



베트남 기후 특성을 반영한 일사조절창호가 에너지소비에 미치는 영향 분석 - 베트남 북부지방(하노이) 기후 및 기준 적용을 중심으로

Effect Analysis on Building Energy Consumption of Solar Control Windows reflecting the Climate Characteristics of Vietnam

- Focusing on Climate and Standard Application in Northern Vietnam (Hanoi)

조경주* · 조동우**

Cho, Kyung-Joo* · Cho, Dong-Woo**

*Corresponding author, Building & Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(kyungjoocho@kict.re.kr)

**Building & Urban Research Institute, Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology(dwcho@kict.re.kr)

ABSTRACT

Purpose: Our window technology is known to be in high class in the world. This technology needs to be prepared for entering the world market by researching criteria of target countries and the energy saving effect. Nevertheless, there are few related studies at the moment. In this paper, Vietnam is researched as the target country because of Korean companies' active entry to the market among many developing countries. The basic materials are provided for domestic window makers' market dominance such as climate, standard, energy saving possibility analysis. **Method:** At first, Vietnamese climate analysis is carried out as the seasonal temperature distribution varies greatly in each region. The capital city Hanoi's climate is analyzed. And then, Criteria on newly constructed buildings (especially windows) are also researched for application of Korean Solar Control Windows(SCWs). Finally, detailed energy simulation with Hanoi climate data is carried out for comparing the energy consumption of existing buildings with SCWs applicated buildings. **Result:** First, under the climate in Hanoi, the SCWs could be an appropriate solution for reducing energy consumption of the buildings. Second, the Korean SCWs comply with the local regulations related with windows in Vietnam. Finally, simulating the energy consumption of existing buildings and buildings with SCWs results in 17% of cooling energy decrease in residences and 13% decrease in offices in Hanoi.

KEYWORD

리모델링
베트남
일사조절창호

Remodeling
Vietnam
Solar Control Window

ACCEPTANCE INFO

Received Sep 28, 2017
Final revision received Nov 18, 2017
Accepted Nov 23, 2017

© 2017 KIEAE Journal

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

베트남 에너지사무국에 따르면 2011년부터 2015년까지 연간 11%씩 베트남의 에너지 소비량은 증가해왔고, 오는 2030년까지는 연간 14%씩 증가할 것으로 예상되고 있다. 베트남은 원래 전력을 생산하여 수출하는 국가였으나 최근 급격한 산업화로 인하여 공급이 수요를 따라가지 못하는 형편이다. 이는 전력부족으로 인한 빈번한 정전으로 이어지고 있어 베트남 내에서도 대책 마련에 고심하고 있다. 2015년 파리협정의 이후로 베트남 역시 온실가스 감축이라는 의무에서 자유로울 수 없게 되었음에도 불구하고, 석탄을 이용한 화력발전은 베트남 정부의 2030년 전력 개발 계획상 최대 전력원이다[1].

산업이나 교통 분야의 온실가스 감축은 계속 산업화를 진행할 여야할 개도국에게는 사실상 어려운 일이며 건물분야의 감축이

상대적으로 쉬운 편이다. 이런 이유로, 베트남 정부는 건물분야의 에너지 절감에 국가적 역량을 집중하고 있다. 건물에너지 절감을 목표로 하는 그린빌딩 개발은 베트남 정부가 2012년 추진한 녹색성장정책의 17개 목표중의 하나일 정도로 중요도가 높은 정책 중 하나이다. 현재 베트남은 전체 에너지 사용량 중 21%를 건물부문에서 소비하고 있는데, 그 중 약 30~40%가 창호를 통해 소비되고 있다 [2]. 이 에너지 손실은 건물부문 국가 온실가스 배출의 주요인으로 분석된다. 이에 대한 해결방법으로 실내로 유입되는 태양열을 차단하는 기능을 갖는 창호로 개선하는 것이 적절하며 베트남 건설부 역시 동일하게 판단하고 있다. 이런 이유로 건물 에너지 효율에 대한 국가 기술규제안인 QCVN 09:2013/BXD가 2013년 발표되었고, 이는 건물의 에너지효율을 높이기 위한 외피일사조절 및 설비시스템에 대한 기술적 규제안을 포함하고 있다 [3]. 이러한 정부의 노력에도 불구하고 자국내 산업기술력의 한계로 인해 일사조절시스템의 실질적 적용은 유명무실한 형편이며, 결국 베트남 정부는 선진국의 선도 기술과 연계하는 사업을 국가 정책으로 추진하고 있다. 베트남은 아열대 기후로 전체 건물에너지 소요량 중 냉방에너지의 비율이 크

고 창을 통한 에너지소비가 큰 편이다. 즉, 현재 국내에서도 적용되고 있는 블라인드를 적용한 이중창호인 '일사조절창호(Solar Control Window(SCW))'의 적용이 건물에너지 저감에 효과적인 것으로 판단된다. 이 일사조절창호의 현지 적용 가능성을 확인하기 위해서는 베트남의 창호관련 기준분석부터 일사조절창호를 적용했을 경우 에너지 절감량까지의 분석이 체계적으로 이루어질 필요가 있다. 그러나, 기존 연구들은 다음과 같은 한계가 있다. 기존 분석의 경우 미국이나 유럽같은 선진국의 경우로 한정되어있는 편이고, 절감량 분석의 경우는 국내의 케이스에 집중되어있는 편이다. 드물게 해외사례를 연구한 케이스도 있으나 기후별로 몇 개의 도시를 선택한 후 창호의 성능별로 시뮬레이션하여 도시별 절감량 비교를 하는 정도로 개략적인 편이다.

