



가동형 차양 시스템의 구성과 에너지 효율

Implementation and the Energy Efficiency of the Kinetic Shading System

한승훈*

Han, Seung-Hoon *

* Corresponding author, School of Architecture, Chonnam National Univ., South Korea (hshoon@jnu.ac.kr)

ABSTRACT

This study aims at examining kinetic efficient shading systems and their implementation methods. These days, the importance of the shading devices are getting more significant due to the energy problem. Cordially, suitable shade designs are required as an important element for the exterior envelope of the building. This study employs the optimal shading design as an efficient shading method with the kinetic system that can be converted actively by the altitude of the sun. The proposed kinetic shading system works not only as a lightshelf in case the altitude of the sun is high but also as a vertical louver when the sun is getting lower in order to block the direct sunlight. This study has analyzed the thermal performance and shading coefficient of the kinetic shading system in comparison to existing fixed shading devices using the Ecotect. The results, in sum, conclude that the suggested kinetic shading system could decrease direct sunlights 26.2% more than the existing shading methods.

KEYWORD

가동형외피시스템
차폐계수
에너지모의실험

Kinetic Façade System
Shading Coefficient
Energy Simulation

ACCEPTANCE INFO

Received September 26, 2014
Final revision received October 17, 2014
Accepted October 20, 2014

© 2014 KIEAE Journal

1. 서론

현재 우리가 직면하고 있는 에너지 부족현상은 전 세계적으로 큰 문제로 인식되고 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 에너지 사용량을 줄이는 해결책 외에도 에너지를 효율적으로 사용하기 위한 방법의 모색이 중요하다. 특히 상대적으로 많은 에너지를 필요로 하는 건축물의 생애 비용 가운데 80% 정도가 유지 관리 분야에 사용되고 있으며, 그 중 56%가 조명 및 냉난방 유지에 요구되는 실정임으로 이를 대상으로 개선 방향을 제시할 수 있다면 에너지 문제 해결에 적지 않은 도움이 될 것으로 판단된다.

건물의 냉난방 및 조명에 필요한 에너지는 건물 외피 시스템의 구성과 밀접한 관련이 있으며 이는 에너지 획득 및 손실과 관련된 주요 구성요소로서 관련 연구가 활발히 진행되고 있다. 전통적인 차양 방식인 수평 및 수직 루버의 기능을 극대화하는 구성 방식의 적용을 비롯하여 최근에는 보다 고도화된 친환경 기술로서 광선반 등 복합적 유형의 자연광 조절 방식 활용이 증가하고 있는 추세이다. 다만 이러한 시스템은 대부분 고정 방식으로서 태양의 위치 변화에 능동적으로 대응하지 못하는 한계성을 지니고 있어 최적화된 성능을 발휘한다고 할 수는 없을 것이다.

이런 문제를 극복하기 위해 현재 선진국을 중심으로 외부 환경에 반응하여 실내 환경을 조절할 수 있는 가동형 (Kinetic) 외피가 개발되어 건물의 입면에 적용되고 있다. 이는 외부 환경 변화에 적극적으로

로 반응하여 최적의 구성을 유지케 하는 지능형 제어 방식이 적용된 기술 집약적 시스템으로서 융·복합 기술 적용의 난해함과 구동 체계의 복잡성으로 인해 개발이 더디고 적용 사례도 많지 않은 상황이다. 그러나 이러한 시스템이 보여주는 에너지 효율성과 거주자 쾌적성 측면의 진일보성은 고효율 친환경 기술로서의 잠재성을 충분히 드러내고 있다고 볼 수 있다.

이에 본 연구에서는 가동형 차양 시스템의 표준적 구성을 설정하여 기존 고정형 외피 방식과 에너지 성능 측면의 비교 분석을 통해 가동형 외피에 대한 건축계획 분야의 활용 지침과 그 근거를 제시하는 것에 목적이 있다. 기본적으로 제안된 가동형 차양 시스템은 태양의 고도가 높은 경우 수평 루버 및 광선반 기능을 수행함으로써 실내에 전달되는 직사광선을 차단함과 동시에 실내 균제도를 개선시키며, 아울러 태양의 고도가 낮은 경우에는 건물에 유입되는 동·서향의 빛을 차단 시켜주는 수직 루버의 기능을 변환 수행하게 된다.

본 연구를 통해 태양의 궤도에 따라 능동적으로 구성되는 가동형 차양 시스템의 지속가능성을 고찰하며 모의실험을 통한 환경 성능 분석을 수행하여 친환경 건축 기술의 대안적 지침으로서의 적용성을 검토하고자 한다.

2. 가동형 차양 시스템의 개념과 이론

2.1. 가동형 차양 시스템의 개요

일반적으로 차양은 외부로부터 유입되는 일사 조절을 주된 목적

으로 하여 냉난방 부하 절감을 통해 에너지 절약뿐만 아니라 쾌적한 실내 환경 조성이 가능하게 하는 장치이다. 하지만 이러한 시스템은 대부분 고정형으로 구성되어 태양의 입사각도에 따른 최적의 제어가 어렵고 외부 경관의 조망에도 상당한 제한을 주게 된다. 이를 효과적으로 해결하기 위해 가동형 차양의 개발과 활용이 점차 활성화 되어 가는 추세이다. 가동형 차양 장치는 태양의 위치 변화에 따라 차양의 길이와 각도가 변하는 방식으로서 프로그램화된 조절 방식을 통해 차양 성능을 향상시킬 수 있다.

가동형 차양 장치의 형태는 기본적으로 고정식과 같이 수평형, 수직형, 격자형 또는 복합형으로 구분할 수 있다. 가동형은 고정형과는 달리 태양 위치에 따른 차양 각도 조절이 가능할 뿐 만 아니라 외부 조망의 확보도 가능하다는 장점이 있다. 가동형 수평차양의 경우 고정형 수평차양과 마찬가지로 남측면에 설치될 경우에 가장 효과적인 일사 획득 및 차단이 가능하며 가동형 수직차양의 경우도 기존 고정형 수직차양과 같이 태양의 고도가 낮아지는 동-서향에 적용되는 것이 유리하다. 가동형 복합차양을 구성하는 경우에도 기존의 개별 차양이 가지고 있는 단점을 최소화 할 수 있을 것으로 판단된다.

