

# 커튼월의 단열 향상 및 결로 방지를 위한 통기구조 적용방안 연구

## Application of Ventilated Cavity for Enhancing Insulation and Preventing Condensation of Curtain-wall System

이선우(Sunwoo Lee)<sup>†</sup>

서울대학교 건축학과

Department of Architecture and Architectural Engineering, Seoul National University, Seoul 08826, Korea

(Received November 8, 2016; revision received November 14, 2016; Accepted: November 15, 2016)

**Abstract** Curtain-wall systems have been widely applied to buildings because of their lightweight and constructability characteristics. However, as curtain-wall systems include many building materials, vapor barriers can become damaged and condensation can occur. Due to the material properties of stone curtain-walls, the external appearance and structure of a building could be damaged and the insulating performance of the curtain-wall could be worse. Natural ventilation using an air cavity in a curtain-wall is expected to be effective for the prevention of condensation in inner walls and for the reduction of building cooling energy use in the summer. The purpose of this experimental study is to analyze the influence of a ventilated cavity on the insulating performance of a curtain-wall and the ventilated cavity depth and ratio of top opening needed to prevent condensation in a curtain-wall.

**Key words** Ventilated cavity(통기성 중공층), Curtain-wall(커튼월), Thermal insulation(단열), Condensation(결로), Mock-up test(실물대 실험)

<sup>†</sup> Corresponding author, E-mail: sunoo76@snu.ac.kr

### 1. 서 론

커튼월은 공기단축, 경량화, 가설공사의 간략화로 고층 건물의 외벽에 많이 적용되고 있으며, 전통적인 외벽과 달리 지지벽 또는 프레임에 외장 패널을 부착하여 건물외피의 다양한 형태가 가능하게 되었다. 그러나 커튼월은 많은 구성부재로 이루어져 방습층의 기밀 시공이 용이하지 못하며, 연결부위에 사용되는 은박마감의 경우 시간의 경과에 따른 박리현상과 시공상의 부주의로 방습층이 쉽게 찢어지면서 발생한 틈새로 수분이 침투하여 Fig. 1과 같은 결로가 발생하게 된다. 특히 석재커튼월에서는 결로 발생 시 자재 특성상 그 피해가 외부로 드러나게 되어 건물 외관을 손상시키고, 투습된 수분으로 인해 구조체의 부식 및 내부 단열재의 단열성능을 저하시켜 에너지 사용량이 증가하게 되는 등 여러 문제점이 제기되고 있다.

이와 같은 커튼월의 함습으로 인한 문제를 방지하기 위해 국외<sup>(1)</sup>에서는 커튼월의 중공층 통기를 통해 벽체 내 수분을 지속적으로 배출할 수 있는 통기구조

의 적용이 시도되고 있다. 그러나 통기구조의 성능은 기후조건, 건물의 시공 상태, 건물의 운영패턴 등의 영향을 받아 국내 적용을 위해서는 그 효과에 대한 실제적 검증이 필요할 것으로 예상된다.



Fig. 1 Condensation problems around the fastener of curtainwall system.

이에 본 연구에서는 기존커튼월 공법을 유지하면서 중공층 상·하부에 개구부를 설치하여 중공층 내부의 환기가 가능한 통기성 커튼월의 실험실�험을 통해, 통기성 커튼월과 비통기성 커튼월의 단열 및 결로방지 성능을 비교하고, 또한 통기성 커튼월의 중공층 내 공기 유동 경로가 되는 중공층 폭과 개구부 크기에 따른 중공층 내 환기특성 분석을 통해 커튼월의 통기구조 적용방안을 제시하고자 한다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1 통기성 커튼월의 개념

통기구조는 환기 및 함습 방지 등을 위한 대안으로 건축물에 오래전부터 사용되어온 기법으로, 주로 유럽의 목구조 건물의 지하공간 및 지붕 하부공간, 외벽 등에 적용되어왔다. 본 연구에서는 커튼월의 결로방지를 위한 대안의 하나로서 통기구조를 커튼월 중공층에 적용한 통기성 커튼월을 제안하기 위해, 기존 국외에서 개발 및 적용되고 있는 통기성 외피의 개념을 재정의하고 mock-up 실험을 통하여 단열 및 결로방지성능을 검증하고 국내기후 및 건축·시공환경에 대한 적용성을 평가하였다. 본 연구에서 사용되는 주요어의 이해 및 용어사용에 대한 혼돈을 막기 위해 기존 연구를 바탕으로 다음과 같이 재정의 하였다.

- 통기구조 : 구조체 내부로 외기가 통과될 수 있도록 설계 및 시공된 구조, 통기구조의 적용 가능 부위로는 외벽, 지붕, 지하실 등이 있음
- 통기성 외피 : 통기구조가 적용된 외피, 목구조, 조적조, 커튼월 등 모든 외피를 적용 대상으로 하며, 중공층 내 통기성 여부를 기준으로 판단함
- 통기성 커튼월 : 통기구조가 적용된 커튼월

### 2.2 통기성 커튼월의 열 및 물질전달

통기성 커튼월은 외장 패널, 중공층, 투습방수지, 수직·수평각형 프레임 내부에 매입되는 보드 및 단열재, 방습층으로 구성되며 중공층의 상·하부에는 외기가 출입할 수 있는 개구부가 설치된다. 통기성 커튼월의 열 및 물질전달은 개구부를 통해 중공층 내부로 유출입 되는 외기로 인해 기존 비통기형 외피의 열 및 물질전달과는 다른 특성을 지니게 된다.

