수정 BIN법에 의한 건물에너지해석 프로그램 개발

Development of Computer Program for Energy Analysis through the Modified BIN Method in Buildings

신 현 준*
Hyun Joon Shin

1. 건물 에너지 해석

오늘날 산업계 전반에 걸친 콤퓨터의 급속한 보급과 이에 따른 S/W의 개발은 과거 무시되어 오던 영역에 대하여 새로운 수단들을 제공해 주고 있다.

두 차례의 심각한 파동을 겪은 에너지 관련 업계에서도 건물의 특성에 따른 에너지분석을 통해 적합한 공조시스템을 선정하므로써 에너지절약에 널리 응용되고 있다.

즉, 에너지절약의 가장 합리적인 방법은 에너지를 이용하는 목적물에 대해 설계의 초기단계에서부터 절약의 개념을 도입하여 가장 적합한 시스템을 선정하는 것이다. 오늘날 국내의 건물에서 소비되는 총에너지 중에서 공조에너지로 소모되는 양은 전체의 약 40%를 점하고 있는 실정이므로 합리적인 공조시스템의 선정은 가장 중요한 에너지절약기술이라고 할 수 있다. 따라서 지금까지 국내에서는 거의 도외시 되어온 각종 HVAC 시스템에 대한 에너지해석을 통하여 건물의 특성에 맞는 적합한 시스템을 선정할 수 있는 건물에너지 해석방법이 개발되어야 한다.

이미, 외국에서는 이러한 건물에너지 해석을 위한 많은 프로그램들이 개발되어 널리 이용되고 있는 점을 감안하여 오늘날 이용되고 있는 방법의 개요에 대해 설명하고, 국내 실정에 비추어 가장 효과적으로 이용될 수 있을 것으로 생각되는 수정 빈법(Modified BIN method)으로 개발한 프로그램을 이용하여 해석한 결과를 제시하고자 한다.

* 건설기술연구원 설비연구실선임연구원

2. 에너지 해석법

2-1 에너지 해석법의 개요

에너지 해석의 수학적인 모델은 크게 나누어 기상조건, 빌딩의 열부하 특성 및 시스템 시뮬레이션을 위한 각 모델에 의해 정해진다.

이들 중 기상과 열부하 특성에 대한 분석은 상당한 수준까지 발전되어 정도가 높은 년간 열부하 계산이 가능하게 되었다. 그러나 문제가 되는 것은 시스템 시뮬레이션 모델로써 프로그램에 따라 각각 접근 방법이 서로 다르기 때문에 현재로써는 이론이 확립되었다고 보기 어렵다.

따라서 이들의 분석 방법의 분류도 매우 어렵지만 우선 정해법과 간이법으로 분류할 수 있다. 본 분류의 기준은 시간별 계산의 여부에 따라서 시간별 부하계산을 정해법으로 그 외에는 간이법으로 취급하고 있지만, 그들 중에서도 매시법으로 시뮬레이션한 전부하 상당시간법과 Bin 법은 간이법이 된다. 또한, 매시

법은 일평균매시 법과 대표일 법으로 분류된다. 한편, 같은 정해법에 있어서도 동적 시뮬레이션과 준 동적 시뮬레이션 프로그램으로 구별된다.

그러나, 프로그램의 사용자 입장에서 판단하면 이들 방법의 종류에 대한 중요성보다는 정도의 개념과 사용 하드웨어의 종류에 더욱 중요성을 갖게 되며, 간이법과 대표 일법에는 소형컴퓨터(Personal Computer) 정도의 하드웨어가 적당하고 정해법에서는 대형의 하드웨어를 사용하게 된다.

