

## 에너지절약을 위한 건축설계 점검프로그램개발

### Program Development for Energy Efficient Building Design

조 동 우  
D. W. Cho  
한국건설기술연구원



· 1959년생  
· 바닥난방시스템의 설계기술 및 건축물에너지절약 설계 기준에 관심을 가지고 있다.

#### 1. 서 론

건물의 에너지 절약문제는 지구환경보존의 측면을 포함하여, 경제적인 잇점 뿐 아니라 타산업에 미치는 파급효과, 그리고 건물의 거주자를 위한 쾌적한 환경의 창출이라는 면에서 매우 중요하고도 절실한 문제이다. 특히 에너지 다소비형 건물인 사무소건물을 비롯한 상업용 건물의 경우, 대형화 및 고급화 경향에 따라 에너지 사용량이 급격히 증가하고 있으므로 이들 건물에 대한 보다 과학적인 에너지 절약대책이 요구되고 있다.

선진외국에서는 건물에서의 에너지 절약을 위해 외피의 열취득, 손실을 비롯하여 기밀성과 결로방지에 이르기까지 체계적인 연구를 통한 기초 설계자료와 성능기준이 제시되고 있다. 최근 미국의 ASHRAE Standard 90.1-1989에서는 건물설계의 융통성을 고려하면서 설계자가 건물의 각 부위에서 일어나는 부하요소의 복합적 관계를 고려하여 에너지효율적인 설계를 할 수 있도록

개선된 기준을 제시하고 있다.

우리나라는 건물의 에너지절약기준으로서 주로 기후조건을 고려한 구조체의 단열과 환경수준의 조정 등과 같은 방법에 의존하고 있는 실정다. 그러나 이러한 방법은 내부 발열이 많은 상업용 건물에 대해 적절한 대안을 제시해 줄 수 없으며 최근 급격히 증가되고 있는 냉방 에너지에 효과적으로 대처할 수 없는 것이다.

따라서 본 연구에서는 사무소건물을 대상으로 기준적인 성격을 갖고 있으면서 설계자들에게 설계의 융통성을 부여하고 에너지 절약적인 건축설계를 위한 대안 제시 및 개선된 성능결과를 판단할 수 있는 건축설계 점검프로그램을 제시코자 한다.

#### 2. 건물의 냉·난방 부하계산 및 에너지 해석법

건물의 냉난방 공기조화설비는 인공적으로 쾌적한 환경을 유지하기 위한 것으로 건물에서의 에너지소비와 직접적인 관계가 있

표 1 선진국의 비주거용 건물의 에너지절약기준 및 관련 프로그램

국 가	건물에너지 절약기준 및 관련프로그램 개발 동향
일 본	<p>□ 에너지사용의 합리화에 관한 기준 :</p> <p>연간 열부하계수(PAL), 공조에너지소비계수(CEC) 이용                      → 에너지소요량의 정량적 평가 가능</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지평가용 간이프로그램 : BECS / CEC 등</li> <li>· 에너지평가용 상세프로그램 : HASP / ACLD 8501</li> </ul>
미 국	<p>□ ASHRAE 기준 :</p> <p>건물외피 열성능검토표(ACP table) 및 간이프로그램 이용                      → 건물설계자의 자율성부여 및 에너지절약적 건물설계 유도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지평가용 간이프로그램 : ENVSTD</li> <li>· 에너지해석용 상세프로그램 : DOE-2, BLAST 등</li> </ul>
영 국	<p>□ 건축법규 - conservation of fuel and power :</p> <p>정부공인의 에너지평가법(Standard Assessment Procedure Energy Rating)에 의한 등급설정 및 총량적 개념의 기준 적용</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>· 에너지평가용 간이프로그램 : Ergon 등</li> <li>· 에너지해석용 상세프로그램 : ESP - II</li> </ul>

다. 공조 열부하계산은 기간 열부하의 산정을 목적으로 하는 것과 장치설계용의 최대 열부하의 산정을 목적으로 하는 것으로 크게 나눌 수 있다. 기간열부하의 산정은 공조 시스템의 기간에너지소비를 계산하는데 필요한 것으로 냉·난방도일법, 전부하상당한전법, BIN법, 동적열부하계산법 등이 있다.

