



외벽의 단열성능 저하를 고려한 냉난방부하 간이 분석방법론 개발

Development of the Simple Heating & Cooling Load Analysis Methodology Considering with Insulation Degradation of Exterior Wall

최준우* · 안승호** · 김신*** · 고정림**** · 신지웅*****

Choi, Jun-Woo* · Ahn, Seung-Ho** · Kim, Shin*** · Ko, Jung-Lim**** · Shin, Jee-Woong*****

* Corresponding author, Division of New Business Dev. & Abroad Business, EAN Technology, Seoul, Korea (cjw@eantec.co.kr)

** Coauthor, Division of New Business Dev. & Abroad Business, EAN Technology, Seoul, Korea (sha@eantec.co.kr)

*** Coauthor, Division of New Business Dev. & Abroad Business, EAN Technology, Seoul, Korea (kshin@eantec.co.kr)

**** Coauthor, Division of New Business Dev. & Abroad Business, EAN Technology, Seoul, Korea (jlko@eantec.co.kr)

***** Coauthor, EAN Technology, Seoul, Korea (sjw@eantec.co.kr)

ABSTRACT

Purpose: Recently, existing development energy simulation tools are too complicate that they has a poor accessibility of non-experts and cannot consider yearly variation of building materials. So, the purpose of this study is developing the simple energy analysis methodology that considering user-friendly methods and yearly variation of housing facilities for the simple energy simulation. **Method:** The process of this study follow next steps: (1) Select standard models of housing facilities for regression analysis and the energy simulation. (2) Deduct regression equation based on simulation results. (3) Analysis the thermal insulation performance of the exterior wall according to yearly variation. (4) Analysis and apply the thermal insulation standard according to constructed year. (5) Develop the simple heating & cooling load analysis methodology considering with yearly variation of exterior wall. **Result:** As a result, the analysis methodology developed in this study simplify the input-data of energy simulation and save time & cost of actual measurement by applying the yearly variation equation.

© 2018 KIEAE Journal

KEYWORD

회귀분석
에너지 시뮬레이션
경년변화
사용자편의성

Regression analysis
Energy simulation
Yearly variation
User-friendly

ACCEPTANCE INFO

Received Feb 07, 2018

Final revision received Mar 19, 2018

Accepted Mar 24, 2018

1. 서론

1.1. 연구의 배경 및 목적

오늘날, 환경오염으로 인한 온실가스의 배출로 말미암아 저에너지 건축물에 대한 필요성이 증대되고 있다. 특히 국내 건축물 부분의 에너지 소비량 중 주거용 외벽의 에너지 소비가 54% 정도로 전체의 절반이상을 차지하고 있기 때문에 [1], 주거용건축물의 에너지 소비 감축을 위한 기존 건축물들의 에너지 시뮬레이션 방안에 대한 관심이 높아지고 있다.

그러나 현재 기개발된 에너지 시뮬레이션 툴(EnergyPlus, DesignBuilder, TRNSYS, eQUEST, TRACE 700 등)들은 오랜 시간에 걸친 전문적인 지식을 갖추지 않으면 사용하기 어렵다. 시뮬레이션 수행을 위한 전문적인 지식의 필요성은 시뮬레이션의 결과에 대한 신뢰성과 정확성을 강화시켜 주지만, 평가의 난이도와 경중에 관계없이 실제 건물 사용자 집단(관리자, 건축주)의 접근 및 사용을 어렵게 한다 [2]. 이에 따라 건축물 에너지 시뮬레이션에 대한 비전문가 집단의 접근성을 강화하기 위해 국내에서도 많은 시도가 이루어지고 있다. 국내에서도 건축물의 에

너지성능의 정량적 평가방법을 표준화 하는 연구를 수행하고 있으며 [3], 그 예로 사용자 편의성을 위해 시뮬레이션에 필요한 건축요소들을 아이콘화 하여 웹페이지에 탑재한 사례도 있다 [4]. 또한 BIM (Building Information Model)의 객체정보 모델을 통해 시뮬레이션 변수의 입력을 자동화하는 에너지시뮬레이션 툴 개발에 대한 연구가 이루어지고 있다 [5, 6, 7]. 그러나 건축물을 구성하는 자재의 열적성능을 사용자가 직접 입력해야 하는 부담은 아직 해소되고 있지 않다.