2.2. 실험 방법의 선정과 조건의 설정

본 연구에서는 각 차양 시스템의 일사 및 음영을 분석하기 위해 에너지 모의실험 (Simulation) 평가 방법인 Ecotect을 기본적으로 이용하였다. Ecotect의 Solar Tool을 이용하여 차양 유형과 이에 따른 실내 일사 유입 및 음영비율 등에 대해 살펴보았으며, 창호 및 차양의 크기, 방위 등을 변경해가며 진행하였다. 아울러 기후 데이터 입력을 통해 대상 지역에 부합하는 일사분석 결과를 도출하였다.

차양 유형에 따른 일사 차단 효과 및 음영비율에 대해 알아보기 위해 대한민국 광주 지역의 기후 데이터를 적용하여 남향의 개구부를 가진 방의 평균 크기인 5.4m×6.0m×2.7m의 모듈 공간을 조성하였다. 또한 일사 유입량 및 음영 비율을 보기 위해 4.0m×1.5m 평균 크기 창을 설정하였다. 상기 기본 모델에 적용될 수평차양의 길이는 태양 고도에 따른 수직 음영각과 창호의 길이 등을 고려한 차양의 돌출비를 적용하여 결정하였다. 1) 수직차양은 건물과 태양의 방위각을 고려하였으며, 남향 수직창호의 경우 수평차양과 동일한 크기로 하고 차양의 간격 등을 조절하여 적용하였다.

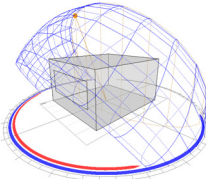
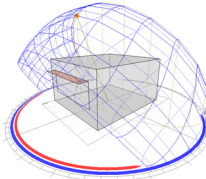
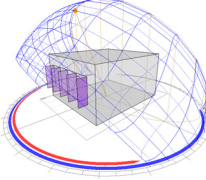
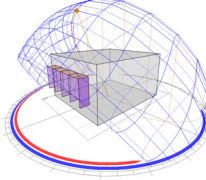
이러한 차양의 유형을 아래와 같이 적용하여 차양 없음, 수평차양, 수직차양, 수직수평복합차양으로 구분하였으며, 작성된 모델은 고정형, 가동형 모두 같은 형태를 취하고 있으나 가동형의 경우 태양 위치 변화에 따라 차양의 각도를 변화시키는 방식을 취하였다. 작성된

Table 1. Required parameters for simulations

| Parameter | Set Value | |
|----------------------------|--|-------|
| Module Size | W: 5,400mm / D: 6,000mm / H: 3,000mm | |
| Opening Size | W: 4,000mm / H: 1,500mm | |
| Weather Data ²⁾ | Gwangju (Latitude:35.1°, Longitude:126.8°) | |
| Orientation | South | |
| Shading Size | Vertical | 600mm |
| | Horizontal | 600mm |

1) 박윤영(2009), 학교 시설 일반 교실의 현휘 감소를 위한 적절한 차양 설계에 관한 연구
2) apps1.cere.energy.gov/buildings/energyplus/weatherdata

Table 2. Types of shading device

| Types | |
|--|---|
| None | Horizontal |
|  |  |
| Vertical | Vertical-Horizontal |
|  |  |

각각의 모델을 통해 태양 궤적 상에서 연중 태양의 위치 변화에 따른 일사에너지량 및 외부 창호에 형성되는 음영비율을 알아보고자 하였으며, 분석 결과는 가동형 차양의 구성 방식을 결정하는 근거로 활용하였다.

3. 고정형 차양의 에너지효율

본 절에서는 가동형 차양 시스템의 효율을 비교하기 위해 우선 고정형 차양 시스템 각각의 음영비율과 일사차단 효과에 대해서 알아보려 한다. 이를 통해 고정형 차양 시스템의 특징 및 문제점을 분석하고 이러한 점이 가동형 차양 유형에 의해 어떻게 해결될 수 있는지 그 가능성에 대해 살펴본다.

3.1. 차양 유형별 음영비율

먼저 차양 유형에 따른 월별 음영비율을 살펴보았다. Table 3은 차양의 유형에 따라 창에 비치는 음영비율 변화를 통해 일사 차단 효율을 분석한 것이며, 기본적으로 차양이 설치된 경우가 상대적으로 효과적 일사 차단이 이루어지고 있음을 알 수 있다.

차양의 주요 설치 목적인 여름철 일사 차단에 따른 음영비율에 대

Table 3. Monthly shading rate per device

| Month | Shading Rate (%) | | | |
|-----------|------------------|------------|----------|---------------------|
| | None | Horizontal | Vertical | Vertical-Horizontal |
| January | 0 | 17 | 9 | 26 |
| February | 0 | 24 | 10 | 34 |
| March | 0 | 42 | 16 | 59 |
| April | 16 | 72 | 25 | 80 |
| May | 38 | 82 | 43 | 86 |
| June | 45 | 85 | 49 | 88 |
| July | 41 | 83 | 45 | 87 |
| August | 26 | 77 | 33 | 83 |
| September | 2 | 54 | 16 | 68 |
| October | 0 | 30 | 13 | 43 |
| November | 0 | 19 | 9 | 28 |
| December | 0 | 16 | 9 | 25 |
| Average | 14 | 50 | 23 | 59 |

