

사무소 건물의 패시브 디자인 요소에 대한 에너지 성능평가

Energy Performance Assessment of Passive Design Elements for Office Building

○최서영* 염윤숙** 이연구***
Choi, Seo-Young Yeom, Yoon-Sook Rhee, Eon-Ku

Abstract

The study aims to predict influence of passive design elements about building energy performance and then ascertain importance of the influence. The study simulate energy analysis program and perform analysis of variance with statistical estimation. Primary passive design elements are Air leakage of wall, Solar Heat Gain Coefficient (SHGC) performance of window, Thermal performance of window, Floor height, Ratio of Lateral to Longitudinal Length, Orientation of building to save energy of the office building. As a result, building envelope performance effect powerfully upon the energy saving of office building.

키워드 : 패시브 디자인 요소, 실험계획법, 분산분석

Keywords : Passive Design Element, Experimental Design, Analysis of Variance

1. 서 론

최근 국내에서는 지속가능한 성장을 위해 녹색기술과 청정에너지의 이용이 점차 확산되고 있으며, 이를 위한 법률적 기준과 제도들이 정비되고 있다. 건축분야에서는 ‘건축물의 에너지 절약 설계 기준’ 등 친환경건축을 위한 기준이 강화되고, 연구의 기초적 기반으로 건물의 부하와 에너지소비량을 절감할 수 있는 패시브 디자인(Passive Design)에 대한 성능 평가 및 설계적 접근들이 시도되고 있다. 본 연구에서는 건물의 에너지 성능에 큰 영향을 미치는 Passive Design 요소의 중요도를 파악하고 건물의 에너지 성능을 예측함으로써 정량적 성능분석을 기반으로 사무소 건물의 최적설계안 및 성능기준을 제안하였다.

2. 사무소 건물의 패시브 디자인 요소 도출 및 에너지 성능분석

2.1 사무소 건물의 패시브 디자인 요소 도출

통계자료 및 기존 연구문헌을 통해 사무소 건물의 Passive Design 요소를 분석하고, 사무소 건물의 계획적 특성을 반영하여 설계요소의 한계 및 수준을 선정하였다.

표 1. 시뮬레이션을 위한 설계변수 및 수준

설계변수	0	1	2
연면적	30,000m ²	40,000m ²	50,000m ²
SF비	0.07	0.11	0.14
층고	3.7m	4.1m	4.4m
장단변비	1:1	1:2	1:1.5
건물의 향	남	동	남동
창호면적비율	20%	40%	60%
지붕 열관류율	0.56	0.25	0.15
벽체 열관류율	2.48	1.36	0.24
바닥 열관류율	0.69	0.35	0.19
창호 단열	2.1	1.55	0.7
SHGC	0.6	0.4	0.2
VLT	15%	40%	70%

2.2 실험계획법에 의한 시뮬레이션

본 연구에서는 사무소 건물의 Passive Design 요소가 건물의 에너지 성능에 미치는 영향력을 분석하기 위해 일부의 실험만으로 전체 시뮬레이션 계산과 유사한 결과를 도출할 수 있는 통계적인 방법인 실험계획법을 이용하였다. 일부실험시법의 실험조건을 결정할 수 있도록 만든 직교배열표를 활용하여 81회의 실험을 계획하고, 81회 시뮬레이션을 위한 변수의 조건에 따라 건물 에너지 해석 프로그램인 에너지플러스(EnergyPlus)를 이용하여 시뮬레이션을 실시하였다. 직교배열표 및 냉·난방부하 계산 결과는 분산분석을 위한 데이터베이스로 활용하였다.

2.3 실험계획법에 따른 패시브 요소 에너지 성능평가

시뮬레이션 결과를 토대로 에너지 성능에 유의한 요소를 선별하기 위해 분산분석(Park, 1994)을 활용하였다. 분산분석의 결과값을 사용하여 유의확률 0.05이하인 에너지 사용량에 유의미한 영향을 미치는 요소들의 건물의 에너지 성능에 미치는 기여율 및 영향력을 분석하였다. 그리고 요소들의 중요도 및 수준변화에 따른 에너지 사용량의 변화를 정량적인 수치로 분석하였다. EnergyPlus 프로그램에 의한 81회의 시뮬레이션 결과와 분산분석에 의한 설계변수 평가표의 예측치를 검토한 결과, 결정계수 R²이 난방부하 0.914, 냉방부하 0.916으로 비교적 높게 나타나 냉·난방부하 예측이 가능한 것으로 분석되었다.

