

창호 에너지 소비 효율 등급제와 건물 에너지 소비의 상관관계 분석

Correlation Analysis Between Fenestration Energy Consumption Efficiency Rating System and Building Energy Consumption

곽희정(Hee-Jeong Kwak), 장향인(Hyang-In Jang), 이현수(Hyun-Soo Lee), 엄재용(Jae-Yong Eom)¹, 서승직(Seung-Jik Suh)^{2*}

¹인하대학교 대학원 건축공학과, ²인하대학교 건축공학과

¹Department of Architectural Eng., Graduate School, Inha University, Incheon 402-751, Republic of Korea

²Department of Architectural Eng., Inha University, Incheon 402-751, Republic of Korea

(Received February 22, 2013; revision received April 16, 2013)

Abstract The purpose of this study is to analyze the correlation between the 'Fenestration Energy Consumption Efficiency Rating System' (hereafter referred to as FECERS) and building energy consumption. 'EnergyPlus' was used for the calculation of energy consumption in apartments and office buildings, according to FECERS's rating and SHGC. The result indicates that the FECERS has high correlation with apartments, but has low correlation with office buildings. Also, it indicates that office buildings have a large impact from SHGC, which is not reflected in the FECERS. Consequently, the FECERS needs to be improved, by adding optical properties to assessment items. Additional study is required to establish the fenestration rating system, which, on the basis of this work, has high relevance to building energy consumption.

Key words Fenestration energy consumption efficiency rating system(창호 에너지 소비 효율 등급제), Building energy(건물 에너지), Correlation analysis(상관 분석), U-value(열관류율), Air leakage(기밀성), SHGC(일사열 취득 계수)

* Corresponding author, E-mail: energeti@inha.ac.kr

기호설명

AL : Air Leakage(기밀성) [$\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$]
BFRC : British Fenestration Rating Council
CR : Condensation Resistance(결로저항)
EWERS : European Window Energy Rating Scheme
NFRC : National Fenestration Rating Council
SHGC : Solar Heat Gain Coefficient(일사열취득계수)
U-value : 열관류율 [$\text{W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$]
VLT : Visible Light Transmittance(가시광선투과율)
WERS : Window Energy Rating Scheme
WWR : Window to Wall Ratio(창면적비)

1. 서 론

1.1 연구의 배경 및 목적

창호는 건물에 수려한 미관은 물론 채광, 조망, 환기 등

다양한 기능을 제공하는 외피의 주요 구성 요소이다. 삶의 질 향상과 더불어 쾌적한 실내 환경에 대한 요구 역시 증대되어 채광, 조망, 환기 등의 확보를 위한 건물 외피에서의 창호의 활용은 더욱 증가하고 있는 추세이다. 그러나 에너지 관점에서, 창호는 주된 열손실과 열취득 경로로서 건물의 냉·난방 에너지 소비 절감을 위해서는 설계 단계부터 창호의 열적 성능에 대한 고려가 필요하다. 이러한 노력의 하나로 정부는 2012년 7월부터 창호 제품들의 열적 성능을 객관적으로 평가할 수 있는 '창호 에너지 소비 효율 등급 표시제(이하 창호 등급제)'를 시행하고 있다.

창호 등급제의 시행에 따라 국내·외 제도를 정성적으로 비교한 연구는 일부 수행되었으나,⁽¹⁾ 창호 등급이 건물 에너지 소비에 미치는 영향을 정량적으로 평가한 연구는 수행된 바 없다. 또한 현행 창호 등급제에 반영된 열적 특성인 열관류율 및 기밀성과 더불어 광학적 특성인 SHGC와 VLT도 창호 열성능의 주요 요인으

로 분석됨에 따라,^(2, 3) 이를 창호 등급과 동시에 적용한 경우의 건물 에너지 소비에 대한 민감도를 비교하는 연구도 필요성이 있다고 판단된다.

이에 본 연구는 창호 등급제의 각 등급별 창호를 설치한 건물의 연간 에너지 사용량을 분석해 창호 등급제와 건물 에너지 소비의 상관관계를 파악하고자 하며, 나아가 현재 창호 등급제에 반영되지 않은 광학적 특성을 창호 등급과 같이 적용한 경우의 건물 에너지 소비의 변화 경향도 분석해 창호 등급제의 문제점 및 개선 방향을 제시하고자 한다.

1.2 연구의 방법 및 범위

본 연구는 미국 에너지성(DOE)이 개발한 동적 열부하 해석 엔진인 EnergyPlus 6.0을 이용하여 에너지 시뮬레이션을 수행하였다. 분석 대상은 건물 용도의 비율이 높고, 건물 이용 프로파일을 대표할 수 있는 공동주택과 업무시설로 선정하였으며, 창호 등급제의 등급에 따른 건물의 냉·난방 에너지 및 총 에너지 사용량을 계산한 후 상관관계를 분석하였다. 또한 창호의 광학적 특성 중 건물 에너지 소비에 영향이 큰 SHGC를 각 창호 등급별로 변화시켜 SHGC에 의한 에너지 사용량 변화를 비교하였다.

