

## 열 차단 필름의 적용에 따른 냉난방 부하 분석에 관한 연구

### A Study on the Analysis of Heating and Cooling Load through Applying Window Film Insulation

김석현\* · 조영흠\*\*†

Kim Seok-Hyun\*, Cho Young-Hum\*\*†

(Submit date : 2013. 10. 10., Judgment date : 2013. 10. 17., Publication decide date : 2013. 12. 13.)

**Abstract :** In order to reduce the energy consumption of the building, much effort is being made. The problems are that excessive solar radiation in summer and the heat loss in winter by the increase of window area. To prevent this problems, government limited the window area ratio or the performance of windows in new buildings. In order to reduce energy consumption of the existing buildings, the window film insulation is spotlight because the window film insulation was simple to installation. This study confirmed the performance of the window film insulation and affect to heating & cooling load of buildings. The impact of the window film insulation coating was confirmed by experiment. And this study confirmed the annual heating & cooling load by simulation. As a results, the surface temperature of coated window was higher than the surface temperature of existing window. The window film insulation was increased surface temperature of window. And this study confirmed that the increased surface temperature was slightly affected the room air temperature through experiment of the insulation box. The results of the heating and cooling load by simulation, this study confirmed that the case of coated window film insulation decreased cooling load in summer and increased heating load in winter. Also the annual total heating & cooling load was increased a little in the case of coated the window film insulation.

**Key Words :** 창호(Window), 열 차단 필름(Window film insulation), 대학건물(College building), 냉·난방 부하(Heating&cooling load), 에너지 시뮬레이션(Energy simulation)

\*\*† 조영흠(교신저자) : 영남대학교 건축학부  
E-mail : yhcho@ynu.ac.kr, Tel : 053-810-3081  
\*김석현 : 영남대학교 건축공학과

\*\*† Cho Young-Hum(corresponding author) : School of Architecture,  
Yeungnam University.  
E-mail : yhcho@ynu.ac.kr, Tel : 053-810-3081  
\*Kim Seok-Hyun : School of Architecture, Yeungnam University.

## 1. 서 론

국내에서 건물의 에너지 소비량 감소를 위해 많은 노력이 이루어지고 있는 가운데 커튼 월 공법의 유행과 창면적비가 증가하는 건물 외관에 따라 여름철 과도한 일사획득으로 인한 냉방부하 증가와 겨울철에는 낮은 단열 성능으로 인한 열손실의 문제가 대두되고 있다. 특히 창호의 성능 개선을 위한 연구 및 노력이 많이 이루어지고 있다.<sup>1)</sup>

창호의 성능 개선을 위해 에너지 관리공단에서는 창 세트의 '효율등급제도'를 통해 단열성능과 기밀성능에 따른 등급을 정하여 창호의 성능을 구분하였다. 하지만 광학적인 성능은 다루지 않아 여름철 과도한 일사를 방지하기 위한 제도적 규제가 미흡한 실정이다. 새롭게 건축되는 건물에서는 창호의 성능을 고려한 창호 설계가 이루어지고 있으나 기존의 건축물에는 리모델링을 통한 창호의 교체가 이루어져야 하기에 실질적으로 창호의 성능 개선이 쉽지 않은 상황이다. 창호의 광학적 성능에 대한 연구가 많이 이루어지고 있는데 창호의 열관류율 성능이 증가할수록 건물의 에너지 소비량은 감소하지만 일사획득계수(SHGC)는 그 값의 증감에 따라 에너지 소비량의 증감이 다르게 나타나고 국내의 열관류율을 기준으로 하는 에너지 절약 기준에 대하여 보완점이 존재하고<sup>2)</sup> 열관류율의 변화보다는 일사획득계수의 변화에 따른 에너지 소비량의 증감정도가 크다는 것을 확인하였다.<sup>3)</sup> 창면적비가 증가함에 따라 에너지 소비량의 증가가 비례한다고는 할 수 없고 동일한 창면적비에서는 일사획득계수의 변화가 미치는 영향은 난방 에너지 소비량보다 냉방 에너지 소비량이 훨씬 크다는 것을 확인하였다.<sup>4)</sup> 이러한 연구결과들은 창호의 광

