



## 슬림형 이중외피 창호 시스템의 단열성능 시험 및 시뮬레이션 결과 비교 분석

*Analysis on comparisons of results by standard thermal resistance test with results by computer simulation of slim type double skin window system*

조경주\* · 조동우\*\* · 박지호\*\*\*

Cho, Kyung-Joo\* · Cho, Dong-Woo\*\* · Park, Ji-ho\*\*\*

\* Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(kyungjoocho@kict.re.kr)

\*\* Corresponding author, Department of Living and Built Environment Research, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(dwcho@kict.re.kr)

\*\*\* Eco-Facade Engineering lab, BEL Technology Co., Ltd. (salzini@beltec.co.kr)

### ABSTRACT

**Purpose:** Quantitative performance evaluations were carried out to analyse the field applicability of a slim type double skin window system. The official test report according to KS F 2278 has been used in practice to check the thermal performance of windows. The problem is that this official test takes considerable time and expense. Therefore, evaluation methods using simulations need to be researched for field applications. **Method:** First, an official test of SDSW according to KS F 2278 carried out for identifying the thermal performance. Second, THERM/WINDOW 7.4 are used for the U-value calculations to compare with the official test values. Third, Energy Saving Design Standards of Buildings analyzed to identify the field applicability of SDSW. **Result:** The U-Value calculated by KS F 2278 was 0.861W/m<sup>2</sup>·K which shows a slight difference of 1.5% with 0.874W/m<sup>2</sup>·K calculated by ISO 15099 simulations. Therefore, the simulation method applied in this study need to be further studied as an alternative to the quantitative analysis of the slim type double skin window system's thermal performance.

© 2018 KIEAE Journal

### KEYWORD

이중외피 창호 시스템  
ISO 15099  
건축물의 에너지절약설계기준

Double Skin Window System  
ISO 15099  
Energy Saving Design Standards of Building

### ACCEPTANCE INFO

Received Aug 13, 2018  
Final revision received Oct 5, 2018  
Accepted Oct 10, 2018

## 1. 서론

### 1.1. 연구의 배경 및 목적

이중외피 시스템은 내외부의 창 및 블라인드 등 다양한 시스템 구성요소를 통하여 외부환경 변화에 적극적으로 대처할 수 있는 외피 시스템으로 알려져 있다 [1]. 이 시스템 구성요소를 운영하는 방식에 따라 의미있는 수준의 냉난방 에너지절감이 가능하다는 연구결과는 여럿 존재한다 [2, 3]. 이런 장점들로 인해 국외의 경우 다양한 중대형 건물에 이중외피가 적용되었지만, 국내의 경우 비용증가 및 성능에 대한 의구심으로 인해 그 적용에 어려움이 많은 편이다 [4].

이중외피 시스템의 냉난방 에너지절감 전략은 내외창 및 블라인드를 조작하여 일사의 유입을 조절하고 중공층의 과열된 공기를 이용하거나 배기하는 것을 기본으로 한다. 하지만 일반적으로 적용되는 이중외피 중공층의 폭은 0.7~1.2m 정도로 내외부창 사이의 거리가 멀어 실내 거주자의 조작이 용이하지 않다 [5].

이런 조작의 어려움은 종종 내외창이 닫힌 상태로 방지하는

상황을 초래하기도 하는데 이는 중공층 과열로 인한 냉방부하 증대 및 거주환경에 대한 불편함을 야기한다. 내외부 유리창 사이의 거리가 거주자의 조작이 용이한 0.3m 내외라면 거주자는 외창을 열어 중공층을 배열하는 것에 불편함을 덜 느낄 것이다. 이런 이유로 슬림한 중공층 폭을 가진 이중외피 창호 시스템은 냉난방 에너지 절감에 효과적일 것으로 분석된다. 기존 연구결과에 따르면 이 슬림형 이중외피 창호 시스템의 블라인드를 내리고 내창을 닫은 동일한 조건에서 외창을 연 경우와 닫은 경우의 태양열 취득률 비교 실험을 했을 때, 외창을 연 경우가 약 39% 감소한 태양열 취득률을 보였다 [6].

슬림형 이중외피 창호 시스템을 실제 건물에 적용하기 위해서는 다양한 조건에서의 정량적 성능데이터가 존재해야 한다.

