

[논문] 한국태양에너지학회 논문집
Journal of the Korean Solar Energy Society
Vol. 25, No. 2, 2005

열성능을 고려한 다층형 이중외피의 중공층 높이에 관한 연구

신선준*, 조재훈**, 석호태***, 김광우****

*한일 엠이씨(seonjoon.shin@himec.co.kr), **서울대학교 대학원 건축학과(jomis1@empal.com),
영남대학교 건축학부(hotstone@yumail.ac.kr), *서울대학교 건축학과(snukkw@snu.ac.kr)

A Study on the Cavity Height of Multi-Story Double-Skin Facade for better Thermal Performance

Shin, Seon-Joon*, Jo, Jae-Hun**, Seok, Ho-Tae***, Kim, Kwang-Woo****

*HANIL Mech. Elec. Consultants(seonjoon.shin@himec.co.kr),
**Dept. of Architecture, Graduate School, Seoul National University(jomis1@empal.com),
***School of Architecture, Yeungnam University(hotstone@yumail.ac.kr),
****Dept. of Architecture, Seoul National University(snukkw@snu.ac.kr)

Abstract

In this study, the thermal performance of multi-story double-skin facade(DSF) with variation of cavity height is evaluated to offer useful data in determining cavity height of multi-story DSF. For this, thermal criteria for multi-story DSF is adopted and a DSF model for evaluation of the thermal performance is established. Through the evaluation of CFD simulation, the recommended height of multi-story DSF is 5 stories or less to improve the thermal performance during the intermediate season.

Keywords : 다층형 이중외피(Multi-story double-skin facade), 중공층 높이(Cavity height), 열성능 (Thermal performance), CFD

1. 서 론

이중외피는 중간기와 냉방기에 일사에너지를 중공층에서 차단하고 열적부력에 의한 환기를 통해 이를 배출함으로써 냉방부하를 줄이고 실내 열환경

을 향상시킬 수 있다. 그러나 일사에너지에 의한 중공층 온도의 상승은 부력에 의한 환기를 촉진하기도 하지만 냉방부하 증가 및 실내 불쾌적의 원인이 되기도 한다.

따라서 이중외피의 설계시 외피 및 블라인드와

관련된 인자가 결정된 다음에는 중공층 및 개구부 크기를 조절하여 중공층 온도의 상승을 적절히 제한하는 것이 필요하다.¹⁾ 이러한 측면에서 중공층 및 개구부 인자가 이중외피의 열성능에 미치는 영향을 파악하는 것이 중요하다. 이와 관련하여 Zollner²⁾는 중공층과 개구부의 크기가 중공층 내의 기류에 미치는 영향을 실물모형을 통해 평가하였으며, Chiu³⁾는 중공층 내 기류특성의 해석을 위한 CFD 모델의 타당성을 분석하고, 이를 바탕으로 중공층 폭과 일사에너지가 중공층 기류에 미치는 영향을 평가하였다. 이 외에 이중외피의 중공층 및 개구부와 관련된 여러 연구들이 수행되었다.(신소이⁴⁾, Safer⁵⁾)

그러나 이러한 연구들은 대부분 단층형 이중외피를 대상으로 하여 중공층 높이가 중요한 계획인자로서 고려되지 못하였다. 단층형 이중외피에서는 중공층 높이의 변화폭이 작아 이중외피 열성능에 미치는 영향이 작는데 비해, 다층형 이중외피에서는 건물 높이에 따라 중공층 높이가 크게 달라지므로 이중외피 설계 시 중공층 높이를 보다 중요하게 고려할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 중공층 높이에 따른 다층형 이중외피의 열성능을 평가함으로써 다층형 이중외피의 중공층 높이 결정을 위한 유용한 자료를 제공하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 열성능

해석방법 및 평가기준을 마련하고 이중외피 구성요소의 분석을 통해 평가 모델을 설정한 후, CFD 시뮬레이션을 통해 이중외피의 열성능을 평가하였다.

2. 이중외피의 열성능 해석 및 평가 방법

2.1 이중외피의 열성능 해석 방법

중간기와 냉방기에 이중외피의 중공층에서 일어나는 태양 복사에너지의 흡수와 대류 열전달, 그리고 열적부력에 의한 상승 기류를 해석하기 위해서는 열에너지와 기류의 흐름을 동시에 해석할 수 있는 도구가 필요하다. 또한 중공층 높이에 따른 열성능의 해석에서 개구부의 위치와 형태의 영향을 함께 반영하기 위해서는 국부적인 온도와 기류 분포의 해석이 요구되므로 본 연구에서는 CFD 모델에 의한 열성능 해석을 수행하였다.

