

에너지 해석법에 따른 건물 용도프로필 반영 방법과 매개 변수 민감도 분석

Methods of incorporating building usage profile and parameter sensitivity analysis in energy calculation method

○엄 혜 정* 박 소 민** 송 두 삼***
Yan, Hui-jing Park, So-min Song, Doo-sam

Abstract

This study analyzed the differences in the reflection methods of usage profiles in building energy performance analysis based on the calculation methods for spaces where usage profiles are not provided and examined the sensitivity of various parameter of usage profiles. Unlike the hourly calculation method, which accounts for intermittent space use by occupants, the monthly calculation method, based on algebraic equations, defines the entire time period starting and ending with the initiation and completion of space use. Sensitivity analysis based on the One-at-a-time (OAT) revealed that variables such as heating set temperature, minimum outdoor air volume, and annual usage days significantly influenced the energy performance results in the monthly calculation method.

키워드 : 용도프로필, 월별 계산법, 시간별 계산법, 민감도 분석

Keywords : Usage profile, Monthly calculation method, Dynamic hourly calculation method, Sensitivity analysis

1. 연구 배경 및 목적

그린리모델링 사업의 효과에 대한 정량적인 평가를 위해 사업 전, 후 유형 별 건물에 대한 정확한 에너지 성능 분석이 필요하다. 이 과정에서 재실자의 다양한 공간 사용 방식에 대한 지표를 제공하고 있는 용도프로필에 대한 정확한 선택이 핵심이다. 용도프로필은 사용 시간, 재실자 수 정보 등에 대해 종합적으로 제공하고 있는 지표로 20 가지 공간에 대해 제공하고 있다. 하지만 그린리모델링 주 대상자인 어린이집 보육실의 경우 용도프로필이 제공되고 있지 않아 초중교 교실 프로파일로 대체 입력하고 있다. 본 연구의 선행연구에서는 월별 계산법에서 어린이집 보육실에 초중교 프로파일과 보육실의 실 사용 스케줄 적용시 오차율은 24%에서 6%까지 감소된다는 것을 분석해 유형별 건물의 정확한 프로필 반영의 필요성에 대해 강조하고 있다.

본 연구에서는 용도프로필 매개 변수별 개선을 위해 에너지 해석 계산법에 따라 적용되는 방법에 대해 설명하고 매개 변수 민감도 분석을 통해 용도프로필 개선 우선순위를 산정했다.

2. 연구 방법

2.1 에너지 해석법에 따른 용도프로필 반영 방법

동적 시뮬레이션 툴인 EnergyPlus에서는 건물 에너지에 대해 시간별로 계산하고, 동적 수치 해석 (전달함수법, 유한차분법)을 이용하여 에너지 성능에 대해 분석한다. 해당 프로그램에서 적용하고 있는 ASHRAE 용도프로필은 재실자의 간헐적인 공간 사용(순차적 출퇴근, 점심시간)에 대한 반영을 하여 성능 분석을 진행할 수 있다 (그림1). 하지만 월별 계산법에서는 건물의 열적 거동을 준정상상태로 해석하고 대수식을 기반으로 건물의 각 요소들에 대해 단일값을 적용하여 계산하고 있다. 따라서 용도프로필 적용시 재실자의 간헐적인 이동(출석률 등)에 대한 반영을 하지 않고 재실 시간, 인체 발열량 등에 대해 단일 값으로 정의하고 연간 재실자 스케줄과 인원 변동이 없이 고정되게 운영된다고 가정하여 반영하고 있다.

