

# 초단열 슈퍼윈도우의 열성능평가 연구

장철용\*, 조 수\*\*, 성욱주\*\*\*, 이진성\*\*\*\*

\*한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터(cyjang@kier.re.kr),

\*\*한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터(scho@kier.re.kr)

\*\*\*한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터(sui21c@kier.re.kr)

\*\*\*\*한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터(truostar@kier.re.kr)

## A Study on Thermal Performance of the Super Window system

Jang, Cheol-Yong\*, Cho, Soo\*\*, Sung, Uk-Joo\*\*\*, Lee, Jin-Sung\*\*\*\*

\*Building Energy Research Center, KIER(cyjang@kier.re.kr),

\*\*Building Energy Research Center, KIER(scho@kier.re.kr),

\*\*\*Building Energy Research Center, KIER(suj21c@kier.re.kr),

\*\*\*\*Building Energy Research Center, KIER(truostar@kier.re.kr)

### Abstract

---

Generally the window of the building is an objective of mining and having a distant view and also for a circulation it will can open and shut because becomes the structure insulation, the meat detailed drawing it does a very difficult portion, it is. To reduce the loss of the energy which leads, to an air conditioning energy and an expense increase problem the color which the interior furniture and the clothing due to the augmentation and the corpse ultraviolet rays of the unpleasant feeling which is caused by with the transient one solar energy influx which leads the window will burn, it joins in the window and it confronts and the novel solution is demanded.

Keywords : Super Window system(슈퍼윈도우), U-Factor(열관류율), Thermal performance(열성능)

---

## 기 호 설 명

U	: 열관류율 ( $W/m^2 \cdot K$ )
A	: 전열 개구 면적 ( $m^2$ )
$\theta_{Hb}$	: 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

건물의 창호는 환기에 의한 실내 공기의 신선도 유지와 함께 조망을 가능케 하며 채광과 난방열을 제공할 수 있다. 반면에 창은 주위를 산만하게 하거나 사생활의 침해, 그리고 불필요한 열취득이나 열손실을 가져오기도 한다.

일반적으로 건물에서 발생하는 에너지손실은 건물의 벽체나 지붕, 그리고 창 등을 통하여 이루어진다. 이 중에서 창을 통한 열손실량은 주택의 경우에는 전체 열손실량의 20~40% 정도를 차지하고 일반 사무소건물인 경우에는 15~35% 정도를 차지할 정도로 큰 비율이다. 이는 창호의 종합열전달계수가 벽체나 지붕의 6~7배 정도로 크기 때문에 건물외피 중 열적으로 가장 취약한 부위가 된다.

일반적으로 건물의 창호는 채광과 조망의 목적이 있으며 또 환기를 위하여 개폐할 수 있는 구조로 되어있기 때문에 고단열, 고기밀화 하기가 매우 어려운 부분이다. 현재 우리나라의 건축법과 에너지이용합리화법에서 규정하고 있는 건물외피에 대한 열관류율은 외벽이 0.4~0.5  $W/m^2K$  인데 비하여 창호의 열관류율은 3.3  $W/m^2K$ 로서 창호를 통한 에너지 손실이 상대적으로 매우 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 창호를 통한 에너지 손실을 줄이고, 창호를 통한 과도한 태양에너지 유입으로 인한 불쾌감의 증대, 유해 자외선에 의한 실내 가구 및 의류의 탈색, 더불어 냉난

방에너지 및 비용증가 문제에 대한 새로운 해결책이 요구되고 있다.

본 연구는 단열성능을 향상시킬 수 있는 초단열 슈퍼윈도우의 열성능 평가를 통하여 상용화 및 보급화를 위한 기초자료로 활용코자 하였다.

## 2. 슈퍼윈도우의 개념

초단열 슈퍼윈도우(super window)의 기본적인 개념은 이미 개발되어 실용화 되고 있는 창호 단열 성능 향상을 위한 요소기술 통합 적용하여 열효율을 최대한 높일 수 있는 기술이다.

