리에서는 외기($T_{out1, out2}$)와 각 유리표면 사이($T_{1,4}$), 중공층(T_{cavity})과 중공층 내부의 공기($T_{2,3}$)에서의 대류열전달($\alpha_{c1, c2, c3, c4}$)이 발생하고, 이중외피의 주변의 표면($T_{w1, w1}$)과 각 유리표면 사이($T_{1,4}$), 중공층(T_{cavity})과 중공층 내부의 공기($T_{2,3}$)에서 복사열전달계수($\alpha_{Rout1, Rcavity, Rout2}$)에 따라 복사에 의한 열전달이 발생하는 것에 대한 이론을 정리하였으며, 본 연구와 관련된 이론은 다음과 같다.

각 유리 층에서 진도($\frac{\lambda}{\delta}$)와 각 경계층에서 흡수 계수($k_{1,2}$)에 영향을 받아 일사(q_{sun})에 의해 열전달이 발생한다. 내피와 외피 각 유리 표면에서의 열전달과 유리내부에서의 열전달은 식(1)과 식(2)와 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} \frac{dT_{exg.}}{dt} c_{exg} \cdot \rho_{exg} \cdot \Delta d_{exg} &= \alpha_{c1} \cdot (T_{out1} - T_1) + q_{sun} \cdot k_1 \\ &+ \alpha_{c2} \cdot (T_2 - T_{cavity}) + \frac{\lambda}{\delta} (T_2 - T_1) \\ &+ \alpha_{Rout1} (T_{w1} - T_1) + \alpha_{Rcavity} (T_2 - T_{cavity}) \end{aligned} \quad (1)$$

$$\frac{dT_{ing.}}{dt} c_{ing} \cdot \rho_{ing} \cdot \Delta d_{ing} \quad (2)$$

$$\begin{aligned} &= \alpha_{c3} \cdot (T_{cavity} - T_3) + q_{sun} \cdot k_3 \\ &+ \alpha_{c4} \cdot (T_4 - T_{out2}) + \frac{\lambda}{\delta} (T_4 - T_3) \\ &+ \alpha_{Rcavity} (T_{cavity} - T_3) + \alpha_{Rout2} (T_4 - T_{w2}) \end{aligned}$$

중공층 내부의 공기는 내·외부 유리 표면($T_{2,3}$)에서의 대류에 의한 열전달과, 중공층 내부 공기에 외부로부터 유입되는 공기(T_{in})에 수송에 의한 열전달이 일어난다. 중공층 내부의 열교환은 식(3)과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \frac{dT_{cavity}}{dt} c_{air} \cdot \rho_{air} \cdot \Delta d_{cavity} &= \alpha_{c2} \cdot (T_2 - T_{cavity}) + z \cdot (T_{in} - T_{cavity}) \\ &+ \alpha_{c3} (T_{cavity} - T_3) \end{aligned} \quad (3)$$

중공층 내의 수송 즉, 공기 유동에 의한 열 전달률은 공기의 열용량(c_{air}), 밀도(ρ), 중공층 내 유량(q)과 중공층 단면의 넓이(A_{facade})에 의해 식(4)와 같이 표현된다.

$$z_{cavity} = \frac{\rho_{air} \cdot c_{air} \cdot q}{A_{facade}} \quad (4)$$

이중외피의 열전달 기초 이론에 대한 검토 결과, 중공층 내부의 온도는 주로 각 유리표면 온도와 유입되는 공기온도의 영향을 받으며, 유리표면의 온도는 주변부의 복사열, 대류에 의한 열전달과 일사에 의하여 열전달을 받는 것으로 검토되었다.

2.2 중공층 내부에서의 공기유동

일반 이중외피의 중공층 내부의 공기의 유동은 일사에 의하여 주변부 온도차에 의해 발생하는 압력차, 굴뚝효과와 외피의 공기유입구의 풍압에 의하여 발생하며, Stec and Paassen⁽³⁾은 다음과 같이 관련이론을 정리하였다.

