

[논문] 한국태양에너지학회 논문집  
*Journal of the Korean Solar Energy Society*  
Vol. 21, No. 4, 2001

## 수정빈법을 이용한 냉난방부하 예측 프로그램 개발

이면극\*, 김정태\*\*

\* 여주대학 건축과

\*\* 경희대학교 토목·건축공학부

## Developing The Prediction Program of Heat and Cooling Loads by Modified Bin Methods

M. K. Lee<sup>\*</sup>, J. T. Kim<sup>\*\*</sup>

\* *Dept. of Architecture, Yeojoo Institute of Technology*

\*\* *Dept. of Architectural & Civil Engineering, Kyung Hee University*

### Abstract

It is a time since sustainable architecture become a main issue of design concept in 21C. However, it is necessary to develop the tool estimating energy loads and uses in our architectural conditions for energy saving design. This study aims to develop the E-Load program to predict heat and cooling loads of houses. The program is developed by modified bin methods derived from ASHRAE TC 4.7. It consists of 4 divisions such as files, data inputs, energy load estimations and output options. The main processes of energy load estimations are based on ASHRAE fundamentals. The developed E-Load program is a easy and valid tool to predict heat and cooling loads of buildings.

## 1. 서 론

21세기 환경시대의 도래에 따른 에너지 절약형 환경친화 건축에 대한 요구는 시급한 당면과제로 대두되고 있는 실정이다. 효과적인 에너지 절약형 건축계획을 위해서는 설계계획 단계에서부터 에너지 효율을 신중히 고려하여 실내 환경을 고려한 최적 설비시스템의 채택, 고단열 건축자재의 적용, 그리고 건물 시공 및 유지·관리의 합리화 등이 이루어져야 한다.

이를 위해서는, 다양한 계획조건에 따른 건물의 냉·난방 에너지부하를 계획초기 단계에서 정확히 예측할 수 있는 평가도구가 필요하다. 본 연구는 건물에서 소비되는 연간 냉·난방 에너지 소비량을 비전문가도 손쉽게 평가할 수 있는 평가도구를 개발하는데 연구목적이 있다. 이를 위해, 미국 공조학회(ASHRAE)에서 제안된 수정빈법을 이용하여 평가용 프로그램을 개발하였다.

연구의 순서는 다음과 같다. 먼저, 건물의 냉·난방부하 예측을 위한 계산방법으로 최근 ASHRAE TC 4.7에서 제안된 수정빈법에 관하여 이론적으로 고찰하였다. 또한, 서울지역의 기상조건을 분석하여 외기온도 설정 등 프로그램 실행을 위한 기본조건을 설정하였다.

위에서 고찰된 이론을 근거로 C+ 프로그램을 이용하여 건물의 냉·난방부하 예측용 프로그램인 E-Load 프로그램을 개발하였다. 프로그램은 파일관리, 건물데이터 입력, 에너지 계산 그리고 출력옵션의 4분야로 구성되어 있고, 기본온도 조건에서의 다변 부하를 근거로 에너지 소비량을 계산한다. 그 외의 온도조건에서는 보간법에 의해 건물의 냉·난방부하를 예측한다.

## 2. 수정빈법(Modified Bin Method)에 관한 이론적 고찰

### 2.1 수정빈법의 개요

냉·난방 에너지 소비량 계산을 위한 E-LOAD 프로그램 개발에 적용된 수정빈법은 미국 공조학회 냉동공학회 기술분과위원회(ASHRAE TC 4.7)에서 간이 에너지해석 방법개발 프로젝트(RP-265)에 의해 개발된 냉·난방 부하계산 방식으로 표준빈법을 이용하여 개발되었다.

표준빈법(Bin Method)은 여러 가지 외기 조건에서 일어나는 순간 열부하를 계산하고 그 결과를 외기조건을 포함한 빈(BIN)으로 불리는 온도 간격의 빈도수(Hours of Occurrence)에 따라 실내의 열부하를 가중 계산하는 냉·난방 부하계산 방식이다.

수정빈법은 기존의 표준빈법에 시평균(Time Average Load)의 개념을 도입하여 외부로부터의 태양열 취득과 재실자 및 기기의 사용 등에 의한 내부 발생열을 기상조건과 발생정도에 맞도록 가중 계산된 평균값을 적용한다.

수정빈법의 계산에 적용된 가정은 다음과 같다.

- ① 모든 외부 열부하(관류열부하, 일사열부하, 극간풍부하 등)는 외기온의 선형함수로 표시된다.
- ② 내부 발생 열부하는 사용시간과 비사용시간 동안 각각 알맞게 평균화하여 일정하다고 가정한다.
- ③ 건물의 냉·난방부하 계산을 위한 주요 과정은 ASHRAE Fundamentals에 의한 부하 계산방식에 따른다.

### 2.2 냉·난방 부하의 계산

수정빈법은 건물의 열부하와 에너지 소비에 영향을 주는 다수의 요인 등을 고려하여 냉·난방 설계 및 외기 온도에 대한 비정상계산을 실시한다. 이때, 외기온의 발생 시간수는 표준 빈 기상 자료를 사용하여 구한다.

설정과 다른 외기온에 대한 열부하와 에너지 소비는 보간법에 의하여 구하고 이들의 외기 온도에서의 에너지소비량과 발생시간수의 곱을 합한 것이 그 건물의 연간에너지 소비량을 나타내도록 하는 방법이다.