통기성 커튼월은 중공층을 외부로 개방함으로써 중공층 내부공간의 환기가 이루어지는 특징을 갖는다. 중공층 환기는 중공층 내부의 공기를 외기로 대체시킴으로써 중공층 내부의 습도를 적절하게 유지시키며, 이에 따라 건조한 외피를 확보할 수 있다는 장점을 지

니고 있다. 이러한 중공층 환기의 효과는 외기조건(기후), 실내환경조건, 외피의 유형 및 건물의 시공상태, 거주자의 생활방식 등 여러 가지 인자의 영향을 받지만, 기본적으로 전도, 대류, 복사의 열전달과 대류, 확산, 증발에 의한 물질전달에 특성에 의해 결정된다.<sup>(2)</sup>

통기성 커튼월 내 heat balance는 벽체 양측의 온도차에 의하여 온도가 높은 곳에서 낮은 곳으로 열이 전달되는 전도와 각 표면에서 방출되는 복사, 중공층 내 기류에 의한 대류에 의해 이루어진다. 이중 전도는 내측 벽체( $Q_{W,Cond}$ )와 외장패널( $Q_{Rs,Cond}$ )에서 주로 이루어지며, 대류와 복사는 중공층 내 양측 표면( $Q_{C1,Conv}$  &  $Q_{C2,Conv}$ ,  $Q_{C1,Rad}$  &  $Q_{C2,Rad}$ )과 실내측 표면( $Q_{In,Conv}$ ,  $Q_{In,Rad}$ ), 실외측 표면( $Q_{Out,Conv}$ ,  $Q_{Out,Rad}$ )에서 이루어진다. Moisture balance는 석고보드, 단열재, 각종 wall paper로 구성된 내벽 및 중공층에서의 수증기 분압차에 의한 확산( $q_{W,Diff}$ ,  $q_{C,Diff}$ )과 중공층 내 기류에 의한 이동( $q_{C,Conv}$ )에 의해 이루어진다. Fig. 2는 통기성 커튼월의 열 및 물질전달 모델을 도식화 한 것이며, Table 1은 통기성 커튼월의 열 및 물질전달 중 벽체 내 부위별 주요 전달방법을 나타낸 것이다.

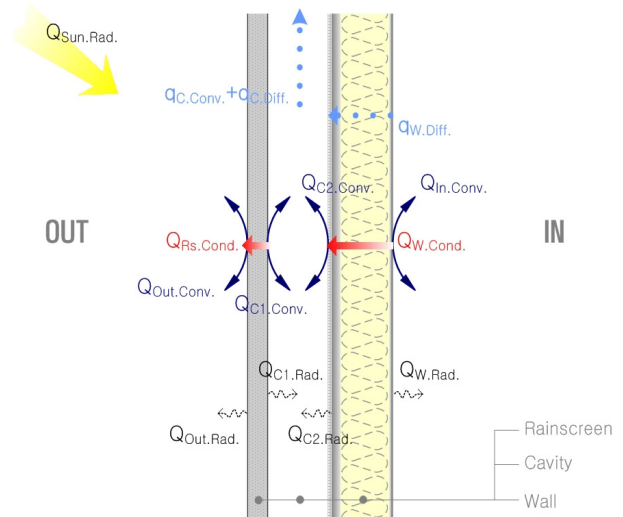


Fig. 2 Schematic diagram of the heat and moisture transfer in a ventilated curtain-wall.

Table 1 Heat and mass transfer mechanism in the ventilated curtain-wall

	Wall	Cavity	Surface
Heat transfer	Conduction	Convection	Convection, Radiation
Mass transfer	Diffusion	Convection, Diffusion	Convection, Diffusion

### 3. 단열 및 결로방지 성능 평가를 위한 mock-up 실험

#### 3.1 실험 모델

실험 모델은 통기성 커튼월과 비통기성 커튼월의 성능을 동시에 비교·평가하기 위한 실험과 통기성 커튼월의 중공층 폭 및 개구부 개방면적에 따른 단열 및 결로방지 성능평가 실험을 실시하기 위해 세 모듈의 외피로 구성된 실물 규모의 구조체로 구성하였다. 실험은 S대 공대 건물에서 일사의 영향이 가장 적게 나타나 결로발생의 위험이 가장 높을 것으로 예상되는 북측 면에 3층 높이인 10.7 m로 시공하였다. 내부는 층별 1개씩 3개의 실로 구성되며, 실험모델의 개요 및 전경은 Table 2 및 Fig. 3과 같다.