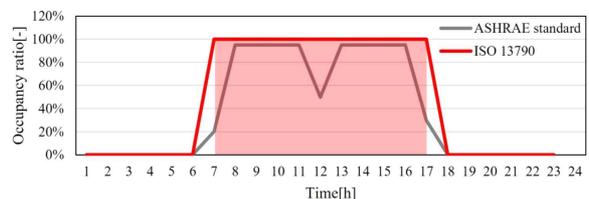


그림1.ASHRAE standard와 ISO 13790의 재실 스케줄 따라서 월별 계산법을 이용한 에너지 성능 분석 시 용도프로필은 그 공간의 사용 스케줄을 가장 잘 대표할 수 있는 값에 대해 매개 변수 별로 단일값으로 반영하여 에너지 성능 분석에 활용해야 한다. 본 연구의 선행연구에서

* 성균관대학교 글로벌스마트시티융합전공, 석사과정

** 성균관대학교 건설환경연구소, 공학박사

*** 성균관대학교 건설환경공학부 교수, 공학박사

(Corresponding author : Department of Architectural Engineering, Sungkyunkwan University, dssong@skku.edu)

이 연구는 국토교통부(국토안전관리원)의 공공건축물 그린리모델링 지원사업의 일환으로 수행됨. 과제번호:B0061215000317

는 어린이집 보육실과 초중고 프로파일은 매개 변수별로 큰 차이점을 나타냈다는 것을 분석했다. 그 중 재실시간과 연간 사용일자의 차이가 가장 다르게 나타났다. 여기에서 언급하는 사용시간에 대한 차이는 재실자의 간헐적인 이동에 대한 부분이 반영되어 나타난 값이 아닌 전체 공간 사용 시작과 끝 시간인 총량의 차이이므로 월별 계산법에 맞는 용도프로필에 대한 개선 및 적용이 필요하다(그림2).

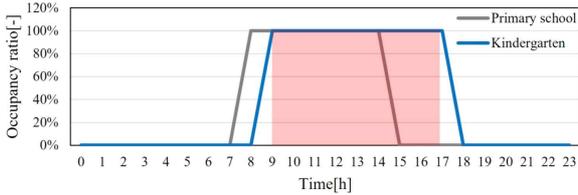


그림2. 월별 계산법에서의 초중고 교실과 보육실 재실시간

따라서 본 연구에서는 용도프로필을 제공하지 않고 있는 공간에 대해 대표적인 실사용 환경을 반영할 수 있는 프로필의 매개변수를 적용하기 위해 민감도 분석을 통한 개선 우선 순위를 산정했다.

2.2 용도프로필 매개 변수 민감도 분석

정확한 에너지 성능 분석을 위해 용도프로필에서 결과값에 영향을 많이 주는 변수를 우선으로 조정하여 반영하여야 한다. 따라서 용도프로필의 어떤 인자가 에너지 성능 분석에 가장 큰 영향을 나타내는지 분석하기 위해 매개 변수 별로 민감도 분석을 진행해야 한다.

본 연구에서는 실질 민감도 분석법 중에서 단일 변수 조정(ONE-at-a-time) 방식으로 분석하였다. 실질 민감도 분석은 매개 변수가 최솟값에서 최댓값으로 변할 때의 변화율을 민감도 지표로 계산하여 인자들이 결과값에 주는 영향도를 평가한다. 그 중 OAT 방법은 기준 모델을 대상으로 한 번에 한 개의 매개변수를 조정하여 결과값에 따른 민감도를 분석하는 방법이다. 해당 방법은 건물의 대표적인 특성을 통해 대수식으로 에너지 성능을 평가하는 월별 계산법에서 적절한 민감도 분석법으로 적용될 수 있다.

민감도 분석의 기준 모델은 경기도 A 어린이집으로 선정, 기존 적용하던 초중고 프로파일 기준값으로 선정하였다. 민감도 분석을 위해 용도프로필의 전체 영향인자(일간 사용시간, 기기 사용시간, 인체 발열량, 급탕 요구량, 최소 도입 외기량, 연간 사용일수, 냉난방 공기 설정온도)를 대상으로 유의 범위를 선정했다. 유의 범위는 보육지원체계⁽¹⁾에서 명시한 표준 보육시간과 최대 연장시간, 인당 최소 점유 면적, 반별 최소 및 최대 정원 기준에 의해 매개 변수에 대해 최소 및 최대 유의 범위를 설정하고 5개의 수준으로 등분하여 유의 범위를 설정하였다 (표1).