이에 본 연구에서는 일사조절창호의 베트남 현장적용 가능성을 확인하기 위한 기준 분석 및 에너지절감량 분석을 수행하였다. 우선 베트남의 수도인 하노이의 기후와 기준을 분석한 후, 일사조절창호를 현지상황 및 기준에 합리적으로 개조하였다. 그 후 하노이 사무소 건물을 대상으로 eQuest에 의한 에너지 상세 시뮬레이션을 실행하여 본 일사조절창호가 에너지 절감에 미치는 영향을 분석한 후, 국내 관련업체의 시장선점에 필요한 기초 자료를 제공하고자 한다.

1.2. 연구의 방법

블라인드 내장형 일사조절창호는 외부창, 중공층, 중공층의 차양장치, 그리고 내부창으로 구성되어 있다. 국내의 경우 건축물의 에너지절약설계기준에 따라 용도별로 적용해야하는 열관류율의 기준값이 정해져있고, 이는 보통 로이코팅에 복층 혹은 삼중유리를 적용해야 적절한 수준이다. 이런 이유로 국내에서는 일반적으로 내외부창 모두 로이복층유리나 복층유리를 적용한다. 하지만 베트남의 경우 아열대 기후로 실내의 온도차에 의한 열손실을 반영한 개념인 열관류율 U-value보다는 일사열의 취득정도를 수치화한 일사열취득계수 Solar Heat Gain Coefficient(SHGC)가 창 성능에 더 중요할 것으로 판단된다. 베트남은 국토의 형태가 남북으로 길어 지역마다 계절별 온도분포가 다른 편이어서 수도인 하노이를 우선 대상으로 하고 기후분석을 수행하였다. 그 후, 베트남 현지의 창호관련 기준 및 베트남 정부에서 제시한 용도별 에너지절감량 시뮬레이션 자료를 분석하여 창호의 개발에 반영하였다. 마지막으로 하노이 현지 기후 데이터를 반영한 상세시뮬레이션을 수행하여 창호의 변경전 후 에너지 절감량을 비교분석하였다.

2. 기존연구에 대한 고찰

2.1. 일사열취득계수(SHGC)

건축물에서 창호의 에너지 성능은 열관류율(U-value)과 일사열취득계수(SHGC)에 의해 분석될 수 있다. 이 둘 중, 냉방부하 저감에 효과적인 것은 태양열 취득과 관련있는 SHGC로 이는 기존의 여러 연구에서 확인되었다. 최근 창면적비가 높은 오피

스 건물이 많아지면서 SHGC의 중요성이 부각되어 기준분석부터 시뮬레이션 및 실험에 이르기까지 다방면에서 연구가 활발하게 진행되고 있다. SHGC가 건축물 에너지소요량에 미치는 영향을 분석한 논문은 여러 개가 있다. 조일현 외는 로이코팅이 적용된 이중, 삼중유리 창호의 SHGC가 건축물 에너지소요량에 미치는 영향을 분석하였다[4]. 이 연구에 따르면 SHGC 값이 작아질수록 냉방에너지 요구량은 줄어들지만 난방에너지 요구량이 늘어 그 총합은 SHGC값과 상관없이 비슷한 것으로 나타났다. 윤재훈 외는 Energyplus를 이용하여 Glazing의 U-value, VLT(Visible Light Transmission), SHGC가 커튼월 건물의 연간부하에 어떤 영향을 미치는 지 연구하였다[5]. 그 결과, 창면적비가 큰 오피스의 경우는 SHGC가 위의 셋 중 전체 에너지사용량에 가장 큰 영향을 주는 것으로 분석되었다. 이는 오피스의 경우 보통 냉방부하가 난방부하보다 높기 때문인 것으로 판단되었다. 또한, Dariush는 냉방부하와 난방부하가 동시에 존재하는 지역의 경우 SHGC가 냉난방에너지 저감에 더 효율적이라고 판단했다[6]. 하지만, 이미 연구된 결과를 보면 알 수 있듯이 시뮬레이션에 동일한 SHGC를 1년내내 적용하는 것은 실제 에너지저감 효과를 확인하기 어렵다[4]. 또한, 기후대 별로 SHGC보다는 열관류율을 향상시키는 것이 건물에너지저감에 효과적일 수도 있기 때문에 이에 관련된 연구도 행해졌다. 김경아 외는 ECO2 프로그램을 이용하여 우리나라 비주거 건물 외피 요소별 에너지민감도를 중부와 남부지역으로 구분하여 분석하였다[7]. 열관류율, SHGC, 창면적비 세가지 요소가 분석되었는데 두 지방 공히 비주거 건물 난방에너지 요구량에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 열관류율이었으며, 냉방에너지 요구량에 가장 큰 영향을 미치는 요소는 SHGC였다. 기후대별로 구분하여 SHGC를 다르게 적용한 후 에너지소요량을 분석한 예도 있었다. Joshua는 Boston과 Seattle의 경우를 비교하여 난방부하가 큰 Boston에는 SHGC가 큰 창을, 냉방부하가 큰 Seattle에는 SHGC가 작은 창을 적용하여 창호로 인한 에너지 소요량을 약 40%까지 절감할 수 있음을 보여주었다[8]. 국내 뿐 아니라 국외 도시 건물의 에너지저감을 위해 창 성능 최적화를 위한 분석도 수행되었다. 최민서 외(2013)는 북반구 Greenland의 Egedesminde부터 남반구 Chile의 Frei까지 위도가 다른 국가 다섯 도시 건물 창호의 열관류율, SHGC 그리고 향을 달리하여 시뮬레이션 분석을 수행하였다[9]. 이 연구에서 난방부하가 우세한 도시의 경우 열관류율을, 냉방부하가 우세한 도시의 경우 SHGC를 조절하는 것이 효율적인 것으로 분석하였다. 가령 열대기후의 싱가포르의 경우 냉방부하만 존재하며 열관류율보다 SHGC가 에너지저감에 효과적이었다. Lee 외는 아시아에 위치한 5개의 도시를 대상으로 에너지절감을 위한 창호 디자인 최적화 시뮬레이션을 수행하였다[10]. 향, 창면적비, glazing의 종류 등을 변수로 시뮬레이션한 결과를 근거로 가장 에너지효율적인 향별 창면적과 glazing 종류를 제시하였다. 이 연구에서 아열대지방인 타이페이와 마닐라는 SHGC와 창면적비를 곱한값이 작을수록 냉난방에너지 소요량이 작았다.