학적인 성능이 중요한 요인이 될 수 있음을 공통적으로 나타내고 있다. 이러한 연구와 더불어 창호의 일사획득량을 조절하기 위해 열 차단 필름의 연구가 주목받고 있다. 기존 창호에 추가적으로 설치 할 수 있으며 가시광선 투과율은 크게 감소시키지 않고 자외선을 차단하며 적외선 투과율을 감소 시켜 건물에 여름철 과도한 냉방부하를 피할 목적으로 제안되었고 연구를 통한 효과를 입증하고 있다.<sup>5)6)7)</sup>

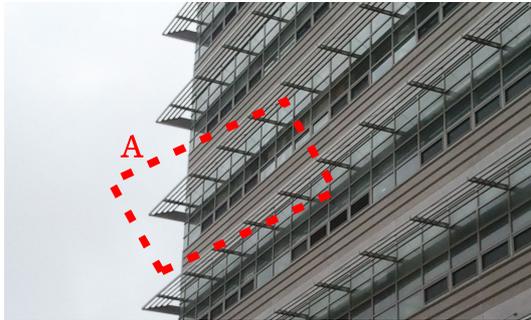
본 연구에서는 대학건물을 대상으로 실험을 통해 열 차단 필름의 유효성을 확인하고 시뮬레이션을 통해 연간 냉·난방 부하 분석을 실시하고 열 차단 필름이 냉·난방부하에 미치는 영향을 확인하는 것을 목적으로 한다.

## 2. 열 차단 필름의 유효성 검토

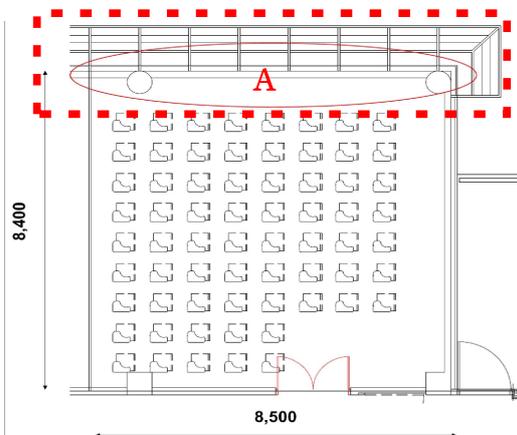
본 연구에서는 열 차단 필름이 창호에 적용되는 경우 어떠한 열적 성능을 나타내는지 확인하기 위해 구미에 위치한 K대학건물의 강의실에 열 차단 필름을 부착하고 실험을 통하여 열적 성능을 확인하였다. 본 연구에 사용된 열 차단 필름은 일사 투과율, 반사율, 흡수율 중에서 상대적으로 흡수율이 높은 필름을 선정하였으며 대상 공간은 다음 표1, 그림 1과 같고 실험에 사용된 열 차단 필름의 성능은 표2와 같다.

Table 1 Building Outline

LISTS	CONTENTS
Location	Gumi, Gyeongbuk
Use	Classroom
Building Size	5 Stories & 7 Stories(Center)
Target Room Size	264.18m <sup>2</sup> (8,500×8,400×3,700mm)



(a) Exterior of model



(b) Floor plan of model

Fig. 1 Exterior & Floor Plan of Model

Table 2 Specifications of Film

Unit : %

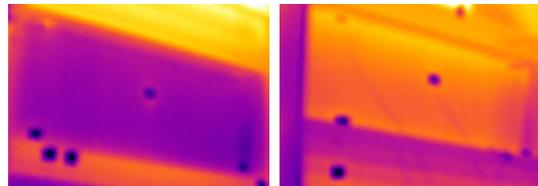
PROPERTY	VALUE	TEST METHOD & TEST CONDITION
Visible Light Transmittance	66.7	ASTM D1003
IR Rejected (at, 1000nm)	99.3	ASTM D1003
Visible Light Reflectance	11.5	ASTM D1003
Total Solar Transmittance	32.9	ASTM D1003, KS M 3832
Total Solar Reflectance	13.9	KS M 3832
Total Solar Absorbance	53.2	KS M 3832
UV Transmittance	< 1	ASTM D1003

## 2.1 창호의 표면온도 변화 분석

창호에 열 차단 필름을 시공한 후 시공하지 않은 창호와 표면온도 분포를 확인하기 위해 열화상카메라를 통한 표면온도 분포를 확인하였다. 측정 장치는 FLIR SYSTEM사의 SE/A325 모델을 사용하였고 측정 시기는 여름철인 8월 21일 13:00이다. 그림2는 실험전경을 나타낸다.



