

이중 및 삼중 로이창호의 일사획득에 따른 사무소건물의 냉난방에너지 성능분석

김효중* 박재성** 신우철*** 윤종호****

*한밭대학교 대학원 건축공학과(aeerulab@gmail.com), **(주)이건창호시스템 연구소(jspark@eagon.com),
대전대학교 건축공학과 (shinuc@dju.ac.kr), *한밭대학교 건축공학과 (jhyoon@hanbat.ac.kr)

Heating & Cooling Energy Performance Analysis of an Office Building according to SHGC level of the Double & Triple Glazing with Low-e Coating

Kim, Hyo-Joong, Park, Jason, Shin, U-Cheul, Yoon, Jong-Ho

*Dept. of Architectural Eng. Graduate School of Hanbat National University(aeerulab@gmail.com),
**EAGON Window&Door Systems Research Institute(jspark@eagon.com),
***Dept. of Architectural Eng. Daejeon University(shinuc@dju.ac.kr)
****Dept. of Architectural Eng. Hanbat National University(jhyoon@hanbat.ac.kr)

Abstract

An SHGC(Solar Heat Gain Coefficient) is a determinant of total flux of solar radiation coming indoor and a critical factor in evaluating heating and cooling load. U-value represents heat loss while SHGC denominates heat gain. Recently, windows with high solar gain, mid solar gain or low solar gain are being produced with the development of Low-E coating technology. This study evaluated changes in energy consumption for heating and cooling according to changes in SHGC when using double-layered Low-E glass and triple layered Low-E glass in relation to double layered clear glass as base glass. An Office was chosen for the evaluation. For deriving optical properties of each window, WINDOW 5 by LBNL, an U.S. based company, and the results were analyzed to evaluate performance of heat and cooling energy on an annual basis using ESP-r, an energy interpretation program.

Compared to the energy consumption of the double layered clear glass, the double layered Low-E glass with high solar gain consumed 69.5kWh/m²,yr, 9% more than the double layered clear glass in cooling energy. The one with mid solar gain consumed 63.1kWh/m²,yr, 1% less than the base glass while the one with low solar gain consumed 57.6kWh/m²,yr, 10% less than the base glass. When it comes to triple layered glass, the ones with high solar showed 2% of increase respectively while the one with mid solar gain and low solar gain resulted 5% and 11% in decrease in energy consumption due to low acquisition of solar radiation. With respect to cooling energy, it was found that the lower the SHGC, the less energy consumption becomes.

Keywords : 일사획득계수(SHGC), High Solar Gain, Mid Solar Gain, Low Solar Gain, 로이유리(Low-E Glass), 냉난방에너지(Heat & Cooling Energy), 사무소건물(Office)

1. 서론

로이유리는 우리나라에서 시장점유율이 1999년 기준 약 0.8%에 머물고 있으나 최근 로이유리에 대한 인식의 변화로 그 보급률이 급속도로 증가하고 있다. 하지만 로이유리에 대한 보다 세밀하고 체계적인 기술확립의 부족으로 완벽한 효과를 기대하지 못하는 경우가 많다. 창호의 단열성능을 평가할 수 있는 지표 중 일사획득계수(이하 SHGC; Solar Heating Gain Coefficient)와 열관류율 등이 있는데, 국내에서는 열관류율(U-value)에 의한 창호의 단열성능 평가는 활발히 이루어지고 있으나 SHGC에 의한 일사획득 분석은 아직 미흡한 실정이다. 한편 최근의 상업건물은 내부발열부하의 증가 및 외피 유리면적의 증가에 따라 일사차단성능의 중요성이 강조되고 있다. 따라서 창호의 단열성능과 일사차단성능의 상관관계에 대한 분석 필요성이 제기되고 있다. 본 연구는 로이코팅이 적용된 고단열 창호를 대상으로 SHGC의 수준에 따른 사무소건물의 냉난방에너지의 변화를 평가하는데 그 목적이 있다.

본 연구는 이중로이, 3중로이유리를 적용한 창호의 일사획득계수(SHGC)를 상중하로 구분하고 사무소건물에 적용할 경우 건물에 미치는 냉, 난방에너지를 평가하기 위해 다음과 같이 진행하였다.