2013년 건축물의 에너지절약설계기준[11]이 대폭 개정되며

우리나라 창호의 열관류율 기준값은 선진국 수준인 1.5W/m²K (공동주택, 중부지방 기준)대로 강화 되었고, 현재는 1.2W/m²K (공동주택, 중부지방 기준)에 이르고 있다. 2015년부터 냉방부하저감을 위한 태양열취득제한에 대한 기준이 추가되어 SHGC 또한 창호성능에 중요한 판단 지표가 되었다. 우리나라의 창호는 이런 기준에 맞춰 선진국 수준으로 발전해왔다. 즉, 우리의 창호는 세계시장 진출을 위한 기초연구가 필요한 시점이지만 대상개도국에 기술을 적용하기 위한 기준분석이나 에너지절감효과에 대한 연구는 위와 같이 미비한 수준이다. 이에 본 연구에서는 개도국 중 대한민국 업체의 진출이 비교적 활발한 베트남을 대상으로 법규 및 현황을 분석하여 국내에서 사용되고 있는 일사조절창호의 적용 가능성을 확인하고 에너지절감효과를 분석하여 국내 창호 업체의 시장 선점을 위한 기초 자료를 제공하고자 한다.

3. 베트남 현황 분석

3.1. 베트남 건물에너지 소비 경향

베트남 건설부는 2013년 Guidelines for Building Energy Efficiency Code를 통해 사무소, 병원, 학교 등 베트남의 6가지 대표용도 건물의 에너지 사용량 시뮬레이션 데이터를 공개했다 [3]. 이에 따르면 ‘냉방용도’가 29~47%로 가장 큰 값을 차지하고 있는 것으로 나타나있다. Fig. 1에서 확인할 수 있듯이 하노이 지역의 결과를 보면 하노이 사무소 건물에서는 냉방 34%, 난방 7% 정도의 에너지를 사용하고 있으며, 주거용 건물에서 냉방 44%, 난방 15% 정도의 에너지를 사용하는 것으로 분석되어 있다. Fig. 2는 건물에너지 사용량 절감을 위한 대안에 관련된 시뮬레이션 결과값을 제공하고 있다.

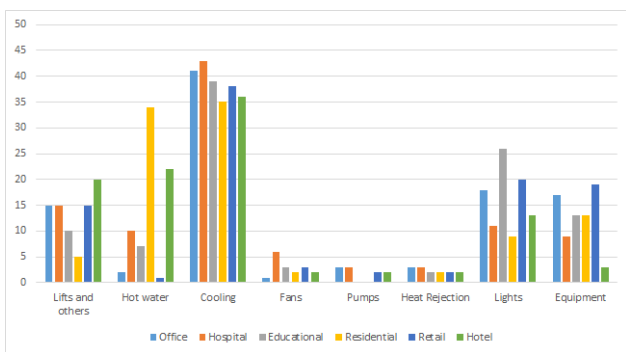


Fig. 1. Breakdown of Building Energy consumption in Hanoi[3]

이에 따르면, 건물의 벽체 열관류율(창호 제외)이 2.0W/m²K 인 조건에서 시뮬레이션한 값과 단열재를 추가시공하여 0.35W/m²K로 열관류율을 향상시켰을 때의 절감량은 크지 않았다.

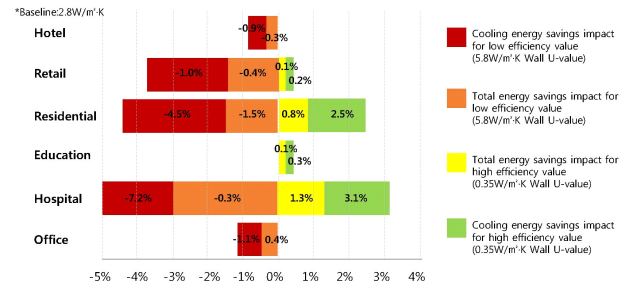


Fig. 2. Building Energy Saving Potential with improving U-value of walls[3]

특히 호텔이나 사무소 용도의 경우 냉방부하 저감 효과는 거의 없는 것으로 분석되었다. 반면, 건물에서 유리비율을 줄이는 것은 냉방에너지 절감에 큰 영향을 주었다.

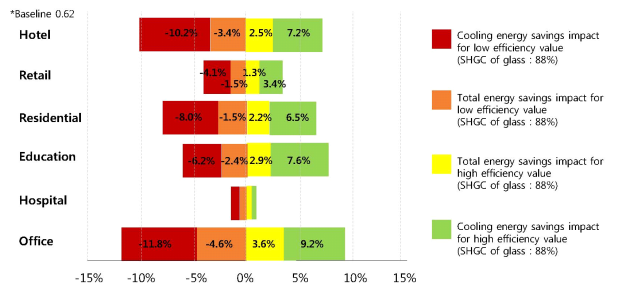


Fig. 3. Building Energy Saving Potential with improving SHGC of windows[3]

Fig. 3에서 확인할 수 있듯이 베트남 사무소 건물의 SHGC를 0.62에서 0.88까지 늘리는 것은 냉방에너지를 11.8%까지 증가시키는 것으로 계산되었다. 또한, 이 사무소의 SHGC를 0.62에서 0.33까지 줄이는 것은 3.6%의 냉방에너지 절감을 유도할 수 있는 것으로 분석되었으며 이는 전체에너지의 9.2%에 달했다.

