



## 2차원 전열해석을 통한 슬림형 이중외피 창호시스템의 단열성능 평가

### *Evaluation of Insulation Properties of 'Slim Double-skin Window System' via 2-Dimensional Heat Transfer Analysis*

조경주\* · 조동우\*\*

Cho, Kyung-Joo\* · Cho, Dong-Woo\*\*

\*Building &amp; Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(kyungjoocho@kict.re.kr)

\*\*Building &amp; Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(dwcho@kict.re.kr)

\*Corresponding author, Building &amp; Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(kyungjoocho@kict.re.kr)

#### ABSTRACT

**Purpose:** Curtain wall system with aluminium frame is a popular system for high rise buildings that need high-tech images. Apart from the popularity, this system can hinder the comfort of residents because of the thermal vulnerability. The Double Skin Window system has been suggested as a way to overcome some of the disadvantages of existing curtain wall systems. However, this system has different conditions for the window and blind opening seasonally to save cooling and heating energy consumption. Therefore, the depth has to be slim for the residents' easy operation, which led the development of 270mm depth Slim Double-skin Window System. **Method:** Simulations for U-Value and Solar Heat Gain Coefficient carried out for application of new buildings in various conditions. THERM 6.3 and WINDOW 6.3 are used for the U-Value calculations, and equations suggested by NFRC are for SHGC calculations. In addition, Energy Saving Design Standards of Buildings analyzed to check for the conformity with them. This is why builders have to comply with them for new building construction. **Result:** Less than 1.2W/m<sup>2</sup> K for U-Values and less than 0.2 for SHGC are derived in the conditions with blinds 45°, 90° and Low-E coatings in both outer and inner windows. These values satisfy all conditions for new residential and non-residential buildings in Energy Saving Design Standards of Buildings.

#### KEYWORD

이중외피  
커튼월  
NFRC 100  
ISO 15099Double skin facade  
Curtain wall  
NFRC 100  
ISO 15099

#### ACCEPTANCE INFO

Received Oct 30, 2017  
Final revision received Nov 29, 2017  
Accepted Dec 3, 2017

© 2017 KIEAE Journal

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

알루미늄 프레임의 유리 커튼월은 하이테크한 이미지를 강조하는 고층건물의 외부 마감으로 인기있는 시스템이다. 유리의 물성이 부여하는 미적 장점과 알루미늄이 주는 하이테크한 이미지는 많은 건축가들을 매료시켜왔다. 하지만 그 인기와는 별개로 알루미늄 커튼월은 열적으로 취약하여 거주자의 쾌적성을 저해할 수 있는 재료가기도 하다. 그 단적인 예로 한국의 한 청사에 적용된 알루미늄 커튼월이 만들어낸 거주환경이 설계 하자로부터 간주되어 사용자의 소송을 야기한 적이 있었다[1]. 창은 그 구성재인 유리, 프레임, 블라인드 등의 물리 화학적 조건에 따라 외피로서의 성능이 달라진다[2]. 이중외피시스템은 이 조건들을 적절히 이용하여 기존 커튼월 시스템의 단점을 어느 정도 극복할 수 있는 방안으로 제시되었다. 예를 들면 겨울철에는 Thermal barrier를 형성하여 난방부하 절감을 유도하고 여름철에는 중간 블라인드로 효율적 일사차단을 유도할 수 있다. 또한, 중공층의 더운 공기를 외부로 배설하여 난방부하 절감을 가능하게 한

다[3]. 이처럼 이중외피는 에너지를 절감할 수 있는 창 및 블라인드의 개폐 조건이 계절별로 다르다. 이를 자동으로 운전해주는 프로그램에 의한 자동제어가 에너지절감에는 가장 효과적이라고 할 수 있지만 비용 등 여러 현실적인 문제로 모든 커튼월 건물에 자동제어를 채택하기는 어렵다. 결국 거주자가 손쉽게 내외부 창의 개폐를 조절할 수 있는 이중외피 시스템이 필요하고, 그러기 위해서는 그 두께가 슬림해야 한다. 하지만 현재까지 건물에 적용된 이중외피의 경우는 대부분 외창과 내창의 거리가 멀어 사용자가 외창의 개폐를 조절하는 것이 매우 번거로운 실정이다. 즉, 슬림형 이중외피 창호시스템에 대한 연구가 필요하다.

더하여 국내의 경우, 신축건물에 적용될 창호 관련 기준이 점점 강화되고 있다. 예를 들어, 창호에너지효율등급제의 시행, 냉방에너지절감을 위한 일사차단기준의 마련[4], 모든 공공건축물 에너지효율 1++ 등급의 의무시행[5] 등 건물의 냉난방에너지 저감을 위한 기준이 지속적으로 강화되고 있다. 즉, 신축건물에 슬림형 이중외피 창호시스템이 적용되기 위해서는 신축관련 법규에 적용가능한 정량적 성능평가도 필요하다.

