

에너지절약형 주택에서의 단열차양 적용과 제어방법에 따른 냉난방부하 분석

박 선 효[†], 권 경 우*, 손 장 열
한양대학교 건축공학부, *대림산업 기술연구소

An Analysis of Heating and Cooling Loads by Insulated Shades and Control Method in an Energy Saving Apartment

Sun-Hyo Park[†], Kyung-Woo Kwon*, Jang-Yeul Sohn

Department of Architectural Engineering, Hanyang University, Seoul 133-7910, Korea

*Technology Research Institute, Daelim Industrial Company Limited, Seoul 110-732, Korea

(Received March 22, 2010; revision received April 6, 2010)

ABSTRACT: Energy loss from windows accounts for large scores of heating and cooling loads also in energy saving apartments that is reduced over 30% of total energy consumption. Movable reflective insulations, insulation shutters, blinds, insulated shades are used to reduce energy loads from windows. In this study, energy saving performance of insulated shades was simulated by control methods. According to installation of insulated shades, heating loads were decreased about 10.5~11.3%, and cooling loads are decreased about 29.1~38.3% on an energy saving apartment. The heating peak load was reduced about 9.5% by insulated shades and the cooling peak load was reduced about 25.7~31.5%. In the case of insulated shades with automatic control system, simple time schedule control system would be more efficient than outdoor detection control system that should use several sensors.

Key words: Insulated shades(단열차양), Energy saving apartments(에너지절약주택), Energy simulation(에너지시뮬레이션)

1. 서 론

1.1 연구 개요

지구온난화에 대한 관심이 높아지면서 이산화탄소의 주된 배출원인 화석연료의 사용을 최소화하려는 노력이 전 세계적으로 활발히 일어나고 있다. 지구온난화의 주된 원인은 화석연료를 에너지로 사용하는 대부분의 활동으로 볼 수 있다.

우리나라는 건축물에서 소비되는 에너지는 전체 에너지 소비량의 약 25%를 차지하고 있으며, 주거분야에서의 에너지 소비량은 이 가운데 약 18%에 달해 주거부문의 중요도가 상당히 높다.

국내 주거형태는 50% 이상이 공동주택이며 신규 공급되는 주택의 90% 가량을 차지하고 있다. 공동주택은 일반주택에 비해 외피에서의 창면적비가 큰데 창 의 열관류율은 벽체에 비해 월등히 높아 난방부하의 상당부분이 창을 통해서 발생한다. 또한 하절기에는 창을 통해 유입되는 일사의 영향으로 냉방부하가 크게 증가하게 된다. 일반적으로 주택에서의 창을 통한 열손실은 전체 에너지 부하의 약 20~40%로 보고되고 있다.

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2011-8287; fax: +82-2-2011-8068

E-mail address: psh@daelim.co.kr

통상적 에너지절약형 주택의 경우 창호를 통한 열손실비율이 다른 요소에 비해 높아 성능개선이 지속적으로 이루어지고 있다.

따라서 본 연구에서는 에너지절약형 주택에서 단열차양을 적용하였을 경우 냉난방에너지 부하저감 가능성을 확인하고, 열취득 조건에 따른 효과적인 제어방법을 도출하고자 한다.

1.2 선행연구고찰

Yim et al.⁽¹⁾은 창면적비가 큰 유리 사무소 건축물에 외부차양장치를 적용하여, 과열기간동안의 냉방부하를 52%까지 절감할 수 있다는 결과를 도출하였고, An et al.⁽²⁾은 창호의 열관류율별 난방에너지 변화에 대한 연구를 실시하였다. Kim and Kim⁽³⁾은 차양 운영에 따른 실내 빛환경 특성에 대한 연구를 하였다.

Cheong et al.⁽⁴⁾은 공동주택에서 창호의 단열 성능향상과 외부 차양의 적용에 따른 부하 저감 효과를 검토하여 냉방기 차양에 의한 부하저감 효과가 있음을 확인하였다.

선행연구고찰을 통해 창호시스템의 부하저감 효과 향상을 위해 단열차양이 효과가 있음을 확인하였고, 단열차양의 효율적인 활용을 위한 제어방법에 대한 검토가 필요하다고 판단된다. 따라서 본 연구에서는 창호에 의한 열취득 조건에 따른 효과적인 제어 방법을 도출하였다.

