



전산유체 해석을 통한 슬림형 이중외피 창호의 태양열 취득량 분석 - 높은 태양고도 및 하절기 냉방조건에서의 자연환기구 적용 및 창문 조절 방식별 비교 -

*Numerical analysis of solar heat gain on slim-type double-skin window systems
- Heat transfer phenomena with opening of windows and vent slot in summer condition -*

박지호* · 오은주** · 조동우*** · 조정주**** · 유정연****

Park Ji-Ho* · Oh, Eun-Joo** · Cho, Dong-Woo*** · Cho, Kyung-Joo**** · Yu, Jung-Yeon****

* BEL Eco-Facade Engineering Lab, BEL Technology Co.,LTD, South Korea (salzini@beltec.co.kr)

** Coauthor, BEL Eco-Facade Engineering Lab, BEL Technology Co.,LTD, South Korea (ohya@beltec.co.kr)

*** Corresponding author, National Green Building Center, Building & Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(dwcho@kict.re.kr)

**** National Green Building Center, Building & Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(kyungjoocho@kict.re.kr)

ABSTRACT

Purpose: Heat transfer analysis of recently developed 'slim type double-skin system window' were presented. This window system is designed for curtain wall type façade that main energy loss factor of recent elegant buildings. And the double skin system is the dual window system integrated with inner shading component, enclosed gap space made by two windows when both windows were closed and shading component effectively reflect and terminate solar radiation from outdoor. Usually double-skin system requires much more space than normal window systems but this development has limited by 270mm, facilitated for curtain wall façade buildings. In this study, we estimated thermophysical phenomena of our double-skin curtain wall system window with solar load conditions at the summer season. **Method:** A fully 3-Dimensional analysis adopted for flow and convective and radiative heat transfer. The commercial CFD package were used to model the surface to surface radiation for opaque solid region of windows' frame, transparent glass, fluid region at inside of double-skin and indoor/outdoor environments. **Result:** Steep angle of solar incident occur at solar summer conditions. And this steep solar ray cause direct heat absorption from outside of frame surface rather than transmitted through the glass. Moreover, reflection effect of shading unit inside at the double-skin window system was nearly disappeared because of solar incident angle. With this circumstances, double-skin window system effectively cuts the heat transfer from outdoor to indoor due to separation of air space between outdoor and indoor with inner space of double-skin window system.

KEYWORD

이중외피
커튼월
전산유체
일사해석

Double skin facade
Curtain wall
CFD
S2S Radiation

ACCEPTANCE INFO

Received Nov 29, 2016
Final revision received Feb 6, 2017
Accepted Feb 11, 2017

© 2017 KIEAE Journal

1. 서론

외관이 수려한 알루미늄 커튼월 창호는 고층건물 뿐 아니라 최근에는 저층 건물 및 리모델링 시에도 사용이 증가되고 있는 추세이다. 하지만 알루미늄 커튼월 창호는 유리 투광부에서의 태양열 취득과 프레임부를 통한 열교현상 등으로 여름철 냉방부하가 급증하는 문제가 있다. 현재 동절기를 기준으로 하는 열관류율과 같은 단열성능만을 충족하는 창호로는 커튼월 건물의 냉방에너지 증가에 대한 대책을 수립하는데 한계가 있다.

이중외피 시스템은 외피를 이중으로 구성하고 내부 공간인 중공층에 차양을 설치함으로써 실내에 설치되는 차양과 달리 창을 통과한 태양광이 실내로 직접 전달되지 않도록 하여 하절기 태양열의 실내유입을 적극적으로 차단할 수 있는 외피시스템이다[1].

이중외피시스템은 실외측 창과 실내측 창 사이에 형성된 공간으로 중공층(cavity)을 형성하고 상하부의 개구부를 통한 통풍효

과에 의해 과열을 막는 역할을 하게 된다. 그러나 하절기에 이중외피에 입사하는 태양열량이 큰 경우 중공층이 과열될 수 있고, 중공층과 실내 공기 사이의 온도차가 증가하여 전도 및 대류현상에 의해 냉방부하가 오히려 증가하는 경우도 발생할 수 있다.

또한 이중외피시스템에서 중공층 공간에 의한 건축면적의 증가, 외측 창호 개폐의 어려움 등으로 인해 실제로는 그 효과를 보고 있지 못하고 있는 건물 사례들이 많이 있다.

이를 해결하기 위해 중공층 공간의 폭을 좁힌 슬림형 이중외피 창호시스템이 개발되어 사용되고 있으나 중공층 공간의 협소한 이중외피 시스템은 중공층이 외부 환경에 의해 쉽게 과열될 우려가 있어 실외측에 설치된 창호 개구부(환기를 위한 창문, 환기벤트 등)의 조절방식과 적절한 배치 계획을 통하여 중공층의 과열을 방지할 필요가 있다[2].