창호의 정량적 성능평가에 관한 연구는 시뮬레이션을 통한 열관류율 해석부터[6] 에너지절감효과분석[7,8]까지 다양하게 존재한

다. 하지만, 이중외피창호에 대한 성능평가는 중공층 배열이나 블라인드, 창호의 조절에 따른 에너지 성능평가 혹은 최적제어에 치우쳐 있는 편이고, 일반적 두께의 이중외피 모델로 그 열성능을 시뮬레이션 한 경우가 많다[9,10].

본 연구에서 분석하고자 하는 270mm 두께의 슬림형 이중외피 창호시스템의 경우 내측의 미서기 창 및 실외 측의 프로젝트 창으로 구성되어 있으며 실내와 실외측 창의 사이공간에 블라인드가 설치되어 있다. 이 시스템이 실제로 국내 신축건물에 적용될 수 있기 위해서는 열관류율이나 태양열취득계수(Solar Heat Gain Coefficient (SHGC)) 등의 정량적 성능 확인이 필요하다.

이에 본 연구에서는 슬림형 이중외피 창호시스템의 정량적 성능 평가를 위해 시뮬레이션 평가 방식을 이용하여 국내 주거 및 비주거용 커튼월 건물에의 적용가능성을 분석하고자 하였다.

### 1.2. 연구의 방법 및 범위

건축물에 적용된 창호의 정량적 에너지 성능은 일반적으로 열관류율과 SHGC에 의해 분석된다. 열관류율의 경우 실내외 온도차에 의한 열손실을 반영한 개념으로 난방에너지 저감효과를 분석할 때 주로 사용되는 개념이다. 반면, SHGC의 경우 일사열 취득정도를 수치화한 값으로 냉방에너지 저감효과를 분석할 때 유용한 개념이라고 할 수 있다[8]. 이에, 본 슬림형 이중외피 창호시스템을 대상으로 이 두가지 지표를 다양한 조건에서 산출하는 것을 연구의 범위로 설정하였다.

분석 대상 창호는 실내 측의 미서기 창 및 실외 측의 프로젝트 창으로 구성되어 있으며 실내와 실외측 창의 사이공간에 블라인드 및 손쉬운 중공층 환기를 위한 벤트가 외부 고정창에 설치되어 있다. 국내에서 신축건물에 적용되는 ‘건축물의 에너지절약설계기준[4]’의 열관류율 기준값을 만족시키기 위해 내외부 창 모두 복층유리를 적용하였다. 이 내외부 복층유리창의 로이코팅 여부를 다르게 구성하여 4가지 조합을 만들고, 중간 블라인드의 개방정도를 4가지로 조정하여 도합 16가지 조건의 열관류율 및 SHGC를 분석하였다. 추가로 벤트가 없는 모델도 시뮬레이션하여 총 20가지 케이스의 정량적 성능평가를 시행하였다.

## 2. 열관류율과 태양열취득률(SHGC)

### 2.1. 열관류율의 분석

전열해석은 NFRC(National Fenestration Rating Council Incorporated)의 시뮬레이션 기반 창호 성능 평가 도구인 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)의 WINDOW 6.3과 THERM 6.3을 이용하였다 [12]. 이 두 프로그램은 ISO 15099[2]에 기반한 창호의 열성능 분석 도구로서 THERM은 창호 프레임의 단면에 대한 전열해석을 수행하는 프로그램이다. 이를 이용하여 Fig. 1과 같이 프레임 단면의 열관류율 및 프레임과 유리의 연결부위인 Edge부에 대한 열관류율을 산출하였다. 우선 WINDOW 6.3은 복층유리의 구조를 반영할 수 있는 창호 시스템 분석도구로서 열관류율, 태양열취득계수, 가시광선 투과율 등 복층유리의 특성을 산출하여 THERM 6.3의 입력데이터를 생

성한다. 또한 THERM 6.3에서 산출한 프레임 각 부분의 데이터를 조합하여 하나의 창호에 대한 열적 특성 및 광학적 특성을 도출하여 창호의 성능을 평가할 수 있다.

