

건물 냉·난방 에너지 사용량 분석을 통한 전기변색유리 창호의 성능 평가

Performance Evaluation of Electrochromic Smart Window through Analysis Heating and Cooling Energy Consumption of Building

○ 최영재* 홍종인** 이춘엽*** 김보은*** 김수우*** 문진우****
Choi, Young Jae Hong, Jongin Lee, Choonyeob Kim, Boeun Kim, Suwoo Moon, Jin Woo

Abstract

Reduction of the building energy consumption is required in worldwide. Heating and cooling energy is occupied about 50% of the building energy consumption. Especially, windows are the important element taking a large part of energy consumption in the building. In this study, a performance evaluation of an electrochromic smart window and three types of Low-e window were analyzed by measuring heating and cooling energy using a computer simulation. As a result, heating and cooling energy consumption was reduced when the electrochromic smart window was applied compared to three types of Low-e window. In conclusion, the applicability of the electrochromic smart window in buildings was confirmed.

키워드 : 전기변색, 스마트 창호, 건물 냉·난방에너지

Keywords : Electrochromic, Smart Window, Building Heating and Cooling Energy

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

전 세계적으로 건물이 소비하는 에너지량은 전체 에너지 사용량의 36%이다. 국내 건축물은 에너지 사용량의 약 21.4% 이상을 차지하고 있는 것으로 조사되고 있으며, 이 중 약 50% 가량이 냉난방에서 소비되고 있다. 제로에너지건축물 인증제가 시행되면서 건축분야에서는 에너지 소비량이 큰 창호와 관련된 에너지절감 기술에 대한 관심이 증대되고 있다.

특히, 유리의 단열성능을 향상시키기 위해 로이코팅, 로이유리를 적용중이나 산화 및 변형되기 쉬운 금속(Ag)막의 특성으로 인해 자유로운 강화 가공에 어려움이 있으며 취급에 있어서도 제약점이 많은 한계점이 있다. 이의 대안으로 색 변화뿐만 아니라 열 차단 효과를 겸비한 전기변색유리를 활용하여 건물 입면의 창호로 이용할 경우 에너지 절약이 가능할 것으로 기대된다.

따라서 본 연구에서는 로이유리와 전기변색 유리 적용 시 건물 냉난방부하 절감율을 비교·분석하고 이에 따른 건물에너지 절감에 효율적인 최적 창호 조합 제안을 목적으로 한다.

1.2 연구 방법

본 연구에서는 전기변색소자의 물리적 특성과 창호 적용 시 나타날 수 있는 장단점을 분석한 후 로이유리 창호와 전기변색유리 창호의 성능을 비교·분석하였다. 유리 조합은 5가지 유형을 설정하였으며 컴퓨터 시뮬레이션 프로그램을 통해 적용 창호에 따른 건물 냉난방에너지 소비량 분석을 실시하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 전기변색

전기변색의 원리는 산화와 환원반응에 있다. 전기변색 물질은 전기장 인가에 의해 H⁺ 또는 Li⁺ 등의 이온이 주입되거나 이탈되면서 색상 및 투과도에 변화가 나타난다. 이 물질은 환원착색물질과 산화착색물질로 분류할 수 있는데 물질의 종류를 달리하여 다양한 색상을 구현할 수 있다.

이를 창호에 적용 했을 시 가시광선 투과율이 5~80%로 가변 가능하며 태양열취득계수(SHGC)의 조절이 가능해 여름철 냉방부하를 저감할 수 있다. 또한 저전압에서 작동이 되고 수명이 길다는 장점이 있다. 그러나 응답속도가 느리고 가격이 비싸며 제작 과정이 어렵다는 한계가 있어 이의 개선을 위한 다양한 연구가 수행되고 있다.

3. 시뮬레이션

3.1 시뮬레이션 개요 및 조건

본 연구는 에너지 성능평가에 적합한 DOE의 동적 시뮬레이션 프로그램인 eQUEST 프로그램을 사용하였다. 분석 대상인 건물의 개요는 <표 1>과 같다. 위치는 서울로 설정하였고 건축면적은 1,000m²이며 정방형인 5층의 중형 오피스 건물이다. 외피 단열값은 건축물의 에너지절약설계기준을 참조하였다. 창면적비는 50%로 설정하였으며 냉난방 시스템은 DX coil을 사용하였다. 냉난방 운영 스케줄은 난방기 1-2월, 11-12월, 냉방기 3-10월로 설정하였다.

* 중앙대학교 대학원 학석사과정

** 중앙대학교 화학과 교수

*** ㈜오리온 연구원

**** 중앙대학교 건축학과 교수

(교신저자 : gilerbert73@cau.ac.kr)

표 1. 기준 모델 개요

Location	Seoul, South Korea	
Weather	Seoul, South Korea	
Area & Other Data	Year	2018
	Building Area	10,764 ft ²
	Number of Floors	5F
Building Footprint	Building Orientation	South
	Flr-to-Flr	12.47ft
Building Envelope Constructions	Roof Surface (R-value)	37.85 hft ² /Btu
	Above grade wall (R-value)	23.66 hft ² /Btu
	Ground floor (R-value)	28.39 hft ² /Btu
System	Heating/Cooling system type	DX Coils(Heat pump)/DX Coils
	Heating/Cooling Setpoint	68.0°F / 78.8°F
	Heating/Cooling Setback	60.0°F / 29.4°F
Occupied Load	Lighting	Office-10.2W/m ²
		Core-2W/m ²
		Robby-5W/m ² ()
	People	0.102person/m ²
Office Equipment (Computer)	39W/m ²	
Schedule	Heating Period	January - February November - December
	Cooling Period	March - October

