

## 건물에너지 소비량 해석 소프트웨어 개발

### A Software Development of Energy Consumption for HVAC System of Building

김 병 화\*, 조 수 범\*\*, 김 중 필\*\*\*  
B. H. Kim, S. B. Jo, J. P. Kim

#### ABSTRACTS

The objective of this study is to develop a practical software package to calculate annual energy consumption of HVAC (Heating, Ventilating, and Air Conditioning) System in a building. It can quickly estimate loads and energy consumption, and have a function of economic analysis through the estimation of operating cost.

Techniques of save energy consumption used in a building are necessary from the stage of design process to operation. The single most significant task is on HVAC Systems. Their installation costs, and related operating costs have enormous influence upon initial and maintenance costs. HVAC designers and engineers now have a wide variety of software choices available, but only a few of them have been developed in this country and no source program has been disclosed.

Neither load calculation nor estimation of energy consumption is systematically made by the domestic HVAC design firms. Even though computer software improved over the years with a trend of large scale load calculation and system selection through simulation, the utilization of software nowadays does not make good progress due to the lack of working environment. Therefore, it is necessary to develop a practical software package with which load calculation can be made with ease and kind manner.

This study concerns the development of a software package which makes it possible to design HVAC system and save energy consumption in operation. The algorithm used in this program is a Modified Bin Method widely known as a simplified energy analysis means.

#### 기 호 설 명

|                        |   |
|------------------------|---|
|                        | $A_{Gi}$ : 해당방위 $i$ 의 유리창 면적( $m^2$ )   |
|                        | $A_i$ : 해당방위 $i$ 의 유리창 및 벽의 면적( $m^2$ ) |
| $A_D$ : 덕트단면적( $m^2$ ) |   |
| $A_F$ : 공조면적( $m^2$ )  | $A_U$ : 내부발생열부하를 일으키는 3가지 인             |

\* 한국건설기술연구원 설비연구실  
\*\* 한국건설기술연구원 설비연구실  
\*\*\* 한국건설기술연구원 설비연구실 실장

자 각각이 최대부하에서 차지하는 비율로서 표시된, 재실기간 또는 비재실기간 동안의 평균 사용율

$CC$  : 냉각코일의 능력(W)

$CLFTOT_i$  : 해당방위  $i$  및 시각에 대한 냉방부하 계수

$CLGLOAD$  : 현열 설계 냉방부하(W)

$CLTDS_i$  : 해당방위  $i$ 의 불투명체(벽 및 지붕)의 24시간 평균  $CLTD$  태양열 성분( $^{\circ}C$ )

$COP_C$  : 냉동기의 냉동모드  $COP$

$E_{CL}$  : 냉동기의 에너지소비량(W)

$E_{CPP}$  : 냉각수 펌프의 에너지소비량(W)

$E_{CTW}$  : 냉각탑 팬 및 냉각탑 펌프의 에너지소비량(W)

$E_{HPP}$  : 온수 펌프의 에너지소비량(W)

$E_{HT}$  : 보일러의 에너지소비량(W)

$FPS_i$  : 일조율

$f_o$  : 외기비율

$F_{OVB}$  : 보일러의 여유율(%)

$F_{OVC}$  : 냉동기의 여유율(%)

$HC$  : 가열코일 능력(W)

$HTGLOAD$  : 현열설계 난방부하(W)

$INSD$  : 덕트단열저항( $^{\circ}C \cdot m^2/W \cdot h^2$ )

$KW_f$  : 운전시 팬의 소비동력(W)

$K_B$  : 보일러의 효율(%)

$K_{CPP}$  : 냉각수펌프의 효율(%)

$K_{CTW}$  : 냉각탑 팬 및 냉각탑 펌프의 효율(%)

$K_f$  : 팬의 효율

$K_{HPP}$  : 온수 펌프의 효율(%)

$K_i$  : 해당방위  $i$ 의 불투명체(벽 및 지붕)의 색 보정계수

$K_m$  : 모터의 효율

$L_D$  : 덕트 누기율(%)

$MINSTOP$  : 최소 외기 도입 비율(%)

$MSHGF_i$  : 건물의 위도와 해당방위  $i$ 에 대한 월별 최대 태양열 취득계수( $W/m^2$ )

$O_f$  : 팬의 여유율(%)

$PLEEF$  : 부분부하효율곡선

$PLR$  : 부분부하비(Part-Load-Ratio)

$PS_f$  : 팬의 동력(W)

$Q_H$  : 존의 현열부하(W)

$Q_I$  : 내부발생열부하( $W/m^2$ )

$Q_{MAX}$  : 각 내부 열 발생요소로부터의 발열량(W)

$Q_{SOL}$  : 유리창을 통과한 방위  $i$ 별 태양열에 의한 부하( $W/m^2$ )

$Q_T$  : 유리창 및 벽을 통한 전도부하( $W/m^2$ )

$Q_{TS}$  : 관류부하의 태양열 성분( $W/m^2$ )

$SC_i$  : 차폐장치에 의해 결정되는 방위별 차폐계수

$SIZE_C$  : 냉동기용량(W)

$SIZE_H$  : 보일러용량(W)

$ST$  : 건물의 층수

$t$  : 1일중 공조기 가동시간

$T_{out}$  : 설계외기온도( $^{\circ}C$ )

$T_{ret}$  : 리턴 공기온도( $^{\circ}C$ )

$T_{SETS}$  : 냉방시 실내 설계온도( $^{\circ}C$ )

$T_{SETW}$  : 난방시 실내설계 온도( $^{\circ}C$ )

$T_{SET}$  : 실내설정온도( $^{\circ}C$ )

$T_{SUPS}$  : 냉방시 공급되는 공기온도( $^{\circ}C$ )

$T_{SUPW}$  : 난방시 공급되는 공기온도( $^{\circ}C$ )

$U_i$  : 해당방위  $i$ 에 대한 유리창 및 벽의 열관류율( $W/m^2 \cdot ^{\circ}C$ )

$V_{AC}$  : 냉방시 공급공기량(L/s)

$V_{AH}$  : 난방시 공급공기량(L/s)

$V_{AM}$  : 최대공급공기량(L/s)

$V_C$  : 공급풍량(L/s)

$V_f$  : 팬의 풍량(L/s)

$V_H$  : 공급풍량(L/s)

$V_{NEED}$  : 재실자를 위한 최소한의 외기량(L/s)

$V_S$  : 공급팬 및 리턴팬의 공기량(L/s)

$W_{OUT}$  : 50% RH일때 상대습도비( $kg_w/kg_a$ )

$W_{ret}$  : 리턴 공기의 습도비( $kg_w/kg_a$ )

$W_{SETW}$  : 존의 난방시 최소습도비( $kg_w/kg_a$ )

$W_{SUPS}$  : 냉방시 공급공기의 습도비( $kg_w/kg_a$ )

$\Delta p$  : 팬의 정압 상승(Pa)

## 1. 서 론

공조 시스템은 건물내의 온습도 조건을 재실자에게 불편이 없도록 조절하기 위한 것으로서 건물에서 사용하는 에너지의 대부분이 건

물내의 공조를 위하여 사용되어지고 있다. 공조 시스템의 효율적인 설계와 운전은 건물의 에너지 특성을 좌우하는 것으로서 가장 적은 비용으로 쾌적한 환경을 이룩할 수 있는 기초가 된다.

건물의 공조 시스템을 설계할 때에는 냉난방 부하를 구하여 그에 맞는 용량의 공조 설비 요소를 설치하는 것으로 공조 시스템 설계자의 임무가 끝났으나 최근에는 한 걸음 더 나아가 건물이 1년간 사용하는 에너지량을 제한함으로써 효율적인 공조 시스템의 설계를 피할 수 없도록 하고 있으며 동시에 에너지를 절약하는 효과를 거두고 있는 추세이며 국내에서도 이에 해당하는 것인 EBL(Energy Budget Level)을 제정하려는 노력이 최근 계속되고 있으나 여러가지 문제점이 있어 아직 제도적으로 정착되기에는 시간이 필요한 실정이다.