또한 기개발된 에너지 시뮬레이션 툴들은 건축물을 구성하는 자재의 열관류율을 사용자가 직접 입력하거나 노후화되지 않은 재료의 열관류율만을 사용자에게 제공하기 때문에, 기존 건축물을 구성하는 재료의 노후화에 따른 성능저하를 반영하지 못한다. 따라서 사용자가 직접 시뮬레이션을 수행하고자 하는 건축물의 열전도율을 측정해야하는 부담이 발생한다.

이에 따라 본 논문은 사용자 편의성의 고려와 시간 및 비용의 절감을 위해 외벽의 경년변화로 인한 단열성능 저하를 고려한 냉난방 부하 분석방법론을 개발하고자 한다.

1.2. 연구의 방법과 순서

본 연구는 개발모듈의 사용자가 열관류율의 정확한 수치를 입

력하기 어려운 건축분야의 비전문가일 것으로 가정한다. 이에 따라 시뮬레이션 입력변수를 최소화하기 위해, 건축물의 도서 기준 열관류율을 입력변수로 활용하는 대신 해당 건축물이 준공연도 기준의 법적 열관류율을 준수하였을 것이라고 가정하여 사용자로부터 입력받은 해당연도의 법적 열관류율 기준을 사용한다. 법적 열관류율을 사용할 경우 실제 건축물 대비 시뮬레이션의 정확성은 떨어질 수 있지만, 본 개발모듈은 사용자의 입력 편의성과 에너지 성능결과의 상대비교성에 더욱 중점을 두었음을 명시한다. 또한 에너지성능에 영향을 미치는 건축물의 요소 중 열획득 및 열손실이 가장 많이 발생하는 부분인 외벽의 단열성능을 우선적으로 고려하기로 하였다 [8].

이에 따라 본 논문에서는 단순회귀분석 기법과 경년변화에 따른 건축물 외벽의 단열성능 감소율을 판단하는 산식을 결합하여 건축물의 냉난방 부하를 산출하는 분석방법론을 구축하고자 한다. 또한 연구의 순서는 다음과 같다.

- 회귀분석을 위한 표준모델 선정 및 시뮬레이션 수행
- 시뮬레이션 결과를 바탕으로 회귀분석을 수행하여 회귀식 산출
- 경년변화에 따른 외벽의 단열 성능 저감률 분석
- 준공연도 별 단열기준 분석 및 적용
- 경년변화를 고려한 다중회귀분석 분석방법론 구축

2. 회귀분석을 통한 에너지 시뮬레이션

2.1. 회귀분석

회귀분석(regression analysis)이란, 어떠한 현상을 지배하고 있는 변수나 인자의 관계식을 밝히고 물질이나 시스템의 특성을 알고자, 종속변수(dependent variable)와 하나 이상의 독립변수(independent variable) 또는 설명변수(explanatory variable)들 사이의 함수관계를 설명하려는 통계적인 기법을 의미한다 [9].

기존의 분석적 방법을 통한 건축 에너지 시뮬레이션은 입력자료의 작성이 매우 까다로우며, 해석과정이 복잡하여 많은 시간과 노력을 필요로 한다 [10]. 이에 따라 입·출력이 비교적 간단하고 신뢰성 있는 결과를 도출할 수 있는 통계기법인 단순회귀분석 기반 에너지 예측이 사용되고 있다. 또한 최근에는 공동주택단지 외 오피스건물의 월별에너지소비량과 외기온도와의 관계를 회귀분석 모델을 통해 산출하는 연구가 진행 되었으며 [11, 12], 회귀분석을 이용한 리모델링 건축물의 에너지 성능개선 사례를 분석한 연구 및 다중회귀분석을 통해 EHP, 보일러, 창호면적이 에너지 소비량에 미치는 영향도를 분석하여 에너지 절감을 위한 방안을 제시한 연구 또한 수행되었다 [13, 14]. 이에 따라 본 연구에서는 다중 선형 회귀 분석기법을 사용하여 비전문가 집단의 사용성을 높인 분석방법론을 개발하고자 한다.

3. 표준모델 선정

3.1. 표준모델 및 변수 선정

주거용 건축물의 회귀분석을 위한 에너지 시뮬레이션을 수행

하기 위해 H사의 H아파트의 사례분석을 수행하여 바닥면적 별로 출현 빈도수가 높은 3개의 Type(59m², 84m², 130m²)의 표준 모델을 선정하였다(Table 1).