슈퍼윈도우는 [그림 1]에서와 같이 내외의 유리창에는 low- $\epsilon$  코팅을 하고 저방사필름이나 플라스틱 판이 창내부에 설치된다. 그리고 내부에는 Argon gas나 Krypton gas를 주입후 밀봉을 완벽하게 함으로써, 단열성능을 향상시킨 유리창이다.

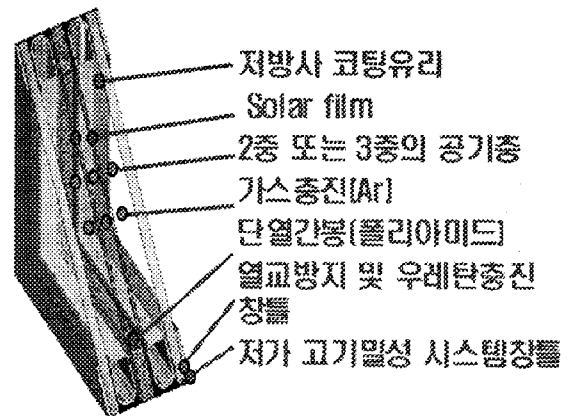


그림 1. 초단열 슈퍼윈도우의 개념도

초단열 슈퍼윈도우(super window)는 유리 및 창틀분야의 성능을 대폭 개선시킬 수 있는 상기의 핵심기술을 모두 혼합 적용하여 벽체 열관류율에 근접한 단열성능을 발휘할 수 있는 창호시스템이라 할 수 있다. 슈퍼윈도우는 현재 상업적으로 어느 정도 완성된

요소기술 분야를 효율적으로 통합 적용하여 최대의 에너지성을 발휘하도록 하는 기술로, 첨단소재를 이용한 에어로겔창이나 투명 단열창 및 진공창 등과는 기술응용 측면에서 차별화된 기술분야로 볼 수 있다. 에어로겔창이나 진공창의 경우, 높은 단열성을 발휘할 수 있는 점에서는 유사하지만 보급화, 상용화 측면에서는 아직 많은 시일이 요구되는 단점을 가지고 있다.

반면 슈퍼윈도우의 경우 핵심 구성기술이 모두 기술적으로 어느 정도 완성된 수준이며, 이를 고효율화, 시스템화, 통합화, 대량생산화 및 상업화 응용기술 분야의 성격이 강하다고 할 수 있다.

### 3. 열성능 시험장치

본 연구에서 가시화 열성능 시험장치는 그림 2와 같이 설계하였다. 장치의 내부에는 온도를 조절할 수 있는 가열장치와 내부의 기류를 교반하기 위한 팬이 설치되어 있어서 내부온도를 균일하게 유지할 수 있도록 하였다. 장치의 내외부의 온도는 T타입 열전대를 각각 수 포인트씩 설치하고 Data Logger에 연결시켜서 측정하며, 장치의 내외부 온도차를 일정하게 유지시킬 수 있도록 하였다.

창의 열성능을 가시적으로 나타내기 위하여 그림 3과 같은 적외선 열상 측정기기(TVS; Thermal Video System)를 이용하여 열상을 촬영하였다. 적외선 열상 측정기기는 물체의 표면으로부터 방출되는 에너지 중에서 적외선영역(0.75~1,000 $\mu$ m)의 전자파를 검출하여 영상화한다. 이 열상은 표면온도 분포를 나타내는 것으로서 열손실의 상대적인 차이를 파악할 수 있다.

단열성능 시험장치는 KS F 2278 “창호의 단열성능 시험방법” 규격을 참조하여 설계하였다. 본 장치는 Cooling AHU, 저온실, 가열실, 항온실로 구성되어 있으며, 가열실 내부 기류 교반장치, 저온실 냉풍취출장치, 온도측

정장치, 전력측정장치 등을 갖추고 있다.

