

건물 외피 창호면적 변화에 따른 에너지 소비량에 관한 연구

하 대 웅^{*†}, 박 경 순^{*}, 손 원 득^{*}

^{*}삼신설계(주)부설 삼신에너지환경연구원

Study on the Analysis of Energy Consumption Corresponding Window Area Ratio

Dae-Woong Ha^{*†}, Kyung-Soon Park^{*}, Won-Tug Son^{*}

^{*}Sahm-Shin Engineers, INC.

Sahm-Shin Energy and Environment Institute, Seoul 137-130, Korea

ABSTRACT: Window is the most demanding design component in the building design. Recently, window area in the building surface has been increased significantly in the office building. As window area increased significantly, however, the thermal load has been increased significantly due to lack of thermal performance of the outside wall. In this paper, we discussed the energy consumption of the buildings according to window area ratio. Two types of building for energy consumption analysis were made by Designbuilder v.1.4 and Energyplus v.2.0. Window area ratio was five different types (30%~70%) in each building. As a result, the cooling energy consumption has been decreased as window area decreased in each building. Whereas the heating energy consumption has been increased window area decreased.

Key words: Window area ratio(창호면적비), Building energy consumption(건물에너지 소비량), Thermal load(부하)

1. 서 론

건물에 있어서 창호는 조망성, 채광성, 환기 등을 위한 필수적인 요소이다. 또한 건물 외피설계 시 중요한 디자인 요소로 사용되어 왔다.

최근 상업용 오피스 건물의 경우 외벽의 창호면적이 증가하고 있다. 그러나 열적으로 건물의 외피 중 가장 취약한 부분이다. 따라서 에너지 절약 측면에서 많은 문제점을 가지고 있으나 건

물의 디자인 요소 또는 환경적인 요소로서 필수적으로 사용되고 할 수 있다.

건물의 외장적인 효과를 위해 건물의 창호면적은 점차 확대되고 있으나 이는 하절기에 실내에 도입되는 일사량을 증가시키고, 결과적으로 하절기 건물의 냉방에너지 소비량을 증가시키는 원인으로 작용하고 있다. 이러한 일사를 차단하고, 냉방부하를 감소시키기 위해 최근에는 단열필름과 단열강화유리의 사용이 점차 확대되고 있다.

반면에 창호면적의 증가로 인해 하절기 냉방부하는 증가되지만 동절기에 실내에 도입되는 일사량이 증가하므로 실내 난방부하 절감 효과는 크다고 할 수 있다. 또한 외벽의 창호면적을 감소

† Corresponding author
Tel.: +82-2-578-5671; fax: +82-2-578-8378
E-mail address: 201bay@ssei.co.kr

시키거나 단열강화 유리나 코팅유리 주광의 투과율을 저하로 인해 조명부하는 커지게 되어 조명에너지 사용량이 증가된다고 할 수 있다.

따라서 본 연구에서 시뮬레이션을 통해 건물 외벽의 창호면적의 비율에 따른 건물 에너지 소비량을 정량적으로 분석하여 건물의 외피설계 시 필요한 기초데이터를 작성하고자 한다. 또한 우리나라 상업용 오피스 건물의 여러 가지 형태 중 일반적인 형태를 선정하여 건물의 형태에 따른 건물의 에너지 소비량을 분석하고자 한다. 이를 위해 본 연구에는 DOE와 BLAST가 결합된 동적 건물에너지 시뮬레이션 소프트웨어인 Energy Plus v.2.0과 시뮬레이션 대상 건물의 3차원 시각화를 위하여 Designbuilder v.1.4를 이용하여 분석하였다.

2. 시뮬레이션

2.1 대상건물의 개요

건물에 대한 에너지 시뮬레이션을 통한 해석 시에는 재실자의 행동과 외기조건의 영향, 건물 냉난방 시스템, 벽체와 창호의 면적과 재질 등 여러 가지 조건을 고려해야 한다.

본 연구에서는 건물의 다양한 변수들의 고려가 가능한 Energyplus를 사용한 건물 동적 시뮬레이션을 통해 창호면적비 변화에 따른 에너지 소비량을 정량적으로 분석하여 건물에너지 절약설계의 기초자료로서 제공하고자 한다.

