

건물에너지 해석을 위한 간이열부하 해석프로그램 개발에 관한 연구

강 윤 석*, 엄 미 은**, 임 병 찬***, 박 종 일***
*동아대학교 대학원, **동아대학교 건축학부, ***동의대학교 건축설비공학과

A Study on Development of Simplified Thermal Load Calculation Program for Building Energy Analysis

Yoon Suk Kang*, Mi Eun Um**, Pyeong Chan Ihm***, Jong-Il Park***

ABSTRACT: About 25% of overall energy use of Korea had been spent in buildings. It is crucial to acknowledge the importance of saving energy in buildings. In order to save energy, it is important to predict accurate energy use. There are numerous energy simulation program that predicts both energy load and energy use. The problem of the energy simulation program is that it holds too many input variables, and it needs experts to model a building. So, our purpose of this study is to develop the simplified thermal load calculation program for building energy analysis which eliminates coordinates of building components instead of using full coordinates by using DOE2. Since the engine of the program is DOE2, we verified the validity of S-DOE by comparing peak heating & cooling load results and annual energy use results. The results shows that there are little difference between VisualDOE and S-DOE. Also it showed that S-DOE took less time to input variables than VisualDOE. These results reveals that the application of S-DOE is possible to accurately predict energy load and energy use of the building and still have strong point that it takes less time to analyse building energy.

Key words: Building energy analysis(건물에너지 해석), Dynamic load calculation(동적열부하계산), DOE2(동적 시뮬레이션), VisualDOE

1. 서론

1.1 연구의 필요성

우리나라 에너지자원의 해외의존도는 97.2%를 차지하고, 그 중 석유 수입액은 에너지 수입액

중 약 79%에 이르고 있다. 특히 우리나라 전체 에너지 사용량 중 건물부분(상업 및 가정부분)이 차지하는 비율은 25%에 이르고 있다. 따라서 에너지 절약에 있어서 건물에너지 절약은 필수불가결하다고 할 수 있다. 특히 건물의 완공 후의 건물에너지 절약은 에너지의 효율적 사용 및 관리에 국한되는 경향이 있어 설계초기단계에서부터 건물에너지 절약을 고려하여야 한다. 정밀한 건물에너지 사용량의 예측은 건물에너지 절약에 있어서 매우 중요한 사항 중의 하나이다. 그러나

† Corresponding author

Tel.: +82-51-200-7619

E-mail address: ihmp@dau.ac.kr

정밀한 건물에너지 사용량을 예측하기 위해서는 정확한 입력자료의 선정, 열부하 계산, 합리적인 해석이 반드시 수행되어야 한다. 이러한 과정에서 많은 부하계산입력자료가 필요하게 되고, 건물의 모델링에 있어서 고도의 숙련도를 가지는 전문가가 필요하게 된다. 물론 간단한 수계산에 의한 예측은 가능하나 그만큼 정밀도가 떨어져 과도한 혹은 과소한 건물에너지 사용량 예측을 야기할 수도 있다. 이러한 단점을 극복하고 정밀한 건물에너지 사용량을 예측하기 위해서는 프로그램 입력변수의 단순화 및 상세해석법에 의한 건물에너지 사용량 예측법이 필요하다. 이를 위해 본 연구에서는 간단하면서도 정확한 에너지 예측을 위한 건물에너지 간이열부하 해석프로그램의 개발에 관한 연구를 진행하였다.

1.2 연구 방법 및 범위

본 연구는 입력변수를 단순화하여 기존 에너지 해석 프로그램에 준하는 정확도를 가지는 프로그램의 개발하였다. 이를 위해서 먼저 건물에너지 간이열부하해석 관련 연구를 고찰하였다. 그 방법 중의 하나로 기존 부재 좌표의 입력치를 생략하는 것이다. 이를 바탕으로 DOE2를 해석엔진으로 하는 간이 냉난방부하 해석프로그램을 개발하였다. 프로그래밍 프로그램으로는 마이크로소프트사의 비주얼베이직(Microsoft VisualBasic v6.0)을 이용하였다. 개발된 프로그램의 타당성을 검증하기 위하여 VisualDOE 프로그램의 산출한 결과와 개발한 프로그램의 산출 결과를 비교하였다.