현재 개발된 정해법의 대표적인 프로그램은 TRNSYS (위스콘신 대학), DOE-2(미국 에너지성), AIRCON-E (일, NTT), HASP(일) 등이 있고, 간이법으로써는 전부하 상당시간법에 해당되는 CEC 법(일본), VDL-2067법(서독)과 개량 빈법의 ASHRAE-4.7법(미국)이 있다. 정해법은 콤퓨터에 의한 연간 에너지 계산의 주류를 이루고 있지만 입력자료 작성의 복잡성, 하드웨어의 대형화 및 사용료의 고가 때문에 일반 사용자로써는 취급이 어렵고 학문용으로 쓰이는 것이 보통이다.

따라서 70년대 후반부터 일반 사용자에게는 수 계산을 위주로 하는 방법들의 필요성이 널리 재인식되어 이미 언급한 것과 같은 간이법들이 개발되고 있다. 이들 방법은 모두 옛날부터 사용되었던 것을 개선한 것이지만, 정도가 매우 높고 소프트웨어 및 하드웨어가 간단하여 쉽게 적응할 수 있기 때문에 각국의 상황에 맞추어 S/W를 개발하여 사용하고 있다.

그러나, 이와 같은 많은 프로그램의 개발에도 불구하고 빌딩의 에너지분석에는 불확정 요소들이 많고 기기의 부분 부하 특성에도 불투명한 점이 많이 있으며, 동적인 시뮬레이션 이론도 현 단계에서는 확립되고 있지 않기 때문에 계산결과와 실측치 사이에는 많은 차이가 생기므로 적정하게 수정한 방법이 가장 합리적이고 정확한 방법이라고 할 수 있지만, 실측자료가 없는 건물이나 신축건물에서는 시스템 선정을 위한 적당한 시뮬레이션 프로그램에 의해 산정되어져야 한다.

2-2 디그리 데이법(Degree-day method)

장기간에 걸쳐서 건물의 에너지소비량을 계산한 결과 평균 외기온도가 18.3℃ 일때에 일사와 내부발열에 의한 열취득이 건물의 외피를 통한 열손실과 상쇄된다는 내용에 근거를 두어 에너지소비량은 18.3℃와 일 평균 온도차에 비례한다는 가정에 의해 계산하는 방법이다.

그러나 이 방법은 간단히 이용할 수 있지만 매우 한정된 적용범위를 가지고 있다. 최근의 연구에 의하면 단순한 주택에 이용해도 만족할 만한 결과가 얻어지기 어려울 뿐만 아니라 대형 건물에 적용하면 그 결과는 거의 신뢰할 수 없을 정도로 과대하게 계산되는 것으로 밝혀졌다. 이를 보정하기 위해 ASHRAE에서 제정한 보정계수를 이용하는 수정 디그리 데이법을 적용하지만 역시 만족스러운 결과는 얻을 수 없다.

2-3 전부하 상당 운전시간법(*Equivalent full load hours method*)

이 방법은 냉방용 기기의 정격 입력치(최대부하점)에 의해 년간 냉방부하 에너지 소비량을 처리할 수 있는 작동시간을 계산한다. 이러한 값들을 동일한 기후대에 속하는 동일한 건물에 대해 같은 전부하 시간(Full-load-hour)을 조사하여 평균값을 구하고, 특정 건물의 냉방에너지 요구량은 건물의 최대 냉방부하와 동일한 유형의 건물에 대한 평균Full-load-hour 를 곱해서 구한다.

이 방법은 설계 냉방부하만을 고려할 수 있으며, 운전조건과 시스템의 종류는 고려되지 않는다.

대형건물의 에너지소비량은 시스템의 운전조건 등에 따라서 크게 변화하기 때문에 통계적으로는 어떠한 의미를 갖지만, 각 건물의 실제 에너지소비량의 예측에 대해서는 정확한 값을 기대할 수가 없다.

2-4 표준BIN법

여러 경우의 외기온도에 대한 건물의 순간 에너지를 계산하여 일년동안 발생한 빈도수(시간수)를 곱하여 총 년간 부하를 구하는 방법이다.