이를 위해 이중외피 중공층 내의 기류 및 열에너지의 흐름을 3차원 정상상태 유동으로 가정하여, 연속·운동량·에너지에 대한 지배방정식을 사용하였다. 또한 자연 대류의 경우 층류와 천이 유동이 모두 다루어져야 하므로, 부력의 특성을 계산하는데 있어서 일반 k-ε 난류모델보다 유동의 특성을 잘 반영할 수 있는⁶⁾ RNG k-ε 난류 모델을 채택하였다. 본 연구의 열성능 해석에서는 Fluent사의 상용 CFD 코드를 사용하였다.

2.2 이중외피의 열성능 평가 방법

중공층 높이에 따른 열성능을 평가하기 위해서는 다층형 이중외피에서 만족되어야 할 열성능 기준과 평가 결과의 신뢰성을 높일 수 있는 대상 이중외피 모델의 설정이 필요하다. 본 연구에서는 열쾌적 기준과 이중외피의 구성요소를 조사·분석함으로써 기준 및 평가 모델을 설정하였다.

1) HL-Technik AG, Double Leaf Design Study, RIST, 2001.
 2) Zollner, A. et al., Experimental studies of combined heat transfer in turbulent mixed convection fluid flows in double-skin-facade, International Journal of Heat and Mass Transfer 45, 2002, pp.4401~4408.
 3) Chiu, Y. et al., An investigation into the effect of solar double skin facade with buoyancy-driven natural ventilation, CIBSE National Conference at Regents College, 2001.
 4) 신소이, 적정기류속도를 고려한 초고층 건물의 이중외피 개구부 설계 방법에 관한 연구, 석사학위논문, 중앙대학교 대학원, 2003.
 5) Safer, N. et al., "Three-dimensional simulation with a CFD tool of the airflow phenomena in single floor double-skin facade equipped with a venetian blind, Solar Energy, 2004.

6) Jaros, M., Numerical and Experimental Investigation of the Conditions in the Double Solar Energy Facade, Indoor Air, 2002.

(1) 열성능 평가 기준

이중외피의 중공층 높이가 높아질수록 외측외피를 통해 유입되는 일사에너지가 증가하여 중공층 상부의 온도가 상승하게 된다. 또한 이중외피를 통한 단면 환기(single-side ventilation)가 이루어지는 경우에는 중공층의 기류가 내측 개구부를 통해 실내로 유입되어 실내온도도 함께 높아지게 된다. 이러한 중공층 및 실내온도의 상승은 냉방부하를 과다하게 증가시키거나 실내 환경의 쾌적성을 떨어뜨릴 수 있다. 따라서 중공층 및 실내의 온도 상승을 적절히 제한하면서 개구부를 통해 열을 원활히 배출할 수 있을 때 이중외피가 적절한 열성능을 가진 것으로 볼 수 있으며, 본 연구에서는 이러한 열성능의 적정성을 평가하기 위한 평가 항목을 다음 표 1과 같이 설정하였다.

표 1. 다층형 이중외피의 열성능 평가항목

구분	평가항목	비고
냉방기	내측외피를 통해 실내로 유입되는 열유속	냉방부하 관련
	내측외피의 내표면 온도	실내 열쾌적 관련
중간기	실내 평균 온도	실내 열쾌적 관련

다층형 이중외피의 경우 중공층 높이가 높아져 단일외피를 적용할 때보다 냉방부하가 커진다면 이를 적용하는 것이 오히려 불리하므로, 냉방기에 내측외피를 통해 실내로 유입되는 열유속은 단일외피의 실내 유입 열유속보다는 작아야 한다.

냉방기에는 공조에 의해 실내 열쾌적을 비교적 쉽게 유지할 수 있으나 중간기의 비공조 기간에는 자연환기가 충분히 이루어지지 않을 경우 실내 환경이 쾌적 수준으로 유지되기 어렵다. 또한 냉방기에도 내측외피의 내표면 온도가 크게 상승한다면 복사에 의한 열적 불쾌적이 발생할 수 있다.

실내 열환경의 쾌적성을 평가하기 위해 본 연구에서는 ISO와 ASHRAE에서 권장하고 있는 쾌적 범위 $-0.5 < PMV < 0.5$ 를 기준으로 하여, 중공층 높이에 따라 크게 달라질 수 있는 변수를 중심으

로 평가하였다. 냉방기와 중간기의 실내 열환경의 쾌적성을 평가하기 위해 설정한 기준은 표 2와 같으며, 그 외 비교적 일정한 변수들은 일반적인 냉방기 및 중간기 실내조건으로 설정하였다⁷⁾.