Table 1. Standard model area

	Type A	Type B	Type C
Floor area(m ²)	59	84	130
Exterior wall(direct) area(m ²)	27.22	37.54	46.86
Exterior wall(indirect) area(m ²)	33.25	32.35	31.48
Height(m)	2.4		

이후 회귀분석을 수행하기 위한 다수의 시뮬레이션 Case를 만들기 위해 다음과 같이 시뮬레이션 변수를 조합하여 288개의 Case를 생성하였다. Figure 1은 중부지방 Type A의 시뮬레이션 변수의 조합을 예시로 보여준다.

- 지역: 중부, 남부, 제주
- 실 타입: Type A, Type B, Type C
- 주입면 방위: 동, 서, 남, 남동, 남서, 북, 북동, 북서(남향은 180° 기준, 동향은 90° 기준)
- 열관류율: Level1, Level2, Level3, Level 4 (Table 2)

Number	Region	Floor area(m ²)	Direction(°)	Thermal transmittance				Window ratio
				Exterior wall(direct)	Exterior wall(indirect)	Window	Exterior door	
1	Central	59	0	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
2	Central	59	0	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
3	Central	59	0	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
4	Central	59	0	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
5	Central	59	45	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
6	Central	59	45	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
7	Central	59	45	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
8	Central	59	45	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
9	Central	59	90	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
10	Central	59	90	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
11	Central	59	90	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
12	Central	59	90	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
13	Central	59	135	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
14	Central	59	135	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
15	Central	59	135	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
16	Central	59	135	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
17	Central	59	180	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
18	Central	59	180	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
19	Central	59	180	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
20	Central	59	180	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
21	Central	59	225	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
22	Central	59	225	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
23	Central	59	225	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
24	Central	59	225	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
25	Central	59	270	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
26	Central	59	270	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
27	Central	59	270	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
28	Central	59	270	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29
29	Central	59	315	Level1	Level1	Level1	Level1	0.29
30	Central	59	315	Level2	Level2	Level2	Level2	0.29
31	Central	59	315	Level3	Level3	Level3	Level3	0.29
32	Central	59	315	Level4	Level4	Level4	Level4	0.29

Figure 1. Sample of simulation case(Type A, Central)

벽체 및 창호의 열관류율은 분석한 사례를 바탕으로 네 단계로 나누어 구분하였으며, 해당 수치는 Table 2와 같다.

Table 2. Thermal transmittance list

District	Factor	Level1	Level2	Level3	Level4
Central	Exterior wall(direct)	0.36	0.29	0.22	0.14
	Exterior wall(indirect)	0.49	0.39	0.29	0.20
	Window	2.10	1.80	1.40	1.30
	Exterior door	2.80	2.70	1.80	1.70
Southern	Exterior wall(direct)	0.45	0.37	0.29	0.22
	Exterior wall(indirect)	0.63	0.52	0.41	0.29
	Window	2.40	2.10	1.80	1.40
	Exterior door	3.10	2.70	1.80	1.70
Jeju	Exterior wall(direct)	0.58	0.48	0.39	0.29
	Exterior wall(indirect)	0.85	0.70	0.55	0.41
	Window	3.10	2.40	2.10	1.80
	Exterior door	3.70	2.70	1.80	1.70

4. 에너지 시뮬레이션 및 회귀분석 수행

4.1. 에너지 시뮬레이션 수행

에너지 시뮬레이션은 에너지 분석 프로그램으로 널리 사용되며 동적해석 프로그램으로써 그 정확성이 입증되었고 미국 에너지 청에서 개발한 DOE2를 이용하였으며 [15], 해당 프로그램을 이용해 3.1절에서 선정 한 288개의 Case에 대한 시뮬레이션을 수행하였다. Figure 2의 시뮬레이션 결과로 난방부하와 냉방부하를 산출하였으며, Table 3은 Type A에 대한 시뮬레이션 결과 중 외벽의 열관류율 변경에 따른 냉난방부하와 난방부하를 보여준다.

