

# 초단열 슈퍼윈도우의 단열성능 실측과 시뮬레이션 비교 분석

장철용\*, 김치훈\*\*, 안병립\*\*, 홍원화\*\*\*

\*한국에너지기술연구원(cyjang@kier.re.kr)  
\*\*경북대학교 대학원 석사과정(kchiya@kier.re.kr)  
\*\*경북대학교 대학원 석사과정(ahnbr@kier.re.kr)  
\*\*\*경북대학교 건축공학부 부교수(hongwh@knu.ac.kr)

## A Comparative study on the Insulation Performance of the Super Window by Actual Survey and Simulation

Kim, Chi-Hoon\*, Ahn, Byung-Lip\*, Jang, Cheol-Yong\*\*, Hong, Won-Hwa\*\*\*

\*Building Energy Research Center, KIER(cyjang@kier.re.kr)  
\*\*Dept. of Architectural Engineering Kungpook University(kchiya@kier.re.kr)  
\*\*Dept. of Architectural Engineering Kungpook University(ahnbr@kier.re.kr)  
\*\*\*Prof, Architectural Engineering Kungpook University(hongwh@knu.ac.kr)

### Abstract

---

According to flow of energy, the loss occurs through walls, roofs, windows and so on. Among these case, most of the loss that is about 45% occurs through windows. windows's U-value is six times higher than wall's one according to Building code, so the loss through windows accounts for very much rates. Currently, Exterior wall's U-value about building envelope is 0.35 ~0.58 W/ mK, but windows's one is 3.3W/ mK. It means that the loss through windows occupy very much amounts relatively. Therefore, the solution is required to reduce energy loss and increasing displeasure caused by excessive influx of solar energy through windows, to solve the problems like decoloration on indoor furniture an clothes by harmful ultraviolet rays, air conditioning and increased cost.

Therefore, on this paper, Thermal Performance was evaluated through actual test about high insulation Super Window which can improve thermal performace and the Simulation result was compared with actual resul by using Simulation program WINDOW and THERM.

Keywords : 단열성능(Insulation Performance), 슈퍼윈도우(Super window), 시뮬레이션(WINDOW, THERM)

---

## 기 호 설 명

- R : 열관류저항( $m^2 \cdot K/W$ )  
 A : 전열 개구 면적 ( $m^2$ )  
 U : 열관류율 ( $W/m^2 \cdot K$ )  
 $\Theta_{Hh}$  : 가열 상자내 평균 공기 온도 (K)  
 $\Theta_{Ca}$  : 저온실내 평균 공기 온도 (K)  
 $Q_H$  : 가열 장치 공급 열량 (W)  
 $Q_F$  : 기류 교환 장치 공급 열량 (W)  
 $Q_I$  : 교정 열량 (W)  
 $\Delta R$  : 표면열전달저항 보정값 ( $m^2 \cdot K/W$ )

### 1. 서 론

현재 우리나라의 건축법과 에너지이용합리화법에서 규정하고 있는 남주지역 건물외피에 대한 열관류율은 외벽이  $0.35 \sim 0.58 W/m^2 \cdot K$  인데 비하여 창 열관류율은  $3.3 W/m^2 \cdot K$  로서 창을 통한 에너지의 손실이 상대적으로 매우 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 창을 통한 에너지의 손실을 줄이고, 창을 통한 과도한 태양에너지 유입으로 인한 불쾌감의 증대, 유해 자외선에 의한 실내 가구 및 의류의 탈색, 더불어 냉난방에너지 및 비용 증가 문제에 대한 새로운 해결책이 요구되고 있다.

따라서 단열성능을 향상시킬 수 있는 초단열 슈퍼윈도우를 실측실험을 통해 열성능을 평가하고, 시뮬레이션 프로그램인 WINDOW5.2와 THERM5.2를 사용하여 실측결과와 시뮬레이션의 열성능을 비교 분석하였다.

본 논문은 현재 초단열 슈퍼윈도우의 개념과 특징에 대해 조사하고, 열성능 시험장치를 이용하여 슈퍼윈도우 열성능을 측정 한다. 이후 시뮬레이션 통한 결과값과 실측값의 열성능을 비교 분석하는 것으로 진행하였다.

### 2. 초단열 슈퍼윈도우(super window)

초단열 슈퍼윈도우(super window)의 기본

적인 개념은 이미 개발되어 실용화 되고 있는 창호 단열 성능 향상을 위한 요소기술 통합 적용하여 열효율을 최대한 높일 수 있는 기술이다. 초단열 슈퍼윈도우는 [그림 1]에서와 같이 내외의 유리창에는 low-ε 코팅을 하고 저방사필름이나 플라스틱 판이 창내부에 설치된다. 그리고 내부에는 Argon gas나 Krypton gas를 주입후 밀봉을 완벽하게 함으로써, 단열성능을 향상시킨 유리창이다.