표 2. 열환경 쾌적성 평가기준 및 기타 변수의 설정

구분	평가 기준*	설정 변수	
		물리적 변수	개인적 변수
냉방기	평균복사온도 < 27.5°C	공기온도 26°C 기류속도 0.1 m/s 상대습도 50%	활동량 1.2met 착의량 0.5clo
중간기	공기 온도 < 26.5°C	평균복사온도 26°C 기류속도 0.25 m/s 상대습도 50%	활동량 1.2met 착의량 0.7clo

* PMV < 0.5를 만족시키기 위한 평가 변수

(2) 열성능 평가를 위한 이중외피 모델 설정

기존의 다층형 이중외피의 사례를 분석한 결과, 다층형 이중외피는 주로 3~5층 높이의 저층 사무소 건물에 주로 적용되고 있었으며, 중공층 내에 차양장치가 있는 경우 중공층 폭은 0.7~1.2m의 범위에 있는 것으로 나타났다.⁸⁾

사무소 건물의 경우 난방부하보다 냉방부하가 크므로 다층형 이중외피의 설계 시에서는 난방기 보다는 냉방기의 부하절감 및 열환경 향상이 주요한 검토항목이 된다. 이중외피의 설계에서 냉방기와 난방기 중 어느 쪽을 중요하게 고려하느냐에 따라 유리의 종류와 블라인드의 위치가 달라지며, 본 연구에서는 다층형 이중외피가 사무소 건물에 주로 적용되는 것을 고려하여 냉방기의 부하조건 및 열환경 향상에 유리한 유리의 종류와 블라인드의 위치를 선정하였다.

따라서 기존의 유리선정 연구 결과⁹⁾를 토대로 표 3과 같이 유리 및 블라인드 종류를 선정하였으

7) 일반적인 사무실 공조 조건과 유사하게 설정.

8) 신선준, 적정 열성능을 고려한 다층형 이중외피의 개구부 계획방법에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 2005. p.19.

9) 최동희·박성준·조재훈·여명석·석호태·김광우, 공동주택의 이중외피 유리선정에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회논문집, 22권 2호, 2002. p.697.

며, 다층형 이중외피의 사례 및 블라인드 관련 연구¹⁰⁾를 참고하여 표 4와 같이 중공층 폭 및 높이와 블라인드 위치를 설정하였다.

표 3. 유리 및 블라인드의 종류

구성 요소	투과율	반사율	흡수율	열관류율 (W/m ² K)
외측외피 (10mm투명단층유리)	0.72	0.07	0.21	6.05
블라인드 (light색상 semi-open롤스크린)	0.41	0.48	0.11	-
내측외피 (24mm 로이 복층유리)	0.50	0.19	0.31	1.74

표 4. 중공층 및 블라인드 인자의 설정

구성 요소	설정 조건
중공층 폭	0.9m
중공층 높이	4층 (층고 4m)
블라인드 위치	외측외피에서 0.15m 이격

이중외피를 통한 자연환기 시 실내 온도에 영향을 줄 수 있는 실내 발열은 일반적인 사무공간을 가정하여 인체 및 기기 발열¹¹⁾ 17.2 W/m²(재실 밀도 0.1 인/m²)와 조명발열 15 W/m²을 적용하였으며, 실의 깊이는 단면 환기가 가능한 최대 깊이인 9m¹²⁾로 설정하였다.

3. 중공층 높이에 따른 열성능 평가

3.1 시뮬레이션 조건

이중외피의 열성능은 외기온과 일사량의 영향을

받게 되므로 이에 대한 고려가 필요하다.

냉방기의 경우 외기온이 높고 일사가 강한 조건에서 열환경의 쾌적성이 만족된다면, 보다 완화된 조건에서도 만족된다고 볼 수 있다. 따라서 냉방기의 열성능은 표 5와 같이 서울지역 표준기상데이터¹³⁾에 나타난 최고 외기온에 대하여 평가하였으며, 같은 시점이라도 입면의 향에 따라 일사량이 다르게 나타나므로 서향과 남향의 최대 일사량 조건에 대하여 평가하였다.

외기온이 높고 일사량이 크면 시기적으로 중간기라 하더라도 냉방을 위한 공조가 필요하므로, 자연환기 시의 이중외피 열성능을 평가하기에는 냉방기의 경우처럼 최고 외기온 및 일사량 조건은 적절하지 않다. 따라서 본 연구에서는 표 5와 같이 자연환기의 가능성이 높은 외기조건으로, 일사가 강하더라도 외기온은 낮은 경우(중간기 A, B)와 외기온이 높더라도 일사량이 적은 경우(중간기 C)에 대하여 열성능을 평가하였다.