Fig. 2 Experimental View



(a) Existing Window

(b) Film Coated Window

Fig. 3 Window Surface Temperature Distribution by Thermal Imaging Camera

그림 3과 같이 열화상카메라를 통한 표면온도 분포를 측정된 결과, 창 전체의 표면온도는 상대적으로 열 차단 필름이 부착된 창문의 실내 측 표면온도가 높게 나타나는 것으로 확인되었다. 측정 면적 중 최고 표면 온도는 열 차단 필름을 부착한 면에서 35.4℃, 열 차단 필름을 부착하지 않은 표면에서 31.8℃로서 두 표면에 약 3.6℃ 차이가 발생하였다. 또한 일사의 유무에 따른 표면온도 변화를 확인하기

위해 데이터로거( Hp Agilent: 34970A)와 열전대(T-type)를 이용하여 밤 시간대와 낮 시간대의 표면온도 변화를 확인하였다. 그림 4는 데이터로거를 통한 표면온도 측정 지점을 나타낸다.

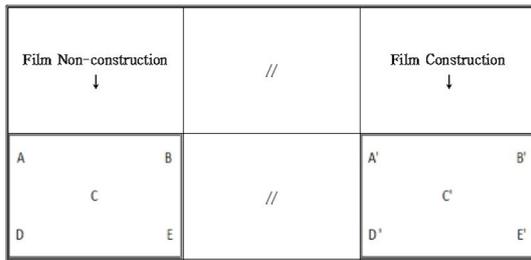


Fig. 4 Experimental Arrangement

필름을 시공하지 않은 창호의 중심부의 지점인 C와 필름을 시공한 창호의 중심부 지점인 C'을 대상으로 표면 온도를 확인하였다. 실험결과, 열 차단 필름을 부착한 부분의 표면온도는 일사가 지속되는 시간동안 최대 3.7℃(8월 18일 12시 30분경)높았고 일사가 없는 야간에는 오히려 열 차단 필름을 부착한 창호에 비해 최대 0.8℃(8월 20일 05시 00분경) 낮은 온도를 나타냈다. 그림 5는 창호의 표면온도 변화를 나타낸다.

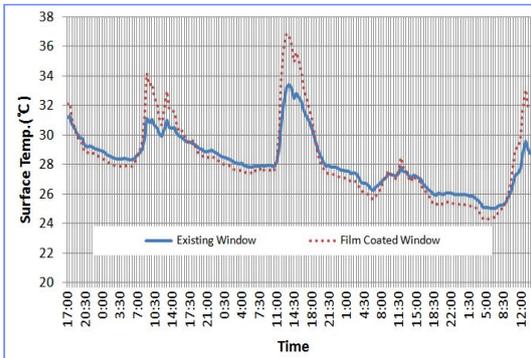


Fig. 5 Variation of the Surface Temperature (Point : C & C')

이를 통해 열 차단 필름을 부착한 창호의 표면온도가 더 높게 나타나는 이유는 열 차단 필름이 태양 일사를 흡수하여 창호의 표면 온도를 상승시킨 것으로 판단된다.

## 2.2 단열상자 내부온도 변화 분석

앞선 실험결과를 통해 열 차단 필름을 시공한 창호는 일사획득이 있는 낮 시간에 표면온도가 상승하는 것을 확인하였다. 이렇게 상승한 표면온도는 실내 온도에 어떠한 영향을 미치는지, 또한 실제 창호에 부착된 열 차단 필름이 실내 온도에 어떠한 영향을 미치는지 확인하기 위해 단열상자 시험을 통해 창호 표면온도와 상자 내부 온도를 비교하였다. 그림 6은 단열상자의 크기와 온도측정지점을 나타냈다.