1) 로이유리에 대한 이론적 고찰을 하였으며, 2) 해석 대상 창호로 창호의 성능 지표 중 SHGC를 High Solar Gain, Mid Solar Gain, Low Solar Gain의 3가지 케이스로 나누어 각 창호의 단열성능을 평가하였다. 3) 분석된 창호를 사무소건물에 적용하여 연간 냉난방에너지를 평가하였다.

2. 로이유리 및 일사획득의 이론적 고찰

2.1 일사획득계수(SHGC)와 로이유리

과거 창호의 일사획득을 나타내던 지표는

3mm 단창을 기준으로 일사획득의 상대적 정도를 나타낸 SC였다. 하지만 최근 일사획득 또는 일사차단을 나타내는 지표는 SHGC로 바뀌고 있다. SHGC는 유리를 투과한 태양복사열에 유리 투과 과정에서 흡수된 태양복사의 실내측 방출열을 추가한 지수이다. 3mm유리를 기준한 SC와 달리 직접 창외표면에 도달한 일사량에 SHGC를 곱해주면 실내측으로 획득된 총 태양복사량을 손쉽게 산출할 수 있기 때문에 국외에서는 이미 이 계수를 표준값으로 사용하고 있다.

한편 유리의 단열성능을 개선하기 위해 적용되는 로이코팅은 유리 표면의 방사율(emissivity)을 낮춤으로서 장파복사에 의한 열전달을 억제시켜 단열성능을 높이는 원리이다. 따라서 로이코팅은 창호의 열관류율값과 직접적인 관련이 되는 계수이다.

3. SHGC에 따른 창호의 단열성능 분석

본 연구에서는 이중 및 삼중창호에 있어 SHGC에 따른 단열성능을 평가하기 위해 미국의 LBNL에서 개발한 Window 5.0과 Therm 5.0 프로그램을 사용하였다¹⁾. 이들 프로그램은 ASHRAE의 기준 조건하에서 사용자가 명시한 환경조건에 대하여 창호 구조체의 2차원 정상상태에서 전열 해석이 가능한 프로그램으로 전 세계적으로 학계, 연구기관은 물론 창호를 생산하는 기업체 등에서 폭 넓게 사용되고 있는 프로그램이다.

Window5.0과 Therm5.0 프로그램을 이용한 SHGC에 따른 창호의 열성능 평가에 있어 그 해석대상을 표 1과 같이 24mm 투명유리와 이중로이유리, 52mm 삼중로이유리로 하였으며, 본 연구에서는 SHGC에 따른 창호를 3가지로 구분하여 해석을 하였다. 즉, SHGC가 70% 이상이 되는 High Solar Gain, 50%는 Mid Solar Gain, 이하를 Low Solar Gain으로 정의하였다.

표 1 해석대상 창호의 기준 사양

창호	두께(유리-공기층-유리)	로이코팅위치
이중유리	24mm (6-12-6)	실내측 전면
삼중유리	52mm (6-18.5-3-18.5-6)	

표 2. 각 유리의 물성치

구분	상품명 제조사	열관류율 (W/m²K)	SHGC	Tsol	Tvis	E.	출처
투명유리	Generic	5.808	0.815	0.771	0.884	0.840	Window5 Material Library
로이유리	H SG DMFTEI_2 AFG Industries	3.651	0.904	0.904	0.838	0.158	
	M SG LOW-E_5LOF Pilkington N.A	3.651	0.645	0.596	0.826	0.158	
	L SG EEI70-6.CIG Cardinal IG	3.651	0.403	0.379	0.772	0.158	

표 3. 실내외 경계조건

구분	Boundary condition	온도 (°C)	표면열전달율 (W/m²K)		출처
실내	U-Value inside film	21	투명유리	2.54	Therm5.0 Boundary Condition Library
			로이유리	2.40	
실외	NFRC 100-2001	-18	26.00		

표 4 해석대상 창호의 광학적 특성과 열관류율

	창호	SHGC	Tsol	Tvis	열관류율 (W/m²K)
-	이중투명 24mm	0.719	0.629	0.786	2.699
HSG	이중로이 24mm	0.719	0.702	0.747	1.886
	삼중로이 52mm	0.708	0.685	0.682	1.195
MSG	이중로이 24mm	0.549	0.379	0.737	1.886
	삼중로이 52mm	0.515	0.479	0.682	1.195
LSG	이중로이 24mm	0.264	0.130	0.685	1.886
	삼중로이 52mm	0.217	0.112	0.623	1.180