2. 연구방법

본 연구에서는 열부하해석 시뮬레이션(Tmsys 16)

을 통해 단열차양을 설치했을 경우 냉난방 부하를 평가하였다. 대상주택은 에너지절약형 주택으로 선정하였으며, 단열차양의 제어는 시간입력에 따라 작동하는 스케줄제어와 외기온도, 일사량을 검출하여 제어하는 방식으로 나누어 평가하였다.

2.1 에너지절약형 주택 개요

에너지절약형 주택은 기존 표준주택대비 냉난방 소비에너지가 30% 이상 절감된 주택으로 고단열, 고성능 창호를 적용한 주택이다. 기준평면은 Fig. 1과 같이 일반적인 판상형 타입으로 4bay로 구성된 142 m²형(발코니확장 면적포함) 주택으로 선정하였다. 세대 위치는 기준층 중간세대, 지역은 서울, 향은 남향을 기준으로 하였다. 시뮬레이션 대상주택의 단열조건은 Table 1과 같다.

창호의 성능은 Table 2와 같다. 일반창호는 복층유리로 간접외기에 접한 창호 및 발코니 사시에

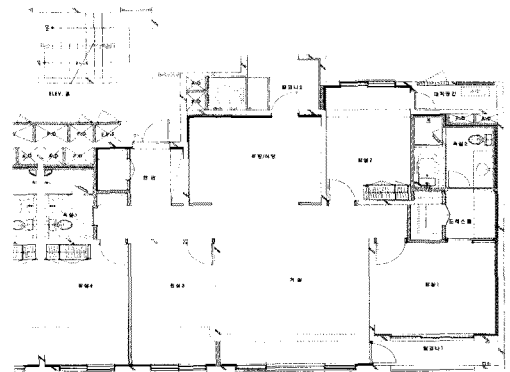


Fig. 1 Plane figure of an apartment.

Table 1 U-value of walls(W/m²K)

	Wall classification	Insulation (mm)	U-value (Saving Ratio to regulation)	Regulation
Top floor	Direct to outdoor	115	0.25(14.1%)	0.29
	Indirect to outdoor	80	0.34(16.5%)	0.41
wall	Direct to outdoor	70	0.40(14.6%)	0.47
	Indirect to outdoor	45	0.56(12.1%)	0.64
	Expanded	170	0.18(62.1%)	0.47
	Side wall	95	0.31(12.6%)	0.35
Floor	Floor heating	20	0.81(0.0%)	0.81
Lowest floor	Direct to outdoor (Floor heating)	65/50	0.23(33.2%)	0.35
	Indirect to outdoor(Floor heating)	65/50	0.23(55.0%)	0.52

Table 2 Performance of windows

Window Classification	U-value (W/m ² K)	G-value
Ordinary	2.96	0.76
Expanded living room	1.31	0.58
Expanded bed room	0.96	0.49

Table 3 Simulation condition

Set Condition	Heating : 20°C Cooling : 26°C, RH 50%
Infiltration	0.5 ACH
Ventilation	0.7 ACH
Heat Recovery	Sensible : 80%

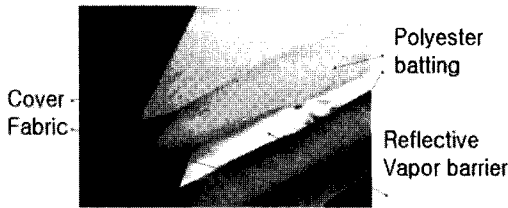


Fig. 2 Layers of insulated shades.

적용되었으며, 거실확장창은 3중유리, 침실확장창은 로이복층이중창이 적용되었다. 냉난방 조건 및 환기 설정조건은 Table 3과 같다.

2.2 단열차양 개요 및 성능 조건

창호의 열성능을 향상시키기 위한 방법으로 가동형 열반사단열재, 단열셔터, 블라인드, 단열차양 (Insulated shades) 등이 사용되고 있다. 단열차양은 기존의 블라인드와 유사한 구조이나 차양의 재질을 단열성능을 가진 직물로 교체하고, 창호 프레임에 기밀하게 밀착되는 구조로 제작하여 열성능을 높인 장치이다.

