

# 공공기관 건물의 에너지 성능개선을 위한 패시브 요소 적용의 에너지 절감을 분석 연구

손지훈\* 김삼열\*\*

\*동의대학교 대학원 건축설비공학과(minyoujin12@naver.co.kr),  
\*\*동의대학교 건축설비공학과(skim@deu.ac.kr)

## A Study on Energy Reduction of Passive Factor Apply for the Improvement of Energy Performance in Public Building

Son, Ji-Hoon\*, Kim, Samuel\*\*

\*Dept. of Building System Engineering, Graduate School, Dongeui University(minyoujin12@naver.com),  
\*\*Dept. of Building System Engineering, Dongeui University(skim@deu.ac.kr)

### Abstract

The energy used in Korea is strongly dependent on that produced by foreign countries. Accordingly, saving energy is more important than ever, because of the rise of international oil prices and depletion of oil resources. The development of energy efficient buildings is required especially for public buildings in Korea. In this study, the energy use of public buildings is identify. Then, the analysis of energy usage through regional offices in Busan City offers energy performance for public buildings.

Keywords : 전력사용량(Electricity Consumption), 공공건축물(Public Building), 부하(Load), 에너지사용량(Energy Consumption), 시뮬레이션(Simulation)

### 1. 서 론

현재 우리나라는 2007년 기준으로 에너지 해외 의존도는 97.2%의 정도로 필요한 에너지의 대부분을 해외에 의존하고 있다. 이러한 에너지 해외 의존도는 국제 유가의 상승과 석유자원의 고갈을 초래해 큰 위기가 될 수 있어서 에너지 절약이 중요해지고 있다. 최근까지도 매년 건물용도별로 에너지 성

능개선에 대한 많은 에너지 논문들이 진행되고 있다. 그러나 건물용도별로 에너지 성능개선에 대한 연구들이 사무소, 대학건물 등에 일정부분 편중되어 있다.

이에 본 연구에서 대상 공공기관 건물을 선정해 대상건물의 시뮬레이션을 실시해 에너지 절감을 비교분석하여 에너지 절감을 위한 패시브적인 요소의 우선순위를 도출하고자 한다.

## 2. 연구방법 및 절차

본 연구에서는 공공기관 건물의 에너지 절감율을 비교·분석해서 에너지 성능개선을 위한 패시브적인 요소의 우선순위를 도출한다.

- (1) 건축물의 에너지 절약설계기준을 알아본다.
- (2) 대상건물을 선정해 에너지 사용량을 알아본다.
- (3) 선정된 건물을 대상으로 패시브적인 요소를 적용한 시뮬레이션을 진행한다.
- (4) 시뮬레이션 결과를 통한 에너지 절감율을 비교분석해서 에너지성능개선을 위한 패시브적인 요소의 우선순위를 도출한다.

## 3. 에너지 절약 설계 기준

에너지 절약 성능이 높은 건축물의 설계를 적극유도하고 에너지 사용량을 바탕으로 허가하는 건축물 에너지소비 총량제도를 도입하는 등 그 밖에 현행 제도의 운영상 나타난 일부 미비점을 개선·보완하기 위해 2011년 2월에 개정이 되었다. 그중에서도 단열재의 두께가 강화되었다.

건축물의 에너지 절약 설계 기준의 제 2장 에너지 절약 설계에 관한 기준은 제 1절 건축부분 설계기준, 제 2절 기계설비부분 설계기준, 제 3절 전기설비 부분 설계기준, 제 4절 신·신재생에너지설비부분 설계기준으로 구분되어 있으며, 각 절의 내용은 각 부분의 의무사항과 권장사항으로 분류되어 있다.

본 연구에서는 최소의 비용으로 에너지 성능개선을 위한 방법을 위해 제 1절 건축부분의 패시브적인 요소만을 대상건물에 적용해 에너지 절감율을 분석한다.

## 4. 대상 공공건축물의 개요

대상건물은 부산시의 지자체 청사들을 대상으로 하였으며, 그 중에서도 신축하지 않고, 준공된지 오래된 건물을 대상으로 조사를 하여 선정하였다. 다음 표 1은 대상건물

의 개요를 나타낸 것이다.