이 제도가 뿌리를 내리기 위하여는 건물에서 실제 사용하는 에너지 소비량을 설계단계에서 어느정도 오차 범위내에서 예측할 수 있어야 하지만 아직 이것에 대한 계산방법이 구체적으로 제시되지 않고 있으며 계산하는 데 필요한 관련자료 역시 외국의 것으로서, 국내에서 적용하는 데에는 무리가 있는 자료로써 이러한 자료의 국산화 역시 EBL 제도 확립에 있어 해결되어야 할 선행조건이다.

여기서는 이러한 추세에 부응하기 위하여 여러가지 문제점들 중에서 건물의 공조 시스템에서 사용하는 연간 에너지량을 예측하기 위한 하나의 도구인 에너지 소비량 해석 방법을 검토하여 이를 소프트웨어화 하였으며 그 명칭은 KEES(KICT Energy Estimating System)라 정하였다.

이 소프트웨어는 간이 에너지 해석법으로 알려져 있는 수정 빈 법(Modified BIN method)의 이론을 근거로 하였으며 빠른 시간(2~3분)내에 입력 조건에 대한 각종 계산의 결과를 파악할 수 있도록 하였다.

## 2. 연간 부하

### 2.1 외주부 부하계산

1) 유리창을 통과한 태양열에 의한 부하

$$Q_{SOL} = \frac{MSHGF_i \times A_{Gi} \times SC_i \times CLFTOT_i \times FPS_i \times ST}{t \times A_F} \dots\dots\dots (21)$$

MSHGF는 건물이 존재하는 위도에 따라 변하는 값으로서 여기서는 MSHGF 값을 참고문헌<sup>2)</sup>에서 발췌하여 직선 보간하였다.

2) 관류 부하

(1) 유리창 및 벽을 통한 전도성분

$$Q_T = \frac{A_i \times U_i \times (T_{out} - T_{SET})}{A_F} \dots\dots\dots (22)$$

(2) 벽과 지붕 등 불투명체를 통한 태양열 성분

$$Q_{TS} = \frac{A_i \times U_i \times CLTDS_i \times K_i \times FPS_i}{A_F} \dots\dots\dots (23)$$

3) 내부 발생열 부하

$$Q_I = \frac{A_U \times Q_{MAX}}{A_F} \dots\dots\dots (24)$$

### 2.3 내주부 부하 계산

내주부에 발생하는 부하는 앞에서 언급한 바와 같이 다음의 3가지 요소로 구성된다.

- (1) 지붕 등 불투명체를 통한 관류 열부하의 태양열 성분
- (2) 지붕을 통한 관류 열부하의 전도성분
- (3) 내부요소로부터 발생하는 열부하

여기서 (1)은 외주부의 벽과 지붕을 통과하는 태양열 성분 부하를 계산하는 식(2.3)을 그대로 사용할 수 있다. 단, 식(2.3)은 외주부 계산시 각 방위별 외주부의 값으로서 계산을 하였으나 내주부 계산시는 면적 및 CLTDS를 내주부의 값을 사용하여야 한다. 또한 (2)는 외주부의 관류부하를 구하는 식인 식(2.2)를 적용하여 구할 수 있으나 (1)에서와 같이 면적은 내주부의 것을 사용하여야 한다. 내주부에도 내부 열부하 발생 요소가 존재하므로 이에 관한 부하는 외주부의 내부 발생 열부하를 구하는 식(2.4)를 이용하여 구할 수 있으며 면적, 발열량 및 사용율은 내주부의 값을 적용하여야 한다.

### 3. 최대용량

#### 3.1 산출 요소

최대용량 계산을 필요로 하는 요소는 다음과 같다.

- (1) 최대공급공기량 (1/s)
- (2) 공급팬 및 리턴팬의 동력 (W)
- (3) 냉동기의 용량 (W)
- (4) 냉각수 펌프의 동력 (W)
- (5) 냉각탑 팬 및 펌프의 동력 (W)
- (6) 보일러의 용량 (W)
- (7) 온수 펌프의 동력 (W)

#### 3.2 최대공급공기량<sup>3)</sup>(V<sub>am</sub>)

$$V_{AC} = \frac{CLGLOAD}{1.23 \times (T_{SETS} - T_{SUPS})} \dots\dots (3.1)$$

실내에 공급되는 난방공급공기에 의해 실내의 현열설계 난방부하를 제거하여 실내온도를 설계온도까지 도달시키기 위한 공급공기량은 다음 식으로 계산된다.

$$V_{AH} = \frac{HTGLOAD}{1.23 \times (T_{SUPW} - T_{SETW})} \dots\dots (3.2)$$

#### 3.3 최소외기 도입비율<sup>3)</sup>

$$MINSTOP = \frac{V_{NEED}}{V_{AM}} \times 100 (\%) \quad (3.3)$$

이 최소 외기도입비율은 VAV 시스템에서만 사용된다.

#### 3.4 공급공기량<sup>4)</sup>

$$V_S = \frac{V_{AM}}{1 - (L_D/100)} \times (1 + O_f) \dots\dots (3.4)$$

#### 3.5 공급팬 및 리턴팬의 동력<sup>5)</sup>

$$PS_f = \frac{V_f \times \Delta p}{1,000 \times K_f \times K_m} \dots\dots\dots (3.5)$$

#### 3.6 냉방기기

##### 3.6.1 냉동기 용량<sup>6)</sup>

$$CC = V_C \times \{1.23 \times (T_{MIX} - T_{SUPS}) + 3010 \times (W_{MIX} - W_{SUPS})\} + PS_f + A_D$$

$$\times (T_{SUPS} - T_{OUT}) \times 0.5 / (1 + INSD) \dots\dots\dots (3.6)$$

여기서,

$$T_{mix} = f_o \times T_{out} + (1 - f_o) \times T_{RET} \dots (3.7)$$

$$W_{mix} = f_o \times W_{out} + (1 - f_o) \times W_{RET} \dots (3.8)$$

이 식을 이용하여 냉각 코일의 냉각능력을 구할 때 계산을 편리하게 하기 위해 식 가운데서 다음 몇 가지 항목은 다음의 것으로 대체하여 사용하여도 큰 차이가 없다.

공급 풍량 V<sub>C</sub> → V<sub>am</sub> 최대공급공기량  
설계의외기온도 T<sub>out</sub> → T<sub>outs</sub> 냉방시 설계의기 온도

설계 외기 습도비 W<sub>out</sub> → W<sub>outs</sub> 냉방시 설계 외기 습도비

리턴공기온도 T<sub>ret</sub> → T<sub>rets</sub> 각 존의 평균실내 설계온도

리턴공기습도비 W<sub>ret</sub> → W<sub>ret</sub> T<sub>ret</sub>와 50% RH 일때 습도비

외기비율 f<sub>o</sub> → MINSTOP 최소외기 도입 비율

이러한 과정을 통하여 식 (3.6)에서 구한 냉각코일능력을 이용하여 냉동기의 용량을 구할 수 있다.

$$SIZE_C = \left(1 + \frac{F_{OVC}}{100}\right) \times CC (W) \dots\dots (3.9)$$

##### 3.6.2 냉방 보조 기기

대부분의 냉난방설비는 팬이나 펌프와 같은 하나 이상의 보조기기를 갖고 있다. 펌프는 냉각코일 또는 난방코일에 냉수나 온수를 급배수하는데 사용되며, 또 콘덴서의 응축수를 냉각탑으로 보내는데도 사용된다. 냉각탑 역시 팬을 필요로 한다. 히트펌프와 같이 패키지 유니트 내부에 팬과 펌프가 있는 경우에는 이미 패키지 유니트의 COP에 팬과 펌프의 특성치가 고려되어 있으므로 별도의 보조기기로 취급하지는 않는다.

여기서 적용한 보조기기의 동력은 다음 표 3.1과 같다. 여기서 펌프와 팬의 동력은 보일러 또는 냉동기용량의 비율(%)로 표시하였다.