본 연구에서는 중공층의 폭이 150mm인 슬림형 이중외피 커튼월 창호를 대상으로 창호 개구부 조작(창호 및 환기벤트 개폐)방식에 의해 밀폐 혹은 개방형의 중공층 형성 방식을 달리할 수 있도록 하여 조작 방식에 따른 이중외피 창호의 부위별 온도 분포

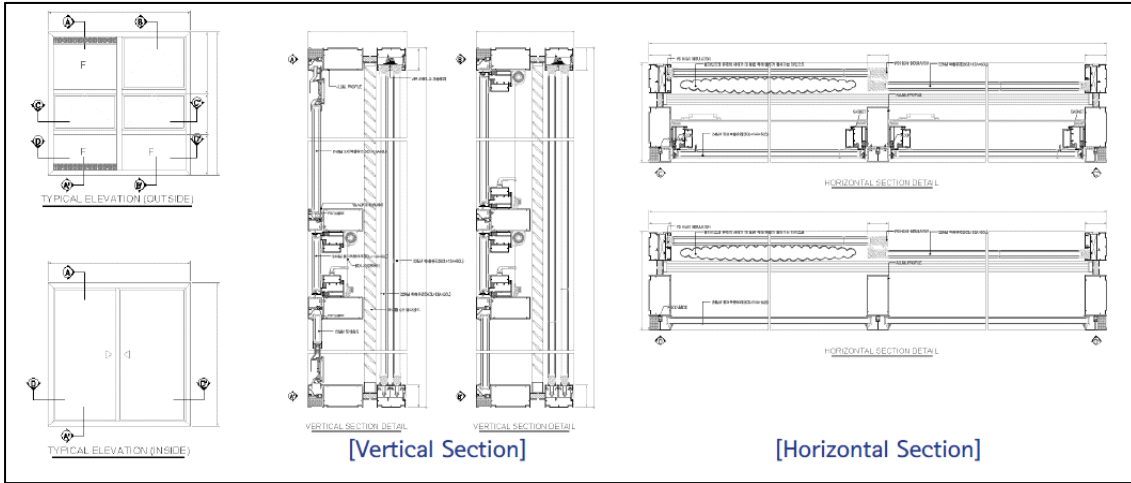


Fig. 1. Drawing of Double Skin Window with inner Shading System

및 실내로 투입되는 태양열취득량을 비교·분석하였다.

이러한 개구부 조작 방식에 따른 슬림형 이중외피 창호의 하절기 실내 유입열량 특성 파악을 통해 여름철에 적용 할 수 있는 이중외피 시스템의 개구부 배치 계획 및 운영방안을 도출하고자 하였으며 여름철 냉방부하에 적절히 대응 가능한 커튼일 건물 설계의 기초자료로 활용하고자 하였다.

2. 슬림형 이중외피 창호 개요

2.1. 분석 대상 창호의 개요

일반적인 이중외피시스템의 중공층의 폭은 300mm에서 1500mm 내외로 구성된다. 본 분석대상 창호의 실험체는 중공층의 폭이 150mm로 슬림형 이중외피구조를 갖는다. 실외 측은 상중하 3열의 창으로 구성되어 있으며 실외측 상하부에 개폐가 가능한 자연환기구(vent slot)가 설치되어 외측의 창호가 모두 닫힌 상태에서 내부의 공기가 외부로 배출될 수 있도록 구성되어 있다. 그리고 베니션 블라인드가 중공층 내부에 설치되어 있으며 블라인드의 전개 정도 및 블라인드 슬릿의 각도 조절이 가능하다. 실내 측은 경우 기밀성이 확보된 미시기창으로 구성되어 있다.

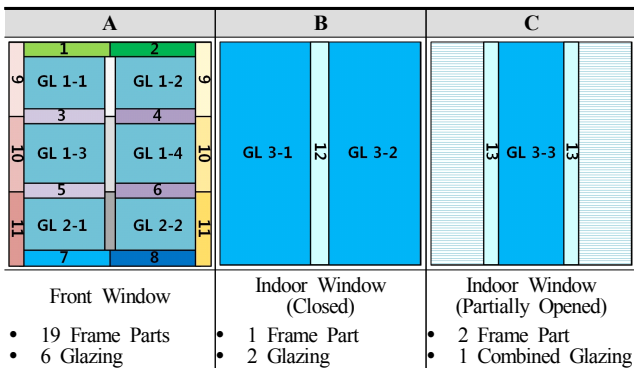


Fig. 2. Composition of Heat transfer parts of Windows

〈그림1〉은 슬림형 이중외피 실험체의 도면으로서, 〈그림2〉에 그 개요를 표시하였다. 실험체는 문헌 [1]의 연구에서 개

Table 1. Detail of Window's Glazing System

Item	Outdoor						Indoor	
	Top		Middle		Bottom		Left	Right
	Left	Right	Left	Right	Left	Right		
Glazing Area(m ²)	0.543	0.644	0.497	0.497	0.497	0.497	1.748	1.748
Glass Thickness(mm)	5	5	5	5	5	5	5	5
Glass Layers	2	2	2	2	2	2	2	2
Air Thickness	14	14	14	14	14	14	12	12
Total Thickness(mm)	24	24	24	24	24	24	22	22