중공층 내부의 총 압력차(ΔP_{tot})는 식(5)와 같다. 풍압(ΔP_{wind})에 의한 압력차는 공기의 유입구(c_{p-i}), 출입구(c_{p-o})에서의 풍압과 바람에 속도에 의해서 결정되며, 굴뚝효과(ΔP_{stack})에 의한 압력차 중공층 내부의 온도와 외부의 온도차에 의하여 발생하며, 그 식은 각각 식(6)과 식(7)과 같이 표현된다.

$$\Delta P_{tot} = \Delta P_{stack} + \Delta P_{wind} \quad (5)$$

$$\Delta P_{wind} = 0.5 \cdot (c_{p_i} - c_{p_o}) \cdot \rho \cdot v_{wind}^2 \quad (6)$$

$$\Delta P_{stack} = \left[\frac{T_{cavity} - T_{out}}{273 + \frac{T_{cavity} + T_{out}}{2}} \right] \cdot g \cdot h \cdot \rho \quad (7)$$

굴뚝효과에 의한 유체의 흐름은 베르누이 방정식에 의하여 다음 식(8)과 같이 정리될 수 있으며, 중공층 내부의 유속은 중공층내의 공기유량(q)과 중공층 단면의 넓이(A_{facade})에 의하여 식(9)와 같이 표현된다.

$$\Delta P_{stack} = \sum_1^n \xi_{i,cavity,o} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \quad (8)$$

$$v = \frac{q}{A_{facade}} \quad (9)$$

위 식(8)과 식(9)의 식을 종합하여, 굴뚝 효과에 의한 압력차는 식(10)과 같이 정리 할 수 있다.

$$\begin{aligned} \Delta P_{stack} &= \sum_1^n \xi_{i,cavity,o} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot \left(\frac{q}{A_{facade}} \right)^2 \quad (10) \\ &= \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot q^2 \cdot \sum_1^n \left(\xi_{i,cavity,o} \cdot \frac{1}{A_{facade}^2} \right) \\ &= 0.5 \cdot \rho \cdot \frac{1}{A_{facade}^2} \cdot q^2 \cdot \sum_1^n \xi_{i,cavity,o} \end{aligned}$$

식(10)을 정리하면 이중외피에서 굴뚝효과에 의한 공기의 유량은 식(11)과 같이 표현 된다.

$$q = A_{facade} \left[\frac{\Delta P_{stack}^2}{\rho \cdot \sum_1^n \xi_{i,cavity,o}} \right]^{0.5} \quad (11)$$

팬 부착 이중외피에 의한 환기량, 즉 팬에 의한 체적 유량(V)은 일반 이중외피와 달리 팬에 의한 실내의 공급유량에 의해 결정되며 외기의 상태에 따라 중공층 내부의 온도에 영향을 미치게 된다. Yunus⁽⁴⁾는 팬의 동력에 의해 제어되는 환기량을 팬의 평균 수직속도(a_f), 폭(b_f)과 반경(r_f)에 의하여 식(12)와 같이 나타내었다.

$$V = 2\pi r_f b_f a_f \quad (12)$$

3. 실험 조건 및 방법

3.1 Mock-up 모델

팬 부착 이중외피가 재실공간에 미치는 영향에 대한 실험의 Mock-up 모델은 서울(Latitude : 37° Longitude : 127°)에 위치한 7층 건물 옥상에 설치하였다. Mock-up 모델의 정면은 남측에서 동측으로 13° 기울어져 있다. 팬 부착 이중외피의 영향을 파악하기 위하여, 일반외피가 설치된 실과 열 환경의 비교가 가능하도록 같은 조건하에 있는 두 개의 실을 제작하였다.

한 실(Room A)에는 팬 부착 이중외피가 설치되었으며, 다른 한 실(Room B)에 일반 외피가 설치되었다. 각 실의 크기는 3.3 m(W)×5 m(D)×2.45 m(H)이다. Room A는 남측외피의 0.4 m 안쪽으로 한결의 전면 창호를 설치하여 크기 3.3 m(W)×0.4 m(D)×2.45 m(H)의 중공층을 형성하였으며, 외피의 하부에 외기가 유입될 수 있는 0.15 m×0.15 m 크기의 두 개의 개구부를 제작하였다. 내피의 하부에 급기팬을 설치하여 외기가 중공층을 통하여 실내로 유입되도록 하였다.