2. 간이열부하 해석법 관련 연구 고찰

과거 건물의 에너지소비량 계산에 관련된 연구들은 대부분 동적해석법을 통해 이를 계산하기 위한 시뮬레이션 프로그램 개발에 중점을 두었다. 동적해석 프로그램인 DOE-2, BLAST 등은 건물에너지 해석에 있어 그 정확성이 입증되었으며, 건물의 에너지사용량 분석과 경제성 분석 등에 사용되어 왔다. 그러나 이러한 동적해석 프로그램들을 실행하기 위해서는 고도의 숙련이 필요하고, 많은 변수의 선택이 이뤄져야 해 많은 시간이 소요되는 것이 일반적이다.

2.1 국내 연구현황

건설기술연구원에서는 1994년에 에너지관리공단의 지원으로 설계초기단계에서부터 건물의 여러 가지 특성을 고려하여 건물에너지 예측을 할 수 있는 건물에너지점검용 프로그램(ENERCHK)을 개발하였다. 이는 ASHRAE에서 개발한 ENVSTD 프로그램 개발과정을 기초로 하여 개발되었으며 국내실정에 적합한 건물에너지 성능평가용 프로그램을 만들고자 하였다.

통계분석을 이용한 간이식을 개발하기 위하여 DOE2 시뮬레이션 프로그램으로 8시에서 18시의 시평균부하와 최대부하를 산출하는 회귀식을 제시하였다.⁽¹⁾ 또한 국내사무소건물의 기준층 바닥면적을 기준으로 설계단계를 기획설계단계, 예비설계단계, 기본설계단계로 구분하여 냉난방부하를 간편하게 구할 수 있도록 DOE2 프로그램을 사용하여 통계분석을 실시하여 회귀모델을 제시하였다.⁽²⁾

2.2 국외 연구현황

ASHRAE Standard 90-75에서는 주거용이 아닌 건물에 대해서 냉난방에너지 소비량을 규제하고자 지역별 기상조건에 근거하여 벽체의 전도부사, 창외 투과일사부하 및 전도부하 등을 사용하여 외벽면 전체의 총열취득계수(OTTV : overall thermal transfer values)를 사용하였다.

Lam⁽³⁾은 DOE2 시뮬레이션 프로그램을 이용하여 사무소 건물의 기준층(35×35m)을 대상으로 모델링을 실시하였다. 입력변수는 총 62개로 설정하여 각 변수에 대한 회귀분석(single-parameter analysis)을 실시하여 결과에 대한 민감도가 높은 변수들을 선택하였다.

Kusuda⁽⁴⁾ et al.은 1982년에 주거용 건물의 냉난방시스템의 사용에너지를 계산할 수 있는 간이식을 제시하였다. DOE2 시뮬레이션 계산결과를 회귀분석을 통하여 각 장치를 분석할 수 있는 부분부하함수를 적용하여 기본데이터로 부터 회귀식을 산출하였다.

Sullivan⁽⁵⁾은 다중회귀분석 기법을 이용하여 입력변수들과 냉난방 에너지 간의 상관관계식을 나타내었다. 모델건물은 사무소 건물의 기준층으로서 4개의 외주부와 중앙에 위치하는 1개의 내주

부 등 총 5개의 열적 존으로 구분하였다.

3. 건물에너지 간이열부하 해석프로그램 개발

3.1 간이열부하 해석프로그램의 개요

본 연구는 입력치를 단순화하여 정확한 결과를 예측할 수 있는 프로그램 개발을 목적으로 하였다. 건물에너지와 관련해서 발생하는 부하 및 사용량 등을 제대로 표현하기 위해서는 정적에너지 해석 기법보다는 동적에너지 해석 기법의 사용이 필요하다. 따라서 건물에너지와 관련해서 실무나 연구과정에서 많이 사용되는 DOE2를 해석엔진으로 활용하고 그것을 제어할 수 있는 프로그램을 개발하였다.

