

전기변색유리의 가시광선투과율에 따른 건물 조명에너지 분석

Analysis of Lighting Energy according to VLT of the Electrochromic Windows

○박보량* 최영재** 최은지** 문진우***
Park, Bo Rang Choi, Young Jae Choi, Eun Ji Moon, Jin Woo

Abstract

The Electrochromic Windows (ECWs), which can adjust a visible light transmittance for improving of the energy performance of the buildings, has been developed and begun to be applied. This study aimed at analyzing the lighting energy consumption by ECWs application to building envelope. When the ECWs were applied for the fenestration, the energy consumption by lighting fixtures increased by 14.53% compared with that by the base model, and the total building energy including heating and cooling energy decreased to 8.89%. In conclusion, the ECWs were more energy-efficient method for providing the comfortable visible and thermal environment.

키워드 : 전기변색유리, 건물에너지, 조명에너지

Keywords : Electrochromic windows, Building energy, Lighting energy

1. 서론

1.1 연구의 목적

최근 기술의 발달에 따라 고효율 창호 기술 외에도 유리 자체의 투과율을 조절할 수 있는 특성을 바탕으로 별도의 차양 장치 없이 일사를 조절할 수 있고 색 변화뿐만 아니라 열 차단 효과를 겸비한 전기변색유리(ECW, Electrochromic Windows)가 새로운 스마트 창호기술로 관심이 증대되고 있다[1]. ECW 관련 연구는 제작 및 재료에 대한 연구가 주를 이루어 건축 외피용으로써의 성능에 따른 건물 에너지 소비특성에 대한 상세분석은 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구에서는 투과일사량을 유동적으로 조절 가능한 ECW의 광학적 특성인 가시광선투과율(VLT, Visible Lighting transmittance)에 따른 조명 에너지 및 건물 에너지의 성능을 분석하고자 한다.

1.2 연구의 방법

본 연구에서는 건물에너지 해석 프로그램인 e-QUEST를 이용하여 일반적으로 적용되고 있는 다양한 타입의 Double Low-E 창호와 ECW의 가시광선투과율에 따른 조명에너지와 냉난방 통합 건물에너지 성능분석을 수행하였다.

2. 성능 비교·분석 방법

2.1 시뮬레이션 모델링

시뮬레이션 대상 건물은 서울에 위치한 표준 규모 및 형태의 일반 오피스 건물로 표 1과 같이 물리적 지표 및 운전설정 조건을 구축하였다. 에너지절약설계기준(2018 개정)에 따라 열관류율을 설정하고 Heating & Cooling system은 대상 건물에 적합한 eQUEST가 제공하는 DX

Coil로 선정하였다. 사용되는 기상데이터는 서울지역의 표준 기상년 데이터를 활용하였다.

2.2 창호 유형별 물리적 특성 및 가시광선투과율

VLT는 창호를 통한 시환경 쾌적도를 결정짓는 중요한 요소이며 자연채광에 의한 실내조명은 냉난방 에너지 저감형 건물 계획에서 기본적으로 고려해야 할 사항 중 하나에 선정하여 분석하였다. ECW의 성능평가를 위해 기존에 널리 적용되고 있는 3가지 타입의 더블로이유리를 비교군으로 선정하였다. 그 중 C-2를 Base case로 설정하였다. 각 창호의 상세 물성은 표 2에 정의되어 있다. ECW는 DOE-2.2 Volume 4: Libraries & Reports, Window library의 'Table 10 Windows - Electrochromic Glazings' 물성자료를 이용하여 ECW가 가동(ECC)·비가동(ECB) 조건에 따라 'Double Low-E(e2=.029) Electrochromic Absorbing Bleached(2844)/Colored(2845)'로 적용하였다[2]. ECW의 변색 가동스케줄은 오피스건물의 특성상 냉방부하가 높은 하절기를 주로 고려하여 표 3과 같이 설정하였다.

표 1. 시뮬레이션 모델의 변수

위치	Seoul	
기상데이터	TMY2 Weather file	
규모	Building size	5,000m ² / 5F
	Flr-To-Flr	3.8m
	Roof surface	6.67 m ² K/W
건물 외피 구조 (R-value)	Above grade wall	4.17 m ² K/W
	Ground floor	5.00 m ² K/W
스케줄	Heating	January 01 - February 28 November 01 - December 31
	Cooling	March 01 - October 31
창면적비	50%	
시스템	Heating/Cooling system	DX Coils(Heat pump) / DX Coils
	Heating/Cooling setpoint Temperature	20℃ / 26℃
내부밀도	Lighting	Office-10.2 W/m ²
	People	0.102 person/m ²
	Office equipment	39 W/m ²

* 중앙대 대학원 박사과정

** 중앙대 대학원 석사과정

*** 중앙대 건축학과 부교수, 공학박사

(교신저자 : gilerbert73@cau.ac.kr)

This work was supported by a grant (17CTAP-C129910-01) from the Technology Advancement Research Program(TARP) funded by the Ministry of Land, Infrastructures, and Transport(MOLIT) of Korea.