단열차양의 재질은 단열성능을 강화하기 위해 Fig 2.와 같이 5개의 레이어로 구성되어 있다. 단열차양의 구조는 Fig 3.과 같으며 차양은 트랙을 따라 작동하게 되어 단열차양의 양쪽 끝과 상하단 모두 기밀하게 프레임에 밀착되는 구조를 가진다. 이러한 기밀성으로 인해 대류에 의한 열손실을 차단하고 창호의 기밀성능도 향상시켜 부하를 감소시킨다.

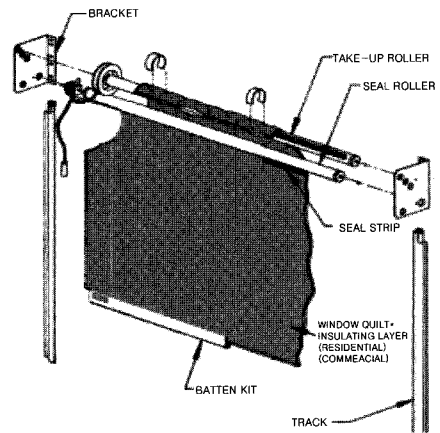


Fig. 3 Parts of insulated shades.

Table 4 Performance of insulated shades

Factor	Value
R-value(m ² K/W)	0.62
Shading factor	1.0

Table 5 Control methods

Operation condition		
Heating	case1	Schedule 18 : 00~08 : 00
	case2	Solar gain < Heat loss
Cooling	case3	Schedule 08 : 00~18 : 00
	case4	Solar gain > 0, and OA > 25°C

Fig 3은 단열차양의 구성을 나타낸다.

본 연구에서는 주택 전체의 기밀성능의 변화는 배제하고 단열차양으로 인한 창호의 R-value 및 Shading factor 값의 변화만을 입력하였다. 단열차양의 R-value는 0.62 m²K/W, Shading factor는 1.0이다(Table 4).

2.3 단열차양의 제어방법

단열차양의 제어는 냉방과 난방을 구분하여 Table 5와 같이 4개의 case를 구성하였다. 일정한 시간에 On/Off를 반복하는 스케줄제어(Case1, Case3)와 난방조건에서 주간에 태양일사의 유입이 있더라도 창호를 통한 열 손실이 더 클 경우 단열차양을 작동시키는 조건(Case2), 냉방조건에서 냉방설정온도보다 외기온도가 낮더라도 일사유입이 창호를 통한 열손실량 보다 큰 경우 단열차양을 작동하는 조