표3.1 COP for Plant Equipment and Auxiliary Equipment Power Ratio

| 기 기 종 류          |                                    | COP 또는<br>효율 (%) | 난 방<br>COP | 펌프동력<br>(%) | 냉각탑동력<br>(%) |
|------------------|------------------------------------|------------------|------------|-------------|--------------|
| 냉<br>방<br>기<br>기 | Centrifugal Chiller                | 5.0              | —          | 2           | 3            |
|                  | Screw type Chiller                 | 4.4              | —          | 2           | 3            |
|                  | Absorption Chiller                 | 0.66             | —          | 2           | 5            |
|                  | Double Bundle Chiller              | 4.0              | 4.2        | 2           | 3            |
|                  | Direct Expansion<br>(Water Cooled) | 2.7              | —          | 0           | 3            |
| 난방<br>기기         | 보 일 러                              | 80%              | —          | 1           | —            |
|                  | Furnace                            | 75%              | —          | —           | —            |

주) TrakLoad, Morgan System, 1985, pp. 3-78.

3.7 난방기기

3.7.1 보일러 용량<sup>6)</sup>

$$\begin{aligned}
 HC = & Q_H + V_H \times f_o \times \{1.23 \times (T_{SETW} - T_{OUT}) \\
 & + 3010 \times (W_{SETW} - W_{OUT})\} - PS_f \\
 & + A_b \times (T_{SUPW} - T_{OUT}) \times 0.5 / (1 - \\
 & INSD) \dots\dots\dots (3.10)
 \end{aligned}$$

이 식을 이용하여 난방코일의 난방 능력을 구할 때 계산을 편리하게 하기 위해 식 가운데에서 다음 몇 가지 항목은 다음의 것으로 대치하여 사용하여도 큰 차이가 없다.

공급 풍량  $V_H \rightarrow V_{am}$  최대공급공기량  
 설계외기온도  $T_{out} \rightarrow T_{outw}$  난방시 설계외기온도

설계외기습도비  $W_{out} \rightarrow W_{outw}$  난방시 설계외기 습도비

외기비율  $f_o \rightarrow MINSTOP$  최소외기 도입비율  
 덕트 손실과 보일러의 여유율을 고려하여 보일러의 용량을 계산하면,

$$SIZE_H = \left(1 + \frac{F_{OVB}}{100}\right) \times HC \dots\dots\dots (3.11)$$

4. 플랜트의 에너지소비량

4.1 팬의 에너지 소비량

4.1.1 속도제어<sup>7)</sup>

$$\begin{aligned}
 KW_f = & PS_f \times (0.00153028 + 0.00520806 \times PLR \\
 & + 1.10862 \times PLR^2 - 0.116356 \times PLR^3) \\
 & \dots\dots\dots (4.1)
 \end{aligned}$$

4.1.2 토출 댐퍼 제어<sup>7,8)</sup>

$$\begin{aligned}
 KW_f = & PS_f \times (0.370734 + 0.972503 \times PLR \\
 & - 0.342408 \times PLR^3) \dots\dots\dots (4.2)
 \end{aligned}$$

4.1.3 입구 배인 제어

$$\begin{aligned}
 KW_f = & PS_f \times (0.350712 + 0.308054 \times PLR \\
 & - 0.541374 \times PLR^2 + 0.871988 \times \\
 & PLR^3) \dots\dots\dots (4.3)
 \end{aligned}$$

4.2 냉동기 및 보조기기의 에너지소비량

4.2.1 냉동기의 에너지 소비량<sup>9)</sup>

냉동기가 사용하는 에너지소비량은 다음 식으로 구한다.

$$E_{CL} = \frac{SIZE_C}{COP_C} \times PLEEF \dots\dots\dots (4.4)$$

(1) 원심식 냉동기

$$\begin{aligned}
 PLEEF = & 0.2229 + 0.3134 \times PLR + 0.4637 \\
 & \times PLR^2 \dots\dots\dots (4.5)
 \end{aligned}$$

$$PLR = \max \left\{ 0.1, \min \left( 1.0, \frac{CC}{SIZE_C} \right) \right\} \dots\dots\dots (4.6)$$

(2) 스크류식 냉동기

$$\begin{aligned}
 PLEEF = & 0.0881 + 1.1377 \times PLR - 0.2258 \\
 & \times PLR^2 \dots\dots\dots (4.7)
 \end{aligned}$$

(3) 흡수식 냉동기

$$E_{CL} = \frac{SIZE_C}{COP_C} \times 0.05 \dots\dots\dots (4.8)$$

4.2.2 보조기기의 에너지소비량

냉동기의 보조기기로는 냉각수 펌프와 냉각탑 팬 및 냉각탑 펌프를 들 수 있다. 이 보조기기가 사용하는 에너지소비량은 다음 식으로 계산할 수 있다.

$$E_{CPP} = E_{CL} \times K_{CPP} / 100 \dots\dots\dots (4.9)$$

$$E_{CTW} = E_{CL} \times K_{CTW} / 100 \dots\dots\dots (4.10)$$

4.3 보일러 및 보조기기의 에너지소비량

4.3.1 보일러의 에너지소비량<sup>10)</sup>

보일러의 에너지소비량은 다음 식으로 구한다.

$$E_{HT} = \frac{SIZE_H}{K_B / 100} \times PLEEF \dots\dots\dots (4.11)$$

여기서,

$$PLR = \min\left(1, \frac{Q_{HTG}}{SIZE_H}\right) \dots\dots\dots (4.12)$$

$$PLEEF = 0.0826 + 0.9968 \times PLR - 0.07936 \times PLR^2$$

4.3.2 보조기기의 에너지소비량

$$E_{HPP} = E_{HT} \times K_{HPP} / 100 \dots\dots\dots (4.13)$$

5. 공조시스템의 에너지 해석

5.1 주요 공조시스템의 종류

에너지소비량을 해석하는 방법은 공조시스템별로 다르지만 크게 구분하면 내주부 등을 공조하는 중앙식 HVAC 시스템과 외주부 등 부분적 구역을 공조하는 존 HVAC 시스템으로 나누어진다. 중앙식 HVAC 시스템으로 분류되는 에너지소비량 해석법들은 서로 유사한 해석법을 갖고 있으며 또한 존 HVAC 시스템의 에너지소비량 해석법도 서로 유사한 점이 많다.

여기서는 각 공조시스템별로 자세하게 시스템 해석을 하지 않고 중앙식 HVAC 시스템 및 존 HVAC 시스템의 에너지해석 과정의 일반적 흐름을 기술해 보고자 한다.

5.2 중앙식 HVAC 시스템

중앙식 HVAC 시스템은 각 존으로부터 들

아오는 리턴 공기를 한 곳에 모은 다음, 그것을 다시 공조하여 냉방이나 난방을 위해 각 존으로 되돌려 보내는 것이다. 중앙식 HVAC 시스템으로는 CAV, VAV 등이 본 소프트웨어 개발의 적용대상시스템이다.

중앙식 HVAC 시스템들의 일반적 에너지해석 과정은 다음과 같다.

(1) 냉각코일을 떠나는 냉방공급 공기의 온도와 습도비를 구한다.

(2) 각 존에 공급되는 공기량을 구한다.

이 공급공기량을 구할 때 VAV시스템과 CAV시스템에는 서로 중요한 차이가 있다.

(3) 듀얼 덕트시스템을 제외한 나머지 모든 시스템에서는, 제거하지 못한 순수냉방부하가 있으면 이를 제거하기 위한 각 존별 재열부하를 계산한다. 또한 평균 존의 온도를 계산한다. 듀얼 덕트시스템에서는 찬 공기쪽과 더운 공기쪽 각각에 대해 계산한다.

(4) 각 존에서 되돌아오는 리턴공기의 온도, 습도비 및 풍량을 계산한다. 리턴되는 온도는 각 존의 평균온도와 리턴 프래넘으로 새어 들어오는 조명열의 영향을 받는다. 습도비는 공급된 공기의 습도비, 공급풍량 및 존에서 발생한 습도의 영향을 고려하여 계산되어진다. 리턴풍량은 공급된 풍량으로부터 각 존에서 누설된 풍량의 차로서 구한다.

(5) 모든 존에 공급되는 공급풍량과 리턴풍량을 더해서, 리턴 공기온도와 리턴공기습도비의 평균을 구한다. 리턴 팬의 발열 때문에 상승하는 리턴공기의 온도를 구한다.

(6) 열교환기가 있는 경우에는 인입되는 공기(외기)의 온도상승을 계산한다. 증발식 냉동기가 있는 경우에는 온도저하와 습도비의 상승을 구한다.