### 2.2.1 일사열 부하

창을 통한 일사성분에 의한 관류열 다변 부하의 계산은 다음과 같다.

$$Q_{sol, Jul or Jan} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{Exp}} (MSHGF_i \times Ag_i \times SC_i \times CLFTOT_i \times FPS)}{t \times A_f} \quad (1)$$

위 식에서, MSHGF는 특정위도에서 방위 I에 대한 7월(1월)의 일 최대투과일사량,  $Ag_i$ 는 방위 i에 대한 창면적,  $SC_i$ 는 방위 i에 대한 창의차폐 계수,  $CLFTOT_i$ 는 방위 i에 대한 창의 냉방부하 가중계수(CLF)의 24시간 합계, FPS는 7월(1월) 평균 일조율, t는 공조운전 시간수, 그리고  $A_f$ 는 실내 공조면적을 나타낸다.

식 1은 다음과 같이 바꿀 수 있다.  $Q_{sol} = M \times (T - T_{ph}) + (Q_{sol, Jan or Jul})$ 이 된다. 이 식에서,  $M = \frac{Q_{sol, Jul} - Q_{sol, Jan}}{T_{pc} - T_{ph}}$ 로 계산할 수 있다.

벽체의 일사성분에 의한 관류열 다변 부하의 계산은 다음과 같다.

$$Q_{sol, Jul or Jan} = \frac{\sum_{i=1}^{N_{Exp}} (K \cdot A)_i \times CLTD_{S, Jul or Jan} \times K_c \times FPS_{Jul or Jan}}{A_f} \quad (2)$$

식 2에서,  $Q_{TS, Jul}$ 는 7월 평균일사성분 관류열 다변부하,  $CLTD_{S, Jul}$ 는 일사성분에 대한 24시간 평균냉방부하 온도차, 그리고  $K_c$ 는 외벽 표면식 보정계수이다.

## 3. 냉·난방부하 계산용 프로그램(E-Load)의 개발

### 3.1 프로그램의 개요

건물의 냉·난방에너지 소비량을 간단히 예측하기 위해서 연간 냉·난방부하를 손쉽게 계산할 수 있는 평가용 도구로 E-LOAD 프로그램을 개발하였다.

개발된 E-Load 프로그램은 C+ 언어를 활용하여 ASHRAE TC 4.7에서 제안된 수정빈법을 활용하여 개발되었다. 프로그램의 특징은 다음과 같다.

- ① 수정빈법(Modified BIN Method)에 의한 에너지 소비량을 계산한다.
- ② 전형적인 입력데이터에 대한 라이브러리 제작 가능하다.
- ③ 메뉴씩 화면 디자인으로 간단히 필요정보를 입력할 수 있다.

### 3.2 프로그램 구성 및 입력자료

개발된 E-Load 프로그램의 구성은 크게 파일 관리, 건물데이터 입력, 에너지 계산 그리고 출력 옵션의 4분야로 이루어져 있다. 세부적인 구성은 파일관리는 새프로젝트, 프로젝트열기, 저장, 새이름으로 저장, 그리고 끝내기 등으로 구성된다.

건물데이터는 건물개요, 외피유형, 내부발열유형, 그리고 실 관련 데이터로 구성되었다. 또한, 에너지 계산과 관련되어 기본온도 조건에서의 다변부하를 근거로 대상 건물의 에너지 소비량을

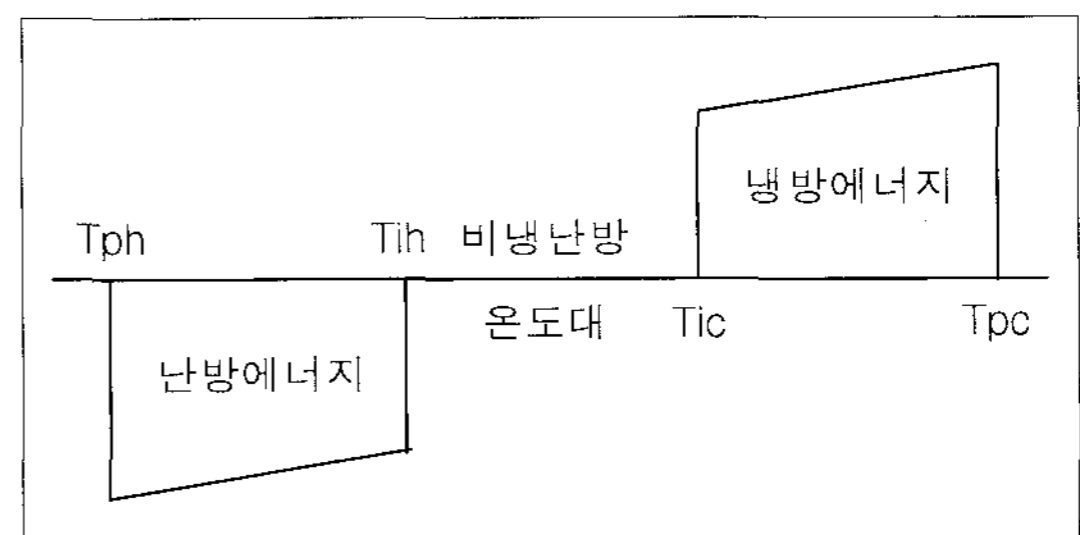


Fig. 1. E-LOAD 프로그램의 계산온도

Table 1. 서울의 일조율(FPS)

1월	2월	3월	4월	5월	6월	7월	8월	9월	10월	11월	12월	평균
50.4	49.2	53.9	51.8	51.8	48.5	26.0	33.7	44.7	56.1	48.3	47.0	46.0

Table 2. 냉난방부하 가중계수의 24시간 합계(CLFTOT)

