

## 건물 에너지 분석의 개념과 활용

**이윤정** Parsons Brinckerhoff, Korea 주임  
**김상훈** Parsons Brinckerhoff, Korea 차장  
**전준용** Parsons Brinckerhoff, Korea 상무



### 1. 서론

에너지 효율적 건물은 건물 운영비용을 절감시켜줄 뿐만 아니라, 친환경 건축물 인증을 통하여 건물의 홍보를 피하거나, 제도적 측면의 인센티브를 얻을 수 있게 한다. 이러한 에너지 효율적 건물을 설계하고자 할 때, 건물의 에너지 사용량을 예측·평가하고, 제안된 설계에 따른 에너지 절감량을 정량화하기 위하여 건물 에너지 분석이 필요하게 된다. 건물주는 대체적으로 에너지 분석에 대한 경험이 없으므로, 설계 또는 의사결정 단계에서 판단에 어려움을 겪게 된다. 에너지 분석이 적절하게 사용되는 경우에 건물주나 설계자가 설계 요소 중 어디에 우선순위를 두고 투자를 할지 합리적으로 판단할 수 있으며, 이를 통하여 건물의 설계를 최적화할 수 있다.

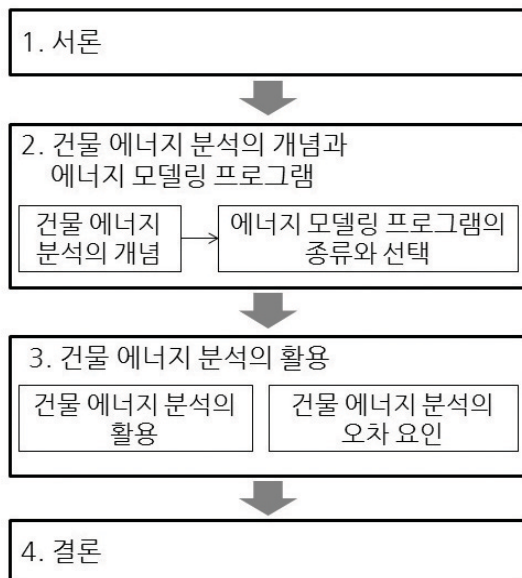


그림 1. 흐름도

본 고에서는 건물 에너지 분석이란 무엇이고, 실제 프로젝트에서 어떻게 활용하여야 하는지에 대하여 살펴보고자 한다.

### 2. 건물 에너지 분석의 개념과 에너지 모델링 프로그램

#### 2.1. 건물 에너지 분석의 개념

건물 에너지 분석이란 에너지와 관련된 건물의 특성들을 바탕으로 건물이 필요로 하는 에너지 양과 건물에서 소비되는 에너지 양을 분석하는 것으로, 이를 통하여 에너지 효율적 건물을 구현하는 것을 말한다.