발된 시제품으로서 외부창의 경우 중간부 2개의 창 및 상부 1개의 창은 외부 프로젝트 방식으로 직접 개폐가 가능하다. 〈그림2〉 A의 1번과 7번 부근에 자연환기구가 위치하며 창유리 GL 1-1, 2-1, 2-2에 해당하는 창호의 경우 개방이 되지 않는 고정창이다. 실험체 전면의 6개 창과 후면창의 2개 창은 모두 공기층을 포함하는 복층유리로 구성되었다. 〈표1〉

2.2. 창호 적용 물성치

유리와 프레임의 열전도율 및 투과율, 흡수율, 반사율 등 광학적 특성을 반영한 복사현상이 분석될 수 있도록 입력조건을 구성하였다. 유리의 광학적 특성(표2)은 NBNL[3]의 WINDOW [4]를 통해 산출하였다.

Table 2. Properties of the Glazing system

Item	Outdoor		Indoor	
	Upper/Middle	Bottom	Closed	Open
Transmittance	0.4816	0.4816	0.6753	0.4758
Reflectivity	0.4863	0.4863	0.2402	0.3600
Absorptance	0.0321	0.0321	0.0845	0.1642
Conductivity [W/m·K]	0.051	0.052	0.119	0.105

NFRC 기준에 따른 창호 프레임의 분석은 〈그림2〉의 A, B와 같이 프레임을 단면 형태별로 구분하여 각 프레임 구획에 대한 열전도율을 NFRC의 U-Value 공식 산출 도구인 THERM[4]를 사용하여 도출하였다. THERM 해석 시 경계조건은 KS 기준[5]의 창호 시험성적조건이 적용되었으며 U-value(W/m²·K)를 열전달율(W/m·K)로 변환한 결과를 〈표3〉에 표시하였다.

추가로 이중외피가 아닌 일반 단창에 실내 블라인드가 위치한

Table 3. Pre-analysis results of Heat conductivity of Frame parts

Part Index	Heat Conductivity	Part Index	Heat Conductivity
1	1.888	8	1.491
2	1.589	9	1.353
3	2.630	10	2.290
4	2.878	11	1.351
5	2.984	12	1.353
6	2.984	13	2.290
7	1.958		

경우를 이중외피와 비교하기 위하여 실내 쪽 창이 개방된 경우도 분석대상으로 하였으며 <그림2>의 C는 그 개요이다.

2.3. 차양의 설정

이중외피 창호에서 차양은 여름철에는 일사를 차단시켜 냉방부하를 줄이고, 겨울철에는 일사를 유입하여 난방부하를 줄일 수 있는 역할을 하게 된다.

본 연구에서는 하절기 실내 냉방 및 높은 입사각의 태양열이 유입되는 경우 일사를 차단하기 위한 차양으로써 베니션 블라인드를 설정하였다. 베니션 블라인드의 경우 전부 전개된 상태에서 슬릿의 각도는 45°로 설정하여 직달일사는 차단하되 블라인드 표면의 반사로 인한 산란일사는 가능한 조건을 설정하고 외부창의 개폐에 따른 이중외피 창호의 태양열 차단 효과를 분석하고자 하였다.

즉 이중외피 창호의 조절방식 중 중공층 과열 방지를 위해 베니션 블라인드가 전부 전개된 상태에서 실외 창 혹은 환기구 개폐 여부에 따른 실내 유입열량을 비교한다.

3. 창호 조절 방식에 따른 CFD 해석 공간의 작성

3.1. 창호 작동조건의 설정

자연환기구 및 전면창의 개폐에 의한 중공층 온도변화의 경향을 분석하기 위한 창호의 조절방식을 <표4>과 같이 구성하여 정상상태 열유동 해석의 Case를 수립하였다.

Table 4. Window operations

Name	Windows				Vent	
	Outdoor		Indoor			
	Top	Middle	Left	Right	Top	Bottom
Case 1	Closed		Closed		Closed	
Case 2	Open		Closed		Open	
Case 3	Closed		Open	Closed	Open	Closed
Case 4	Open	Closed	Open	Closed	Closed	
Case 5	Open		Open		Closed	
Case 6	Open	Closed	Closed	Open	Closed	
Case 7	Closed		Closed	Open	Open	Closed
Case 8	Closed		Closed		Open	

<표5>는 각 조작 방식별 3차원 모델의 작성결과이다. Case 1은 실내와 실외 측의 창이 모두 닫혀 밀폐된 중공층이 있는 조건으로 일반적인 이중외피 창호에서 일사에 의한 가열로 온도가 높게 형성되는 작동방식이다. Case 2는 닫혀 있는 실외 창 상하부에 자연환기구가 설치된 것으로 Case 1과 비교하여 자연환기구의 효과를 예측해 볼 수 있는 작동조건이다. Case 3과 7은 자연환기구 및 개방된 창문의 조합을 통하여 중공층 내부에 공기흐름이 발생할 수 있도록 설정한 조건이며, Case 4~6은 자연환기구를 사용하지 않는 구성으로서 다른 창문 개폐 조절 방식으로 구별되었다. 그리고 Case 8은 후면 창을 개방하여 외부창이 실내공기와 접촉하고 블라인드가 중공층 내부가 아닌 실내에 위치하는 일반적인 단창조건을 구현한 것으로, 단창과 이중외피창의 효과가 서로 비교될 수 있도록 한 것이다.

