

에너지절약형 주택에서의 단열차양 적용과 제어방법에 따른 냉난방부하 분석

권 경 우, 원 종 서[†]
대림산업 기술연구소

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

Kyung-Woo Kwon, Jong-Seo Won[†]

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

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 11.0~15.5% on an energy saving apartment. The heating peak load was reduced about 9.5% by insulated shades, but the cooling peak load is hardly ever decreased. Because in the condition of cooling peak load, latent cooling loads accounts for large score of cooling loads. Difference of the energy loads by a schedule control method and an outdoor detection control was no more than 5% for a base model. 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

지구온난화에 대한 관심이 높아지면서 이산화탄소의 주된 배출원인 화석연료의 사용을 최소화하려는 노력이 전 세계적으로 활발히 일어나고 있다. 지구온난화의 주된 원인은 화석연료의 연

소로, 에너지를 사용하는 대부분의 활동을 그 원인으로 볼 수 있다. 우리나라의 경우, 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 창외 열관류율은 벽체에 비해 월등히

[†] Corresponding author

Tel.: +82-2-2011-8235; fax: +82-2-2011-8068

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

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.

에너지절약형 주택의 경우, 단열재 두께의 증가, 고성능창호의 사용 등으로 표준주택 대비 30%이상의 에너지를 절감하였지만, 창호를 통한 열손실비율이 여전히 높아 성능개선의 여지가 많이 남아있다. 최근 개발되고 있는 진공창호 경우 창호에서의 에너지 손실을 개선할 수 있는 대안이지만 경제성, 내구성 등의 문제로 적용에 어려움이 있다. 따라서 에너지절약형 주택의 추가적인 성능향상을 위해서는 창호의 재질변경 이외에 새로운 접근이 필요하다.

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. 본 연구에서는 에너지절약형 주택에서 단열차양을 적용하였을 경우 냉난방에너지 부하를 평가하고, 효과적인 제어방법을 도출하고자 한다.

2. 연구방법

본 연구에서는 열부하해석 시뮬레이션(Trnsys 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㎡형(발코니확장 면적포함) 주택으로

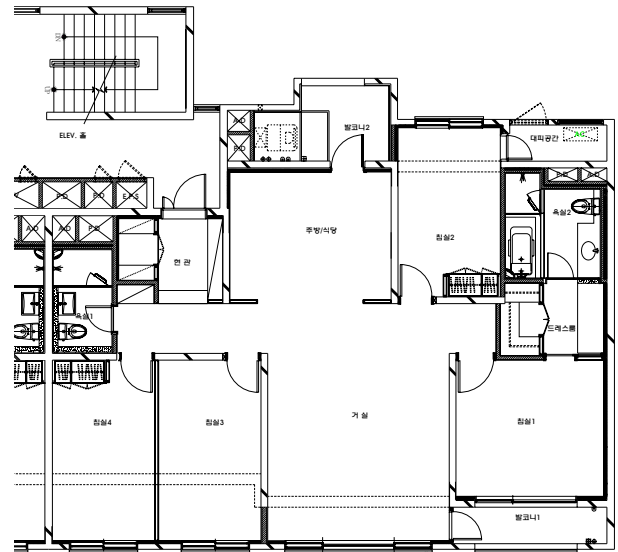


Fig. 1 Plane figure of an apartment

선정하였다. 세대 위치는 기준층 중간세대, 지역은 서울, 향은 남향을 기준으로 하였다. 시뮬레이션 대상주택의 벽체 단열조건은 Table 1과 같다.

Table 1 U-value of walls (W/m²K)

부위별 구분		단열 치수 (mm)	열관류율 (법규대비 절감율)	법규 기준
최상층 천장	외기에 직접면함	115	0.25 (14.1%)	0.29
	외기에 간접면함	80	0.34 (16.5%)	0.41
거실 외벽	외기에 직접면함	70	0.40 (14.6%)	0.47
	외기에 간접면함	45	0.56 (12.1%)	0.64
	발코니 확장형	170	0.18 (62.1%)	0.47
측벽		95	0.31 (12.6%)	0.35
층간 바닥	바닥난방	20	0.81 (0.0%)	0.81
최하층 바닥	외기에 직접면함 (바닥난방)	65/50	0.23 (33.2%)	0.35
	외기에 간접면함 (바닥난방)	65/50	0.23 (55.0%)	0.52

Table 2 Performance of windows

창호구분	U-value (W/m ² K)	G-value
일반창호	2.96	0.76
거실확장창	1.31	0.58
침실확장창	0.96	0.49

창호의 성능은 Table 2와 같다. 일반창호는 복층유리로 간접외기에 접한 창호 및 발코니 샷시에 적용되었으며, 거실확장창은 3중유리, 침실확장창은 로이복층이중창이 적용되었다.