표 5. 시뮬레이션 외기 조건

구 분	외기온	일사량	비 고	
냉방기 조건	33°C	550 W/m ²	서향 최대일사	
	33°C	320 W/m ²	남향 최대일사	
중간기 조건	A	18°C	540 W/m ²	서향 최대일사
		18°C	310 W/m ²	남향 최대일사
	B	20°C	450 W/m ²	서향 최대일사
		20°C	220 W/m ²	남향 최대일사
	C	23°C	85 W/m ²	확산일사만 받는 향

주) 18°C: 난방이 중단되는 외기온(균형점 온도)

20°C: 서울지역 표준기상데이터에서 5월 외기온의 최빈값

23°C: 외기냉방이 시작되는 외기온

3.2 개구부 배치 및 크기 시뮬레이션

개구부의 배치와 크기는 중공층 높이와 함께 중

10) 최동희, 블라인드가 이중외피의 열적 특성에 미치는 영향에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 2004, p.115.

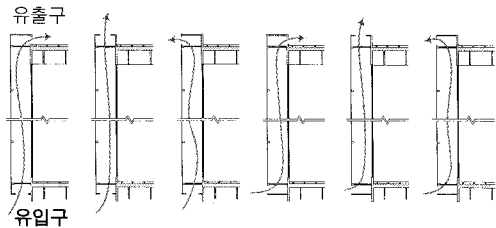
11) 유흥규, 사무소 건물의 OA기기 발열 특성에 관한 연구, 석사학위논문, 중앙대학교 대학원, 1998, p.85.

12) Gan, G. Effective depth of fresh air distribution in rooms with single-sided natural ventilation, Energy and Buildings 31, 2000, pp.65~73.

13) 공기조화·냉동공학회, 서울지역 표준기상데이터, 공기조화·냉동공학회, 1998.

공층 내 기류에 영향을 미쳐 이중외피의 열성능을 결정하는데 중요한 역할을 한다. 따라서 먼저 개구부 배치와 크기에 따른 열성능을 평가하여 개구부로 열을 가장 원활히 배출할 수 있는 조건에 대하여 중공층 높이를 평가하도록 하였다. 여기서는 열적 부력이 활발한 냉방기 최대일사 조건에 대하여 개구부 배치와 크기에 따른 변화 양상을 파악하였다.

다층형 이중외피에서는 유·출입구 모두 외측외피상에 위치할 수밖에 없지만, 다층형 이중외피의 경우 중공층의 천장과 바닥면, 옥상층에 면한 내측외피 상부에 개구부를 위치시킬 수 있으므로 그림 1과 같이 다양한 개구부 배치가 가능하다.¹⁴⁾



(a)B-I (b)B-T (c)B-O (d)O-I (e)O-T (f)O-O

B : 중공층 바닥, I : 옥상층 내측,
T : 중공층 천장, O : 외측외피

그림 1. 다층형 이중외피에서 가능한 개구부 배치¹⁵⁾

열에너지의 배출이 가장 원활한 개구부 배치를 선택하기 위해 개구부 크기가 중공층 유효폭과 같고 개구부 배치가 그림 1과 같은 경우에 대하여 시뮬레이션을 실시하였다. 그 결과 그림 2와 같이 유입구와 유출구가 중공층 바닥과 천장에 설치된 B-T 배치에서 개구부를 통한 열의 배출이 가장 활발한 것으로 나타났다.

B-T 배치에 대하여 개구부의 높이를 0.75m의

중공층 유효폭(중공층 폭 0.9m에서 프레임 폭 0.15m를 제외)을 기준으로 0.15m 단위로 줄여가면서 열성능을 평가하였다. 그 결과, 그림 3과 같이 개구부가 커짐에 따라 열에너지의 배출량은 증가하지만 개구부 크기가 클수록 그 증가폭은 둔화되는 것으로 나타났다.

개구부 크기가 커질수록 외부의 높은 소음이나 강한 기류가 유입되어 실내에 악영향을 미칠 가능성이 커지므로, 개구부 크기의 결정 시에는 이러한 외부 영향의 유입과 개구부 크기에 따른 열배출량 증가의 정도를 비교하여 절충하는 것이 필요하다. B-T 배치의 경우 개구부가 외부의 영향을 비교적 적게 받으므로, 열에너지 배출을 최대화하기 위해 개구부 면적을 중공층 유효 면적과 같게 하는 것이 적절할 것으로 판단된다.