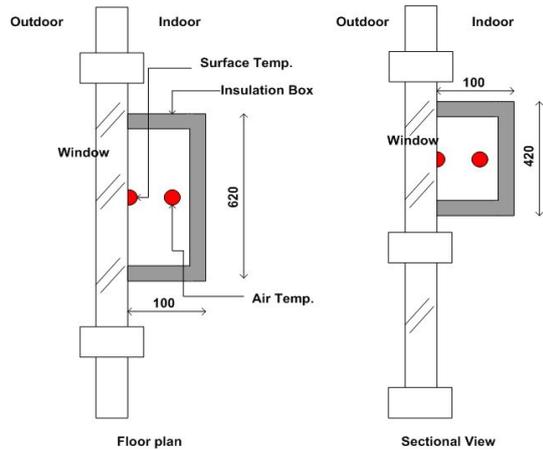


Fig. 6 Schematic Diagram of Insulation Box

열 차단 필름이 시공된 창호의 단열상자 내부 온도와 열 차단 필름이 시공되지 않은 창호의 단열상자 내부 온도를 비교한 결과, 창호의 표면온도와는 반대의 온도 비교결과가 나타나는 것을 확인 하였다. 특히 표면온도의 최대 차이가 열 차단 필름을 설치한 창호의 표면온도가 36.05℃, 설치하지 않은 창호의 표면

온도가 31.32°C로 4.7°C(9월 6일 10시 00분경) 높게 나타났으나 단열상자 내부온도는 오히려 열 차단 필름을 설치한 경우는 33.08°C, 열 차단 필름을 설치하지 않은 경우는 33.52°C로써 약 0.4°C(9월 6일 10시 00분경) 높게 나타난 것을 확인 할 수 있었다. 이를 통해 흡수율이 높은 열 차단 필름이 시공된 경우, 일사에 의해 창문 표면온도는 상승하나 실내온도는 일사의 영향을 적게 받아 더 낮게 나타나기 때문에 기존 유리창에 비해 상승하는 표면온도가 미치는 영향은 미미한 것을 확인할 수 있었고 여름철 일사에 의한 실내 냉방부하 저감을 위한 열 차단 필름의 본래 목적에 맞게 작용하는 것을 확인 할 수 있었다. 다음 그림7과 그림8은 각각 창호의 표면온도와 단열상자 내부 온도를 나타냈다.

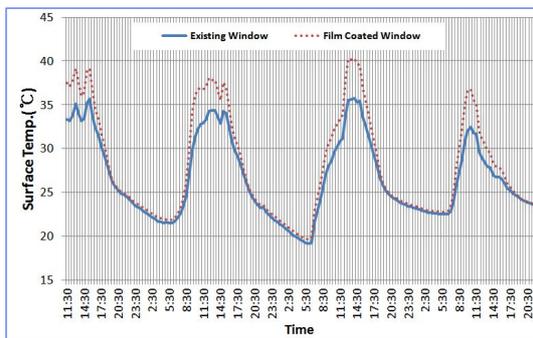


Fig. 7 Surface Temperature of Window



Fig. 8 Temperature in Insulation Box

### 3. 시뮬레이션을 통한 연간 냉·난방 부하 분석

앞선 실험 결과로 인해 열 차단 필름을 창호에 부착하여 나타나는 창호의 변화 및 실내 온도에 대한 영향을 확인하였다. 본 장에서는 열 차단 필름을 시공유무가 건물의 연간 냉·난방 부하에 미치는 영향을 확인하기 위해 시뮬레이션 툴을 통하여 대상 공간을 모델링하고 창호에 열 차단 필름의 시공 전과 후에 연간 냉·난방 부하를 도출하여 그 값을 비교 분석하였다.

#### 3.1 시뮬레이션 설정

본 연구에서는 건물에너지 해석 프로그램인 EnergyPlus를 이용하여 대상공간을 모델링하고 연간 냉·난방 부하를 계산하였다. 시뮬레이션에 입력한 대상공간의 정보는 표3과 같고 그림 9와 같이 EnergyPlus의 plug-in인 Google의 Sketch-Up을 이용하여 건물의 Geometry를 입력하였고 건물의 냉·난방 시스템은 건물의 부하를 확인하기 위해 EnergyPlus에서 제공하는 'HVACTemplate:Zone:IdalLoadAirSystem'을 적용하였다. 이는 실내의 부하에 따라 이상적인 시스템에 의해 공조가 이루어진다고 가정하는 것이다. 본 시뮬레이션 기간은 1월 1일부터 12월 31일까지이며 연중 냉·난방 부하를 측정하였다.