최근 에너지절약에 대한 관심이 높아짐에 따라 열부하 계산시 단순히 공기조화시스템의 설계와 열원장치의 선정에만 국한되지 않고 건물의 에너지소비량을 예측하여 시스템을 평가할 수 있는 정확한 부하계산 방법이 요구되고 있다. 이에 따라 건물의 냉난방 부하를 계산하는 방법으로 비정상 열전달이론을 기초로 한 부하계산용 컴퓨터 프로그램이 개발되고 있으며, 최근에는 건물 에너지절약을 위한 단열기준과 연계하여 다양한 에너지 해석법들이 활용되고 있다.

선진외국의 건축물 관련 법규를 살펴보면 에너지 절약기준이 연간 냉난방부하와 같은

총량적인 개념으로 전환이 되고 있으며 이를 위해 건축 설계 단계에서 손쉽게 평가할 수 있는 평가 프로그램들이 동시에 개발되고 있다. 표 1은 비주거용 건물에 대한 선진국의 에너지 절약기준과 이와 관련하여 개발·활용되고 있는 에너지해석용 프로그램을 나타낸다.

### 3. 건물의 냉·난방부하 예측모델 개발

에너지 절약적인 건물설계를 위해서는 초기 설계단계에서부터 건물의 여러가지 특성을 고려한 최적의 설계가 되어야 한다.

이를 위해서는 정확한 입력자료의 선정과 냉난방부하의 계산 및 합리적인 해석이 수행되어야 하며, 이러한 과정에서 많은 입력자료가 필요하게 되고, 해석을 위한 알고리즘의 개발이 필수적으로 따라야 한다.

또한 건물외피는 단일 부위의 성능이 다른 부위의 열성능과 서로 상호작용에 의해

복합적으로 작용하므로 해석이 단순 용이하지 않다. 상세 해석 프로그램은 이러한 현상에 대한 정확한 해를 도출할 수는 있으나 건물의 물리적 현상에 대한 분명한 이해와 전문적인 교육이 필요하므로 쉽게 사용하기에는 어려운 실정이다.

따라서 선진외국에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 상세해석프로그램의 개발과 함께 사용자 위주의 간이계산법에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있으며, 미국 ASHRAE에서 개발한 ENVSTD 프로그램이나 일본의 PAL, CEC와 같은 평가도구들이 이러한 대표적인 예이다.

미국 ASHRAE에서 개발된 ENVSTD 프로그램은 정확도는 정밀해석프로그램의 수준을 갖고 있으면서 사용법은 기존의 간이계산법에 비해 훨씬 간단한 방법으로 회귀모형을 이용하고 있다. 즉, 선행적으로 수많은 정밀시물레이션을 실시하여 데이터베이스를 구축한 뒤 이를 근거로 연간 부하예측을 위한 회귀모형을 사용하는 것이다. 이방법의 장점은 부하변수들의 상호관계가 함수식으로 제시됨으로써 부하요소간의 관계를 그래프로 자유롭게 표현할 수 있다는 것이다. 따라서 일반 사용자는 복잡한 계산과정을 이해할 필요가 없으며, 부하요소의 변화에 따른 연간 부하변동이나 설계대안에 대하여 한눈에 평가하는 것이 가능하다.

따라서 본 연구에서는 이런 많은 장점을 갖고 있는 ASHRAE의 ENVSTD 프로그램 개발 과정을 기초로 하여, 상세해석 프로그램의 하나인 DOE-2 프로그램을 이용한 컴퓨터 시물레이션을 통해 건물 에너지 관련 변수들이 건물부하에 미치는 영향정도와 변수간 상호관계에 대한 데이터베이스를 구축하고 이를 개발프로그램의 기초데이터로 활용하여 부하 예측 모델을 제시하였다.