#### 3.1 저온실

저온실은 Cooling AHU로부터 냉풍을 공급받아서 취출하는 냉풍취출장치를 갖추고 있으며 시험체를 사이에 두고 항온실과 인접하고 있다. 저온실은 0 $^{\circ}$ C ~ -20 $^{\circ}$ C 전후의 일정 온도로 제어할 수 있고 그 온도분포가 저온실내의 온도측정위치에 대해서 1 $^{\circ}$ C 이상의 오차가 발생하지 않도록 하였다.

냉풍취출장치는 저온실의 공기를 시험체 표면에 가능한 한 균일하게 흐를 수 있도록 하고 또한 소정의 표면 열전달 저항이 얻어질 수 있도록 덕트의 개도를 조절하거나 인버터를 이용하여 팬의 회전수를 조절하는 방법으로 풍속을 조절할 수 있도록 하였다.

#### 3.2 가열실

가열실은 가열실내의 공기온도를 40 $^{\circ}$ C 전후로 설정할 수 있으며 그 온도분포는 가열실내의 온도측정위치에 대해서 1 $^{\circ}$ C 이상의 오차가 발생하지 않는 가열장치 및 기류교반장치를 갖추고 있으며 가열실의 외벽은 열 및 공기의 출입이 최소화되도록 단열된 기밀한 구조로 하였으며 주위 벽은 폴리스틸렌 폼 100mm를 삽입한 패널을 사용하여 열저항은 3.3 [m $^2$ ·h· $^{\circ}$ C/kcal]로 하였다.

가열장치로는 그 표면온도를 가능한 한 낮게 유지할 수 있는 것을 이용하였고, 발열체로부터의 복사를 방지하기 위하여 복사차단판을 사용하였다. 또한 가열장치의 온도제어는 PID controller를 이용하였다.

기류교반 장치는 가열장치에서 발생된 열을 신속하게 가열실 내부로 이동 시켜서 실내의 온도편차를 감소시키기 위하여 가열장치의 직하부에 설치하였다. 또한 가열장치의 가동여부에 관계없이 시험기간동안에는 항상 가동되도록 하였다. 이 장치는 가열실내의 공기를 시험체 표면에 가능한 한 균일하게 움직이도록 하였다.

### 3.3 항온실

항온실은 가열실을 수용할 수 있고, 가열실과의 간격이 800mm가 되는 크기로 하였다. 또한 가열실과의 열출입이 없도록 가열실과 동일한 20℃ 전후의 일정온도로 유지시키고 1℃ 이상의 오차가 발생하지 않도록 설계하였으며 그리고 온도분포가 균일하게 되도록 배려하였다.

### 3.4 온도 측정기기

온도측정센서는 교정용 bath를 이용하여 0.1℃ 이내까지 교정한 0.25mm의 T-type 열전대를 사용하였으며 온도기록은 데이터로거(HP 34970A)을 사용하였다.