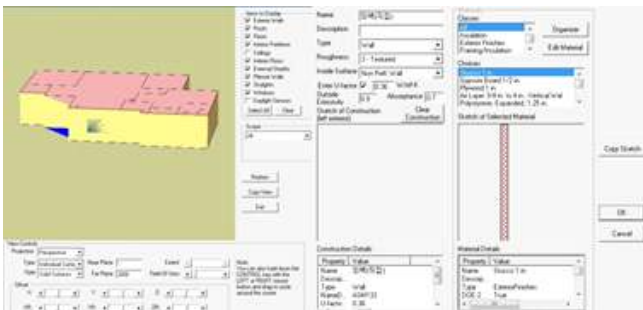


Figure 2. DOE2 simulation

Table 3. Sample of Type A simulation result

	Heating load(MWh)	Cooling load(MWh)
Level1	1.96	2.79
Level2	1.83	2.78
Level3	1.75	2.78
Level4	1.67	2.77

4.2. 회귀식 산출

Excel의 데이터분석 기능 중 회귀분석 기능을 이용해 일곱 개의 독립변수(바닥면적, 방위, 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율, 외기에 간접면하는 외벽의 열관류율, 창호열관류율, 문열관류율, 창면적비) 및 288개 시뮬레이션 Case와 그에 따른 시뮬레이션 수행 결과(난방부하, 냉방부하)의 회귀분석을 수행하여 지역별

(충부, 남부, 제주) 회귀식을 산출하였으며 이는 다음과 같다.

· 중부지방

$$y_h = 3.892 + 0.030x_1 - 0.022x_2 + 1.940x_3 + 0.839x_4 + 0.019x_5 + 0.082x_6 - 5.291x_7$$

$$y_c = -2.208 + 0.034x_1 + 0.003x_2 + 0.173x_3 + 0.161x_4 + 0.000x_5 + 0.004x_6 + 7.702x_7$$

· 남부지방

$$y_h = 3.098 + 0.024x_1 - 0.018x_2 + 1.598x_3 + 0.731x_4 + 0.006x_5 + 0.059x_6 - 4.858x_7$$

$$y_c = -1.960 + 0.033x_1 + 0.002x_2 + 0.266x_3 + 0.197x_4 + 0.000x_5 + 0.010x_6 + 7.263x_7$$

· 제주지방

$$y_h = 2.309 + 0.018x_1 - 0.014x_2 + 1.256x_3 + 0.622x_4 - 0.008x_5 + 0.037x_6 - 4.424x_7$$

$$y_c = -1.725 + 0.032x_1 + 0.001x_2 + 0.358x_3 + 0.234x_4 + 0.000x_5 + 0.016x_6 + 6.823x_7$$

y_h : 난방부하(MWh)

y_c : 냉방부하(MWh)

x_1 : 바닥면적(m²)

x_2 : 주 입면 방위(°)

x_3 : 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율(W/m²K)

x_4 : 외기에 간접면하는 외벽의 열관류율(W/m²K)

x_5 : 창호 열관류율(W/m²K)

x_6 : 문 열관류율(W/m²K)

x_7 : 창면적비

회귀식 계수의 크기는 결과에 대한 해당변수의 영향도와 비례한다. 해당 계수들을 검토한 결과, 냉난방 부하에 대한 영향도가 가장 큰 요소는 창면적비이며, 그 다음으로 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율과 외기에 간접면하는 외벽의 열관류율의 영향도가 가장 크다.

5. 경년변화에 따른 단열성능 검토

5.1. 단열성능 저하곡선

냉난방부하에 영향을 미치는 요소 중 영향도가 가장 큰 창면적비는 시간경과에 따라 쉽게 변경되는 요소가 아니기 때문에 본 논문에서는 그 다음으로 영향도가 큰 외기에 직접 및 간접면하는 외벽의 열관류율을 우선적으로 경년변화에 따른 성능변화를 검토하고자 한다.

