

복사 냉방 창호를 이용한 냉방 부하 저감 가능성 평가 연구

A Feasibility Study on the Evaluation of Cooling Load Reduction Performance using Radiant Cooling Window

○허 재 백* 박 상 훈**
Heo, Jae-Baek Park, Sang-Hoon

Abstract

The heat loss through windows accounts for as much as 34.6% of the total heat loss of a building. With the increasing area of windows within the building envelope, they have become a priority target for energy efficiency. This study aims to evaluate the feasibility for reducing indoor cooling load by inserting piping into the window frame and utilizing radiation to lower the temperature of the window frame and glass. The experimental results showed a decrease in the surface temperature of all glass, and operating the device led to a reduction in load 0.4 W. The radiation cooling windows developed in this study are expected to reduce indoor cooling load depending on the temperature conditions of the supplied cooling water and the type of glass window

키워드 : 복사 냉방 창호, 냉방 부하, 실험 평가, 표면 온도, 실내 온도

Keywords : Radiant Cooling Window, Cooling Load, Experimental Test, Surface Temperature, Indoor Air Temperature

1. 서론

1.1 연구의 배경 및 목적

제로에너지건축물(Zero Energy Building, ZEB) 제도가 시행됨에 따라 ZEB인증기준을 충족하기 위해 건물의 냉방 부하 감소가 필요한 상황이다. 제로에너지화 방안에는 태양광, 연료전지, 지열 등 신재생 설비와 단열성능의 최적화, 전열교환기를 통한 폐열 활용 등이 있다. 그중에서도 창호를 통한 열손실은 건물 전체 열손실의 34.6%를 차지하고 있으나, 벽체에 비해 창호에 대한 대책은 미비한 상황이다. 본 연구에서는 창호에 배관을 삽입하여 냉수를 공급하여 창호를 통한 부하를 저감하기 위한 복사 냉방 창호를 개발하여 냉방 부하 저감 가능성을 평가하고자 한다.

1.2 연구의 범위 및 방법

프랑스 Technal의 fenêtre climatique는 펠티어 효과를 활용하여 창호를 냉각시켜 실내 냉방에너지를 저감 하였다. 본 연구에서는 펠티어 소자를 사용하는 것이 아닌 배관을 통한 냉수 공급이 이루어지면서 창호를 냉각시켜 냉방 부하

를 저감 하고자 하였다. 성능 평가를 위해 챔버(Chamber)를 제작하고, 제작한 복사 냉방 창호를 적용해 장치를 가동했을 때와 가동하지 않았을 때의 냉방 부하 저감 가능성을 실험을 통해 비교하였다.

2. 선행 연구 고찰

선행 연구에서는 소규모의 실험실에 복사 냉방 패널을 설치하여 냉수 온도 조건을 변화시켜 냉각된 중공층 공기를 확보할 수 있었다(Rhee et al., 2022). 창문의 전도 열 획득량은 ASHRAE Handbook-Fundamentals(ASHRAE, 2021)의 식을 통해 계산할 수 있다. 본 연구에서는 복사 냉방 창호를 통해 유리의 표면 온도 저하를 확인하고, 그에 따른 창호를 통한 전도 열 획득량 저감의 가능성을 확인하고자 한다.

$$Q = U \cdot A_{pf} \cdot (t_{out} - t_{in})$$

where

Q = instantaneous energy flow, W

U = coefficient of heat transfer(U-factor), W/m^2

t_{in} = indoor air temperature, $^{\circ}C$

t_{out} = outdoor air temperature, $^{\circ}C$

A_{pf} = Total projected area of fenestration, m^2

* 인천대 도시건축학부 학사과정

** 인천대 도시건축학부 조교수, 공학박사

(Corresponding author : Division of Architecture & Urban Design, Incheon National University, shp@inu.ac.kr)

이 연구는 2021년도 과학기술정보통신부의 재원으로 한국 연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임. 과제번호:2021R111A3050403



(a) 복사 냉방 창호의 설계



(b) 복사 냉방 창호

그림 1. 복사 냉방 창호의 제작

3. 복사 냉방 창호의 성능 평가

3.1 복사 냉방 창호의 설계 및 제작

이전 연구를 통한 사전 실험에서 PVC PE가 최적의 배관 재료로 선정되었다. 그림1(a)와 같이 하나의 긴 배관을 창틀 내 실내 측 표면에 부착하여 배관에 냉수를 공급하고 창호를 거쳐 환수될 수 있도록 설계하였다. 위와 같은 방식으로 복사 냉방 창호를 그림1(b)와 같이 제작하여 1000 · 500 mm의 챔버에 적용시켜 실험을 진행하였다.

