

Glazing 특성에 따른 고층 오피스 건물의 에너지성능 분석

황우진*, 김교준**, 최원기***

*(주)자산유리 부설연구소(wjhwang@jasanglass.com), **(주)자산유리 부설연구소(kjkim@jasanglass.com),
***(주)자산유리 부설연구소(cwk7205@jasanglass.com)

The Analysis on Energy Performance according to Characteristics of Glazing in High-rise Office Buildings

Hwang, Woo-Jin*, Kim, kyo-Joon**, Choi, Won-Ki***

*Jasanglass, Glazing Desing Lab(wjhwang@jasanglass.com),
**Jasanglass, Glazing Desing Lab(kjkim@jasanglass.com),
***Jasanglass, Glazing Desing Lab(cwk7205@jasanglass.com)

Abstract

In case of newly constructed buildings, the construction type is almost Curtain-wall system or large window in building skin. However, these kind of buildings have problems with regulations on building energy efficiency. And national regulations on building energy efficiency limit only the U-factor of window(except infiltration), it is hard to predict energy consumption of Curtain-wall buildings which gain large solar energy in summer.

In this study, the influence of LSG(Light to Solar Gain) on energy performance was theoretically analyzed with simulation. LSG is the value of VLT divide SHGC and represents the optical performance of the glass or glazing. The Window & Therm program developed in LBNL was used to analyze window systems and EnergyPlus was used to building energy. Cases of glazing are three types: single coated Low-e clear glazing, tripple coated Low-e clear glazing, tripple coated Low-e tinted glazing.

The results of this study are follows: 1) The building energy consumption of Alt-1, 2, 3 were about 300 , 253, 259 kWh/m²·yr respectively. Therefore, improvement of LSG could save the energy up to 16%. 2) The saved energy could be converted 1 billion won as annual benefit of total energy costs 3) SHGC and LSG more influence on cooling energy than heating energy in office buildings.

Keywords : 건물에너지(Building Energy), 일사열취득계수(SHGC), 에너지플러스(EnergyPlus), 에너지절약(Energy Saving)

1. 서 론

최근 시공되는 오피스 건축물의 경우, 대부분이 커튼월 방식이나 대형 창호를 갖는 방식을 채택하고 있어 에너지효율과 관련된 정부의 규제에 취약한 문제점을 안고 있다. 또한 현재의 창호관련 법규는 U-value만을 규제하고 있어 여름철 냉방부하에 취약한 구조를 갖고 있다.

이에 본 연구에서는 최근 미국 등 선진국에서 주로 활용되고 있는 LSG(light to solar gain) 개념이 건물의 열부하에 어떠한 영향을 미치는 지에 관한 이론적 분석을 수행하였다. 이를 위해 LBNL의 Window&Therm 프로그램을 이용하여 창호 시스템 구성을 하였으며, 건물 에너지 분석은 EnergyPlus를 이용하여 분석하였다.

이를 통해 오피스 건물의 창호 선택 기준과 신축 및 리모델링 시 고려사항을 제시하고자 한다. 물론 본 연구의 범위가 매우 한정적이지만 향후 체계적인 연구 수행을 통해 정량화된 DB를 구축해 나갈 것이다.

2. 시뮬레이션 개요

건물 에너지 분석을 위해 시뮬레이션을 실시하였으며, 시뮬레이션 구성 및 설정조건은 다음과 같다.

2.1 LSG 및 Glazing 구성

LSG는 'Light to Solar Gain'으로 가시광선 투과율 (VLT; Visible Light Transmission)을 일사열취득계수(SHGC; Solar Heat Gain Coefficient)로 나눈 값으로 유리의 잠재적인 에너지 성능 및 쾌적성을 종합적으로 표현하는 지표로, 일반적으로 이 값이 클수록 우수한 성능을 보유한 창유리 제품이다.

즉, LSG가 큰 값을 갖기 위해서는 VLT는 높아야 하고, SHGC는 낮아야 하지만, 현실적으로 이러한 특성을 맞추기는 쉽지 않다.

$$LSG = \frac{VLT}{SHGC}$$

그리고 시뮬레이션 분석을 위한 Glazing 구성은 일반적인 Low-e 코팅을 적용한 투명복층유리(Alt-1), Triple Low-e 코팅을 적용한 투명복층유리(Alt-2), Triple Low-e 코팅을 적용한 컬러복층유리(Alt-3)로 3가지 타입으로 구성하였다. 이는 각 구성에 따른 LSG 값에 영향을 미치는 VLT와 SHGC에 차이를 나타내고 있으며, U-value 또한 다소 차이를 나타내고 있어, 이에 관한 종합적인 분석을 수행하기 위함이다.

