

# 空氣調和負荷計算法

Heat Load Calculation for Air Conditioning

金 信 道

서울市立大學 助教授 工博

## 1. 空調負荷計算의 概要

空調負荷計算의 일차적인 목적은 건물에 소요되는 각종 空調機器의 필요한 용량을 산정하기 위한 것이라 할 수 있으며, 나아가서 합리적으로 공조 장치를 계획하고 연간 운전비를 산출하여 경제성을 검토하는 것 등을 들 수 있다. 따라서 건물에 소요되는 각종 기기 및 동력 등을 합리적으로 파악하기 위해서는 精度가 높은 실용적인 부하를 산출하여야 하며, 이는 곧 건물에서의 에너지를 효율적으로 이용할 수 있는 기반이 된다고 할 수 있다.

空調負荷의 計算方法에는 여러 가지가 있지만 크게 구분하면 最大熱負荷計算法과 動的熱負荷計算法의 2가지로 나눌 수 있다. 최대열 부하계산법은 공조 장치의 용량을 결정하는 것이 그 目的으로 특정한 月이나 時刻에 대해서만 계산을 행하는 것이며, 동적열 부하계산법은 1年間 또는 일정기간에 걸쳐 모든 시각의 부하를 계산하는 것이다.

동적열 부하계산법은 어느 일정 기간의 부하를 파악할 수 있어 그 부하의 변화

에 대응하는 합리적인 공조 방식을 계획할 수 있을 뿐 아니라 일정기간 동안에 소요되는 운전비를 예측할 수도 있다. 그러나, 그 계산량이 방대하고 복잡하기 때문에 아직까지 우리 나라에서는 실용화되지 못하고 있는 실정이다.

本稿에서는 最大熱負荷計算法을 중심으로 建築設計者에 대한 이해를 도모하고자 한다.

## 2. 負荷의 形態 및 種類

실내를 어떤 온습도로 일정하게 유지하려고 할 때 室外로부터 유입되는 열과 실내에서 발생하는 열을 「熱取得」이라 하고 실외로 유출되는 열을 「熱損失」이라고 한다. 다음에 그 실을 일정 온습도로 유지하기 위해서 제거 또는 공급해야 될 열량을 「熱負荷」라고 하며 이는 熱取得이나 熱損失과는 약간 다른 수치가 된다. 그 이유는 창유리를 통해서 실내로 들어온 태양 복사열의 일부는 건물 구조체에 흡수되어 어느 정도의 시간을 경과한 후 熱負荷로 되기 때문이다.

실온이 일정하게 유지되고 있으면, 상

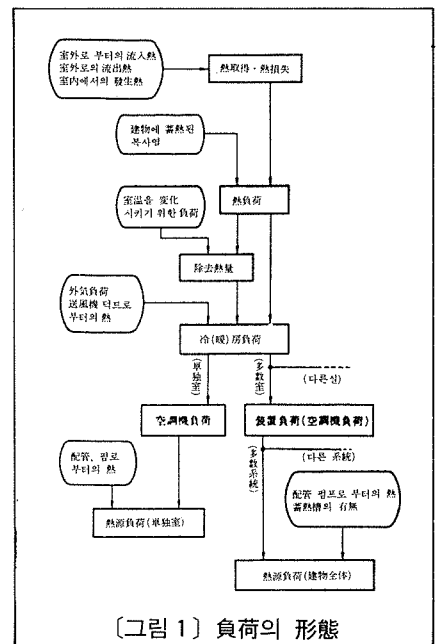
기의 「열부하」가 자체가 제거해야 될 열량이지만 장치 정지 후 실온이 변화하였을 때 다시 가동하는 경우나 실내 설정 온도를 운전 도중에 변화시키는 경우에는 일시적으로 특별 부하가 부가되고 熱負荷와 다른 열량을 제거하지 않으면 안된다. 이것을 除去熱量이라고 말한다.

이러한 실내에서 생긴 부하외에 취입 외기를 실내 온습도 상태로 변화 시키기 위한 열량, 송풍기의 동력열, 덕트에서의 침입 또는 손실되는 열량을 모두 합한 것이 공조기에 걸리는 부하로 되고, 일반적으로 冷房負荷, 暖房負荷라고 말하는 것은 여기까지 계산한 합계치를 말한다.