3.2. CFD 해석 공간의 구성

본 연구에서는 슬림형 이중외피 창호의 하절기 단열 성능을 분석하고자 3차원의 수치해석 모델을 적용하였다.

Table 5. Detailed view of model

Part	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5	Case 6	Case 7	Case 8
Outdoor Window								
Indoor Window								
Vent (Top)								
Vent (Bottom)								

Table 6. Computational grid around the cavity

Case 1		Case 2		Case 3		Case 4		Case 5		Case 6		Case 7		Case 8	
Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right

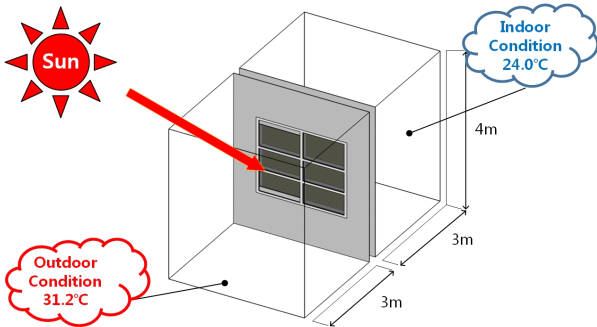


Fig. 3. Layout of fluid domain

복사모델이 적용된 이중외피 창호 내부와 주변 실내의 공기의 열유동을 분석하기 위한 CFD 모델은 <그림3>과 같이 창호의 입체적인 형태를 구현하고 창호 전 후면에 인접한 공간을 직육면체 형태를 갖는 실내와 실내로 구분하였다.

Case 1, 2와 같이 창문과 환기구가 모두 닫혀 중공층이 밀폐된 경우 각 유체공간은 동일한 기체로 구성되나 상호간 물질전달은 발생하지 않으며 유리, 프레임 등 인접한 고체의 열전도를 통해 표면으로 부터의 대류에 의한 열전달이 발생한다. Conjugated heat transfer(CHT) Interface는 물질전달이 없이 열전달만 발생하는 경계조건이 되며 본 연구에서는 창호의 조작방식에 따라 3가지 CHT Interface의 설정방식이 적용되었다. <표7>

Table 7. Domain compositions

Type	A		B		C	
Domain Layout	[Fluid 1] CHT Interface	[Fluid 3] CHT Interface [Fluid 3]	[Fluid 2] CHT Interface	[Fluid 2]	[Fluid 2]	[Fluid 2] CHT Interface
Case.#	1		2, 3, 4, 5, 6, 7		8	

<표7>의 A는 Case 1의 경우에 해당하는 것으로, 각 공간이 서로 밀폐되어 복사를 제외하고는 상호간의 물질전달 없이 표면의 전도와 대류로 인한 열전달만 발생한다. 자연환기구 혹은 창문을 통해 중공층 내부의 공기가 실외의 공기와 연결되는 Case 2~7의 경우 실외공기와 창호 내부의 중공층은 서로 이어져 있다. Case 8은 실내의 공기가 중공층과 연결되어 있는 점에서 다른 Case와 구분되며 Case 2~7의 해석공간의 작성 방식과 유사한 기법이 적용되었다.

3.3. CFD 해석 도메인의 작성

앞서 서술한 <표5>에 수록된 각각의 형상을 <표7>에 나타

낸 해석공간의 작성방식에 따라 3차원 유한체적요소 격자망을 작성하였다. 3차원 CAD 입력을 통한 모델의 작성 및 격자망의 생성은 상용 CFD 해석도구인 STAR-CCM+[6]의 Trimmed mesher를 적용하여 직육면체 형태의 다면체 Cell로 해석공간을 구성하였다. Trimmed mesh의 적용을 통해 납작한 직육면체 형태를 이루고 있는 이중외피 창호 프레임 및 내부 중공층을 효율적으로 차분화(discretization)하여 boussinesq 기반의 자연대류 유동해석에 적합한 해석공간을 작성할 수 있었다. 블라인드와 자연환기구는 두께가 없는 Baffle 구조로 작성되었으며 자연환기구의 경우 설계상의 도면과 동일한 개구부 면적으로, 두께가 없는 대신 열 저항이 적용되었다. <표7>은 각 해석 Case를 위해 작성한 mesh로서 좌측의 창이 실외측, 우측의 창이 실내측으로 구분되는 수직방향의 단면을 표시한 것이다.