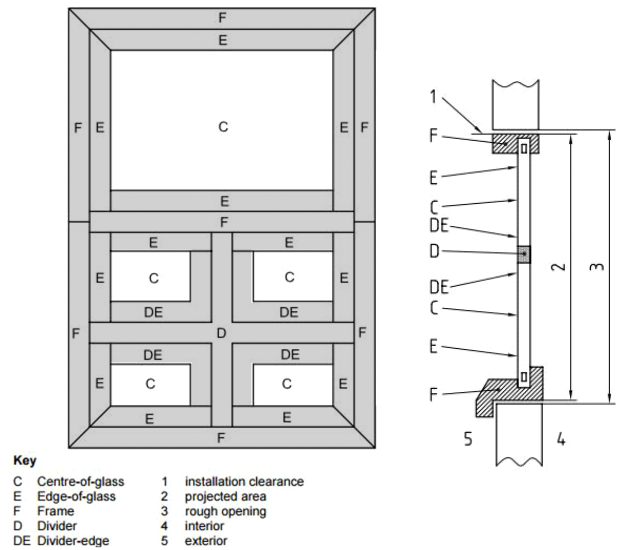


Fig 1. Frame areas for typical fenestration product [16]

### 2.2. SHGC의 분석

프레임을 포함한 이중외피 창호 전체의 SHGC를 계산하기 위해 우선 Center of glazing의 SHGC를 WINDOW 6.3을 통해 산출한다. 이때 열관류율과 동일하게 프레임과 유리의 연결부위인 Edge부에 대한 SHGC를 산출한다, NFRC가 제안하는 계산방식 따라 Edge of glazing의 SHGC는 Center of glazing과 같은 값으로 계산하였다[14]. 프레임과 divider의 SHGC 역시 ISO 15099와 NFRC-200의 기준으로 계산하였으며 그 식(1)은 아래와 같다.

$$SHGC_f = \frac{\alpha \times U_f}{\frac{A_{surf}}{A_f} \times h_{out}} \dots\dots\dots(1)$$

- $\alpha$  : Frame or divider absorptance
- $A_f$  : Sum of the projected dimensions of the opaque portion
- $A_{surf}$  : Sum of the wetted areas of the opaque portion
- $U_f$  : Area-weighted average winter nighttime U-factor of the opaque portion
- $h_{out}$  :  $30W/m^2 \cdot K$

$\alpha$ 는 NFRC-200의 Glazed wall system 기준에 따라 0.5,  $U_f$ 는 부위별로 THERM을 통해 계산되었고,  $A_{surf}$ 는 실외측의 Projected frame dimension으로 도면을 통해 계산되었다.

그 다음 단계로  $SHGC_0$ ,  $SHGC_i$ 를 산출하여 아래의 식(2)에 따라 계산하면  $SHGC$ 가 구해진다.

$$SHGC = SHGC_0 + SHGC_c (SHGC_i + SHGC_0) \dots\dots\dots(2)$$

$SHGC_0$  : The total fenestration product SHGC for the center of glazing SHGC of 0.0

SHGC<sub>t</sub> : The total fenestration product SHGC for the center of glazing SHGC of 1.0  
 SHGC<sub>c</sub> : Center of glazing SHGC  
 Set to zero for SHGC0 and one for SHGC1

### 3. 시뮬레이션 대상 창호 및 조건

#### 3.1. 분석대상 창호의 개요

슬림형 이중외피 창호시스템은 실내창, 중공층, 실외창으로 구성된 이중외피 시스템창이며 열교를 차단하기 위한 장치로 3중 단열구조의 프로파일을 사용하였는데 그 부분별 치수는 Fig. 2 및 Table 1과 같다.

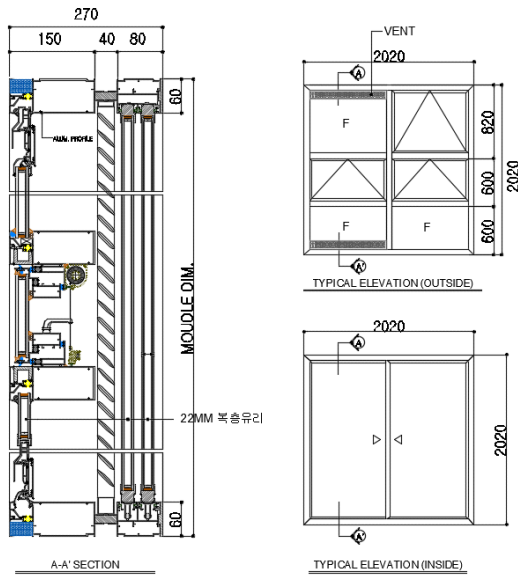


Fig. 2 Drawing of Double Skin Window with inner Shading System

Table 1. Detail of Window's Glazing System

Window		Description	Glazing Area
Outdoor	Upper	Left • 2 Layer, Operable	• 0.543 m <sup>2</sup>
		Right • 2 Layer, Operable	• 0.644 m <sup>2</sup>
	Middle	Left • 2 Layer, Operable	• 0.497 m <sup>2</sup>
		Right • 2 Layer, Operable	• 0.497 m <sup>2</sup>
	Bottom	Left • 2 Layer, non-Operable	• 0.497 m <sup>2</sup>
		Right • 2 Layer, non-Operable	• 0.497 m <sup>2</sup>
Indoor	Left	• 2 Layer, Operable	• 1.748 m <sup>2</sup>
	Right	• 2 Layer, Operable	• 1.748 m <sup>2</sup>

