

# 외벽 단열 성능에 따른 재실자 온열 쾌적성을 고려한 에너지 소비량 분석에 관한 연구

최대목, 김보우, 서동준\*

\*corresponding author

경북대학교

{zaqaeoahr, kbw5913, \*dongjunsuh}@knu.ac.kr

## A Study on Energy Consumption Analysis considering Occupant Thermal Comfort for Exterior Wall Insulation Performance

Daemok Choi, Bowoo Kim, Dongjun Suh\*

Kyungpook National University

### 요 약

본 연구는 외벽 단열 성능에 따른 재실자의 온열 쾌적성과 연간 난방 및 냉방 에너지 소비량을 비교하기 위해 Design Builder 를 이용하여 시뮬레이션을 진행하였다. 창호 유형을 조절하면서 시뮬레이션 결과 데이터를 바탕으로 비교 분석하였다. 실험 결과, 건물 외벽 성능을 강화시켜 냉난방 부하를 줄일 뿐만 아니라 외벽 단열 성능을 개선하여 재실자의 온열 쾌적성을 향상 시킬 수 있다.

### I. 서론

전 세계적으로 건물 에너지 소비량은 전체 에너지 소비에서 큰 비중을 차지하고 있다. 대한민국의 경우 전체 에너지 소비의 약 24%로 높게 차지하고 있다. 최근 건물 에너지 소비를 줄이기 위해 다양한 선행연구와 방법이 존재한다 [1]. 대표적으로 ESS(Energy Storage System)를 활용한 전력 소비 스케줄링 시스템, 냉방 최적 운영 제어와 실내 냉·난방 온도 규제 등이 있다. 이중 실내 냉·난방 온도 규제는 많은 상업용이나 오피스용 건물에서 많이 사용되고 있지만, 재실자의 온열 쾌적성을 떨어뜨릴 수 있는 한계점이 존재한다 [2]. 재실자의 온열 쾌적성은 재실자의 건강, 업무 생산성 및 만족도에 많은 영향을 주기 때문에 실내에서 대부분의 생활을 하는 현대 사회에서 큰 관심을 받고 있다 [3]. 본 연구는 건물 시뮬레이션을 통해 온열 쾌적성과 에너지 소비 절감 모두 고려하였다. 온열 쾌적성 향상과 에너지 소비를 절감하기 위해선, 난방 및 냉방 에너지 소비를 줄이는 것뿐만 아니라 건물 외피의 단열 성능의 개선이 필요하다.

본 논문에서는 동적 건물 해석 시뮬레이션 프로그램인 Design Builder 를 활용했다. 온열 쾌적성에 영향을 주는 건물 외피 중 하나인 창호 유형을 조절해 시뮬레이션을 진행했다. 시뮬레이션 결과를 바탕으로 온열 쾌적성 지수인 PMV(Predicted Mean Vote)와 난방 및 냉방 에너지 소비량을 평가하고 비교 분석을 진행하였다.

### II. 본론

본 논문에서는 오피스용 건물의 시뮬레이션을 위해 Design Builder 를 이용하여 동적 건물 에너지 해석을 수행하였다.

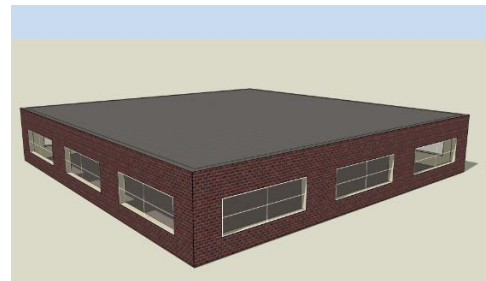


Figure 1 Building Modeling for Office

오피스용 건물은 20m × 20m 크기의 박스 형태로 Figure 1 과 같이 모델링 했고, 건물 내부에는 간단한 냉방 기기와 보일러 설비가 설치되어 있다.

