

건물에너지 평가 프로그램 소개 및 이를 이용한 사례분석

글 | 홍구표 | 건축기술부 대리 || 전화 : 02-3433-7722 || E-mail : gphong@ssyenc.com
 글 | 조정훈 | (주)피앤디소프트 대표이사 || 전화 : 02-553-8178 || E-mail : newbiz@pndsoft.com

1 | 개요

LED 또는 고효율 조명을 설치하면 냉방시스템이 얼마나 줄 수 있을까? 창 면적을 늘리거나 줄이면 에너지 소비량이 얼마나 변화가 있을까? 고효율 장비를 사용하면 에너지 절약은 얼마나 될까? 건축물을 설계할 때 이러한 의문에 대해 이전에는 설계자의 직관에 의해 진행하거나 이러한 사항들을 무시하고 입면 및 내부 디자인을 더욱 고려하였으나 지금의 현실은 달라지기 시작하였다.

국가에서는 녹색건축물 활성화를 위해 2020년까지 건축물에 의한 온실가스 배출량을 31~35% 감축하는 것을 목표로 신규 건축물의 에너지 기준 강화 및 기존 건축물의 에너지효율 개선 등의 정책을 추진하고 있으며 에너지 성능 총량 및 각 부하에 대한 정량적 평가를 요구하고 있는 추세이다. 에너지 성능을 정량적으로 분석하기 위해 평가 프로그램을 활용하고 있으며, 아직까지는 국외 프로그램과 전문가에게 의존하고 있는 것이 현실이다.

이에 본고에서는 많이 사용하고 있는 국외 프로그램 소개 및 최근 국내에서 개발된 프로그램을 이용하여 사례를 분석하는 과정 및 결과를 소개하고자 한다.

2 | 에너지 시뮬레이션 프로그램 소개

현재 국내에서 가장 많이 사용하고 있는 에너지 프로그램인 DOE-2, e-QUEST, TRNSYS, ESP-r, Energy Plus와 IES사의 VE 등을 간략히 소개하며 최근 국내에서 개발된 CE3를 아래와 같이 소개하였다.

에너지 프로그램들은 크게 프로젝트 정보, 기상 데이터 및 스케줄

입력, 모델생성(Zoning/ 벽, 창문 등 생성), 내부 부하요소 입력(재실자, 조명, 장비 등), 시스템(HVAC)과 Plant 정보 등을 요구하고 있으며 이에 대한 결과로 시간별, 일별, 월별로 에너지 사용량 및 경제성분석 등이 계산되어 나타난다.

2-1. 국외 프로그램

(1) DOE-2

| DOE-2.2-47d 11/26/2010 18:28:05 BDL RUN 2 | | | | | | |
|---|--------|--------|--------|--------|----------|--|
| WEATHER FILE- TMY SECUl KR | | | | | | |
| MIN SOL | OCCUP | LIGHTS | EQUIP | SOURCE | TOTAL | |
| 41.526 | 54.422 | 24.365 | 44.373 | 0.000 | -245.212 | |
| 169.074 | 17.462 | 7.920 | 14.591 | 0.000 | 155.962 | |
| | 13.384 | | 0.000 | 0.000 | 13.384 | |
| 36.144 | 43.575 | 19.794 | 36.497 | 0.000 | -167.861 | |
| 173.772 | 21.104 | 9.560 | 17.914 | 0.000 | 161.617 | |
| | 16.191 | | 0.000 | 0.000 | 16.191 | |
| 21.049 | 37.871 | 17.413 | 32.365 | 0.000 | -99.657 | |
| 207.011 | 33.779 | 15.057 | 27.732 | 0.000 | 240.975 | |
| | 25.806 | | 0.000 | 0.000 | 25.806 | |
| 10.055 | 25.350 | 11.477 | 20.859 | 0.000 | -38.128 | |
| 187.287 | 43.812 | 2.081 | 38.076 | 0.000 | 266.160 | |
| | 33.267 | | 0.000 | 0.000 | 33.368 | |
| 3.170 | 8.075 | 3.506 | 5.965 | 0.000 | -8.363 | |
| 219.438 | 64.039 | 28.597 | 51.899 | 0.000 | 390.175 | |
| | 48.586 | | 0.000 | 0.000 | 52.443 | |