표 1. 대상건물 개요

구분	내용
건물명	S청사
위치	부산광역시
건물준공년도	1978년 1월 17일
건물의 구성	지하 1층, 지상 5층
구조	철근 콘크리트조
연면적	5,711.81m <sup>2</sup> (약 1,730평)
건물의 용도	공공기관(교육, 민원, 복지 등)
인원	355명

S청사는 중앙집중식 냉·난방방식에 의한 지열방식, 증기냉·난방방식, 온수난방방식, 복사난방 방식, 온·냉풍 방식, 태양열방식을 채택해 사용하고 있으며, 중앙집중식 냉·난방 방식 중 냉·온풍 방식과 각 부서별 개별 자립형 냉·난방기기 방식을 채택 중이다.

대상건물의 시뮬레이션 기본모델구축을 위해 실제 에너지 사용량을 분석한다.

## 5. 대상 공공건물의 에너지 사용량 분석

에너지 사용에 대한 월별 변화분석은 계절에 따른 부하의 집중시기를 아는데 필요하다. 다음 그림 1은 월별 전력사용량의 변화와 가스사용량의 변화를 나타낸 것이다.

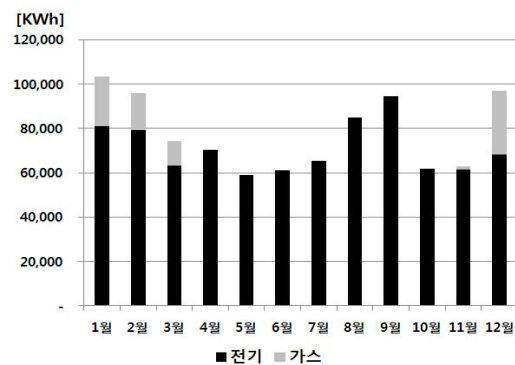


그림 1. 월별 전력, 가스사용량의 변화

월별 전력 사용량을 살펴보면 9월에 84,231KWh로 가장 높은 사용량을 보였고, 5월에 59,806KWh

으로 가장 낮은 사용량을 보인 것을 알 수 있다. 대상건물에서의 에너지 사용량이 가장 높은 9월에는 하루의 대부분을 냉방시설을 사용하기 때문에 전력소비가 증가하는 것을 알 수 있다.

월별 가스 사용량을 살펴보면, 12월에 9,053 ℓ로 가장 높은 사용량을 보였다. 가스 사용량의 월별 변화는 확실히 차이가 많이 나는 것을 볼 수 있는데, 동절기에 난방을 목적으로 가스 사용을 집중적으로 하는 것을 알 수 있다

## 6. 시뮬레이션 개요 및 경계조건

### 6.1 시뮬레이션 개요

건물의 에너지 소비량을 예측하는 방법은 부하계산에서부터 에너지 해석 프로그램까지 여러 가지 방법이 있다. Ecotect Analysis는 건물의 에너지 성능뿐만 아니라 태양에 대한 노출, 단열효과, 조명, 방음, 차양 등 다양한 요소들을 분석할 수 있는 건축설계 지원 프로그램이다. 그중에서도 Ecotect Analysis는 기존의 시뮬레이션보다는 유저가 접근하기 쉽고, 에너지 절감을 목적으로 간접적으로 다가가기 용이해서 선택하였다.

### 6.2 시뮬레이션 대상건물과 경계조건

시뮬레이션 대상건물은 모델링을 위해 도면을 검토하여 모델링하였다. 건물의 디테일한 외관까지 모델링하기는 불가능하며, 최대한 유사하게 모델링을 하였다. 다음 그림 2는 대상건물의 기본모델을 나타낸 것이다.

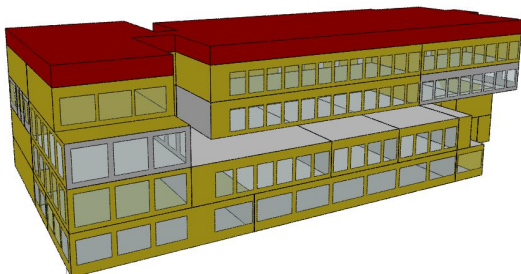


그림 2. 대상건물 기본모델

경계조건은 도면, 건물현장조사 등을 통해 실제 건물과 최대한 유사하게 설정하였으나, 대상건물의 준공연도가 오래되어, 소실된 도면들이 다수 존재해서, 지붕, 바닥의 재료와 물성치는 ‘건축물의 에너지 절약해설 기준을 참조하여, 지역에 맞는 재료를 선정하였다.

다음 표 2, 3은 기본모델 건물의 구성 재료 물성치와 유리창의 물성치이다.