본 연구에서는 상업용 오피스 건물을 대상으로 창호면적비와 건물의 형태를 변수로 시뮬레이션을 수행하였다. 상업용 오피스 건물의 일반적인 형태를 3차원 시각화하기 위한 도구로서 Design Builder v.1.4를 이용하여 건물에너지 시뮬레이션 모델을 작성하였다. 건물의 형태에 따른 에너지 소비량을 분석하기 위해 시뮬레이션 대상건물은 장방향과 정방향 형태로 두 가지 형태로 구분하여 시뮬레이션 모델을 작성하였다. Fig. 1과 Fig. 2는 각 시뮬레이션 대상건물의 외관을 나타내고 있다.

Table 1은 시뮬레이션 대상건물의 개요를 나타내고 있다. 각 건물은 남향을 중심으로 창호면적비는 70%에서 30%로 각각 5개의 형태로 총 10개의 시뮬레이션 모델을 작성하였다. 재실밀도는 일반적

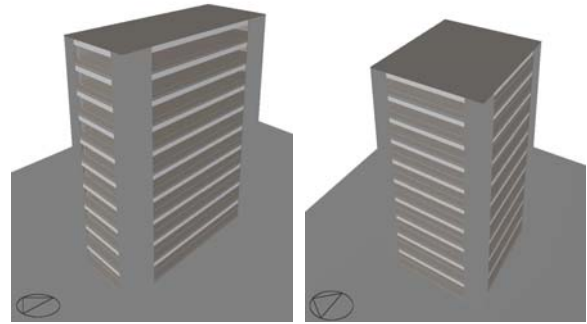


Fig. 1 Simulation building A. Fig. 2 Simulation building B.

인 오피스 건물의 설계기준으로 0.2인/m²이며 재실 시간은 오전 9에서 오후 6시까지로 9시간이다.

대상건물은 10층으로 선정하였으며 각층 바닥면적은 1000m²로 공조유효 면적은 코어를 제외한 전체 바닥면적의 65%로 650m²로 하였다.

Table 2는 대상건물의 각 부분의 재료의 상세를 나타내고 있다. 최근 대부분의 상업용 오피스 건물의 창호면적이 증가하고, 동시에 대부분이 외벽에 커튼월 구조를 채택하고 있다. 또한 창호의 열성능을 증가시키기 위해 냉방부하를 저감시키기 위해 로이유리를 사용하고 있다. 따라서 본 연구에서도 시뮬레이션 모델의 외벽을 커튼월로 하였으며 로이유리를 적용하였다.

Table 1 Description of simulation model.

Location	Ulsan	
Type	Office building	
Floor	10 Stories	
Gross floor area	1000m²	
HVAC floor area	650m²	
Occupancy	0.2 person/m²	
Air conditioning schedule	09~18h (9hours)	
Light	20W/m²	
Equipment	30W/m²	
Window area ratio	Type A	70%
	Type B	60%
	Type C	50%
	Type D	40%
	Type E	30%

Table 2 Description of construction.

Part	Material	Thickness (m)	Conductivity (W/m·K)	Specific heat (J/kg·K)	Density (kg/m ³)
Wall	Metallic cladding	0.006	0.29	1000	1250
	Polystyrene	0.09	0.034	1400	35
	Metallic cladding	0.006	0.29	1000	1250
K-value : 0.35(W/m ² · K)					
Roof	Asphalt	0.019	0.7	1700	2100
	Fibre board	0.013	0.06	1000	300
	Polystyrene	0.122	0.034	1400	35
K-value : 0.22(W/m ² · K)					
Floor	Concrete	0.15	1.4	840	2100
	Cement	0.03	0.04	840	1200
	Insulating material	0.06	0.029	1200	40
K-value : 0.33(W/m ² · K)					
Window	6mm LowE double glazing 13mm argon filled				
U-value: 1.499(W/m ² · K)					

2.2 건물에너지 시뮬레이션 모델

건물의 냉난방 및 각종 에너지 소비량을 예측하기 위해 대상 건물의 열원과 공조시스템은 일반적으로 오피스 건물에 사용되는 공조방식을 선정하였다.

Table 3은 대상건물에 적용된 열원 및 공조시스템을 나타내고 있다. 열원으로는 터보 냉동기와 건물 내부의 재실공간은 내부존과 외부존으로 구분하였으며 내부존에는 변풍량방식을 적용하였고, 외부존에는 팬코일유닛을 적용하였다. 외부존의 깊이는 외벽에서 2m로 하였다.

EnergyPlus에서는 실내의 공간들 사이의 기류 이동과 공기의 혼합에 대한 해석이 가능하다. 따라서 Designbuilder v.1.4에서 내외부존의 공기 혼합을 고려하여 시뮬레이션모델을 작성하였다. Fig. 3과 Fig. 4는 각 시뮬레이션 건물의 내부를 나타내고 있다.

