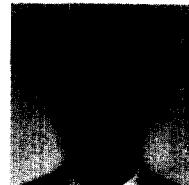


## Transfer Function Method에 의한 부하계산 프로그램

The Computer Program for Cooling and Heating  
Loads Calculation by Transfer Function Method

김 광 우  
K. W. Kim

서울대학교 건축학과



- 1952년생
- 건축환경 및 설비, 건물  
에너지 해석에 관심을 가  
지고 있다.

석 호 태  
H. T. Seok

서울대학교 대학원



- 1965년생
- 건물 에너지 해석 및 성  
능기준에 관심을 가지고  
있다.

### 1. 서론

건물이 그 기능에 적합한 실내환경을 유지하는데 필요한 에너지 소비량 혹은 요구량을 일정기간에 걸쳐 예측하거나 계산하는 것을 일반적으로 건물의 에너지 해석이라 부른다. 이와 같은 계산은 최대 부하나 설비 용량을 계산하는 것보다 훨씬 복잡한데, 그 이유는 에너지 해석에서는 시간에 따라 변화하는 수 많은 요인들의 영향을 종합하여야 하기 때문이다.

건물의 에너지 해석 방법은 계산에 필요한 변수의 수나 계산 빈도에 따라 단일척도방식 (single measure method), 단순 다중척도방식 (simplified multiple measure method) 및 정밀 시뮬레이션 방식(detailed simulation method) 등으로 분류할 수 있는데, 여기서 단일척도방식과 단순 다중척도방식은 정적 열부

하 계산방식이라고 할 수 있고, 정밀 시뮬레이션 방식은 동적 열부하 계산방식이라고 볼 수 있다.

단순척도방식은 연간 난방도일과 같은 오직 한가지 조건만을 이용하게 되는데 이러한 방법은 단순한 건물에서만 적용이 가능하다. 그러나 단순 계산을 확대하여 만일 어떤 특정 조건이 발생하는 시간의 수와 같은 몇가지의 자료를 더 이용하게 되면 계산의 정확도를 향상시킬 수 있을 것이다. 이를 단순 다중척도 방식이라고 하며 여기에는 빈(Bin)방식등이 있다. 건물 에너지 해석 방법중 가장 발전되고 자세한 방법은 주어진 분석기간 동안 매 시간당 에너지 균형(energy balance)를 계산하는 정밀 시뮬레이션 방식이다.

정밀 시뮬레이션 방식에 의한 건물 에너지 해석 방법은 기본적으로 축열체 내에서의 열 전달을 컴퓨터를 이용하여 비정상 상태의 동

적 열전달로 해석, 계산하는 방법이다. 이와 같은 해석 방법에는 전달함수법(transfer function method), 유한요소법(finite element method), 유한차분법(finite difference method), 가중계수법(weighting factor method), 열시간상수법(thermal time constant method) 등이 있다.

이들 중 transfer function method(이하 TFM)는 다른 정밀 시뮬레이션 방식에 비하여 계산이 간략하면서도 비정상 상태의 동적 해석이 가능하여 동적 열부하 계산의 핵심적 역할을 차지하고 있다. 그러나 컴퓨터의 사용은 필수적이며 현재 미국의 DOE-2 및 일본의 HASP 프로그램에서도 TFM에 의해 부하계산을 실시하고 있으며, 여기에서는 국내에서 개발된 TFM에 의한 부하계산 프로그램인 KAREN-2를 소개하고자 한다.

## 2. 건물 에너지 해석 프로그램 KAREN-2

본교 건축환경계획연구실에서는 건물의 설계, 시공 및 유지관리의 제단계에 있어서 효율적으로 사용할 수 있는 정밀 동적해석 프로그램의 필요성을 절실히 느껴, K공사 기술연구원과 함께 건물의 냉·난방부하 산정과 시스템, 플랜트 해석을 위한 범용 프로그램(KAREN)을 개발하고 있다. 1989년에 시작하여 1990년까지 기초조사와 함께 1차적으로 완성된 부하계산용 프로그램인 KAREN-1은 영문판이며, 입력화일을 textfile을 작성하여야 하는 등 프로그램 사용에 어려움이 있다는 점을 고려하여, 1991년부터는 KAREN-1의 단점을 보완하고 건물의 부하계산 뿐만 아니라 시스템, 플랜트의 계산까지 가능한 KAREN-2 프로그램을 user interface를 용이하게 하기 위하여 한글을 사용한 메뉴방식을 채택하여 개발하였다.

여기에서는 TFM에 의한 부하계산 모듈과 프로그램의 개요에 대해서만 간략하게 소개하기로 한다.

### 2.1 Transfer Function Method에 의한 부하 계산

부하계산은 HVAC 시스템 설계 및 장비 선정을 위한 기초자료를 제공하고 배관과 덕트의 크기를 결정하는 기초자료가 된다. 또한 설계 대안간의 평가를 위한 자료의 제공과 시스템의 설계, 운전 및 제어에 필요한 부분부하 해석을 가능하게 한다. 이러한 목적들은 부하의 기본 원리를 이해하고 부하계산을 정확하게 함으로써 달성될 수 있다.