그림 3. TVS 촬영 장면

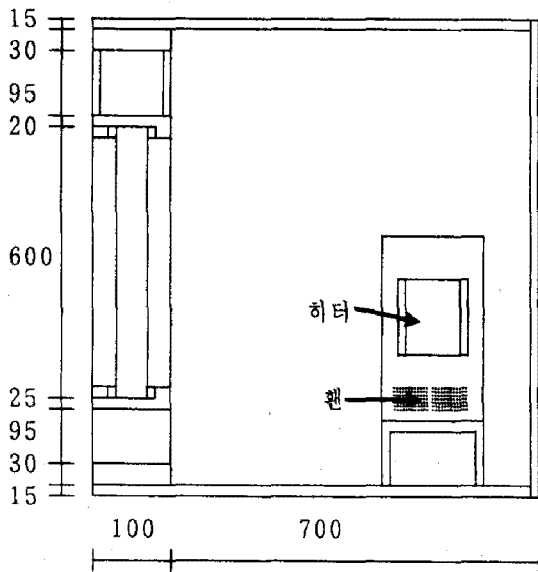


그림 2. 열성능 실험장치

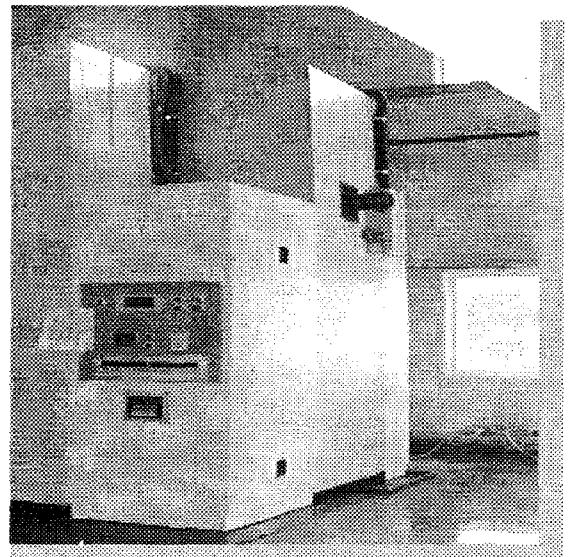


그림 4. 열관류율 측정기기

그림 4는 열관류율 측정기기의 전경을 나타낸 것이며 단열성능을 평가하기 위한 열저항(R) 및 열관류율(U)은 식(1)과 같다.

$$R = \frac{1}{U} = \frac{(\theta_{Hi} - \theta_{Co})}{Q_H + Q_F - Q_I + \Delta R} \text{ (m}^2 \cdot \text{K/W)} \quad (1)$$

## 4. 실험결과 및 고찰

창의 열성능을 가시적으로 나타내기 위하여 적외선 열상 측정기기를 이용하여 열상을 촬영한 결과를 그림 5에 나타내었다. 시험장치 내부의 온도를 30℃로 하고 유리를 통한 열손실이 정상상태를 나타낼 수 있도록 2~3시간 가열한 후 장치의 내부 및 외부에 부착된 열전대를 이용하여 장치의 내외부 온도차

를 20℃ 내외로 유지시켜서 적외선 열상 측정기로 촬영하였다.

그림 5는 일반 이중창과 슈퍼윈도우에 대해 유리표면의 전반적인 온도를 측정하여 창문의 열손실을 비교한 모습이다. 좌측은 일반 이중창이고 우측은 슈퍼윈도우이다. 좌측의 이중창에서 중앙이 붉은색으로 외부로 열손실이 많이 뿜을 알 수 있고 전체적인 평균 표면온도는 17.3℃를 나타내었다.

열전달 매체인 공기가 들어있는 이중창의 경우 가운데 부분이 높은 온도를 나타내고 있는데 이는 모서리 뿐만 아니라 유리면 전체에 걸쳐 많은 열손실이 발생된다고 볼 수 있다. 우측의 슈퍼윈도우는 중앙이 푸른초록색을 보이고 있으며 평균표면온도가 13.6℃로 일반 이중창보다 3.7℃ 낮은 것으로 나타났다.

이 경우는 유리크기가 500mm×500mm인 경우에 관한 결과인데 이 크기를 확대시킬 경우 유리전체면적에 대한 모서리 면적의 비가 감소됨으로써 열손실이 발생할 수 있는 비율이 상대적으로 감소되므로 에너지 절약 효과는 더욱 증대될 것이다.