3.2. 베트남 건물에너지 관련 기준

2013년 베트남 건설부는 National Technical Regulation on Energy Efficiency Buildings를 제정하였다. 이에 따르면, 바닥면적 2,500m² 이상의 모든 비주거용 건물의 설계, 건설 또는 개보수 건물은 Vietnam Building Energy Efficiency Code(VBEEC)를 준용하여야 한다. 이 Code에서 외벽의 열관류율은 1.8W/m²K 이하, 지붕 열관류율(U-value)은 1.0W/m²K 이하로 설계할 것을 규정하고 있는데 창호의 열관류율 기준이 제외되었다는 점이 특이하다.

또한, 베트남에도 우리나라의 녹색건축인증이나 미국의 LEED와 유사한 LOTUS라는 제도가 존재한다. 이 LOTUS 인증에는 건물에너지 효율 확인을 위한 검토항목이 존재하고, 이를 위해 Energy Plus 등의 상세시뮬레이션 소프트웨어를 활용할 수 있다. 이 때, 베이스라인이 되는 기존 건물의 모델링을 위해 창호의 열관류율 입력값을 제공하는데 그 값은 6.81W/m²K이다. 이

수치가 가지는 의미는 기존의 창이 금속재 프레임(알루미늄)에 복층이 아닌 단창을 적용하는 수준이라는 것이다. 위의 VBEEC에서 미루어볼 때 베트남의 기존 창은 단열을 특별히 고려하지 않는 것으로 분석된다.

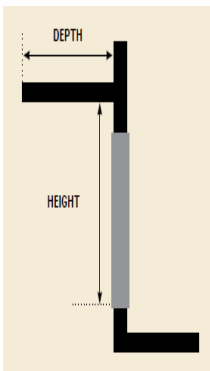
2013년 베트남 정부는 일사를 차단하고 냉방부하를 감소시키기 위해 Overall Thermal Transfer Value (OTTV) 기준을 마련했다. 벽체와 지붕에 허용되는 최대 OTTV는 각각 60W/m²·K와 25W/m²·K이다. 이 단위면적당 열통과량을 계산할 때 방위별 SHGC와 벽체의 창면적비를 고려한다.

창면적 비율 즉 WWR(Window to Wall Ratio)과 SHGC의 관계를 방위에 따라 정리한 표가 Table. 1이다. 표에서 확인할 수 있듯이 WWR 면적 비율과 방위에 따라 SHGC와 VLT의 최대 허용값이 정해진다. 가령 창면적의 비율이 50%인 벽체에 적용될 창호의 경우, 남측은 SHGC 0.45이하의 제품을 사용할 수 있으나, 동이나 서측은 SHGC 0.38이하의 제품을 사용해야 한다 (Table.1).

Table. 1. Required maximum SHGC for each WWR and Orientation[3]

WWR, %	SHGCmax on 8 orientations				VLTmin
	N	N or W	NE,NWor SE,SW	S	
20	0.9	0.8	0.86	0.9	0.7
30	0.64	0.58	0.63	0.7	0.7
40	0.5	0.46	0.49	0.56	0.6
50	0.4	0.38	0.4	0.45	0.55
60	0.33	0.32	0.34	0.39	0.5
70	0.27	0.27	0.29	0.33	0.45
80	0.23	0.23	0.25	0.28	0.4
90	0.2	0.2	0.21	0.25	0.35
100	0.17	0.18	0.19	0.22	0.3

Table. 2. Correction factor a for each horizontal overhangs on or above the upper window edge by a clearance d, with d/H<0.1[3]



R=b/H	SHGCmax on 8 orientations				
	N	NE or NW	E or W	SE or SW	S
0.10	1.23	1.11	1.09	1.14	1.20
0.20	1.43	1.23	1.19	1.28	1.39
0.30	1.56	1.35	1.30	1.45	1.39
0.40	1.64	1.47	1.41	1.59	1.39
0.50	1.69	1.59	1.54	1.75	1.39
0.60	1.75	1.69	1.64	1.89	1.39
0.70	1.79	1.82	1.75	2.00	1.39
0.80	1.82	1.89	1.85	2.13	1.39
0.90	1.85	2.00	1.96	2.22	1.39
1.00	1.85	2.08	2.08	2.27	1.39

더하여 건물 외부에 차양이 설치되어 있다면 SHGC 보정계수가 사용될 수 있다. 수평 고정차양(b)이 창의 높이(H)만큼 돌출되어있을 때 아래 표와 같이 그 비를 계산하고 해당 면의 방위를 확인하여 보정계수를 적용할 수 있다. 고정차양의 길이와 창의 높이가 동일한 경우 그 비(R)는 1로 계산되어 남측면의 경우

1.39, 남동측면이나 남서측면의 경우 2.27의 보정계수가 적용된다 (Table.2).

3.3. 일사조절창호의 SHGC

일사조절창호의 경우 위의 기준과 같이 고정된 형태가 아니고 설치된 블라인드에 의해 SHGC가 조절되는 특징을 가지고 있다. 가동형 차양의 SHGC 해석방법은 EN 13363-1 및 EN 13363-2에 제시되어 있으며, 본 연구에서는EN 13363-1을 적용하였다. EN 13363-1에서 제안하는 SHGC의 계산방법은 블라인드의 위치에 따라 다르며 아래와 같이 세가지로 구분될 수 있다[13].