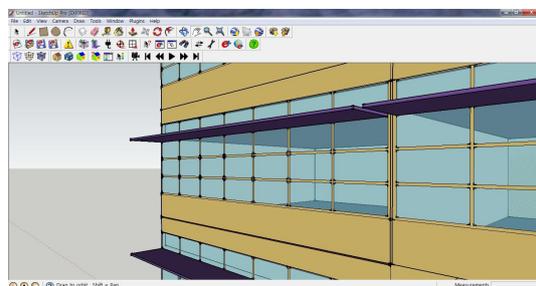


Fig. 9 Modeling of Classroom

Table 3 Parameter of Simulation

LISTS	CONTENTS
Floor Area	71.4m <sup>2</sup> (8.5×8.4m)
Facade Height	3.7m
Zone HVAC	IdalLoadsAirSystem
Setpoint	24℃
Simulation Period	Annual

시뮬레이션 결과, 연중 냉방부하는 냉방부하가 최고인 7월의 경우 열 차단 필름을 시공하지 않은 경우는 17.4kWh/m<sup>2</sup>·yr로 나타났고 열 차단 필름을 시공한 경우 16.0kWh/m<sup>2</sup>·yr로 나타나며 약 8%감소한 수치를 나타냈다. 또한 난방부하는 1월의 경우에 열 차단 필름을 시공하지 않은 경우는 41.9kWh/m<sup>2</sup>·yr을 나타냈고 열 차단 필름을 시공한 경우에는 43.5kWh/m<sup>2</sup>·yr로 나타내며 약 4% 증가한 수치를 나타냈다. 이 결과를 통해 여름철에는 열 차단 필름이 일사를 차단하여 냉방부하를 감소시키지만 반대로 겨울철의 경우는 일사획득을 막아 난방부하의 증가를 일으키는 것을 확인할 수 있었다. 그림 10과 11은 각각 시뮬레이션을 통한 냉방 부하 비교 결과와 난방부하 비교 결과를 나타낸다.

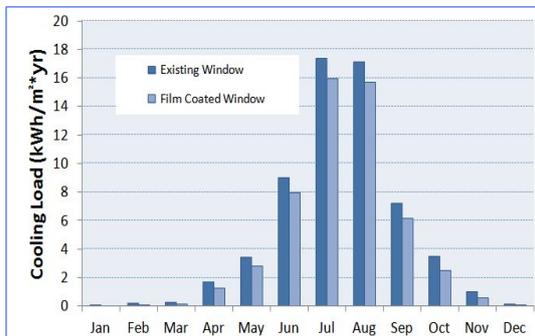


Fig. 10 Comparison of Variation of Cooling Load

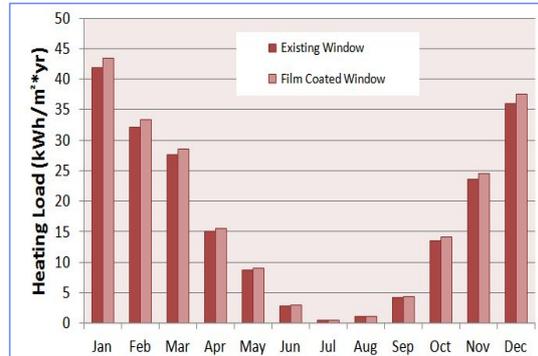


Fig. 11 Comparison of Variation of Heating Load

또한 연간 냉·난방 부하를 종합하여 비교한 결과, 열 차단 필름을 시공한 경우는 연간 냉·난방 부하 총량이 268.0kWh/m<sup>2</sup>·yr이고 열 차단 필름을 시공하지 않은 경우는 연간 냉·난방 부하 총량이 268.3kWh/m<sup>2</sup>·yr으로 오히려 열 차단 필름을 시공한 경우가 부하가 큰 것을 확인할 수 있었다. 이는 열 차단 필름을 시공하여 여름철에 감소한 냉방부하 값보다 겨울철에 소모되는 난방부하 값이 크기 때문인 것으로 보인다. 이러한 결과를 통해 열 차단 필름은 난방 부하보다 냉방부하가 큰 건물에 선택적으로 사용함으로써 보다 에너지 절감에 효과적일 것이라 판단된다. 그림 12는 연간 냉·난방 총 부하의 비교 결과를 나타내었다.