방위	북	북동	동	남동	남	남서	서	북서	수평면
CLFTOT	11.57	5.15	5.46	6.20	6.43	6.23	5.46	5.15	8.22

Table 3. 서울지역의 빈(Bin) 기상자료

시간 월 °C	1~8		9~16		17~24		합계	동시발생 습구온도
	10~4	5~9	10~4	5~9	10~4	5~9		
-15~-12.2	1						1	-16.2
-12.2~-9.4	52		8		3		63	-13.6
-9.4~-6.7	167		52		41		260	-10.7
-6.7~-3.9	168		75		132		375	-7.2
-3.9~-1.1	308		171		217		696	-4.7
-1.1~1.7	277		268		313		858	-2.3
1.7~4.4	190		241		229		660	-0.1
4.4~7.2	241	4	204		187		636	3.0
7.2~10.0	132	63	174		182		551	5.2
10.0~12.8	70	106	144	8	155	43	526	7.9
12.8~15.6	69	135	145	34	124	77	584	10.1
15.6~18.3	21	196	114	86	77	143	637	12.5
18.3~21.1		227	69	209	33	210	748	16.1
21.1~23.9		323	30	210	3	283	849	19.0
23.9~26.7		161	1	336		299	797	21.8
26.7~29.4		9		224		120	353	24.9
29.4~32.2				93		41	134	28.0
32.2~35.0				24		7	31	31.2
35.0~37.8						1	1	34.1

계산하며 그 외의 온도조건에서는 보간법에 의해 일정 기간동안의 열부하를 산정한다.

건물의 냉·난방 부하예측을 위해서는 전도부하, 내부발열부하, 그리고 외기 부하에 대한 입력이 필요하다. 이 때, 최대냉방온도(Tpc, Peak Cooling)는 건물이 위치한 장소에서의 최고온도 bin의 중간온도를 의미한다.

또한, 중간기 냉방온도(Tic, Intermediate Cooling)는 건물외피의 관류열부하와 외기 현열부하가 건물의 냉방부하로 나타나는 최저온도 bin의 중간온도, 통상적으로 25°C를 말한다.

중간기 난방온도(Intermediate Heating, Tih)는 건물의 정미 열부하가 난방부하로부터 냉방부하로 변하는 온도 bin의 중간온도. 이 온도는 외주부의 평형점에 가깝고 외기 냉방에 의해서 존의 냉방부하를 만족시킬 수 있는 온도로서 11°C 정도이다.

최대난방온도(Tph, Peak Heating)는 건물이 위치한 장소에서의 최저온도 bin의 중간온도를 나타낸다. 서울지방의 외부기상조건은 표 1~3과 같다.

### 3.3 E-Load에 의한 냉·난방부하 예측

E-Load 프로그램은 화면에 나타나는 아이콘에 따라 손쉽게 계산할 수 있도록 개발되었다. 프로그램을 실행한 초기화면은 그림 2와 같다. 초기화면은 파일, 라이브러리, 외기설계조건, 스케줄, 실행, 결과보기 및 도움말로 구성되었고, 주요 명령어는 툴바(tool bar)를 활용하여 냉·난방부하를 예측할 수 있다.

건물의 냉·난방부하 예측을 위한 자료입력은 각 실 또는 존(zone)별로 수행되며 이를 종합하여 건물 전체의 냉·난방부하를 예측한다. 냉·난방부하 해석을 위한 E-Load 프로그램의 자료입력 및 실행순서는 다음과 같다. 먼저, 초기화면의 라이브러리 항목을 선택하여 외벽 및 창에 관한 자료를 입력하고 외기 및 실내조건에 관한 정

