



공공청사 리트로핏 설계 시 외부 수평 차양 장치에 따른 에너지 소비량 절감 방안

The Reduction of Energy Consumption by the Exterior Horizontal Shading Device during Design for the Retrofit of Public Buildings

어진선* · 장지훈* · 이승복** · 김병선***

Auh, Jin Sun* · Jang, Ji-Hoon* · Leigh, Seung-Bok** · Kim, Byungseon Sean***

* Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., South Korea (injs830@naver.com)

** Coauthor, Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., Korea

*** Corresponding author, Dept. of Architectural Engineering, Yonsei Univ., Korea (sean@yonsei.ac.kr)

ABSTRACT

Purpose: Recently, significant heat loss through the window takes place in buildings. Nevertheless, there exists little literature concerning the exterior horizontal shading devices and the design criteria are not clearly settled yet. Applying the exterior horizontal shading devices is more efficient as compared to the interior shading devices in that solar radiation can be directly blocked before passing through the window or the envelope. The purpose of this study is to reduce the internal load by designing the exterior horizontal shading devices and verify the degree of reduction in energy consumption. **Method:** This study aims to reduce energy consumption in cooling and heating through proposing proper length and shape of the exterior horizontal shading devices in public buildings. In the process, actual energy data and the Design Builder simulation program are utilized. In addition, economic aspect is considered to figure out the optimal length of the exterior horizontal shading devices that maximizes efficiency. **Result:** As a result, the proper length and shape of the exterior horizontal shading devices are provided as follows: 1) Energy consumption in cooling and heating is minimized when the exterior horizontal shading devices are designed as 0.5m*2. 2) Electricity bill is the lowest when the exterior horizontal shading devices are designed as 3.3m*2. The gap between maximum and minimum electricity bill is about 7.8~14%.

KEYWORD

리트로핏
외부 수평 차양 장치
에너지 소비량
차양 설치 길이
에너지 시뮬레이션

Retrofit
Exterior horizontal shading device
Energy consumption
Length of shade
Energy simulation

ACCEPTANCE INFO

Received Nov 4, 2016
Final revision received Apr 12, 2017
Accepted Apr 17, 2017

© 2017 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

창호는 건물에 있어서 일사량의 획득 및 열손실, 그리고 조망과 관련하여 필수적인 부분이다. 하지만 건물에서 발생하는 열손실의 상당부분이 창호를 통해 발생하므로 이를 설계 시 고려해야 한다. 요즘 커튼월 형식의 건물이 증가하면서 창호를 통한 열손실을 줄이고, 지나친 열획득으로 발생하는 냉방부하를 감소하기 위해 창호와 창면적비 그리고 외부 차양 장치에 대한 선택은 불가피하다.

외부 차양 장치는 건물의 차양 설계에 있어서 가장 효과적인 차양 설계라고 할 수 있으며 건물에서 층의 높이와 창면적비를 고려한 적정길이의 외부 차양 장치는 냉방, 난방 에너지와 조명 에너지의 감소로 이어지기 때문에 건물을 설계하거나 기존의 건물을 리트로핏 할 때 반드시 연구되어야 하는 부분이다.

그럼에도 불구하고 현재 외부 차양 장치에 대한 많은 연구가 계속되어져 왔지만 이에 대한 적정길이나 형태에 대한 연구가 부족하며 뚜렷한 기준이 없는 실정이다. 외부 차양 장치를 설계할 경우에 실내로 유입되는 일사량을 일정 부분 차단하여 건물을 통과해서 실내로 유입되기 때문에

냉방 에너지를 절감하는데 있어 내부 차양 장치의 설계보다 훨씬 효과적인 방안이라고 할 수 있다.⁸⁾

따라서 본 연구에서는 건물에서 사용하는 냉난방 에너지 소비량 절감을 위한 외부 차양 장치의 적정길이를 도출하고 형태에 대한 연구를 통해 건물에서 사용하는 에너지 소비량을 분석하여 이를 바탕으로 효율적이고 경제적인 에너지 소비가 이루어 질 수 있도록 하고자 한다.