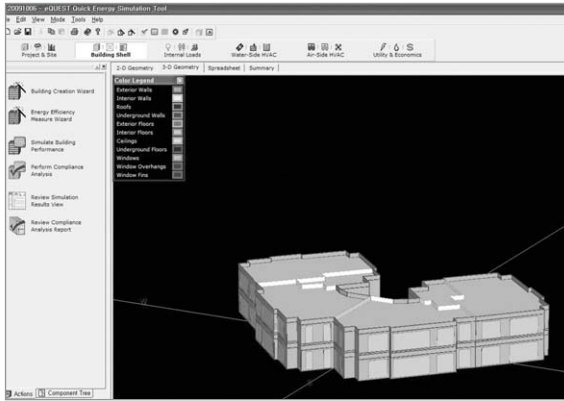
미국 LBNL(Lawrence Berkeley National Laboratory)에서 개발한 건물부하 상세해석 프로그램이며, 이 프로그램은 BDL(Building Description Language) Processor, LOADS, SYSTEM, PLANT, ECON(Economics)의 5개 모듈로 구성되어 있다.

건물의 에너지 소비나 에너지 절약에 대한 계산 및 평가가 신속하게 처리될 수 있다. 매 시간별 냉·난방 부하 해석 및 축열 효과 고려, HVAC 시스템 용량 산정 및 경제성 분석에 활용되고 있다. 모델생성이 쉬운 Visual DOE, EZDOE도 개발되어 사용되고 있다.

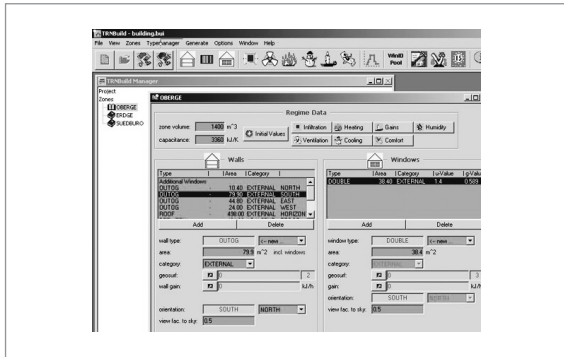
(2) e-QUEST(QUick Energy Simulation Tool)

DOE-2 프로그램에서 마법사 기능과 그래픽 기능을 부가시킨 프로그램으로써, DOE-2.2 엔진을 이용하여 DOE-2의 장점은 그대로 살리면서 기존 프로그램의 문제점인 그래픽 부분과 수치 입력방식을 윈도우 프로그램으로 개선시켜 좀 더 손쉽게 프로그래밍 할 수 있게 되어 있다.

프로그램은 크게 정보입력 → 모델생성 → 내부 부하요소(장비 / 재실자 등) 입력 → 1차 공급 장치 사양 입력 → 2차 분배 장비 입력 → 결과보기 등으로 구성되어 있으며 월별, 연별에너지 사용량과 피크 부하량 및 시기 등을 확인할 수 있다.



(3) TRNSYS(TRAnsient SYstem Simulation program)



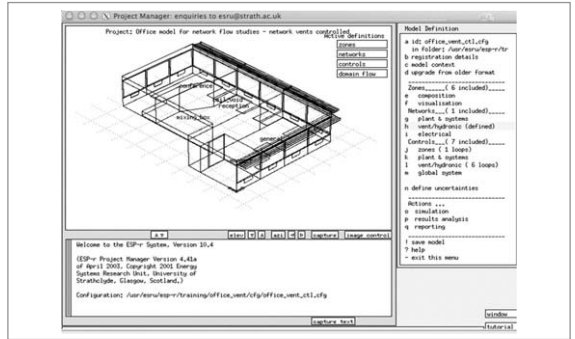
1975년 태양열 시스템의 동적인 시뮬레이션 및 설계를 위하여 미국의 Wisconsin 대학에서 개발되었다. ASHRAE의 전달함수법을 기본 알고리즘으로 적용하고 있으며, 현재 독일과 프랑스 등 세계 각국에서 사용되고 있다.

모듈 형식의 프로그램 구조로 인해 확장성과 호환성이 뛰어난 프로그램이며, 건물과 시스템에 대한 정보를 자세히 입력해야 한다. 건물 구조체의 성능보다는 설비요소와 같은 시스템의 해석능력에 많이 응용되고 있다.