### 3.1 부하예측모델의 설정 이론

부하예측 모델의 설정에 있어서 일반 통계적 분석법으로는 정확한 예측식을 도출하

기 어렵다. 통계적 수법에서 일반적으로 예측식을 도출하기 위하여 이용하는 것은 회귀모형을 설정하는 것이다. 정확한 회귀모형을 위해서는 종속변수에 영향을 미치는 독립변수가 설정되어야 하므로, 부하 예측모델의 개발에 있어 가장 중요한 작업은 변수의 개발이다. 각 설계요소가 연간부하에 미치는 영향은 변수간의 상호작용에 의하여 복잡하게 작용하기 때문에, 상호작용에 대한 변수설정은 기존의 방법으로는 만들 수가 없다.

따라서 본 연구에서는 이러한 상호작용의 영향을 명확하게 파악하기 위하여 다음과 같은 방법을 사용하였다.

① 설계 관련 기본 변수 및 건물의 열부하 계산에 기본적으로 적용되는 변수(창의 투과일사요소, 벽체의 전도요소, 창의 전도요소 등)를 우선 적용하여 회귀식을 구한다.

② 이 때의 잔차(residual)를 관찰하여 잔차 발생의 주요 원인 인자들을 알아내고 이들의 상호작용을 설명할 수 있는 새로운 변수를 발생패턴에 따라 수학적으로 구성한다.

③ 이를 독립변수에 추가, 새로운 회귀식을 만든다.

④ 다시 잔차를 관찰하여 상호작용 인자들의 관계를 추정하고 수학적으로 잔차를 줄일 수 있는 새로운 변수를 도입한다.

⑤ 이상의 과정을 각 주요변수를 중심으로 반복하여 실행함으로써 잔차를 줄인다.

⑥ 정확도가 높은 부하예측모델을 완성한다.

### 3.2 건물부하 산정을 위한 기본모델 및 관련인자 선정

#### • 모델건물의 설정 및 시물레이션 조건

본 연구에서는 시물레이션을 위해 사용된 모델건물의 개요는 그림 1과 같다. 즉, 본 부하계산에서는 전형적인 건물형태에 대하여 외벽으로 부터 4.6m 깊이의 실내까지를 외주부로 설정하고, 각 방위별 외주부의 냉

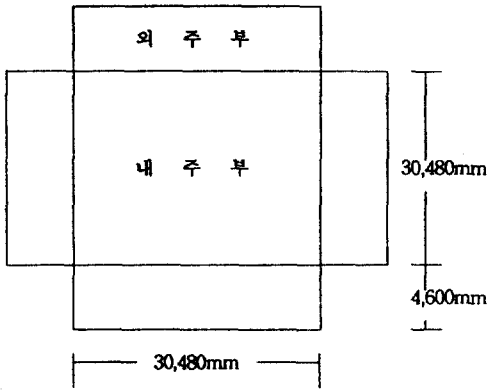


그림 1 모델 건물

난방부하를 산출토록 하였으며 방위에 따른 영향을 동일한 조건에서 분석하기 위하여 건물형태는 정방형으로 가정하였다. 또한 건물 설계인자의 구성에 따른 건물의 열성능을 평가하기 위해 주요 설계인자 이외의 다른 조건은 건물 에너지 해석시 표준적인

기준 및 조건을 고려하여 설정하였다. 공조 운전을 위한 시스템조건은 FCU시스템(외주부)+CAV시스템(내주부)를 사용하여 이를 기본 공조시스템으로 설정하였다.

본 시뮬레이션은 건물의외피인자에 의한 부하를 산정하기 위한 것으로 건물부하에 영향을 미치는 인자인 건물방위, 창면적비, 유리창의 차폐계수, 창호와 벽체의 열관류율, 벽체의 열용량, 차양의 길이 및 실내발열밀도 등의 변수를 실태조사 자료를 참조하여 설정하였다. 표 2는 시뮬레이션을 위한 건물 변수의 입력조건이다.