1.2. 연구의 방법 및 범위

본 연구에서는 대상 건물의 외부 차양 장치의 설계를 위한 리트로핏 방안 연구를 위해 다음과 같은 방법으로 연구를 진행하였다.

- 1) 건물에서 사용하는 에너지 소비량을 분석하기 위한 시뮬레이션 Tool로 Design Builder 4.7ver.을 이용하였으며 실측 데이터를 사용하여 Base Modeling을 진행하였다.
- 2) 건물의 모델링은 외부 일사에 영향을 가장 많이 받는 남측면을 선정하여 외부 수평 차양 장치 설계를 진행하였다.
- 3) 하지와 동지 때 태양의 고도를 고려하여 외부 수평 차양 장치를 설계하였다.
- 4) 건물의 냉난방 에너지 소비량을 분석하고 외부 수평 차양 장치의 적정길이와 형태를 도출하고자 하였다.

1.3. 기존 문헌 고찰

국내의 외부 차양 설계에 관한 선행 연구들은 건물의 용도나 창면적비, 창의 높이에 따라 제각기 다른 조건과 기준을 가지고 외부 차양 장치의 설계를 실시하거나 외부 차양 장치의 적정 길에 대한 연구를 하였다. 또한 사무용 건물을 대상으로 외부 차양 장치의 설계에 대해 진행된 연구가 많지 않으며 리트로핏을 위해 진행된 연구는 미흡한 실정이다.

외부 차양 장치의 형태와 적정길이에 대한 연구는 주로 건물에서 사용하는 냉방, 난방, 조명 에너지와 관련하여 에너지 소비량의 절감의 측면에서 주로 연구되었으며, 경제성 분석과 더불어 진행된 연구는 드물다. 예를 들어, 외부 수평차양 및 수직차양의 돌출비에 따른 하절기 수직창면의 직달일사량 및 전일사량 분석 (송수원 외, 2015),³⁾ 외부차양이 건물의 냉난방부하에 미치는 영향에 관한 연구 (최정민 외, 1993),⁷⁾ 소규모 사무공간 외피 존의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구(박주현 외, 2009),⁵⁾ 창-벽면적비20%인 소규모 건물의 수평 차양 장치의 민감도 분석 (최원기 외, 2005),⁶⁾ 국내 초고층 공동주택의 냉방부하 저감을 위한 외부차양 적용성 및 에너지 분석에 대한 연구(조진균 외, 2010)⁴⁾ 등의 연구가 그러하다. 따라서 본 연구에서는 사무용 건물을 대상으로 하여 리트로핏을 할 경우의 외부 수평 차양 장치에 대한 연구를 진행하였으며, 에너지 소비량의 절감 가능성을 제시하고 이와 더불어 경제성 분석을 진행하였다.

2. 본론

2.1. 연구 대상

본 연구의 대상 건물은 서울시 강동구에 위치하고 있는 1978년에 지어진 건물로 최근 건물의 리트로핏을 계획하고 있다.

우선 리트로핏 설계 계획 시 에너지를 절감할 수 있는 부분은 여러 요소들이 있다. 단열재의 종류와 두께, 창호의 성능, 차양 장치의 설계, 내부 조명설계 등 고려해야 되는 여러 가지 사항들 중 리트로핏을 할 수 있는 한정되어있는 경제적인 부분과 그것을 활용하여 최대한의 리트로핏 효과를 볼 수 있는 방안에 대해 연구하였다.

따라서 본 연구에서는 리트로핏을 할 때 다른 요소들을 제외하고 건물의 외벽에 외부 수평 차양 장치만을 설계 하였을 경우의 에너지 소비량을 파악하고 에너지를 절감할 수 있는 외부 수평 차양 장치의 적정길이와 그 형태에 대한 연구를 진행하였다.