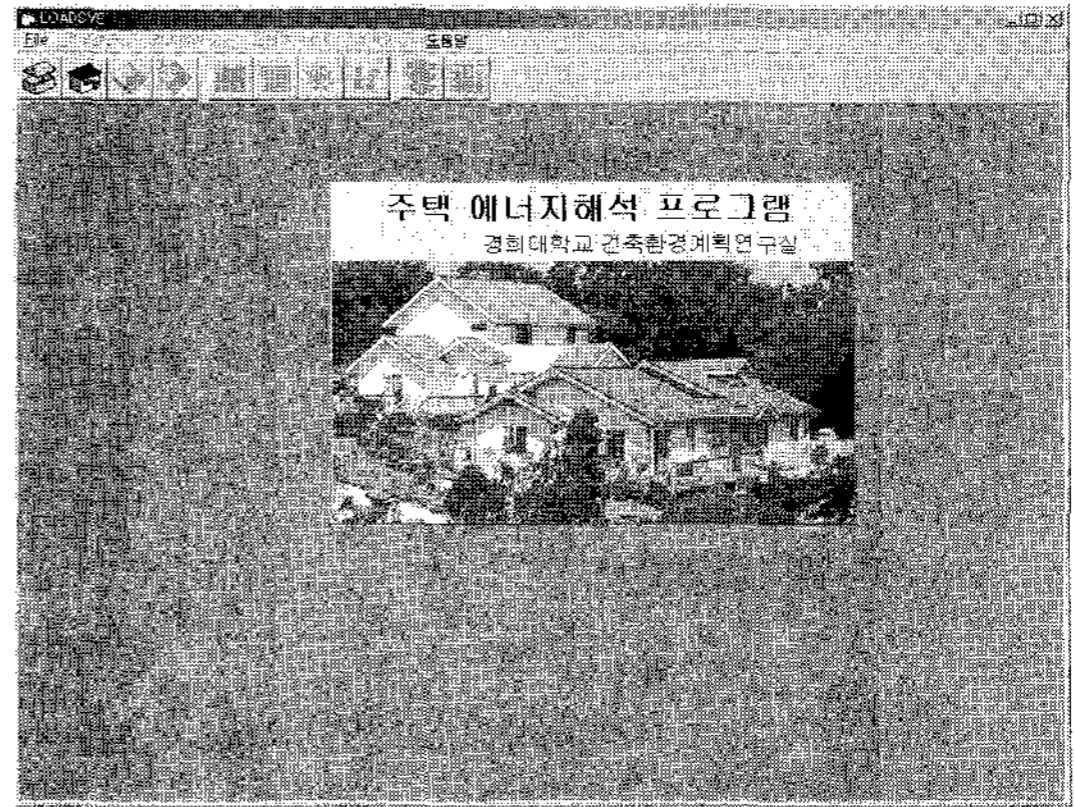


Fig. 2. 프로그램의 초기화면

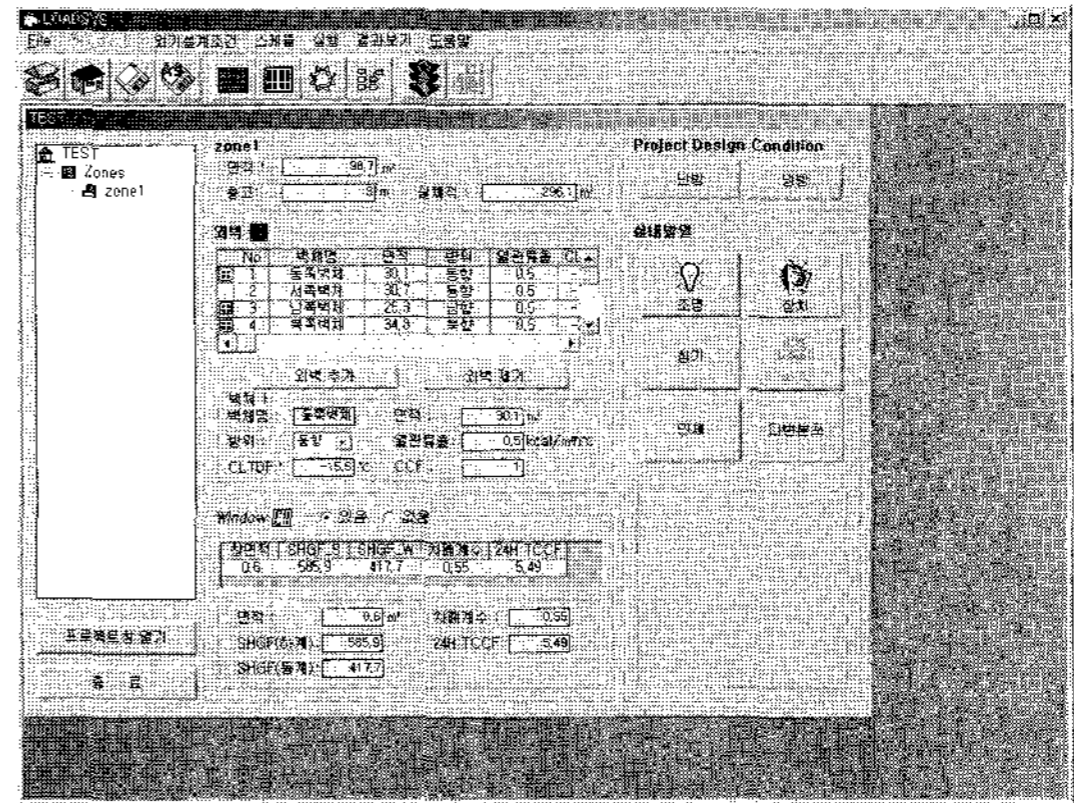


Fig. 3. 외벽 및 창 관련 정보입력

보를 입력한다.

- ① 초기화면 → 외피자료입력(라이브러리)
- ② 각 방위별 외벽자료 입력 및 창 관련정보 입력(그림 3)
- ③ 실내 냉·난방 조건입력(오른쪽 냉·난방아이콘, 그림 4)
- ④ 외부 기상조건 입력(툴바(tool bar)의 외기 설계조건 아이콘, 그림 5)
- ⑤ 실내 사용스케줄 입력(툴바(tool bar)의 스케줄 아이콘, 그림 6)
- ⑥ 실내 발열 조건입력(오른쪽 조명, 기기, 환기, 인체 등, 그림 7)
- ⑦ 툴바(tool bar)의 실행 아이콘 클릭(그림 8)