냉난방 조건 및 환기 설정조건은 아래의 표와 같다. 냉방의 습도제어는 온도제어시에만 작동하는 것으로 가정하였다.

2.2 단열차양 개요 및 성능 조건

단열차양의 재질은 단열성능을 강화하기 위해 5개의 레이어로 구성되어 있다. 단열차양의 구조는 Fig 2 와 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. 본 연구에서는 실험데이터의 미비로 주택 전체의 기밀성능의 변화는 배제하고 단열차양으로 인한 창호의 R-value 및 Shading factor 값의 변화만을 입력하였다. 단열차양의 R-value는 0.62 m² K/W, Shading factor는 0.90을 입력하였다.

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%

Table 4 Performance of insulated shades

Factor	Value
R-value(m ² K/W)	0.62
Shading factor	0.90

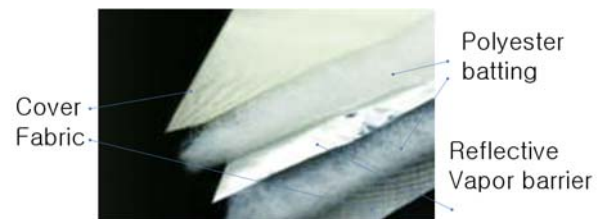


Fig. 2 Layers of insulated shades

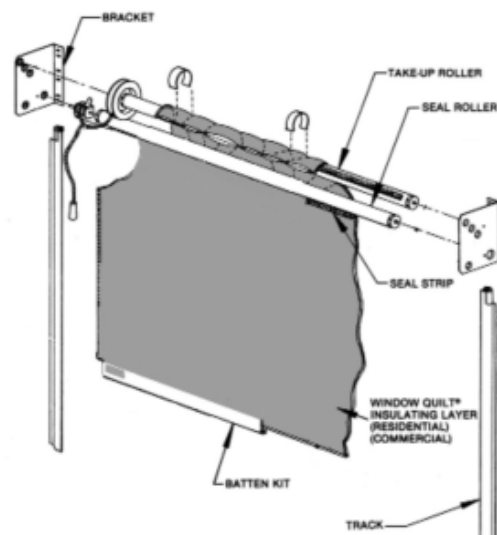


Fig. 3 Parts of insulated shades

2.3 단열차양의 제어방법

단열차양의 제어는 냉방과 난방을 구분하여 다음 4개의 case를 구성하였다. 제어방식은 일정한 시간에 On/Off를 반복하는 스케줄제어와 외기온도, 일사량을 검출하여 제어하는 방식으로 나누었다. 난방조건에서는 주간에 태양일사의 유입이 있더라도 창호를 통한 열 손실이 더 클 경우 단열차양을 작동시키는 것으로 하였고(Case2), 냉방조건에서는 냉방설정온도보다 외기온도가 낮더라도 일사유입이 창호를 통한 열손실량 보다 큰 경우 단열차양을 작동하도록 하였다(Case4).

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 OA > 25°C and Solar gain > Heat loss

3. 시뮬레이션 결과 및 분석

3.1 에너지절약형주택 냉난방부하 분석

시뮬레이션 대상 주택의 부하는 Table 6과 같다. 난방의 경우 실내발열과 일사획득에 의한 부하저감을 포함하여 42.5 kWh/m², 냉방의 경우 관류열손실, 침기, 환기 등에 의한 부하저감을 포함하여 28.4kW/m² 인 것으로 계산되었다. 냉방의 경우 관류열부하 침기, 환기로 인해 냉방부하가 증가할 것으로 예상되었다. 하지만 실내 발열과 일사의 영향으로 외기보다 실내온도가 높은 상황에서 냉방을 하게 되는 경우가 발생하여 냉방기간 전체로는 부하를 저감시키는 효과로 나타났다.