2. 창호 성능 평가 제도 고찰

2.1 국내 창호 에너지 소비 효율 등급제⁽⁴⁾

2012년 7월부터 시행된 ‘창호 에너지 소비 효율 등급 표시제’는 창호의 열관류율 및 기밀성을 기준으로 등급을 부여하여 창호 라벨에 표시함으로써, 소비자가 창호에 대한 성능 평가 및 제품 구입을 용이하게 하도록 한 제도이다. 창호 등급제의 평가대상 창호는 ‘KS F 3117’ 규정에 따라 프레임과 유리가 결합된 외기에 직접 면한 1 m² 이상 면적의 창세트로써 평가 제외 대상

Table 1 Assessment criteria of fenestration energy consumption efficiency rating system

Rating	U-value (W/m ² · K)	AL (Grade)
1	≤ 1.0	1
2	≤ 1.4	≤ 1
3	≤ 2.1	≤ 2
4	≤ 2.8	-
5	≤ 3.4	-

창호는 창 면적 1 m² 미만, 커튼월 구조 및 내측 창이다. 평가항목인 열관류율과 기밀성은 각각 ‘KS F 2278’ 및 ‘KS F 2292’에 따라 측정된 값을 사용하며, 각 등급에 따른 성능 기준은 Table 1과 같다.

2.2 국외 창호 성능 평가 제도^(1, 5-7)

유럽 연합을 비롯한 주요 선진국에서는 건물 에너지 절감의 필요성 인식에 따라 창호의 성능을 향상시키기 위한 방안 및 제도를 우선적으로 마련해왔으며, 이에 따라 국가의 기후 및 특성이 고려된 창호 성능 평가 라벨이 도입되었다.

유럽의 EWERS는 창호 에너지 등급 제도와 계산식 개발의 기본 체계를 제공하고, 각 평가항목(U-value, AL, SHGC, VLT)은 해당 EN ISO 기준에 따라 계산 또는 측정된 값으로 A~G등급을 평가하여 라벨에 표기하는 방법을 사용한다. 영국의 BFRC는 EWERS의 평가항목 중 VLT를 제외한 나머지 항목에 의해 창호 등급을 결정하며, 유럽과 동일한 등급 체계를 사용하지만 AL을 열손실율로 변환하여 표기하는 차이점이 있다.

미국의 NFRC는 U-value, SHGC, VLT, AL, CR으로 창호의 성능을 평가한다. 창호의 종합 등급을 결정하는 방식이 아닌 각 평가항목의 값을 라벨에 직접 표기하는 방식을 사용하되, EnergyStar 제도와 연계해 운영한다. 호주의 AFRC가 운영하는 WERS는 건물 에너지 소비에 대한 창호의 개별 성능(U-value, AL, SHGC, VLT)의 영향을 평가해 냉방 및 난방 성능에 따라 1~10등급으로 표기한다. Table 2는 국가별 창호 성능 평가 제도에서 평가 기준으로 사용되는 항목들을 비교한 것이다.

Table 2 Items marked with fenestration performance assessment label

	U-value	AL	SHGC	VLT	CR	Rating
Korea	○	○	-	-	-	1~5
Europe (EWERS)	○	○	○	○	-	A~G
England (BFRC)	○	○	○	-	-	A~G
U.S.A (NFRC)	○	○	○	○	○	-
Canada (CWDMA)	○	○	○	○	-	-
Australia (WERS)	○	○	○	○	-	1~10

3. 시뮬레이션 개요

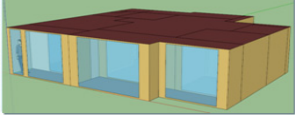
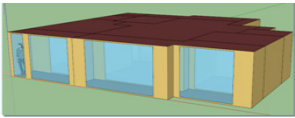
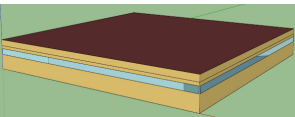
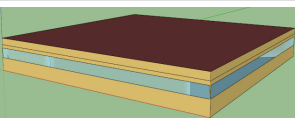
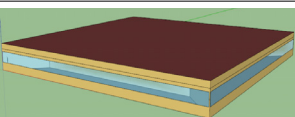
3.1 분석 대상 모델

Table 3과 Table 4는 본 연구를 위해 선정된 공동주택과 업무시설의 해석 모델 개요 및 모델링을 보여준다. 공동주택은 친환경주택 성능 평가 지침⁽⁸⁾에 제시된 단위 세대 중 전용면적 59 m²와 84 m²의 기준층을 평가 모델로 선정하였으며, 업무시설은 사무소의 기준층 평균 면적에 대한 산업자원부의 조사 결과⁽⁹⁾를 참조하여 35 m×35 m 정방형의 기준층을 평가 모델로 선정하