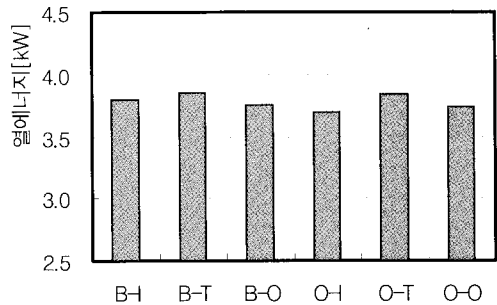


그림 2. 개구부 배치에 따른 열에너지 배출량

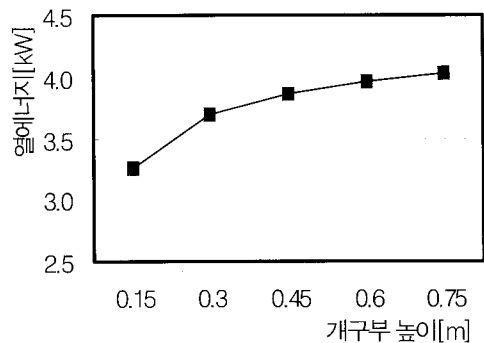


그림 3. 개구부 높이에 따른 열에너지 배출량

14) Cheol-soo Park, Occupant responsive optimal control of smart facade systems, Ph. D. these, Georgia Institute of Technology, 2003, p.48.

15) 최동희, op. cit., p.61.

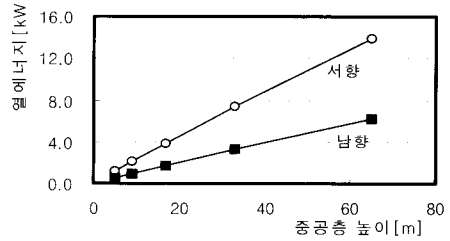
3.3 중공층 높이에 따른 열성능 평가

(1) 냉방기 조건 시물레이션

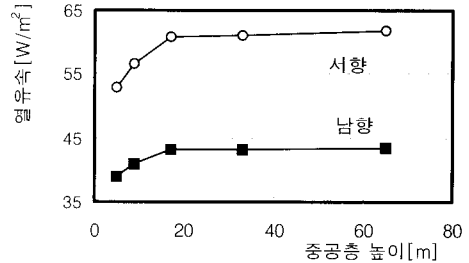
앞 절의 시물레이션 결과를 반영하여 중공층 유효면적과 같은 면적의 개구부가 중공층의 바다과 천장면에 배치된 경우에 대하여 중공층 높이에 따른 시물레이션을 실시하였다. 기존 다층형 이중외피 사례 분석을 통하여 다수의 건물에 적용되어진 4층 높이를 기준 중공층 높이로 설정한 후, 중공층 전체의 높이를 감소 또는 증가시키는 시물레이션을 실시하였다.

그림 4(a)에서 중공층 높이가 높아질수록 개구부를 통해 배출되는 열에너지는 지속적으로 증가하는 것을 알 수 있다. 그러나 내측외피를 통해 실내로 유입되는 열유속의 증가와 내측외피의 내표면 온도의 상승은 둔화되는 것으로 나타났다. 이것은 중공층 온도의 상승으로 강해진 부력이 중공층 내의 기류속도를 증가시켜 내측외피에 흡수된 일사에너지가 중공층으로 활발히 전달되기 때문인 것으로 판단된다.

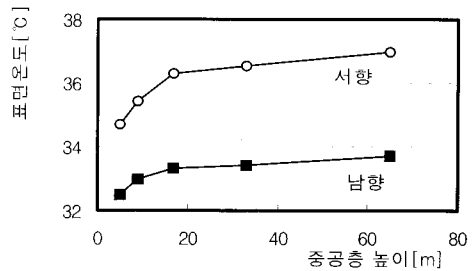
같은 외기온 및 일사조건에서 단일외피(블론즈 로이복층유리: 차폐계수 0.46, 열관류율 $1.5 \text{ W/m}^2\text{K}$)를 적용할 때 실내로 유입되는 총 열유속은 220 W/m^2 이며, 이중외피를 적용할 때 실내로 유입되는 열유속에서 그림 4(b)에 나타난 전도 및 대류성분을 제외한 나머지 복사 성분은 80 W/m^2 이다. 그림 4(b)의 열유속이 약 60 W/m^2 를 넘지 않으므로 이중외피를 적용할 경우의 총 열유속은 단일외피를 적용할 경우보다 크지 않은 것으로 판단된다. 또한 외피를 제외한 실내 표면의 온도가 실외와 같은 26°C 로 유지될 때, 창 측에 위치한 채실자의 평균복사온도는 그림 4(c)의 내측외피 표면온도와 관련 식(16)에 의해 계산한 결과 27.5°C 를 초과하지 않아 쾌적범위를 만족하는 것으로 나타났다. 즉 중공층 높이



(a) 개구부를 통해 배출되는 열에너지



(b) 최상층 내측외피를 통해 실내로 유입되는 열유속



(c) 최상층 내측외피의 내표면 온도

그림 4. 중공층 높이에 따른 열성능

가 높아질수록 냉방기 공조부하가 증가하고 내측외피의 온도가 다소 상승하지만 현저한 냉방부하 증가나 실내 불쾌적을 야기하지는 않는 것으로 나타났다. 따라서 냉방부하 증가나 내측외피 표면온도 상승의 결과를 검토한 냉방기 조건에서의 평가만으로는 다층형 이중외피의 중공층 높이를 제한하기는 어려울 것으로 판단된다.