국토교통부 고시 제 2017-881호 '건축물의 에너지절약설계기준'에 따르면 [7], 창 및 문의 경우 KS F 2278 '창호의 단열성 시험방법' [8]에 의한 국가공인시험기관의 시험성적서 또는 동 기준의 별표 4 '창 및 문의 단열성능'에 의한 열관류율 값을 만족하는 경우 그 단열성능이 적합한 것으로 본다. 하지만 별표 4에서 제시하는 열관류율 값을 동등 사양의 창호보다 현저히 높아 별표 1 '지역별 건축물 부위의 열관류율' 기준 자체를 만족할 수 없는 경우가 많고 이

에 적용이 어렵다. 결국 KS F 2278에 의한 실물실험 결과인 공인시험성적서가 실무적으로는 주로 이용되고 있다. 문제는 이 공인시험이 시료 제작부터 상당한 시간과 비용을 소비하게 할 뿐 아니라 유리 등의 자재가 시험성적서의 사양과 다른 경우 재시험을 해야 하는 불편함을 초래해왔다는 것이다.

산업통상자원부 고시 제 2017-206호 '효율관리기자재 운용규정' [9]은 KS F 2278 규정에 의한 실물실험 외에도 ISO 15099 [10] 규정에 의해 계산된 열관류율도 단열성능 측정방법으로 인정하고 있다. 하지만 아직까지는 그 절차가 확립되지 않아 실물실험에 의한 성능값을 주로 이용하고 있다.

실물실험은 이미 언급한 바와 같이 시간적, 비용적으로 여러 가지 한계를 가지고 있기 때문에 시뮬레이션 결과 값의 유효도를 증명하기 위한 연구는 매우 중요하며 또한 활발히 진행되어 왔다 [11-13]. 이와 관련된 최근 연구로 이용준 외(2016)는 알루미늄 프레임의 단창을 대상으로 KS F 2278 실물실험 및 ISO 15099 시뮬레이션을 수행하여 그 값을 비교한 결과 2.3% 정도의 근소한 차이를 보임을 확인하였다 [12]. 이는 현행 등급제도에서 제시하는 실물 실험과 시뮬레이션 평가방법의 오차한계 ±10%(실물실험 1.4W/m<sup>2</sup>·K를 초과하는 경우)내의 값 [9]으로 그 신뢰성이 매우 높다고 볼 수 있다. 김경상 외(2016)도 시뮬레이션과 실물 실험을 통하여 알루미늄 단창 커튼월의 열관류율 값을 산출한 후 비교하였는데 4.7% 정도의 차이를 보여 역시 현행 등급제도의 오차한계인 10% 이내임을 보여주었다 [13]. 하지만 위 연구들은 모두 단창에 관한 연구로 이중외피 창호 시스템의 실물실험과 시뮬레이션 분석 값을 비교한 연구는 찾기가 어려웠다.

이에 본 연구에서는 베이스라인이 되는 슬림형 이중외피 창호 시스템의 공인 실물 실험을 실시한 후, 그 결과를 시뮬레이션 결과와 비교하여 그 유효도를 검증한 후, 다양한 조건에서의 결과 값을 도출하였다. 또한, 2018년도 9월부터 시행되는 국토교통부 고시 제 2017-881호 '건축물의 에너지절약설계기준'을 시뮬레이션 결과 값과 비교하여 그 상용화를 위한 기초자료로 삼고자 한다.

## 1.2. 연구의 방법 및 범위

서론에서 이미 언급한 바와 같이 국토교통부 고시 제 2017-881호 '건축물의 에너지절약설계기준'의 별표 4는 창호의 프레임과 유리의 사양에 따라 공인시험성적서가 없는 경우에도 인정받을 수 있는 열관류율을 제시하고 있다. 비주거 건물의 외피로 많이 이용되는 알루미늄 프레임의 이중외피 창호 시스템은 별표 4의 '금속제 프레임 4중창'으로 볼 수 있다. 이 금속제 프레임 4중창은 별표 4의 기준으로는 1.5 W/m<sup>2</sup>·K를 초과할 수 없다. 하지만, 본 연구에서 수행된 실물실험에 의하면 0.861W/m<sup>2</sup>·K의 성능까지도 확보할 수 있다. 즉, 시뮬레이션으로 다양한 스펙에서 단열성능을 확인하는 절차는 실물 실험 전 상당한 시간과 비용을 절약해줄 것이며 그 유효성이 검증된다면 실물시험을 대체할 수도 있을 것이다.

