

공동주택 최대난방부하 계산법의 분석

An analysis of the design heating load calculation in multi-family houses

조 동 우*
D. W. Cho

Key words: Design heating load(최대난방부하), Multi-family house(공동주택), System design(시스템 설계), Unsteady state analysis(비정상해석)

ABSTRACT

Design load calculations which depend on the thermal characteristics of the building structure such as the wall, roof, and fenestration provide the basic data for selecting an HVAC system and its equipment. Most of domestic multi-family houses include a high thermal storage layer like massive concrete structure and a floor heating structure. This study is to compare the results of the design heating load between steady state and unsteady state calculation in order to comprehend the thermal storage effect in multi-family houses. The design heating load under the steady state calculation is estimated from 5.4% to 7.8% larger than that under the unsteady state in the typical floor of a multi-family house model. The design heating load considered the safety factors like a orientation and location factor also is 21.4% to 26.5% larger than that by the unsteady state calculation. So, the safety factors for use of the practicing engineer are analyzed as the main factor of a heating plant oversizing.

기 호 설 명

q_H : 순난방부하 [W]
 q_T : 총 난방부하 [W]
 q_P : 배관손실부하 [W]
 q_M : 예열부하 [W]
 q_O : 방위 안전율을 고려한 난방부하 [W/m^2]
 q_S : 방위 안전율 및 층별 안전율을 고려한 난방부하 [W/m^2]
 q_{DOE-H} : DOE-2.1E 프로그램에 의한 정상해석 난방부하 [W/m^2]

q_{DOE-W} : DOE-2.1E 프로그램에 의한 난방부하 (실내열취득요소 불포함) [W/m^2]
 q_{DOE-I} : DOE-2.1E 프로그램에 의한 난방부하 (실내열취득요소 포함) [W/m^2]
 A_k : 외피 각 부위의 면적 [m^2]
 U_k : 외피 각 부위의 열관류율 [W/m^2hK]
 c_p : 공기의 정압비열 [J/kgK]
 γ : 공기의 밀도 [kg/m^3]
 Q_k : 침기량 [m^3]
 t_{un} : 비난방실의 온도 [$^{\circ}C$]
 t_i : 실내 난방온도 [$^{\circ}C$]
 t_o : 외기온도 [$^{\circ}C$]
 t_h : 설계용 일 최고온도 [$^{\circ}C$]

* 정회원, 한국건설기술연구원 건축연구부

- t_l : 설계용 일 최저온도 [°C]
- T_h : 일 최고온도 발생시각 [시]
- T_l : 일 최저온도 발생시각 [시]
- A'_k : 비난방실과 난방실과의 경계벽, 문 등의 면적 [m²]
- U_k : 비난방실과 난방실과의 경계벽, 문 등의 열관류율 [W/m²hK]
- A''_k : 비난방실의 외벽, 외측 창 등의 면 [m²]
- U''_k : 비난방실의 외벽, 외측 창 등의 열관류율 [W/m²hK]

1. 서 론

건물에서 소비되는 에너지를 합리적으로 이용하기 위해서는 초기 설계단계에서부터 단열 및 기밀조건과 같은 건물관련자료와 설비시스템과 관련된 자료들을 설계과정에 정확히 반영해야 한다. 일반적으로 난방시스템 설계의 첫번째 단계는 열원설비의 용량을 선정하는 것으로, 부하계산시 보일러용량이 과대하게 설계되면 초기 투자비가 증가할 뿐 아니라 부분부하율이 낮은 상태에서 운전되어 전체적인 에너지효율이 저하되고 실내 열환경의 조절도 쉽지 않게 된다. 난방시스템의 장치용량은 정확한 설계자료, 건물의 사용 특성, 부하의 일변화특성 등을 충분히 검토하여 결정할 필요가 있다. 특히 공동주택의 경우 매년 50만 호 정도가 건설되고 있는 상황을 비추어 볼 때, 보다 정밀한 부하계산은 효율적인 열관리와 쾌적한 실내 열환경을 조성하는 측면에서 그 중요성이 크다고 하겠다.

따라서 본 연구에서는 전형적인 공동주택을 대상으로 현행 설계과정에서 사용되고 있는 최대부하계산법의 안전을 계산과정을 살펴보고 상세해석 프로그램인 DOE-2.1E에 의해 산출된 최대부하계산 결과를 비교해 봄으로써 공동주택 열원설비의 설계과정상의 문제점을 분석하고 개선이 요구되는 설계자료항목들을 검토해 보고자 한다.