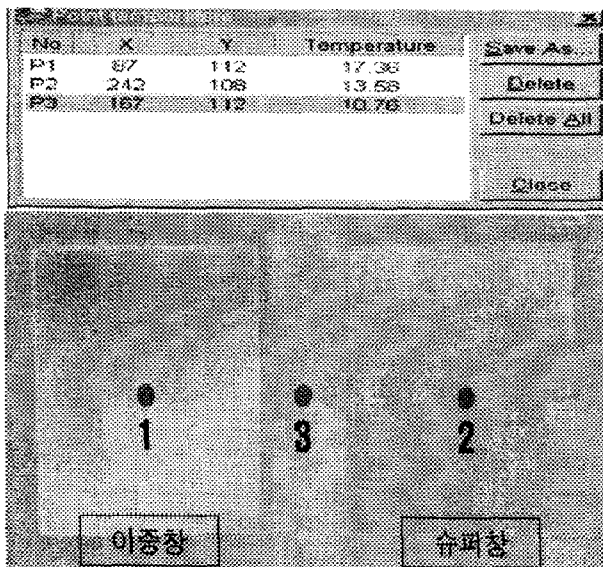


그림 5. 슈퍼창과 이중창의 열상비교

열관류율 측정방법은 KS, ASTM, DIN, JIS등에 규정되어 있으며, 열관류율 장치를 이용하여 KS F 2278(창 및 문의 단열성능 시험방법)에 의한 단열성능 시험으로 측정하였다.

열성능 측정을 위하여 크기 2,000mm × 2,000mm 규격의 시험체를 제작하였으며 시료부착을 위하여 시험체 설치틀을 만들어 저온실과 가열실 사이의 시험장치 개구부에 기밀하게 설치하였다.

온도측정은 가열실 공기, 향온실 공기, 저온실 공기에 대해서 수행하였다. 가열실 공기온도 및 저온실 공기온도의 측정위치는 시험체의 크기에 관계없이 동일면 9점으로 하였다. 또한 향온실에는 5점에서 온도측정을 하였으며 측정을 위하여 향온실, 가열실 및 저온실의 목표 설정온도는 표 1과 같다. 온도 및 열량의 측정은 정상상태에 도달한 후 실시하였다. 정상상태는 가열장치의 설정전력을 변경하지 않는 경우에 시험체 양측의 공기온도가 일정하게 되고, 그 변동이 1시간 당 온도차의 3% 이내로 되는 상태를 의미한다.

표 1. 설정온도조건

고온실	저온실	향온실
20℃	0℃	20℃

슈퍼윈도우의 열관류율을 측정한 결과 열관류율이 1.53 W/m<sup>2</sup>K로 측정되었다.

## 5. 결론

단열성능을 향상시킬 수 있는 초단열 슈퍼윈도우의 열성능 평가를 통하여 본 연구에서는 다음과 같은 결론을 얻었다.

- (1) 슈퍼윈도우의 열성능 가시화 장치에서는 일반 이중창의 평균 표면온도는 17.3℃, 슈퍼윈도우의 평균표면온도가 13.6℃로

일반 이중창보다 3.7℃ 낮은 것으로 나타났다.

- (2) 슈퍼윈도우의 열관류율을 측정한 결과, 열관류율은 1.53 W/m<sup>2</sup>K로 측정되었다.

## 후 기

본 연구는 에너지관리공단의 에너지·자원기술개발사업인 “보급형 친환경건물외피 시스템 실용화기술 개발” 지원 사업으로 수행되었음을 알려 드립니다.

## 참 고 문 헌

1. Residential Windows, A Guide to New Technologies and Energy Performance, John Carmody, Stephen Selkowitz, Lisa Hescong, 1996, W.W.Norton & Company
2. THERM 2.1 NFRC Simulation Manual, Lawrence Berkely National Laboratory, July 2000
3. RESFEN 3.1 Program Description, Lawrence Berkely National Laboratory, August 1999
4. 창문의 열성능 개선에 관한 연구 - 알루미늄 창틀을 중심으로- 심정일, 조수, 허정호 대한건축학회 학술발표논문집 제21권 제2호 2001년 10월
5. 장철용 외, 초단열 슈퍼윈도우 시스템의 최적설계에 관한 연구, 태양에너지학회 춘계학술발표대회, 2007