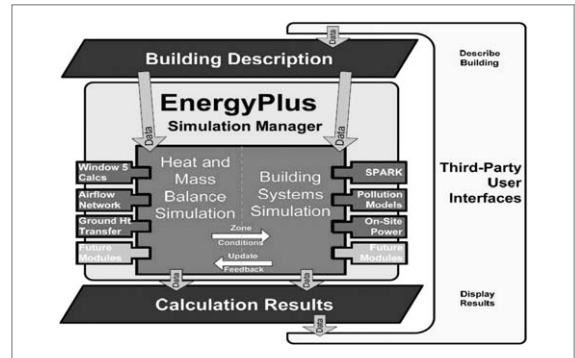
(4) ESP-r(Environmental System Performance-reference)

건물 에너지와 환경성능을 분석하기 위해 1974년 개발되었으며 EU에서 공인하였고, 유한체적법을 기본 알고리즘으로 적용하고 있는 프로그램이다. 건물의 형태, 기류, 열원설비 등의 복잡한 시스템들을 입력할 수 있다.

자연채광 이용, 자연환기, 난방, 전력생산, BIPV 입면과 CFD 등의 시뮬레이션이 가능하며 강력하고 유연한 프로그램이다.



(5) Energy Plus



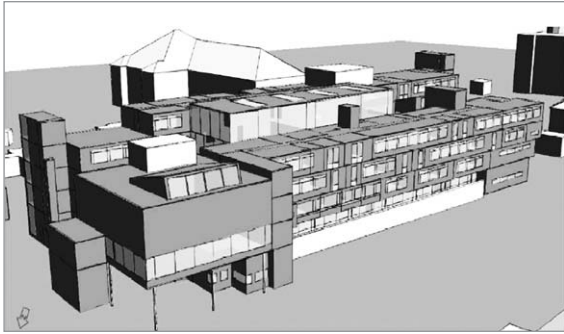
The U.S Department of Energy에서 개발된 프로그램으로 기상자료를 이용하여 부하계산과 에너지 소비 특성을 해석하는 프로그램이다. DOE-2와 BLAST의 장점들을 기반으로 하여 새로운 기능들을 추가하여 만든 프로그램이다.

건물의 열 및 습기 전달의 계산이 가능하며 AirFlow Network, TRNSYS 등 다른 시뮬레이션 프로그램들과 연동 사용이 가능하다.

(6) VE(Virtual Environment)

영국 IES사에서 개발된 모듈화로 구성된 에너지 프로그램이며, 아래의 모듈을 이용하여 개별해석 및 통합 연동해석이 가능하다. ModelIT(모델생성) / SunCast(태양열 및 음영 분석, 차양 장치 분석가능) / ApacheSim(열해석 엔진, 자연환기 및 HVAC시스템 성

능을 분석, 실별 열적성능을 평가) / FLucsDL (실내조도 계산 및 자연 채광량 분석) / Radiance(복사량 분석 및 조명설계 분석) / MacroFlo(기류분포 해석) / MicroFlo (전산유체역학 해석 모듈) / ApacheHVAC(HVAC 장비 사양 및 조절결정) 등의 모듈을 이용한다.