슬림형 이중외피 창호 시스템의 시뮬레이션에 대한 유효도를 확인하고 다양한 조건에서 그 단열성능을 분석하기 위한 과정은

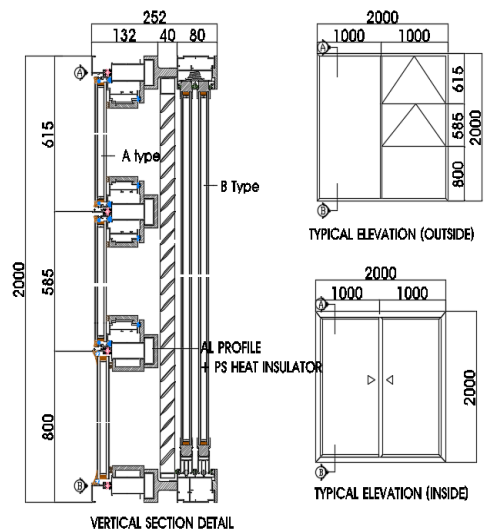
아래와 같다.

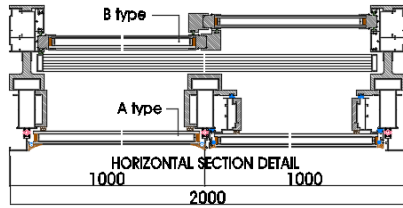
- (1) 252mm 슬림형 이중외피 창호 시스템의 열관류율 공인시험을 실시하였다.
- (2) NFRC(National Fenestration Rating Council Incorporated)의 시뮬레이션 기반 창호 성능 평가 도구인 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)의 WINDOW 7.4과 THERM 7.4을 이용하여 공인시험과 동일조건에서 시뮬레이션을 실시하였다.
- (3) 공인시험 값과 시뮬레이션 결과 값의 오차범위를 확인하여 그 유효도를 확인하였다.
- (4) 다양한 조건에서 시뮬레이션을 실시하여 정량적인 단열성능 값을 도출하였다.

국토교통부 고시 제 2017-881호 '건축물의 에너지절약설계기준'은 국내를 기후별 총 4가지 지역으로 구분하여 지역별로 다른 기준의 열관류율을 건축물의 허가조건으로 제시하고 있다. 모든 지역에서 고성능 유리를 적용하는 것이 에너지절약에는 효과적이겠지만 사업의 규모나 현장상황에 따라 그 적용이 어려울 수 있는 것이 현실이다. 이에 경제성 등을 고려하여, ①로이코팅이 없는 경우, ②외창 한 면에 로이코팅이 있는 경우, ③외창 두면에 로이코팅이 있는 경우, ④외창과 내창에 한 면씩 로이코팅이 있는 경우 총 4가지의 로이코팅을 경우의 수로 두었다. 여기에 강화된 에너지절약설계기준에 대응하여, 공인시험 성적서를 위한 실물실험에 주로 이용되는 고단열 유리를 추가한 총 5가지와 중간 블라인드의 개방정도 4가지를 조합한 총 20가지 조건에서 열관류율 시뮬레이션을 수행한 후 그 현장 적용성을 검토하였다.

## 1.3. 창호 시스템의 단열성능시험

분석 대상 창호는 실내측 미서기 창 및 실외 측의 프로젝트 창으로 구성되어 있으며, 실내와 실외측 창 사이 공간에 블라인드가 설치되어 있는 252mm 두께의 슬림형 이중외피 창호시스템이다.





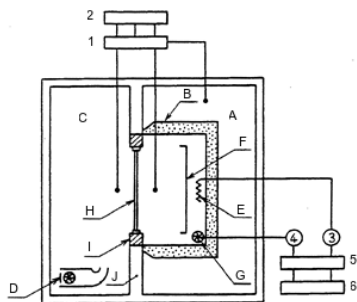
B type (In) : 5CR+12A+5LE  
 A type (Out) : 6LE+16AR+6LE

Fig. 1. Test specimen for U-Value test

Fig. 1.은 슬림형 이중외피 창호 시스템의 상세 단면이다. 단열 성능의 향상을 위해 내외창 중간 연결부 폴리에틸렌 단열재의 연결 부위를 확장하여 열전도율이 높은 알루미늄이 면하는 내부 프레임 면적을 최소화하였다. 이 슬림형 이중외피 창호 시스템의 시뮬레이션을 수행하기에 앞서 시뮬레이션 방법의 유효도를 확인하기 위한 공인시험을 수행하였다. 이 공인시험은 KS F 2278 ‘창호의 단열성 시험방법’을 따랐으며 한국건설환경시험연구원에서 실시되었다.