(2) 중간기 조건 시물레이션

중간기 조건에서 앞서와 같이 4층을 기준으로 하여 중공층 전체의 높이를 증가시키며 시물레이션을 실시한 결과, 그림 5와 같이 외기온의 상승

16) ASHRAE, 2001 ASHRAE Handbook Fundamentals, ASHRAE, 2001, p.8.11.

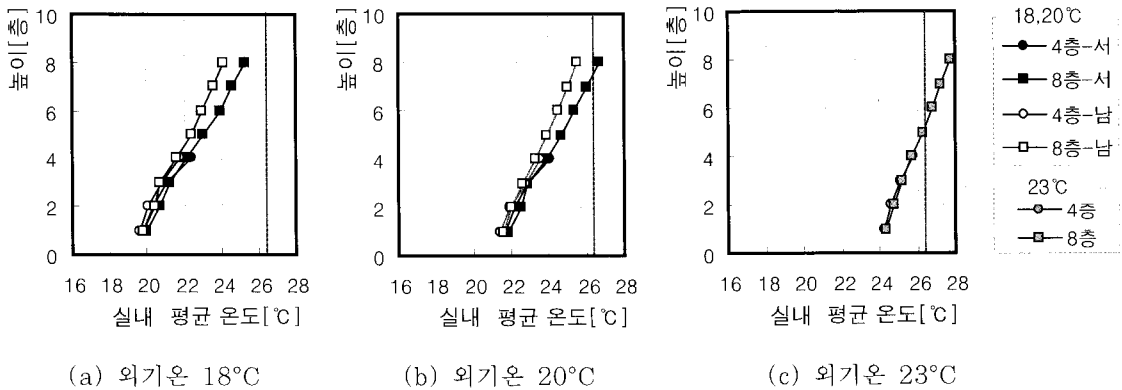


그림 5. 각 층의 실내 평균 온도

과 일사량의 증가에 따라 각 층의 실내온도가 전체적으로 상승하는 것으로 나타났다. 또한 아래층에서 인체, 기기 및 조명으로부터 열을 획득한 공기가 위층으로 다시 유입되면서 각 층의 실내온도는 상층으로 갈수록 상승하는 것으로 나타났다.

그림 5(c)의 외기온이 23°C로 비교적 높은 경우에는 직달일사가 없는 확산일사 조건에서도 5층(약 20m)을 초과하는 높이에서는 실내 온도가 쾌적 범위를 벗어나는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구와 같이 일반적인 사무소 건물에 다층형 이중외피를 적용할 경우, 외기온 및 일사조건에 따라 다소 차이가 있을 수 있으나 약 20m 이상의 층에서는 자연환기를 통해 쾌적한 실온을 유지하기가 어려울 것으로 판단된다.

그러나 외기온이 18°C, 20°C로 비교적 낮은 경우에는 강한 일사에도 불구하고 외기온이 23°C 일 때보다 같은 높이에서의 실내 온도가 더 낮게 나타나, 일사보다는 외기온이 자연환기에 대한 제약으로 작용할 가능성이 클 것으로 판단된다.

이러한 일사 및 외기온에 의한 제약을 고려할 때, 중간기 자연환기의 활용도를 높이기 위해서는 다층형 이중외피의 적용대상을 약 20m 이하의 건물로 제한하고, 더 높은 건물에 대해서는 단층형 이중외피를 적용하는 것이 바람직할 것으로 사료된다.

4. 중공층 구획의 높이에 따른 열성능 평가

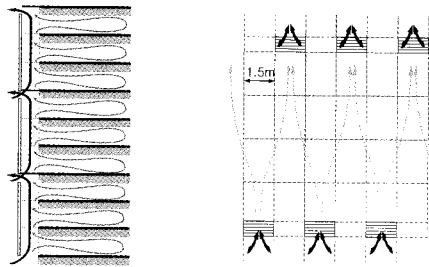
중간기의 열적 불쾌적을 원인으로 다층형 이중외피의 높이를 제약해야한다면, 중공층을 2~5층 단위로 구획하는 '다중 다층형 이중외피'¹⁷⁾ 적용을 고려할 수 있다(그림 6(a)). 그러나 이 경우 개구부는 기존의 단층형 이중외피처럼 공기 재유입 방지를 위해서 엇갈리게 배치되어야 하며 이로 인해 개구부 크기가 제한되어 이중외피의 열성능이 저하될 수 있으므로 이를 검토하여야 한다.