한편, 단독실인 경우에는 그 冷(또는 暖)序負荷가 그대로 空調機에 걸리는 부하로 되지만 다수실을 하나의 공조기에 부담 시키는 경우는 각 실부하의 합계치와는 약간 다르며 이것을 裝置負荷(空調機負荷)로서 계산한다. 또한, 건물 전체로 되면 각 계통의 장치 부하의 합계치는 또 다른 부하로 되고 이것에 의해서 얻어진 냉동기나 보일러 등의 熱原機器의 負荷를 熱源負荷라 한다.

以上の 사항을 나타내면 [그림 1]과 같다.

<표 1>, <표 2>는 각각 냉방부하와 난방부하의 종류를 나타낸 것이다.



[그림 1] 負荷의 形態

最大熱負荷計算에서는 空調裝置의 容量을 산정하는 것이 그 주된 목적이기 때문에 냉방부하 또는 난방부하가 최대로 되는 시각의 부하를 파악할 필요가 있으며 여기서 최대부하란 막연히 최대가 될 때의 부하가 아닌 합리적이고 경제적인 부하가 되어야 한다. 또, 냉방부하의 경

〈표 2〉 暖房負荷의 分類

分	類	例
1. 室内負荷	가. 溫度差에 의한 전도열	●外壁·지붕 및 바닥 등을 통과하는 열량(현열)
	나. 틈새 바람	●창의 새워, 출입문의 회전등으로 부터의 틈새바람에 의한 열손실(현열)
2. 시스템에 의한 負荷		●덕트 및 배관에서의 누출 및 열손실(현열)
3. 外氣 負荷		●外氣를 室内溫度까지 가열하는 열량(현열)
4. 가습 負荷		●틈새 바람 및 外氣를 室内의 습도까지 가습하는 열량(잠열)
5. 기타		●환기덕트 및 배관에서 의 열손실에열부하 등

〈표 1〉 冷房負荷의 分類

分	類	例
1. 室内負荷	가. 太陽 복사열	●유리창을 通過하는 일사에 의한 熱취득(현열) ●일사를 받는 外壁 및 지붕으로 부터의 負荷(현열)
	나. 溫度差에 의한 전도열	●유리창을 通過하는 熱취득(현열) ●外氣에 면하는 지붕과 벽을 통과하는 열량(현열) ●간막이, 바닥, 천정을 통과하는 열량(현열)
	다. 室内 發生熱	●조명에 의한 발열(현열) ●人體로 부터의 발생열(현열, 잠열) ●기구 및 기기로부터의 발생열(현열, 잠열)
	라. 틈새 바람	●창의 새워, 출입문의 회전등으로 부터의 틈새 바람에 의한 熱취득(현열, 잠열)
2. 시스템에 의한 부하		●덕트 및 배관에서의 열취득, 송풍기 등의 동력열 등(현열, 잠열) ●냉각 코일을 관통하는 외기(현열, 잠열)
3. 재열 부하		
4. 外氣 負荷		●外氣를 室内 온습도까지 냉각·감습하는 열량(현열, 잠열)
5. 기 타		●환기덕트, 배관에서의 열취득, 펌프의 동력열 등.

우에는 일사열의 영향을 많이 받기 때문에, 냉방부하가 최대로 되는 시간은 반드시 외기 온도가 가장 높을 때가 되는 것은 아니다. 따라서 냉방부하를 계산할 경우에는 부하량이 최대로 될 가능성이 있는 시간대를 2~3개 예상해서 각 시간별 부하량을 산출하고 그중 최대가 되는 부하량을 선택한다. 반면, 난방부하의 계산에서는 보통 일사열에 의한 취득 열량을 여유치로 간주하기 때문에 시간별로 구분하여 계산할 필요는 없다.

### 3. 冷房負荷의 計算

#### 3.1 室内負荷

##### (1) 太陽복사열 - 유리

유리창을 통해 들어오는 日射에 의한 취득 열량은 蓄熱을 고려하여 다음과 같이 계산한다.

$$Q_G : A \times I_{max} \times P_{esh} \times P_{est}$$

단,  $G_G$  : 유리창을 통한 취득열량 [hcal/h]

$A$  : 유리창의 面積 [ $m^2$ ]

$I_{max}$  : 最大透過日射量 [hcal /  $m^2 h$ ]

$k_{sh}$  : 차폐계수

$h_{st}$  : 축열계수

蓄熱을 고려하는 방법은 여러 가지가 있으나 가장 일반적으로 이용되고 있는 것은 축열계수법 (Carrier : Storage Load Factor法)이 있으며 이 때의 축열계수는 건물의 단위 체적당 중량과 공조 장치의 운전 시간에 따라 달라진다.