2. 공동주택의 최대부하계산

2.1 최대부하계산용 설계자료

부하계산은 크게 기간부하 산정을 목적으로 하

는 것과 최대부하 산정을 목적으로 하는 것으로 나눌 수 있다. 기간부하는 특정기간에 소비되는 부하나 에너지량을 산출하는 데 필요한 것이고 최대부하는 건물에 부하가 최대로 발생하는 시각의 부하를 계산하여 그 결과를 기초로 설비시스템 및 열원용량을 산정하는 데 이용된다.

본 연구에서는 실무과정에서 사용되고 있는 설비설계자료를 검토하기 위해 8개 설비설계사무소를 대상으로 공동주택의 최대부하계산용 설계자료를 수집·분석하였다.

한편, 최대부하계산을 위한 모델은 서울시내에 위치하고 비교적 최근에 건설된 공동주택을 대상으로 하였다. 부하계산의 대상은 81m²의 전형적인 평면형태를 갖는 기준층의 중앙세대 및 측세대 그리고 열적으로 가장 열악한 조건을 갖는 최상층의 중앙세대 및 측세대를 계산모델로 선정하였다. Fig. 1은 계산모델의 평면을 나타낸다.

2.2 정상해석법에 의한 최대부하계산

조사대상 설계사무소들은 모두 정상상태 해석(steady state analysis)에 의한 최대부하계산법을 사용하고 있었으며 식 1의 기본식에 의거하여 기존에 실무에서 사용하고 있는 설계자료나 지침에 따라 거의 동일한 방법으로 계산시트나 간이프로그램을 활용하여 계산하고 있었다.

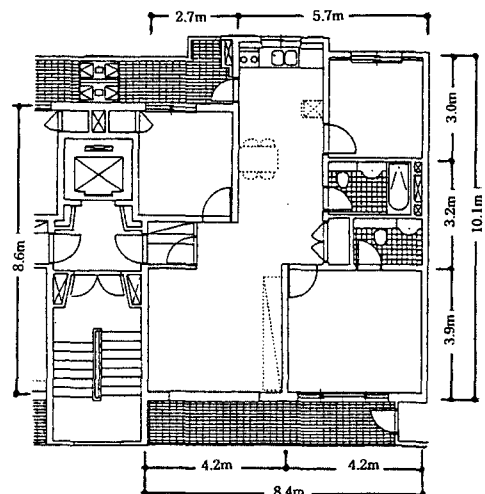


Fig. 1 Floor plan for the design heating load calculation.

$$q_H = ((\sum A_k \cdot U_k) + c_p \cdot \gamma \cdot Q_k) \cdot (t_i - t_o) \quad (1)$$

부하계산을 위해 사용되는 설계자료 중 외기조건은 모두 Table 1의 건설부 고시 제464호(1986.10.16)를 따르고 있다. 여기서는 난방기간 동안 온도출현분포 중에서 가장 낮은 온도로부터 총시간의 2.5%에 해당하는 TAC 2.5%를 사용하고 있다.

Table 1 Environment condition for a design heating load calculation

| Items | Design data |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| · Design outdoor temperature | Seoul: -10.0℃ |
| · Design indoor temperature | Living room, bed room and bath room: 20℃ Dining room and kitchen : 18℃ |
| · TAC | 2.5 % |
| · Relative humidity | 50 % |

Table 2 Safety factor according to orientation

| Orientation | Safety factor |
|----------------------|---------------|
| North | 1.20 |
| Northeast, Northwest | 1.15 |
| East, West | 1.10 |
| Southeast, Southwest | 1.05 |
| South | - |

Table 3 Safety factor according to unit location

| Location | Safety factor |
|----------------------------|---------------|
| · Top floor & first floor | 1.20 |
| · Typical floor | 1.10 |
| · Side room of border unit | 1.20 |

Table 4 Examples of infiltration data

| Case | Infiltration data |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Case A | · Bed room, living room and kitchen: 4m ³ /hr·m (crack method) · Bathroom: 1.5 ACH (air change method) |
| Case B | · Living room and bed room: 1.0 ACH (air change method) · Bathroom: 1.5 ACH (air change method) |
| Case C | · Bed room, living room and kitchen: central heating → 3.8 m ³ /hr·m (crack method) district heating → 2.3 m ³ /hr·m (crack method) · Bathroom: 1.5 ACH (air change method) |

또한 일반 공동주택의 구조체 열손실에 대해서는 Table 2와 Table 3과 같이 각 방위 및 세대의 위치별로 안전율을 적용하고 있으며 지역난방 공동주택의 열손실계산에서는 이와 같은 안전율을 반영하고 있지 않다.