### 3.3 부하예측모델의 개발

건물의 열성능에 영향을 주는 주요 외피 요소(표 2 참조)를 독립변수로 하고 외피를 통한 부하요소인 창을 통한 일사열획득 부하, 불투명벽체를 통한 열전도 부하, 틈새바람에 의한 부하, 실내 발열밀도에 의한 부하 등을 각기 종속변수로 하여 그 회귀 관계식을 방위별, 냉방, 난방별로 도출하였다. 방

표 2 부하산정모델에 고려된 설계변수

변 수		인 자	횟 수	단 위
건 물 방 위		N, NE, E, SE, S, SW, W, NW	8	
외벽	단열재두께(열관류율)	30, 60, 90, 120	4	mm
	벽체두께(열용량)	25, 75, 125	3	mm
	외벽의 색깔(일사흡수율)	0.2, 0.5, 0.8	3	
창	열관류율	2.3, 3.0, 3.7	3	W/m <sup>2</sup> ℃
	창면적비(창면적/외피면적)	0, 0.2, 0.4, 0.6	4	
	차폐계수	0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8	4	
	차양계수	0, 0.2, 0.4, 0.6	4	
	침기량	0, 0.45, 0.90	3	m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup>
실내 발열 밀도	조명기기	0, 15, 30	3	W/m <sup>2</sup>
	사무기기	0, 3, 6	3	W/m <sup>2</sup>
조명제어시스템 사용여부		미사용, 사용	2	

위별 냉방 및 난방 부하는 각 부하요소별 회귀식을 합하여 산출할 수 있다.

종속변수에 상대적으로 큰 영향을 주는 주요 독립변수로 대하여 영향이 작은 다른 독립변수의 계수가 보조적 계수로 작용하는 현상으로 인하여, 일반적인 중회귀 분석에서는 기여도가 낮은 변수는 자체적인 의미를 갖지 못하는 경우가 있다. 이와 같은 오류를 방지하기 위하여, 본 연구에서는 전체 부하를 각 요소별로 분류하여 회귀분석하였다.

다음은 건물 방위별 각 부위의 연간부하를 예측하는 방정식의 구성을 나타낸다.

$$Y_{load-part-direct} = \sum \sum \sum COE_{load-part-direct} \times A_{load-part-direct-coeff}$$

- load : 냉 · 난방부하
  - load 0 : 냉방부하+난방부하
  - load 1 : 냉방부하
  - load 2 : 난방부하
- part : 건물의 부하요소
  - part 0 : 부위별 열부하의 합
  - part 1 : 불투명벽체를 통한 열부하
  - part 2 : 침기에 의한 열부하
  - part 3 : 유리를 통한 전도열부하
  - part 4 : 유리를 통한 복사열부하
  - part 5 : 실내발생열부하
  - part 6 : 조명기기발열부하
- direc : 방위별 부하
  - direc 0 : 각 방위별 부하의 합
  - direc 1 : 동향 외주부
  - direc 2 : 북향 외주부
  - direc 3 : 남향 외주부
  - direc 4 : 서향 외주부
  - direc 5 : 외주부
- coeff : 변수요소
  - coeff 1 : 변수 1의 회귀계수
  - coeff n : 변수 n의 회귀계수