일반창호를 설치한 Room B는 Room A와 같은 양의 자연 환기를 한다는 가정 하에, 양쪽실의 환기량을 동등하게 하기 위하여 외기공기를 실내로 바로 유입시키는 팬을 설치하였다.

두 실의 북측으로 7 m(W)×1.5 m(D)×2.4 m(H) 크기의 실험준비를 위한 공간이 있고 기계 환기 장치가 설치되어있으나 본 실험에서는 사용되지 않았다. Fig. 3와 Fig. 4는 각각 Mock-up 모델의 평면도와 팬 부착 이중외피가 설치된 Room A의 투시

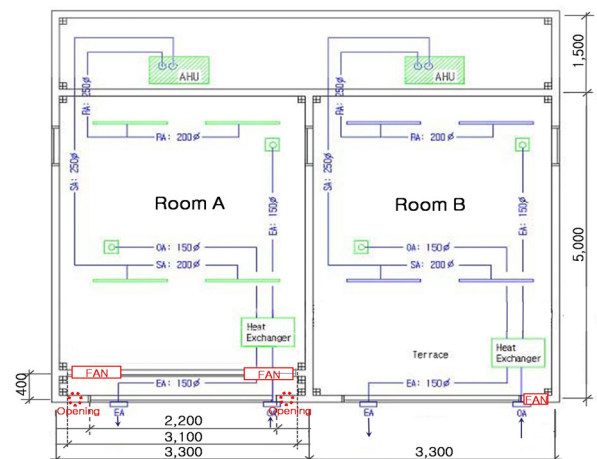


Fig. 3 Floor plan of the mock-up model.

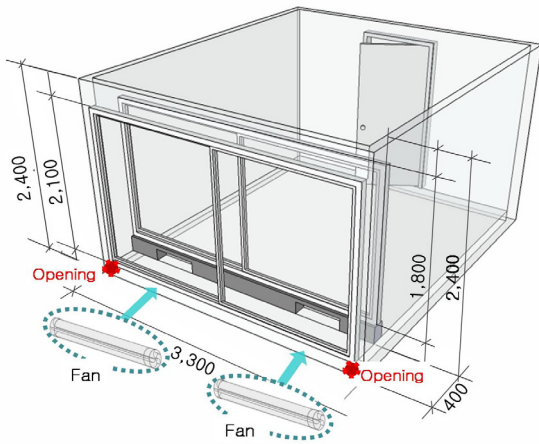


Fig. 4 Perspective plan of DSF installed with fans.

Table 1 Outline of mock-up model

Construction		All coaptation self-construction, Gable roof
Material [mm]	Wall	sandwich structured composite : 80
	Roof	sandwich structured composite : 120
	DSF	Glass : 8, Frame
U-value [W/m ² ·°C]	Wall	0.309
	Roof	0.303
	Glass	97.5

도를 보여준다. Table1은 Mock-up 모델의 재료와 물성에 대한 개요를 나타낸다.

3.2 실험조건 및 Case

이론검토 결과 중공층 내부의 온도는 각 유리표면, 공급되는 외기의 온도와 양, 주변부에서의 열전달, 일사에 영향을 받는 것으로 나타났다.

실험은 겨울철을 중심으로 팬을 부착한 이중외피를 이용하여 실내 환기를 할 때의 중공층의 온도변화와 실내의 열 환경 변화에 대하여 알아보기 위해, 이론검토 결과를 바탕으로 주요변수를 외기조건(일사량 및 외기온도)과 환기량으로 하여 4가지 Case로 나누어 온열환경에 대한 측정을 실시하였다. Table 2는 본 연구에서 실시한 실험 Case의 개요를 나타낸다.