이러한 방법은 시스템 구성기기의 부분부하 특성을 해석할 수 있고, 히트 펌프의 능력과 성적 계수의 외기 상태에 따른 변화를 고려하여 시스템을 분석할 수 있다. 특히, 내부 발열의 시각별 변화에 따른 공조설비의 운전 스케쥴도 조건이 다른 시간 대별로 나누어 결정할 수 있다.

임의의 온도에 대한 건물의 외피 열부하는 설계 냉・난방 부하를 이용한 함수를 사용하여 내삽법에 의해서 구한다.

내부발열 부하에 대해서는 별도로 계산되고, 잠열부하의 계산은 각각의 온도 폭에 해당하는 습구온도를 이용하여 계산하기 때문에 정확한 값을 얻을 수 있다.

그러나, 이 방법의 커다란 결점은, 어느 임의의 온도에서의 부하를 계산하기 위해서 냉・난방 설계부하에 의한 내삽법을 이용하는 것이다.

즉, 냉방설계 부하는 이것이 발생하는 특정한 시각에 대해 기초를 두어 계산한 것이므로, 전도 및 일사열부하의 시각별 변동을 완전히 고려할 수 없다. 실제로 어느 온도에서의 부하는 운영(구름)등의 영향으로 설계부하보다 훨씬 작아질 수 있다.

난방설계 부하에서는 일사의 영향을 무시하므로 실제 발생하는 열부하보다도 훨씬 높은 값이 계산된다. 이러한 실질적인 문제점 때문에 표준BIN법은 대형건물에 대해서는 적용이 극히 제한되고, 각종 공조시스템의 해석에 적용할 수가 없다.

따라서 다음에서 주로 논하게 되는 수정 빈법은 표준BIN법의 이러한 결점들을 보완하였기 때문에 높은 정도의 결과를 얻을 수 있다.

3. 수정BIN법(ASHRAE TC 4.7법)

시간별로 건물의 에너지를 계산할 수 있는 대형 전산프로그램들이 많이 개발되어 건물의 에너지소비량을 예측할 수 있기 때문에 건물내의 heat process 를 상세하게 모델화하고 공조시스템 및 기기의 시뮬레이션을 상세하게 실시하고 있다. 이들 프로그램들을 사용하므로써 상당히 신뢰할 수 있는 계산 결과가 얻어지지만 일반적으로 사용되기에는 많은 문제점들이 있다.

즉, 프로그램 구입 및 사용료가 비싸고, 고가의 대형H/W 및 부속기기의 필요, 사용법의 어려움, 입력자료 작성의 어려움 및 방대한 량 등을 들 수 있다.

이들 대형 전산프로그램은 극히 제한된 대형 건물의 에너지 해석에는 유용하게 이용할 수 있으나 일반적인 범용성을 갖기는 어렵다. 특히 이들 프로그램은 일반적으로 매우 복잡해서 정확한 사용법은 극히 소수의 사람들만이 이해할 수 있다. 그 결과 이용자 자신이 프로그램을 완전히 이해하지 못하기 때문에 건물 설계자와 에너지 해석자와의 사이에는 많은 차이가 생기게 된다.

따라서 건물에너지 소비에 영향을 주는 주요 인자를 간단히 고려하여 편리하게 계산할 수 있는 방법의 도입이 절실히 요청된다.

이러한 요구에 부응하여 개발된 방법이 수정BIN법(ASHRAE TC 4.7 간이계산법)이다. 이것은 전술한 대형 전산프로그램과 같이 복잡하지는 않지만 많은 예비 계산이 필요하다. 그러나 이용자들이 쉽게 이해할 수 있고 소형 콤퓨터를 이용해서 간단한 프로그램을 만들 수 있도록 여러가지 가정에 기초를 두어 간략화된 방법들을 채용하고 있다.