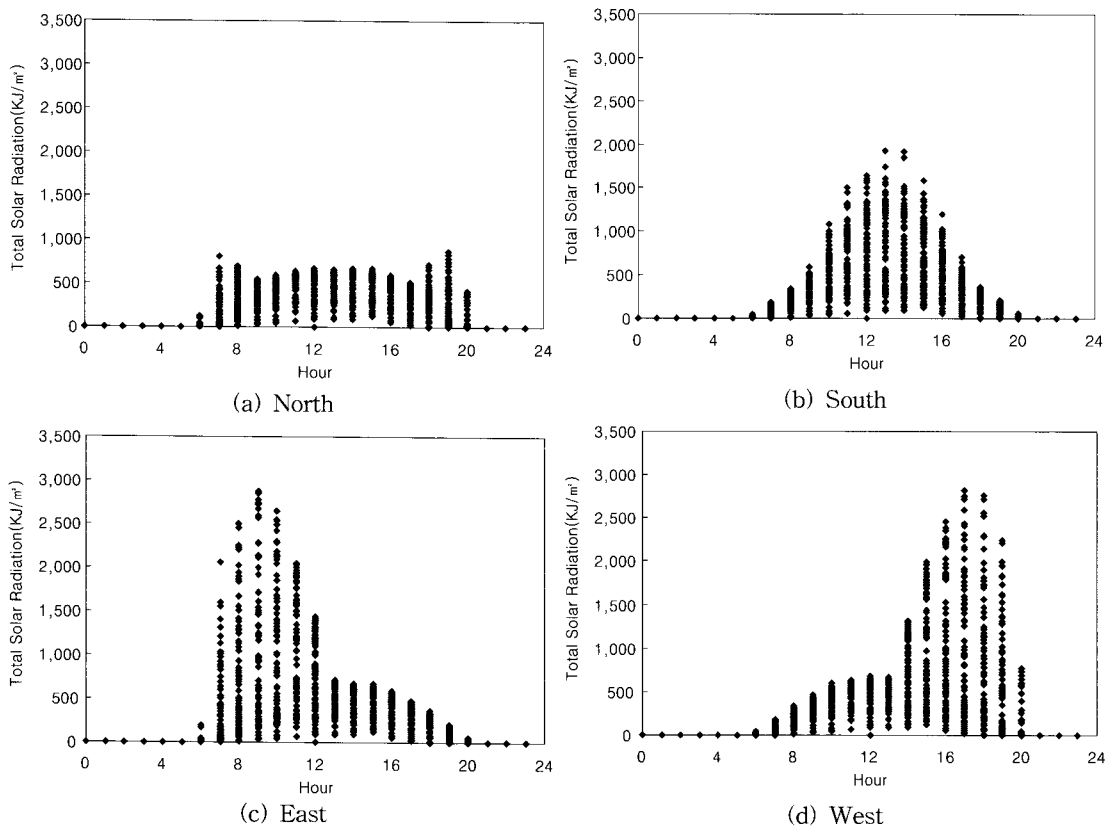


Fig. 4 Solar radiation in summer, Seoul.

건(Case4)을 설정하였다. Fig. 4는 여름철 향별 태양일사량으로 스케줄 제어를 위한 해석 조건으로 적용하였다.

스케줄 제어는 Fig. 4의 결과를 이용하여 단열차양을 통한 에너지 저감량을 최대화 하는 시간 범위를 설정하였다.

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

3.1 에너지절약형주택 냉난방부하 분석

시뮬레이션 대상 주택의 부하는 Table 6 및 Fig. 5와 같다. 난방의 경우 실내발열과 일사획득에 의한 부하저감을 포함하여 42.5 kWh/m², 냉방의 경우 관류열손실, 침기, 환기 등에 의한 부하저감을 포함하여 12.3 kWh/m²인 것으로 계산되었다.

부하분석결과 난방의 경우 관류열부하가 전체부하의 49%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며 관

Table 6 Heating and cooling loads of an energy saving apartment(Sensible)

	Heating	Cooling
Infiltration	25.6	-0.5
Ventilation	7.2	-0.1
Internal gain	-10.8	6.7
Wall conduction	27.5	-2.1
Solar gain	-6.9	8.3
Total	42.5	12.3

류열부하 가운데 창호를 통해 손실되는 열이 Fig. 6과 같이 전체의 약 72%인 것으로 나타났다. 이는 외벽의 열관류율이 0.56~0.18 W/m²K인데 비해 창호의 경우 2.96~1.31 W/m²K로, 외벽에 비해 창호의 열성능이 현저히 떨어지고, 창호가 전체 외피 면적에서 차지하는 비중 또한 크기 때문인 것으로 판단된다.

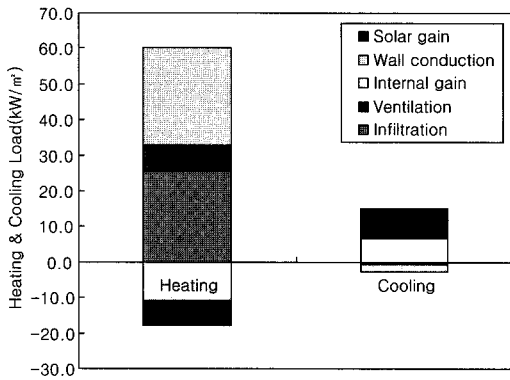


Fig. 5 Heating and cooling loads of an energy saving apartment(Sensible).