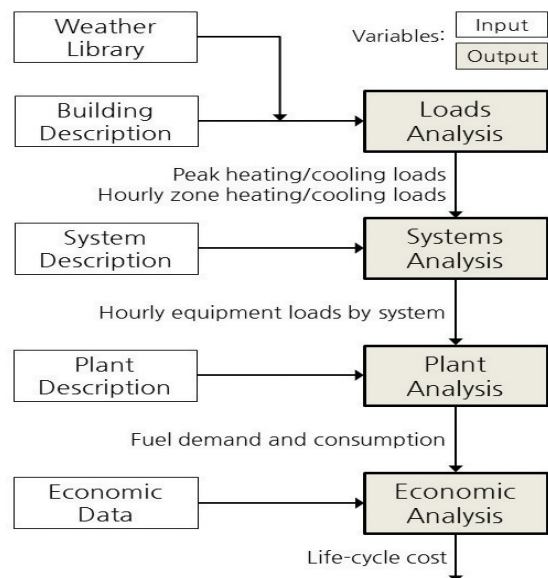


그림 2. 건물 에너지 분석의 흐름

건물에서 소비되는 에너지 양을 알기 위하여 우선적으로 건물의 냉·난방부하에 대한 분석이 실시되어야 한다. 냉·난방부하를 바탕으로 건물의 시스템, 플랜트에 대해 분석하여 건물의 에너지 소비량을 알 수 있다. 목적에 따라 에너지 소비량과 함께 에너지 비용에 대한 분석을 실시할 수 있으며, 실제 프로젝트의 경우 에너지 소비 그 자체보다 에너지 비용이 더 큰 이슈가 된다. 건물 에너지 분석의 일반적인 과정을 [그림 2]에 나타내었다.

(1) Load Analysis

건물 부하를 분석하는 것은 건물의 에너지 수요를 결정하는 것과 같으며, 건물이 열을 잃거나(손실), 얻는 것(획득)에 의하여 부하가 발생하게 된다. 건물의 열 손실/획득으로 인한 건물의 냉·난방부하를 계산하는 방법은 크게 최대부하(peak load) 계산, 기간부하(seasonal load) 계산으로 나눌 수 있다(표 1 참조). 최대부하는 냉난방 장비 용량 산정에 이용되며, 그 값은 kW, Btu/h 등의 단위로 나타난다. 기간 부하는 일정기간 동안의 에너지 소비량을 산출하는 것으로, kWh, Btu 등의 단위로 나타난다. 많은 친환경 건축물 인증 제도에서 요구하는 값인 연간 에너지 소비량은 기간부하 분석을 통하여 계산된다.

표 1. 열부하 계산 방법

부하 계산법	용도	단위
최대부하 (peak load)	냉난방 장비 용량 산정	W, J/s 등
기간부하 (seasonal load)	일정기간 동안의 에너지 소비량 산출	Wh, J 등

(2) System Analysis

건물의 최대부하 또는 시간별 냉/난방 부하에 대한 값이 얻어지면, 이를 바탕으로 시스템이 설계되고, 이에 따라 시스템이 요구하는 시간별 부하(냉·난방 코일 부하)를 구할 수 있다. 여기서 말하는 시스템은 중앙 열원과 건물 존 사이의 시스템의 모든 구성 요소를 말한다. (예: AHU, 덕트, 댐퍼, 팬, 냉난방 기기, 배관, 밸브, 등)

(3) Plant Analysis

시간별 기기부하를 계산한 뒤, 기기의 작동 조건과 부분부하 특성을 고려하여 플랜트 분석을 실시한다. 이를 통하여 에너지 수요와 소비에 대한 값을 알 수 있다. 플랜트란 냉난

방 열원과 이와 관련된 시스템(예. 냉동기, 보일러, 냉각탑, 열병합 발전 기기, 축열조 등)을 말한다.

(4) Economic Analysis

앞에서 계산된 에너지 수요와 소비량을 바탕으로, 에너지 원별·기간별·시간별 에너지 단가를 입력하여 에너지 비용을 산출할 수 있다. 이를 통하여 연간 운전비용을 구하거나 목적에 따라 초기 투자 비용을 함께 고려하여 LCC 분석을 하는 것이 가능하다. 이러한 프로세스를 통하여 산출된 에너지 소비량 및 비용에 대하여 비교 대상 건물을 선정하여 절감량을 확인 할 수 있다. 비교 대상 건물로서 설계자가 기존에 설계했던 건물이나 일반적인 형태의 건물을 선정할 수 있다. LEED 인증을 위한 에너지 모델링의 경우에는 ASHRAE<sup>1)</sup> Standard 90.1-2007<sup>2)</sup>의 Appendix G에서 제시된 baseline building을 기준 건물로 비교하여야 한다. 이 기준에서는 baseline 건물의 외피, HVAC 시스템의 종류 및 효율 등에 대하여 규정하고 있다.