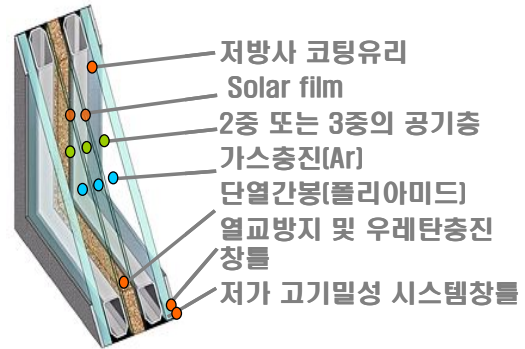


그림 1. 초단열 슈퍼윈도우의 개념도

즉 초단열 슈퍼윈도우는 유리와 창틀분야의 성능을 대폭 개선시킬 수 있는 상기의 핵심기술을 모두 혼합 적용하여 벽체 열관류율에 근접한 단열성능을 발휘할 수 있는 창호 시스템이라 할 수 있다.

아래의 표 1은 본 연구에서 사용된 초단열 슈퍼윈도우의 구성이다.

표 1. 초단열 슈퍼윈도우

창호기본구성	
창틀재질	복합재질(알루미늄+PVC)
형식	Tilt & Turn
유리구성	6mmLow-E+12mmAr+6mmLow-E
열교차단재	AZON Thermal break
창호크기	2000mm × 2000mm × 130mm

### 3. 열성능 시험방법 및 측정결과

단열성능 시험장치는 KS F 2278 “창호의 단열성능 시험방법” 규격을 참조하여 설계하였으며, 본 장치는 Cooling AHU, 저온실, 가열실, 항온실로 구성되어 있으며, 가열실 내부기류 교반장치, 저온실 냉풍취출장치, 온도측정장치, 전력측정장치 등을 갖추고 있다.



그림 2. 열관류율 측정장치

KS F 2278 “창호의 단열성시험 방법”은 크게 3단계로 구성되어 있는데, 항온실 및 저온실의 기류 조건에 의한 표면 열저항 값을 파악하기 위한 실험과 챔버내에서 손실되는 열량 값을 파악하기 위한 열량 보정 실험이 있고, 최종적으로 실측대상 창호를 설치하여 열관류율을 측정하는 실험으로 나뉘어진다.

열관류율 측정방법은 KS, ASTM, DIN, JIS 등에 규정되어 있으며, 열관류율 장치를 이용하여 KS F 2278(창 및 문의 단열성능 시험방법)에 의한 단열성능 시험으로 측정하였으며, 열성능 측정을 위하여 크기 2,000mm × 2,000mm 규격의 시험체를 제작하였으며 시료부착을 위하여 시험체 설치틀을 만들어 저온실과 가열실 사이의 시험장치 개구부에 기밀하게 설치하였다.



그림 3. 시료 장착 모습

온도측정은 가열실 공기, 항온실 공기, 저온실 공기에 대해서 수행하였다. 가열실 공기온도 및 저온실 공기온도의 측정위치는 시험체의 크기에 관계없이 동일면 9점으로 하였다. 또한 항온실에는 9점에서 온도측정을 하였으며 측정을 위하여 항온실, 가열실 및 저온실의 목표 설정온도는 표 2와 같다.

표 2. 설정온도조건

가열실	저온실	항온실
20℃	0℃	20℃

실제 실험을 통하여 얻은 인자들을 이용하여 단열창호 슈퍼윈도우의 열관류율을 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$R = \frac{(Q_{ha} - Q_{ca}) \cdot A}{Q_H + Q_F - Q_I} + \Delta R = \frac{1}{U} \quad (1)$$

초단열 슈퍼윈도우의 열관류율을 측정된 결과, 열관류율은 1.44 W/m<sup>2</sup> · K로 측정되었다.

### 4. 시뮬레이션 개요 및 측정방법

현재 창호시스템의 단열성능평가가 가능한

프로그램은 미국 LBNL에서 개발된 THERM 5.2, WINDOW 5.2등이 있으며, 이들은 미국의 국립창호인증위원회(NFRC : National Fenestration Rating Council) 및 미국 환경성(EPA)에서 창호에 대한 인증 평가시 이용되고 있다. 프로그램의 상호 관계를 보면, WINDOW 5.2에서 생성된 Glazing system을 THERM 5.2로 불러들일 수 있으며, THERM 5.2에서 생성된 Frame, Divider, Glazing edge값을 WINDOW 5.2에서 적용 가능한 상호 관계를 갖는다.

THERM 5.2프로그램은 유한요소법(finite-element method)을 이용해 창호, 벽, 지붕과 같은 건물구성요소와 그 외 열교현상과 관련한 건물구성요소의 2차원적인 열전도 분석이 가능하다. THERM 5.2의 열전도분석은 건물구성 재료의 에너지효율분석 뿐만 아니라 건물의 결로, 습기에 의한 구조체의 손상 등 지역 기후패턴을 평가가능하게 한다. 또한 창호시스템의 총체적인 단열성능 분석 프로그램인 WINDOW 5.2프로그램과 호환이 가능하다.