3.2 실내 온도 및 유리 표면 온도 측정실험

창호의 실내·외, 유리 및 창틀 표면에 8개의 열전대 센서를 부착하여 측정 시작 시간으로부터 온도가 안정화될 때까지 실험을 진행하여 일정 온도 구간을 정해 결과를 분석하고자 하였다. 장치 가동 시의 영향을 확인하기 위해 장치를 가동하지 않았을 때와 장치를 가동하였을 때 2가지 실험을 진행해 냉방 부하의 변화를 확인하고자 하였다.

4. 결과분석

4.1 유리 표면 온도 및 실내 온도에 대한 결과분석

유리 표면 온도 및 실내 온도 측정 실험 결과 장치를 가동하였을 때 그림 2과 같이 모든 유리 면에서 표면 온도가 감소함으로써 복사 냉방 창호를 적용함으로써 인해 창틀의 표면 온도를 낮출 수 있을 뿐만 아니라 유리 표면의 온도 역시 낮아짐을 확인할 수 있었다.

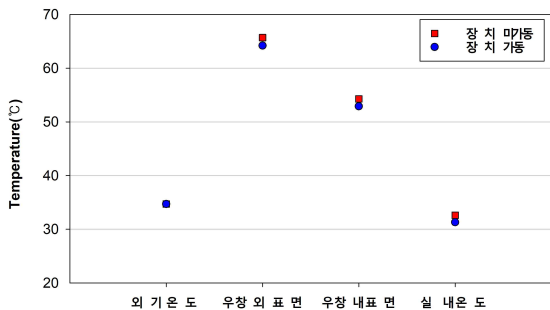


그림 2. 장치 가동 유무에 따른 유리 표면 온도 변화

4.2 냉방 부하 계산 및 결과 분석

표1. 복사 냉방 창호 적용 시 부위 별 온도

구분	장치 미가동	장치가동
실내온도(°C)	32.8	31.3
외기온도(°C)	34.7	34.7
실·내외 온도차(°C)	2.1	3.4
입구 수온(°C)	26.4	26.4
출구 수온(°C)	28.0	28.0
입·출수 온도차(°C)	1.6	1.6

복사 냉방 창호를 적용했을 때 부위 별 온도는 표1과 같다. 창호 제작업체의 시험성적표에 따르면 실험에서 사용된 유리창의 종류는 B종 II류의 로이유리이며, 유리창의 크기(A_g)는 $0.1386m^2$ 이다.

창호 전체면적(A_{pf})은 $0.5m^2$ 이며, 프레임의 크기(A_f)는 $0.1746m^2$ 이다. ASHRAE-Fundamentals에서 제공하는 열관류율 식을 바탕으로 유리창의 열관류율(U_g)과 프레임 열관류율(U_f)을 이용해 U 값은 $0.750 W/m^2 \cdot K$ 임을 확인했다. 2절에서 서술한 식을 활용해 부하량을 계산한 결과 총 외피 부하는 $3.26 W$ 였으며, 복사 냉방 창호를 이용했을 때 부하는 $2.914 W$ 로 복사 냉방 창호를 적용했을 때 약 $0.4 W$ 절감할 수 있음을 확인했다.

5. 결론

본 연구에서 개발한 복사 냉방 창호를 소규모의 챔버에 적용했을 경우 일반 창호에 비해 냉방 부하를 저감할 수 있음을 확인할 수 있었다. 하지만 이는 매우 작은 크기의 창에 적용했을 때의 결과값이므로, 보다 큰 창에 적용한다면 유의미한 결과값을 보일 것으로 기대한다. 본 연구는 복사 냉방 창호를 이용해 냉방부하 저감 가능성을 확인할 수 있는 기초연구로 수행되었다. 향후 실제 규격에 맞게 배관의 길이를 연장하고, 현장실험 및 시뮬레이션 프로그램을 이용해 공급수의 온도조건을 제어하는 한편, 소규모의 챔버가 아닌 실제 실에 적용하여 냉방 부하 저감 성능 평가를 지속적으로 수행하여 종합적인 성능 평가를 수행하고자 한다.

참고문헌

1. 국토해양부, 건축물 에너지 절약을 위한 창호 설계 가이드라인, 2012
2. 김경아, 문현준, 유기형. 창호 구성 요소에 따른 난방에너지 절감을 예측에 관한 연구, 한국태양에너지학회 논문집, Vol.33 n.6 (2013-12)
3. 이규남, 박종호, 김상엽, 정근주, 광선반 기능이 결합된 복사냉방 패널의 냉방용량 평가, 한국건축친환경설비학회 논문집 16(3), 2022
4. ASHRAE(2021). Handbook-Fundamentals SI: Determining Fenestration Energy Flow