3.2 창호 조합별 성능 및 전기변색유리 적용 스케줄
 본 연구에서는 유리조합에 따른 창호 성능 및 건물 냉난방에너지 분석을 위해 5가지 유형의 창호를 설정하고, 3면 Low-e 코팅 유리가 적용된 L-2를 기준으로 성능이 비교·분석되었다. 창호는 DOE에서 제공하는 Window 라이브러리를 활용하여 유사 창호를 적용하였으며 이에 따른 상세 유리 조합과 성능은 <표 2>과 같다. 전기변색창호는 변색 유무에 따라 EC, EB로 구분하였다.

표 2. 창호 유형별 성능

Type	Glazing (No. Thickness)	U-Factor (W/m ² K)	SHGC	SC	VLT
EC	Electrochromic (Colored) 5 + Ar 12 + Low-e 6	1.27	0.12	0.14	0.10
EB	Electrochromic (Bleached) 5 + Ar 12 + Low-e 6	1.27	0.52	0.60	0.66
L-1	Low-e 6 + Ar 12 + Clr 5	1.36	0.58	0.67	0.74
L-2 (기준)	Clr 5 + Ar 12 + Low-e 6	1.36	0.61	0.71	0.74
L-3	Low-e 6 + Ar 12+ Low-e 6	1.23	0.50	0.58	0.71

또한 <표 3>와 같이 오피스 건물의 에너지 소비 특성상 냉방부하가 높은 하절기를 위주로 전기변색유리 적용 창호에 변색 스케줄을 설정하였다.

표 3. 전기변색 적용 스케줄

Month	Time
March - May	11:00 ~ 15:00
June - September	08:00 ~ 18:00
October	11:00 ~ 15:00

시뮬레이션 결과는 <표 4>와 같이 전기변색이 작동된 경우 냉난방부하가 20.39kWh/m²yr로 나타났고 기준 모델인 L-2는 23.84kWh/m²yr로 나타났다. 또한 L-2에서 유리 조합을 달리한 L-1과 L-3는 각각 23.53kWh/m²yr 그리고 23.18kWh/m²yr로 나타났다.

표 4. 시뮬레이션 결과 (단위 : kWh/m²yr)

Type	Heating Energy	Cooling Energy	Total
EC + EB	7.71	12.68	20.38
L-1	8.47	15.06	23.53
L-2	8.31	15.53	23.84
L-3	8.53	14.64	23.18

4. 결 론

본 연구에서는 전기변색유리가 적용된 창호의 성능을 분석하기 위하여 로이유리와 전기변색유리 창호 적용 시 건물의 냉·난방 에너지 사용량을 시뮬레이션을 활용하여 비교·분석하였다. 그 결과는 다음과 같다.

전기변색유리 창호 EC+EB는 기준 타입 L-2대비 냉·난방에너지 부하가 각각 2.85kWh/m²yr(-7.3%), 0.6kWh/m²yr(-18.4%) 만큼 감소하였으며 총 냉·난방에너지 부하가 3.46kWh/m²yr(-14.5%) 감소하였다. SHGC와 SC의 높은 성능에도 불구하고 EC+EB의 난방부하가 감소하는 현상은 여름철에 비해 야간시간이 늘어나는 겨울철의 열손실에 있어서 EC+EB가 유리하기 때문으로 사료된다.

L-1은 L-2대비 냉방은 15.06kWh/m²yr(-3.0%) 감소하고 난방은 8.47kWh/m²yr(1.9%) 증가해 총 냉난방부하는 23.53kWh/m²yr(-1.3%) 감소하였으며, L-3의 경우 L-2대비 냉방은 14.64kWh/m²yr(-5.7%) 감소하고 난방부하는 8.53kWh/m²yr(2.6%) 증가해 총 냉난방부하는 23.18kWh/m²yr(-2.8%) 감소하였다.

결론적으로 전기변색유리가 적용된 창호가 Low-e유리가 적용된 3가지 유형의 창호보다 냉난방부하 저감 측면에서 더 큰 효과를 나타내는 것을 확인 할 수 있었으며 이는 전기변색유리가 건물 입면 창호로써의 적용 가능성이 높음을 기대할 수 있다. 따라서 향후 전기변색유리 적용 창호에 대하여 다양한 용도의 건물을 대상으로 에너지 및 미적요소가 동시에 고려된 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. 유성중, 전기변색 전극촉매분야 최신 연구동향, 국가지정 화학공학연구정보센터
2. 김태엽, 전기변색 소재 및 소자화기술, 한국 전자통신연구원 실감영상소자연구실
3. 장철용 외 4명, 난방에너지 사용량 분석을 통한 후강화 로이 유리 창호의 단열성능 평가, 한국태양에너지학회 학술대회는 문집, 200-205 (6pages), 2012.3.