또한, Fig. 3에서 볼 수 있듯이 외측창 프레임에는 폴리아미드를 적용한 점단열 구조를 적용하고(1단계), 중간 연결부에 PS(폴리에틸렌) 단열재를 적용한 단열 연결 구조를 적용하였으며(2단계), 실내 쪽 노출면은 PS 단열재로 감싼 면 단열구조로 구성되어있다(3단계).

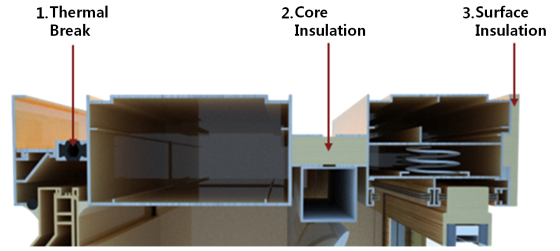


Fig. 3. Section View of Double-Skin System Window's Profile

중공층의 블라인드는 태양광의 직사광선을 블라인드 표면에서 반사시키는 역할을 한다. 이는 블라인드 표면 및 창호 내부 태양광 노출면에서 흡수되는 태양열이 실내로 직접 유입되는 것을 효과적으로 차단한다.

전면창과 후면창을 구성하고 있는 유리의 경우 모두 복층 유리를 적용하였으며 두창의 복층유리는 5mm 동일한 두께의 유리 2매 내부에 공기층을 충전한 것으로 내부 공기층 두께의 경우 외부창에 설치된 유리창은 14mm, 내부창에 설치된 유리창은 12mm를 적용하였다.

#### 3.2. 시뮬레이션 모델 설정

시뮬레이션 모델들은 유리의 로이코팅 유무 및 위치, 블라인드의 슬랫각도, 벤트의 유무 이 세가지 조건을 조합하여 총 20가지로 구성되었다.

Low-E 코팅의 단열 및 일사차단에 효과는 기존의 문헌에서도 연구되었지만[15] 창호의 경제성 및 가시광선 투과율을 고려하여 코팅면의 개수를 최소한으로 조정할 필요가 있다. 특히 이중외피의 경우 전면창과 후면창 두개의 창호가 조합되어 있으므로 동일한 개수의 Low-E 코팅 유리의 사용에 있어서도 코팅면의 위치에 따라 성능이 변화 할 수 있다.

이에 본 연구의 시뮬레이션은 내외부창에 적용된 로이코팅의 유무 및 위치로 4가지 Case를 설정하였다(Table 2).

Table 2. Four Different composition of Glazing system

Glazing System ID	Glazing system of Outer Windows	Glazing system of Inner Windows
ALT1	5CL+14A+5CL	5CL+12A+5CL
ALT2	5CL+14A+5LE	5CL+12A+5CL
ALT3	5LE+14A+5LE	5CL+12A+5CL
ALT4	5CL+14A+5LE	5CL+12A+5LE

\* CL : Clear glass

A : Air

LE : Glass with Low-E coating

블라인드의 경우 변수로 설정이 된 것은 슬랫 각도로서 ① 블라인드가 완전히 개방된 상태(0도), ② 블라인드가 완전히 닫힌 상태(90도) 그리고 ③슬랫이 45도인 경우 세가지로 구분하였다(Table 3).

Table 3. Blind Operations Properties at the LBNL WINDOWS

Operation Type 1	Operation Type 2	Operation Type 3
Fully Open (0°)	Partially Open (45°)	Closed (90°)
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horizontal venetian blind</li> <li>• Material: 30101 Slat Metal A</li> <li>• Effective Openness Fraction: 0.05</li> </ul>		

그리고 이 세 가지 경우에 따른 창호의 열관류율 및 태양열 취득계수를 비교하고자 하였다. 여기에 블라인드가 설치되지 않은 경우와 블라인드가 45도 개방된 상태에서 환기용 벤트가 없는 경우를 가정하여 총 5가지의 조건을 최종적으로 설정하였다.