부하에 영향을 미치는 요소는 매우 많으며, 정확하게 정의하기가 어렵고 또한 서로 연관되어 있다. 부하는 항상 크기가 변화하고 있으며 주기적 변화가 서로 다르기 때문에 건물 또는 존에서의 총부하를 예측하기는 쉽지가 않다. 일반적으로 건물재료의 열전달 계수 변화와 건물 유지 방법의 차이 등이 정확한 계산을 어렵게 하는 변수들이다. 이러한 요소들을 적절하게 고려하여 합리적인 방법을 사용할 때 실제의 부하는 적절하게 예측될 수 있다.

일반적으로 열부하는 여름철의 냉방과 같이 실에서 열을 제거하는 경우와 겨울철의 난방과 같이 실내에 열을 공급하는 경우로 구분되며, 냉방시의 열부하(취득열량)을 냉방부하, 난방시의 열부하(손실열량)를 난방부하라고 하는데 건물에 있어서 외피를 통한 냉·난방부하는 외부기호조건과 일사조건에 의하여 좌우된다. 부하는 벽체, 지붕, 창, 바닥, 건물 내부의 가구등의 축열 특성 그리고 구조에 따라 달라지며 실내 조건과 실외 조건의 차이에 의하여 결정된다. 따라서 구조체 및 공간의 축열 특성은 냉·난방부하를 계산하는데 있어서 매우 중요하다.

KAREN-2에서 채택한 알고리즘은 ASHRAE HANDBOOK 1993 Fundamentals에 소개된 TFM에 의한 계산법으로 매 시간당의 냉·난방부하를 계산하고 다양한 시스템, 운전조건, 스케줄에 따라 해당실에서의 조건을

예측할 수 있으며, 건물 제 부위를 통한 열전달 계산방법중의 한 방법으로써 다음과 같은 조건을 가정한다.

- ① 상당외기온의 개념을 적용한다.
- ② 실내 온도가 일정하다고 가정한다.
- ③ 실내 및 실외 표면열전달율이 일정하다.

TFM에 의한 부하의 개념(그림 1) 및 계산 과정은 다음과 같다.

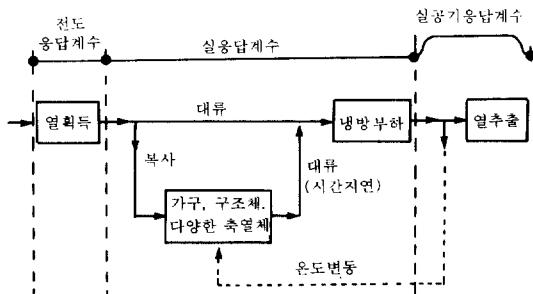


그림 1 부하의 개념

### 1) 공간의 열획득 계산

공간의 열획득은 공간내로 들어온 열과 공간내부에서 발생한 열량의 합이다. 열획득은 공간내로 들어오는 방식과 현열 또는 잠열획득에 따라 다음과 같이 분류할 수 있다.

#### 가) 외벽 또는 지붕을 통한 열획득(Heat Gain through Exterior Walls and Roofs)

외벽 및 지붕을 통한 열획득량은 다음 식 (1)과 같이 Conduction Transfer Function Coefficients(이하 CTF 계수)를 사용하여 계산한다.

$$q_{e,\theta} = A \left[ \sum_{n=0}^{\infty} b_n(t_{e,\theta-n\delta}) - \sum_{n=1}^{\infty} d_n((q_{e,\theta-n\delta})/A) \right] - t_{rc} \sum_{n=0}^{\infty} c_n \quad (1)$$

여기서,

$$q_{e,\theta} : 벽 또는 지붕을 통한 실의 열획득량 (W)$$

A	: 벽, 지붕의 실내표면적 ( $m^2$ )
$\theta$	: 시간(hour)
$\delta$	: 시간 간격(hour)
n	: 합산을 위한 지수
$t_{e,\theta-n\delta}$	: 시간 $\theta-n\delta$ 일 때의 상당외기온 ( $^{\circ}\text{C}$ )
$t_{rc}$	: 일정하다고 가정한 실내온도 ( $^{\circ}\text{C}$ )
$b_n, c_n, d_n$	: 전도응답계수(CTF 계수)

#### 나) 간벽, 천정, 바닥을 통한 열획득(Heat Gain through Interior Partitions, Floors and Ceilings)

간벽을 통한 열전달은 다음 두가지로 고려하여 계산할 수 있다.

① 해당 존의 온도가 다른 존과 인접하였을 경우에는 간벽의 축열효과를 고려하여 벽체 또는 바닥으로, 천정을 지붕으로 생각하여 CTF 계수를 적용한다.

$$q_{p,\theta} = A \left[ \sum_{n=0}^{\infty} b_n(t_{p,\theta-n\delta}) - \sum_{n=1}^{\infty} d_n((q_{p,\theta-n\delta})/A) \right] - t_{rc} \sum_{n=0}^{\infty} c_n \quad (2)$$

여기서,

A	: 면적 ( $m^2$ )
$t_b$	: 인접한 존의 실온 ( $^{\circ}\text{C}$ )
$b_n, c_n, d_n$	: 전도응답계수(간벽을 벽체 또는 바닥으로, 천정을 지붕으로 생각함)

② 인접존 온도가 일정하거나 인접존과 해당존의 온도차이에 비해 인접존의 온도변화가 작은 경우에는 단순 정상상태로 가정하여 계산할 수 있다.