(7) 이코노마이저가 있거나 VAV 시스템인 경우에는 필요외기 비율을 계산하며 기타의 시스템인 경우에는 최소 외기비율을 추정한다. 이 외기도입비율과 리턴공기 및 외기의 조건(온·습도비 등)을 이용하여 혼합공기의 온도와 습도비를 계산한다. 혼합된 공기온도에 공급팬에 의한 온도상승을 더한다.

(8) 만약 혼합된 공기온도가 최소 공급공기 온도보다 낮을 때에는 예열하는데 필요한 에

너지도 계산해야 한다.

(9) 만약 혼합된 공기온도가 설계 냉방공급 공기 온도보다 높을 때에는 설계치에 도달시키도록 온도조건을 낮추는데 필요한 에너지를 계산하여야 한다. 만약 혼합공기 습도비가 코일의 설계치 보다도 낮은 경우에는 잠열냉방 성분을 0으로 가정한다.

(10) 가열코일 용량은 존에서의 재열부하의 합으로 나타난다. 동절기에 가습이 필요한 경우 공급공기를 가습시키는데 필요한 에너지는 별도로 계산해야 한다.

이상의 10단계가 중앙식 HVAC 시스템의 에너지해석을 위한 일반적 개요이다.

### 5.3 존 HVAC 시스템

존 HVAC 시스템은 각각의 존을 독립적으로 난방하거나 냉방하는 분산 형태를 취하는 것이 보통이다. 존 HVAC 시스템의 일반적 에너지 해석과정은 다음과 같으며 FCU 등의 시스템이 여기에 해당한다.

(1) 냉각코일 출구의 공기의 온도와 습도비는 Unit Ventilator 시스템을 제외하고는 설계 조건과 같다고 가정한다. Unit Ventilator 시스템은 각 실에 설치된 서모스탯에 의해 동작되는 발브에 의해서 제어된다.

(2) 각 존의 평균 공급공기량은 사이클이 "ON" 또는 "OFF"됨에 따라 변한다.

(3) 리턴공기의 습도비와 공기량을 구한다. 습도비는 공급공기의 습도비와 공기량 및 존에서의 수분발생량으로부터 계산한다. 리턴 공기량은 공급되는 공기량과 존에서 누설되는 공기량과의 차이이다.

(4) 냉방모드와 난방모드 각각의 상태에서 모든 존의 리턴온도와 습도비의 평균을 구한다.

(5) 이코노마이저가 있는 경우 외기비율을 계산한다.

이 외기비율과 리턴 및 외기조건을 이용하여 혼합공기온도와 습도비를 계산한다. 그리고 혼합공기온도에 공급팬으로부터 온도상승을 더한다.

(6) 현열과 잠열 부하에 따른 냉각코일의 용량을 구한다.

(7) 가열코일의 용량을 구한다.

이상 7단계가 존별 HVAC에 사용되는 공조 시스템의 에너지 해석용 소프트웨어를 개발하는 데 사용된 시스템 해석의 일반적 개요이다.

## 6. 개발소프트웨어 검증

### 6.1 연간부하의 검증

KEES와 TrakLoad에 참고문헌 1)의 자료를 입력하여, 각 소프트웨어를 수행한 결과인 1월부터 12월까지의 연간 부하가 표6.1에 나타나 있다. 비교를 편리하게 하기 위해 부하값은 부하요소별로 1월부터 12월까지의 합인 연간부하 합계 값으로 나타내었다.

표6.1에서와 같이 연간 부하값을 비교하는 부하성분은 5가지이다. 그 중에서 KEES가 TrakLoad와 비교할 때 내주부의 전도부하가 33%의 차이를 나타내고 있으나 기타의 부하성분은 공학적으로 허용이 가능한 10% 정도, 또는 그 이내의 차이를 보이고 있다.

표6.1 Comparison of Annual Load

(단위: kWh)

|      | 외 주 부    |          |     | 내 주 부   |         |     |
|------|----------|----------|-----|---------|---------|-----|
|      | KEES     | T/L      | 비율  | KEES    | T/L     | 비율  |
| 일사부하 | 79,568   | 80,944   | 98  | 4,770   | 0       |     |
| 진도부하 | -121,252 | -138,569 | 88  | -18,160 | -27,197 | 67  |
| 내부기기 | 18,092   | 20,676   | 88  | 22,451  | 25,534  | 88  |
| 조명기기 | 40,066   | 41,895   | 96  | 49,641  | 51,396  | 97  |
| 인체   | 13,222   | 15,430   | 86  | 16,731  | 19,302  | 87  |
| 합계   | 29,696   | 20,376   | 146 | 75,433  | 69,035  | 109 |

\* T/L은 TrakLoad임.

\* 비율은  $(KEES/TrakLoad) \times 100\%$ 임.

내부기기에 의한 부하의 차이는 우려할 만한 것은 없으나 전도부하가 차이가 나는 이유는 현재는 불분명하며 이에 관하여 검토를 계속하고 있다.

**6.2 최대부하 및 최대용량의 검증**

앞에서 구한 연간 부하와는 별도로, 공조시스템을 구성하는 요소설비의 최대용량을 구하기 위하여서 먼저 냉방부하 및 난방부하의 최대값을 구할 필요가 있어 각 존 마다의 값을 구하여 비교하였다.

참고문헌 1)의 입력자료에 의한 KEES의 결과와 TrakLoad의 결과에서 최대용량을 구하여 비교하면 표6.2와 같이 되며 이 최대부하값을 사용하여 공조시스템의 최대용량을 구한 것이 표6.3이다.

**표.6.2 Comparison of Peak Load** (단위: kW)

| 구 분  | ZONE | KEES  | TrakLoad | 비 율 |
|------|------|-------|----------|-----|
| 냉방부하 | 내주부  | 26.9  | 31.0     | 87  |
|      | 북 측  | 18.4  | 14.6     | 126 |
|      | 동 측  | 13.1  | 12.3     | 108 |
|      | 남 측  | 21.1  | 17.6     | 120 |
|      | 서 측  | 24.5  | 15.2     | 161 |
|      | 합 계  | 104.2 | 90.7     | 115 |
| 난방부하 | 내주부  | 10.1  | 18.7     | 54  |
|      | 북 측  | 22.3  | 21.1     | 106 |
|      | 동 측  | 14.9  | 14.1     | 106 |
|      | 남 측  | 22.3  | 21.1     | 106 |
|      | 서 측  | 14.9  | 14.1     | 106 |
|      | 합 계  | 84.5  | 89.1     | 95  |
| 합 계  |      | 188.7 | 179.8    | 105 |

**표.6.3 Comparison of Peak Capacities**

| 구 분         | 단 위               | 합 계  |       |     | 외 주 부 |      |     | 내 주 부 |      |     |
|-------------|-------------------|------|-------|-----|-------|------|-----|-------|------|-----|
|             |                   | KEES | T/L   | 비율  | KEES  | T/L  | 비율  | KEES  | T/L  | 비율  |
| 공급공기량       | m <sup>3</sup> /s | 9.5  | 7.5   | 127 | 6.9   | 5    | 138 | 2.6   | 2.5  | 104 |
| 리턴공기량       | m <sup>3</sup> /s | 2.6  | 2.5   | 104 | 0     | 0    | 100 | 2.6   | 2.5  | 104 |
| 최소외기도입비율    | kW                | 20.2 | 15.5  | 130 | 0     | 0    | 100 | 20.2  | 15.5 | 130 |
| 공급팬동력       | kW                | 9.3  | 8.8   | 106 | 1.5   | 1.4  | 107 | 7.8   | 7.4  | 105 |
| 리턴팬동력       | kW                | 2    | 1.9   | 105 | 0     | 0    | 100 | 2     | 1.9  | 105 |
| 냉동기         | kW                | 169  | 141.1 | 120 | 110   | 91.5 | 120 | 59    | 49.6 | 119 |
| 냉각수 펌프동력    | kW                | 1.1  | 1     | 110 | 0     | 0    | 100 | 1.1   | 1    | 110 |
| 냉각탑팬 및 펌프동력 | kW                | 5.0  | 4.2   | 121 | 3.3   | 2.7  | 126 | 1.7   | 1.5  | 113 |
| 보일러         | kW                | 124  | 135.3 | 92  | 80    | 77.3 | 103 | 44    | 58   | 76  |
| 온수펌프동력      | kW                | 1.2  | 1.4   | 86  | 0.8   | 0.8  | 100 | 0.4   | 0.6  | 67  |

**6.3 연간 에너지 소비량의 검증**

앞에서의 공조시스템의 최대용량과 연간부하에서 공조시스템이 사용하는 1년간의 월별 에너지를 구할 수 있다. KEES와 TrakLoad에서 구해진 연간 에너지를 합하여 1년간 소요되는 에너지량을 비교한 것이 표6.4이다.