팬 부착 이중외피를 이용하여 환기를 하는 실과 일반창호로 외기가 직접 실내로 유입되는 실의 열

Table 2 Case of experiments

Weather	Room A	Room B
	CMH in a DSF(ACH)	CMH by fan
Case 1 Clear	78(2)	78(2)
Case 2 Overcast	78(2)	78(2)
Case 3 Clear	95(2.5)	-
Case 4 Clear	120(3)	-

환경 변화를 비교하기 위하여 Room A와 Room B에서 Case 1과 Case 2에 대한 온열환경을 측정하였다. Case 1은 기본적인 Case로 맑은 날에 Room A와 B에서 24시간 동안 78CMH로 환기를 실시하여 측정을 하였다. Case 2는 외기조건에 의한 영향을 파악하기 위하여 Case 1과 비교가 가능하도록 평균일사량이 적고 온도가 낮은 흐린 날에 같은 환기조건(Room A와 B, 78CMH로 환기)으로 하여 측정을 실시하였다. Case 3과 4는 Room A에서 24시간동안 95CMH, 120CMH로 팬 부착 이중외피를 이용한 환기를 실시하여, 환기량 변화에 따른 영향을 파악할 수 있도록 하였다. Room A와 B 모두 난방을 하지 않았고 환기는 강제 급기만 하였으며 배기팬을 설치하지 않고 누기되도록 하였다. 본 실험에서 실시한 환기량은 국내 공동주택에서의 환기기준인 0.7회/h와 비교하여 상대적으로 많게 실시되었다.

3.3 측정방법

측정항목과 기기는 Table 3에 나타내었다.

Room A와 B의 환기량은 양쪽실에서 SF6 추적 가스를 사용하여 농도 감쇄법으로 산정하였다. 일사량은 Mock-up 실험실 전면에 Horizontal Pyranometer

Table 3 Measured items and instruments

Measured items	Measured instruments	Measured interval
Temperature	T-type Thermo-coupler, Data logger (DATA SCAN 7320)	1Time /minute
	Amount of air flow	
Irradiance	Horizontal Pyranometer, Data logger	

meter를 설치하여 수평일사량을 1분마다 측정하였다. 온도는 양쪽실 각각의 중간지점과 동측, 서측, 북측 벽면의 표면에서 1분마다 측정하였다. 또한 Room A에 설치된 팬 부착 이중창호의 내피·외피의 각 표면온도, 중공층 중간의 높이에 따라 5개 지점에서의 공기의 온도와 팬에서 실내로 유입되는 공기의 온도가 측정되었고, Room B의 유리 창호의 안쪽표면과 바깥쪽 표면온도가 측정되었다.

4. 결 과

4.1 측정결과

4.1.1 Case 1

Fig. 5는 Case 1의 측정결과로, 맑은 날의 팬 부착 이중외피를 통한 환기를 하는 실과 일반창의 환기에 의한 실의 일일 온도변화를 나타낸다. Room A는 팬 부착 이중외피를 통해서 78CMH로 신선외기를 도입하고, Room B는 같은 양의 외기를 직접 실내로 도입하였다.

Case 1의 측정일의 평균온도는 2.5℃이고, 최고온도는 15.5℃, 최저기온은 -4.0℃였다.

Room A와 B의 평균온도는 각각 10.2℃, 6.9℃로 측정되었으며, Room A와 B의 주간(08:00~17:00) 평균 기온은 각각 16.6℃, 12.8℃ 야간(17:00~08:00) 평균기온은 각각 6.4℃, 3.4℃로 나타났다. 팬 부착 이중외피를 설치한 실이 일평균 약 3℃가량 높게 유지되어 팬 부착 이중외피가 환기시에도 완충공간의 역할을 하는 것으로 나타났다. 일사의 영향이 없는 야간에도 양쪽 실이 외기온보다 높게 측정된

것은 Mock-up 모델이 건물의 옥상에 설치되어 주간에 건물의 축열로 인한 것으로 판단된다. Room A의 경우 최고기온은 14시 52분에 24.7℃로 측정되었고, Room B는 13시 58분에 19.2℃로 측정되어, 1시간 정도의 타임랙 현상이 발생하였다.

팬을 부착한 이중외피를 통하여, Room A로 공급되는 공기의 온도는 평균 9.1℃, 14시 26분에 최고 25.4℃로 측정되었으며, 실의 중간지점에서 측정된 온도와 비슷한 패턴으로 상승하는 경향을 보였다. 또한 팬 부착 이중외피의 공급온도와 Room A의 실온도가 12시부터 16시까지 20℃이상으로 측정되어 난방을 실시하지 않아도 적정온도를 유지하는 것으로 나타났다.