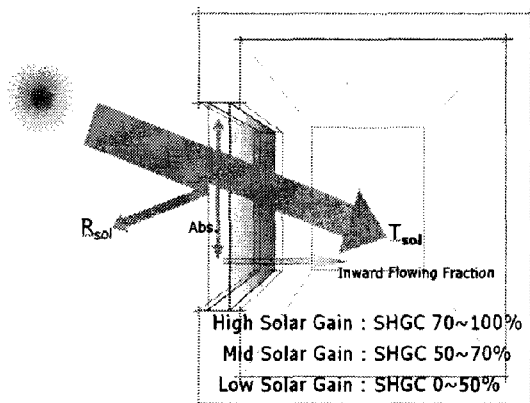


그림 1 일사획득계수의 등급별 구분범위

HSG(High Solar Gain)는 이중유리, 삼중유리 모두 SHGC가 71.9%, 70.8%로 70% 이상이고, MSG(Mid Solar Gain)는 SHGC가 각각 54.9%, 51.5%로 50%대였으며, LSG(Low Solar Gain)는 SHGC가 각각 26.4%, 21.7%로 나타났다. 각 창호의 열관류율은 일사획득계수에 따라 1%(0.015W/m²K)이내의 미미한 차이를 나타낸다.

4. SHGC에 따른 사무소건물의 냉난방에너지 성능평가

4.1 냉난방에너지 평가 방법 및 해석모델
로이창호의 일사획득 계수에 따른 사무소 건물의 냉난방에너지 소비량 평가를 위한 해석모델은 그림 2와 같으며 15층 규모의 사무소를 선정하였다. 해석모델은 남측을 향하고 있으며 사무공간과 북측의 코어, E/V 계단실의 3개 공간으로 구분된다.

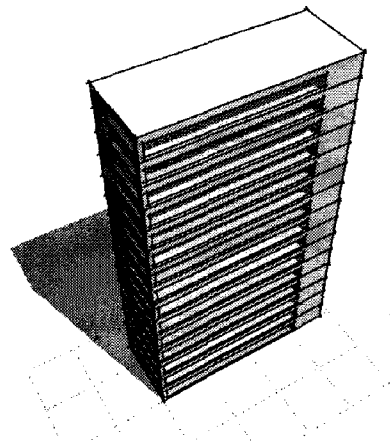


그림 2. 사무소건물 해석모델의 도해

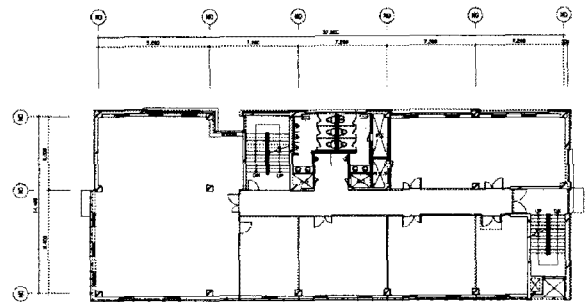


그림 3. 사무소 건물 평면도

표 5. 사무소건물 외피의 열물성치

구조체	구성	재료	두께	열전도율	밀도	비열	열관류율
			mm	W/mk	kg/m ³	J/kg-k	
외벽	1	화강석	30	2.9	2,650	900	0.504
	2	단열재	60	0.03	25	1,000	
	3	중량콘크리트	50	1.4	2,100	653	
	4	시멘트모르터	10	0.88	1,200	1,000	
내벽	1	중량콘크리트	200	1.4	2,100	653	0.298
	2	시멘트모르터	20	0.88	1,200	1,000	
층간바닥	1	시멘트모르터	30	0.88	1,200	1,000	0.356
	2	중량콘크리트	150	1.4	2,100	653	
지붕층	1	중량콘크리트	150	1.4	2,100	653	0.308
	2	단열재	90	0.04	12	840	

표 6. 재실자 및 조명, 기기의 발열부하

항목 Zone	재실자 (인)	조명 및 기기 부하(W/m ²)	난방설정 온도(°C)	냉방설정 온도(°C)
거실	70	16/18	24	26
기타 존	-	-	-	-