Table 3 Specifications of building

Type	Apartment		Office
	59 m ²	84 m ²	
Floor Area(m ²)	59.7	84.8	1,225.0
Gross Wall Area(m ²)	93.4	110.6	420.0
WWR(%)	26.6	27.5	20~40
Floor Height(m)	2.6	2.6	3.0
Ceiling Height(m)	2.3	2.3	2.4
U-value of Ext. Wall(W/m ² K)	0.398	0.398	0.429
U-value of Int. Wall(W/m ² K)	1.329	1.329	0.880

Table 4 Modelling of simulation

Type	Area/WWR	Modelling
Apartment	59 m ²	
	84 m ²	
Office	20%	
	30%	
	40%	

였다. 현행 창호 등급제의 평가대상이 커튼월을 제외한 창 세트이므로 분석 대상 업무시설의 창면적비는 20~40% 범위로 설정하였다.

3.2 분석 Case 선정

창호 등급제의 등급에 따른 건물 에너지 소비 분석을 위해 선정된 각 모델에 대해 창호 등급을 변화시켜 시뮬레이션을 수행하였으며, 분석 Case는 Table 5와 같다. 창호의 열관류율과 기밀성은 창호 등급제의 각 등급별 기준 값을 적용하였으나, 창호 등급제에서 지정되지 않은 4~5등급의 기밀성은 2등급으로 가정하였다. 현행 창호 등급제의 평가항목에서 제외된 SHGC에 의한 영향을 비교하기 위해 공동주택 및 창면적비 30~40%의 업무시설에 대하여 SHGC를 0.42, 0.56, 0.70으로 변화시켜 추가 분석을 실시하였다.

Table 5 Simulation cases

Case	Area/WWR	Rating			SHGC
		Grade	U-value	AL	
F59 R1 S56	59 m ²	1	1.0	1	(0.42~0.70)*
F59 R2 S56		2	1.4	1	
F59 R3 S56		3	2.1	2	
F59 R4 S56		4	2.8	2	
F59 R5 S56		5	3.4	2	
F84 R1 S56	84 m ²	1	1.0	1	(0.42~0.70)*
F84 R2 S56		2	1.4	1	
F84 R3 S56		3	2.1	2	
F84 R4 S56		4	2.8	2	
F84 R5 S56		5	3.4	2	
W20 R1 S56	20%	1	1.0	1	0.56
W20 R2 S56		2	1.4	1	
W20 R3 S56		3	2.1	2	
W20 R4 S56		4	2.8	2	
W20 R5 S56		5	3.4	2	
W30 R1 S56	30%	1	1.0	1	(0.42~0.70)*
W30 R2 S56		2	1.4	1	
W30 R3 S56		3	2.1	2	
W30 R4 S56		4	2.8	2	
W30 R5 S56		5	3.4	2	
W40 R1 S56	40%	1	1.0	1	(0.42~0.70)*
W40 R2 S56		2	1.4	1	
W40 R3 S56		3	2.1	2	
W40 R4 S56		4	2.8	2	
W40 R5 S56		5	3.4	2	

* F : Floor Area, R : Rating Grade, S : SHGC, W : WWR.

* () is the value which the impact of SHGC has been analyzed.

3.3 시뮬레이션 입력 조건

해석 모델의 상부 천장, 하부 바닥, 공동주택 측벽은 단일 경계조건으로 설정하였으며, HVAC 시스템은 시스템 관련 변수에 의한 간섭을 최대한 배제하기 위해 이상적인 공조 시스템(Ideal Load Air System)으로 설정하였다. ‘IdealLoadAirSystem’은 존에서 요구된 냉·난방 부하가 무한 용량의 가상 공조 시스템에 의해 처리되며, 지정된 공급 공기와 혼합(환기+외기)공기의 엔탈피 차에 의해서만 부하 계산을 수행한다. 창호의 물성은 ‘WindowMaterial : SimpleGlazingSystem’를 이용해 입력하였다. 이 입력 객체는 창호의 성능을 등가 단층 유리로 전환해 계산하는 간략화 된 방법으로, 각종 법 기준과 기술 표준에 제시되는 창호 전체의 U-value, SHGC, VLT 값만으로 창호의 열성능을 계산할 경우에 유용하게 사용될 수 있다.⁽¹⁰⁾

대상 건물의 설정 온·습도는 에너지 절약설계기준에 따라 설정하였으며, 내부 열취득은 ASHRAE Fundamentals(2009)의 기준을 참조하였다.⁽¹¹⁾ 재실밀도 및 공동주택의 냉난방 운전 스케줄은 선행 연구^(12,13)를 참고하였으며, 외기도입량은 ASHRAE Standard 62.1(2007)의 기준을 이용해 설정하였다.⁽¹⁴⁾ 시뮬레이션 조건 및 입력값은 Table 6과 같다.