한편, Window 구성을 위한 프레임은 동일한 것을 이용해 분석하였다. Glazing 구성에 따른 성능은 표1과 같다.

표 1. alt 별 Glazing 성능

	U-factor (W/m ² ·K)	SHGC	VLT	LSG
Alt 1	1.760	0.544	0.763	1.40
Alt 2	1.351	0.227	0.415	1.83
Alt 3	1.351	0.192	0.298	1.55

2.2 대상 건물 및 모델링

대상건물은 경기도 S시에 계획 중인 건물로 지상 28층, 건축 연면적 298,943m²인 고층 오피스 건물이다. 지상 6층까지는 저층부로 건물 2동이 하나로 합쳐져 있으며, 지상 7층부터 28층까지는 타워부 2동으로 구성되어 있다. 저층부와 타워부의 기본 평면은 그림 1, 3과 같다.

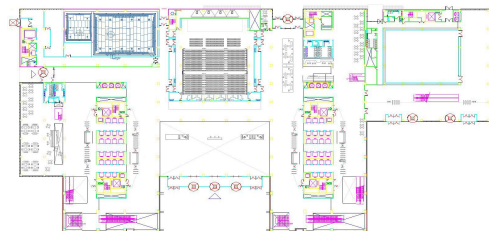


그림 1. 저층부 단위평면

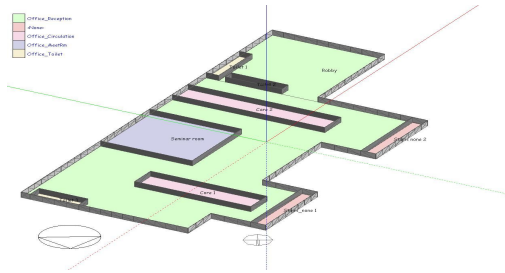


그림 2. 저층부 모델링

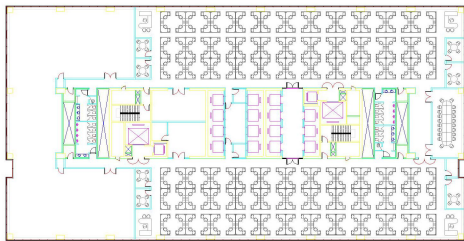


그림 3. 타워부 단위평면

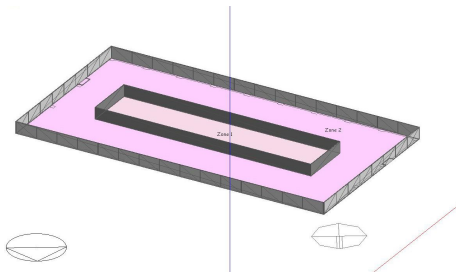


그림 4. 타워부 모델링

이러한 평면의 건물을 선행 연구 및 관련 보고서 등을 통해 분석 결과에 큰 영향이 없는 그림 2, 4와 같이 모델링하였으며, 지상층, 중간층, 최상층으로 경계조건을 변경시켜 시뮬레이션 분석을 수행하였다.

2.3 벽체 구성 및 설정조건

시뮬레이션 분석의 기본이 되는 설정 조건들을 간단히 정리하면 다음과 같다. 먼저 냉·난방 설정 온도는 각각 20℃, 26℃ 그리고 공조 방식은 VAV 방식을 적용하였다. 또한 난방기(Heat Generation)와 냉방기(Chiller)의 성능

계수는 각각 0.85, 1.20로 설정하여 분석을 수행하였다. 조명 설계는 각 실의 특성에 맞추어 목표 조도를 달리 적용하였다. 또한 사무공간과 로비에 Daylight Control을 적용하여 VLT(가시광선 투과율)값에 따른 조명에너지 소비를 평가에 포함시켰으며, 그 외 공간은 목표 조도 설정으로 On/Off로 설정하였으며, 표 2에 간략히 요약하였다.