2.2. 에너지 모델링 프로그램

건물 에너지 분석은 위에서 언급한 단계마다 다양한 변수, 계산식, 과학적·경험적 가정이 관여되며, 그 계산이 매우 복잡하기 때문에 컴퓨터를 이용한 에너지 모델링 프로그램을 사용하게 된다.

(1) 에너지 모델링 프로그램의 종류

에너지 모델링 프로그램은 정부나 연구기관 등에서 무료로 배포하는 것, 기기 제조 업체가 제공하는 것 등이 있다. 대체적으로 무료 프로그램의 경우 프로그램 소스 코드가 제공되어 프로그램의 구조를 이해하기에 좋으며, 기기 제조 업체가 제공하는 프로그램의 경우 업데이트 주기가 빠른 편이다. LEED 인증을 위한 에너지 모델링에 주로 사용되는 프로그램으로는 eQuest, EnergyPro, VisualDOE, TRACE, HAP, IES, EnergyPlus 등<sup>3)</sup>이 있으며, 사용 가능한 프로그

1) ASHRAE: 미국공조냉동공학회, American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineers  
 2) ASHRAE Standard 90.1-2007 Energy Standard for Buildings except Low-Rise Residential Buildings, 2007  
 3) USGBC, Advanced Energy Modeling for LEED Technical Manual v2.0, 2011

램 기준에 대하여 ASHRAE Standard 90.1-2007, Appendix G 2.2에서 명시하고 있다.

(2) 에너지 모델링 프로그램의 선택

에너지 모델링 프로그램을 선택할 때는 필요한 결과의 제공 여부, 데이터 입력 범위 및 조건, 산출 결과의 정확성, 기타 보조 기능 등을 고려하여야 한다. 사용자의 모든 요구를 만족시키는 완벽한 프로그램은 없으며 각 프로그램마다의 특성을 이해하고 사용하여야 한다. 건물 에너지 모델링 프로그램과 함께 특화된 기능을 제공하는 프로그램(예, 자연 채광 및 조명 설계, 열교 시뮬레이션 등)을 사용하여 에너지 분석의 효과를 극대화할 수 있다.

### 3. 건물 에너지 분석의 활용

#### 3.1. 건물 에너지 분석의 활용

건물 에너지 분석이 실제 프로젝트에 적용될 때, 현재는 주로 설계 후반부에 투입되어 친환경 건축물 인증 획득을 위한 목적으로 적용되고 있다. 설계 후반부에 건물 에너지 분석이 투입되게 되는 경우 에너지 전략을 위하여 필연적으로 설계 변경과 시공 변경이 수반되기 때문에 추가 비용이 발생하게 된다.

건물에 최적화된 에너지 전략을 세우고, 에너지 분석에 따른 추가 비용을 최소화하기 위해서는 에너지 분석이 설계 초기단계부터 적용되어야 한다.

건물 에너지 분석은 [그림 3]과 같이 각 설계 단계에서 활용되는 방법이 다르다.



그림 3. 설계 단계별 에너지 분석의 활용

(1) Conceptual design 단계에서는 건물을 단순하게 모델링(예, 주요 용도별 한 개의 존)하여 부지의 위치, 건물의 형태, 방향 등 설계 방향에 대한 의사 결정을 도와주게 된다.

(2) Schematic design 단계에서는 에너지 분석을 통하여 건물의 에너지 전략의 방향을 잡을 수 있다. 에너지 소비를 연료 종류별(전기, 가스 등)·실 종류별(오피스, 근린생활 시설 등)·에너지 사용 목적별(냉·난방, 급탕, 조명 등)로 나누어 에너지 소비에 크게 기여하는 부분을 분석하고, 이를 통하여 가장 최적의 에너지 전략 수립이 가능하다.

(3) Design Development 단계에서는 고정된 설계 변수를 제외한 요소에 대하여 에너지 분석을 실시하여 에너지 효율적인 건축물 설계를 완성할 수 있다.

