

집광채광루버의 슬랫 개폐가 실내 열환경 및 에너지 사용량에 미치는 영향

Effects of open and close of daylighting louver slats on indoor thermal environment and energy consumption

○김은호* 윤경환* 서로사** 신미수*** 김철* 이규남*
Kim, Eun-Ho Yoon, Kyung-Hwan Seo, Rosa Shin, Mi-su Kim, Chul Rhee, Kyu-Nam

Abstract

In this study, the effect of open and close of daylighting louver slats on indoor thermal environment and energy consumption was examined under a laboratory condition. A total of six experimental cases were established based on the configuration of the daylighting louver, folded, closed, and open, during both the cooling and heating seasons. Also, the indoor temperature, vertical temperature difference, PMV, and energy consumption were analyzed. As a result, in the cooling season, when the slat was closed, the indoor temperature and the vertical temperature differences, PMV and energy consumption showed the lowest value. In the heating season, when the slat was closed, the vertical temperature difference was the lowest and PMV was the highest. Based on the findings, it was confirmed that the daylighting louver effectively reduces both cooling and heating energy while improving indoor thermal environment.

키워드 : 집광채광루버, 슬랫, 실내 열환경, 열쾌적, 에너지 사용량

Keywords : Daylighting louver, Slat, Indoor thermal environment, Thermal comfort, Energy consumption

1. 서론

건물 내부에 설치된 차양장치는 외부로부터 일사의 영향을 막아줌으로써 채실자의 열쾌적 향상에 도움이 된다. 또한 일사를 차단함으로써 복사열을 낮춰주기 때문에 여름철 냉방 에너지 사용량을 줄일 수 있다. Seo & Choi 는 Relux_Desktop ver. 2021.1 시뮬레이션을 통해 업무시설에서 집광채광루버를 사용하였을 때 하지와 동지의 작업면 및 천장 조도의 절댓값 차이를 검토하였다. 그 결과, 하지일 때 최소 14.6%, 최대 24.7% 차이를 보이며, 동지일 때 최소 22.4%, 최대 78.1% 차이가 나타남을 확인하였다. Shin & Sung 은 집광채광루버의 실측 실험을 통해 외부 조도 변화에 따른 조명 에너지 절감 성능을 검토하기도 하였다. 일 누적 조명 에너지 저감률은 최소 52.9%, 최대 61.6%로 나타났다. 이와 같이 기존 연구들은 대부분 집광채광루버가 빛환경에 미치는 영향을 살펴보았다. 그러나, 집광채광루버가 열환경이나 에너지 사용량에 미치는 영향에 대한 연구는 미비한 실정이다. 이에 따라, 본 연구에서

는 실험적 방법을 통해 집광채광루버가 실내 열환경 및 냉난방 에너지 사용량에 미치는 영향을 분석하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 평가 환경 설정

본 연구는 냉방기와 난방기 집광채광루버의 슬랫 개폐 여부가 실내 열환경 및 냉난방 에너지 사용량에 미치는 영향을 확인하기 위해 바닥 면적 3.7 m x 3.7 m 인 실내챔버에 집광채광루버를 설치하였다. 하절기 부산지역의 외기 조건을 재현하기 위해 외기챔버의 온도를 30°C로 유지하고, 실내챔버의 온도는 하절기 실내온도 기준인 26°C로 설정하였다. 하절기 일사부하를 모사하기 위해 75 W 할로겐램프 36개로 이루어진 Solar Simulator를 사용하였다. 일사부하 466.4 W, 내부부하 600 W로 총 냉방부하는 1066.4 W, 면적당 77.9 W/m²로 이는 사무실 공간의 냉방부하로서 충분한 수준(Hawkins, 2011)으로 판단된다. 그림 1 에 슬랫 개폐 여부에 따른 test-bed 와 집광채광루버를 나타냈다.

또한, 동절기 외기 조건 재현을 위해 외기챔버의 온도는 -5°C, 실내챔버는 동절기 적정 실내온도 기준인 20°C로 설정하였다. 하절기와 다르게 동절기는 일사부하와 내부부하를 설정하지 않았다. 집광채광루버가 설치된 곳으로부터 1 m 떨어진 지점을 외주부, 2.2 m 떨어진 지점을 내주부로 설정하여 각각의 수직 온도차, 공기온도, 작용온도, PMV, PPD, 냉난방기(히트펌프)의 에너지 사용량을 8시간 동안 1분 간격으로 측정하였다.