$$q_{p,\theta} = K \cdot A \cdot (t_b - t_{rc}) \quad (3)$$

여기서,

K	: 인접존과 해당존 사이의 열관류율 ( $W/m^2 \cdot ^{\circ}\text{C}$ )
A	: 면적 ( $m^2$ )



$$q_i = 3010 \cdot Q_s \cdot \Delta W \quad \dots \dots \dots \quad (10)$$

여기서

$q_v$  : 침기 및 환기에 의한 잡열획득량(W)

$Q_c$  : (초당) 풍량(L/S)

$\Delta W$  : 실내외 절대습도차( $\text{kg}_{\text{water}}/\text{kg}_{\text{dryair}}$ )

## 2) 열획득에 대한 공간부하 계산

공간의 부하는 일정한 온도를 유지하기 위해 공간으로부터 제거되어져야 하는 열량이다. 주어진 시간에 모든 공간의 동시 열획득량 합이 반드시 그시간의 부하와 일치하는 것은 아니다.

해당존에서의 열획득량은 해당존에서 획득된 열의 성질과 해당존을 둘러싸는 벽체 바닥과 실내부의 가구를 포함한 측열특성을 고려하는 실용답계수(RTF 계수)에 의해 부하량으로 산정된다.

각 시간에서의 부하  $Q_t$ 는 복사열획득 요소에 대한 열획득량  $q_t$ 가 동일 시간간격으로 주어진다면, 현재시간의 열획득량  $q_t$ 와 이전 시간의 부하량과 열획득량에 의해 계산된다.

$$Q_\theta = \sum_{i=1}^n (v_0 q_{\theta} + v_1 q_{\theta-\delta} + v_2 q_{\theta-2\delta} + \dots) - (w_0 Q_{\theta-\delta} + w_1 Q_{\theta-2\delta} + \dots) \quad \dots \dots \dots \quad (11)$$

여기서,

$q_i$  : 시간  $t$ 에서 성분  $i$ 의 열획득량

$Q_{\theta}$  : 시간  $\theta$ 에서 성분 i의 부하량

i : i는 1부터 열획들 유효수의 수

(number of heat gain components)

$\delta$  : 시간 간격 (time interval)

$v_0, v_1 \dots w_1, w_2$  : 실용답계수(RTF 계수)

적절한 실용답계수를 얻기 위해서는

① 존을 둘러싼 단위 바닥면적당 중량  $\psi$  ( $\text{kg/m}^2$ )과 존 내에서의 공기순환율(room air circulation rate)에 따라  $w_i$  값을 설정한다.

② 획득열의 요소와 외피 구조체 중량에 따라  $v_0$ ,  $v_1$  값을 설정한다.

## 2.2 프로그램의 개요

KAREN-2 프로그램에서 고려된 개념들은 다음과 같다.

- 1) 사용자를 위한 입력부분의 단순화, 가시화를 위하여 한글을 사용하는 메뉴 방식을 이용한다.
  - 2) 내부발열량을 종류 및 스케줄에 따라 다양하게 입력할 수 있도록 하며, 스케줄의 작성에 유연성을 두어 다양한 이용자의 유형을 적용 가능하도록 한다.
  - 3) 시뮬레이션 기간을 별도로 지정하여 일년중 기간을 여러번 나누어서 또는 연속하여 시뮬레이션 할 수 있도록 한다.
  - 4) 프로그램은 전체를 동시에 수행하기도 하고, 부분적으로 나누어서도 실행할 수 있도록 한다.
  - 5) 출력의 종류를 다양화하여 사용자의 원하는 요구에 맞게 시뮬레이션의 결과를 출력할 수 있도록 한다.

건물에너지 해석 프로그램의 개발과 이용을 효율적으로 하기 위해 프로그램의 전체구성은 크게 입력 및 에너지 계산과 출력 부분으로 나뉘어 있으며, 사용자의 관점에서 좀더 세분하여 보면 화일관리, 건물자료입력, 에너지 계산, 경제성 분석, 결과 출력으로 구분된다. 각 부분의 기능 및 역할은 다음과 같다.

화일 관리 부분은 새로운 화일의 작성, 기존의 화일 불러오기, 화일 내용의 저장, 새로운 이름으로 저장, DOS 환경 사용 등 화일 사용의 기본적인 부분이며, 프로그램의 정상적인 완료도 여기에서 이루어지게 된다.

건물자료입력 부분에서는 대상 건물의 건물 개요, 벽체, 창문, 방위, 스케줄, 인체발열, 조명발열, 기기발열, 존 데이터, 시스템 데이터, 플랜트 데이터로 구분하여 자료를 입력한다. 건물개요에서는 에너지 해석을 할 건물의 일반 데이터를 입력하고, 벽체, 창문, 방위에서

는 건물의 외피부하를 계산하기 위한 데이터를 입력해 두고, 스케줄, 인체발열, 조명발열, 기기발열에서는 건물의 내부발열을 위한 데이터를 입력해 둔다. 존 데이터에서는 존의 개요를 입력하고, 앞에서 입력해 둔 데이터를 이용하여 벽체, 창문, 첨가, 인체발열, 조명발열, 기기발열을 완성하여 데이터 값을 효율적으로 관리하도록 한다. 시스템 데이터에서는 공조방식의 유형, 시스템의 각종 옵션과 각 시스템이 담당하게 될 존에 대한 자료를 입력한다. 플랜트 데이터에서는 냉방설비, 난방설비, 급탕설비에 대한 자료를 입력한다.