Table 3 Primary component of HVAC plant.

Plant	Chiller	360RT
	Boiler	8000,000kcal/h
HVAC system	VAV system	21,700CMH
	Fancoil	9,3000CMH
Outdoor air flow rate		3250CMH

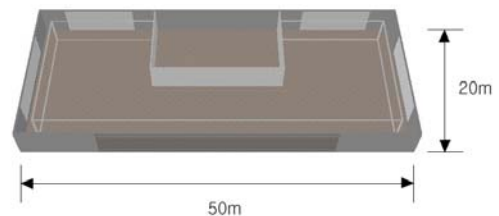


Fig. 3 Indoor of building A.

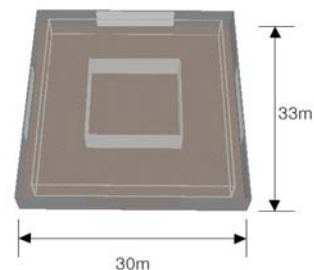


Fig. 4 Indoor of building B.

2.3 기상데이터 분석

EnergyPlus 시뮬레이션 프로그램에서 처리하는 기상자료는 ASHRAE에서 제안하는 표준 기상데이터 유형인 IWEC(International Weather for Energy Calculations)포맷을 사용하고 있다. 전 세계 227개 지역의 장기간 기상자료를 내포하고 있으며 한국의 경우 인천, 강릉, 광주, 울산 등 4개 도시의 데이터가 제공된다.1) 본 연구에서 건물모델 작성 시 남부지방의 외벽 열관류율(0.58W/m²·K)을 만족하도록 하였다. 따라서 본 연구에서는 울산의 기상데이터를 적용하여 시뮬레이션을 실행하였다.

3. 시뮬레이션 결과 및 고찰

3.1 건물 형태별 에너지 소비량

Table 4는 장방형 건물 A와 B의 전체 에너지 소비량의 비교를 나타내고 있으며 냉난방에너지 소비량을 석유환산톤(TOE)로 나타내었다.

건물의 형태에 따른 에너지 소비량을 비교한 결과 장방형의 건물 A 대비 정방형의 건물 B의 에너지 소비량의 차이는 연간 0.14%~0.77%로 나타나 건물의 형태는 건물에너지 소비량에 거의 영향을 미치지 않는다고 사료된다. 따라서 창호면적비에 따른 건물에너지 소비량 변화에 관한 검토는 장방형 건물 A에 대해서만 검토하고자 한다.

Table 4 Energy consumption of buildings.

Window area type	Building A (TOE)	Building B (TOE)	Energy ratio
Type A	780	786	0.76%
Type B	746	745	0.13%
Type C	704	703	0.14%
Type D	661	659	0.30%
Type E	621	616	0.81%
Total	3512	3509	0.08%

3.2 창호면적별 에너지 소비량

건물 형태에 따른 에너지 소비량의 차이가 거의 없으므로 본 절에서는 창호면적별 에너지 소비량을 분석하기 위해 건물 A를 기준모델로 선정하였고, 창호면적비가 70%인 Type A를 기준으로 각 창호면적별 에너지 소비량을 분석하였다.

Table 5 Comparison of energy consumption on window area ratio.

Window area type	Cooling energy (MWh)		Heating energy (Nm ³)	
	Building A	Energy reduction rate (%)	Building A	Energy increasing rate (%)
Type A	1205	-	3216	-
Type B	1150	5	3232	1
Type C	1081	10	3255	1
Type D	1006	17	3417	6
Type E	936	22	3670	14

Table 5는 창호면적별 에너지 소비량의 비교를 나타내고 있으며 Fig. 5는 창호면적별 냉방에너지 소비량을 나타내고 있으며 Fig. 6은 난방에너지 소비량을 나타내고 있으며

Fig. 7과 Table 6은 창호면적비에 따른 각 건물의 전체 에너지 소비량의 비교를 나타내고 있다.

냉방에너지 소비량은 Type A의 경우 1205 MWh로 나타났다. Type B의 경우 냉방에너지 소비량은 약 1150MWh로 Type A를 기준으로 약 5%의 냉방에너지가 감소되었다. Type C의 경우 1081MWh이며 약 10%의 냉방에너지가 감소되었다.