(4) Construction Document 단계에서는 건물을 법규에서 규정되어 있는 기준 건물과의 비교를 통하여 친환경 건축물 인증을 획득할 수 있으며, 또한 그 동안 적용된 에너지 전략에 대한 결과를 분석하여 노하우를 축적할 수 있을 것이다.

#### 3.2. 건물 에너지 분석의 오차 요인

건물 에너지 분석을 통하여 산출된 결과 값은 데이터 입력 시 가정한 특정 조건에서의 결과이다. 따라서 [표 2]에서 제시된 항목과 같은 이유로 에너지 분석을 통하여 얻은 값이 실제 건물에서 얻어지는 값과 일치하지 않게 된다.

표 2. 건물 에너지 분석의 오차 요인

분류	요인
시뮬레이션 프로그램	에너지 분석에 사용된 알고리즘의 특성
시공 오차	건물이 설계대로 시공되지 않을 경우 에너지 사용량에 차이 발생
건물 사용	에너지 모델링시 가정한 건물 운영 및 시스템 운전 스케줄이 실제와 상이함
외기 조건	기상 데이터와 해당 운전 년도의 외기 조건이 일치하지 않음

이러한 요인들로 인하여 건물 에너지 분석이 에너지 소비량과 비용의 절대적 값을 예측하는 데에는 한계를 갖고 있을 수 밖에 없다. 그럼에도 불구하고 에너지 분석은 에너지 측면에서 더 나은 건물의 설계안을 선택하기 위한 상대적이고

합리적인 값을 제공하는 확실한 방법이다. 건물 에너지 분석을 실제 값의 반영이 아닌 의사 결정의 도구(tool)로서 이해하고 활용하여야 한다.

이러한 도구를 사용하는 데에 있어서 설계상에서 결정되지 않은 많은 변수들은 에너지 분석 프로그램을 다루는 사람의 판단에 의존할 수밖에 없다.

따라서 필연적으로 건물 에너지 분석의 결과는 사용되는 프로그램의 질 뿐 아니라, 프로그램을 다루는 사람의 경험과 기술력에 영향을 받게 된다.

프로그램을 다루는 사람은 건축의 디자인적 측면부터 기계·전기 설비 시스템(시스템의 선정 및 제어)까지의 전반적 이해를 갖고 있어야 하며, 뿐만 아니라 친환경 건축물 인증을 받는 경우에는 이와 관련된 법규 및 기준에 대한 내용도 습득하고 있어야 한다.

#### 4. 결론

에너지 절약적인 건물을 설계하기 위하여, 건물 에너지 분석의 개념에 대하여 이해하고 설계 단계별로 적절하게 활용하여야 한다. 다양한 요인으로 인하여 에너지 분석을 통하여 얻은 결과가 실제의 값과 달라질 수 있으며, 건물 에너지 분석을 실제 값의 반영이 아닌 의사 결정의 도구로서 파악하여야 할 것이다. 분석의 오차 요인을 최소화하기 위하여 경험과 기술력이 풍부한 사람이 에너지 분석 프로그램을 다루어야 하며, 설계 초기단계부터 에너지 분석이 관여되었을 때 가장 큰 효과를 낼 수 있다. 또한 건축 설계에 참여하는 모두가 건물의 에너지 분석에 대한 전반적인 이해를 갖고 있어야 에너지 전략의 방향이 바르게 진행될 것이다.

#### 〈References〉

1. ASHRAE Handbook Fundamentals, 2009
2. ASHRAE Standard 90.1-2007 Energy Standard for Buildings except Low-Rise Residential Buildings, 2007
3. USGBC, Advanced Energy Modeling for LEED Technical Manual v2.0, 2011

- 이윤정 e-mail : lee.younjung@pbworld.com
- 김상훈 e-mail : kim.sanghoon@pbworld.com
- 전준용 e-mail : jun.jy@pbworld.com