1.4. KS F 2278

KS F 2278은 창세트의 열관류율 측정을 위한 시험방법을 정의하고 있다. 아래 Fig. 2.은 열관류율 측정을 위한 시험장치의 구성으로 이를 이용한 시험방법은 다음과 같다.



- A. warm chamber
- B. hot box
- C. cold chamber
- D. cold air discharge
- E. heater
- F. baffle plate
- G. air circulation fan
- H. test specimen
- I. test specimen frame
- J. partition wall
- 1. standard calibrator
- 2. temperature measuring instrument
- 3. power meter for heater
- 4. power meter for air circulation fan
- 5. power controller
- 6. power stabilizer

Fig. 2. U-Value measurement apparatus [8]

Fig. 2.의 warm chamber, hot box 내의 공기온도는 각각 20±1℃, cold chamber내의 공기온도는 0±1℃로 한다.

열관류율 시험을 위한 시료의 도면은 Fig. 1.과 같으며 유리의 구성 및 창틀의 재질은 아래 Table 1.과 같다.

Table 1. Test data according to KS F 2278

Part	Specification
Frame	Aluminium, PVC
Spacer	Aluminium
Glass*	(In) 5CR+12A+5LE (Out) 6LE+16AR+6LE
System opening	(In) Sliding (Out) Projection

\* CR : Clear glass, LE : Low-E coating, A : Air , AR : Argon gas

외창에 적용된 28mm 유리의 경우 소프트 코팅의 6mm 유리 하드코팅의 6mm 유리를 조합하고 내부에 아르곤가스를 주입한 더블로이코팅의 고단열 복층유리를 반영하였다.

3회의 시험에서 산출된 열저항의 평균을 구했으며 이 열저항의 역수인 열관류율 평균값은 0.861W/m²·K로 계산되었다.



(a)cold chamber part (b) warm chamber part  
 Fig. 3. U-value test according to KS F 2278

2. 창호 시스템의 단열성능 시뮬레이션

2.1. 베이스라인 시뮬레이션

두 번째 단계로 KS F 2278 실물 실험에 의해 산출된 열관류율 값과의 비교를 위한 베이스라인 시뮬레이션을 실시하였다.

시뮬레이션 모델은 실물 실험 모델과 프레임 구조 및 유리사양 등이 동일하게 모델링 되었다(Fig. 1.). 전체 창호의 열관류율 계산은 프레임 및 유리 각각의 1차원 열관류율을 THERM/WINDOW7.4로 시뮬레이션 후, 해당 부위가 전체 창호에서 차지하는 면적 비중에 의해 산출하였다. 이는 ISO 15099에서 제시하는 열관류율 산출식에 의한 것으로 THERM의 2D 전열해석에서 산출된 각 프레임부의 1차원 열관류율 및 WINDOW에서 산출한 유리 중심부 열관류율 값을 바탕으로 수행된다.

$$U_t = \frac{\sum A_{gv} U_{gv} + \sum A_f U_f + \sum l_{\psi} \Psi}{A_t} \dots\dots\dots(식1)$$

- $U_t$  : total thermal transmittance of the window(W/m²K)
- $A_{gv}$  : the projected vision area(m²)
- $U_{gv}$  : the thermal transmittance of the vision area(W/m²K)
- $A_f$  : the projected frame area(m²)

$U_f$  : the thermal transmittance of the frame area( $W/m^2\cdot K$ )  
 $l_{\psi}$  : the length of vision area perimeter(m)  
 $\Psi$  : the linear thermal transmittance that accounts for the interaction between frame and glazing or the interaction between frame and opaque panel( $W/m\cdot K$ )  
 $A_t$  : the projected window area( $m^2$ )

본 시스템은 내부에 미서기창이 배치되어 있고 미서기창의 구조적 특성상 구성하는 두 짝의 창이 형성하는 중공층의 간격이 다르다. 또한, 본 창호시스템의 단면 좌우가 서로 다르기 때문에 수평방향의 4개 프레임과 수직 방향의 3개 프레임을 모델링해야 하고 왼쪽의 경우 별도 모델링이 필요하다.