표 2. 난방부하에 대한 설계변수 평가표

설계변수	기여율 (%)	난방부하에 대한 영향력(kWh/m ² yr)		
		0수준	1수준	2수준
층고	1.8	-1.86	0.22	1.64
장단변비	3.2	-2.57	1.10	1.56
건물의 향	1.9	-1.24	-0.83	2.07
창면적비 남	2.3	2.14	-0.43	-1.71
환기	1.4	1.77	-0.50	-1.26
벽체	57.7	7.98	1.47	-9.45
창호단열 북	1.5	1.81	-0.44	-1.37
SHGC 남	6.3	-3.41	1.10	2.31

+:평균보다 소비량 많음 ; -:평균보다 소비량 적음

* 중앙대 대학원 석사과정

** 중앙대 대학원 박사과정

*** 중앙대 건축학부 교수, 공학박사

이 연구는 2013년 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호: 2013-003593

표 3. 냉방부하에 대한 설계변수 평가표

설계변수	기여율 (%)	냉방부하에 대한 영향력(kWh/m ² yr)		
		0수준	1수준	2수준
연면적	6.7	1.28	0.68	-1.96
SF비	1.7	1.11	-0.49	-0.62
층고	4.9	-1.72	0.62	1.10
장단변비	5.6	-1.81	0.65	1.11
창면적비 동	2.6	-0.94	-0.33	1.27
창면적비 서	2.6	-1.10	-0.03	1.13
벽체	5.9	1.19	0.61	-1.80
창호단열남	2.3	1.26	-0.63	-0.63
SHGC서	15.9	2.69	-0.16	-2.52
SHGC남	14.5	2.87	-1.33	-1.54
VLT서	4.1	-0.86	-0.73	1.59
VLT남	1.9	-1.15	0.42	0.72

+:평균보다 소비량 많음 ; -:평균보다 소비량 적음

사무소 건물의 에너지 사용량에 대한 분산분석 결과, 난방부하에 대한 기여율은 벽체의 단열성능이 57.7%로 가장 높고, 남향의 일사열취득계수 (SHGC) 6.3%, 장단변비 3.2%, 남측 창면적비 2.3% 등으로 나타났다. 이는 난방 에너지 절감에 건물의 단열성능 강화가 가장 효과적이며, 일사의 유입 역시 고려해야함을 보여준다. 냉방부하에 대한 기여율은 서향의 SHGC 15.9%, 남향의 SHGC 14.57%, 연면적 6.7%, 벽체 5.9%, 장단변비 5.6%, 층고 4.9%, 서향 VLT 4.1% 등으로 나타났다. 이는 사무소 건물에서의 냉방에너지 절감은 냉방기간의 효과적인 일사 차단을 통한 전략이 필요함을 의미한다.

3. 사무소 건물의 패시브 디자인 요소 선정

3.1 사무소 건물의 패시브 디자인 요소 선정

사무소 건물의 에너지 절감을 위한 Passive Design 요소를 선정하기 위해서 건물의 에너지 사용량과 Passive Design 요소들의 에너지 성능을 평가하여 주요 요소들을 도출하였다. 그 결과 본 연구에서는 외벽 및 남측의 창호 성능을 강화하는 모델을 제시하였다. 남측의 창면적비 60%, SHGC 0.4를 적용하여 겨울철 태양열의 입사량을 최대화함으로써 난방에너지를 절감하고, 동측과 서측은 창면적비 40%, SHGC 0.2를 적용하여 태양열의 입사량을 최소화함으로써 냉방에너지를 절감하도록 계획하였다. 설계안의 적용 수준은 현재 기술력 및 사무소의 현황분석을 바탕으로 설정하였으므로 향후 사무소 건물의 기초 설계단계에서 지표로 활용할 수 있다.