즉 Y111은 동향 외주부의 벽체를 통한 열 획득(냉방부하)를 의미하며, Y121은 동향외

주부의 침기로 인한 열 획득(냉방부하)를 의미하므로, 동향 외주부의 연간 총냉방부하는

$$Y_{101} = Y_{111} + Y_{121} + Y_{131} + Y_{141} + Y_{151} + Y_{161}$$

또한 건물전체의 연간냉방부하는

$$Y_{100} = Y_{101} + Y_{102} + Y_{103} + Y_{104} + Y_{105}$$

와 같이 구할 수 있으므로,

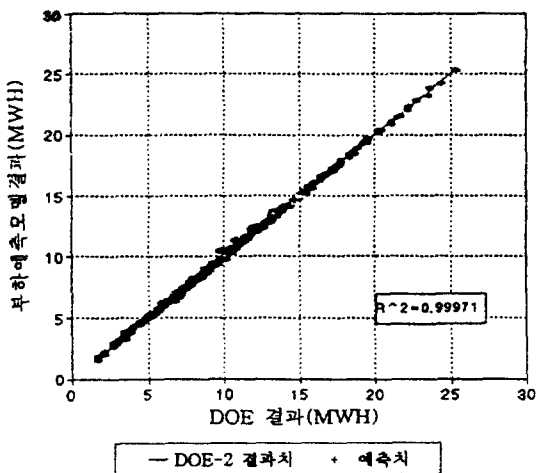
건물의 연간 총부하는

$$Y_{000} = Y_{100} + Y_{200}$$

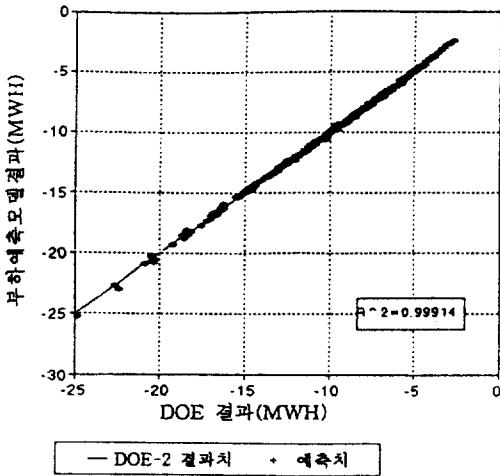
이상의 방정식을 이용하여 건물의 각 부위별 및 방위별 부하와 총부하를 구할 수 있다.

### 3.4 부하예측모델의 타당성 검증

다음 그림 2는 서향 외주부의 전체부하에 대한 부하예측치와 DOE-2 시뮬레이션 결과치와의 관계로, 설명계수(R<sup>2</sup>) 값이 0.99971 및 0.99914로 나타나 설명력이 매우 높은 것을 알 수 있다. 또한 각 부하요소별 예측모델의 예측도도 0.9697~0.9995로 높게 나타나고 있다. 또한 외피인자의 변화에 따른 예측모델의 냉 · 난방부하값과 DOE-2 결과치를 분석한 결과가 유사한 경향을 보이고 있어 본 부하예측모델은 비교적 정확성을 갖는 것으로 사료된다.



(a) 냉방부하



(b) 난방부하

그림 2 외주부의 냉·난방부하 예측모델의 비교(서향)

#### 4. 에너지절약형 건축설계점검프로그램의 개발 및 활용

##### 4.1 프로그램의 개요

본 설계점검프로그램은 초기설계단계에서 건물부하를 손쉽게 예측평가함으로써 건물 형태, 구조 및 설비시스템에 대해 효율적인 에너지 절약설계가 가능하도록 하고 건물에서 소비되는 에너지를 합리적으로 이용코자 하는데 주 목적이 있다.

따라서 본 연구에서 제시되는 프로그램은 설계 초기단계에서 건물부하 관련변수의 변화에 따른 연간부하나 설계대안에 따른 건물에너지 성능을 평가하기 위한 점검 및 평가도구로서, 비교적 높은 수준의 정확도를 가지면서 사용자가 간편하게 사용할 수 있도록 고려하였다.

##### 4.2 프로그램의 구성

###### 4.2.1 적용시스템의 구성

본 개발프로그램의 적용환경이 될 개인용 컴퓨터는 국내에서 기생산되는 컴퓨터의 한글사용시, 문제가 되는 그래픽보드의 특징

과 한글카드의 종류에 따라서 각기 다양한 특성을 나타내는 제한조건을 수용할 수 있도록 하였다. 즉 본 프로그램에서는 각종 컴퓨터에서 호환가능한 에뮬레이터(emulator) 방식을 채택함으로써 프로그램의 적용성을 높일 수 있도록 하였다. 다음은 본 프로그램의 작성을 위해 사용된 프로그래밍 언어 및 컴퓨터 시스템이다.

- 컴퓨터 : IBM호환기종
- 그래픽보드 : 표준VGA
- 사용언어 : KS완성형(에뮬레이터 방식)
- 사용언어 : C-language(Borland C++ 4.0)

###### 4.2.2 프로그램의 구성

건물설계점검 프로그램은 크게 부하점검 모듈, 건물자료입력 모듈, 실행 및 출력 모듈, 시스템평가 모듈, 상세해석 프로그램 모듈, 화일관리 모듈 등으로 구성된다.