Table 1 Exterior wall insulation performance for Opening type

Opening Type	U-value(W/m <sup>2</sup> -K)
Single Clear 3mm	5.894 (W/m <sup>2</sup> -K)
Single Clear 6mm	5.778 (W/m <sup>2</sup> -K)
Single LoE(e2 = .2) Clear 3mm	3.835 (W/m <sup>2</sup> -K)
Single LoE(e2 = .2) Clear 6mm	3.779 (W/m <sup>2</sup> -K)
Double Clear 3/13mm	2.716 (W/m <sup>2</sup> -K)
Double Clear 6/13mm	2.665 (W/m <sup>2</sup> -K)
Double LoE(e2 = .2) Clear 3/13 mm	1.960 (W/m <sup>2</sup> -K)
Double LoE(e2 = .2) Clear 6/13mm	1.931 (W/m <sup>2</sup> -K)

시뮬레이션에서 사용한 기상 정보는 기상청에서 수집한 대구지역의 기상데이터를 사용하였다. Table 1 에 제시된 외벽 단열 성능(U-value)별 창호 유형을 조절하면서 시뮬레이션을 진행하였다. 외벽 단열 성능(U-value)은 값이 낮을수록 좋은 단열 성능을 가진다. 시뮬레이션의 time step 은 1 년 동안의 기간을 1 시간 단위로 선정했다.

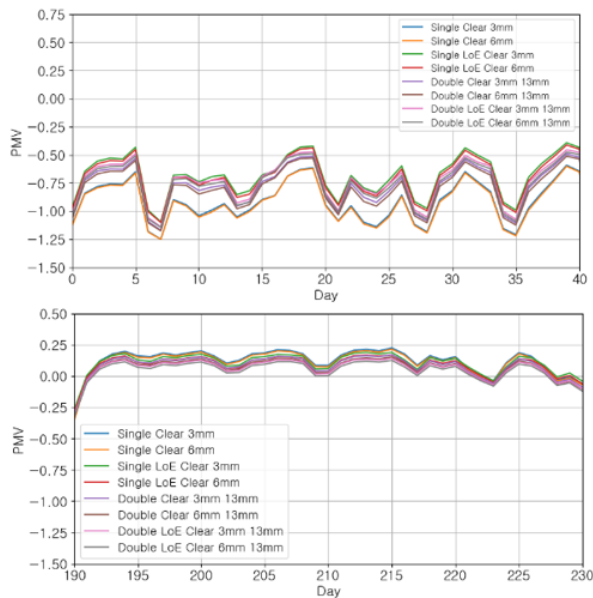


Figure 2 PMV value for Opening Type

창호 유형을 조절을 통해, 외벽 단열 성능을 변경시켜 건물 열적 성능을 강화할 수 있다. 건물 열적 성능 강화는 난방 에너지 소비를 절감할 수 있고, 건물의 단열성을 높여 재실자의 온열 쾌적감을 향상시킬 수 있다 [4]. PMV는 재실자의 신체 대사율, 사용되는 가전 제품의 유효 기계적 출력, 건물 내부의 상대공기 속도와 기압, 기온, 옷차림 등 온열 쾌적성과 관련된 변수들로 계산되는 지표이다. 시뮬레이션 결과 Figure 2는 창호 유형에 따른 온열 쾌적성 PMV 값을 나타낸다. PMV 값은 0에 가까울수록 재실자가 온열 쾌적감을 만족한다. 하지만, 외벽 단열 성능(U-value)의 값이 낮아질수록 겨울철의 PMV는 좋은 반면, 여름철의 PMV는 역전되는 구간이 존재한다. 이는 외벽 단열 성능이 낮아져 복사 환경이 좋아짐에 따라 내부 온도가 높아지기 때문이다.