창호의 기밀성은 ‘KS F 2292 창호의 기밀성 시험방법’의 기밀 등급신을 이용하여 계산하였다. 건물 주변의 미소 기후에 영향을 받는 실내외 압력차는 ASTM E1828-11을 참조해 4 Pa로 가정하였으며,⁽¹⁵⁾ Table 7과 같이 창면적과 기밀성에 따른 침기량을 계산한 후 환기횟수(ACH)로 환산해 시뮬레이션에 입력하였다. 결과 분석의 편의를 위해 벽체에 의한 침기는 없는 것으로 가정하고 창호의 침기만을 분석 존에 설정하였다.

Table 6 Simulation conditions

Item	Apartment	Office
Set point	Heating : 20°C, RH 50%	
	Cooling : 26°C, RH 50%	
Schedule	00 : 00 ~ 08 : 00, 100%	Weekday : 08 : 00 ~ 18 : 00
	18 : 00 ~ 24 : 00, 30%	Weekend : Off
Metabolic	117 W/person	130 W/person
Light	5.4 W/m ²	12 W/m ²
Equipment	7.0 W/m ²	10.8 W/m ²
Occupant	3 person/unit	0.11 person/m ²
Outdoor Air	0.7 ACH	28.88 CMH/person
HVAC	Ideal Loads Air System	
Weather Data	Incheon, Korea(epw)	

Table 7 ACH according to AL grade

Type	Window Area (m ²)	AL		Infil. Rate (m ³ /h)	ACH
		Grade	Rate (m ³ /m ² ·h)		
Apt.	59 m ²	1	1.27	36.63	0.267
		2	2.54	73.25	0.533
	84 m ²	1	1.27	38.63	0.198
		2	2.54	77.27	0.396
Office	20%	1	1.27	106.68	0.036
		2	2.54	213.36	0.073
	30%	1	1.27	160.02	0.054
		2	2.54	320.04	0.109
	40%	1	1.27	213.36	0.073
		2	2.54	426.72	0.145

4. 시뮬레이션 분석 결과

4.1 창호 등급에 따른 에너지 사용량

4.1.1 공동주택

공동주택의 창호 등급 변화에 따른 연간 냉·난방 및 총 에너지 사용량의 패턴 분석을 위해 앞서 기술한 입력 조건을 적용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 시뮬레이션 분석 결과는 Fig. 1과 같으며, 창호 등급이 낮아짐(1 → 5등급)에 따라 즉, 창호의 성능이 하향됨에 따라 냉방 에너지는 감소하고 난방 에너지는 증가하는 것으로 나타났다. 창호 등급상 성능이 낮아짐(1 → 5등급)에 따라 총 에너지 사용량은 냉방 에너지의 감소폭에 비해 난방 에너지의 증가폭이 커 증가하였다. 등급 간의 총 에너지 사용량 증감폭이 일정하지는 않았으나, 1등급에서 최소값을 5등급에서 최대값을 나타내는 경향성은 모든 경우에 유지되어 창호 등급의 기준과 일치하였다.

각 등급간 총 에너지의 변화율은 1.74~2.32%(1등급 → 2등급), 13.96~14.19%(2등급 → 3등급), 3.14~3.40%

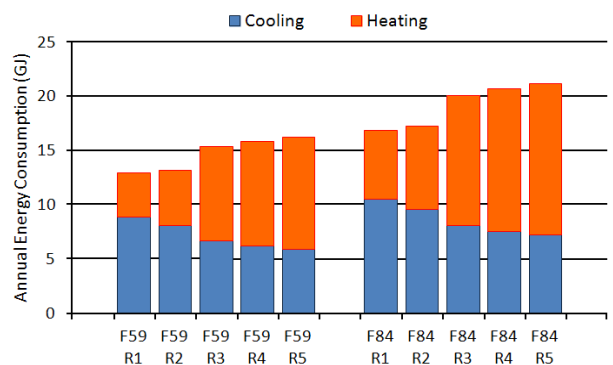


Fig. 1 Energy consumption of apt. by rating.

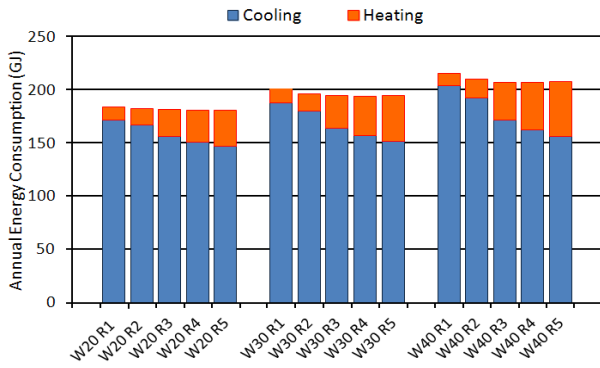


Fig. 2 Energy consumption of office by rating.