프로그램의 개략적인 구성 및 프로그램의 화면은 다음 그림 3, 그림 4와 같다. 초기화면은 그래픽사용자방식(Graphic User Interface)을 채택하여 실행하고자 하는 모듈에 대해 마우스로 관련 아이콘(icon)을 직접선택함으로써 실행시킬 수 있도록 하였다.

###### (1) 부하점검모듈

부하점검모듈은 건물외피 구성요소들에 대한 에너지절약적인 설계를 위해 실시하는 개략적인 사전점검단계이다. 즉, 건물 에너지소비에 큰 영향을 주는 건축계획요소(창면적비, 창호 및 벽체의 열관류율, 차폐계수, 내부발열밀도 등)에 대한 대안선택표(평가용 시트)를 제시하여 건물설계자가 이 표를 통해 쉽게 에너지절약적인 설계를 할 수 있도록 하였다.

###### (2) 건물자료 입력모듈

건물자료입력 모듈은 건물일반조건과 건물평면구성, 외벽구성, 창호구성, 실내발열조건, 입력확인 등의 5개 부모모듈로 구성된다. 프로그램은 사용자가 손쉽게 관련자료를 입력할 수 있도록 각 입력항목마다 입력범위, 도움말이 제시되어 있다. 건물자료 입

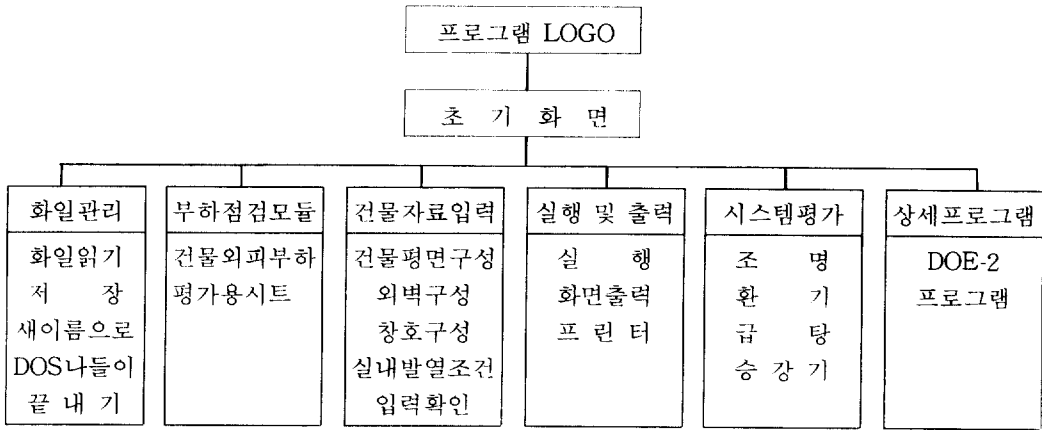


그림 3 개발프로그램의 구성

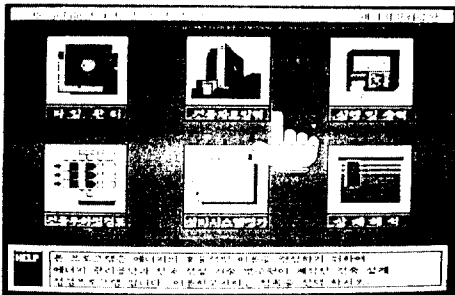


그림 4 프로그램 초기화면

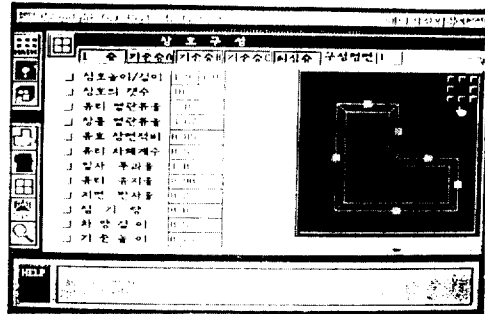


그림 5 건물자료 입력화면

력모듈의 화면에 입력하고 있는 건물의 평면형태를 나타내줌으로써 자료를 잘못입력하는 것을 방지하도록 하였다. 특히 DOE-2, ESP-II, HASP 등 기존의 건물부하해석 프로그램이 갖고 있는 해석의 정밀도는 높으나 일반인이 사용하기에는 까다로운 입력방식을 갖고 있는 단점을 해결함으로써 사용자가 컴퓨터를 잘 다루지 못하더라도 손쉽게 사용할 수 있도록 하였다. 이와 더불어 표준값(default value)을 미리 설정하여 입력시간을 최소화하였다. 또한 건물벽체를 구성하는 건축재료중 사용빈도가 높은 재료들의 열전도율, 밀도, 비열 등 열적특성치에 대한 기초자료를 데이터베이스화하여 입력시 효과적인 활용이 가능하도록 입력자료

라이브러리를 구성하였다. 이 입력자료 라이브러리는 내장된 일반적인 구성재료의 기본적인 열적특성치를 직접 활용할 수 있으며, 기존 라이브러리의 수정입력도 가능하도록 하였다.