비통기성 커튼월은 국내 커튼월의 일반적인 중공층 폭이라 할 수 있는 70 mm로 1개 모듈을 설치하였고, 통기성 커튼월의 경우 중공층 폭은 국외 연구에서 통기구조의 적용 시 25 mm~50 mm로 제시<sup>(3)</sup>하고 있으나 국내 시공여건과 유지관리의 편의를 고려하여 중공층 폭 30 mm인 통기성 커튼월 1개 모듈, 폭 70 mm보다 중공층 내 마찰저항을 줄이기 위해 중공층 폭 100 mm의 통기성 커튼월 1개 모듈을 시공하였다.

통기성 커튼월 개구부의 경우 상부는 중공층 통기시 30 mm간격으로 개구부 면적의 변화가 가능한 형태로 시공하였으며, 하부 개구부는 중공층 통기여부에 따라 개폐가 가능한 벨브를 설치하여 Fig. 4와 같이 시공하였다.

Fig. 5는 커튼월 단면과 센서 설치 위치를 나타내며 기류측정은 개구부 주변에서 발생하는 난류의 영향을 최소화 하고 중공층 내 안정적인 층류의 속도를 측정하기 위해 실험체 정중앙 부분인 2층의 중공층 중간지점에서 이루어졌다. 측정에 사용된 기기 및 센서는 Table 3과 같다. 본 실험은 동계 한 달 동안 Table 4의 조건에 따라 측정이 실시되었으며 실내 온도 및 습도는 안정적 유지를 위해 온도조절기와 습도제어기를 설치하여 항온항습상태가 되도록 조절하였다.

#### 3.2 실험 조건

실험은 Table 4에서 제시한 바와 같이 4단계로 이루어졌다. 커튼월의 통기 여부가 외피의 단열 및 결로 방지에 미치는 영향을 검증하기 위한 통기성 커튼월과 비통기성 커튼월의 비교 실험, 통기성 커튼월의 적정 중공층 깊이 산정을 위한 중공층 폭에 따른 성능 비교 실험, 통기성 커튼월의 개구부 개방면적에 따라 중공층 내의 기류속도가 달라지면서 단열성능의 차이가 클 것으로 예상되어 상부 개구부의 개방비 및 개구부면적 변화에 따른 성능 비교 실험을 실시하였다. 또한 개구

Table 2 Construction details of test building

Construction	Details	
	Structure	Steel frames
Building structure	Slab	Steel deck plate with 30 mm cement mortal
	Wall	Glass wool sandwich panel (Thickness : 100 mm)
Building size	No. of stories	3 stories
	Floor area	6,051 m <sup>2</sup> (4,034(W)×1,500(D) mm)
	Story height	3,000 mm
	Wall size	1,218(W)×10,700(H) mm (for 1 module)
Curtain-wall	Cavity height	10,700 mm
	Cavity Type	1 module for airtight cavity 2 modules for ventilated cavity
	Panels	granite (Thickness : 30 mm)



Fig. 3 A front view of test building.



Upper vent Lower vent  
Fig. 4 Vents of ventilated curtain-wall.

Table 3 Equipments and sensor type

Value	Equipments and sensor
Temperature	T-type thermocouple
Air velocity	Potable Multifunction Data-Logger
Humidity	Hygro-transmitter

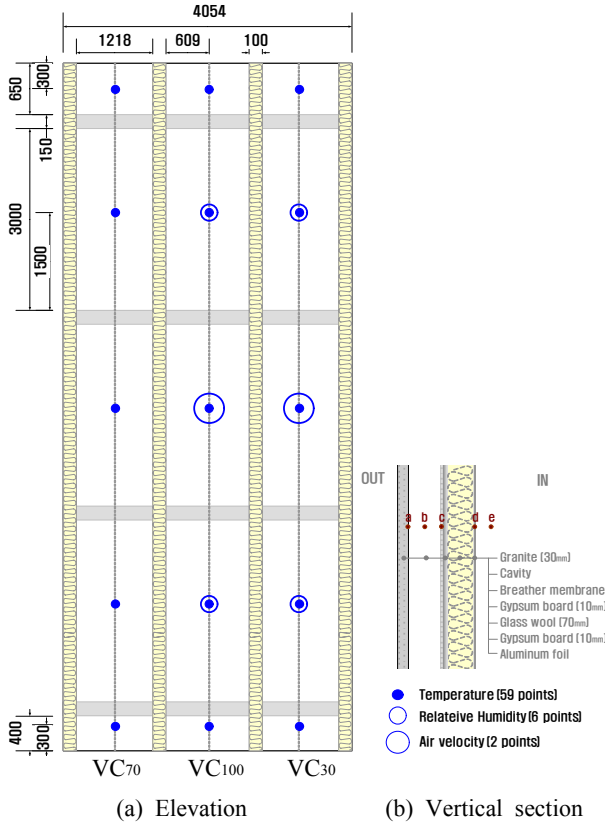


Fig. 5 Arrangement of sensors in the curtain-wall.