3.2 간이열부하 해석프로그램의 구성

단순 입력변수를 이용한 건물에너지 간이열부하 해석프로그램은 크게 설계 개요 입력, 부하계산기준 입력, 실 데이터 입력, 시뮬레이션 실행 등의 4단계로 나뉜다. 먼저 건물 개요 및 건물 면적 등을 사용하여 설계 개요를 입력한다. 그 후 부하계산 기준 및 외기온습도 조건 등을 입력한 후 각 실의 데이터를 입력하게 된다. 각 실의 데이터에는 실 기본데이터, 실내기온, 실내발열 스케줄, 재료 물성치, 각 실의 내부발열부하 선정, 건물 부재 모델링 등의 입력치가 필요하다. 건물에 대한 실 데이터 입력이 끝나면 데이터를 저장하고 시뮬레이션을 실행할 수 있도록 하였으며 이후 각종 보고서 및 그래프를 출력할 수 있도록 하였다. 간이열부하 해석프로그램(이하 S-DOE)은 다음 Fig 1과 같은 순서로 진행된다.

4. 시뮬레이션 조건

4.1 대상 건물 개요

본 연구 시뮬레이션 대상 건물의 개요는 Table 1과 같다.

4.2 건물 설계조건 및 대상건물의 운전 조건

서울 시내에 위치하고 있는 사무소 건물의 기본조건 및 장비계산서를 바탕으로 실제 설비 설

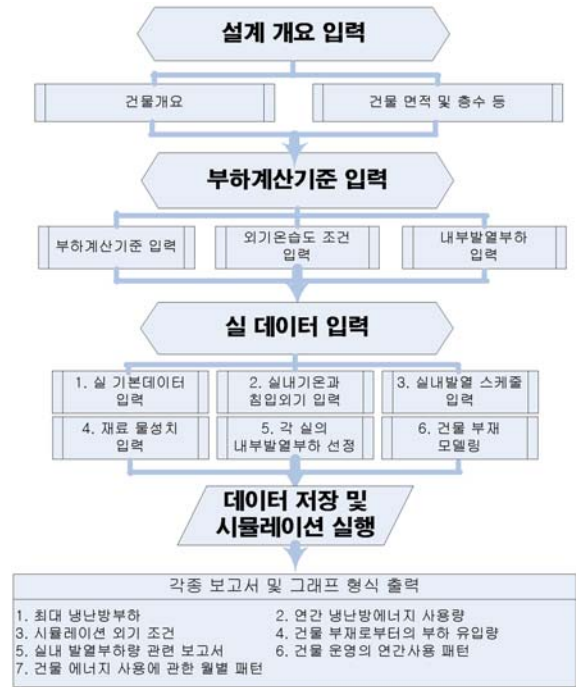


Fig 1 S-DOE Flow chart

Table 1 Specification of Building

Site space	1,854.81m ²
Use of building	Office and retails
Structure	RC and steel frame
Floors	Upper Ground : 15 Floors Lower Ground : 3 Floors
Height	63.2m
Building space	727.95m ²
Floor space	16,522.76m ²
The building-to-land ratio	39.25%
Floor area ratio	539.19%

계 시에 가정했던 여러 설계조건들을 고려하여 건물의 열부하해석 시뮬레이션을 실시하였다. 표준운전조건이란 건물내 재실밀도, 조명발열밀도, 기기발열밀도 등의 실내발열밀도와 냉난방 설비들의 운전시간, 운전조건 및 재실자 스케줄, 냉난방 스케줄 등의 각종 스케줄을 포함한다. Fig. 2는 시뮬레이션 대상 건물의 외관을 나타낸다.

건물의 운전조건은 건물전체의 에너지 소비량에 중요한 영향을 미치게 된다. 실내의 발열부하는 재실자, 조명, 기기발열부하로 나누어지며 이 또한 건물의 에너지 소비에 큰 영향을 미치는 중요한 요소이다. 대상 건물의 실내 발열부하 크게



Fig. 2 Exterior of target building.