표 2. 모델건물의 재료 및 물성치

	재료명	두께(mm)	열관류율(W/m <sup>2</sup> K)
외벽	Grinite	90	1.3
	Insulation	75	0.2
	Air gap	10	5.56
내벽	Concrete	200	0.75
	Brick	200	0.71
	Air Gap	70	5.56
지붕	Granite	90	1.3
	AsphaltCover	6	0.05
	Concrete	150	
	Polyurethane	160	
Plaster	10		
바닥	Ceramic Tiles	12	2.56
	Concrete Screed	25	
	Concrete Floor	150	
	Air Gap	600	
	Gypsum	12	

표 3. 유리창의 물성치(12mm복층유리)

구성	두께	열관류율	SHGC
Single Glass	3	1.06	0.8
Air gap	6		
Single Glass	3	1.06	0.8

### 6.3 대상건물의 패시브 요소 선정

대상건물의 패시브적 요소 선정을 위해 건축물의 에너지 절약 설계 기준의 제 2장 에너지 절약 설계에 관한 기준은 제 1절 건축 부문 설계기준을 참고하여 다음 표 4와 같이 선정하였다.

표 4. 대상건물의 패시브적 요소

요소	기준	범위
창문	유리 교체	3S/Air/3S 아르곤가스 로이유리
	열관류율	3.8 3.0, 2.5, 2.0
	창면적	100% 80%, 60%
	차폐계수	0.8 0.7, 0.5, 0.3
차양장치	적용안함	0.3, 0.6, 0.9
단열 강화	지붕	50mm (0.35) 105mm(0.3, 0.2)
	벽체	50mm (0.58) 60mm(0.5, 0.4, 0.3)
침기량	0.4ach	0.3, 0.2, 0.1
녹화*	옥상	적용안함 잔디, 토양, 부직포
	벽면	적용안함 잔디, 토양, 부직포, 배수층

\* The effects of rooftop garden on energy consumption of a commercial building in Singapore, 2005 참조

## 7. 대상건물의 시뮬레이션 결과 및 분석

공공기관 건물의 에너지 성능 개선을 위한 요소는 창호개선, 유리창의 열관류율, 창면적, 차폐계수 변경, 단열보강, 옥상녹화로 이루어져 있다.

### (1) 아르곤가스와 로이유리 적용시 월별 에너지사용량

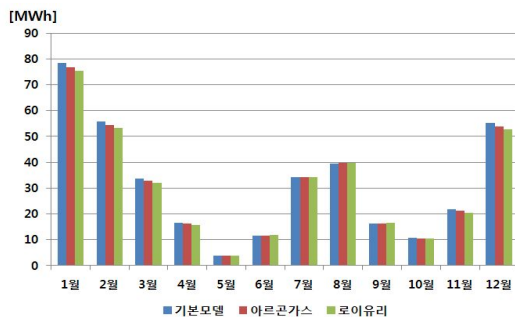


그림 3. 아르곤가스와 로이유리 적용시 절감율

위 그림 3은 아르곤가스와 로이유리 적용시의 냉난방 부하를 나타낸 것이다. 창호 개선에 따른 에너지 소비량을 비교한 결과, 아르곤 가스로 충전된 12mm 복층유리로 교체

시 연간 총 에너지 사용량은 약 371.29MWh로 약 1.5%의 절감율을 보였으며, 로이유리로 교체시 연간 총 에너지 사용량은 약 366.26MWh으로 약 3.1%의 절감율을 보였다.

### (2) 창의 열관류율

유리의 열관류율 변화에 따른 에너지 소비량을 비교한 결과,  $3.0W/m^2 \cdot K$ 의 경우에, 371.88MWh로, 약 1.3%의 절감율로 가장 적은 절감율을 보였으며,  $2.5W/m^2 \cdot K$ 의 경우에는 368.6MWh로 약 2.2%의 절감율로  $3.0W/m^2 \cdot K$ 에 비해 거의 2배 가까이 절감율을 보이는 것을 알 수 있었다.  $2.0W/m^2 \cdot K$ 의 경우에는 365.18MWh로 약 3.1%의 절감율로 기본모델에 비해 많은 절감율을 보였지만,  $2.5W/m^2 \cdot K$ 와 비교해보면 큰 차이는 없었다. 열관류율의 변경에 따른 시뮬레이션 결과로 볼 때, 큰 차이가 없는 점으로 보아, 2.5, 2.0  $W/m^2 \cdot K$ 의 경우를 둘다 선택해서 적용해도 큰 차이가 없을 것으로 판단된다.