부의 개방면적 변화에 따른 단열 및 결로방지 성능을 살펴보기 위해 결로방지 측면에서는 VC100과 성능이 크게 차이가 나타나지 않은 중공층 폭이 좁은 VC30의 개방면적비를 1:1과 1:5로 설정하여 단열 및 결로방지 성능을 비교 분석하였다.

#### 4. 실험결과 및 분석

##### 4.1 통기성 커튼월과 비통기성 커튼월의 성능평가

통기성 커튼월과 비통기성 커튼월의 단열성능 및 결로방지 성능을 비교 분석하기 위해 실물대 실험체를 대상으로 커튼월 벽체 내 단면별 온도와 중공층 내 상·하부 습도 및 기류를 측정하였다. 실험기간 중 외기온이 최저로 나타난 시점의 커튼월 벽체 내 온도분포를 나타낸 그래프는 Fig. 6과 같으며, 측정기간 중 외기온이 최저로 나타난 1일 간 AC70(비통기성 커튼월)과 VC30(통기성 커튼월)의 중공층 내 온도 및 기류 속도와 외기온에 대한 그래프는 Fig. 7과 같다. 외기온이 가장 낮게 나타난 1일 동안 AC70과 VC30의 중공층 내 온도차는 1℃ 미만으로 나타났으며, 주간에는 중공층 내의 온도가 거의 유사하게 나타났다. 커튼월 벽체 내 단면별 온도분포 또한 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다.

Fig. 8의 경우 AC70과 VC30의 중공층 내 상대습도를 나타내고 있다. AC70의 중공층 내 상대습도는 60% 이상을 보인 반면, VC30의 경우 지속적으로 47.5% 내외로 상대습도가 낮게 유지되는 것으로 측정되었다. 이와 같은 VC30의 온도 및 상대습도는 VC30의 기류 특성에 의한 것으로, 0.2 m/s 이하의 낮은 기류속도는 중공층 내 표면 열손실량을 크게 증가시키지 않은 반면, 중공층 내 수분은 확산에 의해 지속적으로 외부로

Table 4 Experiments

No.	Experiments	Wall type	Opening area ratio (Cavity : Upper vent)	Indoor condition
1	The performance comparison between Airtight cavity and Ventilated cavity	AC70	-	Temperature : 20℃ Relative humidity : 40%
		VC30	1 : 5	
2	The effect of cavity depth on the performance of ventilated cavity	VC30	1 : 1	
		VC100	1 : 1	
3	The effect of a ratio of upper vent area to cavity area on the performance of ventilated cavity	VC30	1 : 1	
		VC30	1 : 5	
4	Experiment on the cavity ventilation effect through a change of upper vent area	VC30	1 : 5 → 1 : 0 → 1 : 1	

※ AC70 : Airtight Cavity with a depth of 70 mm  
VC30 : Ventilated Cavity with a depth of 30 mm

VC100 : Ventilated Cavity with a depth of 100 mm

유출되어 단열성능에는 큰 차이가 없지만 결로방지 성능 측면에는 VC30이 더 유리한 것으로 판단되었다.

한편, 중공층 내 기류속도가 증가할 경우 중공층 내 표면 열손실량이 증가하여 단열성능이 감소할 것으로 예상되기 때문에, 통기성 커튼월 계획 및 운영 시 단열 성능 및 결로방지 성능을 동 시에 확보하기 위해서는 중공층 내 기류속도를 낮게 유지하기 위한 고려가 필요한 것으로 판단된다.

#### 4.2 중공층 폭에 따른 통기성 커튼월의 성능평가

통기성 커튼월의 중공층 폭에 따라 중공층 내 마찰저항의 영향으로 기류속도가 달라지게 되며, 기류속도가 증가할 경우 중공층 표면 대류 열전달량의 증가로 통기성 커튼월의 단열 및 결로방지 성능 또한 달라질 것이라 예상함에 따라 통기성 커튼월의 중공층 폭이 30 mm인 VC30과 100 mm인 VC100을

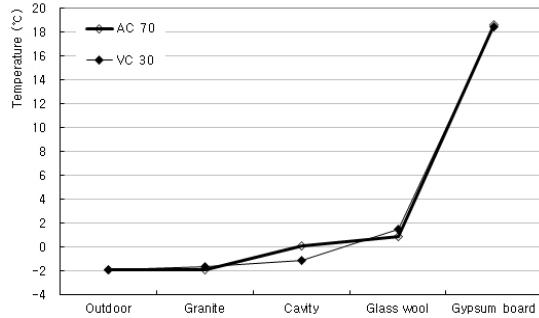


Fig. 6 Temperature distribution at each layer of both airtight cavity and ventilated cavity.

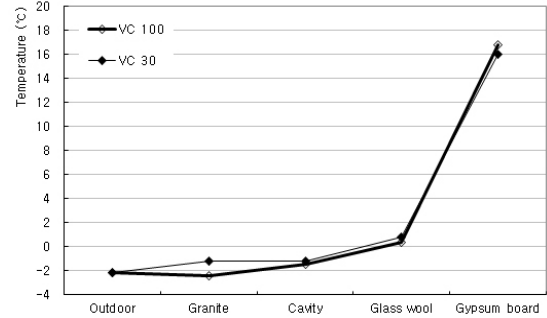


Fig. 9 Temperature distribution at each layer of ventilated cavities.