표 4 냉방에너지 분야별 주요 설계요소

계획별 분류	계획요소	적용수준	
규모	연면적	50,000m ²	
	SF비	0.07	
형태	장단변비	1:1.5	
	건물의 향	남동향	
입면 단면	층고	3.7m	
	창면적비 남	60%	
	창면적비 (동,서)	40%	
부위 별 계획	벽체	벽체단열	0.16 W/m ² K
		창호단열 (북,남)	0.70 W/m ² K
	창호	차폐계수(SHGC) 남	0.4
		차폐계수(SHGC) 서	0.2
		VLT (서,남)	70%

3.2 패시브 디자인 사무소 건물의 성능검증

도출된 주요 요소들을 적용한 사무소 건물을 분석한 결과 표준 대상 건물에 비해 42.7% 가량의 에너지를 절감하였으며, 이중 난방에너지의 경우 57.9%, 냉방의 경우 45.3% 감소하는 것을 확인되었다. 성능평가에 대한 신뢰도를 얻기 위해 정확도 분석 결과는 난방에너지 91.4%, 냉방에너지 91.6%의 정확도를 보여 10% 이내의 오차로 예측치를 신뢰할 수 있었다.

연구결과 기본적인 Passive Design 요소의 적용만으로 40%이상의 에너지 절감이 가능하였으며, 그이상의 기술을 적용하거나 에너지 절약적인 계획이 이루어지면 보다 큰 절감 효과를 얻을 것으로 기대된다. 그리고 에너지 예측치를 활용하여 기대 절감효과를 비교분석하는 경우 건물의 기본 설계단계에서의 Passive Design이 보다 수월하게 이루어 질 수 있을 것으로 기대된다.

표 5 사무소 건물의 에너지 사용량 변화 kWh/m²yr (%)

	난방	냉방	급탕	전력	총량
표준 대상 건물	37.23 (20.2)	61.35 (33.3)	2.6 (1.4)	83.02 (45.1)	184.20
제안 사무소 건물	15.66 (14.8)	33.56 (31.8)	2.6 (2.5)	53.71 (50.9)	105.53
절감량	21.57 (57.9)	27.79 (42.3)	0 (0)	29.31 (42.7)	78.67 (42.7)

4. 결 론

본 연구는 에너지 해석 시뮬레이션과 통계적 해석방법인 분산분석을 실시하여 사무소 건물의 Passive Design 요소들의 에너지 성능에 관한 기여율 및 영향력을 도출하였다. 난방에너지에 대한 기여율은 벽체의 단열성능 57.7%, 남향의 SHGC 6.3% 등으로 건물의 단열과 일사유입의 영향력이 크게 나타났고, 냉방에너지에 대한 기여율은 서향의 SHGC 15.9%, 남향의 SHGC 14.5% 등으로 일사차단 및 공간의 규모 대한 고려가 필요한 것으로 나타났다.

도출된 주요 Passive Design 요소들을 적용하여 42.7%의 에너지를 절감하였고, 이 중 난방에너지는 57.9%, 냉방에너지는 45.3%의 절감 효과를 보였다. 사무소 건물의 에너지 절감을 위해 도출된 주요 Passive Design 요소는 벽체의 단열성능, 창호의 SHGC, 창호의 단열성능, 창면적비, 층고, 장단변비, 건물의 향 등이다. 결과에 의하면 건물의 외피성능이 사무소 건물의 전체 에너지 절감에 밀접한 영향을 미치는 것으로 분석된다.

참고문헌

1. 건설교통부, 건설부문 온실가스 배출 분석 연구, 한국건설기술연구원, 2008
2. 석호태, 김광우, 사무소 건물의 설계변수 열성능 평가 및 부하예측방정식 개발, 설비공학 논문집 제 13권 제9호, 2001
3. 손우진, 공동주택 설계초기단계에서의 에너지 성능평가를 위한 부하 예측식 개발에 관한 연구, 2011
4. 지식경제부, 2009, 기후변화대응을 위한 건물 에너지효율 등급 표시제도 개발 연구(1차년도 보고서)