표6.4에서 KEES에서 연간 에너지 소비량이 가장 큰 것은 조명기기이지만 TrakLoad에서는 보일러로서 연간 에너지량의 31%였다. 조명기기 및 내부기기에 의한 에너지를 제외하고 비교하면 보일러가 차지하는 에너지가 가장 크며 그 다음이 냉동기이다.

**6.4 연평균 소요에너지**

KEES는 설계하고자 하는 건물의 연간부하, 최대부하 및 최대용량을 구할 수 있으며 연간 소요되는 에너지량을 예측할 수 있다. 설비요소별로 연간 에너지 소요량을 구할 수도 있으며 전체 에너지소요량도 예측할 수 있다.

참고문헌 1)에서의 입력자료를 KEES와 TrakLoad에 가하여 구한 단위면적당 연간에너지소비예측량을 CAV 시스템과 VAV 시스템으로 구별했을 경우의 수치가 표6.5에 나타나 있다.



표 6.4 Comparison of Annual Energy Consumption

(단위 : kWh)

| 요소기기    | 합 계     |     |         |     |     | 외 주 부   |         |     | 내 주 부   |         |     |
|---------|---------|-----|---------|-----|-----|---------|---------|-----|---------|---------|-----|
|         | KEES    | 비   | T/L     | 비   | 비율  | KEES    | T/L     | 비율  | KEES    | T/L     | 비율  |
| 공급팬     | 23,028  | 8   | 20,682  | 6   | 111 | 1,325   | 1,511   | 88  | 21,703  | 19,171  | 113 |
| 리턴팬     | 5,765   | 2   | 144     | 0   |     | 0       | 0       | 100 | 5,765   | 144     |     |
| 냉동기     | 52,207  | 18  | 46,038  | 15  | 113 | 29,210  | 35,524  | 82  | 22,997  | 10,514  | 219 |
| 냉동기보조기기 | 7,792   | 3   | 9,436   | 3   | 83  | 1,483   | 5,290   | 28  | 6,309   | 4,146   | 152 |
| 보일러     | 66,365  | 23  | 98,832  | 31  | 67  | 36,674  | 83,195  | 44  | 29,691  | 15,637  | 190 |
| 온수펌프    | 3,728   | 1   | 3,974   | 1   | 94  | 3,220   | 2,717   | 118 | 508     | 1,257   | 40  |
| 조명기기    | 89,707  | 31  | 93,291  | 29  | 96  | 40,066  | 41,895  | 96  | 49,641  | 51,396  | 97  |
| 내부기기    | 40,543  | 14  | 46,210  | 15  | 88  | 18,092  | 20,676  | 88  | 22,451  | 25,534  | 88  |
| 합 계     | 289,135 | 100 | 318,607 | 100 | 91  | 130,070 | 190,808 | 68  | 159,065 | 127,799 | 124 |

표 6.5 Predicted Annual Energy Consumption Per Unit Area

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·year)

| TrakLoad |     |    | KEES |     |     |
|----------|-----|----|------|-----|-----|
| CAV      | VAV | 비율 | CAV  | VAV | 비율  |
| 280      | 288 | 97 | 288  | 256 | 113 |

- 주 1) CAV와 VAV는 내주부의 공조시스템이며 외주부는 FCU를 사용한 경우임.  
 2) 비율은(CAV/VAV)×100%임.

7. 계수변화에 따른 에너지소비량의 변화

7.1 계수변화방법

계수변화에 사용된 인자의 선정은 연간 에너지소비량이 가장 민감하게 변화하는 것으로 판단되는 인자로 하였으며 계수변화에 따른 연간 에너지소비량 항목은 난방에너지(보조기기의 에너지 포함), 냉방에너지(보조기기의 에너지 포함), 팬에너지(공급 및 리턴팬)의 3종류로서 단위는 연간 단위면적당 에너지인 kWh/m<sup>2</sup>/year이다. 이와 함께 최대난방 및 최대냉방부하도 함께 나타내어 비교할 수 있도록 하였다. 최대냉난방부하를 함께 표시한 것은 최대냉난방부하에 따라서 냉난방기기의 용량이 결정되며 이 용량에 따라서 냉난방에너지가 변화하기 때문이다.

계수변화에 따른 에너지소비량 변화에 사용된 인자를 보면 다음과 같다.

- 1) 냉방시 외기 평균온도

- 2) 난방시 외기 평균온도  
 3) 바닥재료의 열관류율  
 4) 지붕재료의 열관류율  
 5) 벽 재료의 열관류율  
 6) 유리창재료의 열관류율  
 7) 차폐계수  
 8) 냉방시 실내설정온도(재실시)  
 9) 난방시 실내설정온도  
 10) 난방시 실내설정온도(비재실시)  
 11) 냉방시 공급공기 최저온도  
 12) 난방시 공급공기 최대온도  
 13) 냉방시작 외기 온도  
 14) 난방시작 외기 온도

7.2 냉방시 외기 평균온도

그림에서 각 표시가 의미하는 것은 다음과 같다.

- C-Load : 최대냉방부하(kW)
- H-Load : 최대난방부하(kW)
- Heating Energy : 난방기기(보조기기 포함)의 소요에너지(kWh/m<sup>2</sup>/year)
- Cooling Energy : 냉방기기(보조기기 포함)의 소요에너지(kWh/m<sup>2</sup>/year)
- Fan Energy : 팬(공급팬 및 리턴팬)의 소요에너지(kWh/m<sup>2</sup>/year)

그림에서의 표시는 이후에 계속되는 7장의 모든 그림에서 같은 의미를 갖는다.

냉방시 외기평균온도는 냉방부하에 큰 영향을 미치는 인자로서 그림 7.1에서와 같이 외기 평균온도가 2°C 증가할 때 마다 냉방부하는 약 4.4% 증가하는 것으로 나타났으며 냉방에너지는 약 2%씩 증가하는 것으로 나타났다. 팬의 에너지는 냉방에너지보다는 완만하지만 역시 서서히 상승하는 것도 그림 7.1은 보여주고 있다.

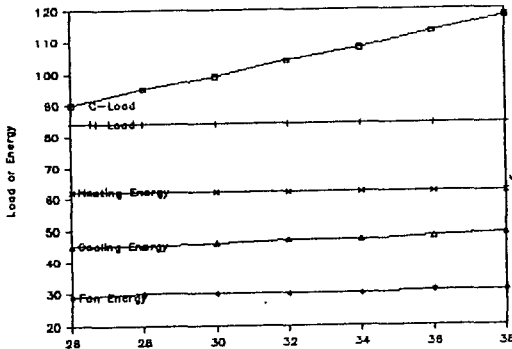


그림 7.1 Energy Consumption vs. Outdoor Average Temperature in Cooling

### 7.3 난방시 외기 평균온도

난방시 외기평균온도 역시 부하에 큰 영향을 미치는데 외기온도 2°C가 낮아짐에 따라 최대난방부하는 약 5.6% 정도 증가하는 것으로 나타났으며 난방기기의 에너지소모는 약 3.2% 정도 증가하는 것으로 나타났다. 팬의 에너지는 냉방시 평균외기온도가 변화하는 경우보다 완만한 변화를 보여주고 있으나 -8°C ~ -18°C의 변화를 보여주는 그림 7.2에서는 팬의 에너지의 변화는 나타나지 않았다.