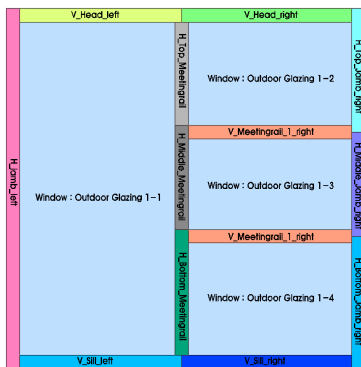


Fig. 4. composition of frame parts of windows

Table 2.는 전열해석 모델에 적용한 슬림형 이중외피 창호 시스템 구성 부재의 물성치를 나타낸 것이다. 분석을 위한 환경조건의 설정은 KS F 2278 에 의거하였으며 내부온도 20℃, 외부온도 0℃로 하였다.

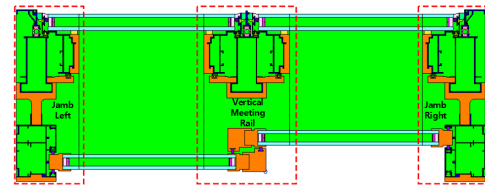
그 결과 열관류율 0.874W/m<sup>2</sup>·K가 산출되었고 실물 실험 값 0.861W/m<sup>2</sup>·K보다 1.5% 정도 높은 근소한 차이를 보였다. 이는 에너지이용 합리화법 제 15조 ‘효율관리기자재 운용규정’의 제 4 조에서 정한 창세트 사물레이션 평가 사무국이 요구하는 오차기준 ‘물리적 시험과 시뮬레이션에 의한 열관류율 인정범위’인 0.14W/m<sup>2</sup>·K 이하를 충족시키는 값이다.

Table 2. Thermal properties of materials

Name	Conductivity (W/m·K)	Emissivity
Aluminum	160	0.9
Steel	50	0.8
Silicon	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
PS heat insulator	0.05	0.9
Blind	<ul style="list-style-type: none"> <li>Material: 30101 Slat Metal A</li> <li>Effective Openness Fraction: 0.05</li> </ul>	

Table 3. Tolerance of the difference between simulation value and physical experiment value

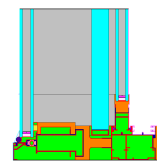
U-value of physical experiment	Tolerance of the difference
less than 1.4W/m <sup>2</sup> ·K	less than ± 0.14W/m <sup>2</sup> ·K
more than 1.4W/m <sup>2</sup> ·K	less than ±10%



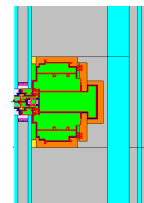
(a) Horizontal Section of SDSW



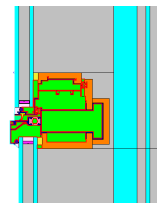
(b) Head Right



(c) Sill Right



(d) Horizontal MR Right 1



(e) Horizontal MR Right 2

Fig. 5. Therm Modeling Images

## 2.2. 다양한 조건에서의 시뮬레이션

이전 장에서 수행된 실물실험 값과 시뮬레이션 값의 비교결과 1.5% 정도의 오차를 보여 신뢰성을 가지는 것으로 확인되었다. 동일한 방법을 적용하여 다양한 조건에서 시뮬레이션을 수행하고 그 열관류율을 분석했다.

시뮬레이션 Case들은 서론에서 언급한 것과 같이 총 20가지이다. 4가지 로이유리 조합에 공인시험에 사용된 고단열 유리를 추가한 총 5가지의 유리를 적용하여 시뮬레이션을 수행하였다.


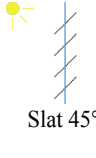
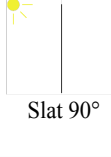
Table 4. Five different composition of glazing system

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
ALT5	6LE+16AR+6LE	5CL+12A+5LE

\* CR : Clear glass , LE : Low-E coating , A : Air , AR : Argon gas

블라인드의 슬랫 각도를 아래 Table 5.와 같이 3가지로 구분하였고 블라인드가 없는 경우까지 포함하여 총 4가지의 변수가 적용되었다.