(3등급 → 4등급), 2.03~2.40%(4등급 → 5등급)으로 나타났으며, 변화율이 2등급과 3등급 사이에서 가장 큰 이유는 등급별 기밀성 값이 2등급과 3등급 사이에서만 변경되기 때문인 것으로 사료된다. 등급에 따른 총 에너지 최대·최소값의 차이는 59 m² 세대의 경우 20.30%, 84 m² 세대의 경우 20.46%로 나타났다.

4.1.2 업무시설

업무시설에서의 창호 등급에 따른 에너지 사용량의 변화를 분석하기 위해 다양한 창면적비 모델에서 시뮬레이션을 수행하였으며, 그 결과는 다음 Fig. 2와 같다. 모든 창면적비 모델에서 등급상 성능이 낮아짐(1 → 5 등급)에 따라 냉방 에너지는 감소하고 난방 에너지는 증가하는 경향을 보였다. 냉·난방 및 총 에너지 사용량의 등급간 증감폭은 공동주택과 동일하게 2등급과 3등급 사이에서 가장 컸으며, 창면적비가 높을수록 변화율이 크게 나타났다.

냉·난방 에너지의 합으로 결정되는 총 에너지 사용량은 1등급에서 최대값을, 4등급에서 최소값을 보인 후 소폭 증가하는 경향을 나타내 창호 등급의 기준과 불일치하였다. 또한 최대·최소값의 차이도 창면적비 별로 1.67~4.01%에 불과해 창호 등급에 따른 총 에너지의 변화 역시 매우 작게 나타났다. 이 같은 창호 등급과 건물 에너지 사용량의 역전 패턴과 작은 값 차이는 등급 변화에 따른 냉방 에너지의 감소량이 난방 에너지의 증가량에 비해 크지만, 그 차이가 매우 작기 때문으로 사료된다.

4.1.3 창호 등급과 건물 에너지 소비의 상관관계

창호 등급과 냉·난방 및 총 에너지 사용량의 연관성에 대한 정량적 평가를 위해 PASW Statistics 18.0을 이용하여 상관 분석을 실시하였다. 독립 변수(창호 등급)가 서열 변수이기 때문에 스피어만 서열상관 분석을 실시하였으며, 그 결과는 Table 8과 같다.

Table 8 Correlation analysis of rating

Type		Cooling	Heating	Sum	
Apartment	59 m ²	rs	-0.611	0.829	0.938
		sig.	0.016	0.000	0.000
	84 m ²	rs	-0.557	0.807	0.938
		sig.	0.031	0.000	0.000
Office	20%	rs	-0.633	0.906	-0.164
		sig.	0.011	0.000	0.560
	30%	rs	-0.633	0.917	-0.109
		sig.	0.011	0.000	0.699
	40%	rs	-0.627	0.919	-0.185
		sig.	0.012	0.000	0.510

* rs : Spearman's Rank Correlation Coefficient.
sig. : Significance Level.

창호 등급과 냉·난방 에너지 및 공동주택의 총 에너지 사용량 사이에는 유의수준 0.05(양쪽)하에서 높은 상관관계가 있는 것으로 분석되었으나, 업무시설의 총 에너지 사용량은 상관관계가 없음(유의하지 않음)으로 나타났다. 이는 업무시설의 경우 창호 등급에 따른 냉·난방 에너지의 증감폭이 비슷하여 총 에너지 사용량에서는 그 변화폭이 줄고, 방향성이 감쇄되기 때문으로 사료된다.

4.2 SHGC와 창호 등급에 따른 에너지 사용량

Table 8은 창호 등급과 SHGC가 건물 에너지 소비에 미치는 영향을 비교하기 위해 창호 등급별로 SHGC를 변화시켜 분석한 결과이다. SHGC 값은 0.42, 0.56, 0.70으로 변화시켰으며, 공동주택의 59 m², 84 m² 모델과 업무시설 창면적비 30%, 40% 모델에서 시뮬레이션을 수행하였다. 동일 등급 내에서는 SHGC가 높아질수록 냉방 에너지는 증가하고 난방 에너지는 감소하는 것으로 나타났다. 하지만 총 에너지의 경우는 건물 용도에 따라 다른 변화 패턴을 보이는 것으로 분석되었다.