비난방실의 온도계산시에는 식(2)와 같이 실내 온도를 계산하며 일부 설계사무소에서는 식(3)과 같이 비난방실의 창문 등의 개구부를 통해 발생하는 침기율을 온도산정식에 반영하여 계산하기도 한다.

$$t_{un} = \frac{t_i(\sum A'U') + t_o(\sum A''U'')}{\sum A'U' + \sum A''U''} \quad (2)$$

$$t_{un} = \frac{t_i(\sum A'U') + t_o(\sum A''U'' + c_p \cdot \gamma \cdot Q_k)}{\sum A'U' + \sum A''U'' + c_p \cdot \gamma \cdot Q_k} \quad (3)$$

침기부하자료는 설계자에 따라 가장 상이한 자

Table 5 Heat loss of the typical floor and the top floor

| | Items | Area (m ²) | U value (W/m ² K) | Δt (K) | Safety factor | Heat loss(W) |
|--------------|------------------------|------------------------|------------------------------|--------|---------------|--------------|
| E | Side wall | 26.26 | 0.546 | 30 | - | 430.1 |
| | | | | | 1.1 | 473.2 |
| | Exterior wall | 10.08 | 0.655 | 30 | - | 198.1 |
| | | | | | 1.0 | 198.1 |
| S | Window I | 6.90 | 3.373 | 30 | - | 698.2 |
| | | | | | 1.0 | 698.2 |
| | Window II | 4.86 | 3.839 | 30 | - | 559.7 |
| | | | | | 1.0 | 559.7 |
| | Interior wall | 20.56 | 1.021 | 14.5 | - | 304.4 |
| | | | | | 1.1 | 334.8 |
| W | Steel door | 1.80 | 3.138 | 14.5 | - | 81.9 |
| | | | | | 1.1 | 90.1 |
| | Exterior wall | 2.10 | 0.546 | 30 | - | 34.4 |
| | | | | | 1.1 | 37.8 |
| | Wood door | 1.80 | 2.208 | 30 | - | 119.2 |
| | | | | | 1.1 | 131.2 |
| | Exterior wall | 16.62 | 0.546 | 30 | - | 272.2 |
| | | | | | 1.2 | 326.7 |
| N | Window I | 2.25 | 3.839 | 30 | - | 259.1 |
| | | | | | 1.2 | 310.9 |
| | Window II | 0.72 | 3.373 | 30 | - | 72.9 |
| | | | | | 1.2 | 87.4 |
| | Window III | 2.25 | 3.839 | 30 | - | 259.1 |
| | | | | | 1.2 | 310.9 |
| | Roof | 81.0 | 0.409 | 30 | - | 993.9 |
| | | | | | 1.2 | 1192.6 |
| Infiltration | Area (m ²) | | Infiltration rate(hr) | Δt (K) | | |
| | | 191.0 | 1.0 | 30 | 0.3349 | 1919.0 |

료를 사용하고 있는데 크랙법과 환기회수법을 병행하고 있으며, 각 사무소마다 Table 4와 같이 3가지의 경우로 각기 다른 설계자료를 사용하고 있다. 한편 환기팬 등의 기계환기와 같은 환기부하성분은 부하계산에 반영되고 있지 않다. 또한 조명, 가전기기 및 인체로부터 취득되는 실내발생열과 태양열취득 등의 열취득요소에 대해서는 모두 고려하고 있지 않다.

Table 5는 정상상태계산법에 의한 기준층 및 최상층에 대한 계산조건과 각 부위별 열손실량을 나타내는 것이다.