Table 5. Cases for simulations

		Blind and Slat angle	Glazing System ID (Table)
1	Case 1	No Blind	ALT 1
	Case 2		ALT 2
	Case 3		ALT 3
	Case 4		ALT 4
	Case 5		ALT 5
2	Case 6	 Slat 0°	ALT 1
	Case 7		ALT 2
	Case 8		ALT 3
	Case 9		ALT 4
	Case 10		ALT 5
3	Case 11	 Slat 45°	ALT 1
	Case 12		ALT 2
	Case 13		ALT 3
	Case 14		ALT 4
	Case 15		ALT 5
4	Case 16	 Slat 90°	ALT 1
	Case 17		ALT 2
	Case 18		ALT 3
	Case 19		ALT 4
	Case 20		ALT 5

### 3. 단열성능 해석결과

Table 6.은 시뮬레이션 결과를 나타낸 표로 1.463W/m<sup>2</sup>K(Case1)부터 0.874W/m<sup>2</sup>K(Case20)까지 케이스 별로 다양한 값을 보여준다.

고단열 유리 조건인 ALT5를 제외하고 분석했을 때, 실내외 창 모두 로이코팅이 조합된 ALT4 유리와 블라인드 슬랫 각도 90° 인 Case19가 가장 높은 수준의 단열성능(0.943W/m<sup>2</sup>K)을 가지고 있는 것으로 확인되었다. 모든 유리 조합에서 블라인드 슬랫 각도가 90° 일 때의 열관류율이 제일 낮았으며, 블라인드가 없는 조건과 비교했을 때 평균 11%정도의 향상된 단열성능을 보이는 것으로 분석되었다. 블라인드 슬랫각도가 0°, 45° 일 때도 블라인드가 없는 조건과 비교하면, 4~8% 정도 향상된 단열성능을 가지는 것으로 시뮬레이션 되었다.

로이 코팅을 하지 않은 경우인 ALT1과 비교하면, 로이코팅을 외창 한 면에 적용한 ALT2가 슬랫 각도에 관계없이 19~22% 정도의 단열성능 향상을 보인 반면, 로이코팅을 외 창 두면에 적용한 ALT3는 ALT2와 비교할 때 1~2% 정도의 단열성능 향상만을 보였다.

로이코팅을 내외창 한 면씩 총 두 면에 적용한 ALT4의 경우는 ALT2와 비교할 때 약 9% 정도의 단열성능 향상을 보였다. 이 결과

로 볼 때, 슬림형 이중외피 창호 시스템의 경우 내외창에 한 면씩 로이코팅을 하는 경우가 그 단열성능에 더 효과적인 것으로 분석되었다.

Table 6. Simulation results

			U-Value
			New
No Blind	ALT1	Case 1	1.463
	ALT2	Case 2	1.148
	ALT3	Case 3	1.124
	ALT4	Case 4	0.999
	ALT5	Case 5	0.977
Slat:0°	ALT1	Case 6	1.381
	ALT2	Case 7	1.096
	ALT3	Case 8	1.074
	ALT4	Case 9	0.966
	ALT5	Case 10	0.938
Slat:45°	ALT1	Case 11	1.346
	ALT2	Case 12	1.074
	ALT3	Case 13	1.053
	ALT4	Case 14	0.949
	ALT5	Case 15	0.926
Slat:90°	ALT1	Case 16	1.243
	ALT2	Case 17	1.006
	ALT3	Case 18	0.987
	ALT4	Case 19	0.943
	ALT5	Case 20	0.874

### 4. 분석 및 토의

효율관리기자재 운용규정에 따른 창세트의 열관류율 산정을 위해서는 ISO 15099에 부합하는 평가프로그램으로 계산이 수행되어야 한다. 이 ISO 15099는 평가 가능한 열류 방향 공기층의 두께를 50mm로 제한하고 있다. 이에 본 연구에서는 실물실험을 병행하여 그 값을 비교하였고 그 결과, 시뮬레이션 값과 실물실험 값은 1.5% 정도의 근소한 차이를 보였다. 즉, 본 슬림형 이중외피 창호 시스템에서는 ISO 15099 평가법이 신뢰성이 있는 것으로 분석되었으므로 그 다음 연구 단계인 다양한 조건에서의 시뮬레이션을 수행하였다.