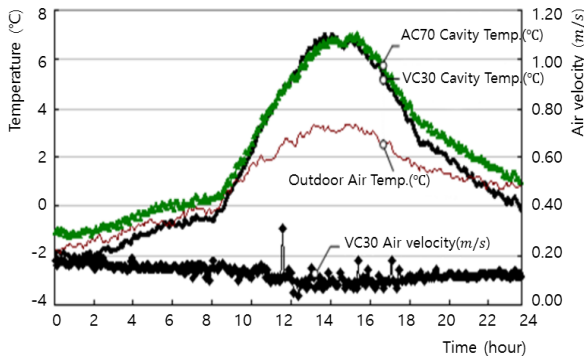


Fig. 7 Temperature and air velocity in both airtight cavity and ventilated cavity.

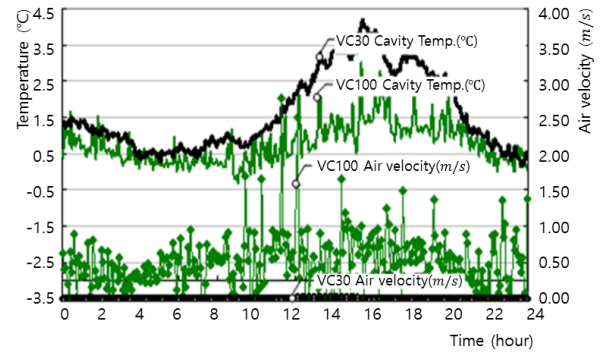


Fig. 10 Temperature and air velocity in ventilated cavities.

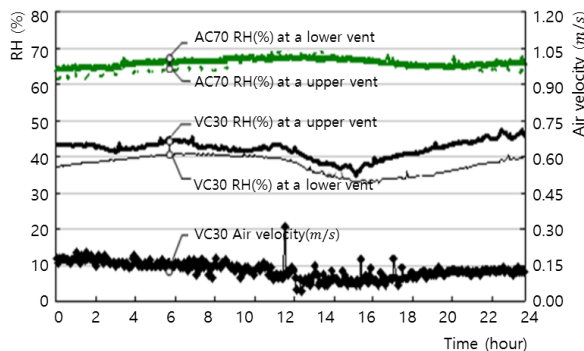


Fig. 8 Relative humidity at each vents of both airtight cavity and ventilated cavity.

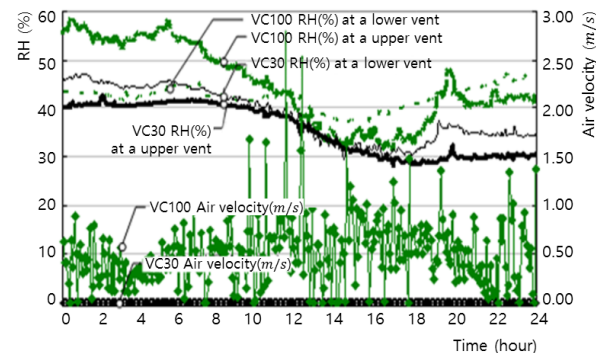


Fig. 11 Relative humidity at each vents of ventilated cavities.

대상으로 측정을 실시하여 단열 및 결로방지 성능을 분석하였다.

측정기간 중 최하/최습한 날(최저의 기온 -2.2℃, 상대습도 58.3%)의 통기성 커튼월 벽체 내 단면별 온도 분포는 Fig. 9와 같다. 통기성 커튼월의 단면별 온도 변화에서 VC30과 VC100의 실내벽체, 단열재, 중공층 내 온도는 거의 유사하게 나타나고 있으나 외벽체인 석재 표면 온도차는 1.2℃로 중공층 폭이 좁은 VC30이 더 높게 나타나고 있다.

Fig. 10에서 통기성 커튼월의 중공층 내 기류속도를 살펴보면 VC100의 기류속도는 평균 1 m/s 내외로 나타났으며 VC30의 기류속도는 변동폭 없이 거의 0 m/s로 나타나고 있다. 동일한 외기 조건 하에 중공층 폭이 넓은 VC100의 중공층 내 기류속도는 중공층 내의 마찰저항이 작아 지속적으로 높게 나타났으며 외부 풍압의 영향에 의해 기류속도 변동 폭도 큰 것으로 나타났다. 이에 따라 석재표면에서 대류에 의한 열손실이 발생하여 VC30보다 온도가 더 낮게 나타난 것으로 판단된다. VC100의 경우 외기온이 높아지는 주간에는 중공층 내 온도와 실외 온도차가 크게 나타나면서 기류속도가 증가하고 있으며, 외기온이 낮아지는 야간에는 중공층 내 온도와 실외 온도차가 줄어들면서 기류속도 또한 감소하고 있는 것으로 나타났다.

