

지역별 건물에너지 효율에 관한 슈퍼윈도우 단열 성능 평가 연구

장철용*, 안병립**, 김치훈**, 홍원화***

*한국에너지기술연구원 건물열성능연구센터, 공학박사(cyjang@kier.re.kr)
**경북대학교 대학원 건축학부/KIER(ahnbr@kier.re.kr),
**경북대학교 대학원 건축학부 /KIER(kchiya@kier.re.kr),
***경북대학교 건축학부 부교수, 공학박사(hongwh@knu.ac.kr)

A Study on the Insulation Performance of the Super window considering the evaluation of Building Energy Rating

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

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

Abstract

Entering in the time of high oil price, seriousness of an energy effect sector has given a huge impact and the importance of energy is growing. Especially, building energy occupying 24% of total demand of energy is expected to be possible to reduce energy demand more than other section. To reduce the building energy consumption, this study analyzes function and thermal performance of Super window by heat experimental apparatus. Super window is a 2-track low-e glazing window for high insulation efficiency. By applying the results of this experiment to building energy efficiency rating tool, this study compares energy efficiency rates depending on a region.-Jeju, South, Central. And it shows how much does Super window reduce Building energy consumption.

Keywords : 슈퍼윈도우(Super window), 창호의 단열성능(Insulation performance of the window),
건물에너지효율등급(building energy rating system)

기 호 설 명

- R : 열관류 저항 ($m^2 \cdot K/W$)
- U : 열관류율 ($W/m^2 \cdot K$)
- θ_{In} : 가열 상자내 평균 공기 온도 (K)
- θ_{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)
- ΔR : 표면열전달저항 보정값 ($m^2 \cdot K/W$)

1. 서 론

현대인은 대부분의 시간을 집, 사무실, 공장, 상업시설 등과 같은 실내 환경 속에서 보내고 있으며 이러한 실내 환경을 쾌적하게 만들기 위해서는 에너지의 사용이 필수적이다. 현재 우리나라는 에너지의 해외의존도가 약 97%에 달하고 있으며, 우리나라 전체 에너지 사용량 중 건물부문(상업 및 가정부문)이 차지하는 비율은 약 24%에 이르고 있어 건축물의 열성능 향상을 위한 에너지절약 문제는 매우 중요한 의미를 갖고 있다고 볼 수 있다.

이러한 건축물 열성능 향상을 유도하기 위한 일반적인 방법으로 단열기술은 가장 효과적이기 때문에 수차례의 부위별 단열기준개정과 법적 의무화나 규제에 의한 강제적인 방법으로 에너지절약에 크게 이바지 하여왔다. 특히 창호에 의한 열손실, 획득은 건물 전체 부하량에 있어서 상당한 비율을 차지하고 있음에 따라 창호 시스템의 단열 성능향상은 건물의 에너지 절약차원에서 매우 중요한 요소라 할 수 있다.

따라서 본 논문에서는 단열성능을 향상시킬 수 있는 초단열 슈퍼윈도우의 연구 및 열성능 평가를 실행하고 슈퍼윈도우의 열관류율이 현재 시행되고 있는 건물에너지효율등급에 미치는 영향을 분석하였다.

- (1) 초단열 슈퍼윈도우의 개념과 구성요소에 대해 조사한다.
- (2) 열성능 시험장치를 이용한 슈퍼윈도우의 열성능을 측정 한다.
- (3) 예비인증을 받은 신청주택에 슈퍼윈도우 열관류율을 적용하여 지역별 건물에너지 효율등급의 인증등급 및 에너지소요량을 비교 분석한다.

2. 슈퍼윈도우의 개념

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

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.

단열창호 슈퍼윈도우(Super window)는 유리와 창틀분야의 성능을 대폭 개선시킬 수 있는 상기의 핵심기술을 모두 혼합 적용하여 벽체 열관류율에 근접한 단열성능을 발휘할 수 있는 창호시스템이라 할 수 있다.