3-1 수정 빈법의 개요

수정 빈법에 있어서는 건물의 열부하와 에너지소비에 영향을 주는 다수의 요인들을 고려하여 냉・난방설계 외기온도에 대해서 비정상 계산식을 구하고,이것을 이용하여 다른 외기온도에 대한 에너지소비량과 발생시간수의 곱을 합하여 그 건물의 연간 에너지 소비량

을 나타내도록 하는 방법이다. 발생시간수는 표준 빈의 기상자료를 사용하여 구한다. 또한, 계산을 위한 건물의 열부하를 외기온의 함수로 보고 다음과 같이 간단하게 가정을 한다.

1) 건물의 외피 열부하(관류 열부하, 침입 외기부하, 일사 열부하)는 외기온도에 대한 선형 함수로 표시된다.

관류 열부하 및 침입 외기열부하는 구간별 외기온의 선형 함수가 되고, 일사 열부하는 전 영역에 대한 외기온의 단일 함수로 가정한다.

2) 내부 발열을 1일 기준으로 하여 공조 시간대와 비공조 시간대로 구분하여 각각에 대한 평균 값을 구하여 일정한 것으로 가정한다.

즉, 내부 발열에 의한 부하는 운전스케쥴에 따라 매시간 달라질 수 있지만 전체적으로 평균화하거나 혹은 몇개의 시간대로 나누어 일정한 것으로 가정한다.

이 경우 계산시간대에 따라서 여기에 해당되는 온도 빈의 발생시간수가 결정되고, 계산 시간대는 임의의 개수로 나눌 수 있지만 보통은 공조 시간대와 비공조 시간대의 2개로 충분하다.

여기에서 공조 시간대는 냉·난방이 행하여지고 있는 시간대이며, 비공조 시간대는 냉방기에서는 장치가 정지되고, 난방기의 경우에는 저온으로 실온이 설정되는 시간대를 의미한다.

수정 빈법에 있어서의 열부하 계산은 보통 4개의 특수한 외기 온도조건에 대하여 공조, 비공조 시간대로 나누어 계산을 실시한다. 이들 온도의 의미는 건물이 위치한 장소와 운전조건에 따라 다음과 같은 의미가 부여된다.

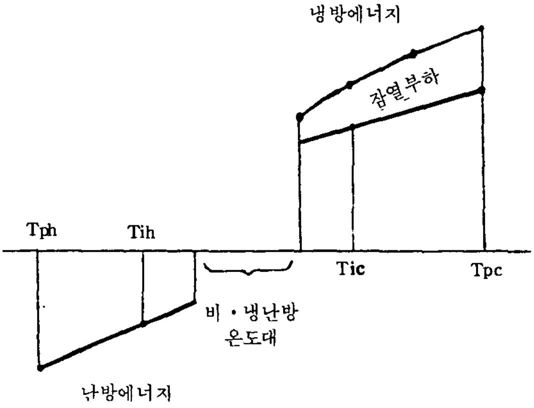
1) 최대 냉방온도(Tpc : Peak Cooling) : 건물이 위치한 장소에서의 최고온도 빈의 중간온도.

2)중정도의 냉방온도(Tic : Intermediate Cooling) : 건물의 관류 열부하와 외기 현열 부하가 건물의 냉방부하로 나타나는 최저온도 빈의 중간온도. 통상적으로 25℃임.

3) 중정도의 난방온도(Tih : Intermediate Heating) : 건물의 정미 열부하가 난방부하로부터 냉방부하로 변하는 온도 빈의 중간온도. 이 온도는 외주부의 평형점에 가깝고, 외기 냉방에 의해서 죤의 냉방부하를 만족시킬 수 있는 온도로써 11℃ 정도이다.

4) 최대 난방온도(Thp : Peak Heating) : 건물이 위치한 장소에서의 최저 온도 빈의 중간온도.

이들 온도를 그림으로 표시하면 그림 3-1과 같다.



3-2 부하계산

(1) 죤 닝

대상건물의 정미 열부하 계산을 할때 외피 열손실은 내부 발생열과 상쇄시키기 때문에 대형 건물에서는 적절한 죤 분할이 특히 중요하다.

특히, 내부 발열형태, 사용 시간대 등의 특성에 따라 분류되어야 한다.