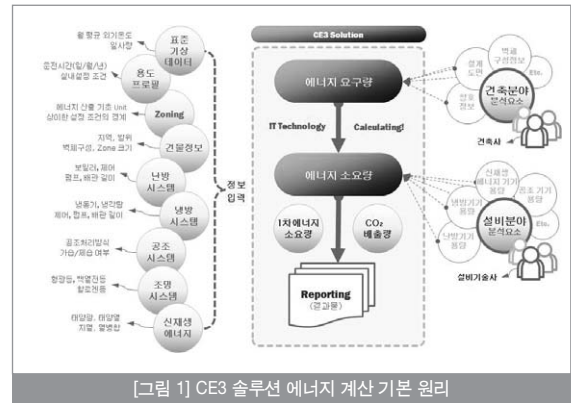
2-2. 국내프로그램 - CE3

(1) 개요

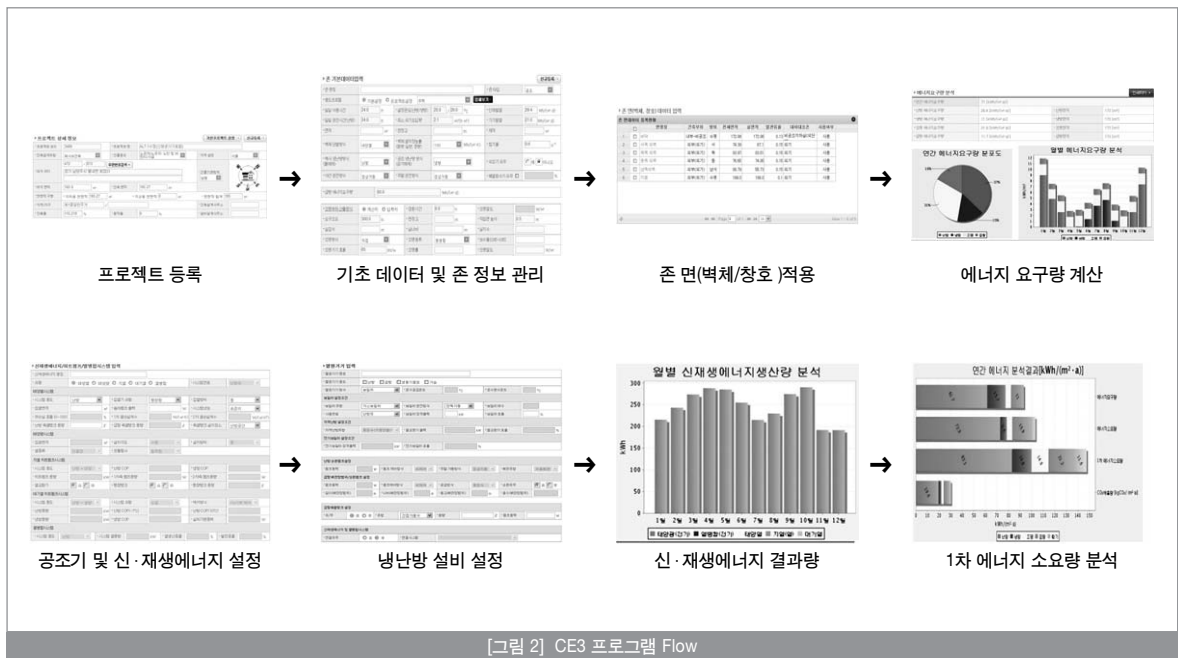
CE3는 유럽의 건물 에너지성능지침 EPBD(Energy Performance of Building Directives)에 따른 국제표준 ISO13790 및 독일의 건물에너지 성능 평가규격 DIN V 18599를 바탕으로 국내 설정에 맞추어 개발된 Web 기반 건물 에너지 성능 평가 솔루션이며 최근 국내에서 개발되었다.

또한 주거 및 비 주거용 건물 전반에 걸쳐 건축 또는 건축 설비적 특성에 의한 에너지 흐름의 상호작용을 종합적으로 고려해 난방, 냉방, 조명, 급탕 및 환기에 요구되는 에너지를 정량적으로 분석할 수 있다. 신축건물의 경우 설계 단계에서부터 에너지 성능에 있어 문제점을 미리 파악해 최적화 방향을 제시할 수 있을 뿐만 아니라 연간 필요로 하는 에너지 비용이나 배출되는 이산화탄소량을 사전에 예측할 수 있다.

또 기존 건물의 리모델링의 경우 에너지 성능을 부분적 또는 전반적으로 개선할 수 있는 방향을 선택적으로 제시할 수 있는 솔루션이다. 주택, 업무용 건물 전반에 걸쳐 건물에너지의 정량적 분석과 1차 에너지 소요량, 신·재생에너지 및 CO₂ 배출량 분석이 가



[그림 1] CE3 솔루션 에너지 계산 기본 원리



[그림 2] CE3 프로그램 Flow

능하다. 또 Online화와 한글화로 사용이 더욱 편리해졌으며 사용자 중심 편의성 기능이 강화됐다. Web 기반으로 사용자가 장소 및 시간에 구애 받지 않고 사용 가능하며 Windows 기반 솔루션에 비해 프로그램 관리 및 유지가 쉽다.

또한 건물의 기본방위 변경이 편리해 프로젝트 구성 완료 후 기본방위만 변경하면 주벽체 및 귀속면 방위도 자동적으로 변경 적용된다. 대규모 프로젝트를 수행할 때 프로젝트를 공유할 수 있는 기능과 대규모 프로젝트 및 프로젝트 결과물을 제출할 경우를 위해서 프로젝트 복사 기능을 제공한다.