최종적으로 열원용량을 계산하기 위해 산출된 총난방부하에 동일하게 15%의 배관손실부하와 20%의 예열부하를 반영하고 있다.

$$q_T = q_H + q_P + q_M \quad (4)$$

$$q_p = q_H \times 15\% \quad (5)$$

$$q_M = q_H \times 20\% \quad (6)$$

2.3 상세해석법에 의한 최대부하계산

최대부하계산은 정상해석에 의한 부하계산방법과 구조체의 축열효과를 고려한 비정상해석 부하계산방법으로 나눌 수 있다. 국내에서 건설되고 있는 대부분의 공동주택들은 중량 콘크리트구조로 이루어져 있기 때문에 이러한 구조체의 축열효과를 검토하기 위해 DOE-2.1E 동적 열부하 프로그램을 이용한다.

DOE-2.1E 프로그램은 응답계수법을 이용하여 비정상해석에 의한 열손실 및 열취득을 계산하고 가중계수법을 이용하여 냉난방부하를 산출함으로써 구조체의 축열효과를 반영시킬 수 있는 프로그램이다. 본 연구에서는 z-변환함수법을 사용하여 구조체의 비정상해석을 수행하는 custom weighting factor법을 이용한다.

DOE-2.1E 프로그램에 의한 최대부하계산은 정상해석과정에서 사용된 자료와 동일한 자료를 사용하며 시뮬레이션 결과의 다양한 비교·검토를 위해 건물조건에서 인체 및 조명열과 같은 실내 열취득요소를 추가하여 부하계산을 실시한다.

DOE-2.1E 프로그램에는 기간부하계산을 위해 8,760시간에 대한 시뮬레이션용 기상자료가 마련되어 있지만 최대부하계산을 위해서는 별도의 설

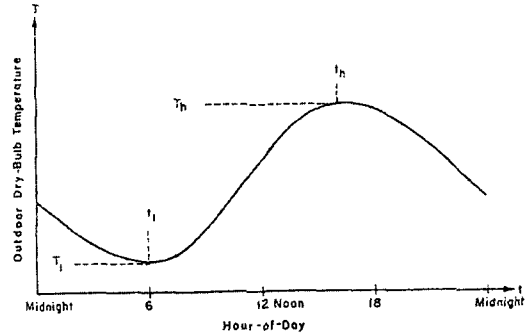


Fig. 2 Temperature period curve using maximum and minimum temperature.

계용 기상자료가 필요하다. 설계용 입력자료로 일 최고·최저기온 및 발생시간, 풍향, 풍속조건 등이 필요한데, 특히 외기온은 비정상해석을 위해 1일 시각별 외기온 자료가 요구된다. DOE-2 프로그램에서는 일 최고 및 최저기온에 의한 외기온도의 함수식을 이용하여 1일의 온도주기를 산출한다. 식(7)~(11)은 일최고 및 최저기온을 이용한 함수식을 나타낸 것이고, Fig. 2는 이때의 온도주기곡선을 나타낸 것이다.⁽¹⁾

$$t_{av} = \frac{t_h + t_l}{2} \quad (7)$$

$$t_d = t_h - t_l \quad (8)$$

$T_1 < T \leq T_h$ 일 때

$$DBT = t_{av} - t_d \quad (9)$$

$$* \cos \left\{ \left[\frac{\pi}{(T_h - T_1)} \right] (T - T_1) \right\}$$

$T > T_h$ 일 때

$$DBT = t_{av} + t_d \quad (10)$$

$$* \cos \left\{ \left[\frac{\pi}{24 - (T_h - T_1)} \right] (T - T_h) \right\}$$

$T \leq T_1$ 일 때

Table 6 Input data for DOE-2.1E program

| Items | | Input data |
|--------------------------------------|------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| B U I L D I N G | Indoor design temperature | 20℃ |
| | Infiltration rate | 1.0 1/hr |
| | Internal heat source | number of people : 4 people lighting & power : 0.55kW (daily average operation schedule: 40%) |
| | Heating system | floor heating system |
| W E A T H | Minimum temperature and time | -10.0℃ (7 a.m) |
| | Maximum temperature and time | -3.0℃ (3 p.m) |
| H E R | Maximum wind speed | 6 m/s |
| | Wind direction | Northwest |

$$DBT = t_{av} + t_{\Delta} \quad (11)$$

$$* \cos \left\{ \left[\frac{\pi}{24 - (T_h - T_l)} \right] (T - T_h + 24) \right\}$$

본 시뮬레이션을 위한 일최저기온은 수계산시와 동일하게 -10.0℃를 적용하였으며 일 최고기온은 공기조화냉동공학회에서 발간한 기상자료에서 1월 시각별 평균 최고기온과 평균최저기온의 차이(Δt : 7 K)를 산출하여 -3℃로 설정하였다.