3.4. CFD 해석 방법

난류와 boussinesq assumption의 자연대류 그리고 일사에 의한 복사열전달이 적용된 3차원 유동해석의 Solver로는 mesh 작성과 동일하게 Star CCM+를 사용하였다. <표8>

Table 8. Numerical Method Details

Name	Description
Code	• STAR-CCM+
Mesh	• trimmed mesh
Cell number	• Approx 815,000
Flow Solver	• Steady Solver, Boussinesq Approximation
Turbulence model	• Steady RANS, Realizable K-Epsilon
Solution procedure	• SIMPLE
Wall Function	• Two-Layer All y+ Wall Treatment
Radiation Model	• Surface to Surface Gray Thermal Radiation
S2S Beams	• 512 beams, Reciprocity Tolerance: 0.001
Convergence criteria	• Residual of 10-4, Converged Heat transfer rate
Computing System	• CPU: Xeon-E5@3.5GHz, Memory: 32GB

유리의 투과율과 반사율, 일사접촉면의 가열을 분석하기 위하여 S2S Radiation 모델을 적용하였고 일사부하를 경계조건으로 반영하는데 Star-CCM+의 S2S 모델과 결합된 Solar load 모델을 적용하였다. 본 연구에 사용된 복사모델의 경우 표면에 입사한 복사열의 반사와 산란 등 방향으로 이루어지며 공간의 매질인 공기(air) 중 에서 발생하는 산란이나 흡수는 생략되었다.

일사의 경우 연중 태양고도가 최고가 되는 일자인 하지 정오 시점을 적용하였으며, 실내의 온도조건은 일반적인 냉방조건으로 하여 <표9>에 정리하였다.