류승희(2015)는 실제 열관류율 측정 가능 한 대상지 10곳을 선정하여 경년변화에 따라 외벽의 단열성능이 우하향으로 저하되는 산식을 도출하였다. 산식은 (1)과 같다.

$$y = 0.2655e^{0.0521x} \quad (1)$$

해당 식에서는 외벽의 준공시기의 열관류율($x = 0$ 일 경우 y 의 값)을 0.2655로 가정하였다. 이에 따라 본 논문에서는 해당 상수를 준공시기당시 외벽의 열관류율 k 라고 가정하며, 준공 이후 초기 열관류율이 k 였던 외벽에 대해 x 년이 지난 외벽의 열관류율 값 y 는 산식(2)와 같이 유추할 수 있다.

$$y = ke^{0.0521x} \quad (2)$$

5.2. 준공연도에 따른 열관류율 기준

본 논문에서는 사용자가 열관류율 값을 정확히 산정하기 어려운 비전문가로 가정하고, 사용자의 편의성을 고려하여 설계도서 기반 계산 값 혹은 실제 측정값 대신 해당 연도의 법적기준에 해당하는 열관류율을 사용한다.

국토교통부는 에너지 절약 설계기준을 통해 지역별 건축물 부위의 열관류율의 기준을 제시하고 있다. 개정연도 및 주거시설을 기준으로, Table 4는 1979년부터 1987년까지의 외벽 열관류율, Table 5는 2008년부터 2017년 까지 지역별 외기에 직접 면하는 외벽의 열관류율 기준을 보여준다 [16].

Table 4. Thermal transmittance of exterior wall by year (kcal/m²h °C)

	1979	1980	1984	1987
Central	0.9	0.5	0.5	0.5
Southern				0.65
Jeju			1.0	1.0

Table 5. Thermal transmittance of exterior wall(direct) by year (W/m²k)

	2008	2010	2013	2015	2017
Central	0.470	0.360	0.270	0.210	0.210
Southern	0.580	0.450	0.340	0.260	0.260
Jeju	0.760	0.580	0.440	0.360	0.360

단, 상기 표는 개정년도를 기준으로 정리가 되어 있기 때문에, 건축물의 준공연도가 개정연도에 해당하지 않는 경우, 이전연도의 기준을 사용한다. 예를 들어, 준공연도가 2009년인 경우에는 2008년 기준을 사용하며, 1985년인 경우에는 1984년도 기준을 사용한다.

6. 분석방법 도출 및 시뮬레이션 수행

6.1. 경년변화를 고려한 회귀분석 기반 분석방법론

Figure 3은 외벽의 경년변화 및 리모델링 전후의 에너지 성능 변화를 비교하는 분석방법을 보여준다. 사용자는 초기 입력 데이터로 준공연도, 지역, 바닥면적, 방위, 창면적비를 입력할 수 있다. 외벽의 열관류율의 경우 건축물을 한 번도 리모델링하지

않았다고 가정하고, 사용자가 입력한 준공연도를 기준으로 다음과 같이 세 가지 종류로 구분된다.

- 준공연도 기준 열관류율: 준공연도 법적기준의 열관류율
- 경년변화를 고려한 열관류율: 준공연도 법적기준의 열관류율 수치를 경년변화에 따른 외벽의 단열성능 저하산식에 도입하여 보정한 열관류율
- 현재년도 기준 열관류율: 현재년도 법적기준의 열관류율

이후 회귀식을 통해 산출되는 건물의 에너지 성능은 대입된 열관류율의 종류에 따라 준공연도 법적기준의 열관류율을 적용한 건축물의 에너지 성능, 경년변화에 의해 단열 성능이 감소된 건축물의 에너지 성능, 현재 법적기준의 열관류율을 적용한 건축물의 에너지 성능 세 가지로 나뉜다.