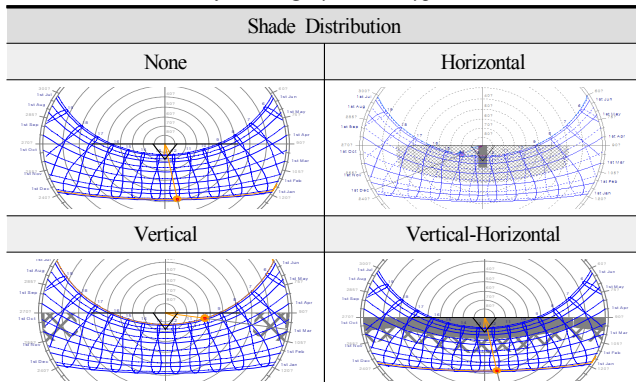
해 살펴보면, 태양 궤적도 상 태양이 높은 고도에 위치할 때 차양이 없는 경우도 평균 음영비율은 일정 부분 발생하고 있으나, 수평차양이나 수직수평복합차양에 비해 현저히 낮은 추이를 보이고 있다. 이에 비해 수평과 수직 차양이 결합된 차양의 경우, 평균 86%의 음영비율을 나타내며 비교적 효과적인 일사 차단이 가능함을 파악할 수 있었다. 다만, 이러한 높은 음영비율은 여름철뿐만 아니라 일사 유입이 요구되는 겨울철에도 높게 나타나는 단점이 발생하게 되므로 이러한 현상이 가동형 차양 시스템에 의해 개선되어 겨울철 음영비율을 감소시킬 수 있다면 실내 난방부하 및 재실자의 쾌적성 측면에서 향상된 성능을 기대할 수 있을 것으로 사료된다.

다음은 태양의 궤도상에 나타난 각 차양별 음영을 분석하였다. Table 4의 태양 궤적도 상에 표시된 어두운 부분은 차양에 의해 100% 음영이 발생하는 구간을 나타내고 있으며, 회색의 사선으로 표시된 부분은 50% 이상의 음영 발생 부분을 나타낸다. 수평차양의 경우 5월에서 9월까지 태양의 고도가 낮중 12시에서 13시 사이에 차양에 의한 완전 음영이 발생하고 있음을 알 수 있다. 또한 4월에서 10월 오전 8시에서 오후 5시까지 태양이 비추는 대부분의 시간 동안은 50% 이상의 음영이 진다는 것을 보여준다.

동일한 방식으로 수직차양의 음영 분포에 대해 살펴보면, 수평차양과 대조되는 양상을 보여주고 있다. 즉, 수직차양에 의한 음영은 대부분 태양 고도가 낮은 시점에 나타나고 수평차양에 의해 음영이 발생했던 구간에는 거의 찾아볼 수 없었다. 특히, 수직차양의 경우 오전 및 오후 일부 시간으로 음영 분포가 제한적으로 나타나고 있어 남측면에 대한 단독 설치 효과는 미미할 것으로 여겨지며, 태양의 일사에너지가 가장 큰 시점인 남중 고도시에 거의 차양의 효과가 없기 때문에 이로 인한 일사에너지 유입으로 실내 냉방부하가 증가할 것으로 보인다. 따라서 남측에서의 수직차양은 수평차양과 적절히 결합함으로써 효과를 극대화하는 전략을 채택하여야 할 것으로 판단된다. 이는 음영비율에 대한 수직 및 수평차양의 근본적인 차이를 의미하나 상호보완적인 구성에 의해 음영 조성 효과가 증대될 수 있음을 보여준다.

음영비율에 있어 수직과 수평이 결합된 형태에서 보이는 기존 차양과의 가장 큰 차이점은 완전 음영 발생 구간이 대폭 증가하였다는 점이다. 이는 기존의 수평차양과 수직차양을 결합하는 과정을 통해 대부분의 태양 궤적에서 일사 차단이 가능함을 의미하며, 음영 효과 및 냉방부하 측면에 있어서의 뚜렷한 개선 가능성을 시사하고 있다.

Table 4. Distribution of shading by device type



3.2. 차양 유형별 일사에너지

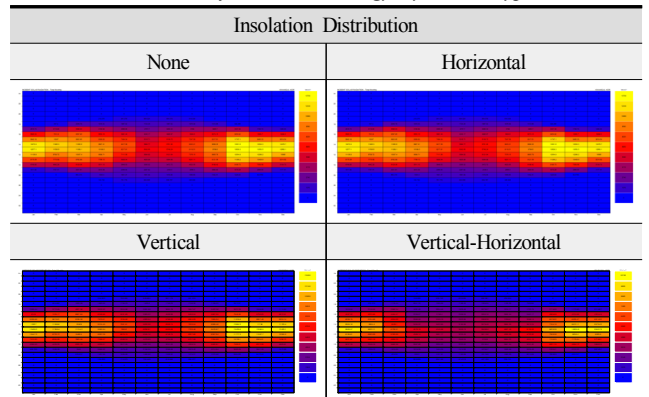
차양의 유형별 일사에너지량 분포는 앞서 분석한 음영비율의 측면과 유사한 양상을 보여주고 있다. Table 5의 월별 일사에너지량 분석표 및 최대 일사를 노랑색으로, 최저 일사를 파랑색으로 나타낸 Table 6의 에너지 모의실험 결과를 통해 살펴볼 수 있듯이 전체적인 일사차단 효과는 수직수평복합의 유형이 가장 우수한 것으로 나타났다. 여름철인 6-8월의 경우 수직수평복합차양의 일사량은 89,618 Wh/m²로서 차양이 없는 경우(155,440 Wh/m²)에 비해 약 40% 가량의 일사차단 효과를 보여주고 있다. 그러나 이러한 일사차단 효과가 일사에너지를 최대로 활용해야 하는 겨울철에도 영향을 미치는 관계로 12-2월까지의 겨울철 일사량은 수직수평복합차양 및 차양 없는 경우가 각각 147,285 Wh/m², 208,110 Wh/m²로서 수직수평복합차양의 일사량이 30% 정도 적음을 알 수 있다. 이러한 특징은 고정형 차양 시스템의 단점을 의미하는 것이며, 가동형 차양 유형을 통해 여름철 일사 차단과 겨울철 일사 유입을 적정 비율로 조절하여 성능의 극대화를 유도할 수 있을 것으로 사료된다.