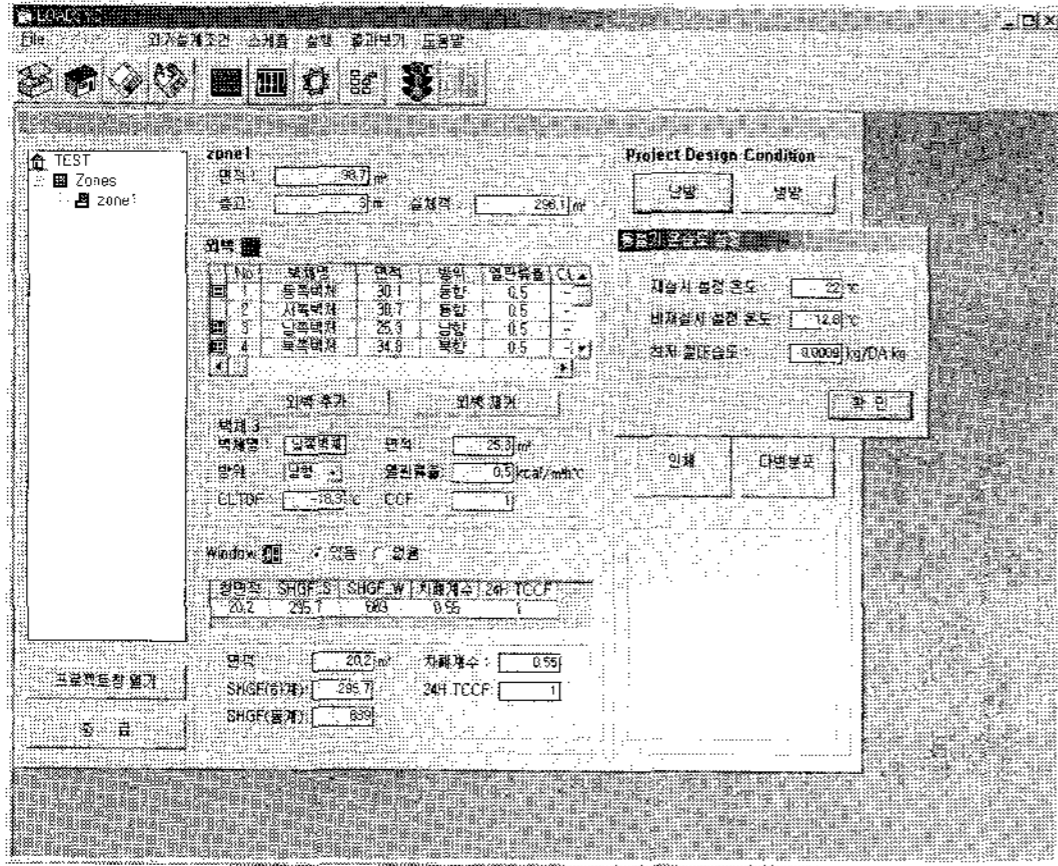


Fig. 4. 냉·난방 조건입력

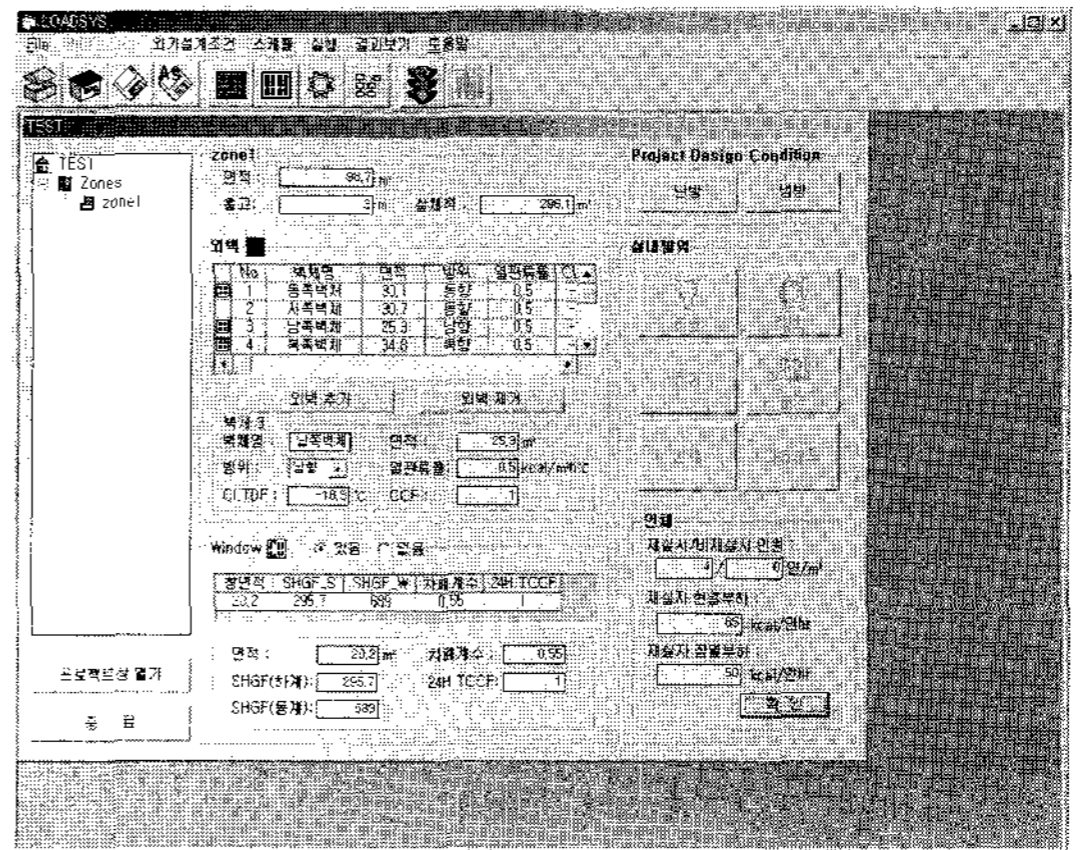


Fig. 7. 실내 발열 조건입력

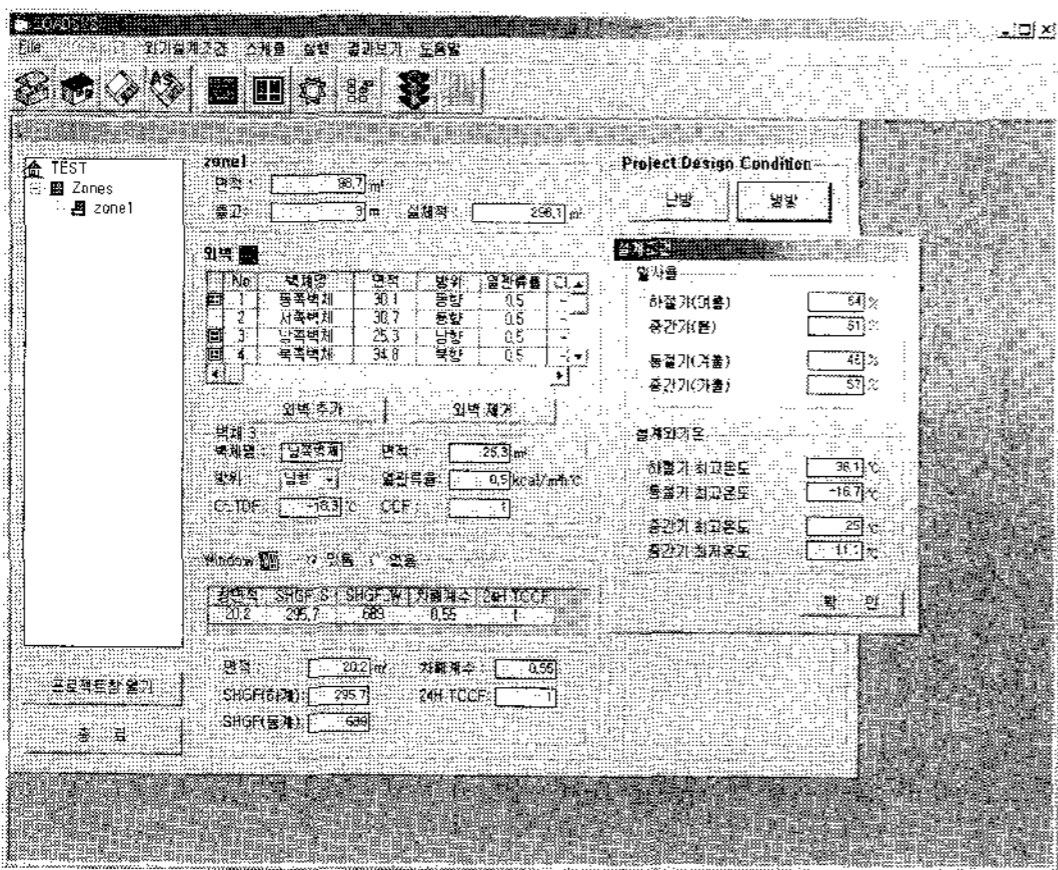


Fig. 5. 외부기상 조건입력