사무소건물의 냉난방에너지 해석에 사용된 기상데이터는 서울 30년 시간별 표준데이터로서 외기온도, 상대습도, 수평면전일사량, 풍속 등의 월별 및 연간 평균값을 적용하였다. 또한 해석에 사용된 실내외 조건은 표 6에서 보는 바와 같이 재실자 70명, 조명 및 기기발열부하가 각각 16W/m², 18W/m², 난방온도 24°C, 냉방온도 26°C로 설정하였다. 공조면적(사무공간)은 455m²이며, 연간 총에너지 소비량을 공조면적으로 나누어 단위면적당 에너지 소비량을 나타내었으며, 해석대상의 외피 열물성치는 표 5와 같다.

본 연구에서는 사무소건물의 냉난방에너지 소비량 분석을 위해 선행연구²⁾의 사무소 냉난방에너지 소비량 자료를 이용하여 해석모델의 사용 타당성을 검토하였다. 국내의 사무소건물의 냉난방에너지 부하는 대전을 기준으로 난방의 경우 약 64.87kWh/m²,yr로 분석되었으며 냉방의 경우 약 76.33kWh/m²,yr로 나타났다.

시뮬레이션 해석모델의 분석결과 난방은 약 59.73kWh/m²,yr, 냉방은 70.12kWh/m²,yr로 나타나 전체적인 결과의 오차율은 8% 이

내로 나타났다. 이 결과는 시스템의 효율 및 기상데이터의 오차에 따른 결과로 평가할 수 있으며 추후 진행되는 시뮬레이션에 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

한편, 본 연구에서는 사무소건물의 냉난방 에너지를 평가하는데 ESRU의 ESP-r 시뮬레이션 도구를 사용하였다. ESP-r은 EU에서 자연형태양열 시스템 해석을 위한 유럽내 표준프로그램으로 지정된 바 있으며, BEST TEST를 통해 신뢰성에 대한 세부적 검증도 실시하였다.

3.4 로이창호의 일사획득계수에 따른 사무소건물 냉난방에너지 소비량 평가 결과

앞서 분석된 창호를 사무소건물에 적용하여 창호의 일사취득계수에 따른 냉난방에너지 소비량을 분석하였다. 분석결과 표 7에서 보는 바와 같이 난방에너지와 냉방에너지를 합한 총에너지 소비량은 이중로이창호를 적용하였을 경우 HSG 약 124.4kWh/m²,yr, MSG 약 122.6 kWh/m²,yr, LSG 약 121.6kWh/m²,yr로 그 차이는 약 2%로 나타나 창호의 일사획득계수에 따른 총에너지 소비량은 거의 비슷한 것으로 나타났다. 또한 삼중로이창호를 적용하였을 경우에는 HSG 약 119kWh/m²,yr, MSG 약 118kWh/m²,yr, LSG 약 117.5kWh/m²,yr로 그 차이는 약 1%로 나타나 이중로이창호의 경우와 마찬가지로 창호의 일사획득계수에 따른 총에너지 소비량은 거의 비슷한 것으로 나타났다. 이를 이중투명창호를 적용하였을 경우의 총에너지 130.3kWh/m²,yr와 비교하여 보면 이중로이창호를 적용하였을 경우 약 6%, 삼중로이창호를 적용하였을 경우 약 10%의 에너지 절감효과가 있는 것으로 나타났다.

앞서 언급한 바와 같이 사무소건물은 야간 난방을 하지 않는 특성으로 인해 냉방위주의 건물로 분류되기 때문에 이를 난방에너지와 냉방에너지로 나누어 분석해보면 HSG의 이

중로이창호를 적용한 경우의 연간 난방에너지 소비량은 약 54.95kWh/m²,yr로 나타났으며, MSG의 이중로이창호를 적용한 경우의 연간 난방에너지 소비량은 약 59.65kWh/m²,yr, LSG의 이중로이창호를 적용한 경우의 연간 난방에너지 소비량은 약 64.06kWh/m²,yr로 나타났다. 이를 기준이 되는 이중투명창호를 적용했을 경우의 연간 난방에너지 소비량과 비교하면 HSG 약 18%, MSG 약 11%, LSG 약 4%가 감소되었다.