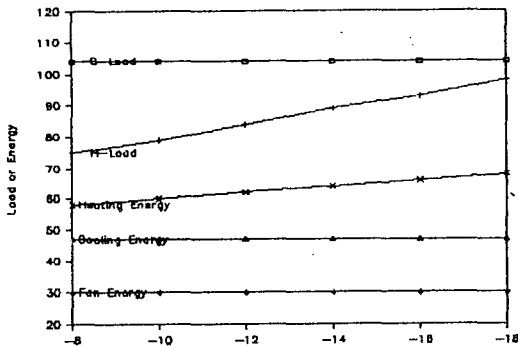


그림 7.2 Energy Consumption vs. Outdoor Average Temperature in Heating

### 7.4 바닥재료의 열관류율

그림 7.3은 바닥재료의 열관류율을 0.1에서 0.9까지 변화시켰을 때의 최대부하 및 에너지의 변화이다. 바닥재료의 열관류율 변화에 따라 최대냉방부하는 아주 완만한 상승을 보이고 있으나 최대 난방부하는 냉방부하보다 심하게 변화하고 있음을 보여주고 있다. 최대냉방부하의 완만한 변화에 따라 냉방기기의 에너지 소비는 변화하고 있지 않으나 열관류율이 0.2씩 상승할 때마다 난방기기의 에너지소모는 약 3% 정도씩 거의 규칙적으로 증가하고 있었다. 팬의 에너지는 변화하지 않았다.

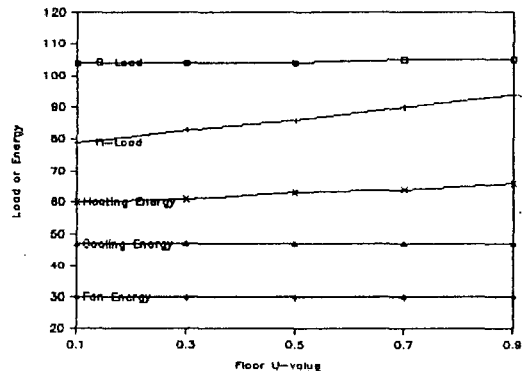


그림 7.3 Energy Consumption vs. Change of Overall Heat Transfer Coefficient of Floor

### 7.5 지붕재료의 열관류율

지붕재료의 열관류율을 0.1에서 0.9까지 변화시켰을 때의 결과가 그림 7.4에 나타나 있다. 앞에서 바닥재료의 열관류율 변화는 최대냉방부하의 약간의 변화 그리고 그보다 심한 최대난방부하의 변화를 일으켰지만 지붕재료의 열관류율은 바닥재료의 열관류율보다 큰 최대냉방부하와 최대난방부하의 변화의 폭을 보여주고 있다. 이에 따라 열관류율이 0.1에서 0.9로 변화할 때 난방기기의 에너지는 약 217%의 증가를 보여주고 있으며 또한 팬에너지의 상승(6.4%)도 눈에 띄고 있다. 지붕재료의 열관류율 변화에 따른 이러한 난방부하 및 난방에너지의 변화는 단층인 건물인 경우 건물의 에너지소비량에 커다란 영향을 미칠 수 있

다는 중요성을 보여주고 있다. 건물의 층수가 많은 경우 지붕재료의 열관류율은 큰 영향을 미치지 않겠지만 그림 7.4는 단층인 건물인 경우이므로 이러한 큰 변화를 나타낸 것으로 판단된다.

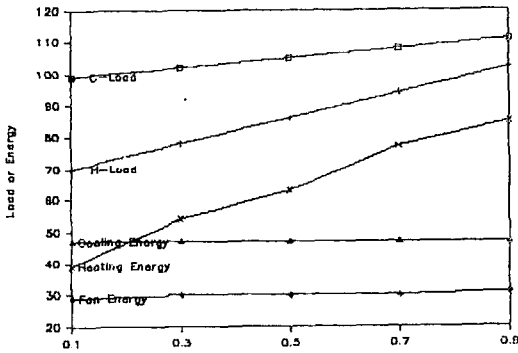


그림 7.4 Energy Consumption vs. Change of Overall Heat Transfer Coefficient of Roof

7.6 벽재료의 열관류율

벽 재료의 열관류율 값이  $1(\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  증가할 때마다 최대냉방부하는 5%씩 규칙적으로 증가하였으며 최대난방부하는 이보다 더 큰 변화폭(약 9.3%)의 증가를 나타내었다. 최대냉방부하의 완만한 상승에 따라 냉방기기의 에너지도 약간의 상승을 보이고 있으나(약 2% 증가/ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ) 난방기기의 에너지는 큰 증가비율을 보여주고 있다(약 10%/ $\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ ).

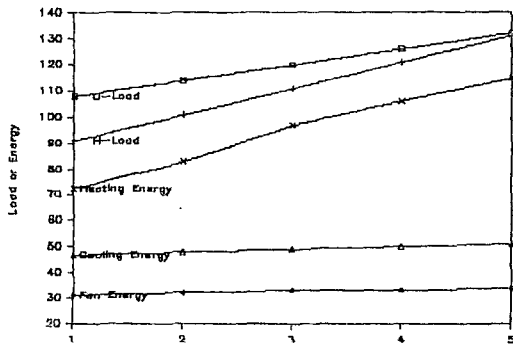


그림 7.5 Energy Consumption vs. Change of Overall Heat Transfer Coefficient of Wall

이러한 추세로 보아서 열관류율은 난방에너지에 적지 않은 영향을 미치고 있음을 알 수 있다. 특히 열관류율이 클수록 냉방기기의 에너지와 난방기기의 에너지차가 점차 커지고 있으므로 적절한 열관류율을 갖는 재료의 선정이 에너지절약에 큰 영향을 미칠 수 있음을 알 수 있다.

7.7 유리창의 열관류율

유리창의 열관류율 증가는 최대냉방부하의 완만한 상승(약  $7\% / (\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ )과 최대난방부하의 급격한 증가를(약  $34\% / (\text{W}/\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ) 일으키는 원인이 되었다. 유리창의 열관류율이 적을 때는 난방부하와 함께 난방기기의 에너지도 대단히 적지만 열관류율의 증가에 따라 그림 7.6에서처럼 난방기기의 에너지는 큰 기울기로 상승하였다. 즉 유리창의 열관류율은 냉방에너지보다는 난방에너지에 더 큰 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다.

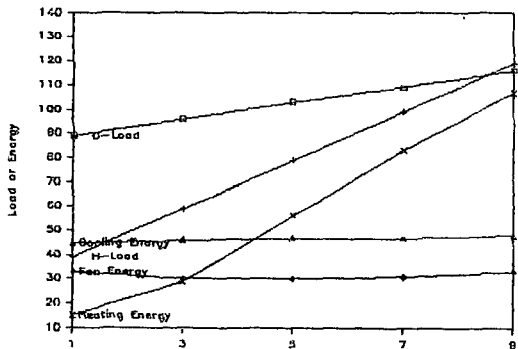


그림 7.6 Energy Consumption vs. Change of Overall Heat Transfer Coefficient of Glass

7.8 차폐계수

차폐계수는 유리창에 설치된 차폐물의 차폐계수로서 그 값의 변화에 따른 에너지 및 부하의 변화가 그림 7.7이다. 유리창의 열관류율을과는 달리 차폐계수의 증가는 난방부하에는 거의 영향을 미치지 않으나 냉방부하에는 그림 7.7에서처럼 큰 영향을 미치고 있었다. 그러나 냉방부하가 크게 영향을 받는 경우 냉

방기기의 에너지가 그에 따라 변화하는 앞서의 모든 경우와는 달리 냉방에너지는 완만한 상승을 나타냈으나 오히려 난방에너지가 적지 않은 비율로 감소하고 있는 것이 다른 인자들의 변화형태와는 달랐다.

차폐계수의 증가에 따라 팬에너지도 약간의 상승을 보여주고 있었다.