4.2.1 공동주택

Fig. 3은 공동주택 모델의 창호 등급별로 SHGC에 따른 연간 총 에너지 사용량을 나타낸 것이다. 동일 SHGC 내에서 등급이 높아짐에 따라서는 모든 경우에 에너지 사용량이 증가하였다. 반면 동일 등급에서 SHGC의 변화에 따른 에너지 사용량은 1등급의 경우에는 0.42에서 최소값이 나타났으나, 5등급의 경우에는 0.70에서 최소값이 나타났다. 즉 공동주택의 경우 창호 등급상 성능이 낮아짐(1 → 5등급)에 따라 총 에너지 소비가 증가하는 경향성은 분명하게 나타났으나, SHGC에 의한 경향성은 명확하지 않은 것으로 분석되었다.

Table 9 Energy consumption by SHGC

Case	Cooling(GJ)	Heating(GJ)	Sum(GJ)
F59 R1 S42	6.71	5.90	12.61
F59 R1 S56	8.87	4.09	12.96
F59 R1 S70	11.47	2.61	14.08
F59 R2 S42	6.13	6.97	13.10
F59 R2 S56	8.04	5.15	13.19
F59 R2 S70	10.82	3.48	14.30
F59 R3 S42	5.23	10.42	15.65
F59 R3 S56	6.70	8.63	15.33
F59 R3 S70	8.80	6.79	15.59
F59 R4 S42	4.85	11.42	16.27
F59 R4 S56	6.18	9.69	15.87
F59 R4 S70	8.03	7.93	15.96
F59 R5 S42	4.62	12.06	16.68
F59 R5 S56	5.87	10.39	16.26
F59 R5 S70	7.56	8.67	16.23
F84 R1 S42	8.04	8.64	16.68
F84 R1 S56	10.48	6.35	16.83
F84 R1 S70	13.57	4.25	17.82
F84 R2 S42	7.42	9.88	17.30
F84 R2 S56	9.58	7.65	17.23
F84 R2 S70	12.70	5.48	18.18
F84 R3 S42	6.43	14.13	20.56
F84 R3 S56	8.11	11.97	20.08
F84 R3 S70	10.48	9.71	20.19
F84 R4 S42	6.02	15.25	21.27
F84 R4 S56	7.55	13.18	20.73
F84 R4 S70	9.64	11.04	20.68
F84 R5 S42	5.78	15.94	21.72
F84 R5 S56	7.21	13.95	21.16
F84 R5 S70	9.15	11.90	21.05
W30 R1 S42	167.56	16.45	184.01
W30 R1 S56	188.02	11.81	199.83
W30 R1 S70	214.77	7.61	222.38
W30 R2 S42	160.42	21.62	182.04
W30 R2 S56	180.00	16.52	196.52
W30 R2 S70	205.39	11.48	216.87
W30 R3 S42	147.33	36.12	183.45
W30 R3 S56	164.13	30.38	194.51
W30 R3 S70	186.84	24.23	211.07
W30 R4 S42	140.78	43.55	184.33
W30 R4 S56	156.64	37.51	194.15
W30 R4 S70	178.07	30.96	209.03
W30 R5 S42	136.39	49.22	185.61
W30 R5 S56	151.69	42.89	194.58
W30 R5 S70	172.22	36.16	208.38
W40 R1 S42	176.60	17.32	193.92
W40 R1 S56	203.78	11.70	215.48
W40 R1 S70	239.53	7.17	246.70
W40 R2 S42	167.09	23.98	191.07
W40 R2 S56	192.80	17.71	210.51
W40 R2 S70	226.30	11.83	238.13
W40 R3 S42	150.37	42.67	193.04
W40 R3 S56	171.96	35.32	207.28
W40 R3 S70	201.20	27.79	228.99
W40 R4 S42	142.43	52.12	194.55
W40 R4 S56	162.56	44.28	206.84
W40 R4 S70	189.82	36.14	225.96
W40 R5 S42	137.19	59.30	196.49
W40 R5 S56	156.46	51.14	207.60
W40 R5 S70	182.46	42.61	225.07

또한 전체 Case에서 창호 등급(1등급~5등급) 변화에 대한 총 에너지 사용량의 변화율은 13.2~24.4%인 반면, SHGC(0.42~0.70) 변화에 의한 변화율은 1.7~10.4%로 나타났다.

4.2.2 업무시설

Fig. 4는 창면적비 30~40%의 업무시설 모델에 서 창호 등급 및 SHGC에 대한 분석 결과를 나타낸 것이다. 동일 SHGC 내에서 등급 변화에 따른 에너지 사용량은 SHGC가 0.42인 경우 2등급, 0.56인 경우 4등급, 0.70인 경우 5등급에서 최소값이 나타났다. 반면 동일 등급에서 SHGC를 변화시킨 경우에는 모두 SHGC가 높을수록 에너지 사용량이 높게 나타났다. 즉 업무시설의 경우 창호 등급에 따른 총 에너지 소비의 경향성은 분명하지 않고, 도리어 SHGC에 의한 경향성이 명확한 것으로 분석되었다.