실내에서 발생하는 열취득은 인체발열과 조명 및 전열부분에 해당하는 요소만을 고려하였으며, “건물에너지 원단위 및 환경부하 설정연구-공동주택”에서 조사된 세대별 전기에너지 사용량을 근거로 하였다.⁽²⁾

Table 6은 최대부하 시뮬레이션을 위한 건물자료 및 기상자료를 나타낸 것이다.

3. 부하계산 결과분석 및 토의

Table 7은 Table 5에 의해 산출된 각 부위의 열손실량을 이용하여 기준층의 중앙세대 및 측세대, 최상층의 기준층 및 측세대의 최대부하 수계산결과를 나타낸 것이다. 여기서, q_0 는 Table 5에 의해 산출된 방위별 열손실량에 Table 2에 있는 방위별 안전율을 곱하여 산출한 결과이며, q_s 는 Table 5에 의해 산출된 열손실량에 Table 2

Table 7 Heating load according to the location

| Heating load | Typical floor | | Top floor | |
|---------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|
| | Typical unit | Side unit | Typical unit | Side unit |
| q_H (W/m ²) | 59.0 | 64.3 | 71.3 | 76.6 |
| q_0 (W/m ²) | 61.8 | 67.6 | 76.5 | 82.3 |
| q_s (W/m ²) | 68.0 | 76.3 | 91.8 | 98.8 |

Table 8 Results of heating load by DOE-2 program

| Heating load(W/m ²) | Typical floor | | Top floor | |
|---------------------------------|---------------|-----------|--------------|-----------|
| | Typical unit | Side unit | Typical unit | Side unit |
| q_{DOE-H} | 58.6 | 63.9 | 71.7 | 75.4 |
| q_{DOE-W} | 56.0 | 60.3 | 66.8 | 71.0 |
| q_{DOE-I} | 50.6 | 55.1 | 61.9 | 66.2 |

와 Table 3에 있는 방위별 안전율 및 세대위치별 안전율을 곱하여 산출한 결과이다.

설계사무소에서 사용하는 계산방식으로 산출된 q_s 의 최대 난방부하결과를 살펴보면 기준층 중간세대의 경우 68.0 W/m², 기준층 측세대의 경우 76.3 W/m², 최상층 중간세대의 경우 91.8 W/m², 최상층 측세대의 경우 98.8 W/m²로 나타나 안전율의 영향으로 세대위치 및 층에 따라 12%~45%의 부하차이를 보이고 있다. 한편, 층별 위치별 안전율을 반영하지 않은 결과인 q_H 와 비교해 볼 때, 부하가 15~29% 정도 크게 나타났다.

Table 8은 DOE-2.1E 프로그램에 의한 최대부하계산 결과를 나타낸 것이다. 부하계산은 구조체의 축열효과를 고려하지 않은 정상해석과 구조체의 축열효과를 고려한 비정상해석의 경우에 대하여 수행하였으며, 또한 부하계산시 안전율개념에서 일반적으로 고려하고 있지 않는 인체, 조명, 전열 등의 실내열취득의 유·무에 따른 결과도 살펴보았다.

DOE-2.1E 프로그램에 의한 부하계산에서 기준층 측세대에 대한 정상상태계산의 경우에 63.9 W/m²로 나타났으며, 수계산에 의한 부하계산의 경우에 Table 7에서 보는 바와 같이 64.3 W/m²로 나타났다. 또한 열적으로 가장 열악한 최상층의 측세대의 경우에서도 DOE-2.1E 프로그램에 의한 정상해석 결과와 수계산에 의한 결과가 각각 75.4 W/m², 76.6 W/m²로 유사하게 나타나 계

산방식의 차이에도 불구하고 모두 유사한 결과를 보이고 있다.