Fig. 1의 그래프는 각 차양의 유형에 따른 월별 일사에너지를 비교하고 있다. 앞에서 언급하였듯이 수직과 수평차양이 결합된 유형이 가장 효과적으로 일사에너지를 차단하고 있음을 알 수 있다. 특히, 냉방 부하가 많은 여름철의 경우에도 수직수평복합차양의 냉방에너지 절감 효과가 가장 앞섬을 보여주고 있다.

Table 5. Monthly insolation energy per device

| Month | Insolation (Wh/m ²) | | | |
|-----------|---------------------------------|------------|----------|---------------------|
| | None | Horizontal | Vertical | Vertical-Horizontal |
| January | 73,044 | 57,251 | 68,682 | 52,888 |
| February | 69,644 | 51,843 | 65,084 | 47,284 |
| March | 77,372 | 48,212 | 71,335 | 42,175 |
| April | 68,309 | 34,556 | 63,865 | 30,112 |
| May | 56,748 | 32,391 | 53,305 | 28,948 |
| June | 45,828 | 30,280 | 43,097 | 27,548 |
| July | 50,383 | 33,126 | 47,367 | 30,110 |
| August | 59,229 | 35,599 | 55,590 | 31,960 |
| September | 68,028 | 38,435 | 63,064 | 33,471 |
| October | 88,474 | 59,555 | 81,870 | 52,951 |
| November | 76,757 | 60,263 | 71,434 | 54,939 |
| December | 65,422 | 51,483 | 61,052 | 47,113 |
| Total | 799,239 | 532,992 | 745,744 | 479,498 |

Table 6. Distribution of insolation energy by device type



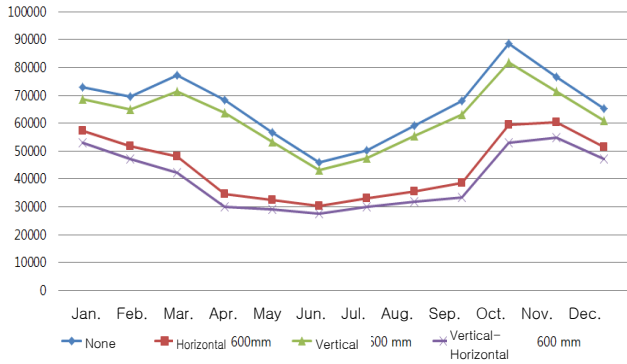


Fig. 1 Comparison of monthly insolation by device type

4. 가동형 차양의 구성과 에너지효율

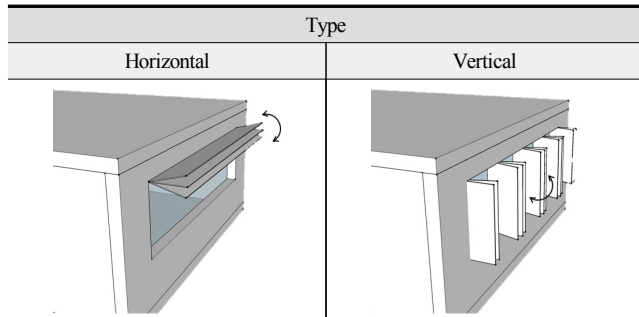
가동형 차양은 태양의 위치에 대응하여 일사, 조광 등을 차폐하거나 유입을 조절함으로써 기존의 고정형 차양 장치에 비해 외부 환경 조절 기능을 효과적으로 수행할 수 있다. Table 7에서 제시된 수평형 및 수직형 가동형 차양은 태양의 위치에 따라 상하 또는 좌우의 회전이 가능하다.3) 이번 장에서는 가동형 차양의 회전각 변화에 따른 계절별, 시간별 음영비율 및 일사 차단 성능을 비교 분석하여 수직수평 복합차양 방식의 최적화된 설정 및 구성을 도출하고자 하였다.

4.1. 가동형 차양 장치의 구성

가동형 차양 시스템을 통해 효과적으로 일사 차단 및 채광 증강 효과를 얻기 위해서는 우선 수평 및 수직형 차양의 회전각 변화 시점을 구체화할 필요가 있다. 앞서 살펴보았듯이 수평형 차양 시스템은 여름철 일사에너지지를 효과적으로 차단하는 반면 일사 유입이 필요한 시점에 있어서는 오히려 일사유입이 제한되고 있음을 알 수 있다. 따라서 차양의 각도를 상황에 따라 변경 가능하게 한다면 겨울철 일사 유입 및 여름철 일사 차단이 효과적으로 이루어질 수 있으며, 건축물의 에너지 효율 또한 향상시킬 수 있을 것으로 기대 된다.

한편, 수직차양의 효과는 태양의 고도가 낮은 아침이나 오후에 특히 효과적이기 때문에 시간에 따른 비교를 통해 차양의 회전 효과를 분석할 필요가 있다. 이를 위해 우선 수직차양의 각도를 변화시켜 봄으로써 차양 각도에 따른 음영비율을 분석하였다. 즉, 수직차양의 회전 각도를 0°, 15°, 30°, 45°로 구분 적용함으로써 각각의 각도에서 시

Table 7. Type of kinetic shading device



3) 백상훈(2008), 접이식 차양 장치의 최적 설계에 관한 기초 연구, 인하대학교 석사 논문

간에 따른 음영비율의 변화양상을 알아보고자 하였다. 또한, 태양이 뜨는 방향과 지는 방향의 위치가 다르기 때문에 수직차양의 회전 방식은 좌우 회전이 가능하도록 구성함을 전제로 하였다.

4.2. 가동형 차양 장치의 일사에너지

4.2.1. 가동형 수평차양

가동형 수평차양의 효과를 알아보기 위해 모의실험을 통하여 시간별, 계절별 차양의 일사량을 비교하였다. 시간에 따른 차양의 효과는 하지의 경우 고정형과 가동형 모두 유사한 수준의 일사 차단 효과를 나타낸다. 그러므로 겨울철 태양의 고도가 가장 낮은 동시 시점에 가동형 차양의 각도 변화에 따른 일사량을 비교하는 것이 바람직하다. Table 8은 동시시 차양각에 따른 일사 유입량에 대한 실험 결과를 요약한 것이다. 전체적으로 일사 유입량은 회전을 통한 구성 변경이 가능한 가동형 차양이 고정형 차양에 비해 30% 내외의 증가 효과가 있음을 나타내고 있다.