* 국립부경대학교 건축공학과

** 국립부경대학교 대학원 건축·소방공학부

*** (주)선포탈 기업부설연구소 소장

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Pukyong National University, knrhee@pknu.ac.kr)

이 연구는 2022년도 한국연구재단 연구비 지원에 의한 결과의 일부임. 과제번호: NRF-2022R1A2C2011667

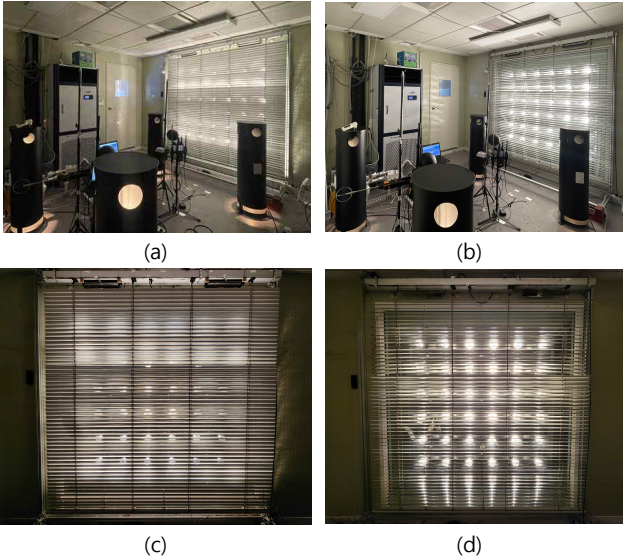


그림 1. 실험환경 구성 (a) 슬랫 개방 시 test-bed, (b) 슬랫 폐쇄 시 test-bed, (c) 슬랫 폐쇄 시 집광채광루버, (d) 슬랫 개방 시 집광채광루버

2.2 평가 case 설정

집광채광루버의 슬랫 개폐 여부에 따른 실내 열환경 및 냉난방 에너지 사용량을 분석하기 위해 난방기와 냉방기 모두 슬랫 개폐 여부에 따라 세 가지로 설정하였으며, 이에 대한 상세는 표 1에 나타나있다. 슬랫 개폐 여부는 냉, 난방기 관계없이 완전 개방, 부분 개방, 완전 폐쇄 세 가지로 설정하였으며 냉방기와 난방기에 따라 총 6가지 case로 냉방기는 C, 난방기는 H로 표시하였다.

표 1. 실험 case 분류

| Case | Louver | Slat |
|-------|--------|-------|
| C1 | X | - |
| C2 | O | close |
| C3 | O | open |
| ----- | | |
| H1 | X | - |
| H2 | O | close |
| H3 | O | open |