표 2. 시뮬레이션 기본 설정조건

설정 인자	설정 값		
난방설정온도	20℃ (Heat Generation CoP=0.85)		
냉방설정온도	26℃ (Chiller CoP=1.20)		
공조방식	VAV		
목표조도	사무공간	로비	코어
	500 lux	200 lux	100 lux

표 3. 공간별 운전프로필

설정인자	설정 값		
	기기부하	사무공간	로비
조명부하	15 W/m ²	5 W/m ²	2 W/m ²
채실인원	3.4 W/m ² ·100lux		
인체발열	0.11 people/m ²		
환기량	108 W/person		
급탕	10 l/s·person		
건물운용	3.4 l/m ² ·day		
	24시간(근무시간 9:00~18:00)		

상기한 설정 값을 포함하여 시뮬레이션에 적용된 설정 값은 DesignBuilder¹⁾에서 제공하는 건축물 공간별 운전프로필을 참고하여 적용하였으며, 표 3과 같다. 끝으로 표 4는 사용된 벽체에 대한 그 구성 및 열관류율 값을 정리한 것으로, 외벽의 경우에는 커튼월 구조의 스펀드럴에 위치하는 벽체 구성 및 열관류율이다. 이상의 기본 조건과 Energy Plus 홈페이지에서 제공하는 서울지역의 기상데이터를 이용하여 분석을 수행하였다.

1) DesignBuilder사에서 개발한 EnergyPlus의 GUI 소프트웨어로 다양한 건축물의 공간별 운전프로필 등을 제공한다.

표 4. 벽체 구성 및 열관류율

외피명	외피 구성 예	열관류율 (W/m ² ·K)
외벽 (단열재 75mm)	<p>외부: T6 폴리우레아, T12 공기층, T6 유리 내부: 1.2T EGI PANEL, THK140, 유리면보온판, 알루미늄 호일</p>	0.356
지붕	<p>THK4 알루미늄복합판널, SHAPE ALUMINUM ROLL FORM ROOFING SYSTEM, THK150, 유리면 보온판(48K)</p>	0.225
바닥	<p>지중마력마감재, THK100 공기층, 시멘트골판, THK150 CONC, THK150 경질우레탄폼</p>	0.247

2.4 시뮬레이션 분석 방법론

시뮬레이션 분석은 선행연구된 공동주택의 단위 세대법을 이용한 방법론을 채택하여 수행하였다. 그러므로 저층부는 최하층(1층) 및 중간층(2, 5층)이 시뮬레이션 되었고, 타워부는 중간층(15층) 및 최상층(27층)이 시뮬레이션 되었다. 이를 통해 얻어진 결과를 전체 건물 규모에 맞게 산정하여 에너지소요량 분석을 수행하였다. 최종 결과 = 1층 + 2층 × 3 + 5층 + 15층 × 21 + 27층

3. 시뮬레이션 분석 결과

이상의 자료를 바탕으로 수행된 시뮬레이션의 결과는 다음과 같다.

3.1 연간 단위면적당 1차 에너지소요량

연간 단위면적당 1차 에너지소요량은 건물에서 직접적으로 소비되는 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 등에서 사용되는 2차에너지에 에너지원별 손실계수가 적용되어 연간 소요되는 1차 에너지량으로 단위는 kWh/m²·yr이

다. 위 분석법에 의해 분석할 결과 Alt-1은 300.01 kWh/m²·yr, Alt-2는 253.20 kWh/m²·yr, Alt-3은 259.41 kWh/m²·yr로 나타났다. 따라서 Alt-2와 Alt-3가 Alt-1에 비해 각각 15.6%, 13.5%정도의 에너지가 절약되는 것으로 분석되었다. 시뮬레이션 결과 값은 표 5, 6, 7 에 나타나있다.

표 5. Alt-1의 연간 단위면적당 1차에너지 소요량

에너지소비	저층부		타워부	
	최하층	중간층	중간층	최상층
급탕에너지	0.55	0.55	6.28	6.28
냉방에너지	120.39	129.28	209.79	216.84
난방에너지	55.73	46.10	25.95	34.46
환기에너지	42.69	43.72	57.30	62.75
조명에너지	21.25	21.25	32.72	32.72
총에너지	240.61	240.89	332.04	353.05
건물 전체	300.01 kWh/m ² ·yr			

표 6. Alt-2의 연간 단위면적당 1차에너지 소요량

에너지소비	저층부		타워부	
	최하층	중간층	중간층	최상층
급탕에너지	0.55	0.55	6.28	6.28
냉방에너지	94.69	98.06	160.49	166.78
난방에너지	55.88	45.77	24.54	34.57
환기에너지	32.86	32.86	42.01	48.22
조명에너지	30.51	17.36	43.34	43.34
총에너지	215.33	207.75	276.66	299.19
건물 전체	253.20 kWh/m ² ·yr			