Table 10. Temperature contour of vertical sections of each cases

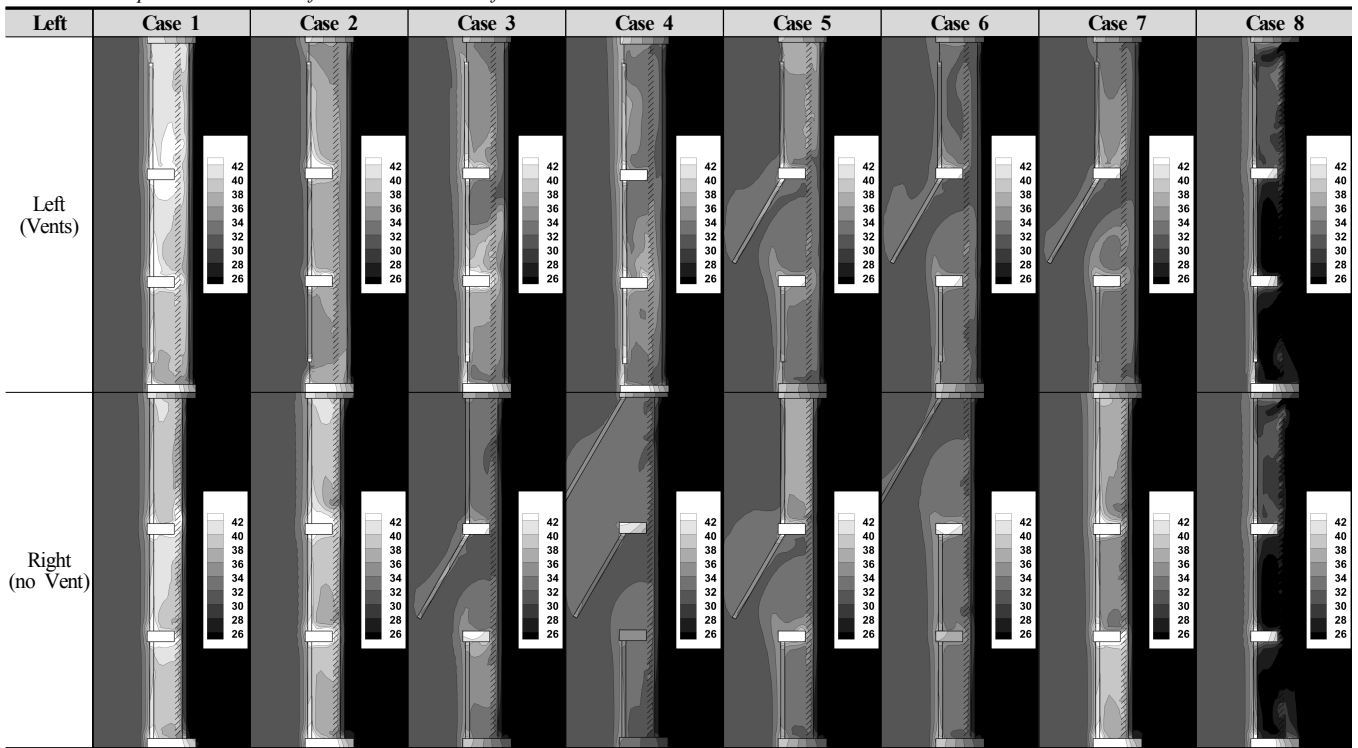


Table 11. Temperature contour of exterior wall and windows

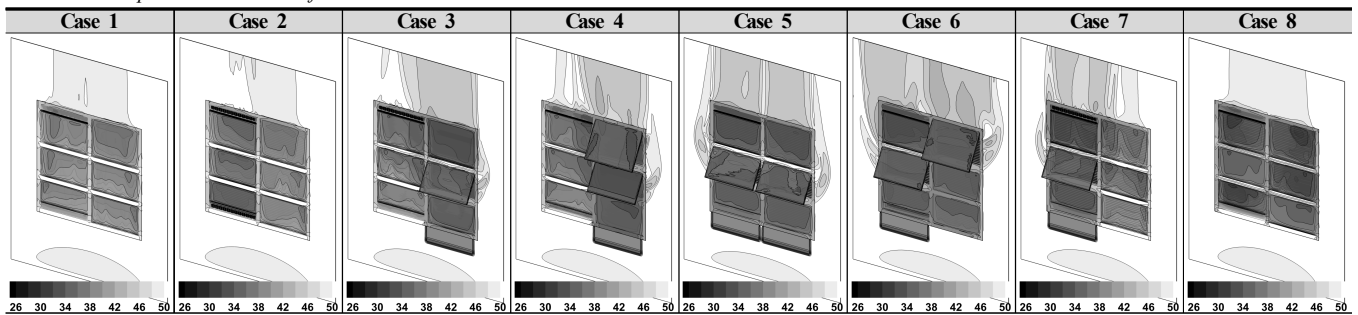


Table 9. Properties of Solar load model

Latitude	• 37.34°	Azimuth	• 174.72682°
Longitude	• 126.57°	Altitude	• 76.04972°
Date	• 2016.06.21	Direct Solar Flux	• 1283.3 W/m ²
Time	• 12:30	Diffuse Solar Flux	• 0.0 W/m ²
Time Zone	• +9.0 hr	Solar Time	• 6/21/2016, 12:30
Temperature	• Room: 24°C, Outdoor: 31.2°C		

4. 분석 결과

4.1. 창문 조절 조건에 따른 중공층 내부 온도 경향

실외 측과 실내 측의 창이 모두 닫힌 Case 1의 경우 중공층의 온도가 40°C를 초과하였으며, 자연환기구가 설치된 Case 2의 경우 Case 1보다 낮은 중공층 온도가 유지되는 것으로 나타났지만 기타 다른 Case 보다는 높은 온도의 결과를 보였다. <표10>의 온도분포에서 확인할 수 있는 것과 같이 Case 2의 자연환기구는 창호 내부의 공기를 순환시켜 중공층의 온도를 저감하는 효과는 있지만 그 효과가 직접 창문을 개방한 다른 Case들 보다 뛰어나지는 못하였다.

창문을 직접 열어 중공층 내부의 공기를 실외로 개방한 Case 3~7

의 경우 창호 내부의 공기 순환이 원활 할수록 중공층의 온도가 실외 온도에 가깝게 나타났다. 그중 대각선 방향으로 창문이 열리는 Case 6에서 가장 낮은 온도분포가 나타났다. 동일하게 양측의 창이 하나씩 개방된 Case 5와 비교해 볼 때 Case 6은 개방된 창문 별로 높이가 있어 자연 대류에 의한 환기를 활성화하기에 적합한 구조이며 그 결과가 나타난 것이라 볼 수 있다.

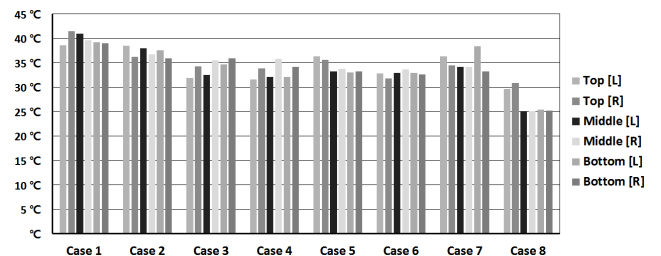


Fig. 4. Result data: Temperature of cavities at each point

Case 8은 <그림4>의 그래프에서는 가장 낮게 나타났지만 중공층이 없어 냉방중인 실내공기가 외부창의 표면에 직접 노출되고 실외의 일사 및 기온의 영향이 실내로 직접 침투하고 있으므로 온도차만

으로 비교하기는 곤란하며 이어서 설명하게 될 실내 열통과량 분석에서는 가장 많은 열량이 실내로 전달되었다.