Fig. 1. The picture of actual Building

우선 외부 수평 차양 장치의 길이를 도출하기 위해 하지와 동지의 태양의 고도를 계산하였다. 한국 천문 우주 연구원에서 제공하는 한국 천문 우주 지식 정보에서 태양 고도 계산식을 이용하였다.⁹⁾ 차양 장치의 돌출 길이를 위한 계산은 수평 돌출길이를 산출하는 기본적인 식을 사용하였다.²⁾

외부 수평 차양 장치의 길이는 동지와 하지 때 태양의 고도를 기준으로 계산하였다. 하지 때 태양의 고도가 가장 높은 오후 1시(74.48°)에 외부 일사량을 '0'으로 하는 길이를 외부 수평 차양 장치의 최대 길이로 하였으며 동지 때 태양의 고도가 가장 높은 오후 1시(28.37°)를 기준으로 외부 수평 차양 장치의 최소 길이로 하여 연구를 진행하였다.

하지 때 태양의 고도를 기준으로 건물의 실내에 일사량의 열전달이 '0'이 되는 외부 수평 차양 장치의 최대 길이는 3.3m이고, 동지 때 태양의 고도를 최소 길이로 선정한 이유는 겨울철 실내로 유입되는 일사량으로 인해 실내 온도를 높여 난방 부하에서 발생하게 되는 에너지 소비량을 절감하기 위함이다. 따라서 외부 수평 차양 장치의 최소 길이는 0.5m이다.

Table 1. Simulation condition

Division	Details
Total floor area(m ²)	5,635.04
Construction	Basement floor 1, Ground floor 4
Floor height(m)	3.6
Window size(m ²)	2.3 × 1.8
Indoor set point temperature(°C)	Cooling temperature : 26 Heating temperature : 20
Weather data	Seoul, South Korea
Indoor illumination(Lux)	400
Internal heat gain	People : 0.11people/m ² Lighting : 3.3w/m ² Equipment : 22w/m ²
HVAC system	Packged Terminal Heat Pump
Infiltration(ACH)	0.7
U-value of wall(W/m ² ·K)	1.55
U-value of window(W/m ² ·K)	3.6

본 연구에서는 직달 일사의 영향을 많이 받는 남측 창만을 선정하여 시뮬레이션을 수행하였다. 또한 다른 요소를 배제하고 외부 수평 차양 장치만으로 인한 외부에서 실내로 유입되는 일사량을 차단하는 성능에 대해 알아보기 위해 창호의 유리는 맑은 유리 6mm를 선정하였다.²⁾

2.2. 시뮬레이션 조건

우선 시뮬레이션은 실측 데이터를 기반으로 진행이 되었으며 실제 건물의 소비량과 시뮬레이션의 오차율이 충분히 신뢰할 수 있는 범위 안에서 나타나므로 결과 값이 유효하다고 할 수 있다.

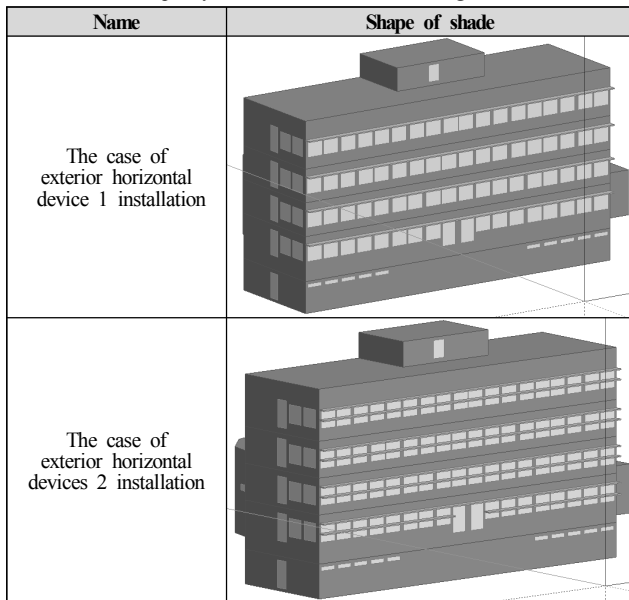
시뮬레이션은 Table 2와 같이 하나의 층고를 기준으로 차양 장치 1개 설계되었을 때와 2개 설계되었을 때로 나누어 실시하였

다. 본 연구에서는 외부 수평 차양 장치의 적정길이 뿐만 아니라 설계되는 개수에 따른 형태에 의한 에너지 소비량도 분석하기 위해 Table 3과 같은 방법으로 시뮬레이션을 실시하였다.