2가지로 나뉘며 Table 2는 시뮬레이션 설계 조건을 나타낸다. 인체발열은 현열 58W/m², 잠열 73W/m²로 설정하였다.

5. S-DOE의 타당성 검증

건물 내 부재 좌표 입력 대신에 부재의 길이, 너비, 그리고 건물 내 부재의 방위각으로 대상 건물을 모델링할 수 있는 프로그램을 개발하고 이에 대한 결과의 타당성을 고찰하였다.

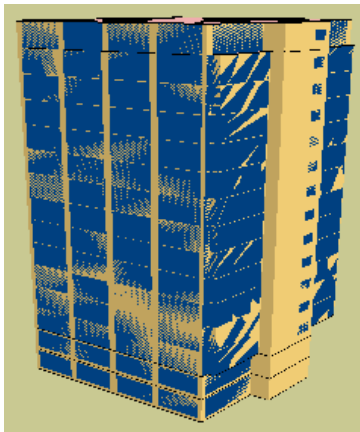


Fig 3 VisualDOE modeling

먼저 VisualDOE로 대상건물기준 모델링을 하였고, 다음으로 본 연구에서 개발한 S-DOE에 입력변수를 입력하였다. 이 후 위 두 프로그램의 부하 결과를 비교하였다. Fig. 3은 VisualDOE를 이용시 모델링 화면을 나타낸다. 개발된 S-DOE의 입력변수 입력과정은 Fig. 4와 같다.

두 프로그램에 의한 시뮬레이션 결과를 비교해 보기 위해 Table 3은 대상건물에 대한 최대 냉난

Table 2 Building Design Data

		Design condition		
Indoor design temp		Cooling : 26°C (RH: 50%)		
		Heating : 21°C (RH: 50%)		
Operating time		Weekdays : 08:00-18:00		
		Saturday : 08:00-18:00		
System		Perimeter zone : FCU		
		Interior zone : CAV		
Occupancy Schedule	use	Occupant (p/m ²)	Lighting (W)	Equip (W)
	Retail	0.5	40	5
	Office	0.2	25	10

Table 3 Comparison Between VisualDOE and S-DOE

		Peak Load Results			
Component	Modeling method	Cooling (kW)		Heating (kW)	
		Original	Simplify method	Original	Simplify method
	Walls	7.5	7.7	13.6	13.6
	Roof	8.4	8.4	7.6	7.6
	Solar+Glass	414.4	430.8	262.1	261.5
	People	89.4	89.4	0	0
	Light	199.4	199.4	0	0
	Equipment	65.8	65.8	0	0
	Infiltration	0	0	140.6	140.6
	Total	785.0	801.5	423.9	423.3
	errors	0	2.1%	0	-0.14%

방부하를 서로 비교하였다.

VisualDOE에 의한 기준 모델링의 최대 냉방 부하는 785.0 kW이었으며, S-DOE의 최대 냉방 부하는 801.5 kW로서 약 2.1%의 오차를 보였다.

VisualDOE의 최대 난방부하는 423.9 kW이었으며 S-DOE은 423.3 kW로서 약 -0.14%로 거의 일치하였다. 각 부하요소 별로 두 프로그램의 결과를 분석해 본 결과 벽과 유리, 일사량 등에 의해 최대 냉난방부하 차이가 발생한 것을 볼 수 있다. Fig 5는 위 두 프로그램의 최대 냉방부하 차이를 그래프로 나타낸 것이다.

연간 에너지 사용량을 비교해 보면 난방과 냉방에너지 사용량에서 각각 1.14%와 0.05% 정도 차이로서 거의 일치하는 것을 알 수 있다. Fig. 6은 VisualDOE와 S-DOE의 연간 에너지 사용량의 차이를 나타낸다.