4.1.2 Case 2

Fig. 6은 Case 2로 흐린 날에 Room A와 B의 일일 온도변화를 나타낸다.

Room A과 Room B의 평균온도는 각각 8.6℃ 6.5℃로 Room A가 약 2℃정도 높게 유지되고 있었다. 실내 최고기온은, Room A의 경우 13시 58분에 11.5℃, Room B는 13시 33분에 9.1℃로 측정되어, Room A는 일반창호가 설치된 Room B 경우 보다 늦은 25분후에 약 2.4℃ 높게 측정되었다. Room A의 주간평균 기온은 9.6℃, 야간평균 기온은 8.0℃로 측정되었고, Room B의 주간평균 기온은 7.4℃, 야간평균 기온은 5.9℃로 각실에서 주야간 온도차는 Room A와 B 모두 약 1.5℃로 차이가 있었다. 외기는 평균온도 3.6℃, 최고온도 9.0℃로 Room B에 계속 공급되고 있는 반면, Room A는 팬을 통한 공급공기의 온도가 평균 7.6℃, 최고 11.6℃까지 상승하

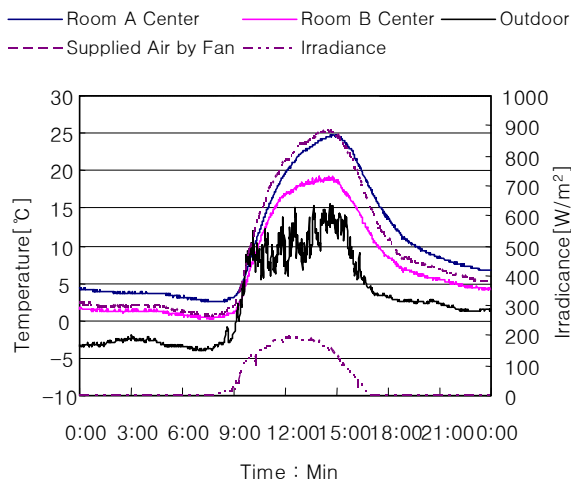


Fig. 5 Daily temperature variation in Case 1.

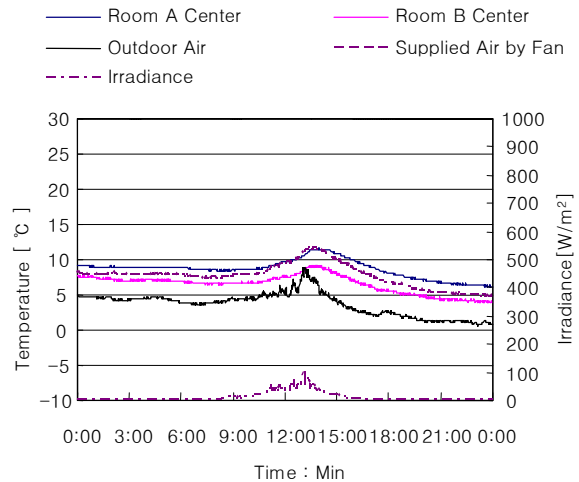


Fig. 6 Daily temperature variation in Case 2.

여 공급되고 있는 것으로 나타났다.

4.1.3 Case 3, Case 4

Fig. 7과 Fig. 8은 각각 Case 3과 Case 4의 측정 결과로 Room A에 팬 부착 이중외피를 통하여 95 CMH, 120CMH로 환기를 실시할 경우의 온도변화를 나타낸다.

측정일의 차이로 인하여, Case 3의 측정일의 외기온은 평균 4.1℃, Case 4의 경우는 8.8℃로 양 일간 외기온은 약 5℃정도의 차이가 있었으나, 평면일사량은 각각 최고 174.4W/m², 169.5 W/m²으로 비교적 큰 차이는 없었다.

Case 3의 경우 팬을 통한 유입공기의 온도는 평균 10.3℃ 최고 24.0℃로 측정되었으며, Case 4는 평균 13.3℃, 최고 25.4℃로 측정되었다. Case 3과 Case 4의 Room A의 평균 온도는 각각 10.2℃, 13.