한편, 정상해석법에 의한 난방부하 q_{DOE-H} 는 58.6~75.4 W/m², 비정상해석법에 의한 난방부하 q_{DOE-W} 는 56.0~71.0 W/m²로 비정상해석법에 의한 난방부하가 정상해석법에 의한 난방부하에 비해 5.4~7.8% 정도 적게 나타났다. 또한 실내열취득을 고려한 난방부하 q_{DOE-I} 는 실내열취득을 고려하지 않은 난방부하 q_{DOE-W} 에 비해 약 7.2~10.6 % 정도 적게 나타났다.

Fig. 3은 모델건물에 대하여 수계산(정상상태)에 의한 부하계산 결과와 DOE-2 프로그램(비정상상태)에 의한 부하계산의 결과를 비교한 것이다.

DOE-2.1E 프로그램의 비정상해석에 의해 구조체의 축열효과를 고려한 경우 기준층 중앙세대 및 측세대에서 56.0 W/m², 60.3 W/m²로 나타났으며, 방위계수 및 층별 안전율을 고려한 수계산에서의 산출결과에서는 각각 68.0 W/m², 76.3 W/m²로 나타나 12~16 W/m²의 부하차이를 보이고 있다.

비정상해석에 의해 구조체의 축열효과를 고려한 경우 최상층의 중앙세대 및 측세대에서의 난방부하는 66.8 W/m², 71.0 W/m²로 나타났으며, 정상해석시에는 방위 및 층별 안전율에 의해 91.8 W/m², 98.8 W/m²로 20.5~22.2 W/m²의 부하차이를 보이고 있다.

이 결과를 DOE-2.1E 프로그램 결과를 기준으로 놓고 살펴볼 때, 수계산의 경우 기준층에서 21.4~26.5%의 부하가 높게 산출되었으며 최상층의 경우 37.4~39.2%의 부하가 높은 것으로 나타났다. 또한 이러한 계산결과를 Table 8에서 실내열취득을 고려한 계산결과와 비교해 보면 그 차이가 더욱 크게 발생함을 알 수 있다. 따라서 각 설계사무소에서 공통적으로 난방부하 계산시 안전율개념으로 고려되고 있는 방위별 안전율, 층별 위치별 안전율 등은 열원설비에 대한 과잉설계의 가능성이 크다고 볼 수 있다.

최근 지역난방시스템의 경우 그 동안의 시행착오 및 경험을 통해 부하계산시 예열부하, 방위계수, 방열손실 및 안전율을 적용치 않고 난방설비의 용량을 감소시키는 방향으로 조정되고 있는 사례를 살펴볼 때, 중앙집중식 난방방식의 설비에서도 효율적인 열관리를 위해 안전율에 대한 재검토가 요구된다. 또한 열적으로 불리한 세대에 적용되는 층별 위치별 안전율이 최대부하계산

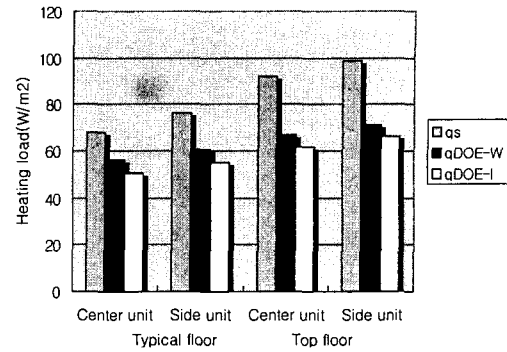


Fig. 3 Comparison of heating load results.

시에 반영되고 있지만 안전율에 해당하는 만큼의 열량이 해당층에 공급되고 있지 못한 실정이다.

즉 부하계산시 반영된 안전율이 실제 실내 난방배관 선정 및 온수온도 설정과의 관련성이 결여되어 있어 적정설계를 위한 설계과정이 이루어지고 있지 못한 것이다.

한편, 현재 난방시스템 설계에 필요한 각종 자료들은 정상상태(steady state)를 기준으로 마련되어 있으며, 공동주택의 난방방식이 대부분 간헐난방방식이라는 개념을 적용하여 여러 가지 안전율을 반영해 왔다. 그러나 우리나라 공동주택은 건물구조 특성과 바닥난방시스템의 구성상 건물자체가 많은 축열성을 갖기 때문에 각종 설계 자료들은 비정상상태(unsteady state)를 기준으로 이루어져야 정확하고 적절한 용량계산이 가능해진다. 또한 난방부하 계산시 고려하고 있지 않은 요소들(내부발생열, 일사투과열 등)이 이미 안전율 개념으로 반영되어 있으므로 난방기간의 대부분을 낮은 부하율로 운영하게 되는 불합리한 면이 발생한다.