Table 2. Simulation cases

No	Length of shading device [m]	number of shading device	Window performance
1	0.5	1	Clear glass 6mm
2	0.5	2	
3	1	1	
4	1	2	
5	1.5	1	
6	1.5	2	
7	2	1	
8	2	2	
9	2.5	1	
10	2.5	2	
11	3	1	
12	3	2	
13	3.3	1	
14	3.3	2	

Table 3. The shape of exterior horizontal shading devices



3. 연구 결과

3.1. 일사량 분석

대상 건물에서 사용하는 에너지 소비 실측 데이터를 이용하여 시뮬레이션 모델링을 실시하였다. 외부 수평 차양 장치의 최소 길이 0.5m부터 최대 길이 3.3m까지 간격을 0.5m로 하여 7가지 경우

로 분류하였고, 각 분류마다 외부 수평 차양 장치의 개수를 1개와 2개 설계 할 때로 나누어 다시 소분류를 하였다. 따라서 시뮬레이션은 총 Base model을 포함한 15가지의 경우로 실시하였다.

우선 각각의 경우마다 외부로부터 건물 실내로 들어오는 연중 일사량을 Fig. 2와 같이 나타내었다.

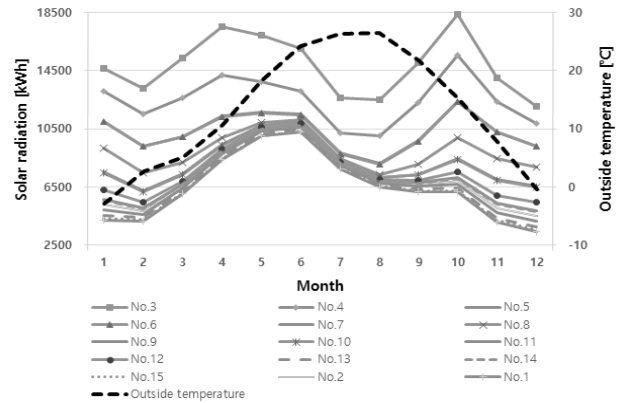


Fig. 2. Comparison of solar radiation and Outside temperature

Fig. 2 에서 볼 수 있듯이 연중 일사량이 가장 많은 경우는 외부 수평 차양 장치가 설계 되지 않은 경우 이고, 연중 일사량이 가장 적은 경우는 3.3m의 차양 장치가 2개 설계 되었을 때이다. 일사량은 외부 수평 차양 장치가 없는 Base model부터 길이와 개수가 늘어날수록 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 또한 일사량은 급격한 감소를 보이다가 외부 수평 차양 장치의 길이가 2m를 넘어가면서 감소량이 상대적으로 미미한 차이를 보였다.

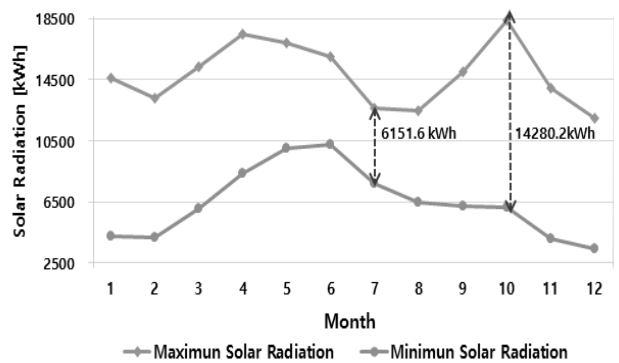


Fig. 3. Comparison of minimum and maximum solar radiation

우선 외부 수평 차양 장치가 설계되지 않은 Base model의 총 일사량은 178403.8 kWh로 나타났고 그 중에서 일사량이 최대인 달은 10월, 일사량이 최소인 달은 12월로 나타났다. 이때의 일사량의 차이는 6371.9 kWh를 보였다.