### 3.3. 창호 시스템의 모델링

슬림형 이중외피 창호시스템은 내창에 미서기형의 창이 배치되어 있어 창호 내부 전면창과 후면창 사이의 간격이 좌우가 다르게 되어 있다. 따라서 창호의 좌우가 서로 다른 단면을 구성하게 되어 수평방향의 4개 프레임과 수직 방향의 3개 프레임에 대해 각각 오른쪽과 왼쪽의 단면이 별도로 형성되어야 하므로 분석대상 창호 하나에 대하여 총 14개의 창호 단면을 모델링 하였다(Fig. 4, Table 4). 다만 후면 미서기창 접합부의 경우 각각의 단면에 포함하는 것으로 하였다. 전열해석 모델에 적용된 창호 구성부재의 물성치는 Table 5와 같다.

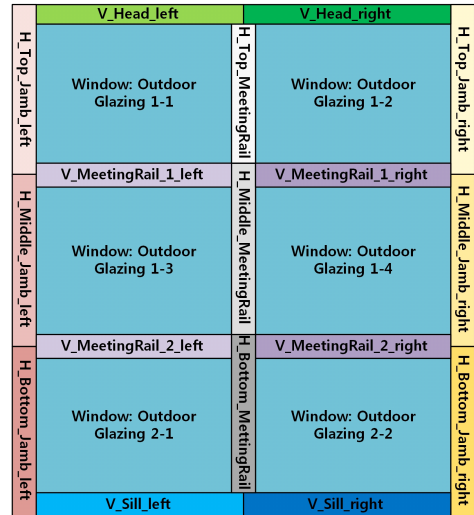


Fig. 4. Composition of Frame parts of Windows

Table 5. Thermal Properties of Materials

Name	Conductivity (W/m·K)	Emissivity
Aluminum	160	0.9
STEEL	50	0.9
Silicone	0.35	0.9
Spacer	0.16	0.9
EPDM Thermal Gasket	0.25	0.9
Polyamide Thermal Break	0.25	0.9
Mohair	0.14	0.9

분석을 위한 환경조건의 설정에 있어서, 국내에서 창의 열성능을 평가하는데 사용하고 있는 대표적인 시험방법인 KS F 2278 ‘창 및 문의 단열성능 측정 방법’에 의거하여 Table 6와 같이 실내외의 경계조건을 설정하였다[16].

Table 4. THERM Modeling of each frame components

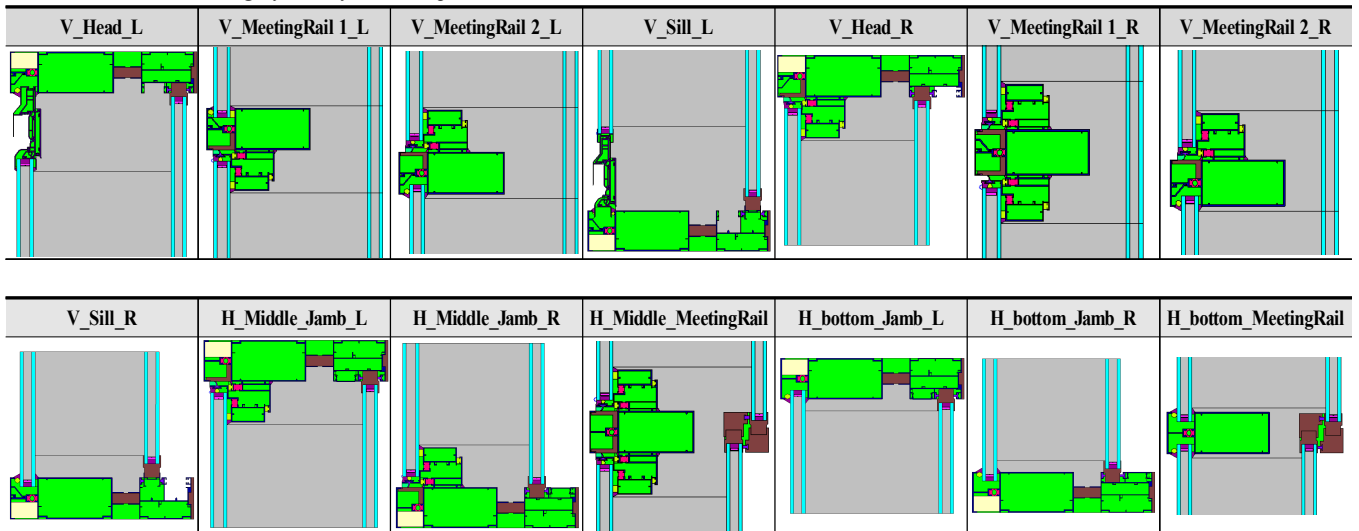


Table 6. Environmental Conditions on THERM application

Indoor		Outdoor	
Temperature: 20.0		Temperature: 0.0	
Surface Heat Transfer Rate: 9.09		Surface Heat Transfer Rate: 20.0	
Model	Simplified	Model	Simplified
Convection/Linearized		Convection/Linearized	
Temperature	20 C	Temperature	0 C
Film	9.09 W/m2-K	Film	20 W/m2-K

#### 4. 전열해석결과

앞서 언급한 바와 같이 로이코팅, 블라인드 슬랫각도, 벤트유무에 따라 Table 7과 같이 20가지의 Case가 시뮬레이션 되었다.