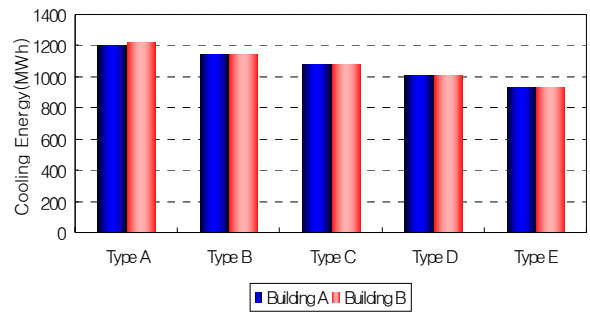


Fig. 5 Cooling energy consumption.

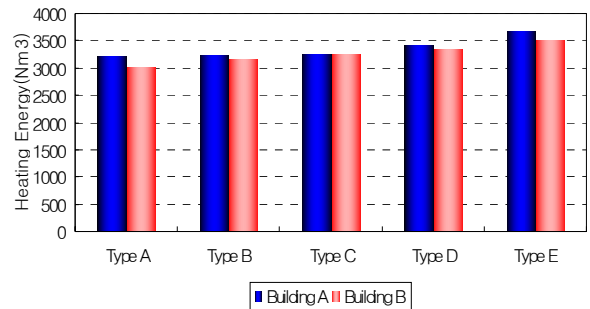


Fig. 6 Heating energy consumption.



Fig. 7 Total energy consumption.

Table 6 Annual Energy consumption of buildings on window ratio.

Type	Building A (TOE)	Energy reduction rate (%)
Type A	780	-
Type B	746	4
Type C	704	10
Type D	661	15
Type E	621	20

반면에 Type D의 경우 1006MWh이며 약 17%의 난방에너지가 감소하였고, Type E의 경우 936MWh로 22%의 난방에너지가 절약되어 에너지 감소폭이 크게 나타났다. 따라서 창호면적이 외벽전체의 50%이하로 감소시킬 경우 난방 에너지 절감 효과를 높일 수 있다고 판단된다. 난방 에너지 소비량은 Type A의 경우 3216Nm³으로 나타났다. Type B의 경우 3232Nm³으로 나타났으며 Type A를 기준으로 약 1%의 난방에너지가 상승하는 것으로 나타났고, Type C의 경우 3255Nm³으로 Type A를 기준으로 약 1%의 난방 에너지가 증가하였다. 반면에 Type D의 경우 3417Nm³로 Type A를 기준으로 약 6%가 증가하였고, 창호면적이 가장 작은 Type E의 경우 3670Nm³으로 14%의 난방에너지가 증가하는 것으로 나타났다.

Table 6은 창호면적별 전체 에너지 소비량의 차이를 나타내고 있다. 전체의 에너지 소비량을 비교한 결과 Type A는 780TOE로 나타났고, Type B의 경우 746TOE로 Type A를 기준으로 약 4%의 에너지 절감되었다. Type C의 경우 704TOE로 Type A를 기준으로 약 10%가 절감되었고, Type D의 경우 661TOE로 약 15%의 에너지가 절감되었다. Type E의 경우 621TOE로 20%의 에너지가 절감되었다. 따라서 창호면적이 50%이하일 경우 건물에너지 소비량의 변화는 크게 나타나지 않지만 창호면적이 50%이하로 감소시킬 경우 건물에너지 절감 효과를 높일 수 있다고 판단된다.

Fig. 8~Fig. 10은 창호면적비 70%를 기준으로 창면적비 감소율(10%~40%)과 에너지 소비량 증가와 감소율의 상관관계를 나타내었다. 식(1)은 창호면적에 의한 냉방에너지 소비량의 상관관계를 나타내고 있으며 식(2)은 난방에너지의 상관관

계를 나타내고 있으며 식(3)은 전체 건물에너지의 상관관계를 나타내고 있다.

$$y = -0.0001x^3 + 0.01x^2 + 0.3682x \quad (1)$$

$$y = 0.0002x^3 - 0.0002x^2 - 0.0023x \quad (2)$$

$$y = -0.0001x^3 + 0.0089x^2 + 0.3574x \quad (3)$$

여기서,

x : 창호면적비 감소율

y : 에너지 소비량 증가/감소율

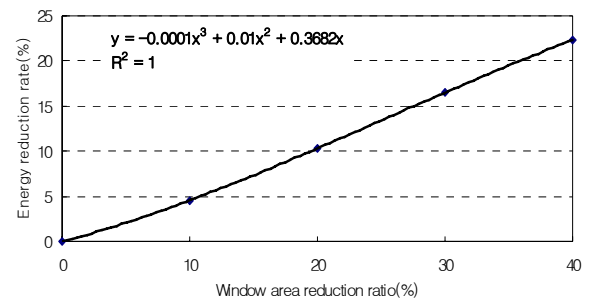


Fig. 8 Cooling energy reduction rate.