표 7. 일사획득계수에 따른 사무소건물 냉난방에너지 소비량 평가 결과

		HSG		MSG		LSG	
		난방	냉방	난방	냉방	난방	냉방
DC-24	SHGC	0.719					
	냉난방에너지 (kWh)	91,242	86,587				
	냉난방에너지 (kWh/m ² ,yr)	66.84	63.43				
		130.28					
	최대부하(KW)	8,553	7,918				
DL-24	SHGC	0.719		0.549		0.232	
	냉난방에너지 (kWh)	75,010	94,838	81,294	86,096	87,442	78,563
	냉난방에너지 (kWh/m ² ,yr)	54.95	69.48	59.56	63.07	64.06	57.56
		124.43		122.63		121.62	
	최대부하(KW)	7,525	8,202	7,871	7,713	8,198	7,260
TL-52	SHGC	0.708		0.515		0.203	
	냉난방에너지 (kWh)	74,024	88,428	78,510	8,2575	82,843	77,549
	냉난방에너지 (kWh/m ² ,yr)	54.23	64.78	57.52	60.49	60.69	56.81
		119.01		118.01		117.50	
	최대부하(KW)	7,207	7,597	7,447	7,268	7,672	6,961

한편, 삼중로이유리를 적용하였을 경우의 연간 난방에너지 소비량은 HSG, MSG, LSG 각각 54.23kWh/m²,yr, 57.52kWh/m²,yr, 60.69kWh/m²,yr로 나타났다. 이를 이중투명유리와 비교했을 때 HSG의 경우 약 19%, MSG의 경우 약 14%, LSG의 경우 약 9%가 감소하는 것으로 나타났다.

일사획득계수에 따른 사무소건물의 냉방에너지 소비량 분석결과, 이중로이창호를 적용하였을 경우 연간 냉방에너지 소비량은 HSG 약 69.48kWh/m²,yr, MSG 약 63.07kWh/m²,yr,

LSG 약 57.56kWh/m²,yr로 나타났으며 이를 기준이 되는 이중투명창호를 적용시켰을 경우의 연간 냉방에너지 소비량 63.43kWh/m²,yr와 비교하여 보면 HSG 경우 약 9%가 오히려 증가하였으나 MSG, LSG의 경우 각각 약 1%, 약 10%가 감소하는 것으로 나타났다.

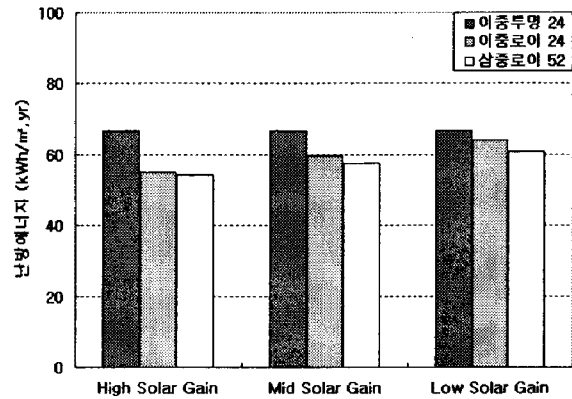


그림 4. 로이창호의 일사획득계수에 따른 사무소건물 난방에너지 소비량 비교

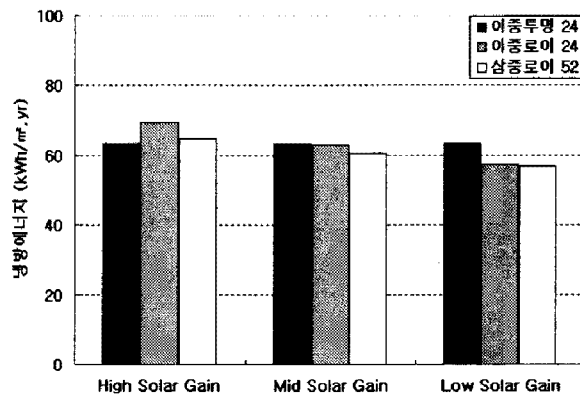


그림 5. 로이창호의 일사획득계수에 따른 사무소건물 냉방에너지 소비량 비교

삼중로이창호를 적용시켰을 경우의 연간 냉방에너지 소비량은 HSG, MSG, LSG 각각 약 54.78kWh/m²,yr, 약 60.49kWh/m²,yr, 약 56.81kWh/m²,yr로 나타났으며, 이를 기준이 되는 이중투명창호와 비교하여 보면 HSG의 경우 약 2% 증가하였으나 MSG와 LSG의 경우에는 각각 약 5%, 약 11%가 감소하는 것으로 나타났다.