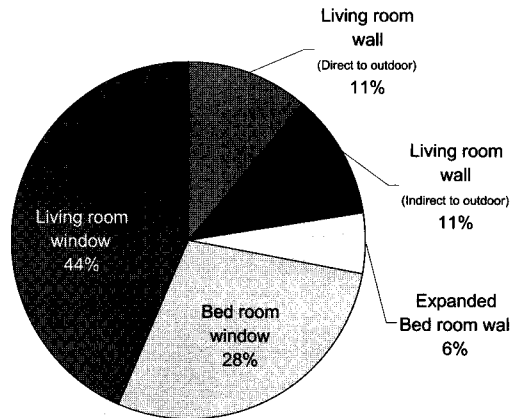


Fig. 6 Portion of heating loads on wall.

Table 7 U-value of windows with insulated shades(W/m²K)

Window classification	without shades	with shades
Expanded living room	1.31	0.72
Expanded bed room	0.96	0.60

3.2 단열차양 적용결과

단열차양의 적용은 전면창호 중 외부와 직접면 해 있는 창호인 거실확장창, 침실확장창에 적용하였다. 단열차양적용 후의 창호성능은 Table 7과 같이 향상되는 것을 볼 수 있다.

제어방법에 따른 난방부하의 변화를 살펴보면 스케줄제어를 한 Case1이 38.1 kWh/m², 외기온도와

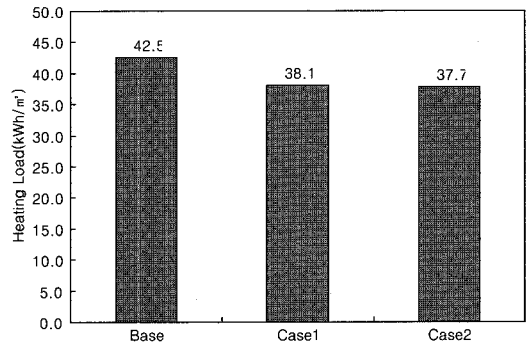


Fig. 7 Heating loads by control methods.

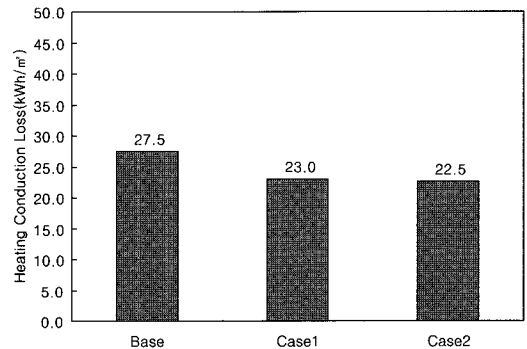


Fig. 8 Heating conduction loss.

Table 8 Peak loads by control methods

	Heating	Cooling
Base	4.3 kW	3.5 kW
Case1	3.8 kW	-
Case2	3.8 kW	-
Case3	-	2.4 kW
Case4	-	2.6 kW

일사량을 검출하여 제어한 Case2가 37.7 kWh/m²로 큰 차이를 나타내지 않았다. 기존 난방부하 대비 Case1, Case2는 각각 10.5%, 11.3% 절감되는 것으로 나타났다. 난방시의 관류열부하는 Case1 23.0 kWh/m², Case2 22.5 kWh/m²로 기존대비 각각 16.4%, 18.2% 절감되었다.

냉방부하의 변화를 살펴보면 스케줄제어를 한 Case3이 7.9 kWh/m², 외기 온도와 일사량을 검출하여 제어한 Case4가 9.2 kWh/m²로 나타났으며, 기존 냉방부하 대비 Case3, Case4는 각각 38.3%, 29.1.0% 절감되는 것으로 나타났다. 세부적인 부하

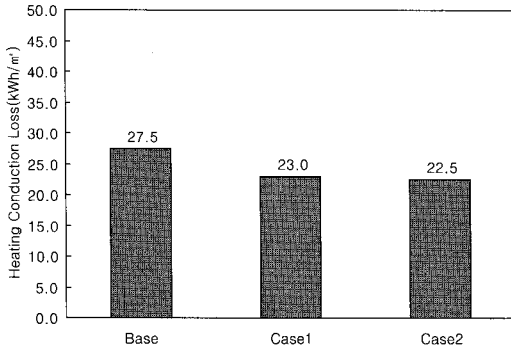


Fig. 9 Cooling loads by control methods.