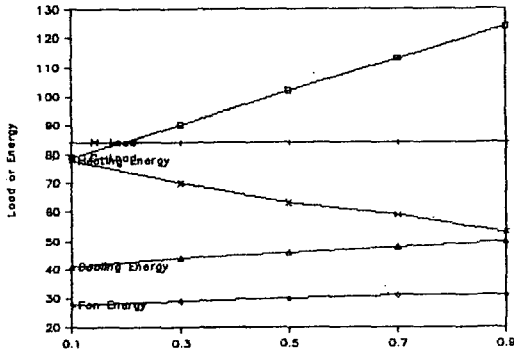


그림 7.7 Energy Consumption vs. Change of Shading Coefficient

7.9 냉방시 실내설정온도(재실시)

재실시 냉방이 필요할 때 실내설정 온도의 변화에 따른 부하 및 에너지의 변화가 그림 7.8에 나타나 있다. 그림에서 실내설정온도가 증가함에 따라 냉방부하가 감소하는 것은 당연하지만 냉방기기의 에너지가 20℃ 부근에서 잠시 감소하였다가 다시 상승(7%/℃)하는 것이 관찰되었으며 이 감소원인은 검토 대상으로써 차후 조사할 계획이다. 냉방기기의 에너지소비량 감소에 따라 팬에너지도 감소하였는데 실내설정온도를 18℃에서 24℃까지 변화시킴에 따라 약 6.6%/℃의 감소를 나타내다가 그 이후에는 완만한 팬에너지의 감소를 보여주고 있다. 이러한 것이 의미하는 것은 여름에 냉방시 실내설정온도를 높게 설정함에 따라 에너지의 변화가 적어진다는 것은 당연하지만 높은 온도에서의 변화보다는 낮은 온도에서의 변화가 더 큰 에너지절약을 가져올 수 있다는 것이다.

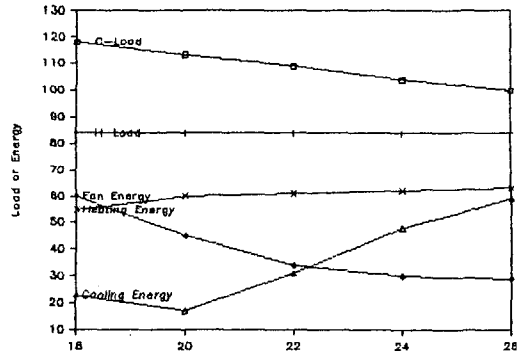


그림 7.8 Energy Consumption vs. Inside Setting Temperature in Cooling

7.10 난방시 실내설정온도(재실시)

그림 7.9는 난방시 실내설정온도 변화에 따른 에너지 및 부하의 변화이다. 난방시 실내설정온도가 증가함에 따라 난방부하는 약 5%/℃ 증가하였으나 냉방부하는 변화하지 않았다. 난방부하의 증가에 따라 난방기기의 에너지도 거의 같은 비율로 상승하고 있음을 보여주고 있었다. 그러나 냉방부하가 변화하지 않음에도 불구하고 냉방기기의 에너지가 감소하고 있다는 것은 예상외이며 이에 관하여도 추후 연구를 계속할 예정이다.

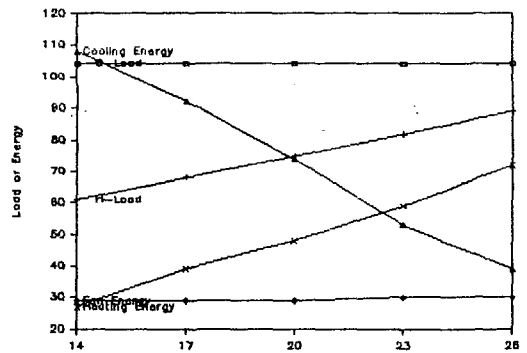


그림 7.9 Energy Consumption vs. Inside Setting Temperature in Heating

7.11 난방시 실내설정온도(비재실시)

그림 7.10은 난방이 필요할 때 비재실시의 실내설정온도 변화이므로 최대 난방부하에는 영향을 미치지 않았으며 냉방기기 및 팬의 에너

지에도 영향을 미치지 않았다. 비재실시 실내 설정온도를 상승시킴에 따라 난방에너지는 상승하였는데 실내온도를 높게 설정함에 따라 난방에너지가 점차 큰 폭의 상승을 보이고 있을 것으로 나타났으므로 비재실시 실내설정온도는 실내에 동파 또는 기타의 영향이 없는 범위내에서 낮게 설정하는 것이 에너지절약의 방법임을 알 수 있다.

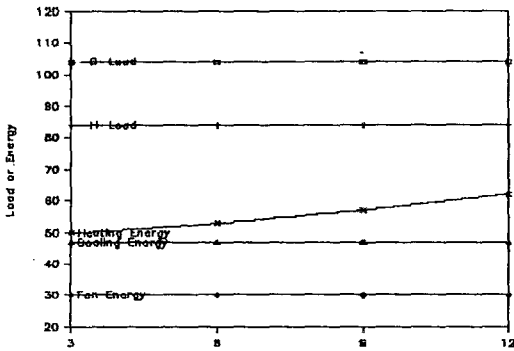


그림 7.10 Energy Consumption vs. Inside Setting Temperature in Heating (Unoccupied)

### 7.12 냉방시 공급공기 최저 온도

그림 7.11은 냉방시 실내에 공급되는 공급공기 온도를 변화시켰을 때 에너지의 변화를 나타낸 것이다. 공급공기의 온도증가에 따라 냉방기기의 에너지는 14~17°C 부근에서 약간 감소한 뒤 다시 약간 상승하였으나 그 상승폭은 아주 적었다. 그러나 팬에너지는 14°C 보다 높아짐에 따라 급격한 증가를 보이고 있는데 이것은 냉방부하를 제거할 때 높은 온도의 공급공기를 공급하면 많은 량의 공기량이 필요하다는 것을 의미하고 있는 것이다. 따라서 다른 제약도 있겠으나 냉방시 실내에 공급되는 공급공기의 온도는 14°C 부근이 적정함을 알 수 있었다.

### 7.13 난방시 공급공기 최대 온도

그림 7.12는 난방시 공급공기 최대온도의 변화에 따른 에너지소비량의 변화이다. 그림에서 알 수 있듯이 난방공급공기의 온도가 증가함에 따라 30°C~38°C 구역에서 냉방기기 소

비에너지에 약간의 감소가 관찰되었으며 난방기기의 에너지는 약간 증가하고 있음을 알 수 있었다.

난방시 공급공기의 최대온도는 38°C가 될 때까지는 약간 증가하였으나 그보다 높은 때에는 난방에너지가 변하지 있지 않음도 관찰되었는데 이것은 공급공기의 온도가 일정온도보다 높으면 난방에너지 절약에 별로 도움이 되지 못한다는 것이다. 그러나 팬의 에너지는 온도의 증가에 따라서 감소하고 있으므로 팬의 에너지감소량과 난방기기의 에너지소비량 증가를 고려한 적정한 온도구간인 약 38°C~41°C 부근의 온도가 적정한 난방 공급공기의 온도임을 알 수 있었다.

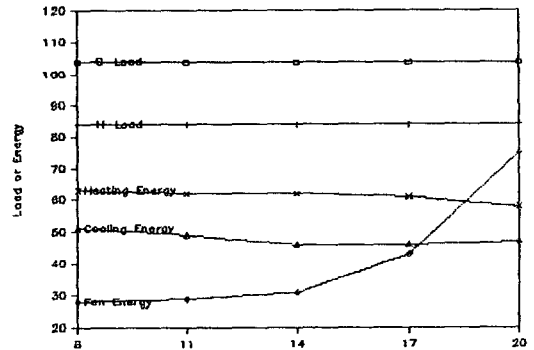


그림 7.11 Energy Consumption vs. Minimum Supply Air Temperature in Cooling

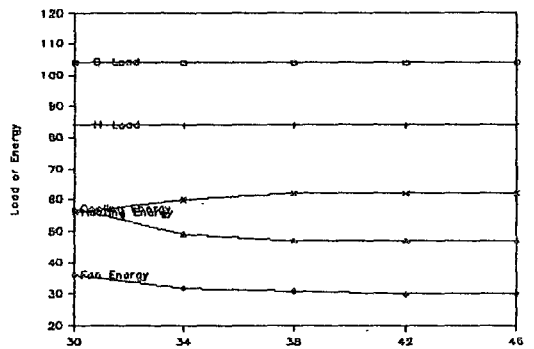


그림 7.12 Energy Consumption vs. Minimum Supply Air Temperature in Heating

### 7.14 냉방시작 외기 온도

그림 7.13은 건물에서 냉방이 시작되는 외기 온도의 변화에 따른 에너지소비량의 변화를

나타낸 것으로서, 냉방시작온도를 5℃에서 25℃까지 변화시킬 때 냉방기기의 에너지소비량이 약 3배 정도까지 변화하고 있음을 나타내고 있다. 냉방시작온도는 냉방기기 에너지에 큰 영향을 미치고 있는 것으로서 재실자에 무리가 없는 범위내에서 가능한 한 높게 취하는 것이 에너지절약에 큰 영향을 미친다.