에너지 계산 부분은 부하(Load), 시스템(System), 플랜트(Plant)의 에너지량을 계산하게 되는 프로그램의 중심부분으로, 각 단계로 나누어 에너지 시뮬레이션을 실시할 수도 있으며, 사용자의 필요에 따라 세 단계를 일괄해서 수행할 수 있도록 한다.

경제성 분석 부분에서는 대안들 간의 경제성 평가가 이루어 질 것이며, 결과 출력 부분에서는 시뮬레이션 결과 출력물 중 원하는 양식에 따라 필요한 부분을 선정하여 화일출력, 화면출력, 프린트출력을 할 수 있도록 한다.

이와 같은 프로그램의 기본구성을 바탕으로 각 부분별 세부 프로그램 구성을 결정하여 Flow Chart를 결정하였고, 각 Flow Chart 내에서의 함수의 기능 및 역할을 결정하여 건물 에너지 해석 프로그램의 부하계산부분을 완성하였다.

### 3. 샘플 건물의 시뮬레이션 개요

#### 3.1 건물개요

- 1) 대 지 위 치 : 서울시 강남구 대치동
- 2) 주 용 도 : 사무실
- 3) 기 준 층 면 적 :  $1,279m^2$
- 4) 층 수 : 지상 20층, 지하 6층
- 5) 기준층 층 고 : 4.0m

6) 기준층 천정 고 : 2.6m

7) 부하계산 대상 연면적 :

기준층( $1,279m^2$ )

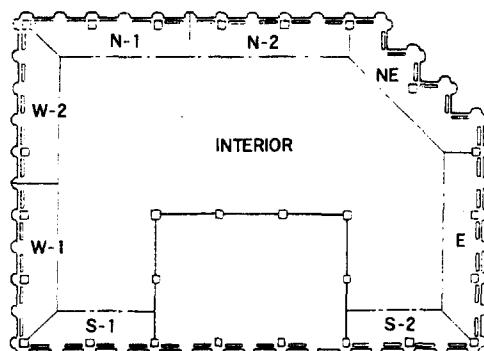


그림 2 대상건물의 기준층 평면도

#### 3.2 시뮬레이션 조건

##### 1) 기상데이터

KAREN-2 프로그램을 이용하여 건물 에너지 해석을 하기 위해서는 건구온도, 절대습도, 법선면 직달일사량, 수평면 산란일사량, 운량, 풍향, 풍속의 7가지 기후요소를 포함한 일별, 시간별 기상데이터가 필요하다.

이에 따라 여려기관에서 기준에 발표된 기상데이터를 분석해 본 결과 모두 적합하지 않다는 결정을 내리고, 제시된 외기 설계조건에 따라 외기온 및 직달·산란일사량을 산정하여 겨울, 여름 각 하루씩의 기상데이터를 본 시뮬레이션을 위하여 별도로 작성하여 시뮬레이션에 이용하였다. 시뮬레이션에 이용된 기상데이터는 표 1과 같다.

표 1 시뮬레이션 기상데이터

	겨울				여름			
	외기온 (°C)	절대습도 (kg/kg)	법선면 직달 일사량	수평면 산란 일사량	외기온 (°C)	절대습도 (kg/kg)	법선면 직달 일사량	수평면 산란 일사량
0	-10.2	0.0009	0.0	0.0	23.8	0.0186	0.0	0.0
1	-10.6	0.0009	0.0	0.0	23.4	0.0182	0.0	0.0
2	-10.9	0.0009	0.0	0.0	23.1	0.0177	0.0	0.0
3	-11.2	0.0009	0.0	0.0	22.8	0.0174	0.0	0.0
4	-11.6	0.0009	0.0	0.0	22.4	0.0170	0.0	0.0
5	-11.9	0.0009	0.0	0.0	22.1	0.0166	0.0	0.0
6	-11.1	0.0009	0.0	0.0	22.9	0.0175	5.0	31.0
7	-9.7	0.0009	0.0	0.0	24.3	0.0188	315.0	90.0
8	-8.1	0.0009	1.0	17.0	25.9	0.0188	578.0	110.0
9	-6.5	0.0009	456.0	74.0	27.5	0.0188	728.0	115.0
10	-5.3	0.0009	724.0	88.0	28.7	0.0188	815.0	114.0
11	-4.4	0.0009	842.0	93.0	29.6	0.0188	864.0	112.0
12	-3.8	0.0009	891.0	94.0	30.2	0.0188	887.0	110.0
13	-3.3	0.0009	893.0	94.0	30.7	0.0188	889.0	110.0
14	-2.9	0.0009	851.0	93.0	31.1	0.0188	870.0	112.0
15	-3.4	0.0009	744.0	89.0	30.6	0.0188	827.0	114.0
16	-4.1	0.0009	502.0	76.0	29.9	0.0188	749.0	116.0
17	-5.0	0.0009	19.0	28.0	29.0	0.0188	615.0	112.0
18	-6.0	0.0009	0.0	0.0	28.0	0.0188	379.0	96.0
19	-7.0	0.0009	0.0	0.0	27.0	0.0188	38.0	48.0
20	-7.9	0.0009	0.0	0.0	26.1	0.0188	0.0	0.0
21	-8.6	0.0009	0.0	0.0	25.4	0.0188	0.0	0.0
22	-9.3	0.0009	0.0	0.0	24.7	0.0188	0.0	0.0
23	-9.8	0.0009	0.0	0.0	24.2	0.0188	0.0	0.0