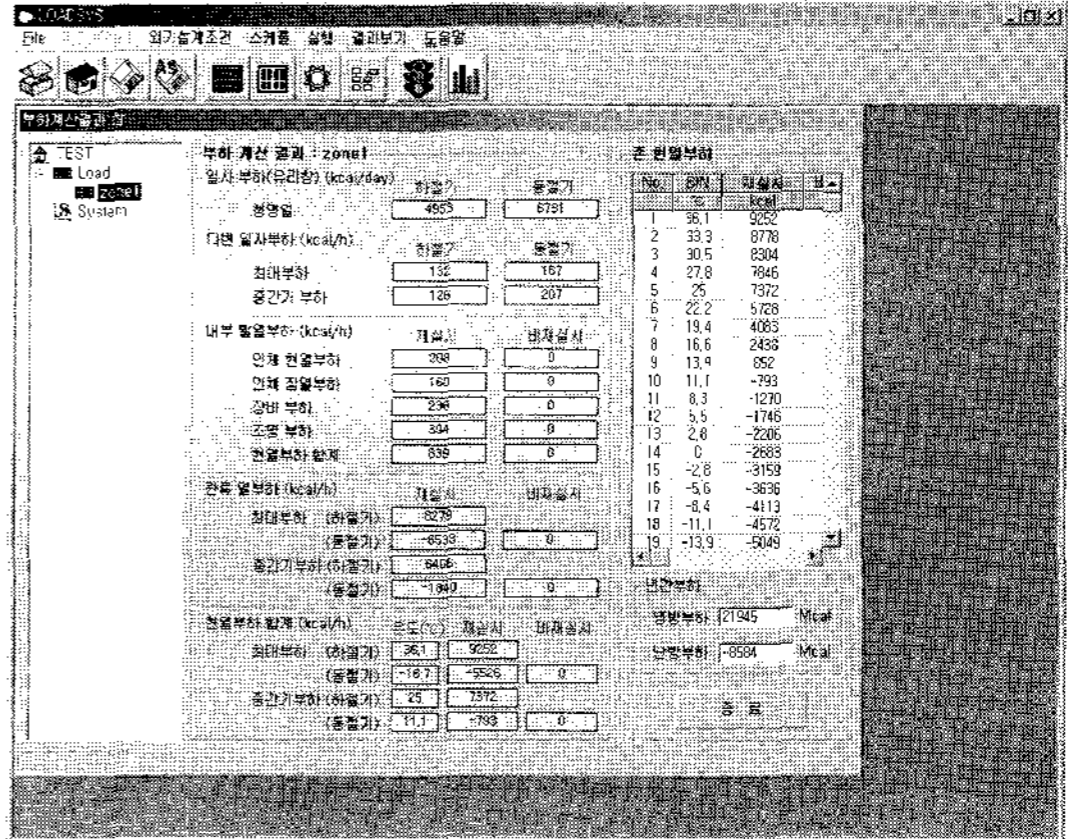


Fig. 8. 프로그램의 실행결과

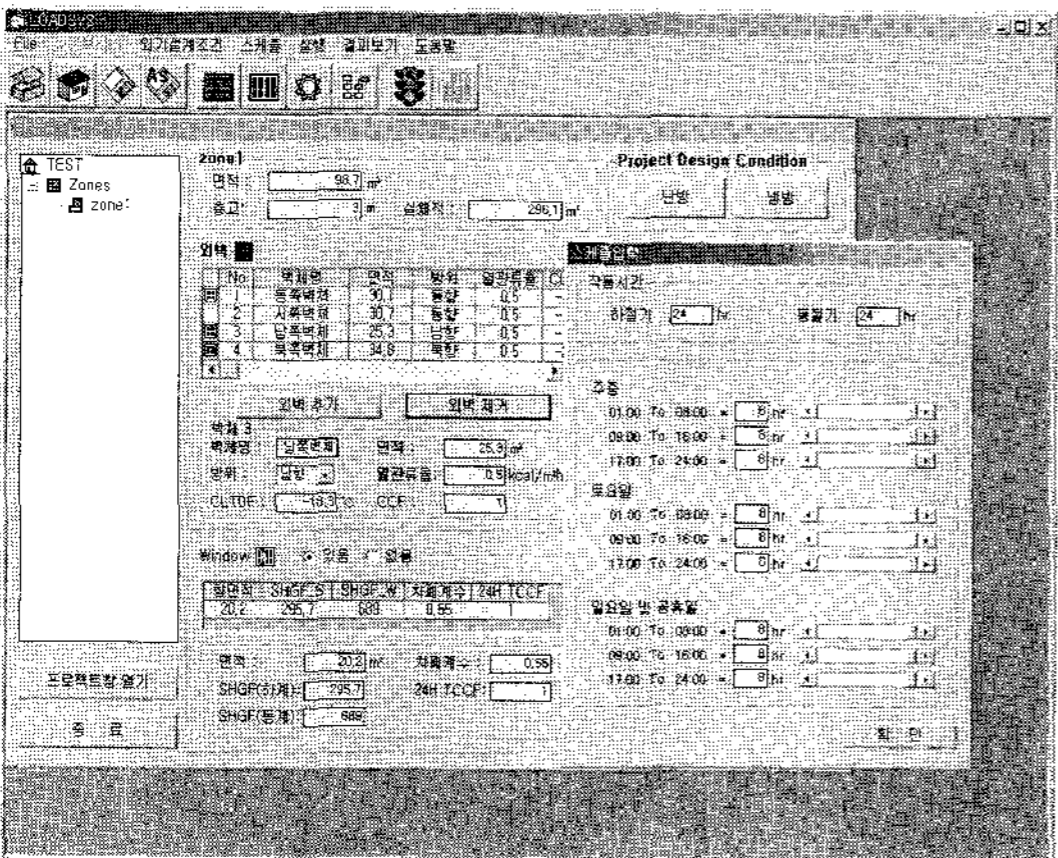


Fig. 6. 실내 사용스케줄 입력

### 3.4 프로그램의 유효성 검증

개발된 E-Load 프로그램을 유효성을 검증하기 위해 LOADSYS 시뮬레이션 프로그램을 사용하였다. 이를 위해, 서울시 상도동에 위치한 주택을 대상으로 동일조건에서 냉·난방 부하 예측결과를 비교하여 프로그램의 유용성을 검증하였다. 대상 주택의 정경 및 평면도는 그림 9와 같다.

선정된 주택은 경사지 부지에 위치하며, 식당을 제외한 모든 방에서 남측 채광이 가능하다. 주택의 규모는 건축면적 31평, 연면적 66평으로 계획되었고 외부재료는 붉은 벽돌 치장쌓기로 처리되었다.