Table 2 Energy Consumption for Window Type

Opening Type	Heating [W]	Cooling [W]	Total Consumption [W]
Sgl Clr 3mm	74,5942.6	183,8962.1	258,4904.7
Sgl Clr 6mm	75,2406.8	180,5488.7	255,7895.5
Sgl LoE Clr 3mm	62,1031.5	190,1991.3	252,3022.8
Sgl LoE Clr 6mm	63,3739.2	185,0305.8	248,4045
Dbl Clr 3/13mm	56,2311.4	183,8553.8	240,0865.2
Dbl Clr 6/13mm	57,8162.3	178,0988.9	235,9151.2
Dbl LoE Clr 3/13mm	50,2635.9	182,3850	232,6485.9
Dbl LoE Clr 6/13mm	51,7868.3	176,7889.5	228,5757.9

Table 2는 창호 유형에 따른 연간 난방 및 냉방 에너지 소비량과 전체 에너지 소비량을 나타낸다. 외벽 단열 성능이 증가함에 따라 난방 에너지 소비량은 점차 감소하는 추세를 보인다. 냉방 에너지 소비량의 경우 PMV가 역전하는 구간에서 재실자는 온열 쾌적성을 만족하기 위해 냉방 에너지를 소비하게 된다. 전체 에너지 소비량의 경우 외벽 단열 성능이 증가할수록 감소한다. 외벽 단열 성능이 낮을수록 재실자가 다소 춥거나 더운 상황에 노출되면서, 재실자는 온열 쾌적한 상태를 유지하기 위해 추가적인 난방 및 냉방 에너지 소비를 하게 됨을 의미한다.

### III. 결론

본 논문에서는 다양한 외벽 단열 성능에 따른 PMV와 연간 난방 및 냉방 소비량을 분석하기 위해, Design Builder를 이용하여 외벽 단열 성능에 영향을 주는 창호 유형을 변경하면서 시뮬레이션을 진행하였다. 그 결과 PMV의 경우는 U-value의 값이 낮아질수록 온열 쾌적감을 만족함을 확인하였다. 연간 난방 및 냉방 에너지는 외벽 단열 성능이 낮아질수록 난방 에너지 소비량은 증가하는 추세를 보이고, 반대의 경우 냉방 에너지 소비량은 감소하였다. 난방 및 냉방 에너지 소비량이 감소함에 따라 전체 에너지 소비량도 감소한다. 외벽 단열 성능은 재실자 온열 쾌적성에 영향을 미치며, 단열 성능이 좋지 않은 경우, 재실자는 열적 쾌적성을 만족하기 위해 난방 및 냉방 제어로 추가적인 에너지를 소비해야 한다. 결론적으로, 적절한 외벽 단열 성능의 창호 유형을 결정하여 재실자의 온열 쾌적성을 유지하는 것이 에너지 소비를 절감할 수 있는 방법이다.

추후 건물 에너지 시뮬레이션을 통해 창문뿐만 아니라 외벽의 종류를 변경하면서 PMV뿐만 아니라 열적으로 불만족한 사람들의 수를 정량적으로 예측할 수 있게 해주는 PPD를 추가하여 더욱 최적의 온열 쾌적성과 냉난방 소비와 건물 외주부의 복사 환경에 대한 경제성 평가를 분석할 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 정부(과학기술정보통신부, 교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행되었음 (과제번호: 2021R1A5A8033165, 2021R1I1A3049503).

### 참 고 문 헌

- [1] 정화미. (2015). 건축물 에너지·온실가스 정보체계 현황과 활용방안. 건축환경설비, 9(3), 12-19.
- [2] 홍성협, 이종만, 문진우 & 이광호. (2018). 실시간 MET 변화를 고려한 PMV 제어에 따른 동절기 부하 및 쾌적성 평가, 대한설비공학회, 2018-06, 724-727.
- [3] 고재현, 홍택의 & 허연숙. (2019). 시계열 클러스터링을 통한 호텔 유닛 단위의 에너지 소비패턴 분석, 대한설비공학회, 2019-11, 375-378.
- [4] 박소현, 송두삼. (2020). 건물 열적 성능 수준별 실내 복사환경에 따른 재실자의 열적 쾌적성의 변화를 고려한 건물에너지 소비량 산출, 설비공학논문집, 32(1), 27-36