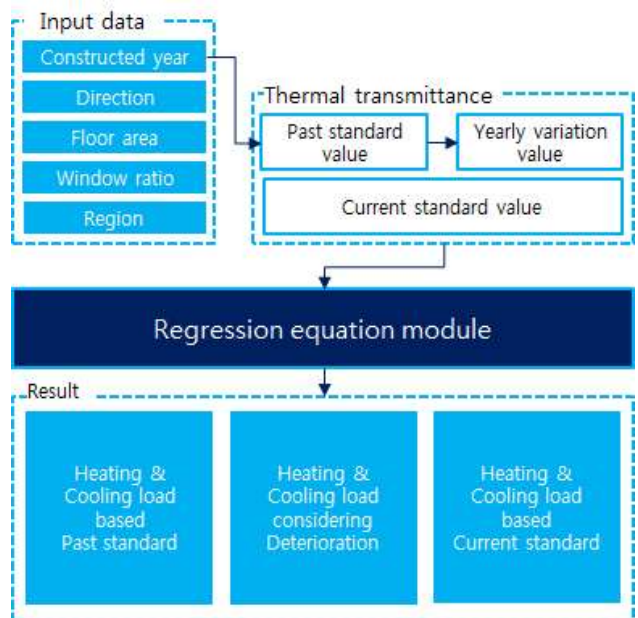


Figure 3. Simulation algorithm

6.2. 시뮬레이션 수행

6.1절에서 제시한 분석방법을 이용하여 시뮬레이션을 수행하였으며, 준공연도를 2008년이라고 가정했을 때, 최종적으로 회귀식에 입력되는 데이터는 Table 6과 같다. 준공연도 기준 열관류율은 2008년 중부지방 기준을 사용하였으며, 현재년도 기준 열관류율은 2018년 중부지방 기준을 사용하였다. 또한 경년변화에 따른 단열성능 저하산식(2)를 통해 계산된 경년변화를 고려한 외벽의 열관류율 산출과정은 다음과 같다.

- 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율(W/m²k): k 값은 2008년 중부지방의 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율 0.47을 사용하였으며, 경과년도 x 값은 2018년을 기준으로 10년이 지난 것으로 간주하여 10을 사용하였다. 이에 따라, $0.47 \times e^{0.0521 \times 10} \approx 0.79$ 로, 경년변화를 고려한 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율은 0.79이다.
- 외기에 간접면하는 외벽의 열관류율(W/m²k): x 값은 직접면

하는 경우와 동일하며, k값은 2008년 중부지방의 외기에 간접면하는 외벽의 열관류율 0.64를 사용하였다. 이에 따라, $0.64 \times e^{0.0521 \times 10} \approx 1.08$ 로, 경년변화를 고려한 외기에 직접면하는 외벽의 열관류율은 1.08이다.

Table 6. Input data

	Past standard value	Yearly variation value	Current standard value
Region	Central		
Constructed year	2008		
Direction(°)	180		
Floor area(m ²)	59		
Window ratio	0.29		
Exterior wall(direct) Thermal transmittance (W/m ² K)	0.47	0.79	0.21
Exterior wall(indirect) Thermal transmittance (W/m ² K)	0.64	1.08	0.26
Window Thermal transmittance (W/m ² K)	3		1.2
Exterior door Thermal transmittance (W/m ² K)	3		1.2

이에 따른 시뮬레이션 결과는 Table 7과 같다. 이에 따라 경년변화를 고려한 건축물의 냉난방 부하는 준공연도 대비 냉난방 부하의 약 23% 증가했으며, 현재년도 기준에 맞추어 단열성능을 개선할 경우 경년변화를 고려한 건축물 대비 냉난방 부하가 38% 감소할 것으로 예측된다.

Table 7. Simulation result(MWh)

	Heating & Cooling load (Past standard)	Heating & Cooling load (Yearly variation)	Heating & Cooling load (Current standard)
Heating load	1.937	2.927	0.932
Cooling load	2.787	2.913	2.674
Total	4.724	5.840	3.606

또한 Table 6의 입력조건에서 실 타입에 따른 바닥면적만 증가시킬 경우, 준공연도 기준 대비 경년변화를 고려한 냉난방 부하의 증가율과 경년변화 대비 현재년도 기준 대비 냉난방 부하 감소율 모두 감소하는 경향을 보인다(Table 8). 이를 통해 바닥면적이 클수록 열관류율이 냉난방부하에 미치는 영향도가 감소함을 확인할 수 있다.

Table 8. Heating & Cooling load rate of change

	Past standard to Yearly variation (Rate of increase)	Yearly variation to Current standard (Rate of decrease)
Type A	23%	38%
Type B	15%	30%
Type C	11%	22%

7. 결과 및 의의

본 논문에서는 기존 건축물 외벽의 노후화를 고려한 냉난방부하를 산출하기 위해 단순회귀분석과 경년변화에 따른 외벽의 단열성능 저하산식을 도입한 분석방법론을 제시하였다. 해당 분석 방법은 다음과 같은 특징을 지닌다.

