

# 건물의 에너지 소비량해석 및 경제성 평가 기법에 관한 연구(II)

글/한국건설기술연구원 설비연구소

## 3. 최대용량

### 1. 산출요소

공조설비를 설계할때 소요에너지를 예측하기 위해서는 보일러, 냉동기, 팬 등 설비요소가 요구하는 동력을 먼저 파악할 필요가 있다.

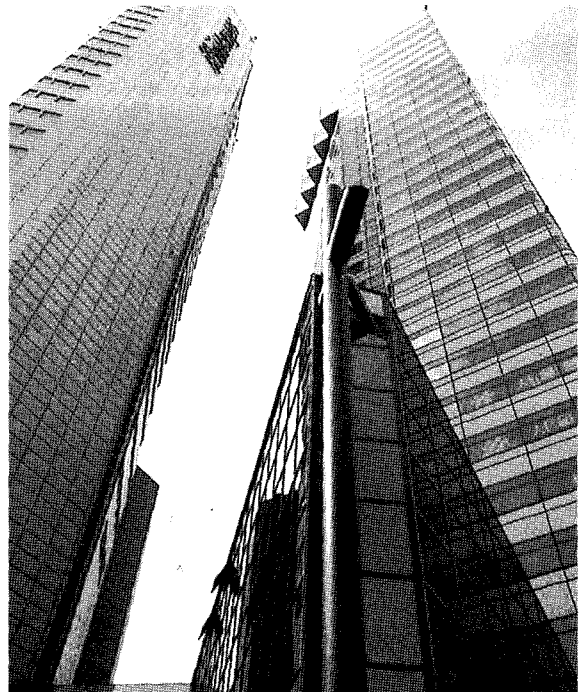
소비동력은 냉난방을 위하여 각 공조시스템 구성 요소가 소비하는 에너지에 직결되는 것으로서 소요 동력의 크기가 에너지 소비량을 좌우하므로 기기의 소요동력 산출은 에너지 소비량 해석에 중요한 영향을 미친다. 본 장에서는 요소 공조설비의 최대동력을 계산하는 과정을 검토해 본다.

요소설비의 최대 소요동력은 실내에서 발생하는 최대 냉난방부하에 종속되므로 최대 냉난방부하의 산출과정도 함께 검토해본다.

최대용량 계산을 필요로 하는 요소는 다음과 같다.

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

최대용량을 계산하는 데에는 최대 냉방부하 및 난방부하가 필요하므로 먼저 이 두 종류의 부하계산 과정을 검토해 본다.



### 2. 설계 냉방부하

설계현열 냉방부하는 하절기에 실내의 냉방을 위해 공조시스템을 냉방설계조건으로 운전할 때 존에서 제거되어야 할 순수 현열부하를 뜻한다.

여기서의 설계조건중에서 중요한 것을 보면 다음과 같다.

- (1) 외기건구온도
- (2) 냉방설계시간
- (3) 습도차
- (4) 조명 및 기기의 100% 동작시 발열
- (5) 재실시 인원수 등

설계현열 냉방부하는 열관류, 태양열 취득 및 조명장치, 실내기기, 인체 등 각각의 요소에서 발생하는 부하의 합이다.

$$Q_{SE} = Q_{TE} + Q_{TR} + Q_{TW} + Q_{TG} + Q_G + Q_{OL} + Q_{IE} + Q_{IP} \quad (3.1)$$

여기서,

$Q_{SE}$  : 현열냉방부하(W)

$Q_{TE}$  : 바닥을 통한 열관류율에 의한 부하(W)

$Q_{TR}$  : 지붕을 통한 열관류율에 의한 부하(W)

$Q_{TW}$  : 벽을 통한 열관류율에 의한 부하

$Q_{TG}$  : 유리를 통한 열관류율에 의한 부하

- O<sub>G</sub> : 유리를 통한 태양열 취득에 의한 부하
- O<sub>IL</sub> : 조명장치에 의한 부하(W)
- O<sub>IE</sub> : 내부기기에 의한 부하(W)
- O<sub>IP</sub> : 인체로부터의 부하(W)

현열냉방부하(O<sub>SE</sub>)를 일으키는 각 요소의 산출식은 다음과 같다.