Fig. 3은 일사량이 가장 많은 Base model과 일사량이 가장 적은 3.3m×2일 경우의 일사량 차이를 보여주는 그래프이다. 일사량의 차이가 가장 많을 때는 10월로 14280.2 kWh의 차이를 보였고, 가장 적을 때는 7월로 6151.6 kWh만큼의 차이를 보였다.

3.2. 냉난방 에너지 소비량 분석

우선 난방 에너지의 경우에는 일사량이 가장 많은 Base model 부터 일사량이 가장 적은 3.3m 외부 수평 차양 장치 2개의 경우까지 점차적으로 증가하는 경향을 보였다. 또한 외부 수평 차양 장치가 1개인 경우보다 2개인 경우가 난방 에너지 소비량이 더 많은 것을 확인할 수 있었다.

Table 4. Comparison of cooling and heating energy consumption

No.	Division	Heating energy consumption [kWh]	Cooling energy consumption [kWh]	Cooling energy saving rate in contrast to base [%]
1	Base model	126365.3	62788.4	-
2	0.5m	129520.8	59269.3	-5.6
3	0.5m × 2EA	131039.5	56283.7	-10.4
4	1m	131025.5	56375.1	-10.2
5	1m × 2EA	135636.9	55498.2	-11.6
6	1.5m	133634.2	55611.1	-11.4
7	1.5m × 2EA	137964.5	55342.8	-13.4
8	2m	135738.0	55370.8	-11.8
9	2m × 2EA	139067.4	55282.6	-12.0
10	2.5m	137230.0	55278.1	-12.0
11	2.5m × 2EA	139698.7	55243.1	-12.0
12	3m	138207.8	55231.5	-12.0
13	3m × 2EA	140123.8	55213.1	-12.0
14	3.3m	138630.3	55216.0	-12.1
15	3.3m × 2EA	140319.9	55193.1	-12.1

냉방 에너지 소비량에 대한 결과는 Fig.3과 같은 형태로 나타났다. 냉방 에너지의 경우에는 일사량이 가장 많은 Base model 부터 일사량이 가장 적은 3.3m 외부 수평 차양 장치 2개의 경우까지 점차적으로 줄어드는 경향을 보였지만 2.5m를 넘어서는 냉방에너지 소비량의 감소가 매우 근소한 차이를 보였다. 또 외부 수평 차양 장치가 1개와 2개일 경우에 따른 에너지 소비량의 차이를 거의 보이지 않았다. 따라서 냉방 에너지는 상대적으로 난방 에너지에 비해 외부 수평 차양 장치의 개수에 민감하지 않은 것으로 보인다.

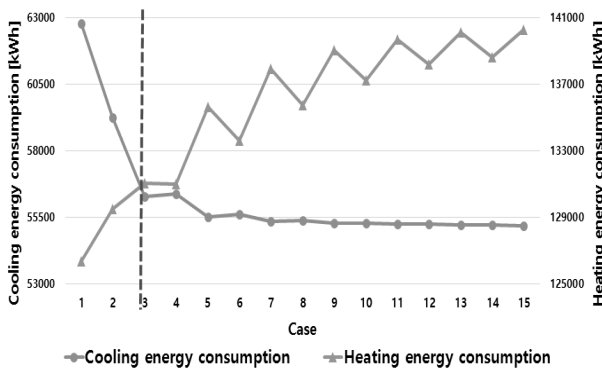


Fig. 4. Comparison of cooling and heating energy consumption according to cases

Fig. 4에서 냉난방 에너지 소비량이 가장 적을 때는 0.5m 외부 수평 차양 장치를 2개 설치한 경우인 것으로 나타났다. 이 경우에 난방 에너지 소비량은 131039.5 kWh이고 냉방 에너지 소비량은 56283.7 kWh로 나타났다.

냉난방 에너지 소비량에 있어서 Base model의 난방 에너지 소비량과 0.5m 외부 수평 차양 장치 2개를 사용했을 경우에 난방 에너지 소비량은 거의 일치할 정도로 아주 미미한 차이를 보였으며 난방 에너지 소비량의 차이는 4674.5 kWh이며 약 3.7%가 증가하는 것으로 나타났다. 또한 냉방 에너지 소비량의 차이는 약 6505.4 kWh이며 약 10.4%가 감소하는 것으로 나타났다.