표 2. 창호 유형별 물성치

유형	로이 코팅면	Glazing Layer	U-Value [W/m ² K]	SHGC	SC	VLT
C-1	2	Low-E 6 + Ar 12.7 + Clr 6	1.36	0.58	0.67	0.74
C-2	3	Clr 6 + Ar 12.7 + Low-E 6	1.36	0.61	0.71	0.74
C-3	2,3	Low-E 6 + Ar 12.7 + Low-E 6	1.23	0.50	0.58	0.71
ECW	ECC	3	1.27	0.12	0.14	0.10
	ECB			0.52	0.60	0.66

표 3. ECW 변색 가동 스케줄

월	변색시간
Mar. 01 - May. 31	11:00~15:00
Jun. 01 - Sep. 30	08:00~18:00
Oct. 01 - Oct. 31	11:00~15:00

3. 에너지성능 평가 결과

3.1 조명에너지 소비량 비교

VLT이 창호명 조명에너지에 미치는 영향이 표 4에 분석되었다. VLT는 기준모델(C-2)이 포함된 C유형 창호는 동일하거나 유사하다. ECW는 Colored와 Bleached 상태에 따라 다른 값을 가지며 모든 창호 중 ECW Colored가 0.10%로 가장 낮았다. 이에 따른 연간 조명에너지는 C유형 창호 3종류 모두 동일하게 37,8510 kWh/yr로 나타났으며 ECW가 43,350 kWh/yr로 가장 높아 기준모델 대비 5,500 kWh (14.53%) 증가하였다. 이는 colored 상태인 중간기, 여름철 동안 VLT가 낮아 실내조명 사용량이 늘어난 것으로 판단된다.

표 4. VLT에 따른 조명에너지 소비량

Type	VLT[%]	Amount of Energy[kWh/yr]
		Lighting
C-1	0.74	37,850
C-2	0.74	37,850
C-3	0.71	37,850
ECW	ECC	43,350
	ECB	

3.2 조명에너지와 냉난방에너지 소비량 통합 비교

조명에너지 결과와 연간 냉·난방 에너지의 통합 분석을 실시하였다. 난방에너지는 C-1, C-3모델이 조명에너지가 기준 모델과 동일함에도 미세하게 증가하였으며 ECW는 400 kWh (0.83%)감소하였다. 냉방에너지는 ECW가 조명에너지의 증가에도 불구하고 10,158 kWh (13.16%)감소하였다. 조명에너지와 냉·난방에너지를 통합하였을 경우에도 ECW가 114,912 kWh/yr로 기준모델 대비 11,207 kWh (8.89%)감소하는 것으로 나타나 시각쾌적 성능대비 가장 에너지 효율적인 창호로 확인되었다.

4. 결 론

본 연구에서는 ECW의 광학적 특성인 VLT에 따른 조명에너지 및 연간 냉난방에너지에 대한 관계를 시뮬레이션 프로그램 e-QUEST를 통하여 분석하였다.

Colored 상태의 ECW가 로이창호보다 낮은 VLT값에 가짐에 따라 연간 조명에너지는 기준모델대비 14.53% 증가하였다. 이는 Colored 스케줄에 따라 실내조명 사용량이 늘어나 나타나는 현상으로 판단된다. 조명에너지와 연간 냉·난방에너지 통합 분석 결과 ECW가 기준모델 대비 8.89% 감소하는 것으로 나타났다. 이를 통해 시각쾌적 성능대비 가장 에너지 효율적인 창호로 분석되었으며 로이유리 대비 건물에너지 저감 측면에서 우수한 성능을 가진 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과를 바탕으로 ECW의 향후 건축 외피로서의 에너지 절감 성능에 대한 개선 및 신뢰성 확보를 위해 다양한 용도의 건물을 대상으로 여러 조합의 물리적 특성에 대한 성능평가가 필요할 것으로 사료된다.

참고문헌

1. Rezaei, S.D., Shannigrahi, S., Ramakrishna S. (2017). A review of conventional, advanced, and smart glazing technologies and materials for improving indoor environment. Solar Energy Mater. Solar Cells, 159, 26-51.
2. DOE-2.2. (2009). Building Energy Use and Cost Analysis Program, Volume 4: Libraries & Reports.