표 7. Alt-3의 연간 단위면적당 1차에너지 소요량

에너지소비	저층부		타워부	
	최하층	중간층	중간층	최상층
급탕에너지	0.55	0.55	6.28	6.28
냉방에너지	95.53	99.87	175.44	166.59
난방에너지	55.91	46.09	24.67	34.75
환기에너지	32.89	33.83	41.82	48.06
조명에너지	36.18	36.18	51.44	51.44
총에너지	221.06	216.52	281.65	307.12
건물 전체	259.41 kWh/m ² ·yr			

Alt-1, 2, 3 모두 흔히 말하는 Low-e 복층 유리 적용한 결과지만, Alt-1과 Alt-2, 3의 에너지소요량이 상당한 차이를 보인다. 이와 같은 결과는 Alt-2, 3에 Argon Gas를 주입

하여 복층유리의 열관류율을 향상시킨 이유도 있지만, 그보다 더 중요한 원인은 SHGC 값을 줄여 일사취득량을 감소시킨 것 때문으로 사료된다. Alt-2, 3은 일반 Low-e 복층유리의 태양열취득계수(0.544)보다 약 50%나 낮은(0.227) 고성능의 Triple Low-e 코팅유리가 적용되어 약 20~25%의 냉방에너지가 감소되는 것으로 나타났다.

한편, Daylighting Control로 인하여 조명 에너지 소요량에 차이를 보이고 있는데, 이는 Alt-1, 2, 3의 Glazing 구성에 따른 가시광선 투과율이 큰 차이를 나타내기 때문으로 판단된다.

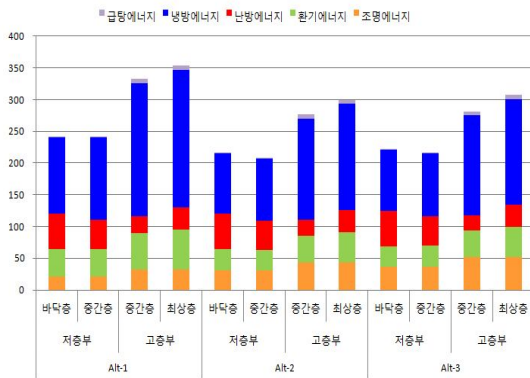


그림 5. 연간 단위면적당 1차에너지 소요량

4. 경제성 분석

4.1 연간 에너지소비비용 분석

연간 단위면적당 1차 에너지소요량을 바탕으로 에너지 사용으로 지출되는 연간 비용을 분석하였다. 각 에너지원별 원단위는 전기는 100원/kWh, 가스는 85원/kWh로 하였다.

결과를 보면 Alt-1은 약 65억, Alt-2는 약 55억, Alt-3는 약 56억이 연간 에너지 소비비용으로 지출될 것으로 예측되었다. 즉 Alt-2와 3이 Alt-1에 비해서 연간 약 15%의 에너지 소비비용의 절감효과 있는 것으로 나타났다.

4.2 초기투자비용 분석

표 8. 연간에너지소비비용

구분	에너지원	에너지원별 연간에너지 소비비용(원)	총연간에너지 소비비용(원)
Alt-1	전기	5,716,111,874	6,540,111,476
	가스	823,999,3602	
Alt-2	전기	4,714,140,276	5,517,498,656
	가스	803,358,380	
Alt-3	전기	4,845,902,458	5,653,178,973
	가스	807,276,516	

각 안에 적용된 외피시스템에 투입되는 예상비용을 산출해 간이 LCC 분석을 수행하였다. 초기투자비용은 설치에 투입되는 인건비 및 장비비 등은 고려하지 않고 재료의 투입물량만으로 산출하였다.

프레임은 커튼월 AL 프레임 60mm×120mm×2.0mm 의 단가 191,400원/m²을 동일하게 적용하였으며, 복층유리 단가는 Alt-1이 90,000원/m², Alt-2, 3은 이보다 약 30% 증가한 117,000원/m²를 각각 적용하였다.

표 9. 초기투자비용

구분	Alt-1		Alt-2, 3	
	저층부	고층부	저층부	고층부
외피면적(m ²)	13,839	43,797	13,839	43,797
시스템단가(원/m ²)	281,400		308,400	
공사비(백만원)	3,984	12,325	4,268	13,507
총공사비(백만원)	16,219		17,775	

초기투자비용을 분석한 결과 Alt-2와 3이 Alt-1에 비하여 약 15억 5천만원 정도의 공사비가 증가되는 것으로 분석되었다.