난방 에너지 소비량은 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계했을 때 가장 많이 소비하였고, 냉방 에너지 소비량은 외부 수평 차양 장치를 설계하지 않은 Base model에서 가장 많이 소비하는 형태로 나타났다. 그리고 냉난방 에너지 소비량의 경우는 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계했을 때 가장 많이 소비하였다.

또한 냉방 에너지 소비량의 경우는 에너지 소비량에서 가장 많은 차이를 보이는 Base model과 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설치했을 때가 약 5595.3 kWh의 차이를 보였다. 난방 에너지 소비량의 경우는 에너지 소비량에서 가장 많은 차이를 보이는 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설치했을 때와 Base model이 약 25154.9 kWh의 차이를 보였다. 마지막으로 냉난방 에너지 소비량의 경우는 에너지 소비량에서 가장 많은 차이를 보이는 0.5m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계했을 때와 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계했을 때가 약 8189.8 kWh의 차이를 보였다.

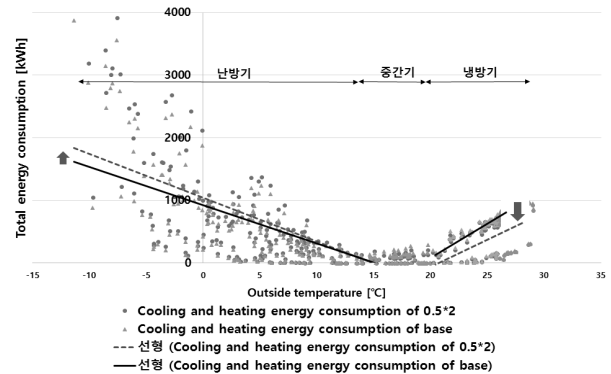


Fig. 5. Comparison of cooling and heating energy consumption of base and 0.5m × 2

Fig.5는 Base model과 냉방 에너지 소비량이 가장 적은 0.5m 외부 수평 차양 장치를 2개를 설계했을 때의 냉난방 에너지 소비량을 비교한 그래프이다. 난방 에너지는 미미하게 증가하나 냉방에너지는 난방 에너지 소비량에 비해 상대적으로 크게 감소하는 것을 알 수 있다. 난방 에너지는 약 4,677 kWh의 차이를 보이며 약 3.5% 정도 증가하였고, 냉방 에너지는 약 6,505 kWh의 차이로 약 10% 정도 감소하는 것으로 나타났다.

3.3. 경제성 분석

본 연구의 대상이 되는 건물의 실측 데이터가 2013년에 사용한 데이터이기 때문에 경제성 분석에서의 전기 요금의 기준을 2013년으로 설정하였다.

우선 냉방 에너지에서 사용하는 전기의 경우에는 단위 발열량 3.6 MJ/kWh로 나누어 전력량을 계산한 후, 전기의 1차 에너지 환산 발열량인 2,150 kcal/kWh를 곱해 1차 에너지로 환산해 계산하였다. 따라서 냉방 에너지 소비에 따른 요금 산정은 단위 면적당 kWh의 에너지 사용량으로 환산하여 2013년 기준 전기요금 단가 186원/kWh를 곱해 산출하였다.¹⁾

Primary cooling energy consumption	Cooling energy consumption cost
$A \div COP \div 3.6 \times 2,150$	$A \div COP \div 3.6 \times 186$

- A : Cooling load per unit area [kWh]
- COP : Air-conditioner COP
- 3.6 : Electric caloric value [MJ/kWh]
- 2,150 : Electric scale factor [kcal/kWh]
- 186 : Electric charge unit price [Won/kWh]

Fig. 6. Flow chart of cooling energy economic calculation

상대적으로 큰 절감율을 보인 냉방 에너지 소비량에서의 경제성 분석을 해본 결과는 다음과 같다. 여름철 일사량을 가장 많이 차단하는 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계한 경우에 전기 요금이 가장 적게 나오는 것을 확인할 수 있었다. 또한 외부 수평 차양 장치가 설계 되지 않은 Base model은 단위 면적당 전기 요금이 약 63,670원정도 측정되었고, 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계 했을 때는 단위 면적당 약 55,970원 정도를 사용하는 것으로 나타났다.