(3) 실행 및 출력모듈

실행 및 출력모듈은 입력내용에 대한 확인 후, 프로그램을 실행하면 부하요소별로 부하예측모듈을 이용하여 결과치를 신속하게 계산하게 되며 부하요소별 또는 총부하를 그래프 및 표로 출력할 수 있도록 하였다. 프로그램의 실행을 통해 대상건물의 연간 냉난방부하 및 방위별 냉난방부하 등이 최종결과로 산출된다.

(4) 시스템평가 모듈

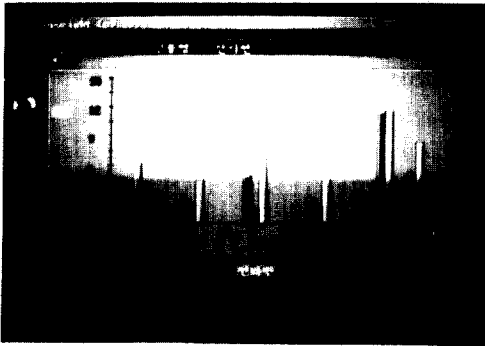


그림 6 프로그램 출력화면

설비시스템에 대한 평가를 위해 별도로 일본의 에너지 소비계수(CEC Coefficient of Energy Consumption)를 국내실정에 맞도록 수정보완하여 제시함으로써 에너지절약적인 건물 설비시스템을 판단할 수 있도록 하였다. 출력결과는 설비시스템(조명, 급탕, 환기, 승강기)의 에너지소요량이 산출된다.

(5) 상세해석 프로그램 모듈

상세해석프로그램 모듈에서는 건축설계 점검 프로그램으로 평가하기 어려운 특수용도 건축물 및 복잡한 형상을 갖는 건축물에 대한 정확한 해석을 위하여 건물 에너지 성능의 상세해석 프로그램인 DOE-2 프로그램을 직접 이용할 수 있도록 본 프로그램과 연계하였다.

(6) 화일관리 모듈

화일관리 모듈은 화일검색기능, 화일읽기 및 저장 등의 기능과 프로그램의 종료기능을 수행할 수 있는 화일관리기능을 마련하였다.

4.3 프로그램의 활용방안

본 점검프로그램은 개발과정에서 도출되는 부하예측식을 이용하여 건물의 초기계획 단계에서 활용할 수 있도록 각종 설계대안이 제시될 수 있기 때문에 다음과 같은 단계별 점검도구로서도 활용이 될 수 있다.

(1) 평가용 시트

평가의 첫단계로서 부하점검모듈에 있는 평가용 시트를 이용하여 건물의 초기계획단계에서 개략적으로 각종 설계대안의 검토를 위해 사용된다. 평가용 시트를 이용하여 첫 번째 검토단계에서 제시하는 설계항목을 만족하지 못하였을 경우에는 점검프로그램을 이용하여 보다 상세한 검토를 진행하여야 한다.

(2) 점검프로그램

평가의 두번째 단계로 부하예측을 위한 회귀모델을 이용하여 설계단계에서 설계도면 및 관련자료가 에너지효율적인 설계가 이루어졌는지를 보다 상세하게 검토한다.