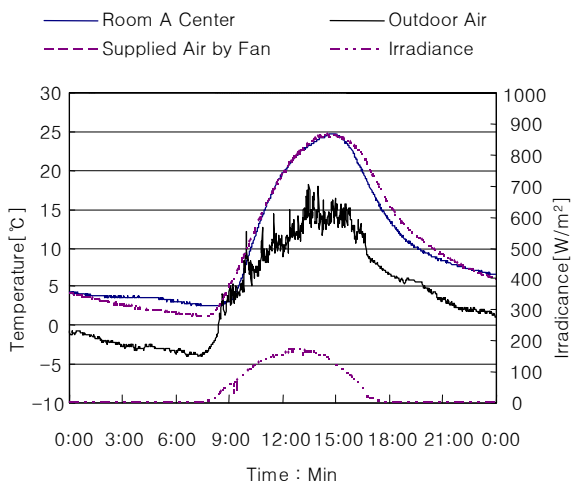


Fig. 7 Daily temperature variation in Case 3.

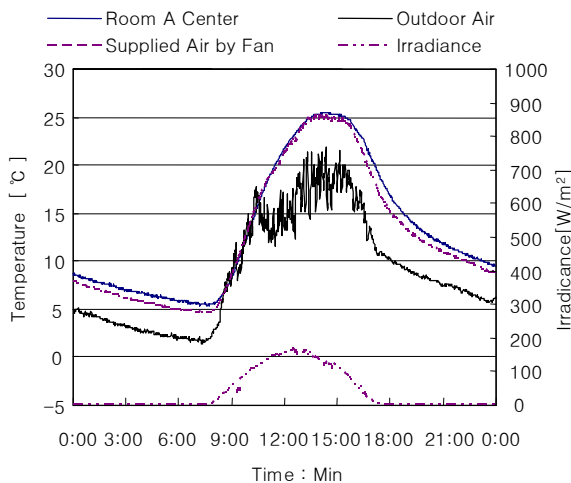


Fig. 8 Daily temperature variation in Case 4.

3℃로 약 3℃의 온도 차이를 보였으나, 각각의 낮 최고는 24.0℃, 25.4℃로 근사하게 측정되었다.

4.2 일사 및 환기량에 따른 팬 부착 이중외피의 공급온도변화

Fig. 9는 각 Case별로 일사량 변화에 따른 팬 부착 이중외피의 유입공기와 외기의 온도차로서, 팬 부착 이중외피를 통한 외기의 온도 상승정도를 나타낸다. 이는 각 측정일의 일사의 영향이 나타나기 시작하는 오전동안의 측정결과를 나타낸 것이며, 오후에는 일사량이 낮아짐에도 불구하고 주변부의 축열에 의한 영향으로 유입공기와 외기의 온도차가 비교적 일정하게 나타났다. 일사량이 100 W/m² 미만일 때에는 팬 부착 이중외피를 통해 공급되는 공

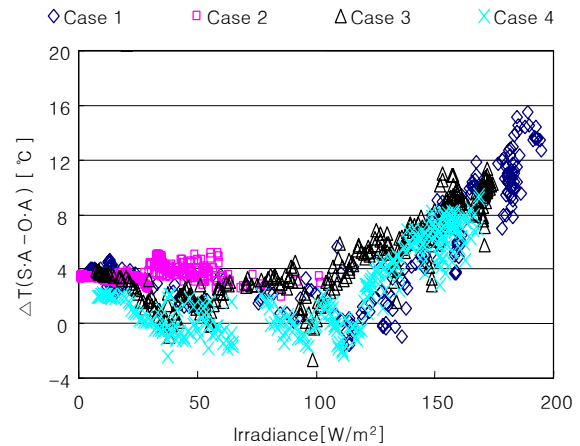


Fig. 9 Difference between supplied air temp. and outdoor air temp. on irradiance.