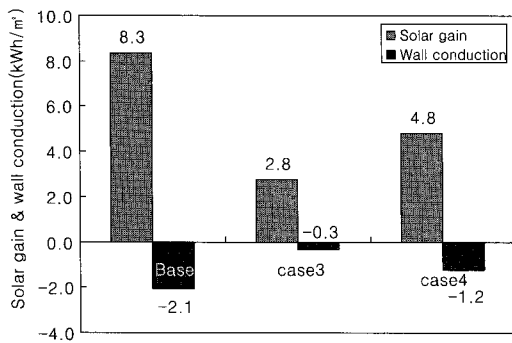


Fig. 10 Solar gain and wall conduction loads (Cooling).

의 변화를 살펴보면 Fig. 10과 같이 Case3의 일사유입이 2.8 kWh/m²로 가장 적으나, 외기온도가 실내온도보다 낮은 경우에도 단열차양을 가동하여 실내의 열이 외기로 빠져나가지 않는 것을 볼 수 있다. 반면 Case4는 일사유입은 많지만 창을 통한 열손실 또한 Case3에 비해 상대적으로 큰 것을 알 수 있다.

피크부하는 단열차양 설치에 따라 난방의 경우 4.3 kW에서 3.8 kW로 9.5% 줄어들었다(Table 8). 냉방의 경우 제어방식에 따라 25.7%~31.5% 감소하는 것으로 나타났다.

4. 결론 및 고찰

본 연구에서는 동적열부하해석 프로그램을 이용하여 에너지절약형주택에 단열차양을 설치하였을 경우 제어방법에 따른 냉난방부하를 평가하였다.

1) 단열차양 적용 시 에너지절약형주택의 난방부하는 약 10.5~11.3%, 냉방부하는 약 29.1~38.3%

절감되는 것으로 나타났다.

2) 단열차양 적용시 난방피크부하는 약 9.5% 줄어들었으며 냉방피크부하는 25.7~31.5% 감소하는 것으로 나타났다.

3) 단열차양 제어는 스케줄제어와 외기온도, 일사량 검출 제어를 비교하였다. 난방에너지절감량은 각각 4.5 kWh/m², 4.8 kWh/m²로 큰 차이가 없는 것으로 나타났으며 냉방의 경우 스케줄제어가 더 우수한 것으로 나타났다. 따라서 단열차양 적용시, 센서를 설치해야하는 외기 조건 검출제어 보다 계절별 단순 스케줄제어가 더 효율적일 것으로 판단된다.

본 연구에서는 단일 시간대의 스케줄제어만을 분석하였으나, 단열차양 작동 시 인공조명사용에 따른 에너지사용, 조망차단 등의 문제가 발생할 수 있으므로 에너지 절감효과가 높은 시간대에 집중적인 제어가 필요할 것으로 판단된다. 향후 연구에서는 시간대별 단열차양의 부하저감효과를 분석하여 최적제어 방안 도출이 필요하다고 사료된다.

참고 문헌

1. Yim, S. J., Oh, J. H., Seo, H. S. and Kim, B. S., 2002, A Study on designing a proper external shading to reduce cooling load of transparent glass offices, Proceeding of KIEAE, Annual meeting.
2. An, Y. S., Park, T. S., Kim, B. S. and Yoon, J. H., 2006, Thermal Performance Evaluation of High Performance Window System Applied for the Extended Balcony of a Apartment building, Proceeding of KIEAE, Annual meeting.
3. Kim, B. K. and Kim, J. T., 2006, Effect of blinds' slat angle on daylighting environment:a mock-up test, Proceeding of KIEAE, Annual meeting.
4. Cheong, C. H., Kim, T. Y. and Leigh, S. B., 2008, Expectation about Heating and Cooling Load Reduction in Apartment by Using the Window with Lower U-value and the External Shading Device, Proceeding of KIASEBS, Annual meeting.
5. ASHRAE, ASHRAE Handbook 2001 Fundamental.