1) 바닥을 통한 열관류에 의한 부하(O<sub>TF</sub>)

$$\Delta t = \text{“냉방시 설계외기온도} - \text{냉방시 설계실내온도} - 10^{\circ}\text{F}$$

또는

$$\Delta t = \text{“냉방시 설계외기온도} - \text{냉방시 설계실내온도} - \frac{tx}{2}$$

여기서, tx는 하루중의 일교차를 의미한다.

$$O_{TF} = U_F * A_F * (T_{OUT} - T_{SETS} - 5.5) \quad (3.2)$$

여기서,

- O<sub>TF</sub> : 바닥을 통한 열관류에 의한 부하(W)
- U<sub>F</sub> : 바닥재료의 열관류율 (W/m<sup>2</sup>·°C)
- A<sub>F</sub> : 바닥면적 (m<sup>2</sup>)
- T<sub>OUT</sub> : 냉방시 설계외기 평균온도(°C)
- T<sub>SETS</sub> : 냉방시 설계실내온도(°C)

2) 지붕을 통한 열관류에 의한 부하(O<sub>TR</sub>)

지붕을 통한 열관류에 의한 부하는 다음식으로 구한다.

$$O_{TR} = U_R * A_R * CLTD_{corr} \quad (3.3)$$

여기서,

- O<sub>TR</sub> : 지붕을 통한 열관류에 의한 부하(W)
- U<sub>R</sub> : 지붕재료의 열관류율 (W/m<sup>2</sup>·°C)

- A<sub>R</sub> : 지붕의 면적(m<sup>2</sup>)
- CLTD<sub>corr</sub> : 보정된 CLTD값(°C)

$$CLTD_{corr} = \{(CLTD + LM) * K + (25.5 - T_{SET}) + (T_{OUT} - 29.4)\} * f \quad (3.4)$$

여기서,

- CLTD : 냉방부하 온도차
- LM : 위도나 월에 따른 CLTD보정계수
- K : 색 보정계수 T (K=1.0 : Dark)  
(K=0.5 : Light)

(25.5 - T<sub>SETS</sub>) : 실내설계온도 보정치

(T<sub>OUT</sub> - 29.4) : 외기설계온도 보정치

f : 천정에 덕트나 팬의 존재여부에 따른 계수  
여기서 계수f는 다음 2종류의 값을 갖는다.

- f = 1 : 덕트나 attic이 없는 경우
- f = 0.75 : 강제 배기인 경우

3) 벽을 통한 열관류율에 의한 부하(O<sub>TW</sub>)

벽을 통한 열관류성분은 다음식을 이용하여 구한다.

$$O_{TW} = U_W * A_W * CLTD_{corr} \quad (3.5)$$

여기서,

- O<sub>TW</sub> : 벽을 통한 열관류에 의한 부하(W)
- U<sub>W</sub> : 벽재료의 열관류율 (W/m<sup>2</sup>·°C)
- A<sub>W</sub> : 벽의 면적(m<sup>2</sup>)
- CLTD<sub>corr</sub> : 보정된 CLTD값(°C)

$$CLTD_{corr} = (CLTD + LM) * K + (25.5 - T_{SETS}) + (T_{OUT} - 29.4) \quad (3.6)$$

여기서,

- CLTD : 냉방부하 온도차
- LM : 위도나 월에 따른 보정계수

K : 색 보정계수

(K = 1 : 어두운 색)

(K = 0.83 : 중간 색)

(K = 0.65 : 밝은 색)

(25.5 - T<sub>SETS</sub>) : 실내설계온도 보정치

(T<sub>OUT</sub> - 29.4) : 외기설계온도 보정치

4) 유리를 통한 열관류에 의한 부하(O<sub>TG</sub>)

유리를 통한 열관류 성분은 다음식을 이용하여 구한다.

$$O_{TG} = U_G * A_{GSY} * TD_{corr} \quad (3.7)$$

여기서,

O<sub>TG</sub> : 유리를 통한 열관류에 의한 부하(W)

U<sub>G</sub> : 유리의 열관류율 (W/m<sup>2</sup>·°C)

A<sub>G</sub> : 유리의 면적(m<sup>2</sup>)

CLTD<sub>corr</sub> : 보정된 CLTD값(°C)

$$CLTD_{corr} = CLTD + (25.5 - T_{SETS}) + (T_{OUT} - 29.4) \quad (3.8)$$

2) 부터 4) 까지의 계산에 사용한 CLTD값은 실내온도가 25.5°C이고 외기평균온도가 29.4°C이며 외기의 일교차가 11.6°C일때의 값으로서 실내공기온도가 25.5°C와 다르거나 외기평균온도가 29.4°C가 아닌 경우에는 다음과 같은 방법으로 CLTD를 보정해야 한다.