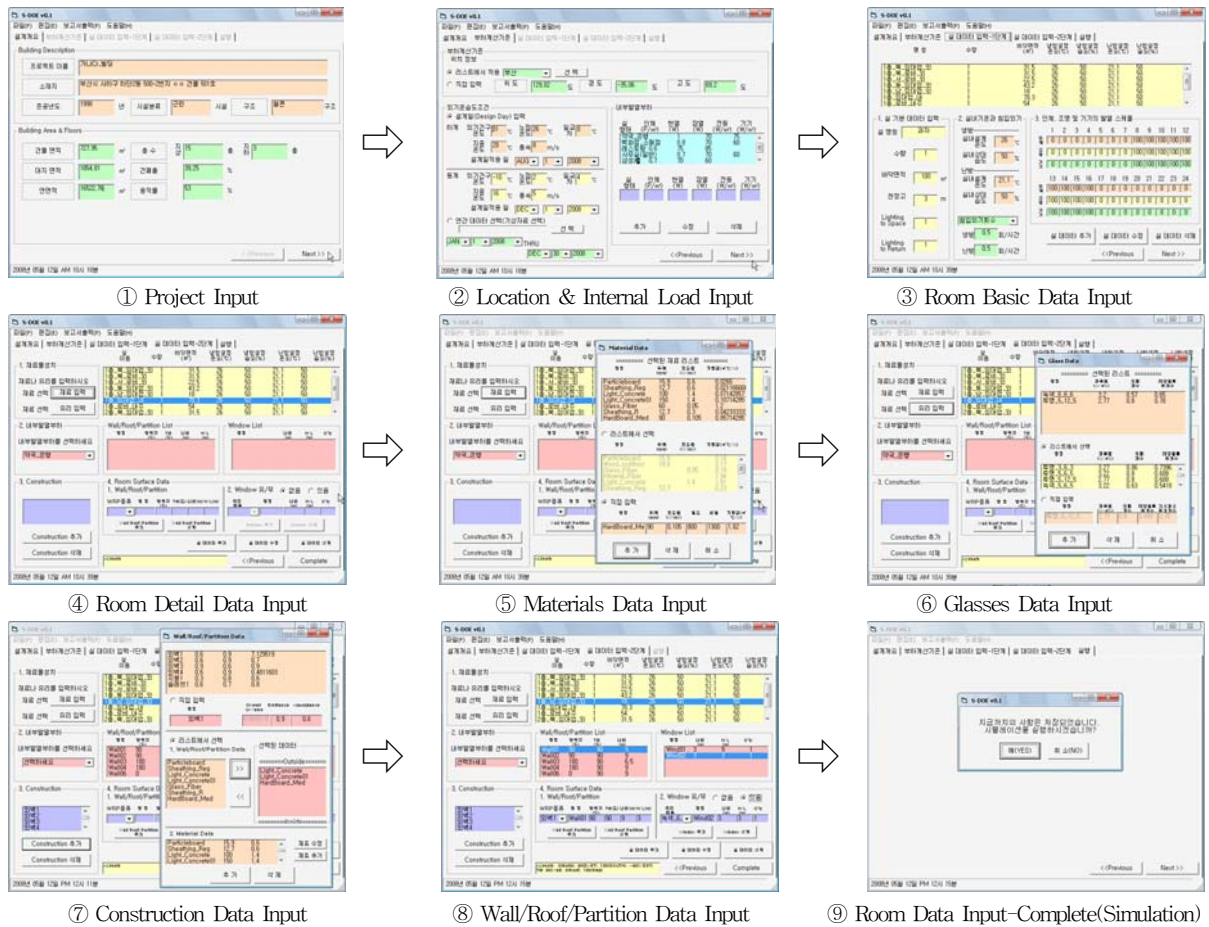


Fig 4 Simulation input progress of S-DOE

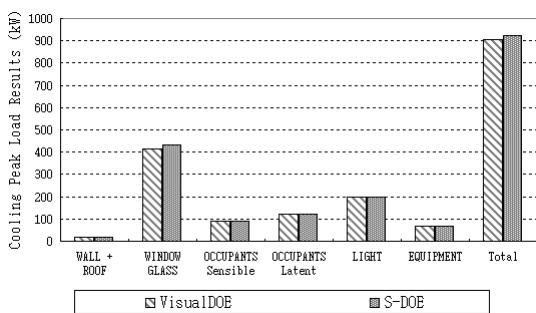


Fig 5 Cooling load results comparison

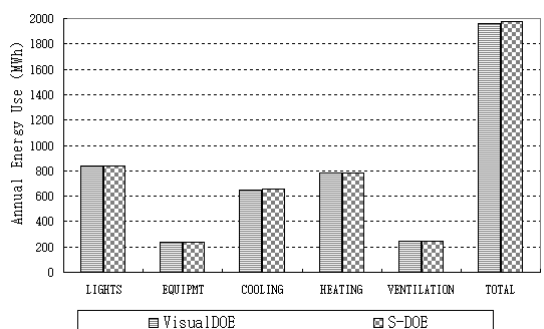


Fig 6 Annual energy use results comparison

5. 결론

본 연구에서는 건물 내 에너지의 정확한 예측을 위해 DOE2를 해석엔진으로 하는 S-DOE라는 제어 프로그램 개발을 위한 연구를 진행하였다. S-DOE는 DOE2의 입력변수를 단순화시켜 입력

할 수 있는 에너지 시뮬레이션 프로그램으로서 VisualDOE보다 손쉽고 단시간 내에 입력변수를 입력할 수 있는 장점이 있다. 이에 S-DOE의 타당성을 검증하기 위해 VisualDOE와의 결과 비교를 실시하였고, 이에 본 연구에서 도출된 결과는 다음과 같다.

(1) S-DOE의 적용 타당성 검증을 위해 VisualDOE를 사용하여 결과를 분석하였다. VisualDOE와 S-DOE과의 차이는 최대 냉방부하 2.1%, 최대 난방부하는 -0.14%로서 근소하다는 것을 알 수 있었다.

(2) 이 두 프로그램의 연간 에너지 사용량의 차이는 냉방에너지 사용량과 난방에너지 사용량에서 차이가 발생하였으며 각각 1.14%, 0.05%로 매우 근소하였다.

상기 연구결과를 종합해 보면 S-DOE가 VisualDOE와 큰 차이가 없는 것으로 판단된다. 또한 S-DOE를 이용하여 건물을 모델링하는데 필요한 시간도 VisualDOE보다 적게 드는 것으로 보여 매우 효과적인 프로그램으로 사료된다.

후 기

본 연구는 2007년 에너지관리공단 지원 에너지·자원기술개발사업인 공조시스템 성능진단 전문가용 평가시스템 개발(2차년도) 중 “공조시스템 진단기술 현황 조사분석 및 전문가용 평가프로그램”의 일부분으로 수행됨.

참고문헌

- Kim, Y. S., 2003, Development of simplified energy prediction method for economic evaluation of cooling plants in office buildings, DS thesis, Korea University, Seoul, Korea