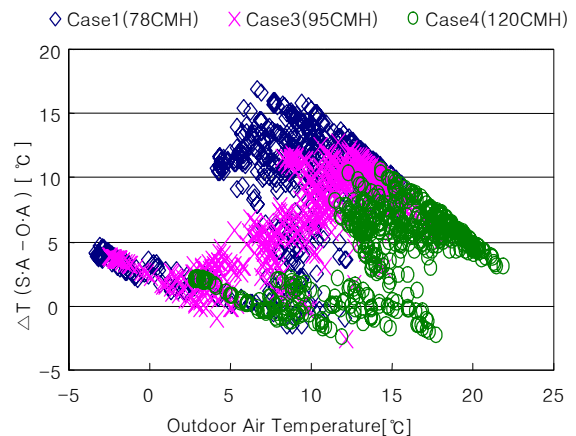


Fig. 10 Difference between supplied air temp. and outdoor air temp. on outdoor air.

기온도는 비교적 높게 상승되지 않았고, 100 W/m² 이상이 되면서 급격히 상승되는 것으로 나타났다.

Fig. 10은 외기 온도에 따른 팬 부착 이중외피를 통한 공급온도의 상승정도를 나타낸다. Case 2는 흐린날 측정을 실시하여 일사량이 낮아 측정조건이 다르므로 비교에서 제외하였다.

팬 부착 이중외피를 통한 공급공기의 온도는 78 CMH(Case 1)로 환기시 외기온도가 6.6℃일 때 최고 16.9℃ 상승되었으며, 95CMH, 120CMH로 환기시 각각 외기온 11.6℃일 때 최고 12.7℃, 외기온 14.3℃ 일때 최고 10.5℃ 상승된 것으로 나타났다. 외기온도가 가장 낮았음에도 불구하고 가장 적은량의 환기를 실시한 Case 1에서 온도상승의 정도가 가장 높은 것으로 나타났으며, 그 다음으로는 Case 3, Case 4로 나타났다.

각 Case별로 주간시간에 팬 부착 이중외피를 통해 상승된 온도는 평균적으로 Case 1은 9.0℃, Case 2는 4.3℃, Case 3은 7.2℃, Case 4는 4.4℃로 나타나, 환기량이 적은 Case 1에서 가장 온도의 상승폭이 크게 나타났으며 다음으로 Case 3, Case 4, Case 2 순으로 온도상승의 정도가 큰 것으로 나타났다.

5. 결 론

본 연구의 목적은 팬을 부착한 이중외피의 열전달 및 공기유동에 대한 이론적 검토와 겨울철을 중심으로 Mock-up 실험을 실시하여 팬 부착 이중외피가 재실공간에 미치는 영향을 파악하여 주택 및 사무실에서의 적용가능성에 대하여 파악하는 것이다.

이중외피의 중공층 내부의 온도는 주로 각 유리표면과 유입되는 외기의 영향을 받으며, 유리표면의 온도는 주변부의 복사열, 대류에 의한 열전달과 일사에 의한 영향을 받는다. 일반 이중외피는 굴뚝 효과에 의하여 공기의 유동이 일어나 환기가 되는 반면, 팬 부착 이중외피는 주로 동력에 의해 제어되는 팬의 평균속도에 의하여 공급유량을 결정하게 된다.

겨울철 실험결과, 팬 부착 이중외피를 통하여 78 CMH의 환기를 실시한 실의 평균기온은 맑은 날과 흐린날 각각 10.2℃, 8.6℃로 나타났으며, 외기를 직접 유입시켜 환기를 실시한 실의 평균기온은 각각 6.9℃, 6.5℃나타나 팬 부착 이중외피를 통해 환기를 하는 실내의 온도는 외기가 바로 유입되어 환기를 하는 실보다 기온이 높게 유지되는 것으로 나타났

다. 맑은 날의 주간에는, 팬 부착 이중외피를 통해 환기를 하는 실내의 최고 온도는 78CMH, 95CMH, 120CMH로 환기시, 각각 24.7℃, 24.0℃, 25.4℃로 별도의 난방이 필요하지 않을 정도로 실내의 온도가 높게 상승된 것으로 나타났다. 팬 부착 이중외피를 통해 실내로 공급되는 공기온도의 상승 정도는 평균적으로 78CMH로 환기시 9.0℃, 95CMH로 환기시 7.2℃, 120CMH로 환기시 4.4℃로 나타났으며, 흐린 날 78CMH로 환기시 4.3℃가 상승된 것으로 나타났다. 맑은 날일수록 일사에 의해 중공층 내부가 상승되어 실내로 공급되는 온도가 높게 나타났으며, 팬에 의해 실내로 유입되는 공기량이 적을수록 온도가 높게 상승되는 것으로 파악되었다.