(a) 실내온도가 25.5°C보다 낮을때는 25.5°C와 실내온도와의 차이를 CLTD에 더하고, 실내온도가 25.5°C보다 높을때는 25.5°C와 실내온도와의 차이를 CLTD에서 빼다.

(b) 외기평균온도가 29.4°C보다 낮을때는 29.4°C와 실내온도와의 차이를 CLTD에 더하고, 외기평균온도가 29.4°C보다 높을때는 29.4°C와 실내온도

와의 차이를 CLTD에서 빼다.

이것이 CLTD를 보정하여 CLTD<sub>corr</sub>을 구하는 이유이다.

5) 유리를 통한 일사열 취득에 의한 부하(O<sub>G</sub>)  
유리를 통한 일사열 취득은 다음식으로 계산한다.

$$O_G = A_G * SC * SHGF * CLF * F_{JUNE} / 100 \quad (3.9)$$

여기서,

O<sub>G</sub> : 유리를 통하는 일사열 취득에 의한 부하(W)

A : 유리의 면적(m<sup>2</sup>)

SC : 차폐계수

SHGF : 최대일사열 취득계수(W/m<sup>2</sup>)

CLF : 유리창의 냉방부하계수

F<sub>JUNE</sub> : 여름의 일사노출율(%)

유리의 차폐계수는 ASHRAE FUNDAMENTAL 1985, 27장, TABLE 28, 33, 35, 36에 관련자료가 자세하게 기술되어 있다.

F<sub>JUNE</sub> 는 건물이 태양에 얼마나 노출되고 있는지를 판별하는 계수로서 완전히 태양에 노출될 때가 100%이다.

6) 조명장치에 의한 부하(O<sub>IL</sub>)

이것은 실내조명장치로부터의 최대열취득을 예측하기 위한 것이다. 조명기기에서 발산하는 에너지의 일부는 복사의 형태로서 벽, 바닥, 실내가구 등에 흡수되어 그 온도를 공기보다 높여준 다음 일부가 다시 복사되어 실내공기의 온도상승에 영향을 미친다. 이와같이 흡수되어 저장된 에너지는 시간지연에 따라 서서히 실내의 냉방부하로 변화되면서 실내의 냉방부하에 영향을 미치게 된다.

이와같이 조명기기로부터 발산된 에너지는 즉시 냉방부하로 변하지 않는다. 실험적이고 해석적인 몇가지 연구에서 조명기기의 형태, 공기의 공

급형태 및 리턴형태, 실내가구배치와 실내의 열특성이 냉방부하에 미치는 영향을 설명하고 있으며, Mit alas는 냉방부하계수 (CLF : Cooling Load factor) 의 계산이 가능한 표를 작성하였다. 일반적으로 조명기기에서 발생하는 순간 부하는 다음식으로 계산된다.

$$O_{IL} = W * A_L * nm * \{nu + (no - nu) * CLF\} \quad (3. 10)$$

여기서,

- $O_{IL}$  : 조명장치에 의한 열부하 (W)
- $W$  : 조명기기의 발열량 (W)
- $A_L$  : 공조바닥 면적 ( $m^2$ )
- $nm$  : 조명장치 효율
- $nu$  : 비재실시 조명기기 사용률
- $no$  : 재실시 조명기기 사용률
- $CLF$  : 조명기기의 냉방부하 계수

본 보고서에서는 재실시간 동안만 공조기를 가동시키는 경우이므로 앞에서 언급한 바와같이  $CLF = 1$ 로 둬으로써 윗식을 다음과 같이 정리하였다.

$$O_{IL} = W * A_L * nm * no \quad (3. 11)$$

7) 내부기기에 의한 부하 ( $O_{IE}$ )

실내에서 사용하는 어느 종류의 기기든지 전기모터가 있으면 동작시에는 열이 발생하므로 이것도 하나의 열원으로 고려하여 부하를 계산하여야 한다. 내부기기 때문에 발생하는 부하는 다음식으로 계산된다.

$$\begin{aligned} O_B &= A_L * (Wes * nu) \\ O_V &= A_L * (Wes * no) - O_B \\ &= A_L * Wes * no - A_L * Wes * nu \\ &= A_L * Wes * (no - nu) \\ O_{IE} &= O_B + O_V * CLF \\ &= A_L * Wes * nu + \{ * A_L Wes * (no - nu) \} * CLF \end{aligned} \quad (3. 12)$$