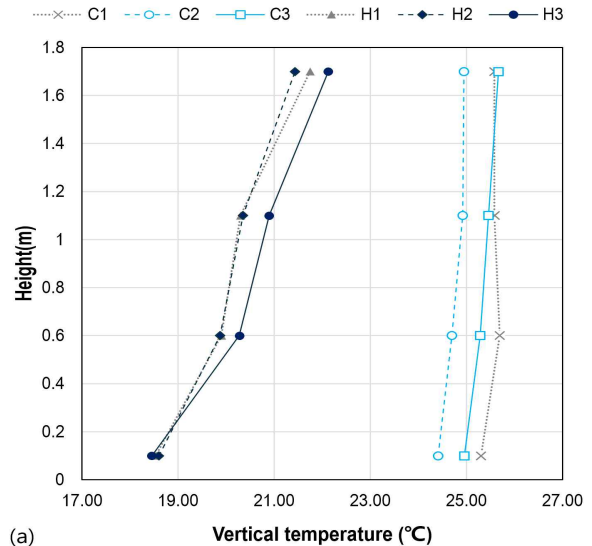
3. 평가 결과

3.1 열환경

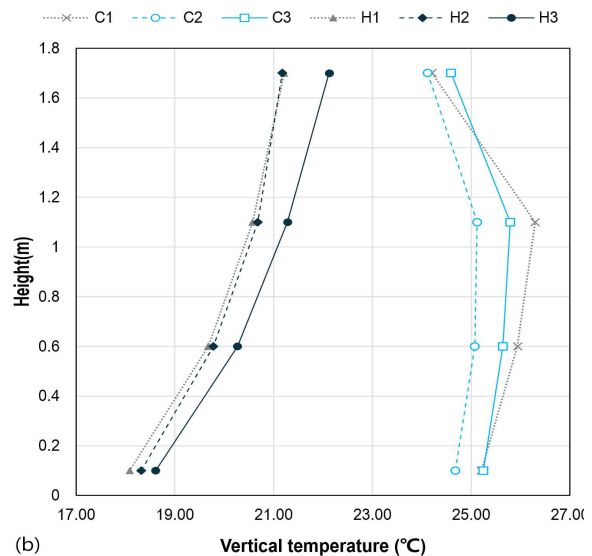
그림 2은 외주부, 내주부의 수직 온도차를 나타낸 결과이다. 난방기의 수직온도차는 H3에서 최대 약 4°C, 전반적으로 3°C를 상회한다. 냉방기의 수직온도차는 C3에서 최대 약 1°C, 전반적으로 1°C를 하회한다. 난방기에 냉방기보다 수직 온도차가 크게 나타났다. 이는, 외기챔버의 낮은 온도로 인해 창호 주변에 차가운 기류가 형성되기 때문이며, 슬랫을 개방하였을 때 기류 형성이 가속화되는 것으로 사료된다. 그에 따라 머리(1.1 m 높이)와 발목

(0.1 m 높이) 부분에서의 수직온도차가 3K 이상으로 국부적 불쾌적이 발생할 것으로 사료된다 (ISO, 2005).

냉방기의 경우 슬랫이 폐쇄된 조건에서 즉, C2에서 내주부 온도가 가장 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이는 실내 온도를 유지하기 위해 가동한 히트펌프의 기류 영향을 받았기 때문인 것으로 사료된다. 전반적으로 낮은 온도 분포는 외기챔버로부터 일사부하 영향을 감소시켰기 때문인 것으로 사료된다. 결과적으로 냉방기, 난방기 모두 집광채광루버를 설치했을 때 실내 온도가 개선되는 것으로 나타났다.



(a)



(b)

그림 2. 수직 온도차 (a) 외주부, (b) 내주부

그림 3은 높이 1.1 m 지점에서 내주부, 외주부 공기온도 및 작용온도의 평균을 나타낸 결과이다. 난방기에는 H3에서 공기온도와 작용온도가 H1, H2에 비해 약 1°C 증가한 것으로 측정되었으며 H3에서만 공기온도와 작용온도 간의 차이가 줄어든 것으로 나타났다. 이는, 외기 영향을 받은 창호 주변의 기류와 히트펌프로 가열된 공기가

개방된 슬랫을 통해 유동하여 혼합되었기 때문에 사료된다.

냉방기에는 공기온도와 작용온도가 모두 유사하게 나타났다. C2 와 C3 에서 공기온도와 작용온도가 C1 에 비해 약 1 ~ 2°C 감소하였다. 특히, C2 에서의 공기온도와 작용온도가 가장 작게 나타났는데 이는, 집광채광루버 만으로 충분히 일사부하를 차단하기 때문인 것으로 사료된다.

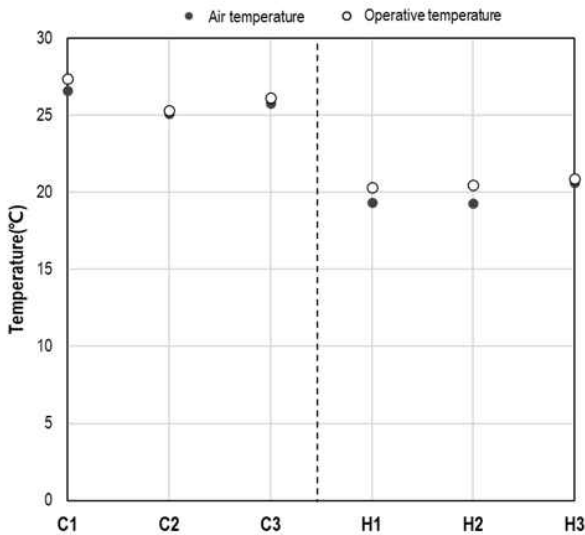


그림 3. 공기 온도, 작용 온도

표 2 는 외주부, 내주부의 PMV, PPD를 나타낸 결과이다. 외주부, 내주부 모두 슬랫 개폐 여부가 Open인 경우가 Close 보다 PMV는 0에 수렴, PPD는 10% 이하로 근접해지며 양 측면에서 쾌적해지는 경향이 나타난다. 이는 슬랫 개폐 여부가 Open인 경우, 슬랫 사이로 외기챔버로부터 영향을 받은 창호 주변의 기류를 통해 실내 공기와 섞이게 되면서 열쾌적이 향상된 것으로 사료된다.