중공층 폭이 좁은 VC30은 중공층 내 마찰저항이 커져 중공층 내에서의 기류를 거의 측정할 수 없었으며 외부 풍압의 영향에 의한 기류변화 또한 거의 나타나지 않았다. 중공층 내 상대습도 및 기류속도를 나타내고 있는 Fig. 11에서 VC30의 경우 중공층 상하부에서의 상대습도가 거의 유사하게 나타난 반면, VC100은 커튼월 상부에서의 상대습도가 하부보다 10% 정도 지속적으로 높게 나타나고 있다. 이는 중공층 폭이 넓은 VC100의 경우 중공층 내부 기류에 의해 수분이 지속적으로 상부 개구부로 배출되고 있기 때문인 것으로

판단된다.

실험 대상 커튼월은 실내방습층의 기밀시공으로 실내에서 중공층으로 유출되는 수분의 양을 극히 제한하고 있다. 따라서 중공층 내 습도는 하부 개구부를 통해 유입되는 외기에 의해 지배되며, 이는 두 케이스간의 하부 상대습도가 유사한 것을 통해 확인할 수 있다. 만약 실내 방습층이 기밀 시공되지 않아 중공층 내 수분의 양이 증가한다면, VC100이 수분을 배출하는 데에는 효과적일 것이나, 본 실험과 같이 방습층 시공에 문제가 없는 커튼월의 경우에는 확산만으로 중공층 내 수분 배출이 가능하고 기류에 의한 열손실이 적은 VC30이 단열 및 결로방지 측면에서 효과적인 것으로 생각된다.

### 4.3 상부 개구부 개방면적비에 따른 통기성 커튼월의 성능평가

통기성 커튼월의 개구부 개방 면적 비에 따른 성능을 비교 분석하기 위해 단열 및 결로방지 측면에서 성능이 좋은 것으로 나타난 VC30의 커튼월을 대상으로 중공층 단면적에 대한 상부 개구부 개방 면적의 비율 1:1, 1:5로 설정하여 실험을 진행하였다. Fig. 12에서 주간에는 개구부 개방면적비를 1:1로 설정 하였을 때 1:5인 경우 보다 외기온이 1℃정도 낮게 나타났으나 중공층 내 온도는 2℃정도 높게 나타나고 있다. 이 때 Fig. 13과 같이 중공층 내의 기류속도 변화를 살펴보면 개구부의 개방면적비에 따라 중공층 내에서 발생하는 기류속도에 차이가 발생하는 것을 알 수 있다. 개구부의 개방면적비를 1:5로 설정하였을 때 개구부의 저항이 작아져 기류 유입량이 증가하며 중공층 내 기류속도 또한 증가하여 중공층 내 표면과 외기와의 온도 차에 따른 대류 열전달량에도 차이를 나타내 중공층 내 온도와 실내측 벽체표면의 온도차가 더 크게 나타난 것으로 판단된다.

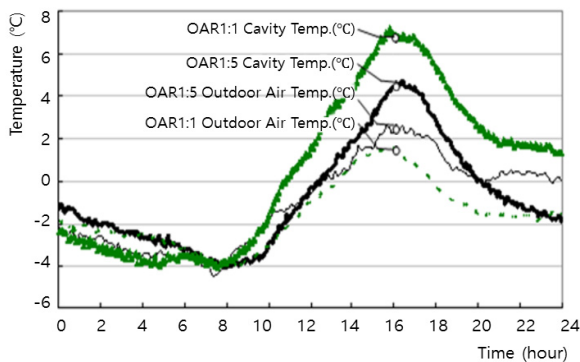


Fig. 12 Temperature in ventilated cavities.

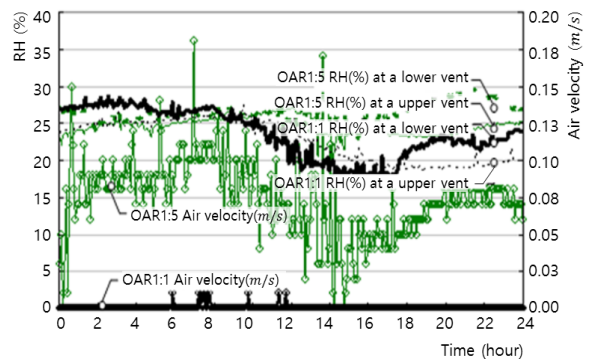


Fig. 13 Relative humidity and air velocity of ventilated cavities.

중공층 내 상대습도를 살펴보면 1:1로 개방했을 때와 1:5로 개방했을 때 큰 차이를 나타내고 있지 않다. 이는 실험 2의 원인과 동일하게 실내 방습층의 기밀시공으로 인하여 실내로부터의 유출되는 수분이 없기 때문에 중공층 내 수분이 크게 증가하지 않고 안정적으로 나타난 것이라 할 수 있다. 그러나 실내 방습층의 기밀시공이 불가능 하거나, 실내의 습도가 높아 중공층 내로 유입되는 수분이 많은 경우, 더 나아가 여름철 외피의 관류열부하 감소를 위해 중공층 내 열배출이 필요할 경우 중공층 내 기류속도의 제어가 요구되며, 이는 개구부의 개방면적 변화를 통해 가능할 것으로 판단된다.