Table 9는 수평형 차양의 일사 유입량이 각도 변화에 따라 계절별로 어떤 변화를 나타내는지 보여준다. 여름철의 일사량은 가동형 수평차양이 구성될 경우 차양이 없는 경우에 비해 37% 감소 효과가 있다. 반면, 일사가 필요한 겨울철 또한 차양의 역기능으로 인해 23%의 일사 유입이 줄어들게 된다. 따라서 설정을 변경할 수 있도록 차양을 가동형으로 구성하고 겨울철에는 90° 회전하여 일사 유입을 적극 유도한다면 차양이 없는 경우와 거의 비슷한 수준의 일사 획득이 가능해 질 것이다. 이렇듯 여름철과 겨울철 태양 궤도에 최적화된 방식으로 수평차양이 가동된다면 에너지 효율을 극대화함과 동시에 실내의 쾌적 환경 구성에도 기여할 수 있을 것으로 여겨진다.

Table 8. Insolation for horizontal kinetic shading device

| Time | Insolation for Winter Solstice (Wh/m ²) | |
|-------|---|---------------------|
| | Horizontal with 0° | Horizontal with 90° |
| 08:00 | 47 | 59 |
| 09:00 | 216 | 273 |
| 10:00 | 244 | 324 |
| 11:00 | 184 | 252 |
| 12:00 | 165 | 232 |
| 13:00 | 151 | 218 |
| 14:00 | 132 | 187 |
| 15:00 | 76 | 108 |
| 16:00 | 16 | 23 |
| Total | 1,230 | 1,674 |

Table 9. Seasonal insolation for horizontal kinetic shading device

| Season | | Insolation by Season (Wh/m ²) | | |
|--------|----------|---|--------------------|---------------------|
| | | None | Horizontal with 0° | Horizontal with 90° |
| Summer | June | 45,828 | 30,280 | 43,097 |
| | July | 50,383 | 33,126 | 47,367 |
| | August | 59,229 | 35,599 | 55,590 |
| | Sum | 155,440 | 99,005 | 146,054 |
| Winter | December | 65,422 | 51,483 | 61,052 |
| | January | 73,044 | 57,251 | 68,682 |
| | February | 69,644 | 51,843 | 65,084 |
| | Sum | 208,110 | 160,577 | 194,818 |
| Total | | 363,550 | 259,582 | 340,872 |

Table 10. Hourly insolation rate of horizontal kinetic shading device for winter solstice

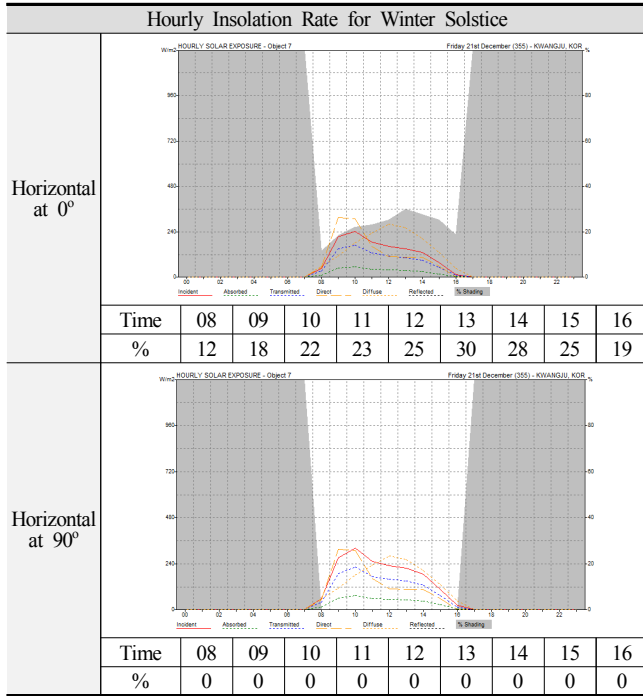


Table 11. Hourly insolation of vertical kinetic shading device for summer solstice

| Time | Hourly Insolation for Summer Solstice (Wh/m ²) | |
|-------|--|------------------|
| | Vertical at 45° | Vertical at -45° |
| | 08:00 | 38 |
| 09:00 | 45 | 48 |
| 10:00 | 126 | 140 |
| 11:00 | 175 | 199 |
| 12:00 | 209 | 216 |
| 13:00 | 161 | 162 |
| 14:00 | 63 | 64 |
| 15:00 | 58 | 55 |
| 16:00 | 47 | 42 |

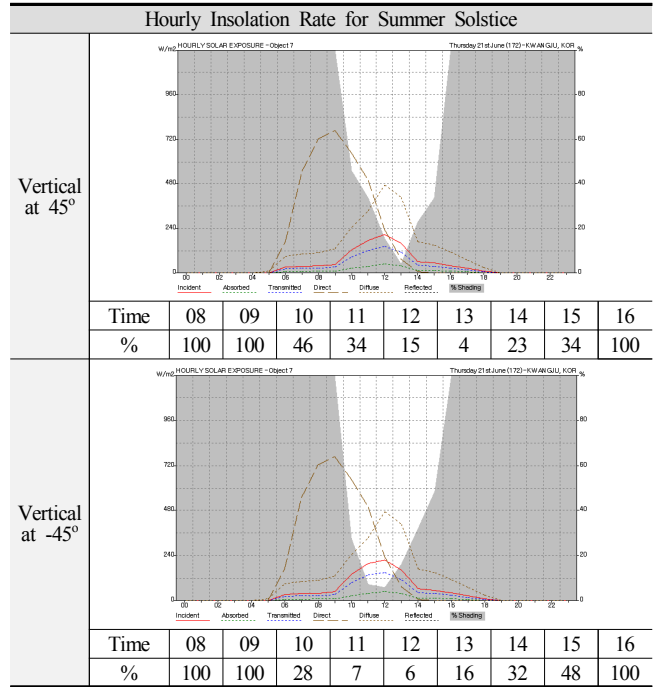
4.2.2. 가동형 수직차양

가동형 수직차양은 일반적으로 좌우 각 45°의 회전이 가능하도록 구성되며, 이를 통해 하지와 동지의 대비적 특성에 대응하는 일사량 조절이 가능해진다. 하지 및 동지의 차양각 변화에 따른 일사량을 비교하기 위해 Table 11의 그림과 같은 표준 차양 모델을 작성하여 시뮬레이션을 진행하였다.