4.3 초기투자비 회수기간

분석된 각 Alt별 에너지소비 및 초기투자비를 바탕으로 예상되는 초기 투자비 회수 기간은 Alt-2는 약 1.5년, Alt-3는 약 1.7년으로 나타났다. 따라서 대형 오피스 건물 특히, 커튼월 구조를 갖는 건물의 경우 다소 고가인 고성능/고기능성 유리를 적용할 경우에도 경제성 측면에

서 거의 문제가 되지 않음을 알 수 있다.

용 가능한 지침을 제시하고자 한다.

5. 결 론

Glazing 종류에 따른 오피스 건물의 에너지 성능 분석을 위해 3가지의 안(일반 Low-e 복층유리, Triple Low-e 복층유리(투명), Triple Low-e 복층유리(색상))에 대해서 건물에너지 시뮬레이션 및 경제성 검토를 실시하였으며, 이를 통해 얻어진 결론은 다음과 같다.

- (1) 건물에너지 시뮬레이션 결과를 살펴보면, 연간 단위면적당 1차 에너지소요량은 Alt-1은 300.01 kWh/m²·yr, Alt-2는 253.20 kWh/m²·yr, Alt-3은 259.41 kWh/m²·yr로 나타나, Glazing 성능 향상으로 최대 약 16%의 에너지를 절감할 수 있는 것으로 나타났다.
- (2) 건물에너지소비에서 절약된 약 16%의 수치는 대상 건물에 있어 에너지 소비비용으로 환산하였을 때, 연간 약 10억 원의 경제적 이익이 발생되는 것이다.
- (3) Glazing의 SHGC와 LSG는 난방에너지보다는 냉방에너지에 더 많은 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 냉방에너지 최대 절감율은 25%로 분석되었다.
- (4) Glazing 구조만을 고려하였을 때, 고성능 Triple Low-e 코팅을 적용하여 SHGC가 낮은 Glazing이 에너지절감 효과가 뛰어나며, 특히 건물생애주기비용에서는 Single Low-e 복층유리와 비교하여 약 290억 원에 이르는 경제적 이익이 발생되는 것으로 예측되었다.

본 연구는 커튼월 구조를 갖는 오피스 건물 하나만을 대상으로 수행된 연구로 그 한계성이 있다. 따라서 향후에는 보다 다양한 용도의 건물에 대한 최적 Glazing 시스템에 관한 연구와 방위별 최적 조합을 찾는 연구가 순차적으로 수행되어, 건축물을 디자인하는 설계 업무 담당자들에게 초기 계획단계에서 활

참 고 문 헌

1. 최원기 외, 공동주택의 세대별 냉난방에 따른 온도 변화 및 열부하 양상에 관한 이론적 연구, 대한건축학회논문집, 2007.
2. 최원기 외, 아파트의 열성능 분석을 위한 시뮬레이션 방법론에 관한 연구, 대한건축학회논문집, 2007. 09
3. 조진규 외, 국내 초고층 공동주택의 냉방부하 저감을 위한 외부차양 적용성 및 에너지 분석에 대한 연구, 대한건축학회 논문집, 제 26권 12호, 2010.12
4. 김승철 외, 열교부위를 고려한 커튼월 구조 사무소 건물의 열성능 해석, 한국태양에너지학회 추계학술발표회 논문집, 2010.11
5. 강은율 외, 차폐계수 변화에 따른 일사유입량에 관한 연구, 한국생태환경건축학회 학술발표대회 논문집, 2010.11
6. 박률 외, 주택 창호의 SHGC가 에너지소비에 미치는 영향에 관한 연구, 대한설비공학회 논문집, 제 22권 4호, 2010.04
7. 김치훈 외, Low-E 유리 커튼월 창호의 시뮬레이션 평가 및 단열성능 비교 분석, 대한설비공학회 동계학술발표회 논문집, 2009.11
8. 강운석 외, 건물 에너지 절약을 위한 적정 창호 선정에 관한 연구, 한국건축친환경설비학회 논문집, 제 2권 1호, 2008.03
9. 권용상, 유리 커튼월의 열관류율 및 결로 저항성능과 그 평가, 대한설비공학회 설비저널, 2007.08
10. 유호선 외, 아파트 단위난방부하 계산을 위한 단위동법 제안, 대한설비공학회 논문집, 제 19권 1호, pp. 68-76, 2007. 018
11. US DOE, EnergyPlus Documentation, version 6.0, LBNL, 2010.10
12. ASHRAE, ASHRAE Handbook of Fundamentals 2001, ASHRAE, USA