국토교통부 고시 2017-881호 ‘건축물의 에너지절약설계기준’에 따르면, 중부 1지역에서 공동주택을 신축 시 외기에 직접 면하는 창은 0.9W/m<sup>2</sup>·K이하의 열관류율을 가지는 창호를 적용해야 한다. 동일 지방에서 공동주택 외의 건물을 신축하는 경우는 이보다 약간 낮은 수준의 단열성능을 요구하고 있는데, 외기에 직접 면하는 창외의 경우 1.3W/m<sup>2</sup>·K 이하의 열관류율을 신축 기준으로 제시한다.

이전 장에서의 시뮬레이션 결과, 슬림형 이중외피 창호 시스템은 고단열 유리를 적용하는 경우 0.874W/m<sup>2</sup>·K~0.977W/m<sup>2</sup>·K로 블라인드 슬랫 각도 조절에 따라 전 지역, 모든 용도에 적

용이 가능할 수 있다. 또한, 공동주택 외의 건물에 적용하는 경우는 내외창 어느 유리든 한 면에 로이코팅을 적용하면 0.938W/m<sup>2</sup>·K~1.148W/m<sup>2</sup>·K로 전 지역에서 적용이 가능한 것으로 분석되었다. 하지만 일반 복층창은 일반적으로 이보다 낮은 수준의 단열성능을 가지고 있어 허가 기준을 충족하기 어렵다.

창호의 공인시험성적서 없이 적용할 수 있는 동 기준 별표 4는 오랜 기간 개정되지 못해 실제 창 열관류율 시험치와의 차이가 크며 향후 연구에 의해 신뢰성있는 자료가 제시될 필요가 있다.

하지만 현재와 같이 창호의 기술 수준이 빠르게 발전하는 상황에서 모든 스펙의 창호를 실물실험한 자료를 고시에서 제시하는 것은 쉽지 않을 것이다. 하지만 본 연구에서 진행한 열관류율 시뮬레이션과 같은 방법은 현재의 기술 수준을 반영할 수 있는 하나의 대안이 될 수 있다. 또한 건축물의 에너지절약설계기준 강화에 대응할 수 있는 이중외피의 시뮬레이션 평가법에 대한 연구가 좀 더 활발해져서 실무에 적용될 신뢰성있는 기술 자료들이 제시될 필요가 있다.

#### 4. 결론

본 연구에서는 2018년 9월부터 강화된 건축물의 에너지절약설계기준을 검토하여 슬림형 이중외피 창호시스템의 현장적용 가능성 및 그 정량적 단열성능을 분석하였으며 그 결과는 아래와 같다.

첫째, 공인시험을 통해 슬림형 이중외피 창호시스템의 열관류율을 분석한 결과, 0.861W/m<sup>2</sup>·K이 산출되었으며 시뮬레이션으로 도출한 0.874W/m<sup>2</sup>·K와 1.5%의 근소한 차이를 보였다. 이에 본 연구에 적용한 시뮬레이션 방법은 창의 정량적 단열성능 분석에 도입될 수 있는 대안으로 판단되며 그 값이 비교적 신뢰성이 있는 것으로 평가된다.

둘째, 위의 조건을 적용한 시뮬레이션 결과, 분석대상인 슬림형 이중외피 창호 시스템은 유리조합과 블라인드 슬랫 각도에 따라 1.463W/m<sup>2</sup>·K부터 0.874W/m<sup>2</sup>·K까지 열성능이 0.58W/m<sup>2</sup>·K의 차이를 보이는 것으로 분석되었다.

셋째, 분석대상인 슬림형 이중외피 창호 시스템은 내외창 모두에 로이코팅을 적용하는 경우 블라인드의 유무와 관계없이 1.0W/m<sup>2</sup>·K 이하의 열관류율을 달성할 수 있는 것으로 확인되었다.

넷째, 건축물의 에너지절약설계기준 별표 4에서 제시하는 열관류율 값이 실제 공인시험 값과 큰 차이를 보여 개정될 필요가 있다. 본 연구에서 수행한 열관류율 시뮬레이션과 같은 방법은 현재의 기술수준을 반영할 수 있는 하나의 대안이 될 수 있다.

이번 연구의 결과는 건물에 슬림형 이중외피 창호 시스템을 적용하고자 하는 관련 전문가 및 연구자에게 유의미한 기초자료가 될 것으로 생각된다.

#### Acknowledgement

This study was supported by Korea Ministry of Science and ICT (20180032) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planing (20150687).