부하분석결과 난방의 경우 관류열부하가 전체 부하의 49%를 차지하고 있는 것으로 나타났으며 관류열부하 가운데 창호를 통해 손실되는 열이 Fig. 4 와 같이 전체의 약 71% 인 것으로 나타났

Table 6 Heating and Cooling loads of an energy saving apartment

	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
Latent	0.0	16.1
Total	42.5	28.4

다. 이는 외벽의 열관류율이 0.56~0.18 W/m²K 인데 비해 창호의 경우 2.96~1.31W/m²K 로, 외벽에 비해 창호의 열성능이 현저히 떨어지고, 창호가 전체 외피면적에서 차지하는 비중 또한 크기 때문인 것으로 판단된다.

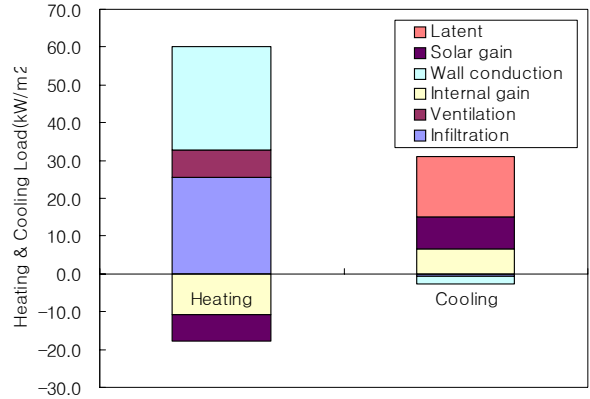


Fig. 4 Heating and Cooling loads of an energy saving apartment

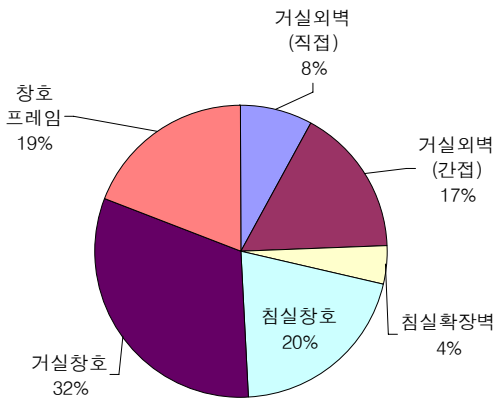


Fig. 5 Portion of heating loads on walls

3.2 단열차양 적용결과

단열차양의 적용은 앞의 외부와 직접면해 있는 창호인 거실확장창, 침실확장창에 적용하였다. 단열차양적용 후의 창호성능은 Table 7과 같이 향상되는 것을 볼 수 있다.

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

창호구분	적용전	적용후
거실확장창	1.31	0.72
침실확장창	0.96	0.60

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

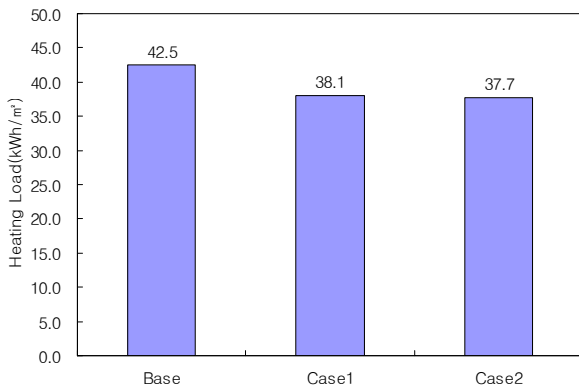


Fig. 6 Heating loads by control methods

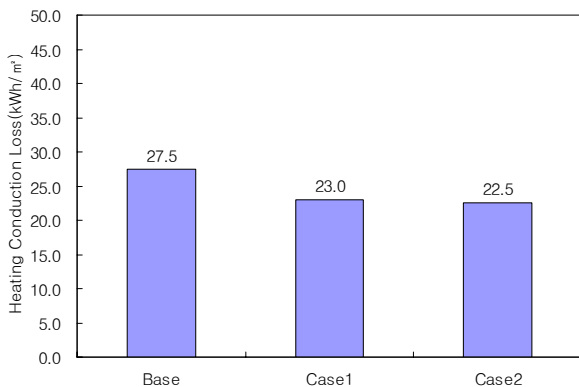


Fig. 7 Heating conduction loss

냉방부하의 변화를 살펴보면 스케줄제어를 한 Case3이 24.0 kWh/m², 외기 온도와 일사량을 검출하여 제어한 Case4가 25.3 kWh/m²로 나타났으며, 기존 난방부하 대비 Case3, Case4는 각각 15.5%, 11.0% 절감되는 것으로 나타났다. 세부적인 부하의 변화를 살펴보면 Fig 와 같이 Case3의 일사유입이 2.8 kWh/m²로 가장 적으나, 야간과 같이 외기온도가 실내온도보다 낮을 경우 단열차양의 가동시간이 길어지는 만큼 실내의 열이 외기로 잘 빠져나가지 못하는 것을 알 수 있다.