가. 하지

모의실험의 결과로서 나타난 수직차양의 각도에 따른 시간별 일사 에너지량은 Table 12에서 살펴볼 수 있다. 차양각이 45°로 설정된 경우 태양이 뜨는 시점에서 일사 차단이 좀 더 효율적으로 이루어질 수 있으며, -45°인 경우는 반대로 태양이 지는 시점에 있어 좀 더 효율적인 일사 차단 효과가 있다고 볼 수 있다.

Table 12. Hourly insolation rate of vertical kinetic shading device for summer solstice



이와 관련하여 음영비율을 비교하게 되면 12시를 기준으로 오전의 경우 수직차양의 각도가 45°인 경우가 가장 높고, 오후에 차양각이 45°인 경우도 비교적 높은 수치를 나타내고 있다. 이러한 음영비율의 변화는 정오를 기준으로 구분되고 있지만, 이와 달리 일사량에 있어서는 오전에 적용된 45° 기울기의 수직차양이 장시간 적용될 경우 더욱 효과적이라는 것을 알 수 있다.

나. 동지

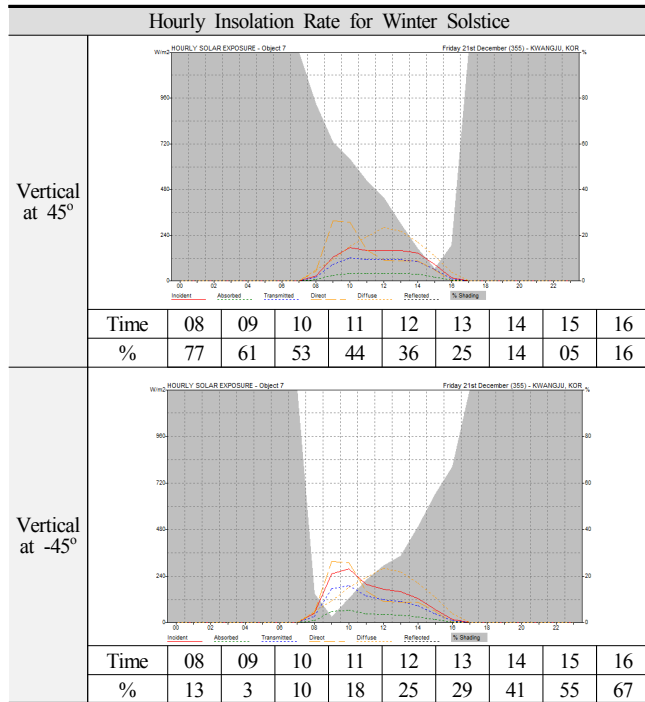
동지의 경우는 하지와 달리 차양에 의한 일사 차단을 줄이고 되도록 많은 일사 유입을 유도하여야 할 것이므로 실험 및 분석을 위해 태양의 위치에 따라 여름과 반대 방향의 차양각을 설정하였다.

오전의 경우는 여름철과 반대로 차양의 각도를 -45°로 설정함으로써 낮은 고도에서 일사 유입이 최대가 이루어지게 하고, 태양의 위치

Table 13. Hourly insolation of vertical kinetic shading device for winter solstice

| Time | Hourly Insolation for Winter Solstice (Wh/m ²) | |
|-------|--|------------------|
| | Vertical at 45° | Vertical at -45° |
| | 08:00 | 28 |
| 09:00 | 126 | 253 |
| 10:00 | 175 | 276 |
| 11:00 | 161 | 197 |
| 12:00 | 161 | 173 |
| 13:00 | 161 | 159 |
| 14:00 | 148 | 126 |
| 15:00 | 88 | 68 |
| 16:00 | 17 | 17 |

Table 14. Hourly insolation rate of vertical kinetic shading device for winter solstice



가 서쪽 면에 위치할 경우에도 하지와 반대로 배치하여 일사 유입이 최대한 보장될 수 있도록 하여야 할 것이다. 이러한 설정을 바탕으로 회전 차양의 구성과 적용 시간은 계절에 따라 다르게 나타나게 된다.

여름철의 경우 오전 일사를 차단하기 위해 45°인 상태로 적용되는 시간이 오후 일사를 차단하기 위한 -45°인 상태보다 길게 적용되어야 할 것이다. 반면, 겨울철의 경우 정오를 기준으로 적용구간이 나뉘는 것을 볼 수 있다. 따라서 수직차양의 회전 설정은 단순히 방향을 바꾸는 것이 아니라 차양에 의한 일사 유입과 차단 효율성에 기인하여 유동적으로 변화시켜야 함을 알 수 있다. 또한 회전에 의한 일사에너지량은 고정된 차양에 비해 평균 13%가 향상되었음을 파악할 수 있다.

겨울철 시간 변화에 대한 차양별 음영 그래프를 보면 음영비율의 변화가 좀 더 뚜렷하게 나타남을 알 수 있다. 음영비율에 따라 12시와 오후 1시를 기준으로 오전 8시부터 11시까지 차양 각도 -45°에 의한 음영비율이 평균 11%로서 45°인 경우의 평균 58.6%보다 일사 유입이 우수함을 알 수 있다. 마찬가지로 오후 2시에서 4시까지 음영비율은 차양 각도 45°에 의한 평균 음영비율이 11.7%로서 -45°일때의 평균 음영비율 54.3%보다 훨씬 낮게 나타났다. 이렇듯 회전 각도를 변화시켜 창문에 도달하는 음영비율을 최소화함으로써 효과적인 일사 유입이 가능해 질 것으로 판단된다.