그림 1. 초단열 슈퍼윈도우의 개념도

슈퍼윈도우는 현재 상업적으로 어느 정도

완성된 요소기술 분야를 효율적으로 통합 적용하여 최대의 에너지성능을 발휘하도록 하는 기술로, 첨단소재를 이용한 에어로겔창이나 투명단열창 및 진공창 등과는 기술응용 측면에서 차별화된 기술분야로 볼 수 있다.

에어로겔창이나 진공창의 경우, 높은 단열 성능을 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.

아래 표 1. 은 열성능 시험에 실제 적용된 슈퍼윈도우의 구성요소를 나타낸 것이다.

표 1. 슈퍼윈도우 구성요소

구 분	구성요소
프레임	알루미늄 + PVC
유 리	6mm Low-e + 12mm Ar + 6mm Low-e
가 스	아르곤
면적비	1 : 0.35 (유리 : 프레임)
크 기	2,000 x 2,000 x 130 (mm)

3. 열성능 시험장치

단열성능 시험장치는 KS F 2278 “창호의 단열성능 시험방법” 규격을 참조하여 설계하였다.

본 장치는 Cooling AHU, 저온실, 가열실, 향온실로 구성되어 있으며, 가열실 내부기류 교반장치, 저온실 냉풍취출장치, 온도측정장치, 전력측정장치 등을 갖추고 있다.

KS F 2278 “창호의 단열성시험 방법”은 크게 3단계로 구성되어 있는데, 향온실 및 저온실의 기류 조건에 의한 표면 열저항값을 파악하기 위한 실험과 챔버내에서 손실되는

열량 값을 파악하기 위한 열량 보정 실험이 있고, 최종적으로 실측대상 창호를 설치하여 열관류율을 측정하는 실험으로 나누어진다. 단열성능 측정을 진행하면서 계측되어야 할 것은 시편면의 표면온도와 공기온도 및 향온실 Heater 및 Fan의 구동열량이다. 이 값들을 데이터 수집 장치를 이용하여 수집한다. 온도의 계측에 있어서는 “KS C 1606 온도의 전기적 측정 방법”에 따라 0.1℃ 까지 보정된 지름 0.2 mm 이하의 T-type Thermo Couple를 사용한다.

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



그림 2. 열성능 시험장치

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 시험체 설치 모습

온도측정은 가열실 공기, 향온실 공기, 저온실 공기에 대해서 수행하였다. 가열실 공기온도 및 저온실 공기온도의 측정위치는 시험체의 크기에 관계없이 동일면 9점으로 하였다. 또한 향온실에는 9점에서 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 1시간당 온도차의 3% 이내로 되는 상태를 의미한다.

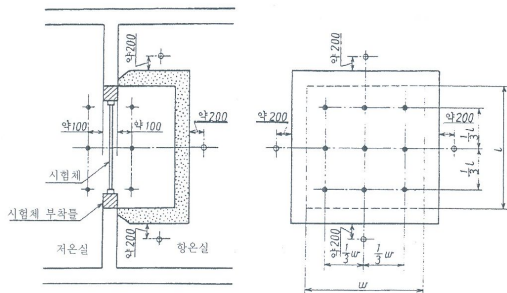


그림 4. 온도 측정점

표 2. 설정온도조건

고온실	저온실	향온실
20℃	0℃	20℃

$$\text{열관류 저항}(R) = \frac{1}{U} = \frac{(\theta_{Ha} - \theta_{Ca})}{Q_H + Q_F - Q_I} + \Delta R \quad (1)$$

위의 열관류 저항을 산출하는 공식에 실험에서 얻은 데이터를 대입하면 슈퍼윈도우의 열관류율을 산출할 수 있다. 측정된 결과 슈퍼윈도우의 열관류율은 1.44 W/m² · K로 나타났다.