4.1 개구부 크기에 따른 열성능 변화

기류의 재유입 방지를 위해 개구부를 엇갈리게 배치할 경우 개구부의 면적은 1/2로 감소된다. 즉, 중공층을 구획하여 개구부가 엇갈리게 배치될 경우 중공층의 너비가 일정할 때 같은 개구부 면적에 대한 개구부의 높이는 그림 7에서와 같이 중공층 구획이 없는 경우의 2배가 된다.

엇갈린 개구부 배치에서 개구부 높이를 변화시키며 시뮬레이션을 실시한 결과, 그림 7과 같이 동일한 개구부 면적임에도 불구하고 엇갈린 개구부

17) 다중 다층형 이중외피: 건물 진층에 걸쳐 중공층이 연결된 전형적인 다층형 이중외피와 구분하여 명명함.



(a) 이중외피 단면 (b) 개구부 배치

그림 6. 중공층을 2개 이상의 층을 단위로 구획한 경우

배치에서는 개구부를 통해 배출되는 열에너지가 더 적은 것으로 나타났으며, 특히 개구부 높이가 중공층 유효폭보다 커졌을 때에는 개구부 면적이 커지더라도 열에너지의 배출이 거의 증가하지 않았다. 따라서 엇갈린 개구부 배치에서 개구부 높이를 중공층 유효폭보다 크게 하는 것은 효율적이지 않은 것으로 판단된다.

4.2 중공층 구획의 높이에 따른 열성능

앞 절의 결과와 외부 영향에 의한 개구부 크기 제한 가능성을 고려하여 0.75m와 0.3m의 개구부 높이에 대하여 중공층 구획의 높이에 따른 열성능을 평가하였다.

3.3절의 중간기 시뮬레이션에서와 같이 4층의 높이에 대하여 시뮬레이션을 실시한 결과, 그림 8과 같이 각 층의 실내온도가 그림 5의 일반적 다

층형 이중외피에서의 각 층 실내온도에 비해 높은 것으로 나타났다. 이는 엇갈린 개구부 배치에 의해 개구부 면적이 줄었기 때문이며, 그림 8에서 개구부 크기가 0.75m에서 0.3m로 감소하였을 때에도 각 층의 실내온도가 상승하는 것을 알 수 있다.

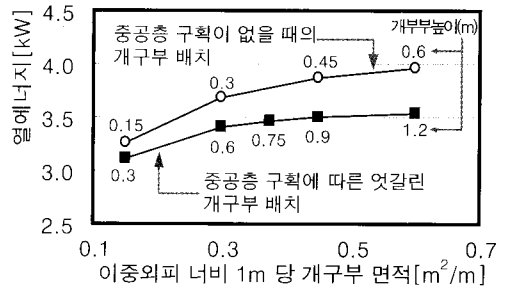
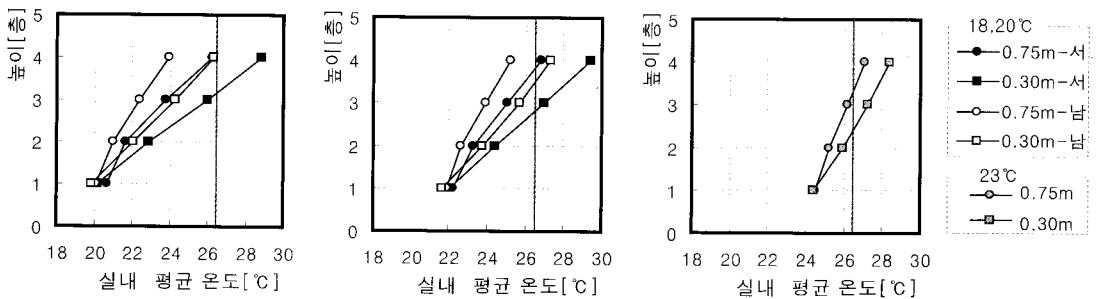


그림 7. 개구부 높이에 따른 개구부 배출 열에너지의 변화

외기온이 23°C로 비교적 높은 경우 개구부 높이가 0.3m와 0.75m인 경우 각각 3층 또는 4층 높이에서 실내온도가 쾌적 범위를 벗어나는 것으로 나타났다. 따라서 단층형 이중외피의 개구부 배치를 그대로 유지하면서 중공층의 구획단위를 일정 층수 이상으로 늘릴 경우, 일부 층에서는 자연환기에 의한 냉각효과를 충분히 얻을 수 없을 것으로 판단된다.