4.3. 가동형 복합차양

가동형 수평·수직차양의 각도에 따른 일사 유입량 및 음영비율의 비교 분석 결과를 바탕으로 계절별 시간에 따른 최적의 차양 구성 및 회전 시간 설정을 제안하고, 이를 통해 바람직한 일사 유입과 차단, 쾌적한 실내 환경 조성을 위한 하나의 개선된 방식으로서 가동형 복합차양 방식을 살펴보고 그 가능성을 검토하고자 하였다. 이를 위해 수평 및 수직차양의 충돌이 발생하지 않도록 수평차양의 회전 각도

Table 15. Suggested seasonal types for mixed kinetic shading device

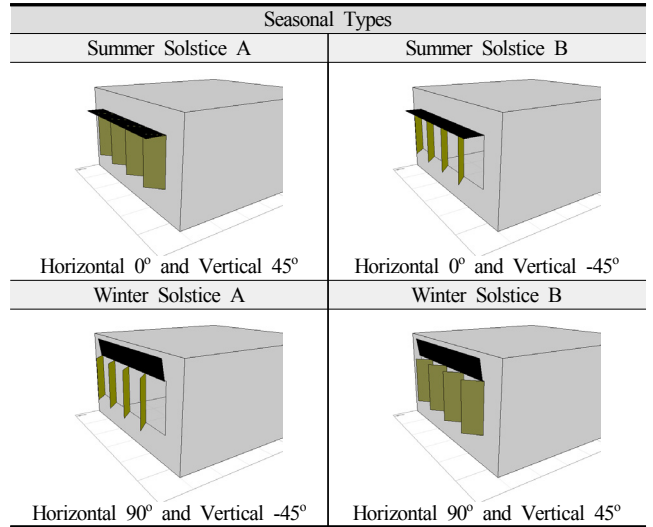


Table 16. Hourly insolation for mixed kinetic shading devices

| Time | Hourly Insolation for Mixed Types (Wh/m ²) | | | |
|-------|--|------------|-------------------|------------|
| | Type | Insolation | Type | Insolation |
| 08:00 | Summer Solstice A | 27 | Winter Solstice A | 44 |
| 09:00 | | 32 | | 229 |
| 10:00 | | 69 | | 246 |
| 11:00 | | 93 | | 175 |
| 12:00 | | 122 | | 153 |
| 13:00 | | 101 | | 142 |
| 14:00 | | 42 | | 131 |
| 15:00 | Summer Solstice B | 36 | Winter Solstice B | 78 |
| 16:00 | | 28 | | 15 |
| Total | | 550 | | 975 |

에 대해 앞서 적용된 여름철과 겨울철의 두 가지 구분된 방식으로 제한하였으며, 이를 기반으로 다음과 같은 네 가지 구동 방식을 설정하여 각각의 일사량을 비교하고자 한다.

가동형 복합차양 구성을 통해 하지와 동지 시간에 따른 일사에너지량의 분포를 분석한 결과는 Table 16과 같다. 하지의 경우 오전 8시부터 오후 3시까지 ‘수평형 회전각 0° + 수직형 회전각 45°’의 구성을 통해 일사를 차단하게 되고, 3시를 기점으로 수직차양의 회전 각도를 변경함으로써 일사 차단 효율을 높게 된다. 마찬가지로 동지의 경우 오전 8시부터 오후 1시까지는 ‘수평형 회전각 90° + 수직형 회전각 -45°’의 구성을 통해 일사를 유입하고, 1시를 기점으로 수직차양의 회전 각도가 변하게 됨에 따라 일사 유입 효율을 높일 수 있게 된다.

4.4. 소결

위 과정을 통해 제시된 가동형 복합차양의 일사에너지 차단 및 유입 성능을 판단하기 위해 수직 및 수평으로 이루어진 고정형 복합차양과의 일사 유입량을 비교 분석해 보았다. 우선 하지의 경우 가동형 수평·수직 차양이 고정형에 비해 31 Wh/m² 정도 일사 차단 성능이 뛰어난 것을 알 수 있다. 아울러 동지의 경우, 특히 가동형 차양 구성에 따른 성능 증대가 가능함을 입증할 수 있었는데 고정형에 비해 111 Wh/m²의 일사 유입량이 증가하였다. 이상의 비교 분석을 통해 태양 위치에 따라 변화하는 가동형 차양 구성이 여름철 일사 차단 및 겨울

Table 17. Comparison of seasonal insolation between fixed and kinetic shading devices

| Time | Seasonal Insolation per Types (Wh/m ²) | | | |
|-------|--|---------|--------|---------|
| | Summer | | Winter | |
| | Fixed | Kinetic | Fixed | Kinetic |
| 08:00 | 28 | 27 | 21 | 44 |
| 09:00 | 34 | 32 | 111 | 229 |
| 10:00 | 73 | 69 | 154 | 246 |
| 11:00 | 98 | 93 | 147 | 175 |
| 12:00 | 129 | 122 | 138 | 153 |
| 13:00 | 106 | 101 | 124 | 142 |
| 14:00 | 45 | 42 | 103 | 131 |
| 15:00 | 39 | 36 | 55 | 78 |
| 16:00 | 29 | 28 | 12 | 15 |
| Total | 581 | 550 | 864 | 975 |

철 일사 유입에 더욱 효과적임을 파악할 수 있었다.

5. 결론

본 연구를 통해 태양의 궤도에 따라 차양의 회전각이 변하는 가동형 차양 시스템의 구성과 에너지 효율 측면의 성능에 대해 분석해 보고자 하였다. 이를 위해 모의실험을 수행하여 고정형 차양 시스템과의 일사에너지량 및 음영비율을 비교 분석하고 그에 따른 구동 방식 및 일사에너지량의 변화를 검토할 수 있었다.