본 논문은 팬을 부착한 이중외피를 재실공간에 적용하였을 때 온열환경에 미치는 영향에 대하여 파악하기 위한 것으로 팬 부착 이중외피는 실내에 일정한 양의 환기를 실시하고 환기량을 조절할 수 있으며 외기온도를 상승시켜 실내로 공급하여, 재실공간에 적용 시 환기와 함께 실내의 온도 조절이 가능한 것으로 나타났다. 또한 Cold draft를 줄이고 겨울철 난방부하를 줄일 수 있을 것으로 예상된다.

본 연구는 겨울철 팬 부착 이중외피의 적용성에 대해 Mock-up 실험을 실시한 것으로, 중간기와 여름철 실험과 Mock-up 실험실이 아닌 실제의 사무실이나 거주공간에 적용했을 때 열 환경 변화에 대한 연구가 필요하며, 추후 팬 부착 이중외피의 제어 및 에너지 사용량의 절감효과에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌

1. Stec, W. J., van Paassen, A. H. C. and Maziarz, A., 2005, Modelling the double skin facade with plants, *Energy and Buildings*, Vol. 37, pp. 419-427.
2. Yilmaz, Z. and Cetintas, F., 2005, Double skin facade's effects on heat losses of office building in Istanbul. *Energy and Building*, Vol. 37, pp. 691-697.
3. Stec, W. and van Paassen, D., 2003, Defining the performance of the double skin facade with the use of the simulation model, *Eighth International IBPSA Conference*, pp. 1243-1249.
4. Yunus, A. Cengel and John, M., 2005, *Cimbala*,

- Fluid Mechanics, pp. 771-713.
5. Zollner, A., Winter, E. R. F. and Viskanta, R., 2002, Experimental studies of combined heat transfer in turbulent mixed convection fluid flows in double-skin-facades, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Vol. 45, pp. 4401-4408.
 6. Balocco, C., 2002, A simple model to study ventilated facades energy performance, *Energy and Building*, Vol. 34, pp. 469-475.
 7. Balocco, C. and Colombari, M., 2006, Thermal behaviour of interactive mechanically ventilated double glazed facade : Non-dimensional analysis, *Energy and Buildings*, Vol. 38, pp. 1-7.
 8. Saelensa, D., Roels, S. and Hens, H., 2008, Strategies to improve the energy performance of multiple-skin facades, *Building and Environment*, Vol. 43, pp. 638-650.
 9. Gratia, E. and De Herde, A., 2004, Natural ventilation in a double-skin façade, *Energy and Buildings*, Vol. 36, pp. 137-146.
 10. von Grabe, J., 2002, A prediction tool for the temperature field of double facades, *Energy and Buildings*, Vol. 34, pp. 891-899.
 11. Kim, K. W., 2003, Overview of Recent Developments of Double-skin Facade System, *Journal of Architecture*, Vol. 47, pp. 28-39.
 12. Xu, L. and Ojima, T., 2007, Field experiments on natural energy utilization in a residential house with a double skin facade system, *Building and Environment*, Vol. 42, pp. 2014-2023.
 13. Høseggen, R., Wachenfeldt, B. J. and Hansen, S. O., 2008, Building simulation as an assisting tool in decision making Case study : With or without a double-skin facade?, *Energy and Buildings*, Vol. 40, pp. 821-827.
 14. Stephen, R. Livermore and Andrew W. Woods, 2007, Natural ventilation of a building with heating at multiple levels, *Building and Environment*, Vol. 42, pp. 1417-1430.
 15. Pasquay, T., 2004, Natural ventilation in high-rise buildings with double facades, saving or waste of energy, *Energy and Buildings*, Vol. 36, pp. 381-389.
 16. Yeo, M-S. and Jo, G-Y., 2007, Ventilation of High-rise Residential Buildings Using Double Skin Façade, *Journal of Architecture*, Vol. 51, pp. 57-62.
 17. Jeong, Y-H., 2007, The development and Performance Evaluation of a Natural Ventilation System with Solar Collector Window, Ph.D. Thesis, Hanyang University.