4.2. 창호 주변온도 분포

전면창이 개방될 경우 창호 프레임 수평부의 온도는 상대적으로 낮게 나타났다. 이는 <표11>의 실외 측 벽면 및 창호의 온도 분포를 통해서도 확인 할 수 있는 것으로, 전면창의 프로젝트창이 개방될 경우 창문에 의한 그늘이 발생하여(Case 3~7) 일사 유입을 직접적으로 차단하는 효과가 발생하였다. 또한 창호가 개방된 경우 중공층 내부로부터 공기흐름이 발생하여 개방된 창호 주변의 표면 온도가 상대적으로 낮게 나타났다. Case 5와 6에서 이러한 현상이 가장 분명하게 나타났으며 전면창의 개방을 통한 외부 차양의 형성 및 중공층의 자연적인 공기 흐름발생에 의해 이중외피 창호 내외부의 냉각을 실시 할 수 있음을 예측 할 수 있었다.

4.3. 실내 유입 열량

본 연구에 적용한 Solar load 모델에서 태양광의 법선면에 도달하는 단위면적당 일사량은 1,283 W/m² 이며 남향 수직 벽면에 도달하는 일사량은 308 W/m² 이다. 따라서 창호의 외부 노출면과 동일한 면적의 수직면에 입사되는 일사량은 1,257 W 이며 이 일사량은 1차적으로 외부에 노출된 프레임의 표면과 유리의 표면을 가열하고 유리를 투과한 태양열은 유리를 통과하여 중공층 및 내부 프레임과 블라인드를 가열하게 된다.

Table 12. Analysis results of Solar load to Indoor environment

Case	Direct Solar Flux		Heat flux to room			
	Projected to Windows	To Frame Surface	Convection			Direct Solar Radiation
			Frame	Glass	Total	
1	1,257	530	65	103	167	0
2		518	62	96	158	0
3		462	44	70	114	0
4		396	40	69	109	0
5		390	40	69	110	0
6		340	35	62	97	0
7		458	48	72	120	0
8		525	136	24	160	416

<표12>의 일사량(Direct Solar Flux)은 본 연구에서 적용된 Solar load 모델에 의해 실외에 노출된 표면에 도달하는 일사량이다. 실내로의 유입열량(Heat flux to room)은 실내공기에 접하는 창호의 표면에서 일어나는 열통과량으로 프레임과 유리의 실내 노출면에서의 값을 서로 구분하여 표시하였다.

본 해석에서 적용된 높은 태양각도로 인해 전면창의 유리를 통과한 직달일사의 대부분은 중공층에 위치한 프레임의 수평면에 도달하였고 블라인드의 표면에는 거의 도달하지 않았다. 즉 높은 태양각도로 인해 태양광이 블라인드에 의해 외부로 반사되지 않고 대부분 창호 표면에 도달하게 되면서 태양열에 의한 창호의 가열이 크게 이루어지는 환경이 구현 된 것으로 중공층의 열환경 분석에 있어서는 가혹한 환경으로 설정이 된 것으로 판단된다.

슬림형 이중외피 창호의 효과는 Case 1, 2 와 Case 8을 비교하여

가능해 볼 수 있었다. <표12>에서 이 3가지 설정에 대한 결과를 보면, 프레임의 표면에 도달한 태양열의 크기가 서로 비슷하고 실내 유입열량의 합계 또한 3가지 설정이 모두 유사한 값이다. 하지만 Case 8의 경우 유일하게 실내로 직접 전달되는 일사량이 존재하여 가장 큰 유입열량이 발생하였다.

4.4. 창호의 설정별 일사차단 성능

<그림5>에서 ①은 창호와 동일한 면적의 수직면에 입사되는 일사량이며 ②는 외부에 노출된 창호의 표면과 유리를 통과하여 창호의 중공층 내부로 유입되는 열량이다. 그리고 ③은 후면창의 유리나 프레임 표면을 통해 실내로 유입되는 열량으로 실내에 노출된 창호 표면으로 부터의 대류 및 전도에 의해서 실내로 전달되는 열량이다. Case8의 경우 유일하게 실내에 유입되는 복사열이 포함되어 있다.

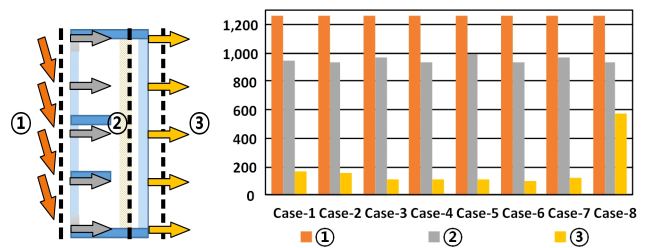


Fig. 5. Results: Heat flow rates at specific normal sections

Table 13. solar heat gain coefficient and effectiveness of double skin window system

Case	① [W]	② [W]	③ [W]	A= ③/①	B=1- ③/②
1	1,257	946	167	0.133	0.82
2		934	158	0.125	0.83
3		964	114	0.091	0.88
4		940	109	0.086	0.88
5		991	110	0.087	0.89
6		933	97	0.077	0.90
7		973	120	0.096	0.88
8		941	576	0.458	0.39