첫째, 창유리와 창유리 외부에 설치된 외부 블라인드와의 조합의 경우,

$$g_{tot} = (g_b \times g) + \alpha_b(\Lambda/\Lambda_2) + g_b(1 - g)(\Lambda/\Lambda_1).....(1)$$

g : 유리의 유효 SHGC

g_b : 블라인드만의 유효 SHGC

α_b : 블라인드의 흡수율

(α_b = 1 - g_b - ρ_b로 주어지며, 여기서 ρ_b는 블라인드의 태양열 반사율임)

Λ : 열전달 계수(W/m²K)

$$\Lambda = \frac{1}{(1/U) + (1/\Lambda_1) + (1/\Lambda_2)}$$

Λ₁, Λ₂: 매개변수(W/m²K)

U:유리의 전체 열관류율(W/m²K)

둘째, 창유리와 내부 블라인드 조합의 경우,

$$g_{tot} = g(1 - g\rho_b - \alpha_b(\Lambda/\Lambda_2)).....(2)$$

Λ : 열전달 계수(W/m²K)

$$\Lambda = \frac{1}{(1/U) + (1/\Lambda_2)}$$

셋째, 창유리와 창유리 사이에 있는 블라인드의 경우,

$$g_{tot} = (g_b \times g) + g[\alpha_b + (1 - g)\rho_b](\Lambda/\Lambda_3).....(3)$$

Λ₃: 매개변수(W/m²K)

Λ : 열전달 계수(W/m²K)

$$\Lambda = \frac{1}{(1/U) + (1/\Lambda_3)}$$

위와 같은 식을 이용하여 SHGC를 계산한 결과 블라인드의 위치에 따라 아래 표와 같은 SHGC 값을 도출할 수 있었다.

Table. 3. Correction Factors according to the position of the shade

	External	Integrated	Internal	None
Blind location				
SHGC	0.078	0.164	0.277	0.40
Correction factor	5.13	2.44	1.44	1.0

위를 정리하면,

- ① 유리의 외측에 블라인드가 있는 경우 0.078,
- ② 유리 외측과 유리 사이에 블라인드가 있는 경우 0.164,
- ③ 유리의 내측에 블라인드가 있는 경우 0.277,
- ④ 유리에 블라인드가 없는 경우 0.40

으로 정리될 수 있으며, 이 데이터는 National Technical Regulation on Energy Efficiency Building의 보정계수가 적용된 SHGC로 볼 수 있다. 즉, 위의 표와 같이 외부 블라인드의 경우 5.13, 중간 블라인드의 경우 2.44, 내부 블라인드의 경우 1.44의 보정계수를 사용할 수 있다.

4. 현지 기후를 고려한 일사조절창호의 개발과 적용

4.1. 현지 기후를 고려한 일사조절창호의 개발

국내에서 적용되는 일사조절창호는 외부창, 중공층, 중공층의 차양장치, 그리고 내부창으로 구성되어 있다. 이는 중간 블라인드 형으로 2500㎡ 이상 비주거 건물에 해당하는 베트남의 SHGC 기준을 WWR에 상관없이 충족하는 것으로 이전 장에서 확인하였다.

창호의 단열성능을 확인하는 또 다른 지표로 열관류율이 있는데, 베트남 법규상 창호에 관련된 별도의 열관류율 기준은 없다. 국내에서는 일반적으로 내외부창 모두 로이복층유리나 복층유리를 적용한다. 하지만 베트남의 경우 아열대 기후로 실내외 온도차에 의한 열손실을 반영한 개념인 열관류율보다는 일사열의 취득정도를 수치화한 SHGC가 건물에너지 저감을 위해 더 중요한 지표이다. 또한, 이것은 이전 장에서 언급한 VBEEC에서 이미 확인한 바이다. 다만, 베트남은 지역마다 계절별 온도분포에 어느 정도 차이를 보이므로 냉난방부하 절감률에 지역별 차이를 보일 수 있다. 이번 연구의 범위는 베트남의 수도인 하노이로 한정하여 분석을 진행한다.

4.2. 하노이의 기후

베트남은 인도차이나 반도의 동쪽에 가늘고 긴 S자형으로 동경 103° 27'~109° 28', 북위 8° 30'~23° 24'에 위치하고 있다. 베트남은 영토전체가 북회귀선의 남쪽에 위치하기 때문에, 기후는 고지를 제외한 전 지역이 열대몬순기후를 이룬다 [14].

5~10월이 보통 우기, 11월에서 이듬해 4월까지가 건기이며, 연평균 기온은 23° C이며, 겨울의 평균기온은 15.5° C이다(대한무역투자진흥공사, 2016a).

하노이의 경우 북부에 위치하여 중남부 지역에 비해 여름과 겨울의 기온차가 크다. Table. 1에서 볼 수 있듯이 1월 평균 최저기온이 13°C로 21°C의 호치민보다 8°C가량이 낮다. 하지만 6~10월의 경우 평균최저기온과 평균최고기온이 거의 비슷한 양상을 보이는데 6~8월의 경우 하노이가 오히려 1~2°C 높다.

Table. 4. Average Weather Conditions of Hanoi and Hochimin[12]

Month	Month												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
A*	N*	13	14	17	20	23	26	26	26	24	22	18	15
	S*	21	22	23	24	24	24	24	24	23	23	23	22
B*	N*	20	21	23	28	32	33	33	32	31	29	26	22
	S*	32	33	34	35	33	32	31	31	31	31	31	31

*A : Average Maximum Mean Temperature(° C)

*B : Average Minimum Mean Temperature(° C)

*N : Hanoi

*S : Hochimin

Table. 4에서 볼 때, 북부에 위치한 하노이의 경우도 난방한계 온도 이하로 기온이 내려가는 경우는 많지 않다.



Fig. 4. Localized Solar Control Windows

외벽에 단열재를 설치하지 않는 기존 건물의 특성상 창호의 열관류율을 향상시켰을 때의 에너지 절감 효과는 크지 않을 것으로 분석된다. 또한, 겨울이 온난한 베트남의 기후에서는 열관류율보다 SHGC의 향상에 비용을 집중하는 것이 효율적이다. 이런 이유로 국내기후와 법규 하에서는 주로 로이복층유리가 적용되지만 베트남에서는 싱글유리를 적용하는 것이 합리적인 것으로 분석되었다. 더하여 기존 건물은 싱글유리가 적용되어있지만 현재 베트남 사무소를 중심으로 신축건물에 복층유리를 적용하는 추세이다. 싱글유리 내외창으로 복층유리와 동등 혹은 이상 수준의 단열성능을 확보하고 중간에 블라인드를 배치하여 일사조절기능을 추가하는 것이 합리적인 것으로 분석되었다.