따라서 전기 요금이 가장 많이 책정되는 Base model과 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계 했을 때를 비교하면 금액의 차이는 단위 면적당 약 7,710원 정도 차이가 발생하는 것으로 나타났다.

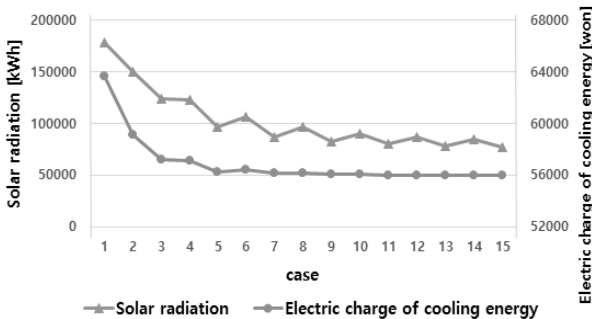


Fig. 7. Correlation of total solar radiation and electric charge

일사량과 냉방 에너지 소비량에 따른 전기 요금은 비례 관계로 도출되는 것을 확인하였으며, 일사량이 가장 많을 때와 적은 때를 비교했을 경우에 전기 요금은 약 7.8% ~ 14% 정도의 차이를 보였다.

4. 결론

본 연구는 공공청사에서 외부 수평 차양 장치를 통한 리트로핏 방안에 대한 연구를 진행하였고 기존 건물에서 외부 차양 장치만을 통해 동지와 하지 때 태양의 고도를 이용하여 차양 장치의 적정 길이 및 형태를 도출하였다. 이로써 건물에서 소비하는 에너지를 절감하여 효율적이면서 경제적으로 사용하고자 하였다. Design Builder를 이용하여 시뮬레이션을 수행하였고 연구의 결과를 요약 하면 다음과 같다.

첫째, 냉방 에너지의 경우에는 외부 차양 장치의 길이가 길어질 수록 에너지 소비량이 감소했다. 냉방 에너지 소비량이 가장 많은 차이를 보이는 경우는 Base model과 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설치한 경우이며, 에너지 소비량의 차이는 약 5595.6 kWh이다.

둘째, 난방 에너지의 경우에는 외부 수평 차양 장치의 길이가 길어질수록 에너지 소비량이 증가했다. 난방 에너지 소비량이 가장 적은 경우는 Base model과 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설치한 경우이며, 에너지 소비량의 차이는 약 25154.9 kWh이다.

셋째, 냉난방 에너지 소비량은 0.5m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계한 경우에 가장 적게 소비하는 것으로 나타났다. 냉난방 에너지 소비량이 가장 많은 Base model과 비교했을 때 난방 에너지 보다 냉방 에너지에서 에너지 소비량의 절감이 더 크게 나타났다. 이 때 에너지 소비량의 차이는 약 8189.8 kWh이다.

넷째, 경제성 분석은 일사량이 가장 적은 3.3m 외부 수평 차양 장치를 2개 설계한 경우에 전기 요금이 가장 적게 책정되었다. 또한 전기 요금은 일사량이 적을수록 적게 책정되는 것을 알 수 있었고 이 때 전기 요금은 약 7.8~14% 정도의 차이가 나타났다.

따라서 본 연구의 대상 건물은 냉방 에너지보다 주로 난방 에너지를 많이 소비하지만 난방 에너지 보다 냉방 에너지 소비량에 있어 더 많은 절감율을 보였다. 그러므로 에너지 소비량 절감의 측면에서는 더 많은 절감율을 보이는 냉방 에너지를 고려하여 외부 수평 차양 장치를 설계하는 것이 적절하다고 판단된다.

또한, 외부 수평 차양 장치를 설계할 경우에는 겨울철의 일사량을 확보하는 것보다 여름철의 일사를 줄일 수 있는 적정 길이를 선택하는 것이 더 중요하며 에너지 효율적인 선택이라고 할 수 있다.