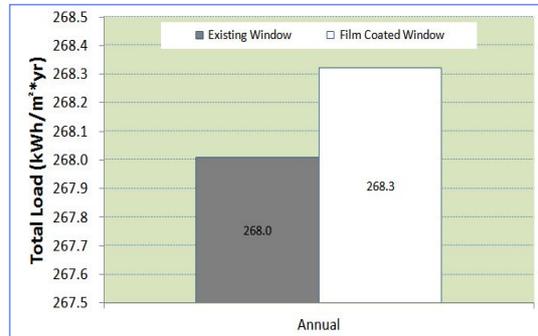


Fig. 12 Comparison of Variation of Annual Total Load

#### 4. 결 론

본 연구는 열 차단 필름이 냉·난방 부하에 미치는 영향을 확인하기 위해 실험을 통해 열 차단 필름이 시공 유무에 따른 변화를 확인하였고 시뮬레이션을 통해 연간 냉·난방부하를 확인하였다.

- (1) 일사획득이 일어나는 낮 시간에는 흡수율이 높은 열 차단 필름을 시공 한 창호는 열 차단 필름을 시공하지 않은 창호에 비해 표면온도가 높게 나타나는 것을 확인하였다.
- (2) 흡수율이 높은 열 차단 필름을 시공한 창호의 표면온도가 상승하고 이에 따라 실내 온도에 영향을 미치는 정도를 확인하기 위해 단열 상자를 설치하여 표면온도의 변화에 따른 상자 내부 온도 변화를 확인한 결과, 흡수율이 높은 열 차단 필름을 설치한 창호의 표면온도는 열 차단 필름을 설치하지 않은 창호에 비해 높게 나타났으나 단열 상자 내부 온도는 더 낮게 나타났다.
- (3) 시뮬레이션을 통해 흡수율이 높은 열 차단 필름의 설치 유무에 따른 냉·난방 부하의 변화를 확인한 결과 열 차단 필름을 설치한 경우 여름철 냉방부하는 감소하지만 오히려 겨울철 난방부하는 증가하는 현상이 나타났다. 또한 연간 냉·난방 부하를 종합한 결과 열 차단 필름을 시공한 경우가 오히려 부하값이 크게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 난방부하에 비해 냉방부하가 큰 건물에 흡수율이 높은 열 차단 필름을 사용하는 것이 에너지 절감에 효과적이라는 것을 확인 할 수 있었다.

#### 후 기

이 논문은 2012년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No.2012012791)

#### 참 고 문 헌

1. Kim. S.H., The Evaluation of Cooling Load by The Window Film Insulation in College Building, Journal of the Korea Solar Energy Society, spring conference, 2012, vol. 32, No.1, pp.549~552, 2012
2. Yool Park, Jong-Il Park, A study of Energy use Impacts by SHGCs of Windows in Detached House, Korea Journal of Air-Conditioning Refrigeration Engineering, vol.22 No.4, pp.189-196, 2010
3. Yool Park, Jong-Il Park, Analysis of Energy Performance by Window Directions in Apartment, 2012 Summer Conference of Air-Conditioning Refrigeration Engineering, pp.1041-1044, 2012
4. Yoon, Yong-Sang, Yoon, Jae-Hoon, Choi, Won-Ki, Kwon, Young-Cheol, A Fundamental Study on the Optimal Window Applications According to the Window Ratio and SHGC in Office Buildings, Journal of KIAEBS Vol.6, No.1, 2012, pp. 38~45
5. Sung. U.J., Jang. C.Y., Cho. S., Lee. S.S., Experimental Study On Thermal Performance Of Heat Absorbing Glass Window, Association Branch of the Architectural Institute of Korea, annual conference, 2006, v.01, pp.675~678, 2006
6. Nam. J.W., Won. J.S., Thermal Performance Evaluation of The Window Film Insulation for Building Energy Savings, Journal of the Korea Solar Energy Society, fall conference, 2008, pp.75~80, 2008
7. Kang. E.Y., Oh. M.W., Kim. B.S., A Study on the Heat Transfer Phenomenon through the Glazing System, Journal of the Korea Solar Energy Society, fall conference, 2009, Vol.29, No.2, pp.32~36, 2009