열관류율의 경우 유리조합과 슬랫각도에 따라 1.763W/m<sup>2</sup>K (Case1)부터 1.123W/m<sup>2</sup>K (Case 16)까지 차이를 나타내었다.

실외 및 실내창 모두에 Low-E 코팅을 조합한 경우인 ALT 4의 경우 모든 슬랫 각도에서 1.2W/m<sup>2</sup>K 이하를 달성하는 것으로 분석되었다(1.191W/m<sup>2</sup>K (Case8) ~ 1.168W/m<sup>2</sup>K(Case20)).

Table 7. Cases for simulations

		Blind and Slat angle	Glazing System ID*
1	case 1	No Blind	ALT 1
	case 2		ALT 2
	case 3		ALT 3
	case 4		ALT 4
2	case 5	Blind Slat 0°	ALT 1
	case 6		ALT 2
	case 7		ALT 3
	case 8		ALT 4
3	case 9	Blind Slat 45°	ALT 1
	case10		ALT 2
	case11		ALT 3
	case12		ALT 4
4	case13	Blind Slat 90°	ALT 1
	case14		ALT 2
	case15		ALT 3
	case16		ALT 4
5	case17	Blind Slat 45° (Model without Vents)	ALT 1
	case18		ALT 2
	case19		ALT 3
	case20		ALT 4

**\* Glazing System ID**

- Alt 1 : 5CL+14A+5CL(Outer) +5CL+12A+5CL(Inner)
- Alt 2 : 5CL+14A+5LE(Outer) +5CL+12A+5CL(Inner)
- Alt 3 : 5LE+14A+5LE(Outer) +5CL+12A+5CL(Inner)
- Alt 4 : 5CL+14A+5LE(Outer) +5CL+12A+5LE(Inner)

또한, 블라인드가 있는 경우가 없는 경우보다 열관류율이 낮은 것으로 분석되었는데 블라인드가 이 완전히 닫힌 슬랫 90도인 경우 그 성능이 가장 우수하였고 특히 내외창 모두 로이유리가 적용된 Case16의 경우 1.123W/m<sup>2</sup>K 로 제일 단열성능이 우수한 것으로 확인 되었다.

슬림형 이중외피 창호시스템의 블라인드가 없는 경우와 비교했을

때, 슬림형 이중외피 창호시스템의 블라인드가 있는 경우가 9~15% 정도 단열성능이 우수한 것으로 분석되었다.

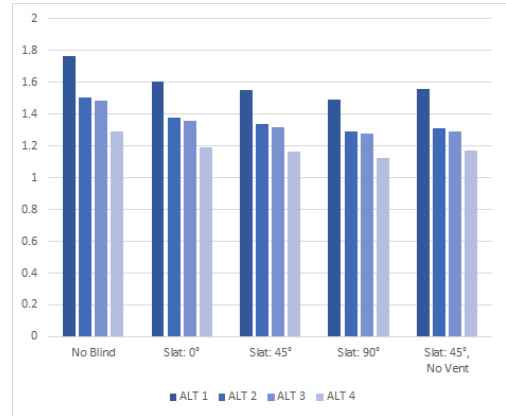


Fig 6. Analysis of U-Values by the 20 Cases

SHGC의 경우 유리조합과 슬랫각도에 따라 0.38(Case1)부터 0.11(Case13)까지 변화하였다(Fig.6). 블라인드를 완전히 닫고 경우 (슬랫 90도) 일반 유리를 적용한 Case13의 SHGC가 0.11로 가장 낮게 나타났다.