\* 일사량 단위 : W/m<sup>2</sup>

## 2) 실내설계조건

표 2 실내설계조건

구 분	겨 울		여 름	
	전구온도 (DB °C)	상대습도 (RH %)	전구온도 (DB °C)	상대습도 (RH %)
사무실	20	35	26	55

## 3) 외벽 및 창호의 구성

- 외벽 -1 : 열관류율  $0.5 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$   
(화강석 30mm, PC 콘크리트 120mm, 단열재 50mm)
- 외벽 -2 : 열관류율  $0.35 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$   
(24mm 복층 칼라유리, 공기 층, 단열재 50mm, 석고보드 15mm)
- 창문 : 열관류율  $2.9 \text{ kcal}/\text{m}^2\text{h}^\circ\text{C}$ , 차폐계수 0.58  
(24(6+12+6)mm 복층 칼라유리)

## 4) 내부발열

표 3 내부발열 타입에 따른 성분별 열량

구 分	설계조건	발생열량(W)		
		현열(대류)	현열(복사)	잠열
인체발열	0.2인/ $\text{m}^2$	31.4	31.4	68.6
조명발열	0.22개/ $\text{m}^2$	48	32	
기기발열	1대/ $\text{m}^2$	5	5	

## 5) 실사용 스케줄

표 4 실사용 스케줄

시 간	0	.....	7	8	…	17	18	…	23
스케줄	0	.....	0	100	…	100	0	…	0

## 6) 침입외기량

- 난방시 : 외주부 공간의 1.0회 / 시간
- 냉방시 : 외주부 공간의 0.5회 / 시간

## 7) 기타

- core와의 열전달은 없는 것으로 하였다.
- 바닥 및 천장으로의 열전달은 없는 것으로 하였다.

## 4. 시뮬레이션 결과

KAREN-2에서는 프로그램 실행시 부하계산 기간의 첫째날일 경우는 안정된 값을 얻기 위하여 7일을 반복 계산한 후 첫째날의 값을 저장·출력한다. 부하계산 기간과 입력된 건물방위로부터 건물의 회전각도(방위각)는 입력자료와는 별도로 부하계산시 쉽게 변경하여 시뮬레이션을 실시할 수 있다. 또한 사용자의 선택에 의해 아래와 같이 부하계산 결과에 대한 다양한 종류의 부하계산 출력물을 얻을 수 있다.

- 1) 존 최대부하 레포트
- 2) 존 최대부하 성분별 레포트
- 3) 존 시간부하 성분별 레포트
- 4) 존 월별부하 레포트
- 5) 건물 최대부하 성분별 레포트
- 6) 건물 월별부하 레포트
- 7) 건물 월별부하 레포트

샘플건물의 시뮬레이션 결과 얻어진 출력물의 일부는 표 5, 표 6, 표 7과 같다.

표 5 존 최대부하 레포트

KAREN 2.0

1994. 6. 1

## &gt;&gt;&gt; 존 최대부하 레포트 &lt;&lt;&lt;

건물개요 : H빌딩 부하계산

건물회전각도 : 0.0

번호 존이름	냉방					절대 습도 (kg/kg)
	최대 부하 (kcal/h)	최 대 부 하 발생시각 월 일 시	건구 온도 (°C)	절대 습도 (kg/kg)		
1 N-1	3098.590	8 1 17	29.0		0.0188	
2 N-2	3319.543	8 1 17	29.0		0.0188	
3 NE	8078.413	8 1 9	27.5		0.0188	
4 E	10113.582	8 1 9	27.5		0.0188	
5 S-1	4593.017	8 1 13	30.7		0.0188	
6 S-2	4593.017	8 1 13	30.7		0.0188	
7 W-1	8652.934	8 1 16	29.9		0.0188	
8 W-2	8652.934	8 1 16	29.9		0.0188	
9 INTERIOR	28105.188	8 1 17	29.0		0.0188	
합 계	79207.219					
건물최대냉방부하	63584.020	8 1 15	30.6		0.0188	

번호 존이름	난방					절대 습도 (kg/kg)
	최대 부하 (kcal/h)	최 대 부 하 발생시각 월 일 시	건구 온도 (°C)	절대 습도 (kg/kg)		
1 N-1	-238.224	8 1 5	22.1		0.0166	
2 N-2	-229.543	8 1 5	22.1		0.0166	
3 NE	-398.427	8 1 5	22.1		0.0166	
4 E	-280.554	8 1 5	22.1		0.0166	
5 S-1	-190.406	8 1 5	22.1		0.0166	
6 S-2	-190.406	8 1 5	22.1		0.0166	
7 W-1	-233.087	8 1 5	22.1		0.0166	
8 W-2	-233.087	8 1 5	22.1		0.0166	
9 INTERIOR	0.000	0 0 0	0.0		0.0000	
합 계	-1993.734					
건물최대난방부하	0.000	0 0 0	0.0		0.0000	