표 2. PMV, PPD

| | Perimeter | | Interior | |
|----|-----------|---------|----------|---------|
| | PMV (-) | PPD (%) | PMV (-) | PPD (%) |
| C1 | 0.33 | 8.54 | 0.45 | 9.58 |
| C2 | -0.43 | 10.3 | -1.18 | 34.58 |
| C3 | -0.09 | 6.04 | -0.77 | 17.97 |
| H1 | -0.56 | 11.57 | -0.64 | 13.6 |
| H2 | -0.53 | 10.99 | -0.63 | 13.45 |
| H3 | -0.42 | 8.68 | -0.49 | 9.99 |

3.2 에너지 사용량

그림 4 는 에너지 사용량을 나타낸 결과이다. 난방기보다 냉방기에서 에너지 절감 효과가 상대적으로 큰 것으로 나타났다.

냉방기의 경우 C2 에서 0.33 kWh 로 에너지 사용량이 가장 낮게 나타났다. 이는 집광채광루버가 일사부하를 차단해 실내와의 열교환을 감소시키기 때문인 것으로 사료된다. 난방기의 경우 H3 에서 에너지 사용량이 가장 낮은 0.51 kWh 로 나타났으며, 창호 주변의 기류가 실내 공기와 섞이게 되면서 전반적으로 실내온도가 증가했기 때문인 것으로 사료된다.

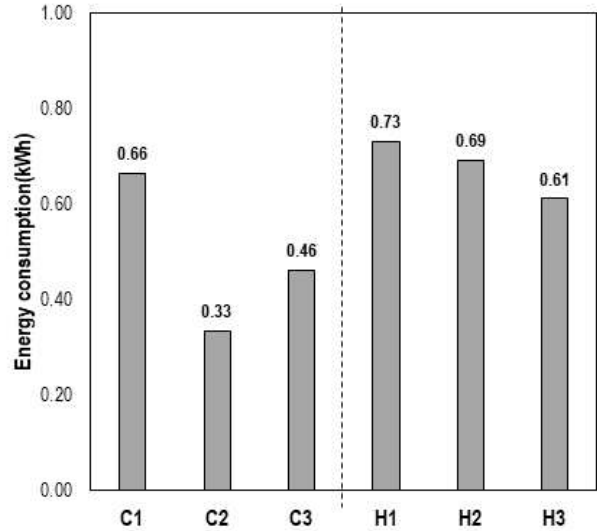


그림 4. 냉난방 에너지 사용량

4. 결론

본 연구에서는 집광채광루버의 슬랫 개폐 여부가 실내 열환경 및 냉난방 에너지 사용량에 미치는 영향을 실험을 통해 분석하였다. 냉방기의 경우, 슬랫이 완전히 폐쇄되었을 때 실내온도와 에너지 사용량이 가장 낮게 나타났다. 난방기의 경우, 슬랫이 부분 개방일 때 실내온도가 가장 높게, 에너지 사용량은 가장 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 이에 따라, 냉방기에는 집광채광루버의 슬랫을 완전 폐쇄 상태, 난방기에는 부분 개방 상태가 효과적일 것으로 사료된다.

그러나, 집광채광루버로 인해 국부적 불쾌적이 유발될 수 있음이 나타남에 따라, 피험자 실험을 통한 주관지표 분석이 필요하다.

참고문헌

1. Ji-Young Seo, & An-Seop Choi (2021). A study on the application and simulation of the indoor louver type concentrating daylight system in an office environment. Proceedings of KIIEE Annual Conference, Jeju Island, South Korea.
2. Shin, Sang-Yong, Rim, Min-Yeop, Sung, Uk-Joo. (2019). Visual Environment Performance Evaluation of Indoor Louver Type Concentrating Daylighting System on the

Spatial Unit. Journal of Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 13(1), 46-54.

3. G. Hawkins (2011), Rules of Thumb Guidelines for Buildings Services 5th ed, The Building Services Research and Information Association.
4. ISO, ISO 7730:2005, (2005), Ergonomics of the thermal environment: analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort. Standard International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.