##### (2) 太陽복사열 - 外壁, 지붕

여름철에는 日射에 의한 영향이 크기 때문에 外壁과 지붕으로 부터의 熱取得량을 계산할 경우에는 이에 대한 영향을 고려하여야 한다. 이는 외벽면의 경우 일사를 받으면 그 표면 온도는 외기온도보다 높아질 수 있기 때문이며 따라서, 외기온도와 일사의 영향을 동시에 고려한 상당온도(또는 실효온도라고도 한다)를 설정하여 다음과 같이 계산한다.

$$Q_{wo} = \Delta t_e \times K \times A$$

단,  $Q_{wo}$  : 일사를 받는 부분의 열 취득량 [hcal/h]

$\Delta t_e$  : 상당온도차 [ $^{\circ}C$ ]

$K$  : 열관류율 [hcal /  $m^2 h^{\circ}C$ ]

$A$  : 면적 [ $m^2$ ]

##### (3) 온도차에 의한 관류열량

유리창, 칸막이벽, 천장 및 바닥등 열관류를 통한 취득 열량은 다음과 같이 계산한다.

$$Q_{wi} = K \times A \times \Delta t$$

단,  $Q_{wi}$  : 온도차에 의한 관류열량 [hcal/h]

$K$  : 열관류율 [hcal /  $m^2 h^{\circ}C$ ]

$A$  : 면적 [ $m^2$ ]

$\Delta t$  : 온도차 [ $^{\circ}C$ ]

##### (4) 실내발생열

실내에서 발생하는 열량은 인체, 조명기구 및 기타 기기에 의한 것이다.

인체로 부터의 발생열량은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Q_{ps} = N \times H_s$$

$$Q_{pl} = N \times H_L$$

단,  $Q_{ps}$  : 인체로 부터의 취득 현열량 [hcal/h]

$Q_{pl}$  : 인체로 부터의 취득 잠열량 [hcal/h]

$N$  : 재실인원 [人]

$H_s$  : 1인당 발생 현열량 [hcal /  $h \cdot s$ ]

$H_L$  : 1인당 발생 잠열량[hcal/h·s]

또한, 조명 기구로부터의 발열량은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Q_{Li} = 860 \times W \times f$$

$$Q_{Lr} = 1,000 \times W \times f$$

단,  $Q_{Li}$  : 백열 전등일 경우의 열 취득량[hcal/h]

$Q_{Lr}$  : 형광등일 경우의 열 취득량[hcal/h]

$W$  : 조명 기구의 소비전력(KW)

$f$  : 조명 기구의 동시사용율(일반적으로 0.8으로 한다)

(5) 틈새 바람에 의한 취득열량

실내로 침입하는 틈새 바람의 양은 창문틀의 극간이나 출입구의 개폐 특성 등에 따라 달라진다. 일반적으로 냉방의 경우는 난방의 경우보다 틈새 바람에 의한 영향이 그다지 크지 않은데 실내외의 온도차가 난방시에 비해 작기 때문이다.

틈새바람 양을 구하는 데는 불확정한 요소가 많고 각종 문헌에 나타나 있는 데이터도 전면적으로 신뢰할 수 있는 것이 적기 때문에 그 적용에 있어서는 신중을 기할 필요가 있다.

틈새 바람에 의한 취득 열량은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Q_{is} = 0.288 V_I (t_o - t_i)$$

$$Q_{iL} = 720 V_I (x_o - x_i)$$

단,  $Q_{is}$  : 틈새 바람에 의한 현열 취득량[hcal/h]

$Q_{iL}$  : 틈새 바람에 의한 잠열 취득량[hcal/h]

$V_I$  : 틈새 바람량[m<sup>3</sup>/h]

$t_o$  : 외기온[°C]

$t_i$  : 실내온도[°C]

$x_o$  : 외기의 절대습도[kg/kg']

$x_i$  : 실내 공기의 절대습도[kg/kg']

### 3.2 시스템에 의한 부하

시스템에 의한 부하는 실제로 실내에서 발생하는 부하는 아니지만 이것에 준하는 것으로서 배관 또는 급기덕트의 열 취득, 급기덕트의 누설손실, 송풍기등의 동력열 등 실내 부하에 영향을 미치는 부하를 말한다.