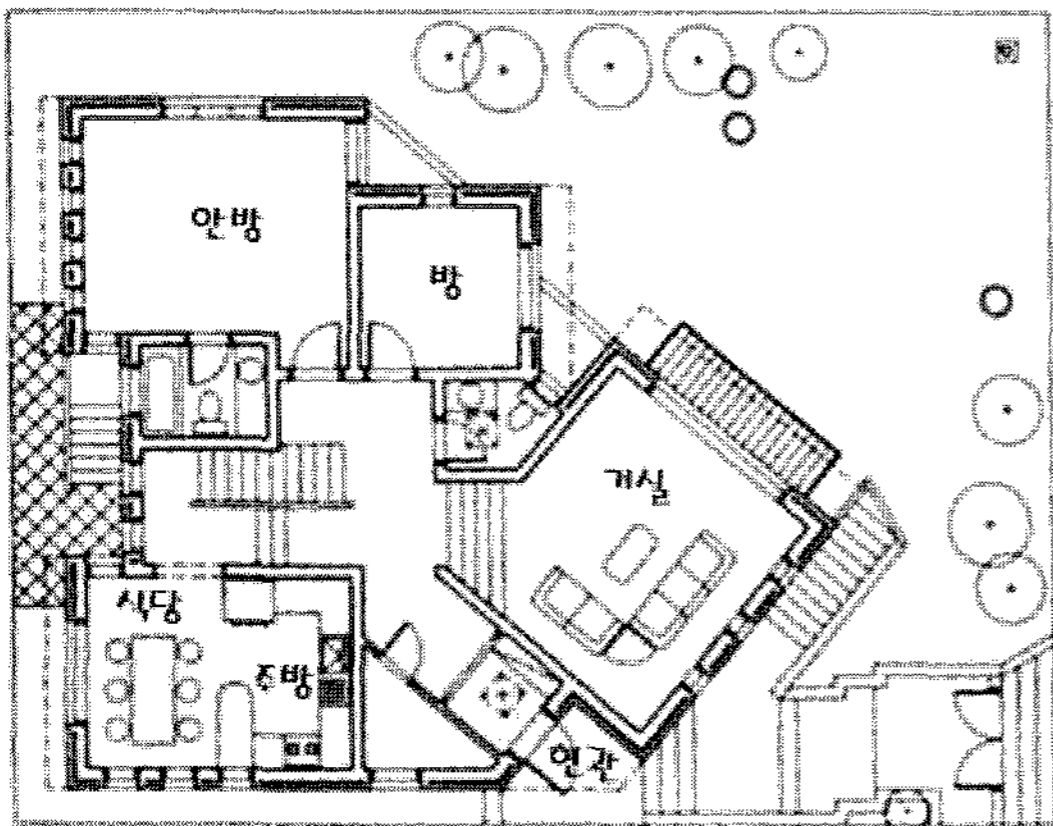


Fig. 9. 대상주택의 전경 및 평면도

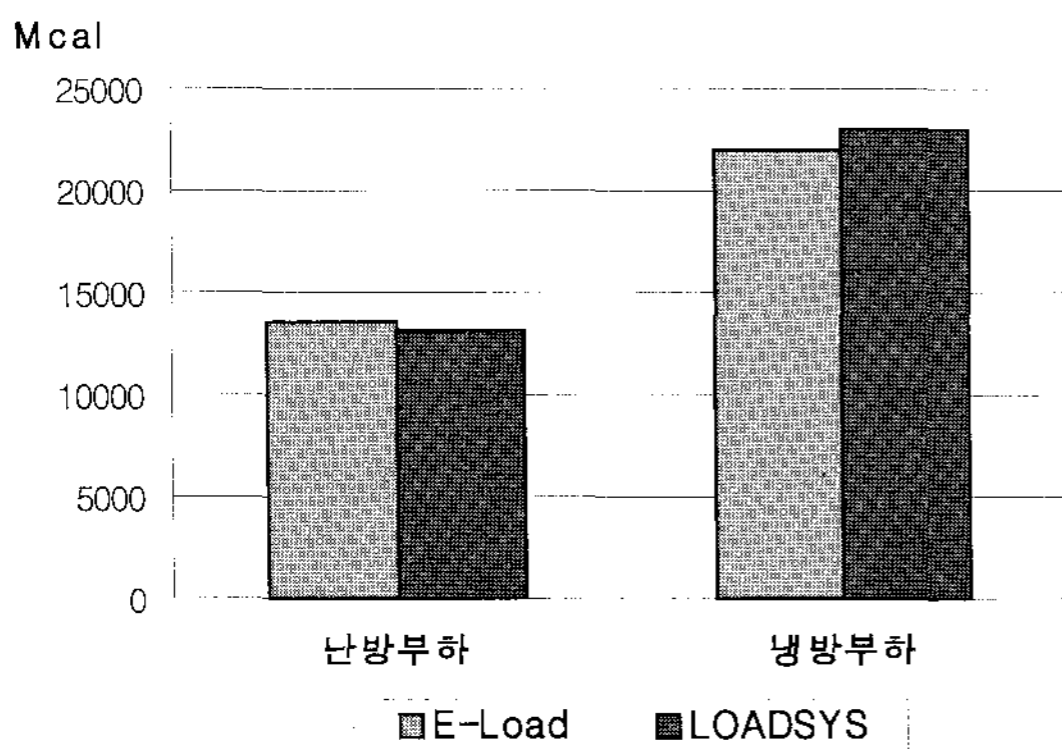


Fig. 10. E-Load 프로그램의 유효성 검증

그림 10은 냉·난방 부하 예측결과를 보여준다. 유효성 검증결과, E-Load 프로그램과 LOADSYS 프로그램에 의한 오차는 최대 5% 이

내로 개발된 프로그램이 유효한 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

21세기 환경시대에 적합한 에너지 절약형 건축계획을 위해서는 건축의 냉·난방부하를 계획 초기 단계에서 정확히 예측할 수 있는 평가도구가 필요하다. 연구는 건물에서 소비되는 연간 냉·난방에너지 소비량을 손쉽게 평가할 수 있는 평가도구로서 평가용 E-Load 프로그램을 개발하였다.

개발된 프로그램은 ASHRAE TC 4.7에서 제안된 수정빈법을 이용하여 C+ 언어로 개발되었다. 프로그램은 4분야로 구성되었고, 계산결과는 기본온도 조건에서의 다변부하에 따른 에너지 소비량을 계산한다. 그 외의 온도조건에서는 보간법에 의해 건물의 냉·난방부하 예측이 필요하다.

또한, 개발된 E-Load 프로그램의 유효성을 LOADSYS 시뮬레이션 결과와 비교하여 검증하였다. 분석결과, 오차가 매우 적어 개발된 프로그램이 유효한 것으로 검증되었다.

개발된 프로그램은 건물의 냉·난방부하를 간단히 계산할 수 있어 독자적인 에너지 해석 및 평가 프로그램이 미비한 국내 현실에서 신뢰도가 높으면서 건물의 에너지 성능을 손쉽게 평가할 수 있는 새로운 평가도구이다. 그러므로, 다양한 설계조건에 따른 에너지 소비량을 간단히 예측하여 에너지절약 건축계획에 기여할 수 있으리라 사료된다.

#### 참 고 문 헌

1. 정순성, 이정재, "HVAC 시스템의 LCC 평가를 위한 전산 프로그램 개발에 관한 연구" 대한건축학회 논문집, 16권 7호, 통권 141호, pp.

- 101~108, 2001. 7.
2. 손정영, 한윤효, “남향 집합주택의 냉방부하에 관한 연구”, 대한건축학회 추계학술발표대회 논문집, v. 18, n. 2, 1988. 10.
  3. 김기세, 윤종호, 이의준, “건축물 에너지진단을 위한 서울기상자료 선정에 관한 연구”, 제13회 에너지절약기술워크샵논문집, 1998. 9.
  4. “2001 Fundamentals Handbook”, ASHRAE, 2001.
  5. Faye C. McQuiston & Jeffret D. Spitler, “Cooling and Heating Load Calculation Manual(Second Edition)”, ASHRAE, 1998.