A는 ①과 ③의 비율로, 창호에 도달하는 일사량이 열에너지로서 실내로 투과되는 열량의 비율이 된다. 따라서 A의 경우 특정조건에서의 SHGC(Solar Heat Gain Coefficient)로 볼 수 있으며 본 분석 조건에서 분석 대상 이중외피 창호는 시뮬레이션 상의 SHGC 값이 작동 조건에 따라 0.133 ~ 0.077 범위로 볼 수 있다. B는 ②와 ③의 비율로 이중외피 창호의 중공층과 차양, 실내 공기에 접하는 후면 유리의 단열성능 및 프레임 표면의 온도 특성 등에 따른 값이 된다. 이중외피가 형성된 조건인 Case 1~7의 값을 비교해 볼 때, 중공층의 온도가 가장 낮은 Case6 이 가장 큰 값을 나타내며, 이는 외부에 노출된 프레임 표면과 유리를 통과한 태양광 및 열에너지가 이중 외피 시스템을 통해 최대 90% 가량 차단되는 것을 의미한다. 또한 Case6 은 ③의 값이 Case2 보다 대략 40% 낮아지며, 유사한 이중외피 시스템에서 외부 창호의 조절에 따라 환기구만 개방하는 Case 대비 실내로 유입되는 열량을 크게 절감할 수 있는 것을 나타낸다.

Case8의 경우 <그림4>에서 나타나는 각각의 온도가 가장 낮지만 중공층이 없어 외측 창호를 통과한 열량이 실내로 그대로 전달되어

분석조건에서의 SHGC 값은 약 0.46으로 상대적으로 단열성능이 크게 떨어졌다.

5. 결론

CFD 분석을 통해 슬림형 이중외피 창호의 냉방 시 중공층의 온도 상승을 억제할 수 있는 창호의 조절 방식 및 일반 창호에 대한 이중외피 창호의 실내 태양열 취득량을 분석해 볼 수 있었다.

태양각도가 높은 시점에서는 블라인드 표면의 반사에 의한 태양열 차단 효과가 거의 사라지면서 중공층 표면에 직접 도달하는 태양열 부하가 증가하여 창호에 의한 실내로의 냉방부하 발생량이 증가한다. 슬림형 이중외피 창호의 경우 태양열이 복사열의 형태로 실내에 직접 전달되는 것을 차단하여 블라인드의 반사 효과를 발휘할 수 없는 상황에서도 낮은 SHGC 값을 나타냈다.

슬림형 이중외피 창호는 중공층의 온도가 상승하면 SHGC 값이 감소할 수 있으며, 중공층 내부에 적절한 환기 방안을 적용하면 중공층 내부 공기온도를 낮출 수 있다.

중공층 내부의 환기 대책으로 창호의 상하 지점에 슬롯 형태의 자연환기구를 설치하는 방식이 있지만 분석결과 환기량 부족으로 효과가 제한되었고 외부 창을 개방하여 중공층을 외부공기와 환기시키는 것이 중공층 내부온도를 외기와 비슷한 수준으로 유지하여 중공층의 과열현상을 억제하는데 효과적인 것으로 분석되었다. 또한 창호에 프로젝트 창이 적용된 경우 창의 개방 시 창호 외부에 차양을 설치하는 것과 유사한 효과가 발생하였으며 이를 활용하여 창호로 유입되는 태양열을 저감할 수 있었다.

기존 이중외피 시스템에서 차양의 전개 정도와 슬릿각도 조절을 사용하는 조절방식 이외에 프로젝트 창을 활용하여 하절기에 창호로 입사하는 태양열을 조절하는 방법을 활용하면 이중외피 창호의 성능을 추가적으로 높일 수 있을 것으로 예상된다.

Acknowledgements

This study is a part of the research result conducted with research fund supporting in 2016 of KETEP (Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning). The project code : 20150687-001

Reference

- [1] 조동우 외 2인, 냉난방에너지 25% 절감을 위한 열관류율 1.0W/m²K, 270mm이하의 블라인드 내장형 이중외피 커튼월창호시스템 개발 1차년도 연차보고서, 2016 (Cho. D.W. et al., 2016, Development of the double skin curtain wall system with the shading device for 25% saving of heating & cooling energy, Annual report 1)
- [2] 조수 외 4인, 여름철 이중외피 중공층 내부의 기류 속도변화에 따른 온도분포 특성, 한국생활환경학회, 제 18권 제 1호, 2011 (Cho. S. et al., 2011, Characteristics of Temperature Distribution Depending on Velocity of Air Flow Inside the Cavity of Double-skin System in Summertime, The Society of Living Environment System, Vol.18(1))
- [3] NBNL, Lawrence Berkeley National Laboratory (www.lbl.gov/)
- [4] NBNL WINDOW&THERM (windows.lbl.gov/software/)
- [5] KS F 2278 ‘창 및 문의 단열성능 측정방법’
- [6] SIEMENS CD-Adapco Star-CCM+