### (3) 창의 면적

창면적비 변화에 따른 에너지 소비량을 분석한 결과, 창면적비가 80%인 경우에, 368.1MWh로 약 2.3%가 절감율을 보였으며, 60%인 경우에는 364.94MWh로 3.2%의 절감율을 보였다. 기본모델과 비교해서 창면적비가 적으면 적을수록, 열의 유·출입이 더 적게 발생하기 때문에 에너지 사용량이 적은 것을 알 수 있었다.

### (4) 창의 차폐계수

유리의 차폐계수에 따른 에너지 소비량을 분석한 결과, 차폐계수가 0.7인 경우에, 369.93MWh로 약 1.8%의 절감율로 가장 에너지 소비량이 절감되었다. 차폐계수가 0.5인 경우에는 359.92MWh로 약 4.5%의 절감율을 보였고, 차폐계수가 0.3인 경우에는 353.44MWh로 약 6.2%로 가장 많은 절감율을 보였다. 차폐계수가 클수록 유리로부터 유입되는 태양열이 감소되기 때문에 에너지 소비량도 절감되어 에너지 소비를 줄일 수 있다.

(5) 단열강화

지붕 단열 강화의 경우에는 총 에너지 사용량이 372.41MWh로, 약 1.2%의 절감율을 보였고, 벽체 단열 보강의 경우에는 에너지 사용량이 364.24MWh로, 약 3.4%의 절감율을 보였다. 지붕과 벽체 둘 다에 단열 보강의 경우에는 에너지 사용량이 356.46MWh로, 약 5.5%의 절감율을 보여 가장 높은 절감율을 보였다. 벽체 단열강화는 지붕단열 강화에 비해 에너지 사용량 절감율이 큰 것을 알 수 있는데, 벽체의 면적이 지붕면적에 비해 크기 때문에 그 효과가 더욱 큰 것으로 판단된다.

(6) 차양장치(수평루버)

차양장치(수평루버)의 설치여부에 따른 에너지 절감율을 살펴보면, 0.3m의 경우에는 375.19MWh로 약 0.5%의 절감율을 보였고, 0.6m의 경우에는 370.74MWh로 약 1.7%의 절감율을 보였다. 0.9m의 경우에는 365.97MWh로 약 2.9%의 절감율로 가장 높은 에너지 절감율을 보이는 것을 알 수 있었다.

수평루버를 설치하고 그 길이가 길수록 에너지 절감이 되었고, 루버로 인해 태양열 유입이 감소하므로 건물에서 발생하는 냉·난방 부하를 제거하기 위한 에너지 소비량이 줄어드는 것이다.

(7) 침기량 변화

침기량 저감에 따른 에너지 소비량을 살펴보면, 0.3ach인 경우에는 에너지 소비량이 368.53MWh로, 약 2.2%의 절감율을 보였고, 0.2ach인 경우에는 에너지 소비량이 363.78MWh로, 약 3.5%의 절감율을 보였다. 0.1ach인 경우에는 358.42MWh로, 약 4.9%의 절감율을 보였다. 침기량의 변화에 따라 각각 2배 가까이 에너지 사용량과 절감율을 보인 것을 알 수 있다. 침기량의 변화는 냉·난방 에너지에 모두 영향을 끼치지만, 난방에너지 사용량 저감에 더 큰 효과를 나타내었다. 침기량이 적을수록 에너지 절감측면에서는 더 효과적인 것을 확인할 수 있다.

아래 그림 4는 기본모델과 패시브요소 적용시의 총 에너지 절감율 변화를 나타낸 것이다.