여기서,

- $O_{IE}$  : 내부기기에 의한 부하 (W)
- $A_L$  : 공조면적 ( $m^2$ )
- $Wes$  : 내부기기로부터 발생하는 최대현열취득 ( $W/m^2$ )
- $no$  : 재실시 기기의 사용률
- $nu$  : 비재실시 기기의 사용률
- $CLF$  : 내부기기의 냉방부하 계수

실내기기는 크게 후드가 없는 무후드기기 (예 : 복사기, 컴퓨터 등)와 후드부기기 (예 : 전자렌지, 오븐 등)로 크게 나누어지며 각각으로 부터의 열취득 계산방법은 다르다. 후드부기기로부터의 열취득은 후드가 없는 기기로부터의 열취득보다 적은 것으로 알려져 있다.

무후드기기의 경우에는 발생된 열의 100%가 실내 부하에 영향을 미치며, 그중에서 34%가 잠열이며 66%가 현열이다. 일반적으로 기기는 후드부기기와 무후드기기의 혼합이며 전기기와 기름을 연료로하는 기기의 혼합이므로 무후드기기와 후드부기기의 혼합인 상태에서 현열취득과 잠열취득을 구할 필요가 있는 경우 별도로 이것을 계산하여야 한다.

8) 인체로부터의 부하 ( $O_{IP}$ )

인체로부터 발생하는 열과 수분은 사람의 활동정도, 의복의 종류, 환경조건에 따라 다르나 일반적으로 생각할 수 있는 조건에서 실질적으로 사용될 수 있도록 제시된 수치가 표3.1이다.

인체로부터 발생하는 잠열은 즉시 냉방부하로 변화되지만 인체로부터의 현열은 즉시 냉방부하로 변환하지는 않는다. 현열중에서 복사성분은 주변의 물체에 일단 흡수된 다음 시간이 지난후 실내에 대류된다.

흡수된 열이 실내공기에 대류될때까지 소요되는 시간은 실내의 열특성에 따라 변한다. 인체로부터의 현열중에서 복사성분은 약70%이다. 순간 현열냉

<표3.1> 활동종류별 인체의 발생열량 (단위 : Watts)

활동과정	대표적 장소	현 열 량	잠 열 량
정 좌	극 장	60	40
일반적 사무	사무실, 호텔	65	55
식 사	식 당	75	95
타 이 핑	사무실, 호텔	75	75
가벼운 보행	상 점	90	95
보행(1.3m/s)	공 장	100	205
운 동	체 육 관	185	340

주) ARSRAE FUNDAMENTAL 1985, pp. 26. 21.  
Table 18.

방부하는 인체로부터의 현열(표3.1)과 인체의 CLF의 곱으로 구한다. 이 CLF는 사람이 실내에 처음 들어온 시간과 실내에 사람이 있는 시간의 함수이다.

만약 실내온도가 24시간 동안 거의 일정하게 유지되지 않는 경우에는 CLF는 1로 보아도 무방하다. 또한 극장이나 강당과 같이 재실밀도가 높은 경우에도 벽이나 실내가구 등으로의 복사성분이 적어지므로, CLF를 1로 보아도 된다. 따라서 인체로부터 발생하는 열은 다음식으로 구한다.

$$O_{IP} = NO_U * O_{SI} + \{ (NO_O - NO_U) * O_{SI} \} * CLF \tag{3.13}$$

여기서,

- O<sub>IP</sub> : 인체로부터의 열취득 (W)
- NO<sub>O</sub> : 재실시 준의 사람수(名)
- NO<sub>U</sub> : 비재실시 준의 사람수(名)
- O<sub>SI</sub> : 사람1인당의 발생현열(W/名)
- CLF : 인체의 냉방부하 계수

만약 CLF가 1이면 식(3.13)은 다음과 같이 된다.

$$O_{IP} = NO_O * O_{SI} \tag{3.14}$$

### 3. 설계 난방부하

난방부하는 냉방부하와는 달리 다음과 같이 간단하게 구할 수 있다.

$$O_{SH} = U_1 * A_1 * (T_{SETW} - T_{OUT}) \tag{3.15}$$

여기서,

O<sub>SH</sub> : 설계난방부하 (W)

U<sub>1</sub> : 벽, 바닥, 지붕 및 유리의 열관류율 (W/m<sup>2</sup>°C)

A<sub>1</sub> : 벽, 바닥, 지붕 및 유리의 면적 (m<sup>2</sup>)

T<sub>SETW</sub> : 겨울 실내설계온도 (°C)

T<sub>OUT</sub> : 겨울 외기온도 (°C)

<계속>