첫째, 기존의 고정형 차양을 수평, 수직, 복합으로 분류하여 각 차양 시스템별 일사에너지량을 비교하였다. 이를 통해 각각의 구성에 따른 차양 효과를 고찰하였으며, 수직과 수평이 조합된 복합차양의 구성이 일사 차단에 가장 효과적임을 알 수 있었다. 하지만 이러한 차단 효과는 일사 유입이 요구되는 겨울철에도 제한적 요소로 작용하였다. 그러므로 이를 개선하여 겨울철에는 일사 유입이 최대한 이뤄질 수 있도록 가동형 차양 구성을 적용한다면 개선된 차양 시스템의 성능을 발휘할 수 있을 것으로 여겨진다.

둘째, 최적의 가동형 복합차양 구성을 도출하기 위한 근거를 마련하기 위해 가동형 수평·수직 차양의 구성에 대한 일사에너지량 및 음영비율을 비교 분석하였다. 가동형 수평차양의 경우 여름과 겨울철 차양의 기울기 변화에 따라 효율이 달라짐을 알 수 있었다. 그리고 가동형 수직차양의 경우 시간에 따라 달라지는 태양의 위치에 의해 차양의 효율이 상이함을 파악하였다.

셋째, 여름과 겨울철 각각의 시점에 맞는 최적의 차양 구성안을 도출하고, 기존의 고정형 수직·수평 차양 구성과의 비교를 통해 좀 더 개선된 효과를 나타내는 가동형 차양 구성 방식을 제시하였다. 제안된 방식은 고정형 방식에 비해 여름철 일사 차단 효과가 높고 겨울철에는 일사 유입량을 증가시킴으로써 에너지 효율뿐만 아니라 쾌적한 실내 환경 구성 측면에도 기여할 수 있을 것으로 보인다.

도출된 분석 결과를 바탕으로 차양의 개선 방식이 제안된다면 열적 에너지 효율뿐 아니라 빛환경의 질적 수준을 개선하는 방편으로 활용할 수 있을 것으로 본다. 아울러 태양의 위치에 따라 최적의 구성으로 반응하는 차양 시스템을 자동화한다면 좀 더 성능 지향적인 미래의 친환경 건축요소로 개선될 수 있을 것으로 기대된다. 특히 건물의 생애주기와 연관된 장기적 관점에서 보게 되면 지속가능한 차양

방식으로서의 장점이 더욱 부각될 수 있을 것이라고 여겨진다. 향후 차양 방식의 고도화를 위해 에너지 측면과 환경 개선의 요구를 아우르는 통합 시스템의 관점에서 꾸준한 연구 개발이 필요할 것이다.

Acknowledgements

This research was supported by a grant (13AUDP- B070244-01) from Urban Architecture Research Program (Development of Hanok Technology, Phase II) funded by Ministry of Land and Transport Affairs of Korean Government.

Reference

- [1] Ko, Dong-Hwan, Assessment and Analysis of Green Building Performances Using Autodesk ECOTECH Analysis 2010, Magazine of the Architectural Institute of Korea, v.29, n.9, pp.13-21, 2011.
- [2] Kim, Deuk-Woo, Park, Cheol-Soo, Needs and Issues for Better Use of Building Energy Simulation Tools at Design Stage, Journal of the Architectural Institute of Korea, v.28, n.10, pp.317-325, 2012.
- [3] Kim, Min-Seok, Yim, Hae-Lee, Kim, Ju-Hyung, Kim, Jae-Jun, An Evaluation of Interior Illuminance in the Indoor Room to Different Louver Type and Distance, Proceeding of Annual Conference of Korean Society of CAD/CAM Engineers, v.2012, n.2, pp.141-146, 2012.
- [4] Kim, Sang-Bum, Park, Jong-Hoon, Yang, Byoung-E, A Study on Glazing Ratio of Certified Green Building Apartment, Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, v.10, n.5, pp.95-100, 2010.
- [5] Kim, Yoon Jeong, Kim, Jeong Tai, Comparative Daylighting Performance of a Classroom with Traditional and Louver type Shading Devices, Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, v.13, n.4, pp.21-26, 2013.
- [6] Kim, Han-Yong, Kim, Kang-Soo, A Study on Daylighting Performance Evaluation for the Green Building Certification and Daylight Prediction According to Design Elements, Journal of the Architectural Institute of Korea, v.29, n.7, pp.239-246, 2013.
- [7] Park, Yoon-Young, A Study on the Proper Shade Design for Reducing Glare in General Classrooms for Schools, Master's Thesis, Kwangwoon University, 2009.
- [8] Bae, Tae-Goan, Jeon, Young-Il, The Shading Performance of External Shading Devices in the Office Building with Glazed Facade Ratio of 75%, Proceeding of Annual Conference of the Architectural Institute of Korea, v.31, n.1, pp.187-188, 2011.
- [9] Baek, Sang-Hoon, A Fundamental Study on the Optimal Design of Folding Shading Device, Master's Thesis, Inha University, 2008.
- [10] Jeong, In Young, Choi, Yoon Seok, Ahn, Hyun-Tae, Kim, Jeong Tai, Visual Comfort Evaluation of Interior Spaces by Daylighting Systems, Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, v.6, n.1, pp.17-24, 2006.
- [11] Cho, Jin-Kyun, Yoo, Chang-Woo, A Feasibility Study and Energy Analysis of Exterior Shading Device on Cooling Energy Demand for High-rise Residences, Journal of the Architectural Institute of Korea, v.26, n.12, pp.303-311, 2010.
- [12] Choi, Jaepil, Lee, Tae-Kyoung, Ahn, Eui-Soon, Piao, Gen-Song, Lim, Jang-Hyun, An Evaluation System for Parametric Exterior Louver Designs Including Physical Surroundings, Journal of the Architectural Institute of Korea, v.29, n.10, pp.91-98, 2012.
- [13] U.S. Department of Energy, <http://apps1.eere.energy.gov/>