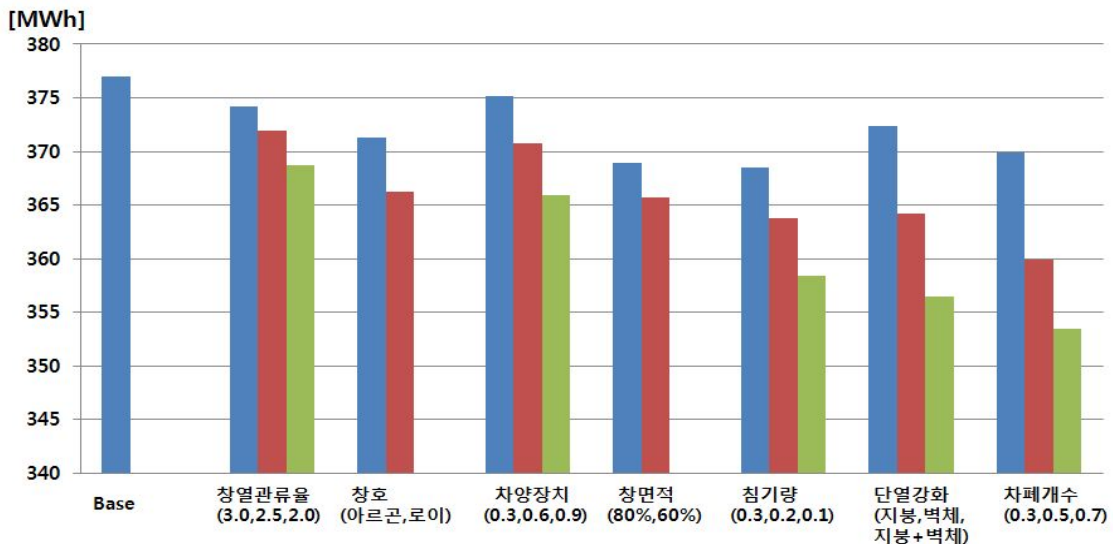


그림 4. 기본모델과 패시브요소 적용시 총 에너지 절감율 변화

## 8. 결 론

본 연구에서는 공공기관 건물의 에너지 정책을 통해 에너지 성능개선 요소를 도출하였으며, 시뮬레이션 프로그램을 통해 각 패시브 요소를 적용시 절감율을 비교·분석하여 에너지 성능개선을 위한 방안 적용의 우선순위를 도출하였다.

대상 건물의 에너지 성능개선을 위한 패시브적인 요소 중 창호교체, 창의 열관류율, 창의면적, 차폐개수, 단열강화, 차양장치, 침기량, 녹화적용과 관련하여 7가지를 제시하였다. 차폐계수(최대 6.2%), 단열강화(최대 5.5%), 침기량 변화(최대 4.9%) 등의 요소들이 가장 높은 절감율을 보였다. 이 중에서도 단열강화가 가장 큰 에너지 소비 저감 효과를 볼 수 있는 것으로 판단된다.

에너지성능개선을 위한 요소 적용의 우선순위를 도출해보면, 첫째, 단열강화가 필요하다. 대상건물은 준공년도가 1979년도에 준공된 건물인 만큼, 현재의 에너지 절약 기준이 적용되기 전이기 때문에 단열상태가 미흡하다. 건물로 벽체와 지붕의 단열상태 미흡으로 외부표면을 통한 전도로 많은 양의 부하 발생을 막기 위해서 단열재 추가가 필요하다.

둘째, 침기량 변화에 따른 절감율도 상당히 기 때문에 기밀성능향상을 위해 로이유리의 변경시공도 필요하다고 판단된다. 셋째, 차폐개수의 변경에 따른 절감율 역시 상당하다. 절감율로만 본 요소의 우선순위를 살펴보면, 크게 단열강화와 창호 개선으로 나눌수가 있다. 특히 창호개선은 침기량 변화와 차폐개수 부분이 적용되기 때문에 최우선적으로 창호개선이 필요하다고 판단된다.

본 연구에서는 각 요소별 절감율로만 비교·분석을 하였기 때문에, 에너지 성능개선을 위한 방안이나 우선순위 도출에는 한계점이 있다. 추후 연구에서는 요소별 절감율 뿐만 아니라 경제성 분석도 수반되어 통합적인 분석을 통해 우선순위를 결정해야 하는 것으

로 판단된다.

## 참 고 문 헌

1. 김삼열, 부산시 공공건축물의 에너지사용량 분석 및 개선방안 연구, 태양에너지학회, 2010
2. 박재현, 국내 건축물 에너지 절감 관련 정책 개선방안, 한국건설관리학회논문집 제11권 제4호, 2010
3. 조항문 서울시 공공건축물의 에너지 절약 방안, 서울시정개발연구원 단행본, 2007
4. 국무총리지시 공공기관 에너지이용합리화 추진지침, 2010
5. 홍철선, 각국의 에너지 수급 및 정책 연구, 에너지경제연구원, 연구보고서, 1998
6. 남은지, 에너지절감요소에 따른 사무소건물의 에너지 절감율 분석, 동국대 석사논문, 2010
7. 정재웅, 사례분석을 통한 대학건물의 에너지 성능개선 방안에 관한 연구, 영남대 석사논문, 2009
8. 김원석, 사무소건물의 조광제어시스템 적용에 따른 에너지 소비량 변화 특성에 관한 연구, 동의대 석사논문, 2011