- 입력변수의 최소화 및 단순화: 기존의 에너지시뮬레이션 툴은 재료의 열적 성능과 같이 비전문가 집단이 결정하기 어려운 입력변수가 존재하며, 때문에 해당 변수들은 사용자가 임의로 입력해야 하는 경우가 발생한다. 이와 같이, 비전문가가 입력하기 어려운 입력변수는 오히려 시뮬레이션 결과의 오차를 증대시킬 수 있다. 따라서 본 논문에서는 단순회귀분석을 통한 시뮬레이션 변수의 최소화와 준공년도 기반의 열관류율 자동 입력 방법을 통해 기존 시뮬레이션 툴의 입력조건에 비해 상대적으로 사용자가 이해하기 쉽고 정확하게 입력할 수 있는 변수만을 사용하였다.
- 외벽의 경년변화에 따른 에너지 성능 반영: 건축물을 구성하는 각종 설비와 재료는 시간이 지나면 노후화 되어 열적성능이 감소될 수 있다. 따라서 준공시점의 정보를 토대로 한 에너지 시뮬레이션은 현재 건축물의 에너지성능을 반영할 수 없으며, 변화되는 이산화탄소 배출량도 반영할 수 없다. 따라서 본 논문에서는 경년변화에 따른 단열성능 저하산식을 도입하여 외벽의 경년변화에 따른 냉난방부하 변화량을 도출하였다.

이와 같이 본 논문에서 제시하는 분석방법의 입력변수 최소화 및 단순화와 외벽의 경년변화에 따른 에너지 성능 반영 기능은, 비전문가의 에너지 시뮬레이션 접근성을 증대시킴과 동시에 분석 대상이 되는 건축물의 외벽 열관류율 실측에 사용되는 시간 및 비용을 절감할 수 있다. 이후 건축물의 에너지 성능을 개선시킴으로써 발생하는 투자 및 회수비용을 반영한 모듈을 탑재하는 연구를 추가적으로 수행함으로써, 궁극적으로 건축물의 에너지 성능개선을 위한 리모델링을 수행하고자 하는 건축주 및 건축가들의 관심을 유도하고 의사결정을 돕는 툴을 개발하고자 한다.

또한 주거 건축물 외 오피스, 병원, 학교 등의 다른 용도특성을 가지는 건축물의 사례를 추가 분석하여 해당 모듈의 확장·보완을 수행해야 하며, 실제 측정 데이터와의 비교를 통해 소프트웨어의 신뢰성 및 정확성을 검증하고자 한다. 더 나아가 건축물의 열관류율 뿐만 아니라 경년변화에 따른 온열원, 냉열원, 공조기 등 설비기기의 성능저하율을 도입하여 에너지 소요량 증감률을

도출함으로써, 이후 LCA 환경영향평가에 있어서도 구체적으로 활용할 수 있는 데이터를 도출할 수 있는 시뮬레이션 알고리즘을 개발하고자 한다.

Acknowledgement

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구개발사업의 연구비지원(16CTAP-C114806-01)에 의해 수행되었습니다.

Reference

[1] 김창성, 서경옥, 아파트 단위세대 평면 형태에 따른 건물에너지 효율 평가, 한국생태환경건축학회학술대회논문집, 13(4), 2013.08, pp.55-62. // Chang-sung Kim, Kyung-wook Seo, A Study on the Evaluation of the Building Energy Efficiency in Accordance with the Shapes of the Apartment Unit Plans, Journal of Korea Institute of Ecological Architecture and Environment, 13(4), 2013.08, pp.55-62.

[2] 이의상, 웹 기반 시뮬레이션을 이용한 일조환경 평가에 관한 연구, 연세대학교 대학원 석사논문, 2002.6. // Eui-sang Lee, A Study on the solar environment evaluation using web-based simulation, The graduate school of Yonsei university, 2002.6.

[3] 한국건설기술연구원, 건축물 에너지성능의 정량적 평가방법 표준화를 위한 연구, 국토교통부, 2014.12. // Korea Institute of Civil Engineering and Building Technology, A Study on the Standardization of Quantitative Evaluation Method for Building Energy Performance, A Ministry of Land, Infrastructure and Transport, 2002.6.

[4] Jung-lim Ko, Jun-woo Choi, Seung-ho Ahn, Jee-woong Shin, Keon-ho Lee, Development of a Classification System for Efficient green-remodelling Process, SBE16 Seoul, 2016.