- Seok, H. T., 1995, A study on the development of load prediction equation and design guidelines for the energy conservation of office buildings, DS thesis, Seoul National University, Seoul, Korea
- Lam J. C. et al, 1997, Regression analysis of high-rise fully air-conditioned office buildings, Energy and Buildings 26, pp. 189-197
- Kusuda T. et al, 1982, Development of equipment seasonal performance models for simplified energy analysis methods, ASHRAE Transactions 88, pp. 249-262.
- Sullivan H. et al, 1985, Commercial building energy performance analysis using multiple regression, ASHRAE Transactions 91, pp. 337-353.
- ASHRAE, 1989, ASHRAE Standard 90.1
- Kim, S. H et al, 2006, New RTS load calculation method, Equipment Journal of SAREK, Vol. 35, No. 10, pp. 46-58
- Christopher R. J. and Curt H., 2001, DOE2.1E Geometric Modelling: The basic geometric approach vs. the complex XYZ approach, esim.
- Jeffrey D. S. et al, 1997, The radiant time series cooling load calculation procedure, ASHRAE Transactions, Vol. 103, Part 2 pp. 503-515
- Choi, B. S et al, 2006, Verification in RTS method by applying TRNSYS, Proceedings of the SAREK '06 Summer Annual Conference, pp. 531-535.