(3) 상세해석프로그램

평가의 최종단계로 특수용도의 건물 또는 복합건물 등 점검프로그램으로 검토가 불가능하거나 새로운 설비시스템의 반영 등 정확한 에너지해석이 요구되는 경우를 위해서 상세해석프로그램으로 검토가능하도록 표준 설계자료가 입력된 컴퓨터프로그램을 제공하여 종합적으로 상세한 검토가 가능하도록 한다.

이러한 평가도구는 단계적 접근방법에 의해 설계의 진행과정에 따라 단계적으로 활용될 수 있으며 각 단계마다 독립적으로 활용될 수 있도록 하여 프로그램의 활용도를 높이고자 하였다.

5. 결 론

본 연구에서 개발한 건축설계 점검프로그램은 기준적인 성격을 갖고 있으면서 설계자들에게 설계유통성을 부여하여 초기 설계 단계에서 유용하게 사용할 수 있을 것이라 판단되며, 신축건물의 에너지절약효과 및 그에 따른 이산화탄소량의 감소효과와 건물 에너지의 사전점검에 의한 에너지절약의 효율화 등을 기대할 수 있다.

본 연구를 통하여 개발된 점검프로그램에 대한 주요 연구결과를 살펴보면 다음과 같다.



(1) 본 연구에서 개발한 에너지절약을 위한 건축설계 점검프로그램은 기준적인 성격을 갖고 있으면서 건물설계자들에게 설계용 통성을 부여하여 프로그램 사용자가 건물의 초기 설계단계에서 유용하게 사용할 수 있을 것이라 판단된다.

(2) 본 프로그램에 사용된 부하예측모델은 미국 ASHRAE기준을 연구의 기본모델로 설정하여, 건물의 열성능에 영향을 주는 주요설계변수 설정, 각 변수의 변화에 따른 건물부하 산정, 데이터베이스 구축 등의 부하예측모델 개발과정을 거쳐 만들어진 것으로, 통계적 신뢰도가 비교적 높아 부하예측모델로 충분히 유의도가 있는 것으로 판단된다.

(3) 본 프로그램은 건물의 초기계획단계를 위한 외피설계용 평가시트, 건축설계점검프로그램, 기타 특수용도 건물 등의 분석을 위한 상세해석프로그램을 제공하여 프로젝트의 진행정도에 따라 단계적으로 활용할 수 있으며, 각 단계마다 독립적으로 활용될 수 있도록 하여 프로그램의 활용도를 높이고자 하였다.

### 참 고 문 헌

1. 한국건설기술연구원, 1994, “에너지절약형 건축설계 점검프로그램 개발연구.”
2. 한국건설기술연구원, 1993, “건축물 에너지절약 설계기준 개선연구.”
3. 에너지관리공단, 1989, “에너지절약편람.”
4. ASHRAE, 1993, “Energy Efficient Design of New Buildings Except New Low-Rise Residential Buildings,” ASHRAE/IES STANDARD 90.1-1989.
5. ASHRAE, 1993, “User’s Manual,” ASHRAE/IES STANDARD 90.1-1989.
6. ASHRAE, 1980, “Energy Conservation in New Building Design,” ASHRAE STANDARD 90-1980.
7. B.A. Wilcox, 1991, “development of the Envelope Load Equation for ASHRAE Standard 90.1,” ASHRAE Transaction part 2.
8. D.B. Crawley, 1990, 7, “Standard 90.1’s ENVSTD:a Tool to Evaluate Building Envelope Design,” ASHRAE Journal.
9. Lawrence Berkeley Laboratory, 1982, “DOE-2.1B Engineers Manual, DOE.”
10. 中原信生, 1983, 1, “ビル建築設備の省エネルギー-セクタ-, 東京.
11. 住宅建築 省エネルギー-機構, 1992, “建築物の省エネルギー-基準と計算の手引.”
12. 住宅建築 省エネルギー-機構, 1980, “事務所建物の省エネルギー-基準と計算の手引.”