따라서 그림 6과 같은 형태로 이중외피를 계획



(a) 외기온 18°C

(b) 외기온 20°C

(c) 외기온 23°C

그림 8. 각 층의 실내 평균 온도

하고자 하는 경우, 중공층을 구획하지 않은 일반적인 다층형 이중외피와 마찬가지로 외기온과 일사조건에 따라 중공층 구획의 높이를 제한할 필요가 있을 뿐만 아니라, 엇갈린 개구부 배치에 의한 개구부 면적의 감소를 고려하여 중공층 구획의 높이를 일반적인 다층형 이중외피의 중공층 높이보다 낮게 할 필요가 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 다층형 이중외피를 대상으로 중공층 높이변화에 따른 이중외피의 열성능을 CFD 시뮬레이션을 통하여 평가하였다. 이를 위해 먼저 다층형 이중외피의 개구부 배치를 평가하여 모델을 설정한 후, 중공층 높이에 따른 각 향별, 냉방기, 중간기 조건에서의 이중외피 열성능 변화를 파악하였으며, 그 결과를 요약하면 다음과 같다.

- (1) 다층형 이중외피에서 외측외피의 상부 개구부가 중공층의 천장면에 위치할 때 중공층 내의 열에너지를 가장 원활하게 배출하는 것으로 나타났다. 이러한 배치를 가진 이중외피 모델에서 냉방기 조건의 경우, 상하부 개구부 크기가 클수록 열에너지 배출량은 증가하였으나 그 증가폭은 다소 둔화되는 것으로 나타나므로 이중외피의 외측외피 개구부 크기가 중공층 폭 정도의 유효 면적만 만족한다면 냉방기의 중공층 과열 문제는 거의 없을 것으로 사료된다.
- (2) 냉방기 조건의 경우, 중공층 높이가 높을수록 내측외피의 표면온도가 다소 상승하였으나 이와 함께 중공층 내 기류속도가 빨라져 그 증가 및 상승폭이 둔화되는 것으로 나타나 다층형 이중외피에서 중공층 높이의 증가가 열적 불쾌적의 원인이 될 가능성은 적은 것으로 판단된다. 따라서 냉방기 조건에서의 중공층 과열 여부의 평가만으로는 다층형 이중외피의 중공층 높

이를 제한하기는 어려울 것으로 판단된다.

- (3) 중간기 조건의 경우, 위층으로 갈수록 중공층과 실내의 온도가 크게 상승하였으며 본 연구의 이중외피 모델에서는 중공층 높이가 약 20m를 초과할 경우 실내온도가 쾌적하게 유지되지 못하는 것으로 나타났다. 이는 중공층을 통해 유입 및 배출된 각종 공기가 일사 및 실내 발열부하의 영향으로 점차 온도 상승을 가져왔기 때문인 것으로 여겨지며, 다층형 이중외피에서의 중공층 높이 계획에서는 자연환기에 의한 열쾌적 유지 여부를 검토하는 중간기 조건의 평가가 냉방기 조건의 경우보다 더 우선적으로 고려되어야 할 것으로 사료된다.
- (4) 중공층을 2~5층 단위로 구획하는 '다중 다층형 이중외피'를 적용한 경우, 일반적인 다층형 이중외피보다 개구부 크기가 작아져 열에너지의 배출이 감소하는 것으로 나타나 본 연구의 이중외피 모델에서는 중공층 높이가 약 10m(3층)로 제한되었다. 따라서 '다중 다층형 이중외피'를 적용하는 경우에는 중간기 조건에서 자연환기에 의한 열쾌적을 유지하기 위해서 일반적인 다층형 이중외피보다 중공층의 높이를 더 낮게 계획하여야 하며 이에 대한 검토가 요구된다.

후 기

본 연구는 서울대학교 공학연구소의 지원으로 수행되었다.

참 고 문 헌

1. 서울대학교, 환경친화적 파사드 시스템의 에너지 성능평가, 포항산업과학연구원, 2002.
2. 신선준, 적정 열성능을 고려한 다층형 이중외

- 피 개구부 계획 방법에 관한 연구, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 2005.
3. 최동희, 블라인드가 이중외피의 열적 특성에 미치는 영향에 관한 연구, 석사학위 논문, 서울대학교 대학원, 2004.
 5. Oesterle, Lieb, Lutz, and Heusler, Trans. Peter Green, Ed. Rolf-Dieter Lieb, Double-Skin Facades, Prestel Verlag, Munich, 2001.
 6. Park, S. J., the Design Process for the Double-Skin Facade to Minimize Thermal Loads in Apartment Buildings, Master's Thesis, Seoul National University, 2003.