WINDOW 5.2프로그램은 창호시스템의 종합적인 열성능 분석이 가능한 프로그램으로써 창호시스템의 각 구성요소조합에 의한 U-value, SHGC(Solar Heat Gain Coefficient), VT(Visible transmittance)등이 분석 가능하며, 사용자에 의해 새로운 창호시스템의 개발 및 기존 시스템의 개선이 가능하다. WINDOW의 구성은 크게 사용자 정의 가능한 Glass, Gas, Glazing, Frame, Environmental, Divider, WINDOW의 7개 Library로 구성되어 있다.

시뮬레이션에 사용된 내·외부의 온도 및 대류열전달 계수는 KS F 2278에 규정된 값을 사용하였고 Thermal Break는 Polyamide를 사용하였으며, Spacer는 일반 알루미늄을 적용하였다. 적용한 Glazing 및 자재별 물성치를 정리 하면 다음과 같다.

표 3. Glazing 물성치(6Low-E + 12Ar + 6Low-E)

Ufactor (W/m <sup>2</sup> K)	SC	SHGC	Tvis	Keff (W/mK)
1.183	0.415	0.361	0.629	0.0189

표 4. 자재별 물성치

종류	열전도율(W/mK)
Aluminum	160
Gasket	0.34
Poly-Amide	0.25
Silicone	0.34

시뮬레이션 모델링은 실측실험에 사용되는 시료의 특성을 반영하여 가로와 세로 각 2 m인 구조를 채택 하였으며, 열관류율을 산출하기 위하여 기본적으로 아래 그림과 같이 각각의 섹션 별로 모델링 작업을 실시하였다.

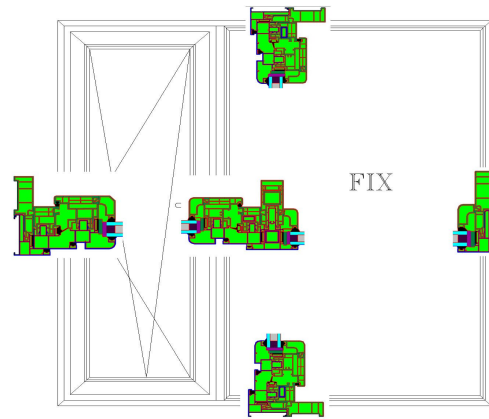


그림 4. 부위별 단면

시뮬레이션에 사용된 Glazing 및 프레임 사양은 시뮬레이션 조건에 따라 적용하였으며, 열관류율은 1.52 W/m<sup>2</sup> · K 로 나타났다.

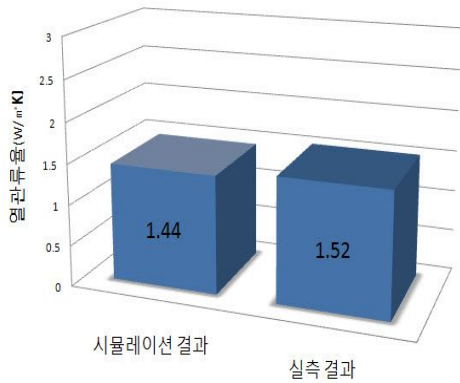


그림 5. 시뮬레이션과 실측 결과 비교

## 5. 결론

본 논문은 초단열 슈퍼윈도우의 열성능을 실측 실험을 통해 규명하였으며, 시뮬레이션 프로그램을 사용해 열성능을 확인하였다.

본 연구의 결과는 다음과 같다.

- (1) 초단열 슈퍼윈도우의 실측 결과 열관류율은  $1.44\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 나타났다.
- (2) 시뮬레이션의 결과는 열관류율이  $1.52\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ 로 나타났다.
- (3) 실측과 시뮬레이션의 차이가 약 5.9%로써, 94% 정도의 정확도를 나타내는 것으로 나타났다.

시뮬레이션 프로그램이 국내 창호제품 및

국내 실정에 얼마나 신뢰도를 보일지는 보다 연구되어야 할 것이지만, 시뮬레이션을 활용하여 보다 다양한 구조의 창호 및 성능이 향상된 창호 개발에 이용이 가능할 것으로 생각된다.

## 후 기

본 연구는 한국에너지기술평가원의 에너지·자원기술개발사업인 “건축창호용 고효율강화 Low-E 유리의 개발” 지원 사업으로 수행되었음을 알려 드립니다.

## 참고문헌

1. KS F 2278(2008), Test method of thermal resistance for windows and doors, Korean Standard Association
2. LBNL(2006), WINDOW 5.2 / THERM 5.2 NFRC Simulation Manual, Lawrence Berkeley National Laboratory
3. 장철용 외, 『초단열 슈퍼윈도우 시스템의 최적설계에 관한 연구』, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, pp. 333~338, 2006.4
4. 성옥주 외, 『알루미늄 창호의 구성요소에 따른 단열성능 예측』, 대한건축학회 학술발표논문집, 제26권, 제1호, pp. 641~644, 2006.
5. 이진성 외, 『유리구성에 따른 창의 단열성능 및 표면온도 비교』, 한국생활환경학회지, 제 15권, 제3호, pp. 392~399, 2008.