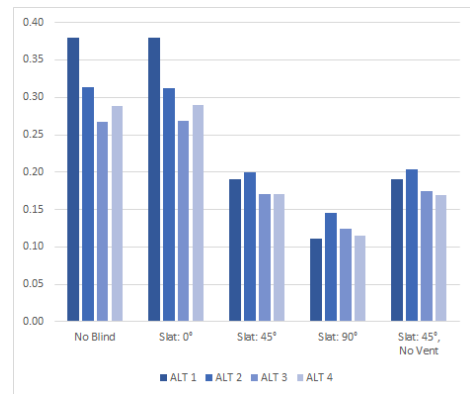


Fig 7. Analysis of SHGCs by the 20 Cases

블라인드가 없거나 슬랫이 0도로 열려있는 경우는 외부창을 구성하는 두장의 유리에 각각 로이코팅이 되어있는 ALT3의 유리구성이 제일 낮은 SHGC 값을 보였고, 슬랫이 90도로 닫힌 경우는 내외창 모두 로이코팅이 없는 ALT1의 유리구성이 제일 낮은 SHGC 값을 보였다. 특히 슬랫이 45도와 90도일 때 로이코팅이 된 ALT2가 로이코팅이 없는 ALT1보다 높은 SHGC 값을 갖는 것으로 계산되어 로이코팅으로 SHGC를 향상시키기는 어려운 것으로 분석되었다.

본 슬림형 이중외피 창호시스템의 SHGC는 슬랫이 45도, 90도인 경우 모든 유리조건에서 0.20이하의 값으로 시뮬레이션되었다. 이는 ‘건축물의 에너지절약설계기준’에서 제시하고 있는 공기층 12mm 로이유리 사중창에 내부 블라인드를 설치한 케이스의 태양열취득률 계산값인 0.23보다 낮은 값이다.

슬랫각도를 45도로 한 상태에서 벤트가 없는 경우는 창호 전체 열관류율을 약간 낮춰주는 효과가 있었지만 약 2% 정도로 크지 않았다. 즉, 현재의 구성에서는 벤트의 적용이 겨울철 단열성능에 큰 영향을

미치지는 않는 것으로 확인되었다.

Table 8. Simulation results

			U-Value	SHGC
No Blind	ALT1	Case 1	1.763	0.38
	ALT2	Case 2	1.502	0.31
	ALT3	Case 3	1.484	0.27
	ALT4	Case 4	1.291	0.29
Slat:0°	ALT1	Case 5	1.604	0.38
	ALT2	Case 6	1.374	0.31
	ALT3	Case 7	1.36	0.27
	ALT4	Case 8	1.191	0.29
Slat:45°	ALT1	Case 9	1.553	0.19
	ALT2	Case 10	1.335	0.20
	ALT3	Case 11	1.319	0.17
	ALT4	Case 12	1.162	0.17
Slat:90°	ALT1	Case 13	1.493	0.11
	ALT2	Case 14	1.291	0.15
	ALT3	Case 15	1.275	0.12
	ALT4	Case 16	1.123	0.12
Slat:45° /No Vents	ALT1	Case 17	1.555	0.19
	ALT2	Case 18	1.309	0.20
	ALT3	Case 19	1.291	0.17
	ALT4	Case 20	1.168	0.17

### 5. 결론

분석대상인 슬림형 이중외피 창호시스템의 열관류율을 시뮬레이션을 통해 분석한 결과 유리조합에 따라 1.123W/m<sup>2</sup> K 까지, SHGC의 경우 0.11 까지 달성 가능한 것으로 분석되었다.

전후 창 모두에 Low-E 코팅이 되어 있는 경우에는 블라인드 슬랫 각도 90도, 블라인드 슬랫각도 45도 두 경우 모두 1.2W/m<sup>2</sup> K 이하의 열관류율과 0.2 이하의 SHGC를 달성 할 수 있을 것으로 분석되었다. 이는 현재 건물을 신축할 때 준수해야하는 건축물 에너지관련 기준인 ‘건축물의 에너지절약설계기준’에서 주거용 및 비주거용 건물의 모든 조건을 충족시키는 것으로 확인된다.

이번 연구의 결과는 시뮬레이션을 통해 프레임 구조 개선과 유리의 선택을 통해 창호의 성능 향상에 활용될 수 있을 것이라 판단된다. 향후 연구를 통하여 열관류율과 SHGC에 대한 공인시험 등을 실시하여 시뮬레이션 값과 비교 분석한 결과를 제시할 예정이다. 또한, 슬림형 이중외피 창호시스템의 환기구를 통한 중공층 배열성능에 대한 연구도 추후 진행될 예정이다.