본 연구에서 외부 수평 차양 장치를 설계 했을 때 냉방에너지의 절감율은 약 10.4% 밖에 나타나지는 않았다. 이는 기존 건물이 설계된 지 오래된 노후 건물로 다른 리트로핏의 요소를 고려하지 않고 외부 수평 차양 장치만을 가지고 평가하였기 때문이라고 판단된다. 따라서 이후에 다른 리트로핏 요소를 같이 적용시켜 연구를 진행하면 더 높은 에너지 절감율을 보일 것이다.

Acknowledgements

This work is financially supported by Ministry of Trade, Industry and Energy (MOTIE) and Korea Institute of Energy Technology Evaluation and Planning (KETEP) in 2016. (Project number : 20152010103180)

Reference

- [1] 윤성환, 송수빈, 김영탁, 염성곤, “공동주택 창호 선정에 따른 에너지 절감 효과 및 경제성 평가”, 대한건축학회 논문집 : 제 24권 제 8호, 2008 // (Yoon, Seong-Hwan, Song, Su-Bin, Kim, Young-Tag, Yum, Seong-Kon, “Energy Saving Effects according to Window Performance for and Apartment House and the Estimation of the Window Economical Efficiency”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.24, No. 8, 2008)
- [2] 김진아, 윤성환, “사무공간의 냉난방 및 조명부하 저감을 위한 수평류 버형 외부차양에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 : 제 28권 제 10호, 2012 // (Kim, Jin-Ah, Yoon, Seong-Hwan, “A Study on exterior horizontal Louvers of Offices Space to Reduce Heating, Cooling and Lighting Loads”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.28, No.10, 2012)
- [3] 송수원, 조동우, “외부 수평차양 및 수직차양의 돌출비에 따른 하절기 수직창면의 직달일사량 및 전일사량 분석”, 대한건축학회 논문집 : 제 31권 제 4호, 2015 // (Song, Su won, Cho, Dong-woo, “Analysis of Direct and Global Solar Radiation a Vertical Window According to the Projection Factor of External Horizontal and Vertical Shading in Summer”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.31, No.4, 2015)
- [4] 조진균, 유창우, “국내 초고층 공동주택의 냉방부하 저감을 위한 외부 차양 적용성 및 에너지 분석에 대한 연구”, 대한건축학회 논문집 : 제 26권 제 12호, 2010 // (Cho Jin-Kyun, Yoo Chang-Woo, “A Feasibility Study and Energy Analysis os Exterior Shading Device on Cooling Energy Demand for High-rise Residences”, urnal of Architectural Institute of Korea, Vol.26, No.12, 2010)
- [5] 박주현, 김강수, “소규모 사무공간 외피 존의 에너지 절감을 위한 투과체 및 차양계획에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집 : 제 25권 제 8호, 2009 // (Park, Joo-Hyun, Kim, Kang-Soo, “A Study on the Optimization of Gazing and Shading Devices for Energy Savings in Perimeter Zones of a Small Office Space”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.25, No.8, 2009)
- [6] 최원기, 김의중, 민성혜, 서승직, “창-면적비 20%인 소규모 건물의 수평 차양장치의 민감도 분석”, 대한건축학회 논문집, 제 21권, 제 12호 2005 // (Choi, Won-Ki, Kim, Eui-Jong, Min, Sung-Hye, Suh, Seung-Jik, “Sensitivity Analysis of Overhangs in Small Scale Building with 20% Glasing-Vertical Wall Area Ratio”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.21, No.12, 2005)
- [7] 최정민, 송승영, 김광우, 김문한, “외부차양이 건물의 냉난방부하에 미치는 영향에 관한 연구”, 대한건축학회 논문집, 제 13권, 제1호, 1993 // (Choi, Jeong Min, Song, Seung Young, Kim, Kwang Woo, Kim, Moon Han, “A Study on the Effect External Shading Device on the Building Load”, Journal of Architectural Institute of Korea, Vol.13, No.1, 1993)
- [8] American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, ASHRAE Handbook. Fundamentals. Atlanta, 1997
- [9] 한국 천문 우주 지식 정보 <http://astro.kasi.re.kr>