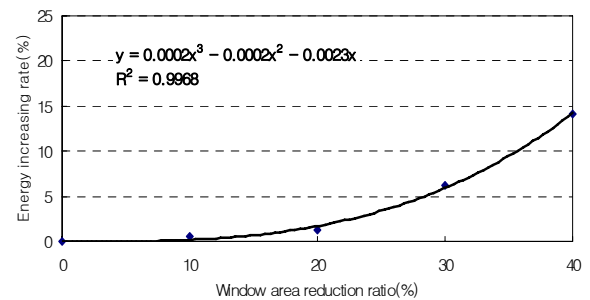


Fig. 9 Heating energy increasing rate.

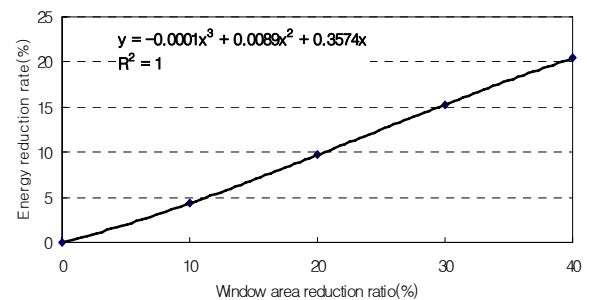


Fig. 10 Total energy reduction rate.

창호면적의 감소에 따른 냉방에너지 감소의 원인은 하절기 주간에 실내로 도입되는 일사량이 감소하게 되고, 이는 실내의 냉방부하를 감소시키게 되며 그에 따라 냉방에너지가 감소된다고 할 수 있다. 반면에 동절기에는 외벽의 창호면적이 감소됨에 따라 주간에 실내로 도입되는 일사량이 감소하게 되며 따라서 실내의 난방부하를 증가시키는 원인으로 작용한다고 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 건물의 형태와 창호면적비에 따른 건물에너지 소비량을 시뮬레이션을 통해 정량적으로 나타내었다. 주요연구 결과는 다음과 같다.

(1) 건물의 형태에 따른 에너지 소비량을 분석한 결과 동일한 규모의 장방형 건물과 정방형 건물의 연간 에너지 소비량을 비교한 결과 장방형 건물 대비 정방형 건물의 에너지 소비량의 차이는 연간 0.14%~0.77%로 나타나 건물의 형태는 건물에너지 소비량에 거의 영향을 미치지 않는다고 사료된다.

(2) 냉방의 경우 창호면적이 70%인 시뮬레이션 모델을 기준으로 창호면적을 10%씩 감소시킨 결과 창호면적이 60%와 50%에서는 10%이하의 냉방에너지가 절감되었다. 반면에 40%와 30%로 창호면적을 감소시킬 경우 17%와 22%가 감소되었다. 따라서 창호면적을 50%이하로 감소될 경우 하절기 냉방에너지 절감효과를 높일 수 있다.

(3) 난방의 경우 냉방과 동일하게 창호면적이 70%인 시뮬레이션 모델을 기준으로 창호면적을 10%씩 감소시킨 결과 60%와 50%에서는 난방에너지 소비량의 변화가 거의 없었다. 반면에 40%와 30%로 감시킬 경우 6%~14%의 난방에너지가 증가하였다.

(4) 전체에너지 소비량을 비교한 결과 창호면적이 50%이하로 감소될 경우 10~20%의 건물에너지가 감소되었다.

위의 시뮬레이션 결과를 통해 창호면적에 따른 건물의 에너지 소비량을 정량적으로 파악하였다.

본 연구에서는 건물의 외피 설계와 에너지절약 설계의 기초자료로서 활용하기 위한 연구이며 향

후 연구에서는 기후조건 및 다양한 설계인자를 고려하여 연구가 수행되어야 할 것이며 실제 건물에 대한 검증이 요구되어야 할 것으로 사료된다.

참고 문헌

1. ASHRAE. 2001. International Weather for Energy Calculations(IWEC Weather Files), Atlanta, GA, USA.
2. 김미현 외, 2007, 건물의 열성능 평가 지표에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 27, No. 4.
3. 유호천 외, 2005, 에너지 효율로 본 상업용 건물의 적정 창호에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol. 25, No. 4.
4. 강제식 외, 2007, 로이유리 창호의 정략적 단열성능 및 현장 냉난방에너지소비특성 평가, 한국친환설비학회 논문집, Vol. 1, No. 2.