#### 4.4 개구부 면적변화에 따른 통기성 커튼월의 성능평가

통기성 커튼월 계획 시 중공층 내로 유입되는 수분이 갑자기 증가하여 확산만으로는 수분제거가 불가능하거나 여름철 중공층 온도가 상승하게 되면, 수분 배출 및 배열을 위해 중공층 내 기류속도 상승이 필요하게 된다. 앞선 실험을 통해 중공층 내 기류속도는 개구부 면적 변화로 조절 가능하기 때문에 통기성 커튼월의 개구부 면적 변화 조건을 대상으로 실험을 실시하였다. VC30을 대상으로 중공층 단면적과 상부 개구부 면적비를 1일간 1:5로 개방 후, 5일간 상·하 개구부를 닫은 뒤 다시 1일간 면적비를 1:1로 설정하여 중공층 내 온도 및 기류속도를 측정하였다.

Fig. 14는 상부 개구부면적 변화에 따른 중공층 내 온도 및 기류속도를 나타내고 있다. 상부 개구부의 개방면적비를 1:5로 설정했을 때 VC30의 중공층 내 온도는 AC70보다 약 0.5°C 낮게 나타났으며 개구부를 닫고 실험 하였을 때는 이론적으로 공기층의 폭에 따른 단열성능은 크게 차이가 없는 것으로 알고 있으나 폭 30 mm와 폭 70 mm의 온도차가 작지만 1°C 정도 지속

적으로 나타나 중공층 폭이 넓을수록 단열성능은 더 좋은 것으로 나타났다. 따라서 대류현상이 발생하지 않는 범위 내에서 비통기형 커튼월의 적용시 적정 중공층 두께가 필요한 것으로 판단된다.

중공층 내 기류속도의 경우 개구부를 닫고 실험한 후에도 지속적으로 중공층 내에서 기류가 발생하였는데 이는 중공층 내부의 대류현상 및 개구부를 통한 침기에 의한 것으로 판단된다. 중공층 단면적과 상부 개구부 면적 비를 1:1로 개방하여 실험 할 때 개방 즉시 높은 기류속도가 나타나지 않고 있으며 통기성 커튼월의 중공층 내 온도는 AC70과 유사하게 나타나고 있다. 따라서 개구부 면적변화에 따른 중공층 내 온도 및 기류속도 측정결과 단열성능 면에 있어서는 AC70과 VC30의 차이가 크게 나타나지 않았으며 이는 중공층 내의 저항으로 인해 낮은 기류속도가 발생하기 때문에 중공층 내의 표면의 대류열 전달량이 크지 않기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 15는 상부 개구부면적 변화에 따른 중공층 내 수증기압 분포를 나타낸다. 실험 시작 전 비가 내린 후 개구부를 개방시켜 습도가 높은 외기가 중공층 내로 도입되었으며 그에 따라 중공층 내의 습도가 높아진 상태에서 5일간 상·하 개구부를 닫고 실험하였다. 이 때 중공층 내 수분이 외부로 배출되지 못해 시간이 지남에 따라 수증기압이 점차 높아지고 있으며 5일 후 상·하 개구부를 열고 통기를 시킨 뒤에도 중공층 내 수증기압이 바로 낮아지지 않고 있다. 이는 중공층 내의 단열재 함습으로 외기의 도입에도 불구하고 중공층 내 낮은 속도의 기류로 즉시 수분이 제거되지 않기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 이와 같이 중공층 폭이 좁아 내부 마찰저항이 큰 경우 단열재 내부의 습도가 높아졌을 때에는 개구부 크기가 작아짐에 따라 개구부 저항이 커지면서 중공층 내에서 낮은 기류속도가 발생하여 확산만으로는 수분의 배출이 불가능한 것으로 확인되었다. 따라서 이와 같은 경우 개구부 개방면적을

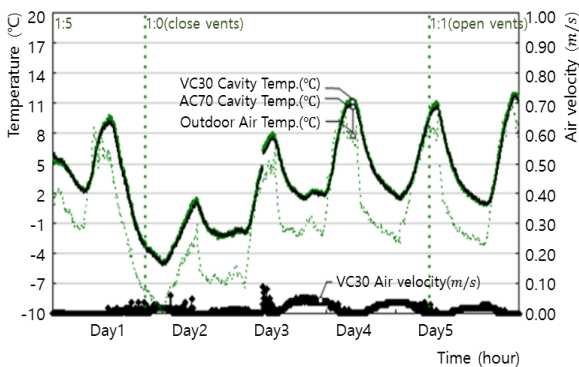


Fig. 14 Variation in both temperature and air velocity according to the change of upper vent area.