(2) 구성 및 입력사항

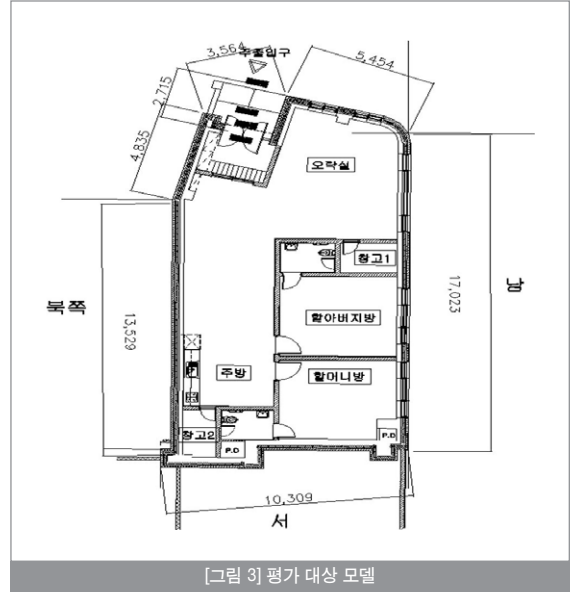
CE3는 크게 건축설계 부문과 설비설계 부문으로 프로그램 구조가 나누어져 있다. 건축설계 부문에서는 에너지 요구량을 계산하기 위한 벽체, 창, 문, 용도프로필, 존 및 면 데이터 정보를 입력하게 되어 있다. 설비설계 부문에서는 에너지 소요량을 계산하기 위하여 공조기기, 열원기기, 냉동기기와 그에 따른 공급 및 분배 정보를 입력하게 되어 있다. 신재생기기는 현재 태양광, 태양열, 지열, 대기열(대기열 히트펌프), 열병합 시스템을 지원하고 있다. 에너지 요구량 및 에너지 소요량이 계산 결과값이 도출되면, 이를 기반으로 1차 에너지 소요량 결과값과 CO₂배출량 결과값을 계산할 수 있다. 입력자가 입력한 데이터는 엑셀형태로 입력 데이터를 확인할 수 있도록 지원하고 있다. CE3에서는 존의 운용조건인 용도프로필을 시간과 사용일수, 급탕 및 조명정보, 최소 외기도입량 및 실내발열 및 실내온도 조건으로 구분하여 입력하도록 설계되어 있다.

결과값으로 난방, 냉방, 급탕, 조명, 환기 부분으로 세부적인 에너지 요구량, 에너지 소요량 및 1차 에너지 소요량으로 도출된다. 이는 좀 더 세부적으로 월별 분석된 데이터를 상세하게 도출되어 사용자가 쉽게 에너지 시뮬레이션에 대한 다양한 검토가 가능하다.

3 | CE3를 통한 사례 분석

3-1. 대상 모델

공동주택의 부대시설 중 경로당을 대상으로 저에너지 건물을 계획하였다. [그림 3]과 같이 거실 개념인 오락실과 할아버지, 할머니방과 각각 화장실이 설치되고 주방 및 창고가 구성되어 있다. 에너지 해석은 시뮬레이션을 하는 평가자의 평가 방법 및 해석에 따라서 조금씩 결과값이 달라지기 때문에 본 에너지 해석은 샘플



[그림 3] 평가 대상 모델

<표 1> 기본 정보(기초데이터)

| Contents | | Alt-1 | Alt-2 |
|------------------|--------------------------|-----------------------------|-------------------|
| U-value (W/m²K) | Roof | 0,26 | 0,17 |
| | Wall | 0,31 | 0,11 |
| | Floor | 0,29 | 0,15 |
| | Window | 2,8(g-value:0,57) | 1,13(g-value:0,5) |
| | Door | 3,1(g-value:0,76) | |
| Elec. | Light | 32W×2×12 (300lux 이상) | |
| | Vent. | 용도프로필 참조 | |
| | Pump | 보일러 운전 시 순환펌프 | |
| | Misc. | 가전기기(냉장고, TV 등) | |
| Mechanic | Boiler | 현재 지역난방 (개별보일러 설치로 가정) | |
| | Aircon. | 냉방용량 : 23kW | |
| Etc | Occupant | 20명 | |
| | Design Temp. | Heating : 23℃ Cooling : 26℃ | |
| | Infiltration | 0,2 ACH | |
| Renewable Energy | 태양광 시스템 (면적30㎡ 설치, 남향배치) | | |
| Schedule | 08시~22시(매일 사용) | | |

을 통한 에너지 해석임을 분명히 먼저 밝혀둔다.