또한 전체 Case에서 창호 등급(1등급~5등급) 변화에 대한 총 에너지 사용량의 변화율은 1.9~8.8%인 반면, SHGC 변화(0.42~0.70)에 의한 변화율은 10.9~21.4%로 SHGC에 의한 변화폭이 더 크게 나타났다. 동일한 창호 등급과 SHGC 범위에서 공동주택과 업무시설의 총 에너지 소비의 변화 패턴을 비교한 결과, 공동주택의 경우 창호 등급에 의한 변화율이 크고 업무시설은 SHGC에 의한 변화율이 큰 것으로 분석되었다.

5. 결 론

본 논문은 ‘창호 에너지 소비 효율 등급제’의 적용성 검토 및 개선방향 제시 위한 창호 등급과 SHGC가 건물 에너지 소비에 미치는 영향을 공동주택과 업무시설을 대상으로 시뮬레이션을 통해 분석한 연구로, 도출된 주요 결과는 다음과 같다.

(1) 국내 창호 등급제가 창호의 열관류율과 기밀성만을 평가항목으로 반영한 반면, 국외의 경우 SHGC와 VT도 평가항목에 포함하고 있는 것으로 조사되었다. 또한 평가대상 창호가 건물 에너지 소비에 미치는 영향에 대한 검토 기준, 계산식, 연계 제도를 확보하고 있는 것으로 분석되었다.

(2) 공동주택의 창호 등급에 따른 건물 에너지 소비를 분석한 결과, 창호 등급 상 성능이 낮아짐(1→5등급)에 따라 냉방 에너지는 감소하고, 난방 및 총 에너지는 증가하는 것으로 분석되었다. 창호 등급과 건물 에너지 소비의 경향이 일치하였으며, 해당 모델에서 창호 등급에 의한 건물 에너지의 최대·최소값 차이는 약 20%로 분석되었다.

(3) 업무시설의 경우 창호 등급에 따른 냉·난방에너지의 증감 패턴은 공동주택과 일치했지만, 총 에너지는 1등급에서 최대값, 4등급에서 최소값을 나타내어

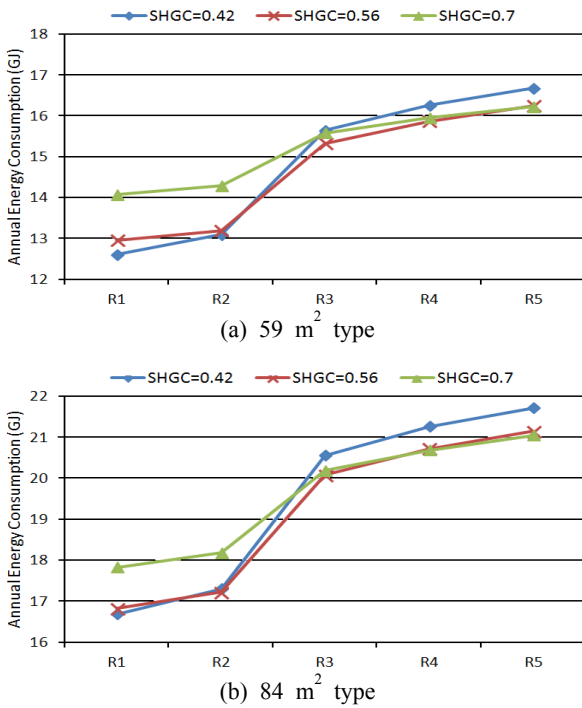


Fig. 3 Energy consumption of apt. by SHGC.

창호 등급과 일치하지 않는 것으로 분석되었다. 이는 등급 변화에 따른 냉·난방 에너지의 증감폭이 비슷해 총 에너지 사용량에서는 그 변화폭이 줄고, 방향성이 감쇄되기 때문으로 사료된다.

(4) 창호 등급과 건물 에너지의 상관 분석을 실시한 결과, 냉·난방 에너지 및 공동주택의 총 에너지는 유의수준 0.05(양쪽)하에서 높은 상관관계($r_s: 0.611 \sim 0.938$)가 있었으나, 업무시설의 총 에너지는 상관관계가 없는 것으로 분석되었다.

(5) 창호 등급과 SHGC를 동시에 변화시켜 분석한 결과, 공동주택은 창호 등급에 의한 경향성은 유지되었으나 SHGC에 의한 경향성은 명확하지 않았다. 반면 업무시설은 창호 등급에 의한 경향성은 없고, SHGC에 의한 경향성만 나타났다.

(6) 동일한 창호 등급과 SHGC 범위에서 총 에너지 소비의 증감을 비교한 결과, 공동주택은 창호 등급(13.2~24.4%)에 의한 영향이 SHGC(1.7~10.4%)에 비해 높은 반면, 업무시설은 등급(1.9~8.8%)에 의한 영향이 SHGC(10.9~21.4%)에 비해 낮게 나타났다.