### 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 Planing). The project code : 20150687-001

### Reference

[1] 윤철원, 부실시공 성남시청사, 하자 손해배상 소송서 승소, <http://www.nocutnews.co.kr/news/4548826>  
 [2] ISO—International Organization for Standardization, Thermal Performance of Windows, Doors and Shading Devices—Detailed

Calculations, ISO 15099, ISO—International Organization for Standardization, 2003.  
 [3] Ali Fallahi, Fariborz Haghghat, Hafsa Elsadi, Energy performance assessment of double-skin facade with thermal mass, Energy and Buildings, Vol. 42, 2010.  
 [4] 국토교통부, 건축물의 에너지절약설계기준 (국토교통부 고시 제 2015-1108호), 2016 // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Notification No. 2015-1108, Energy saving Design Standards of Buildings, 2016)  
 [5] 산업통상자원부, 공공기관 에너지이용 합리화 추진에 관한 규정 (산업통상자원부 고시 제2017-13호), 2017 // (Ministry of Commerce, Industry and Energy, Notification No. 2017-13, Regulation on the Promotion of Rational Use of Energy by Public Agencies, 2017)  
 [6] 이용준, 오은주, 김사겸, 최현중, 김우민, “ 창세트 전체 열관류율 평가 방법에 따른 시뮬레이션 결과 비교 분석”, 한국생태환경학회지, 제 16 권, 제 3호, 2016 // (Lee, Yong-Jun, Oh, Eun-Joo, Kim, Sa-Kyum, Choi, Hyun-Jung, Kim, Yu-Min, An comparative analysis of the simulation results of total window thermal transmittance according to the evaluation method, KIEAE Journal, 2016)  
 [7] 윤재훈, 홍원화, 황우진, 최원기, “Glazing 성능과 건물에너지의 상관관계 연구 -커튼월 건물의 U-value, SHGC 및 VLT를 중심으로-”, 대한건축학회논문집 계획계, 제 27권 제 14호, 2011 // (Yoon, Jae-Hoon, Hong, Won-Wha, Hwang, Woo-Jin, Choi, Won-Ki, A Study of Correlation Between Glazing Performance and Building Energy - Focused on the U-value, SHGC and VLT in a Curtain Wall Building - Journal of the Architectural Institute of Korea, 2011)  
 [8] 최민서, 장성주 “창호의 열관류율, 일사취득계수와 향의 배치가 건물의 냉난방부하에 미치는 영향에 관한 지역별 비교연구”, 한국생태환경건축학회, 2013 // (Choi, Min-Seo, Chang, Seong-Ju, Comparative Analysis on the Heating and Cooling Loads Associated with U-value, SHGC and Orientation of the Windows in Different Regions, KIEAE Journal, 2013)  
 [9] 안병립, 김지훈, 장철용, 운영배, 김종태, 양성만, 김혜민, “이중외피 창호의 열성능 시뮬레이션 해석 및 지역별 주거용 건물에너지효율등급 비교분석”. 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2010 // (An, Byung-Lip, Kim, Chi-Hoon, Jang Cheol-Yong, Yoon, Young-Bae, Kim, Jong-Tae, Yang, Sung-Man, Kim, Hye-Min, A Study on the Insulation Performance Evaluation of Double Skin Window and Building Energy Rating Considering the Region of Apartment House, 2017 Summer Annual Conference of the Society of Air conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 2017)  
 [10] 강기남, 이근호, 최영진, “이중외피시스템 적용에 따른 표준형 오피스 건물 내 에너지 절감효과의 분석”, 한국태양에너지학회 춘계학술대회 논문집, 제 30권, 제 1호, 2010// (Kang, Ki-Nam, Lee, Keon-Ho, Cho, Young-Jin, “The Analysis of Energy-saving Effect by Application of Double\_skin Facaded in Standard Office building” 2010 Spring Annual Conference of the Korean Solar Energy Society,2010)  
 [11] 장호진, 김홍욱, “SHGC 측정 시스템 기술 및 특허 동향”, 건축환경설비, 제 7권, 제 4호, 2013 //(Jang, Ho-jin, Kim, Hong-uk, “SHGC measurement system technology and patent trend”, Building Environment Facility, 2013)  
 [12] Lawrence Berkeley National Laborator (LBNL), WINDOW&THERM (windows.lbl.gov/software/)  
 [13] ISO 15099, Thermal performance of windows, doors, and shading devices - Detailed calculations, 2003  
 [14] National Fenestration Rating Council Incorporated (NFRC), ANSI/NFRC 200, Determining Fenestration Product Solar Heat Gain Coefficient and Visible Transmittance at Normal Incidence, 2014  
 [15] 강재식, 이승언, 최경석, “로이유리 창호의 정량적 단열성능 및 현장 냉난방에너지 소비특성 평가”, 한국건축환경설비학회 논문집, 제 1 권 제2호, 2007 // (Kang, Jae-Sik, Lee, Seung-Eon, Choi, Gyeong-Seok, “ An Evaluation for the Quantitative Thermal Performance and the On-site Cooling and Heating Energy Consumption Characteristic of High Energy Efficiency Low-E Window, Journal of KIAEBS, 2007)  
 [16] KS F 2278 ‘Standard test method for thermal resistance for windows and doors’