평가 대상인 [그림 3]은 단일 존으로 가정하였으며, Alt-1과 Alt-2로 나누어 평가하였다. Alt-1은 법규를 만족하면서 설계에 보편적

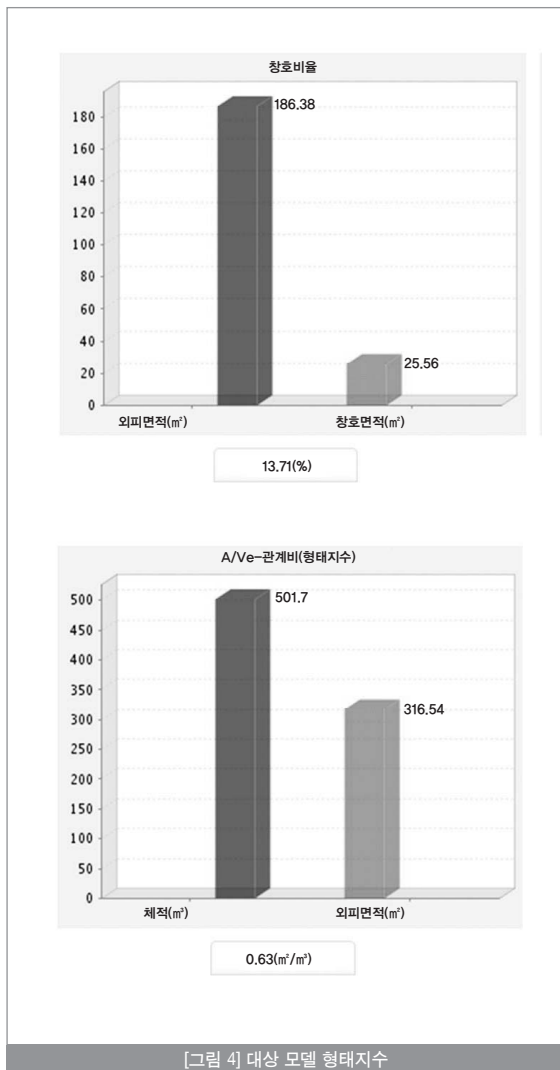
으로 적용되고 있는 단열재, 창호와 설비시스템을 적용하였으며 신·재생에너지인 태양광 시설을 계획하였다. Alt-2는 단열재 두께 증가 및 단열성능이 뛰어난 창호를 적용하였으며 Alt-1과 신·재생에너지 설치는 동일하게 계획하였다.

3-2. 기본 정보 입력

〈표 1〉과 같이 기본 정보를 입력하였다. 벽체, 지붕, 바닥 창호 등 각 부위별 구성요소를 입력함으로써 해당부위 열관류율이 산정 및 입력된다. 또한 조명, 환기, 내부 발열기 등을 입력하여 재실 인원 및 냉/난방 설계온도 등을 입력하였다.

3-3. 결과 및 분석

(1) 모델의 형태지수



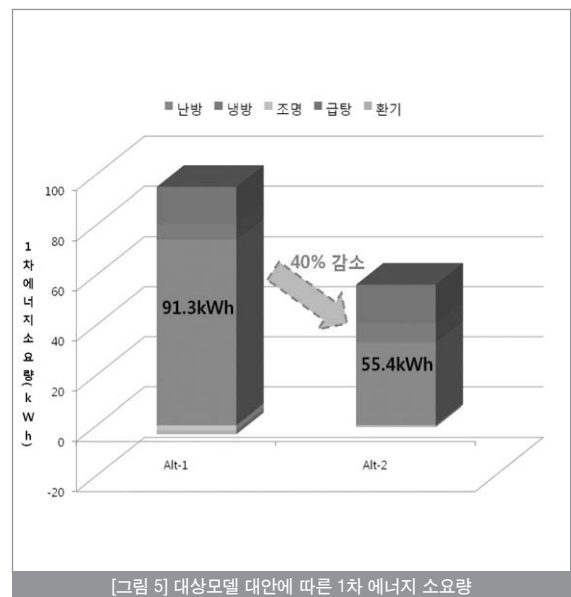
창호비율 및 외피면적 대비 체적의 관계비 분석 결과를 통해서 설계된 모델의 형태지수를 알 수 있다. 창호비율(개구율)은 외기에 접하는 외피면적 대비 개구부면적(창, 문, 유리벽 등) 비율을 의미하며, A/Ve 관계비(형태지수)는 냉난방체적 대비 열류발생 외피면적 관계비를 의미한다. 즉, 창호비율을 통해서 창호를 통한 열손실을 판단할 수 있는 기초 데이터가 되고, A/Ve-관계비를 통해서 모델의 형태에 따른 열손실을 판단할 수 있는 근거가 될 수 있다. 대상모델의 창호비율은 13.71%, 형태지수는 0.63m²/m²로 나타났다.