4. 건물에너지효율등급인증제도 개요 및 현황

건물에너지효율등급인증제도는 기후변화협약에 대응하기 위해 건축물 부분에서 구체적인 실천방안 및 대책방안으로 만들어졌다. 건물에너지효율등급인증제도의 도입으로 인해 기존건물의 에너지성능기준이 설정되어 등급화 되고 신축건물에는 에너지절감 목표치가 정해지므로 설계자나 건축주에게 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 지침으로 활용가능하게 되었으며 각종 건물에너지 절약을 위한 평가 자료로 활용할 수 있다.

인증제도의 평가 등급은 3등급으로 나뉘어져 있으며 2등급 이상을 취득한 공동주택은 세제 및 금융상의 우대조치와 에너지절약 투자에 대한 감면조치 등 지원책이 마련되어 있다. 각각의 에너지절감율은 표 3. 과 같다.

표 3. 에너지효율등급인증기준

등급	총에너지절감율
1	33.5 % 이상
2	23.5 ~ 33.5 % 미만
3	13.5 ~23.5 % 미만

본 논문에서 사용된 공동주택은 지하 4층, 지상 23~27층이며 단위세대는 33형(33.51m²), 39A형(39.86m²), 39B형(39.64m²), 46A형(46.21m²), 46B형(46.98m²), 51형(51.30m²)이 있으며, 총 세대수는 533세대이며 발코니 확장형 기

준으로 하였다. 건축면적은 3,025.77m²이며, 연면적은 63,076.49m²이다.

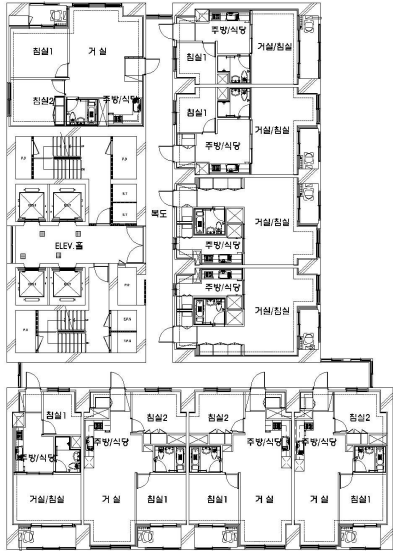


그림 5. 신청주택 평면도

본 연구에서 사용된 건물의 물성치는 실제 신청주택과 동일하게 하였다.

표 4. 신청주택의 구조체 열관류율

분류		건축법 기준 (W/m ² ·K)
구조체 열성능	외벽	0.58
	층벽	0.44
	지붕	0.27
	바닥	0.48
창호 열성능	세대창호	3.3
	발코니창호	6.6
	발코니확장형	2.1

5. 슈퍼윈도우 적용 건물에너지효율등급 평가

슈퍼윈도우가 지역별 건물에너지효율등급에 미치는 영향을 확인해 보기 위하여, 건물

에너지효율등급 평가틀을 사용하여 슈퍼윈도우 열관류율을 적용하여 보았다.

아래는 슈퍼윈도우 적용에 따른 지역별 난방에너지소요량이다.

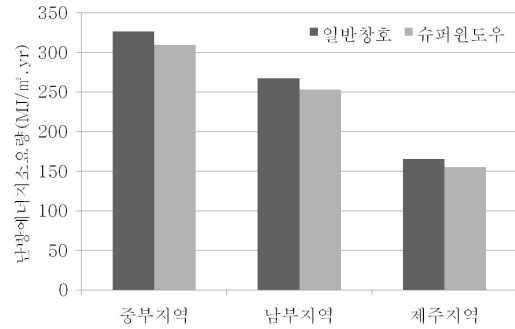


그림 6. 지역별 난방에너지소요량

위 그림 6.과 같이 지역별 난방에너지 소요량을 비교해 보면, 세 지역 모두 슈퍼윈도우 적용 시 난방에너지 소요량이 줄어드는 것을 알 수 있다. 예를 들면 중부지역인 경우 일반 창호 적용 시 난방에너지소요량이 326.42 MJ/m²·yr 인 반면, 슈퍼윈도우 적용 시 309.32 MJ/m²·yr로 약 17.1MJ/m²·yr 줄어들었다.