#### Reference

- [1] 조구상, 김지혜, 여명석, 김광우, “주거건물용 이중외피 시스템의 열성능 평가에 관한 실험적 연구”, 대한건축학회 논문집, 제 30권, 제 11호, 2014// (Joe, Goo-Sang, Kim, Ji-Hye, Yeo, Myoung-Souk, Kim, Kwang-Woo, “An Experimental Study on Thermal Performance of Double Skin Facade in Residential Buildings”, Architectural Institute of Korea Journal, Vol.30, No.11, 2014)
- [2] Ali Fallahi, Fariborz Haghghat, Hafsa ElSadi, Energy performance assessment of double-skin facade with thermal mass, Energy and Buildings, Vol. 42, 2010.
- [3] 강기남, 이근호, 최영진, “이중외피시스템 적용에 따른 표준형 오피스 건물 내 에너지 절감효과와 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, Vol.30, No.1, 2010)
- [4] 임해진, 조수, 성욱주, 임상훈, 한찬훈, “전면형 이중외피의 절기별 운용성능 분석”, 설비공학회 논문집 제 24권, 제 2호, 2012// (Im, Hye-Jin, Cho, Soo, Sung, Uk-Ju, Lin, Sang-Hun, Haan, Chan-Hun, “Analysis for Seasonal Operation Performance of Multistory Facade”,
- [5] 신선준, “적정 열성능을 고려한 다중형 이중외피의 개구부 계획 방법에 관한 연구”, 석사학위논문, 서울대학교 대학원, 2005 (Sin, Sun-Jun, “A Study on the Planning Method of Opening of Multilayered Double Skin considering Optimum Thermal Performance”. MSc thesis, Seoul National University Press, 2005)
- [6] 조경주, 조동우, 유정연 “슬라시뮬레이터와 시뮬레이션을 이용한 슬림형 이중외피 창호시스템의 태양열취득률 분석”, 대한건축학회 논문집, 제 33권, 제 10호, 2017// (Cho, Kyungjoo, Cho, Dongwoo, Yu, Jeongyeon, “Analysis of Solar Heat Gain Coefficients of Slim-type Double Skin Window Systems using a Solar Simulator and a Simulation”, Architectural Institute of Korea Journal, Vol.33, No.10, 2017)
- [7] 국토교통부, 건축물의 에너지절약설계기준 (국토교통부 고시 제 2017-881호), 2017 // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Notification No. 2017-881, Energy saving Design Standards of Buildings, 2017)
- [8] KS F 2278 ‘Standard test method for thermal resistance for windows and doors’
- [9] 산업통상자원부, 효율관리기자재 운용규정 (산업통상자원부 고시 제 2018-99호), 2018 // (Ministry of Trade Industry and Energy, Notification No. 2018-99, Equipment Operation Regulations for Efficiency Management, 2018)
- [10] ISO—International Organization for Standardization, Thermal Performance of Windows, Doors and Shading Devices—Detailed Calculations, ISO 15099, ISO—International Organization for Standardization, 2003.
- [11] 김지훈, 안병립, 장철용, 홍원화, “Low-E 유리 커튼월 창호의 시뮬레이션 평가 및 단열성능 비교 분석” 대한설비공학회 2009 동계학술발표대회 논문집, 2009// (Kim, Chi-Hoon, Ahn, Byung-Lip, Jang, Cheol-Yong, Hoong, Won-Hwa “ Low-E curtain wall window of the simulation analysis to evaluate and compare insulation performance”, 2009 SAREK Winter Conference, 2009)
- [12] 이용준, 오은주, 김사겸, 최현중, 김유민, “ 창세트 전체 열관류율 평가 방법에 따른 시뮬레이션 결과 비교 분석”, 한국생태환경학회지, 제 16권, 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)
- [13] 김경상, 최현중, 최경석, 강재식, “물리적 실험과 해석법을 이용한 창호 부위별 단열성능 평가”, 대한설비공학회 2016 하계학술발표대회 논문집, 2016 // (Kim, Kyoung-Sang, Choi, Hyun-Jung, Choi, Gyeong-Seok, Kang, Jae-Sik, “ Mock up Test and Simulation Evaluation Results between Window Set Different Parts of the Surface Temperature Comparative Analysis, 2016 SAREK Autumn Conference, 2016)