표 6 건물 최대부하 성분별 레포트

KAREN 2.0

1994. 6. 1

## &gt;&gt;&gt; 건물 최대부하 성분별 레포트 &lt;&lt;&lt;

건물개요 : H빌딩 부하계산

건물바닥면적 : 990.0 SQMT

건물체적 : 2574.0 CUMT

건물회전각도 : 0.0

	냉 방	난 방
시각(월 / 일 / 시)	8 1 15	0 0 0
건구온도(°C)	30.6	0.0
절대습도(kg/kg)	0.0188	0.0000
	현열 (kcal / h)	잠열 (kcal / h)
외 벽	1672.238	0.000
지붕	0.000	0.000
내 벽	0.000	0.000
지중 벽	0.000	0.000
창(일사)	15796.209	0.000
창(천도)	2042.054	0.000
인체발열	8901.672	11694.791
조명발열	13594.225	0.000
기기발열	7087.318	0.000
침기	577.886	2217.623
합계	49671.605	13912.414
총부하 (kcal / h)		63584.020
단위면적당 부하(kcal / h, SQMT)		64.226

총부하 (kcal / h) 63584.020 0.000  
 단위면적당 부하(kcal / h, SQMT) 64.226 0.000

표 7 건물 월별부하 레포트

KAREN 2.0

1994. 6. 1

## &gt;&gt;&gt; 건물 월별부하 레포트 &lt;&lt;&lt;

건물개요 : H빌딩 부하계산

건물회전각도 : 0.0

월	월별 합계 (kcal)	냉방					
		최대부하 발생시간		건구 온도 (°C)	절대 습도 (kg/kg)	현열 (kcal/h)	최대부하 점열 (kcal/h)
		일	시				
1 월	9216442.000	24	9	0.0	0.0024	35772.133	9738.614
2 월	9390913.000	12	14	5.0	0.0045	32393.627	10384.217
3 월	11992190.000	30	10	13.0	0.0025	42949.219	9769.357
4 월	13048872.000	23	15	22.0	0.0062	44299.434	10906.848
5 월	15646604.000	27	15	24.0	0.0107	45797.688	12290.281
6 월	17051932.000	28	17	26.0	0.0130	49742.129	12997.369
7 월	19278446.000	30	12	33.0	0.0209	46583.879	15426.064
8 월	19862482.000	11	14	33.0	0.0203	48146.820	15241.605
9 월	16910920.000	5	15	29.0	0.0151	50437.758	13642.972
10 월	14709190.000	1	14	28.0	0.0127	47594.789	12905.141
11 월	10996748.000	8	10	13.0	0.0044	39817.617	10353.474
12 월	9401748.000	24	12	5.0	0.0018	29877.553	9554.156
합 계	167506480.000						

월	월별 합계 (kcal)	난방					
		최대부하 발생시간		건구 온도 (°C)	절대 습도 (kg/kg)	현열 (kcal/h)	최대부하
		일	시				점열
1 월	-7670435.500	29	7	-14.0	0.0006	-24398.473	
2 월	-6227960.500	8	7	-10.0	0.0005	-21716.346	
3 월	-4377065.000	14	6	-4.0	0.0024	-17217.227	
4 월	-2475099.750	3	6	3.0	0.0039	-12041.048	
5 월	-914149.312	3	5	7.0	0.0061	-8905.061	
6 월	-79612.859	3	5	13.0	0.0080	-4496.955	
7 월	0.000	3	5	13.0	0.0080	-4496.955	
8 월	-18731.076	25	5	15.0	0.0084	-3338.627	
9 월	-113117.578	20	5	13.0	0.0086	-4691.186	
10 월	-1678447.000	29	4	3.0	0.0047	-11583.128	
11 월	-3933162.250	17	6	-5.0	0.0013	-17685.943	
12 월	-6897584.500	4	5	-10.0	0.0003	-21259.902	
합 계	-34385368.000						

#### 4.1 냉난방부하

주어진 건물조건에 대하여 KAREN-2 프로그램을 이용하여 냉·난방기 각각 하루씩 시뮬레이션을 실시하고 시뮬레이션 결과를 정리하였다. 그러나 여기에서는 지면관계상 냉방부하에 관한 자료들만 표와 그래프로 제시한다.

##### 1) 시각별 냉방부하

표 8 시각별 냉방부하

(단위 : kcal / h)

시각	냉방부하	시각	냉방부하
0	4,686	12	57,486
1	3,899	13	57,443
2	3,200	14	62,215
3	2,607	15	63,584
4	1,904	16	63,290
5	1,331	17	62,497
6	3,663	18	23,451
7	14,388	19	11,658
8	54,969	20	7,866
9	58,335	21	7,165
10	59,923	22	6,193
11	59,877	23	5,427
합 계			697,057