5. 적용효과분석

5.1. 시뮬레이션 입력조건

본 연구에서는 현재 전 세계적으로 널리 사용되고 있는 시간 별 동적 에너지해석 프로그램 eQUEST 3.65(DOE-2.2 ver.) 프로그램을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였다.

Table. 5. Simulation Input Data

		Existing Building	Building with SCW*
Area		Hanoi, Vietnam	
Use		Office, Residence	
Total Floor Area		2500 m ² (5F)	
Floor Height (Ceiling Height)		4.0(2.7)m	
Window Wall Ratio		30%	
U-factor (W/m ² ·K)	Exterior Wall	2.57	2.57
	Roof	3.14	3.14
	Bottom	2.62	2.62
	Windows	6.8	3.3
SHGC(Summer)		0.64	0.164
SHGC(Winter)		0.64	0.64
Setting Temperature		Cooling 24°C, Heating 22°C	
Operation Schedule		8 hours for Office 24 hours for Residence	
Equipment for heating and cooling		Electric Heat Pump	

*Solar Control Window

먼저 베트남 법규에 의해 SHGC를 적용하여야 하는 최소 면적인 2500m²의 사무소를 시뮬레이션하고, 동일한 면적의 주거 건물의 시뮬레이션도 진행하여 그 절감량을 비교해보았다. 베트남에는 별도의 열관류율 기준이 없어 보통 단열재 없이 신축공사를 진행한다. 이에 외피의 열관류율은 콘크리트 골조에 석고보드 마감 값인 2.57W/m²K로 입력하였고 바닥과 지붕 역시 단열재 없는 콘크리트 골조에 몰탈 마감의 열관류율로 입력하였다.

기존 창호의 열관류율의 경우, 단창을 적용한 알루미늄 커튼월이 많이 비주거 건물에 일반적으로 적용되고 있기 때문에 NFRC의 열관류율 기준에 따라 6.8W/m²K를 적용하여 계산하였다.

냉방부하저감형 창호의 경우는 현지의 8mm 강화유리 두겹에 금속재프레임과 열교차단재가 적용되었을 경우의 건축물의 에너지절약설계기준에서 제시하는 열관류율을 적용하였다. 단, 유리 사이에 블라인드가 내장되어 공기층의 간격은 16mm 이상이 되므로 건축물의 에너지절약설계기준에 따라 3.3W/m²K를 적용하였다. 조명부하와 기기부하 등은 eQUEST 3.65에서 제공하는 디폴트값을 적용하였다. SHGC의 경우 블라인드를 내릴 때와 올릴 때 다른 값을 가지므로 두 가지 경우로 나누어 시뮬레이션하였다.

5.2. 시뮬레이션 결과분석

본 시뮬레이션의 목적은 일사조절창호 적용 후 대상건물의 냉방 및 난방에 대한 에너지소요량의 절감 정도를 확인하여 그 적용가능성을 검토하는 것이다. 한국과는 달리 연중 냉방부하가 발생하는 것이 베트남 기후의 특징이며 비교적 북측인 하노이 기후데이터를 적용했음에도 냉방에너지는 난방에너지보다 절대적으로 높았다. 먼저 기존 건물의 냉난방에너지 사용량을 분석해보았다. 쉽게 예상되듯이 일주일 내내 냉난방시설이 가동되는 주거시설이 평일만 가동되는 사무소의 경우보다 냉난방에너지 사용량이 큰 것으로 확인되었다(Fig.5).

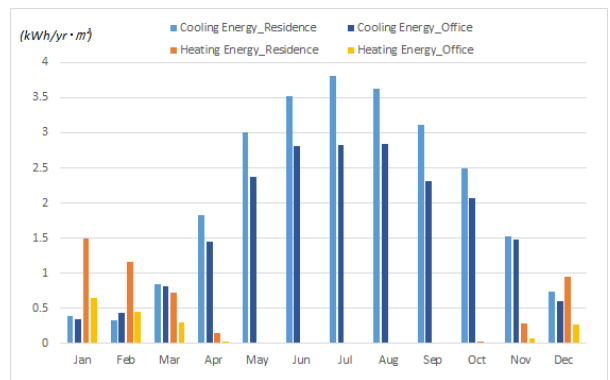


Fig. 5. Energy consumption for Existing Buildings

하지만 가동시간이 4배 정도 차이가 나고 있음에도 주거와 비주거의 냉난방에너지 소요량 차이는 1.5배 이내인 것으로 계산되었는데 이는 야간의 에너지사용량 특성이 주간과는 다르기 때문인 것으로 분석된다. 특이한 점으로 1~3월 주거용 건물의 난방에너지 소요량이 비주거용 난방에너지 소요량의 두배가 넘는 것으로 나타났으나 냉방에너지의 소요량의 경우 주거용 비주거용이 동일한 것으로 계산되었다. 이는 비주거용 건물의 경우 야간에 열원기기를 가동하지 않고 야간은 난방부하만 발생하기 때문으로 분석된다.

Table. 6는 일사조절창호를 적용한 경우의 냉방에너지 소요량을 기존 건물의 에너지 소요량과 비교분석한 표이다. 표에서 확인할 수 있듯이 주거용 건물의 냉방에너지 절감량이 약 17%, 비주거 건물의 절감량이 약 13%로 분석되었다. 냉방에너지 소요량이 제일 큰 기간은 주거, 비주거 모두 6~8월이었지만 일사조절창호의 에너지절약효과가 높은 기간은 11월~2월이었다.

이 결과는 11월~2월 태양고도가 낮아 실내로 유입되는 일사량이 다른 기간보다 많아서 일사조절창호로 인한 일사차단효과가 컸기 때문인 것으로 분석된다.