[5] LBLNL(Lawrence Berkeley National Laboratory), SIMERGY - A GRAPHICAL USER INTERFACE FOR ENERGYPLUS, <http://simulationresearch.lbl.gov/projects/gui>, 2014.

[6] 오세민, 김영진, 박철수, 김인한, BIM 기반 시뮬레이션 모델의 상호운용성을 이용한 건물 에너지 성능평가, 대한건축학회 논문집, 27(6), 2011.6, pp.237-245. // Se-min Oh, Young-jun Kim, Cheol-soo Park, In-han Kim, Building Energy Performance Assessment using Interoperability of BIM-based Simulation Model, Journal of Architectural Institute of Korea, 27(6), 2011.6, pp.237-245.

[7] Vladimir Bazjana, Building energyperformance simulation as part of interoperable software environments, Building and Environment 39, 2004, pp.879-883.

[8] 류승희, 공공건축물 외벽의 단열성능 측정 및 경년변화 분석에 의한 단열 리모델링 시기 산정 연구, 경북대학교 석사학위 논문, 2015. // Seung-hee Ryu, A Study on timing estimation for the thermal insulation remodeling by field measuring and analyzing annual variation of thermal insulation performance in public buildings, The graduate school of Kyungpook National University, 2015.

[9] 김치린, 다중회귀분석을 통한 임베디드 소프트웨어 기반 문제 해결 특성요인 영향분석 : 반도체 장비 중심으로, 성균관대학교 경희대학원 석사논문, 2017.2. // Chi-rin Kim, Analysis of the influence factors of problem solving based on embedded software by multiple regression analysis : a case of semiconductor manufacturing equipment, The graduate school of Sunkyunkwan University, 2017.2.

[10] K-w Kim, Building Energy Consumption Forecasting Method, Korean Journal of Air-Conditioning and Refrigeration Engineering, 14(8), 1997.

[11] 이석주, 권경우, 박준석, 회귀분석을 통한 공동주택의 에너지 성능평가, 대한건축학회 춘계학술발표대회논문집, 34(1), 2014.4, pp.187-188. // Suk-joo Lee, Kyung-woo Kwon, Jun-seok Park, Assessment of Energy Performance in Residential Buildings with Regression Method, Journal of Architectural Institute of Korea, 34(1), 2014.4, pp.187-188.

[12] 최기원, 우혜지, 정성혁, 이하니, 건물 에너지 소비량과 외기온의 단순 선형회귀분석을 통한 연간 에너지 소비량 예측에 관한 연구, 대한건축학회 학술발표대회 논문집, 2015, pp.13-14. // Ki-won Choi, Hei-jee Woo, Seong-hyeok Jeong, Ha-ny Lee, Predicting annual energy consumption based on the Simple Linear Regression Analysis between building energy consumption and outdoor air temperature, Journal of

Architectural Institute of Korea, 2015, pp.13-14.

[13] 권경우, 회귀분석을 이용한 리모델링 건축물의 에너지 성능개선 분석 사례, 건축환경설비, 9(1), 2015, pp.41-47. // Kyung-woo Kwon, Example of remodeling building by Regression Method, Korean Institute of Architectural Sustainable Environment and Building Systems, 9(1), 2015, pp.41-47.

[14] 이승복, 회귀분석에 의한 건물에너지 사용량 예측기법에 관한 연구, 공기조화냉동공학회 설비공학논문집, 12(12), 2000, pp.1090-1097. // Seung-bok Lee, A Study for Predicting Building Energy Use with Regression Analysis, The Society of Air-conditioning and Refrigerating Engineers of Korea, 12(12), 2000, pp.1090-1097.

[15] 강윤석, 엄미은, 임병찬, 박종일, 건물에너지 해석을 위한 간이열부하 해석프로그램 개발에 관한 연구, 대한설비공학회 하계학술발표대회 논문집, 2008, pp.72-77. // Yoon-suk Kang, Mi-eun Um, Pyeong-Ccan lhm, Jong-il Park, A Study on Development of Simplified Thermal Load Calculation Program for Building Energy Analysis, Society of Air-conditioning and refrigerating engineers of Korea, 2008, pp.72-77.

[16] 국토교통부, 에너지관리공단, 건축물의 에너지절약 설계기준 해설서, 2017. // Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea Energy Agency, The guideline of Energy conservation design for buildings, 2017.