(2) 에너지요구량 및 1차 에너지 소요량 산정

대상모델을 CE3를 이용하여 Alt-1 과 Alt-2의 에너지 분석을 실시하였고 그 결과를 종합하여 〈표 2〉로 나타내었다.

에너지 요구량은 건물이 필요로 하는 순수 에너지량을 의미하며, 이 요구량을 충족하기 위해 또는 해결하기 위해 해당 설비기기로 인해 소요되는 에너지량이 에너지 소요량이다. 이를 생산하기 위해 1차 에너지원에서 공급해야 할 에너지량이 1차 에너지 소요량이 된다. Alt-1인 에너지 요구량은 91.7 kWh/m²이며, 에너지 소요량은 더욱 증가하나 신·재에너지인 태양광발전시설이 설치되어 있어서 82.7kWh/m²로 감소하게 되었다.

Alt-1과 Alt-2의 1차 에너지 소요량을 [그림 5]에 나타냈으며, Alt-1 보다 Alt-2가 1차 에너지 소요량이 약 40% 이상 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 단열재와 창호의 단열성능이 강화된 자재를 사용하여 약 40% 이상의 에너지 절감을 이루어 냈다.



〈표 2〉 해석 결과

| 에너지 분석 | Alt-1 | Alt-2 |
|------------------------------------|-------|-------|
| 에너지 요구량(kWh/m ² ·yr) | 91,7 | 61,6 |
| 에너지 소요량(kWh/m ² ·yr) | 82,7 | 47,0 |
| 1차 에너지 소요량(kWh/m ² ·yr) | 90,6 | 55,4 |
| 신·재생에너지 생산량(kWh/yr) | 2,956 | |

4 결론

본고에서는 건물에서 사용되는 에너지를 설계 단계에서 미리 예측할 수 있는 에너지 성능 평가 프로그램에 대해 간략히 소개하며 저 에너지로 계획된 건물을 평가한 과정을 나타내었다.

- 현재 국내에서는 에너지 성능을 평가하기 위해서는 국외 프로그램과 전문가에게 의존하고 있으며, 국외 프로그램인 DOE-2, e-QUEST, TRNSYS, ESP-r, Energy Plus와 IES사의 VE 등을 간략히 소개하였다.

- 최근 국내에서 개발된 에너지 평가프로그램인 CE3의 특징과 구성요소들을 살펴보았다. CE3는 Web 기반으로 구성되었고, Online화와 한글로 사용하여 편리하며, 프로젝트 공유 및 복사 기능 등이 있다.

- CE3를 이용하여 공동주택 내 계획된 부대시설의 에너지 성능을 분석하였으며, 저 에너지 건물을 계획하고자 기존안(Alt-1)과 단열재 두께 강화와 창호의 단열성능 강화안(Alt-2)를 정량적으로 비교, 분석하였으며 그 절감량을 예측하였다.

향후 건물 에너지를 평가하는 데 많이 활용될 것으로 기대되며 간단한 입력으로도 신뢰할 만한 결과가 나타나는 프로그램들이 많이 생성되어 설계 단계부터 적극적으로 활용되기를 기대한다. **S**

참고문헌

1. 「Energy Plus 부하해석프로그램」, 공성훈, 설비저널 v.29 n.7(2000-09)
2. 「에너지 절약형 건축설계 점검프로그램 개발」, 조동우외, 에너지관리공단 1994년
3. 「Energy Plus를 이용한 건물에너지 해석 및 BIM 활용」, 문현준, 한국설비기술협회, 2009년
4. www.iesve.com
5. http://www.energy.gov/ Building Energy Software Tools Directory
6. www.kihoo.co.kr