표1. 용도프로필 매개 변수 별 유의 범위

| | 기준값 | level 1 | level 5 | 변동 범위 |
|-------------------------------|-----|---------|---------|----------|
| 공간 사용시간 [h] | 7 | 7 | 10.5 | 0~50% |
| 기기 사용시간 [h] | 7 | 7 | 12.5 | 0~79% |
| 인체 발열량 [Wh/m ² .d] | 100 | 39.4 | 261.81 | -61~161% |
| 급탕 요구량 [Wh/m ² .d] | 30 | 37.5 | 212.5 | 25~608% |

| | | | | |
|---------------------------------|-----|-----|------|----------|
| 최소도입 외기량 [Wh/m ² .d] | 10 | 2.7 | 15.3 | -73~53% |
| 연간 사용일수 [d] | 200 | 200 | 302 | 0~51% |
| 냉방 설정 온도 | 26 | 18 | 26 | -30.8~0% |
| 난방 설정 온도 | 20 | 20 | 28 | 0~40% |

3. 연구 결과

용도프로필 매개 변수의 민감도에 대해 Wauman은 동적 시뮬레이션에서는 재실자의 출석률에 따른 인체 발열량의 영향이 가장 크다고 주장했다. 하지만 월별 계산법에서는 기준 모델과 대비하여 결과값을 비교했을 때 전체 8가지 변수 중에서 난방 설정 온도의 민감도 지표가 가장 높은 값으로 나타났다(그림3). 두 민감도 순위의 차이는 동적 시뮬레이션은 잠열을 포함한 에너지 성능 분석을 진행하지만, 월별 계산법에서는 현열만 고려하여 결과를 분석해 계산 매커니즘이 다르기에 발생하는 결과이다. 월별 계산법은 설정된 외기 온도와 난방 설정 온도의 차에 의해 에너지 요구량을 산정하는데 이때 두 값의 차이는 1차 함수 형식으로 설정 온도가 높아짐에 따라서 비례관계에 의해 값의 폭이 커지게 된다. 따라서 대수식 기반으로 활용되고 있는 월별 계산법에서는 외기 온도와 난방 설정 온도 차가 커지면 결과값도 크게 변화하게 되어 난방 설정 온도의 민감도가 가장 높은 순위를 차지했다.

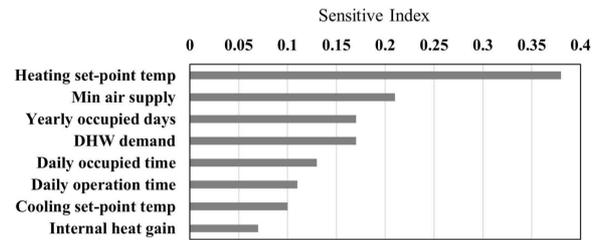


그림3. 용도프로필 민감도 분석 결과

4. 결론

본 연구에서는 에너지 해석 계산법에 따라 용도프로필 반영 방식의 차이에 대한 분석을 통해 월별 계산법에서 용도프로필 매개변수는 대상 공간 사용 패턴을 나타낼 수 있는 대푯값을 선정하여 적용해야 한다. 이어 용도프로필 민감도 분석을 통해 용도프로필 매개 변수에서 난방 설정 온도, 최소도입 외기량, 연간 사용일자, 급탕 요구량이 월별 계산법을 활용한 에너지 성능 분석 결과에 영향을 준다는 것을 분석했다. 이를 통해 용도프로필 매개 변수 수정 시 민감도 지표를 이용하여 용도프로필 매개 변수에 대해 우선 개선하여 프로필 수정을 진행하여 보정할 수 있다. 추후 연구에서는 민감도 지표 순위 별로 월 별 계산법 특성을 반영한 용도프로필 매개 변수 개선 방법에 대해 제안하고자 한다.

참고문헌

1. <https://www.mohw.go.kr/menu.es?mid=a10713010700>
2. WAUMAN, Barbara; SAELENS, Dirk; BREESCH, Hilde (2015). The definition of representative boundary conditions for Flemish schools for use in energy assessment methods. Energy and Buildings, 87, 1-13.