사무소 건물의 경우 일사획득계수가 25%

미만인 LSG를 적용하였을 경우 이중투명창호보다 이중 및 삼중로이창호를 적용하였을 경우의 연간 냉방에너지 소비량 절감효과가 뚜렷이 나타났지만 일사획득계수가 50%인 MSG의 경우 이중투명창호와 연간 냉방에너지 소비량은 거의 비슷해지며, 일사획득계수가 70% 이상의 HSG는 이중로이창호와 삼중로이창호가 이중투명창호보다 냉방에너지 소비량이 오히려 증가하는 것으로 나타났다.

따라서 냉방위주의 에너지 소비패턴을 가지고 있는 사무소 건물의 경우 냉방에너지 소비량을 절감시키기 위해서는 일사획득계수가 낮은 로이창호를 적용하는 것이 에너지 절감 효과가 우수한 것으로 분석되었다.

4. 결론

창호의 열관류율이 아닌 일사획득계수가 다른 창호를 대상으로 냉방위주의 에너지 소비패턴을 가지는 사무소건물에 적용하여 연간 냉난방에너지 소비량을 평가한 결과는 다음과 같다.

- 일사획득계수에 따른 창호의 광학 및 열적특성 분석 결과, 일사획득계수에 관계없이 이중투명창호의 열관류율은 모두 약 1.886 W/m²K로 나타났으며 삼중투명창호의 열관류율은 약 1.19 W/m²K로 나타났다. 하지만 일사획득계수 평가 결과, HSG의 이중 및 삼중로이창호의 일사획득계수는 각각 약 72%, 71%로 나타났으며 MSG의 경우 각각 약 55%, 52%로 나타났고 LSG의 경우에는 각각 약 26%, 약 22%로 나타나 분석대상이 되는 창호는 일사획득계수만 각각 다를 뿐 열관류율은 일정한 것으로 분석되었다.

- 사무소건물과 같이 상대적으로 냉방이 중요시 되는 건물에서 냉방에너지 소비량은 이중투명창호를 기준으로 이중로이창호의 경우 HSG의 창호를 적용했을 때 약 10% 증가하였으나, MSG의 창호를 적용한 경우 약 1%, LSG를 적용한 경우 약 9% 감소된 것으

로 나타났다. 삼중로이창호의 경우 HSG 창호를 적용했을 때 약 2% 증가되었으나, MSG를 적용했을 때 약 8%, LSG를 적용했을 때 약 12%가 감소되는 것으로 나타났다. 따라서 사무소 건물에서 냉방에너지 절감을 위해서는 투명창호보다 로이창호를 적용하는 것이 효과적이며 특히 일사획득계수가 낮은 LSG계열의 창호를 적용하였을 때 에너지절감 효과가 보다 큰 것으로 나타났다.

본 연구는 로이창호의 일사획득계수에 따른 사무소건물의 냉난방에너지 소비량을 평가하여 결과를 제시함으로써 창호의 일사획득계수 또한 창호의 성능에 중요한 요소라는 것을 정량적으로 제시하였으며, 단열성능을 나타내는 U값과 일사획득 또는 일사차단 성능을 나타내는 SHGC간에 상호관계에 기준하여 건물 용도별로 적절한 창호를 선정하는 것이 매우 중요한 것으로 나타났다.

후 기

본 연구는 건설교통부 건설핵심기술연구개발사업의 연구비지원(06건설핵심B02)에 의해 수행되었습니다.

참고문헌

1. LBNL, THERM5 /WINDOW6 NFRC Simulation Manual, LBNL, 2003.61.
2. 김병수, 임오연, 시각적 쾌적성과 에너지 성능분석에 의한 오피스 창호의 적정투과율 선정”, 대한건축학회 논문집, 21권3호 2005.3