Table. 6. Monthly Analysis for Existing buildings' Energy Consumption

	Cooling Energy Consumption		Heating Energy Consumption	
	Residence	Office	Residence	Office
Jan	0.40	0.34	1.50	0.64
Feb	0.32	0.43	1.16	0.46
Mar	0.85	0.82	0.73	0.30
Apr	1.83	1.45	0.14	0.03
May	3.00	2.38	0.01	0.01
Jun	3.52	2.81	0.00	0.00
Jul	3.81	2.83	0.00	0.00
Aug	3.63	2.84	0.00	0.00
Sep	3.11	2.32	0.00	0.00
Oct	2.49	2.06	0.03	0.02
Nov	1.53	1.48	0.29	0.07
Dec	0.74	0.61	0.95	0.27
Total	25.24	20.36	4.81	1.80

(kWh/yr·m²)

Table. 7. Cooling Energy Consumption Analysis for Existing buildings and Buildings with SCWs (SHGC 0.164)

	Residence				Office			
	Ex(A)	Re(B)	A-B	*	Ex(A)	Re(B)	A-B	*
Jan	0.40	0.26	0.14	34%	0.34	0.27	0.07	21%
Feb	0.32	0.22	0.11	33%	0.43	0.35	0.08	19%
Mar	0.85	0.64	0.20	24%	0.82	0.69	0.13	16%
Apr	1.83	1.48	0.35	19%	1.45	1.26	0.19	13%
May	3.00	2.51	0.50	17%	2.38	2.10	0.28	12%
Jun	3.52	3.01	0.51	15%	2.81	2.51	0.30	11%
Jul	3.81	3.29	0.52	14%	2.83	2.54	0.29	10%
Aug	3.63	3.14	0.50	14%	2.84	2.55	0.29	10%
Sep	3.11	2.62	0.49	16%	2.32	2.05	0.27	12%
Oct	2.49	2.03	0.46	19%	2.06	1.79	0.28	13%
Nov	1.53	1.16	0.38	25%	1.48	1.23	0.25	17%
Dec	0.74	0.50	0.25	33%	0.61	0.47	0.14	22%
	25.24	20.85	4.40	17%	20.36	17.81	2.55	13%

(kWh/yr·m²)

1)Ex : Existing Buildings

2)Re : Renovated Buildings (Buildings with Solar Control Windows)

3)* : Reduction Rate ((A-B)/A)

난방에너지의 경우, 주거용 건물은 기존의 4.82kWh/yr·m²에서 4.36kWh/yr·m²로 약 9.5%의 절감을 보였는데 사무용 건물의 경우 절감이 미미하였다. 이는 일사조절창호의 향상된 열관류율의 효과로 분석되며, 난방부하가 주로 발생하는 야간에 열원 기기를 가동하지 않는 사무용 건물의 경우 난방에너지 절감에 영향을 미치지 못한 것으로 분석된다.

일사를 최대한 유입하는 쪽이 난방에너지 절감에는 효과적이다. 이에 난방에너지 소요량이 냉방에너지 소요량보다 높은 12~2월 차양을 열어 실내유입 일사량을 최대한으로 했을 경우 (SHGC 0.64)를 시뮬레이션하였다.

Table. 8. Cooling and Heating Energy Consumption Analysis during Season with higher Heating Energy (Jan, Feb and Dec)

		Jan	Feb	Dec	Total
Residence Cooling Energy	Existing	0.40	0.32	0.74	1.46
	SCW+SHGC 0.164	0.26	0.22	0.50	0.97
	SCW+SHGC 0.64	0.43	0.36	0.81	1.60
Residence Heating Energy	Existing	1.50	1.16	0.95	3.61
	SCW+SHGC 0.164	1.35	1.06	0.86	3.28
	SCW+SHGC 0.64	1.34	1.03	0.82	3.19
Office Cooling Energy	Existing	0.34	0.43	0.61	1.38
	SCW+SHGC 0.164	0.27	0.35	0.47	1.10
	SCW+SHGC 0.64	0.35	0.44	0.63	1.42
Office Heating Energy	Existing	0.64	0.46	0.27	1.37
	SCW+SHGC 0.164	0.63	0.45	0.29	1.37
	SCW+SHGC 0.64	0.58	0.40	0.24	1.23

(kWh/yr·m²)

Table. 8에서 확인할 수 있듯이 주거용 건물과 비주거용 건물 모두 어느정도 난방에너지가 감소하고 냉방에너지가 증가하는 효과가 있었다. 하지만, 일사조절창호의 블라인드를 내린 경우 (SHGC 0.164)의 냉방에너지절감량이 더 커서 냉난방에너지 절감량 합계 값은 SHGC 0.164를 적용한 경우가 더 컸다. 결국, 베트남 하노이의 경우 1년내내 일사조절창호의 블라인드를 내리는 쪽이 냉난방에너지 저감에 효과적인 것으로 분석되었다. 위의 분석들은 모두 외창이 닫혀있을 경우를 시뮬레이션한 것으로 외측창 개구부를 개방하여 배열할 경우 더 높은 수준의 냉방에너지 절감이 예상된다.

6. 결론

본 연구는 일사조절창호의 베트남 현지 적용을 위한 가능성을 확인하고 국내기업 해외진출의 기초자료를 제공하기 위해 법규 분석 및 시뮬레이션을 수행한 것으로 도출된 주요 결론은 아래와 같다.

첫째, 현재 베트남의 건물 외피성능에 관한 규정에 창호의 SHGC 관련 규정이 2013년부터 신설되어 적용되고 있으며 이는 베트남 정부도 창호의 SHGC를 조절하는 것이 건물에너지 저감에 효과적임을 인지하고 있는 것으로 볼 수 있다.

둘째, 베트남의 현재 법규는 2500m² 이상의 비주거 건물을 신축할 경우 창면적비에 따른 SHGC 최대값을 제한하고 있다. 우리나라의 일사조절창호의 SHGC는 EN 13363-1에 의거 0.164로 계산된다. 이 경우는 중간블라인드가 있는 경우로 베트남 법규에 의거 2.44의 보정계수를 적용할 수 있다. 이는 모든 항과 창면적비에 적용할 수 있는 수치로 베트남 법규를 만족한다.