이러한 부하는 정확한 계산이 번거롭기 때문에 일반적으로 실내 부하의 총량에 대해서 일정 비율을 고려하여 실내 부하에 포함 시킨다. 상태에 따라서 5 ~ 15% 정도를 취하지만 일반적으로는 10% 정도를 취하는 것이 보통이다.

### 3.3 외기부하

공조 장치에서는 실내에 거주하는 재실자에게 항상 쾌적한 공기 상태를 유지하기 위해서 일정량의 신선 외기를 취입하여 온습도를 조절, 실내로 공급하게 된다.

이때 취입하는 외기를 실내 공기의 온습도와 같게 유지하는 데 필요한 열량을 외기 부하라 하며 외기 부하는 다음과 같이 계산한다.

$$Q_{os} = 0.29 \times V_o \times \Delta t$$

$$Q_{oL} = 720 \times V_o \times \Delta x$$

단,  $Q_{os}$  : 외기 도입량에 의한 현열 취득량[hcal/h]

$Q_{oL}$  : 외기 도입량에 의한 잠열 취득량[hcal/h]

$V_o$  : 외기 도입량[m<sup>3</sup>/h]

$\Delta t$  : 실내의 온도차[°C]

$\Delta x$  : 실내외의 절대 습도[kg/kg']

### 3.4 기타부하

기타 부하는 還氣덕트, 배관에서의 열 취득, 펌프의 동력열 등 이상의 계산에 나타나지 않은 부하나 예상외의 부하에 대처하기 위한 부하로서 일반적으로 실내 내부하 시스템에 의한 부하 및 외기 부하를 합한 냉방 부하의 일정 비율을 취한다. 보통 5 ~ 15% 범위이다.

## 4. 暖房負荷의 計算

暖房負荷의 計算에서는 冷房負荷의 計算時 고려한 태양 복사열, 실내기구 및 재실자로 부터의 발열 등은 안전치로 가정하여 일반적으로 계산하지 않으며 냉방 부하의 계산에서와 같이 시각별로 나누어 계산할 필요도 없다. 그러나, 냉방 부하의 경우와는 달리 틈새 바람의 영향이 크고 특히 연돌효과(Stacpe effect)

에 대한 충분한 검토가 필요하다. 또한 냉방 부하의 계산에서는 현열과 잠열을 구분하여 집계하고 공조기를 설계 하지만 난방 부하의 계산에서는 현열만 계산하고 가습 부하를 별도로 산출하는 것이 일반적이다.

### 4.1 실내부하

실내 부하는 온도차에 의한 관류열 손실과 틈새 바람에 의한 열 손실이 있으며 계산 방법은 냉방 부하의 계산에서와 마찬가지로 外氣에 접하는 벽체의 경우에는 방위에 따라서 보정한다. 이때 보정하는 계수를 방위 계수라 하며 이는 같은 벽체라도 방위에 따라서 풍속이 다르고 또, 일사에 의한 벽체의 건조도 등이 달라져서 열 전달율, 열 전도율 등이 달라지기 때문에 보정하는 환증 계수를 사용한다.

따라서 外氣에 접하는 벽체를 관류하는 손실 열량은 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$Q_T = K \times A \times \Delta t \times h$$

단,  $Q_T$  : 벽체를 관류하는 손실열량[hcal/h]

$K$  : 열관류율[hcal/m<sup>2</sup>h°C]

$A$  : 면적[m<sup>2</sup>]

$\Delta t$  : 실내외 온도차[°C]

$h$  : 방위계수

일반적으로 적용하는 방위 계수는 <표 3>과 같으며 외기에 접하지 않는 벽체의 경우는 방위계수를 1.0으로 한다.

<표 3> 방위계수

방 위	H	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
방위계수	1.2	1.2	1.15	1.1	1.05	1.0	1.05	1.1	1.15

### 4.2 시스템에 의한 부하, 外氣부하, 가습부하

시스템에 의한 부하, 外氣부하등의 계산은 냉방 부하의 계산에서와 마찬가지로이며 가습부하는 절대 습도차에 의한 가습량을 산정한 후 다음과 같이 계산한다.

$$Q_H = H \times 539$$

단,  $Q_H$  : 가습부하[hcal/h]

$H$  : 가습량[kg/h] \*