또한 공동주택이 업무용 건물과는 달리 24시간 일정실온을 유지하기 위한 난방운전이 이루어져 급격한 부하변동이 발생하지 않는다는 점을 고려해 볼 때, 식(6)의 예열부하에 대한 안전율 개념도 제고할 필요성이 있는 것으로 판단된다.

한편 건물의 구조특성과 관련된 침기부하성분에 대한 부하계산자료가 중앙난방방식과 지역난방방식과 같은 열원시스템에 따라 서로 다른 자료를 사용하고 있어 이에 대해서도 명확한 규명이 필요하다고 사료된다.

이와 같이 부하계산의 과정에 의해 열원용량이 과대설계될 경우 보일러 부분부하율의 저하로 효

올직한 난방운전관리가 어려워 에너지의 낭비를 초래할 뿐 아니라 쾌적한 실내온열환경을 조성하기도 어렵다. 따라서 기존의 부하계산법에서 고려하고 있는 안전계수들은 하향조정될 필요가 있는 것으로 분석된다.

4. 결 론

본 연구에서는 현행 설계과정에서 사용되고 있는 최대부하계산법의 안전율 계산과정을 살펴 보았으며, 건물구조체의 축열효과에 의해 나타나는 난방부하를 비교해 보기 위해 모델건물에 대하여 정상해석법에 의한 부하계산과 비정상해석법에 의한 최대부하 시뮬레이션 결과를 비교해 보았다.

본 연구결과를 살펴보면 현재 실무에서 안전율 개념으로 고려되고 있는 방위별 증가계수, 층별 위치별 안전율 등을 반영한 난방부하는 비정상해석법에 의한 결과와 비교해 볼 때, 기준층의 경우 21.4~26.5%, 최상층의 경우 37.4~39.2% 정도 과도하게 반영되는 것으로 나타났다. 따라서 부하계산시 반영되고 있는 안전율은 난방설비에 대한 과잉설계의 주요인으로 작용하고 있는 것으로 분석된다.

한편, 정상해석법에 의한 난방부하는 59.0~76.6 W/m², 비정상해석법에 의한 난방부하는 56.0~71.0 W/m²로 비정상해석법에 의한 난방부하가 정상해석법에 의한 난방부하에 비해 5.4%~7.8% 정도 적게 나타났다.

따라서 효율적인 열관리와 쾌적한 실내열환경을 유지하기 위해서는 기존의 부하계산법에서 고려되고 있는 안전계수들에 대한 세밀한 검토가

요구되며, 구조체의 축열효과와 부하의 일변화 특성을 고려한 난방부하계산법의 개발도 필요한 것으로 분석된다.

향후 부하계산에 의한 해석결과와 현장실험연구를 통한 열원용량의 적정성에 관한 연구가 뒤따를 필요가 있다.

참고문헌

1. Lawrence Berkeley Laboratory, 1982, DOE-2.1B Engineers manual.
2. 안태경 외, 1997, 건물에너지 원단위 및 환경 부하설정연구-공동주택, 한국건설기술연구원 연구보고서. pp. 106-107.
3. 조동우, 강재식, 공동주택 바닥난방시스템의 성능 개선 연구, 한국건설기술연구원 연구보고서, 1996.
4. 대한주택공사, 1995, 기계설계자료집.
5. 대한주택공사, 1997, 기계설비설계 핸드북.
6. 최우영, 류해성, 이재현, 오명도, 1998.11, 열응답계수를 이용한 TFM 부하계산법의 제안, 1998년도 동계학술발표회 논문집(II), pp. 608-614.
7. ASHRAE, 1997, ASHRAE Handbook Fundamentals, ASHRAE Atlanta. p. 28.16
8. McQuiston, F. C. and Spitler, H. D., 1992, Cooling and heating load calculation manual, Second edition, ASHRAE, Atlanta.
9. ASHRAE, 1982, Cooling and heating load calculation manual, ASHRAE, New York.
10. 日本 空氣調和・衛生工學會, 1989, 設計用 最大負荷 計算法, 丸善株式會社.