그림 3 시각별 냉방부하

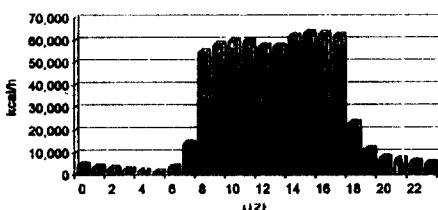


그림 3 시각별 냉방부하

##### 2) 각 존별 냉방부하

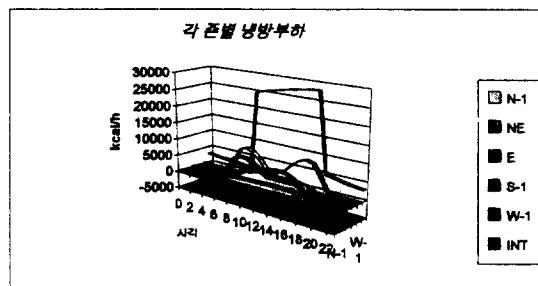


그림 4 각 존별 냉방부하

##### 3) 단위면적당 냉방부하

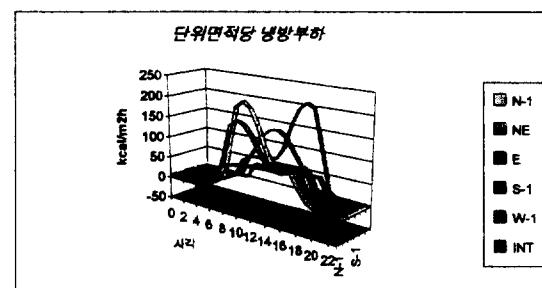


그림 5 단위면적당 냉방부하

##### 4) 최대 냉방부하

표 9 최대 냉방부하 및 발생시각

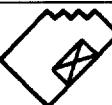
존이름	최대부하 (kcal / h)	발생시각
N-1	3,099	17시
N-2	3,320	17시
NE	8,078	9시
E	10,114	9시
S-1	4,593	13시
W-1	8,653	16시
INT	28,105	17시
건물	63,584	15시

(단, S-2, W-2 존은 각각 S-1, W-1 존과 동일함)

## 5) 방위별 냉방부하

표 10 방위별 냉방부하 비교

(단위 : kcal /day)

방위각	평면배치	냉방부하	비교(%)
0		697,057	100.0
45		724,705	104.0
90		711,262	102.0
135		733,898	105.3
180		711,495	102.1
225		733,775	105.3
270		711,123	102.0
315		724,596	104.0

## 6) 방위별, 존별 냉방부하

표 11 방위별, 존별 냉방부하

(단위 : kcal /day)

방위각	N-1	N-2	NE	E	S-1	W-1	INT	합계
0	33,888	36,650	63,484	69,322	36,221	57,200	306,873	697,057
45	47,353	50,081	72,441	66,595	43,407	47,271	306,873	724,705
90	57,320	60,022	73,143	55,692	45,216	33,888	306,873	711,262
135	55,046	57,751	78,512	66,463	37,273	47,353	306,873	733,898
180	45,957	48,685	73,047	69,179	26,555	57,320	306,873	711,495
225	54,932	57,642	72,289	57,274	37,337	55,046	306,873	733,775
270	57,200	59,902	63,388	41,219	45,312	45,957	306,873	711,123
315	47,271	50,001	66,222	57,370	43,492	54,932	306,873	724,596

(단, S-2, W-2 존은 각각 S-1, W-1 존과 동일함)

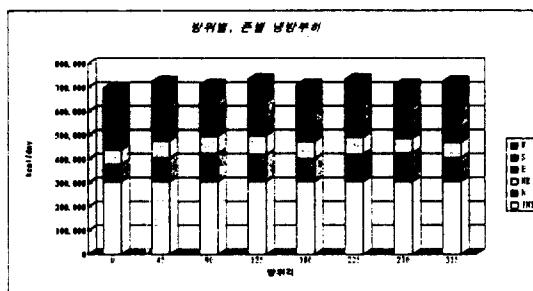


그림 6 방위별, 존별 낭방부하

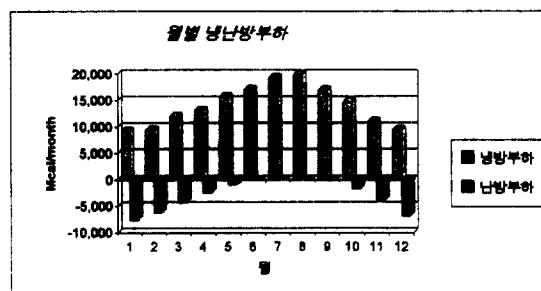


그림 7 건물월별냉난방부하

## 2) 최대냉난방부하

표 13 최대냉난방부하 및 발생시각

존 이름	최대 냉방부하 (kcal / h)	발생시각	최대 난방부하 (kcal / h)	발생시각
N-1	3,809	7월 30일 17시	-3,115	1월 29일 6시
N-2	4,048	7월 30일 17시	-3,134	1월 29일 6시
NE	8,031	8월 18일 8시	-4,817	1월 29일 6시
E	10,415	3월 30일 8시	-3,739	1월 29일 6시
S-1	6,472	10월 25일 13시	-2,484	1월 29일 6시
W-1	8,819	6월 28일 17시	-3,114	1월 29일 6시
INT	28,105	7월 30일 12시	0	-
전체	64,080	9월 5일 15시	-24,398	1월 29일 6시

(단, S-2, W-2 존은 각각 S-1, W-1 존과 동일함)

표 12 건물월별냉난방부하

(단위 : Mcal/month)

월	냉방부하	난방부하
1	9,216	-7,670
2	9,391	-6,228
3	11,992	-4,377
4	13,049	-2,475
5	15,647	-914
6	17,052	-80
7	19,278	0
8	19,862	-19
9	16,911	-113
10	14,709	-1,678
11	10,997	-3,933
12	9,402	-6,898
합계	167,506	-34,385

## 5. 결론

지금까지 건물 에너지 동적해석 프로그램 KAREN-2의 개요 및 TFM에 의한 부하계산법을 간단히 소개하고 주어진 건물에 대한 시뮬레이션을 실시한 결과를 요약하여 설명하였다.