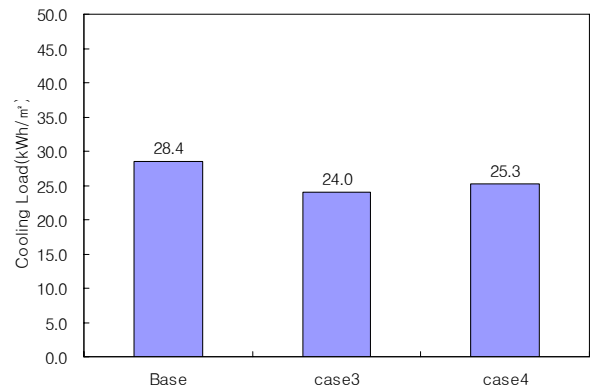


Fig. 8 Cooling loads by control methods

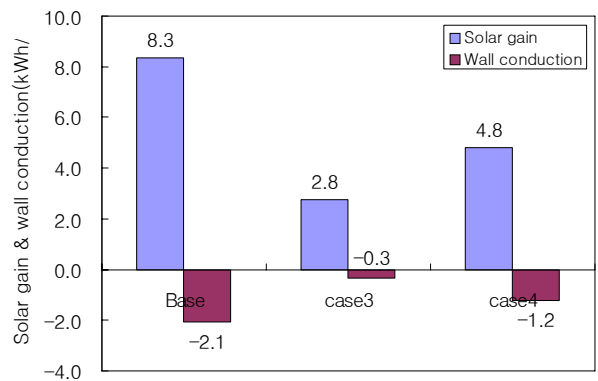


Fig. 9 Solar gain and wall conduction loads

피크부하는 단열차양 설치에 따라 난방의 경우 4.2 kW에서 3.8kW로 9.5% 줄어들었다. 냉방의 경우 단열차양 설치유무와 관계없이 17.4kW로 계산되었다. 냉방피크부하의 경우 피크부하 시 잠열부하가 월등히 높아 현열부하를 제어하는 단열차양의 효과는 미미한 것으로 나타났다.

Table 8 Peak loads by control methods

	Heating	Cooling
Base	4.2 kW	17.4 kW
Case1	3.8 kW	-
Case2	3.8 kW	-
Case3	-	17.4 kW
Case4	-	1.73 kW

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 11.0~15.5% 절감되는 것으로 나타났다.

(2) 난방피크부하는 단열차양 적용시 약 9.5% 줄어들었으나, 잠열비중이 큰 냉방조건에서는 피크부하 저감효과가 거의 없는 것으로 나타났다.

(3) 단열차양 제어는 스케줄제어와 외기온도, 일사량 검출 제어를 비교하였으나 에너지절감량은 기존대비 5% 이내로 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 단열차양에 자동제어 설비를 적용할 경우, 센서를 설치해야하는 외기 조건 검출제어보다 계절별 단순 스케줄제어가 더 효율적일 것으로 판단된다.

(4) 본 연구에서는 단일 시간대의 스케줄제어만을 분석하였으나, 단열차양 작동 시 인공조명 사용에 따른 에너지사용, 조망차단 등의 문제가 발생할 수 있으므로 에너지 절감효과가 높은 시간대에 집중적인 제어가 필요할 것으로 판단된다. 향후 연구에서는 시간대별 단열차양의 부하저감효과를 분석하여 최적제어 방안을 도출하는 과정이 필요하다.

후 기

본 연구는 국토해양부 첨단도시개발사업의 연구비지원 (06건설핵심 B02)에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

1. Na, K. D., 2008, An Analysis of Heating and Cooling Load at Public Residential Building by Heat Reflective Radiant Movable Insulation, Journal of KIASEBS, Vol. 2, No. 4, pp. 27-32.
2. Yoon, J. H., 2008, Thermal Performance Evaluation of Movable Insulation System in Apartments, Journal of KSES, Vol. 28, No. 5, pp. 28-35