이상의 연구 결과를 종합하면, 공동주택의 경우 현행 창호 등급제와 건물 에너지 소비의 상관도가 높고 변화 패턴이 일치하지만, 업무시설은 창호 등급이 좋은 창호를 쓸 경우 오히려 에너지 사용량이 증가하는 왜곡 현상이 나타나 상관관계가 없는 것으로 분석되었다. 이는 주간 사용률이 높은 업무시설의 경우 현행 창호 등급제의 평가 항목인 열관류율과 기밀성보다

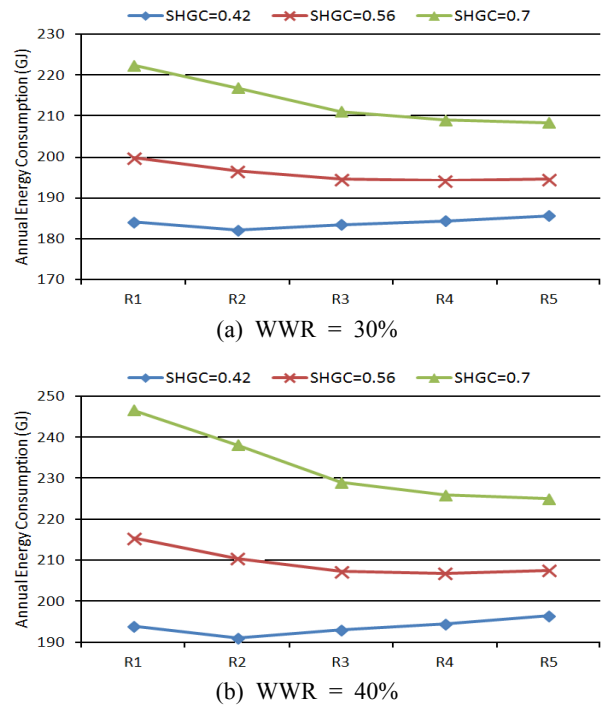


Fig. 4 Energy consumption of office by SHGC.

SHGC가 에너지 소비에 미치는 영향이 크기 때문으로 판단된다.

이 같은 창호 등급제의 개선을 위해서는 광학적 특성을 포함한 평가 항목의 확대, 건물 에너지 소비와 상관도가 높은 평가 기준 마련, 커튼월 등 평가 대상 추가가 필요할 것으로 사료된다. 본 연구 결과의 범용성 확보를 위해서는 다양한 설계 조건(규모, 용도, 평면구성, 공조방식 등)에서의 분석이 추가로 요구되며, 나아가 건물 에너지 소비와 연관성이 높은 창호 성능 평가 기준의 도출을 위한 후속 연구가 수행되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 인하대학교의 연구비 지원으로 수행되었음.

참고문헌

1. Kim, H.-R., Lee, S.-J., and Ock, J.-H., 2010, A Basic Study on Korean Fenestration Energy Performance Rating System for Sustainable Establishment, Proceedings of KICEM, pp. 243-246.
2. Hwang, W.-J., Shin, J.-G., and Choi, W.-K., 2011, A Study on correlation between building energy and glazing performance in office buildings-focused on U-

- value, SHGC, VLT, Proceedings of SAREK, pp. 923-926.
3. Yoon, J. H., Hong, W.-W., Hwang, W.-J., and Choi, W.-K., 2011, A study of correlation between glazing performance and building energy-Focused on the U-value, SHGC and VLT in a curtain wall building, Journal of AIK, Vol. 27, No. 12, pp. 341-348.
 4. Ministry of Knowledge Economy Notice No. 2012-320, 2012, Energy Efficiency Equipment Operating Regulations.
 5. Euro Window General Secretariat, 2010, Window energy rating : A plea from the fenestration industry.
 6. www.nfrc.org.
 7. www.wers.net.
 8. Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs, 2010, Eco-friendly Housing Construction Standards and Performance Evaluation Guidelines.
 9. Ministry of Commerce, Industry and Energy, 1999, Final Report on Building Energy Intensity Basis Study.
 10. DOE, 2010, EnergyPlus 6.0 Engineering Reference, US Department of Energy.
 11. ASHRAE, 2009, ASHRAE Handbook Fundamentals, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.
 12. Kim, S. J., 2001, A study on the estimation of optimum cold and hot water supply quantity in apartment house, MS thesis, Chungang University, Seoul, Korea.
 13. Yoo, S. Y., 2011, Analysis of Internal Heat Gain and System Operation Patterns in Residential buildings, Proceedings of SAREK, pp. 683-686.
 14. ASHRAE, 2007, Standard 62.1-2007, Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality.
 15. ASTM E1828-11, 2011, Standard Test Methods for Determining Airtightness of Buildings Using an Orifice Blower Door.