컴퓨터를 이용한 건물 에너지 해석 프로그램은 어느 것이나 장단점이 있기 마련이다. 기존에 발표된 대부분의 건물 에너지 해석 프로그램은 몇가지 안되는 제한된 알고리즘을 이용하고 있기 때문에, 외국에서 기 개발된 프로그램을 이용하나, 국내에서 새로 개발한 프로그램을 사용하나 거의 유사한 결과를 얻게 될 것이나, 직접 개발한 프로그램을 활용한다면 여러가지 장점이 있을 수 있다. 즉 프로그램 내에 사용된 모든 알고리즘을 이해하

고 있기 때문에 프로그램의 확장, 우리나라의 설정에 맞도록 변경하거나 특수 시스템을 해석하기 위한 모듈(태양열 시스템, 빙축열 시스템 등)의 추가가 손쉽게 이루어 질 수 있다 는 장점이 있다. 또한 우리나라의 독특한 시스템 운전방식에 대한 시뮬레이션이 가능하도록 프로그램을 변경할 수도 있다. 프로그램의 입력과정도 우리 설정에 맞도록 데이터 베이스를 구축하여 두고 편리하게 활용할 수도 있으며, 시뮬레이션의 결과를 원하는 형식으로 출력하여 바로 보고서의 일부로 사용할 수도 있다.

외국의 여러가지 에너지 해석 프로그램이 있어도, 이웃나라 일본에서는 HASP라는 프로그램을 개발하였듯이 우리나라도 우리나라의 위상에 맞는 프로그램을 갖추어, 건물의 냉난방부하 계산 업무가 과학적이며 효율적으로 이루어지도록 하고 건물의 운용 및 개선에도 효율적으로 활용할 수 있어야 하겠다.

참고로 KAREN-2 프로그램을 범용 에너지 해석 프로그램으로 발전시키기 위하여 고려하고 있는 사항은 다음과 같다.

- 1) 현재 Watt로 한정된 단위를 kcal단위 와 함께 사용할 수 있도록 하여, 사용자가 익숙해진 입력자료를 준비하고 시뮬레이션 결과를 출력할 수 있도록 한다. 또한 KAREN-2 프로그램을 우리나라 뿐만아니라 다른 나라에서도 이용할 수 있도록 한글·영문의 전환이 가능하게 하고, BTU 단위를 사용 할 수 있도록 한다.
- 2) 현재 KAREN-2에서 채택한 열부하 계산방법 뿐만아니라 단순 계산방식과 시스템 규모 설정을 위한 최대부하 계산도 포함시켜, 사용자의 수준 및 목적에 따라 KAREN-2를 적절히 활용할 수 있도록 한다.
- 3) 현재 KAREN-2는 한정된 시스템과 플랜트에 대해서만 에너지 해석을 할 수 있는 제약이 있으므로, 다양한 시스템, 플랜트에 대한 에너지 해석 모듈을 첨가시켜 적절한 냉·난방방식 및 기기의

선정에도 도움을 줄 수 있도록 한다.

- 4) 부하계산 모듈에 창문을 통한 일사열 획득량의 차양에 의한 감소 효과를 고려할 수 있도록 한다.

### 참 고 문 헌

1. 건설부, “사무소 건물의 에너지 절약을 위한 설계기준 연구”, 1987. 12
2. 김광우, “건물에너지 해석 프로그램 KAREN-2”, 공기조화냉동공학회 부하계산 및 기상자료 표준화를 위한 발표회, 1993. 7
3. 한국동력자원연구소, “고층건물의 설계기준 및 평가기법 개발 연구”, 1982. 12
4. 한국동력자원연구소, “한국의 일사량자원 현황분석(Ⅲ)”, 1986. 12
5. 한국전력공사 기술연구원, “건물에너지 해석 전산화에 관한 연구”, 1990. 12
6. ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK 1989 Fundamentals,
7. ASHRAE, ASHRAE HANDBOOK 1993 Fundamentals,
8. ASHRAE, Cooling and Heating LOAD CALCULATION MANUAL. Second Edition, 1992.
9. Knebel, D.E., Simplified Energy Analysis Using the Modified Bin Method, ASHRAE Research Project PR-363, 1983.
10. Lawrence Berkeley Laboratory, DOE-2. 1B Reference Manual, 1982.
11. Lawrence Berkeley Laboratory, 1C BDL Summary and Guide, 1984.
12. NBS, NBSLD the Computer Program for Heating and Cooling Loads in Buildings.
13. Solar Energy Laboratory, TRNSYS A Transient System Simulation Program, 1983.
14. 宇田川光弘, パソコンによる 空氣調和計算法, オーム社, 1986.