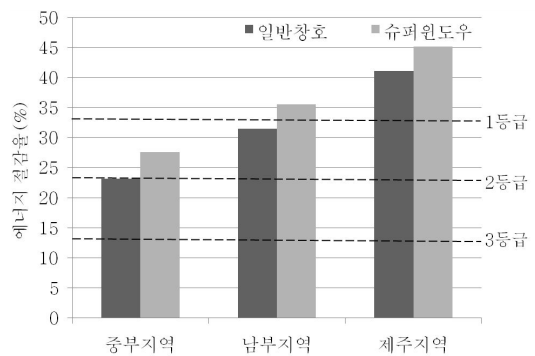


그림 7. 지역별 에너지절감율 및 인증등급

에너지절감율 또한 모든 지역의 절감율이 상승하였는데, 중부지역은 23.19%에서 27.64%로 상승하였으며 3등급에서 2등급으로 인증등급 또한 올라갔다. 남부지역도 31.48%에서

35.58%로 에너지절감율이 상승하였으며 2등급에서 1등급으로 상승하였다.

이것은 건물에너지효율등급 인증기준에서 비교해 봤을때, 실제 적용된 세대창호와 발코니확장형 창호의 열관류율인 $3.3\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$, $2.1\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 을 적용했을 때 보다 슈퍼윈도우를 적용했을 때 약 4.21% 정도의 에너지절감 효과가 있는 것으로 나타났다.

6. 결 론

본 연구는 슈퍼윈도우의 단열성능 측정과 건물에너지효율등급에 적용하였을 때 난방에너지소요량과 건물에너지효율등급의 변화를 지역별로 확인해 보고자 하였다.

- (1) 초단열 슈퍼윈도우의 열관류율을 측정한 결과 열관류율이 $1.44\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ 로 측정되었다.
- (2) 예비인증 신청주택의 실제 적용된 발코니 확장형 창호 대비 슈퍼윈도우 적용 시 난방에너지 소요량은 중부지역이 $17.1\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$, 남부지역은 $14.14\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$, 제주지역은 $9.97\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{yr}$ 감소하였다.
- (3) 에너지 절감율은 세 지역 모두 약 4.21% 증가하였으며, 중부지역은 3등급에서 2등급으로, 남부지역은 2등급에서 1등급으로 에너지효율 인증등급이 한단계 올라갔다.

후 기

본 연구는 에너지관리공단의 에너지·자원 기술개발사업인 “건물에너지 효율등급평가 프로그램의 비교해석 및 에너지소비량 분석” 지원 사업으로 수행되었음을 알려 드립니다.

참 고 문 헌

1. Stephen Selkowitz, Lisa Heschong, John

Carmody, Residential Windows, A Guide to New Technologies and Energy Performance, W.W.Norton & Company, 1996.

2. THERM 2.1 NFRC Simulation Manual, Lawrence Berkely National Laboratory, 2000.7.
3. RESFEN 3.1 Program Description, Lawrence Berkely National Laboratory, 1999.8.
4. 심정일, 조수, 허정호, 창문의 열성능 개선에 관한 연구 - 알루미늄 창틀을 중심으로- 대한건축학회 논문집, pp. 989~992, 2001.10
5. 장철용 외, 『초단열 슈퍼윈도우 시스템의 최적설계에 관한 연구』, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, pp. 333~338, 2006.4
6. 김지연 외, 『공동주택의 발코니 확장에 따른 열환경 성능 평가 및 개선방법에 관한 연구』, 한국태양에너지학회 춘계학술발표대회 논문집, pp. 67~72, 2006.