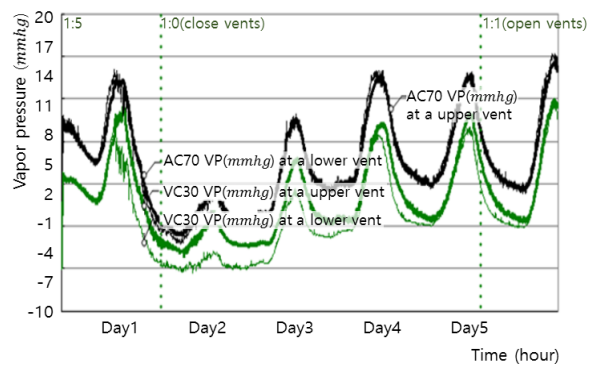


Fig. 15 Variation in relative humidity according to the change of upper vent area.

증가시켜 중공층 내의 기류속도를 증가시켜 수분을 배출시켜야 할 것으로 판단된다. 즉 통기성 커튼월의 계획 시 건물의 종류에 따라 실내 온·습도 조건이 상이할 것으로 예상되며 그에 따른 적절한 개구부 면적의 조절이 필요한 것으로 예상된다.

## 5. 결 론

본 연구는 외기 조건하의 실물실험을 통해 건물 벽체의 기존 커튼월 공법은 유지하면서 중공층 내부를 통기화한 통기성 커튼월과 비통기성 커튼월의 단열 및 결로방지 성능 분석과 중공층 폭, 개구부 개방 면적 및 개방면적 변화 따른 성능평가를 수행하였으며 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) VC30과 AC70의 성능평가를 통해 두 실험체의 중공층 내 온도분포는 동일하게 나타난 반면 VC30의 상대습도는 지속적으로 약 20% 정도 낮게 나타났다. 이는 통기성 커튼월이 비통기성 커튼월과 비교하여 중공층 내 기류속도가 낮게 유지될 수 있다면 비통기성 커튼월과 단열성능은 동일하게 유지하면서 결로방지성능은 향상된다고 할 수 있다.
- (2) 중공층 폭의 증가 시 기류속도가 증가하여 중공층 내 온도는 더 낮게 나타났다. 이는 기류속도 증가로 인한 대류열손실의 증가에 의한 것으로 통기성 커튼월의 계획 시 단열성능 확보를 위해 기존 커튼월 중공층보다 좁게 계획하여 낮은 기류속도를 유지하는 것이 유리하다고 판단된다.
- (3) 기류속도가 낮게 나타나던 VC30을 대상으로 개구부 개방 면적의 영향 평가를 실시한 결과 개구부 개방면적비에 상관없이 상대습도의 경우 30% 미만으로 나타났으며, 반면 상부개구부 개방면적비가 커짐에 따라 중공층 내 기류속도가 증가하면서 중공층 내 온도와 실내벽체의 온도차는 더 커지는 것으로 나타났다. 따라서 개구부의 개방면적은 기류속도가 과도하게 증가하지 않도록 중공층 면적과 유사하게 설정하는 것이 바람직할 것으로 판단되었다.
- (4) 개구부 개방면적 변화에 따른 중공층 내 온도 및 기류속도 측정 결과 단열성능 면에 있어서는 비통

기성 커튼월과 VC30의 차이가 크게 나타나지 않고 있다. 중공층 폭이 좁은 VC30의 경우 개구부 개방면적 변화에 따른 저항의 영향을 거의 받지 않고 있으며 중공층 내의 저항에 의해 발생한 낮은 기류속도로 인해 확산을 통해 수분 배출이 이루어진 것으로 판단된다. 그러나 외부의 습도가 높거나 방습층의 기밀시공이 이루어 지지 못한 경우에는 확산만으로는 수분 배출이 불가능한 것으로 확인되었다. 즉 이와 같은 경우에는 개구부 개방면적을 증가시켜 중공층 내의 기류를 통해 수분을 배출시켜야 할 것으로 판단된다.

## References

1. Balocco, C., 2002, A Simple Model to Study Ventilated Facades Energy Performance, Energy and Buildings, Vol. 34, pp. 469-475.
2. Charlotte, G., 2003, Moisture Transport and Convection in Building Envelope : Ventilation in Light Weight Outer Walls, Technical University of Denmark.
3. Centre for Window and Technology, 2000, Fenestration and Cladding Engineering Tech(FACETS).
4. Gudum, C., 2003, Moisture Transport and Convection in Building Envelopes Ventilation in Light Weight Outer Walls, Ph.D. Thesis, Technical University of Denmark.
5. Lee, M. J., Lee, S., Yeo, M. S., and Kim, K. W., 2006, An Experimental Study on Insulation and Preventing Condensation Performance of Ventilated Curtain Wall, SAREK 2006 Summer Annual Conference, pp. 1081-1086.
6. Lee, Mi-Jin, 2007, Evaluation of Ventilated Curtain Wall Design Parameters Considering Cooling Performance, Thesis.
7. Lee, S., Yeo, M. S., and Kim, K. W., 2006, CFD Analysis on the Performance of Preventing Condensation in a Ventilated Curtain wall, ISIAA2006, pp. 883-886.
8. Liu, J., Aizawa, H., and Yoshino, H., 2004, CFD prediction of surface condensation on walls and its experimental validation. Building and Environment, Vol. 39, No. 8, pp. 905-911.