넷째, 베트남 정부가 공개한 자료에 의하면 하노이 사무소 건물의 벽체 열관류율을 $2.0W/m^2 \cdot K$ 에서 $0.35W/m^2 \cdot K$ 까지 약 6배 가까이 향상시켰을 때 냉난방에너지 절약은 미미했다. 하지만 SHGC를 0.62에서 0.33으로 줄였을 때, 총 9.2%의 건물에너지가 절약되었다.

넷째, 일사조절창호를 베트남 하노이 주거와 사무소 건물에 적용한 케이스를 시뮬레이션 하였을 때 기존창 대비 약 17%와 13%의 냉방에너지가 절감되는 것으로 계산되었다.

다섯째, 블라인드를 내린 상태의 일사조절창호를 시뮬레이션에 적용했을 때, 주거용 건물의 난방에너지는 약 9.5%가 절감했다. 반면 사무소의 경우는 난방에너지 절감효과가 미미했다. 이는 사무소의 경우 주간에만 운전되어 일사에 의한 영향을 받는 시간이 주거보다 길기 때문인 것으로 분석된다.

여섯째, 난방에너지가 냉방에너지보다 높은 1,2월과 12월의 경우 블라인드를 올린 상태인 SHGC 0.64로 시뮬레이션하여 난방에너지 저감 정도를 확인했다. 이 경우 주거용과 비주거용 모두 난방에너지 저감은 확인되었지만, 블라인드를 내린 상태의 냉방에너지 저감량보다 그 수치가 작았다. 결국, 총 냉난방에너지저감량은 1년내내 블라인드를 내리는 경우인 SHGC 0.164가 제일 높은 것으로 확인되었다.

위의 결론에서 국내에서 개발된 냉방부하저감형 이중외피 창호가 베트남의 하노이 지방의 비주거 건물에 적용되었을 때의 법적 적절성과 에너지 절감 가능성을 분석해보았다. 추후 에너지 절감량에 대한 경제성 평가를 수행하여 경제적 측면에서의 적용 가능성을 확인한 후 관련 전문가들에게 기초자료로 제공하고자 한다.

Acknowledgements

이 연구는 과학기술정보통신부 주요사업 연구비지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호: 20160122-001

Reference

- [1] 김병욱 “베트남 전력산업 진출 기회 노려보자”, 전기저널, 2017, pp.15-16
- [2] Ministry of Construction in Vietnam (MOC), National Technical Regulation on Energy Efficiency Buildings, 2013
- [3] MOC, Guidelines for Building Energy Efficiency Code QCVN 09:2013/BXD, 2013
- [4] 조일현, 오경민, 김효중, 윤중호, 진경일 “지역별 창 의 종류에 따른 에너지 절감율과 경제성 평가 연구”, 한국건축환경설비학회 추계학술발표대회 논문집, 2008 // (Jo, Il-Hyun, Oh, Kyung-Min, Kim, Hyo-Jung, Yoon, Jong-Ho, Jin, Kyoung-Il, The Energy Saving Rate and the Economic Evaluation Research on Types of Window and Frame, Autumn Symposium of KIAEBS, 2015)
- [5] 윤재훈, 홍원화, 황우진, 최원기, “Glazing 성능과 건물에너지의 상관관계 연구 - 커튼월 건물의 U-value, SHGC 및 VLT를 중심으로-”, 대한건축학회논문집 계획계, 제 27권 제 14호, 2011 // (Yoon, Jae-Hoon,

- Hong, Won-Wha, Hwang, Woo-Jin, Choi, Won-Ki, 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 the Architectural Institute of Korea, 2011)
- [6] Dariush Arasteh, Howdy Goudey, Joe Huan, Christian Kohler, Robin Mitchell, 2006, “Performance Criteria for Residential Zero Energy Windows”, ASHRAE transactions, Vol. 103, No. 1, pp.176-185
- [7] 김경아, 박진서, 유기형, 문현준, “비주거 건축물의 외피요소에 대한 민감도 분석”, 한국태양에너지학회 논문집 제 35권 제 1호, 2015 // (Kim, Kyung-Ah, Park, Jin-Seo, Yu, Ki-Hyung, Mun, Hyeun-Jun, Sensitivity Analysis of Building Envelope of Non-Dwelling Buildings, Journal of the Korean Solar Energy Society, 2015)
- [8] Joshua, Apte, Dariush, Arasteh, and Yu Joe Huang, 2003, “Future advanced windows for zero-energy homes”, ASHRAE transactions, Vol. 109, No. 2, pp.871-882
- [9] 최민서, 장성주 “창호의 열관류율, 일사취득계수와 향의 배치가 건물의 냉난방부하에 미치는 영향에 관한 지역별 비교연구”, 한국생태환경건축학회, 2013 // (Choi, Min-Seo, Chang, Seong-Ju, Comparative Analysis on the Heating and Cooling Loads Associated with U-value, SHGC and Orientation of the Windows in Different Regions, KIAE Journal, 2013)
- [10] J.W. Lee, H.J Jung, J.Y. Park, J.B. Lee, Y. Yoon, 2013, “Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain daylighting elements”, Renewable Energy 50, 522-531
- [11] 국토교통부, 건축물의 에너지절약설계기준, 국토교통부 고시 제 2015-1108호, 2016 // (Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Notification No. 2015-1108 Energy Saving Design Standards of Buildings, 2016)
- [12] BBC Weather, 2016. <http://www.bbc.com/weather/>
- [13] EN 13363-1, Solar protection devices combined with glazing. Calculation of solar and light transmittance. Simplified method, 2017
- [14] Doopedia, 2016. http://www.doopedia.co.kr/doopedia/master/master.do?_method=view&MAS_IDX=101013000844082
- [15] Korea Trade-Investment Promotion Agency (KOTRA) Overseas Market News - Vietnam, <https://news.kotra.or.kr>, 2016