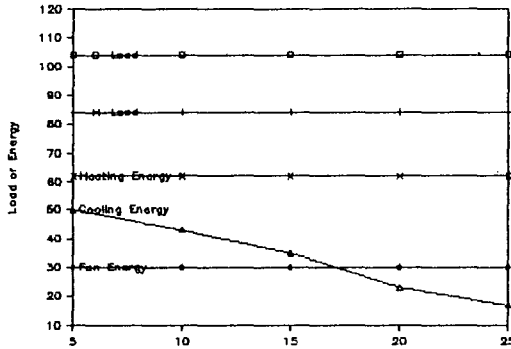


그림 7.13 Energy Consumption vs. Lowest Temperature at which Cooling Starts (LTCS)

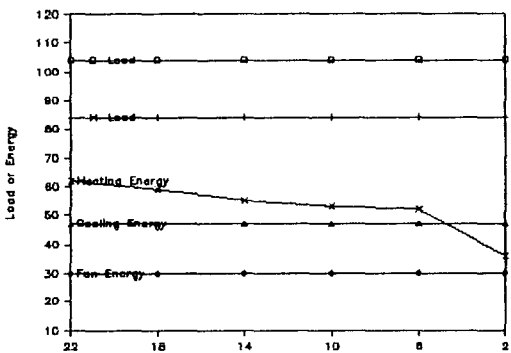


그림 7.14 Energy Consumption vs. Highest Temperature at which Heating Starts (HTHS)

7.15 난방시작 외기 온도

그림 7.14는 난방이 시작되는 외기온도를 변화시키에 따른 에너지소비량의 변화를 표시하고 있다. 외기온도를 낮게 설정하면 할수록 난방기기의 에너지가 서서히 감소하고 있는데 특히 설정외기온도가 6℃에서 2℃로 변화하였을 때 큰 폭(약 30%)의 난방기기 에너지 감소를 관찰할 수 있었다. 따라서 난방이 시

작되는 외기온도 역시 재실자에게 무리가 없는 범위내에서 낮게 하는 것이 에너지절약 방안임을 알 수 있는데 14℃~8℃ 부근이 에너지 소비량의 차이가 크게 없는 외기온도 범위임을 알 수 있었다.

8. 결 론

공조시스템에서 사용되는 건물의 연간 에너지를 구하기 위하여 수정 BIN법을 이용한 패키지 소프트웨어를 개발하였다. 건물의 에너지 소비량을 해석하는 소프트웨어는 많지만 대부분은 외국의 것이었으며 국내에서 개발된 것은 한 두 종류 뿐이며 그 결과치의 신뢰성에 대하여는 별도의 검토가 필요하다. 소프트웨어 결과치의 신뢰성은 결과치만의 문제이기도 하지만 그에 못지 않게 과정도 중요시 하여야 한다. 즉, 계산결과를 신뢰하기 위하여는 계산과정에서부터 신뢰를 받아야 하며 그 다음에 그 계산 결과의 정밀성과 정확성을 검증받아야 한다.

여기서는 내주부의 공조시스템은 VAV 와 CAV 시스템을, 그리고 외주부는 FCU를 채택한 건물을 가정하여 연간 에너지소비량 해석을 하였다. 해석한 결과를 TrakLoad와 비교하여 보면 다음 표 8.1 및 표 8.2와 같다. 이 표는 내주부가 VAV, 외주부가 FCU인 경우의 수치이다. 여기서 ASHRAE 라고 표시한 것은 ASHRAE FUNDAMENTALS(1985) 28 장의 계산 예인데 이 문헌은 내주부가 VAV, 외주부가 Baseboard Heater인 경우로서 본 연구에서 취급된 공조시스템과 비교하면 외주부의 공조시스템이 다르지만 참고자료로서 비교하였다. 단위는 단위면적당 연간 에너지 및 최대 냉난방부하이다.

표 8.1 Cooling and Heating Loads

(단위 : W/m<sup>2</sup>·year)

| 구 분  | ASHRAE  | TrakLoad | KEES   |
|------|---------|----------|--------|
| 냉방부하 | 150.932 | 81.933   | 94.128 |
| 난방부하 | 83.526  | 80.487   | 76.332 |

표8.2 Annual Energy Consumption

(단위 : kWh/m<sup>2</sup>·year)

| 구 분     | ASHRAE (A) | TrakLoad (B) | KEES (C) | C/A | C/B |
|---------|------------|--------------|----------|-----|-----|
| 팬에너지    | 13.264     | 18.813       | 30.040   | 226 | 159 |
| 전체냉방에너지 | 54.201     | 50.112       | 46.834   | 86  | 93  |
| 전체난방에너지 | 64.643     | 92.869       | 61.931   | 95  | 67  |
| 합 계     | 132.108    | 161.794      | 138.805  | 105 | 86  |

표8.1 및 표8.2에서 알 수 있듯이 팬에너지는 KEES가 다른 계산 예에 비해서 약 30~40% 큰 값을 나타내었으며, 보조기기의 에너지를 포함한 전체 냉방에너지는 약간 작게 나타났고, 보조기기의 에너지를 포함한 전체 난방에너지는 TrakLoad보다는 약 34% 적게 나타났다.

이 세가지의 계산결과는 모두 유사한 계산 과정을 거치고 있으므로 입력조건이 같은 경우 결과도 같아야 하나 서로가 고유의 특성을 갖고 있어 그 값이 어느 정도 이상 접근하기는 어렵다고 생각되지만 팬의 에너지는 다시 한번 검토해 볼 예정이다. 난방부하에 관해서도 검토를 계속하고 있다.

개발한 프로그램은 건물의 부하특성에 따라 공조시스템별로 연간 에너지를 예측할 수 있게 하는 것이 목적이었으나, 본 연구에서는 외주부는 FCU를 채택하고 내주부는 VAV와 CAV 시스템을 채택한 공조계통만을 취급하였다. 기타의 시스템에 대하여는 공개한 소프트웨어의 원시 프로그램을 이용하여 관심있는 자의 계속 개발을 기대한다.

참 고 문 헌

1. 김종필, 김병화, 조수범, 건물의 에너지 소비량 해석 및 경제성 평가 기법에 관한 연구, 한국건설기술연구원, 서울, 1989.
2. ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals, pp.26. 15-26. 16. 1985.
3. Morgan System, TrakLoad, pp.3-46. 1985.

4. Morgan System, TrakLoad, pp.3-73. 1985.
5. ASHRAE, ASHRAE Handbook Fundamentals, pp.28. 26. 1989.
6. Morgan System, TrakLoad, pp.3-80. 3-81. 1985.
7. Morgan System, TrakLoad, pp.3-74. 1985.
8. Candaplan, BESA manual.
9. Morgan System, TrakLoad, pp.4-35. 1985.
10. Morgan System, TrakLoad, pp.4-41. 1985.
11. Mitalas, G. P. and Kimura, K., ASHRAE Transactions, Vol.77. Part II, pp. 65. 1971.
12. Mitalas, G. P., ASHRAE Journal, Vol. 15. No. 6. pp.37. June 1973.
13. 김효경, "동적 열부하 계산용 표준 기상 데이터에 관한 연구", 과학재단보고서, 1987.
14. 김신도, "국내 표준 기상 자료", 공기조화 냉동공학회 규격제정발표회, pp.3-10. 1989. 3.
15. 김두천, "건물 공조 시스템의 간이 에너지 해석용 프로그램의 비교 연구", 공기조화 냉동공학회 규격제정발표회, pp.23-75. 1989. 3.
16. 공기조화 냉동공학회, "사무소 건축물의 에너지절약 설계기준", 공기조화 냉동공학, 제18권, 제1호, pp.87. 1989.