(2) 일사 열부하

창을 통한 일사 열부하는 냉방기에는 냉방부하가 되고 난방기에는 난방부하를 감소시키는 역할을 하며 맑은 날의 하루에 대한 일사부하량은 다음과 같다.

$$Q(sol)\ N = \sum_{N_2=1}^{24} \sum_{N_1=1}^{N} [MSHGF_{N_1} \times A_{N_1} \times SC_{N_1} \times CLF_{N_1, N_2}]$$

여기에서,

$MSHGF_{N_1}$: 방위 N_1에 대한 최대 일사 열취득 계수

A_{N_1} : 방위 N_1에 대한 유리창 면적

SC_{N_1} : 창의 차폐 계수

CLF_{N_1,N_2} : 방위 N_1, 시각 N_2에 대한 CLF(Cooling load factor)의 24시간 합계

통상적으로 일사 열부하는 운영(구름)에 의한 영향을 고려하여야 하며, 열부하를 단위 면적당의 부하로 표시하기 위해 다음과 같이 나타낸다.

$$Q\,\mathrm{sol} = \frac{Q(\mathrm{sol})\,N \times FPS}{t \times AF}$$

FPS : 일조율

t : 공조 설비의 운전시간수(냉방기=공조기 운전시간수, 난방기=24)

AF : 공조 면적

위와 같이 계산된 냉·난방 기간동안의 일사 열부하가 일사에 의한 선형 함수를 결정해 주는 자료가 된다. 즉, 냉방기의 일사 열부하가 Tpc, 난방기의 일사 열부하가 Tph로 대응되어 임의의 중간온도에 대한 일사 열부하는 직선의 내삽법에 의해서 구한다.

(3) 전도부하

1) 냉방부하(Tpc, Tic)

외기온도가 Tpc와 Tic 일때 전도부하는 (+)로 되어 냉방부하로 나타난다. 이들의 외기온도에 있어서 단위 공조 면적당 전도부하는 다음과 같다.

$$Q_{TC} = \sum_{\text{벽·지붕·유리창}}^{N_1} \frac{(A \cdot U)_{N_1} \times (CLTD)_{N_1}}{AF}$$

$(A \cdot U)_{N_1}$: 면 N_1의 면적과 열통과율의 곱

$(CLTD)_{N_1}$: 면 N_1의 냉방부하 온도차

유리창 : $CLTD = T_o - T_i$

외 벽 : $(CLTD)_{N_1} = \{(CLTDF)_{N_1} + (T_o - T_i)\} \times R$

$(CLTDF)_{N_1}$: 면 N_1의 $CLTDF$의 24시간 평균치

T_o : 외기온도(Tpc 또는 Tic)

T_i : 실내온도

R : 외벽의 색상 보정계수

2) 난방부하(Tph, Tih)

외기온도가 Tph, Tih 일때에는 전도부하는 (−)로 되고 단위 공조면적당 전도부하는 다음과 같다.

$$Q_{Th} = \sum_{\text{벽·지붕·유리창}}^{N_1} \frac{(AU)_{N_1} \times \{(T_o + \text{상당외기온도보정} - T_i\}}{AF}$$

(4) 내부 발열부하

건물의 종류에 따라서 내부 발열부하가 차지하는 비율은 매우 크기 때문에 냉방기에는 내부 발열부하가 최대의 요소가 되며, 대형건물의 경우, 10℃정도 이하에서 냉방이 필요한 경우도 있다.

단위 공조 면적당의 내부 발열부하는 다음과 같이 계산한다.

$$Q_I = \frac{K \times Q_{max} \times Q_f}{AF}$$

K : 최대 열부하에 대한 열부하의 비율을 공조 및 비공조시간대로 구분한 1일 평균 이용율

Q_{max} : 조명기기, 사무기기 및 최대 재실인원에 의한 최대 열부하

Q_f : 열부하를 열량으로 환산하기 위한 환산 계수

내부 발열부하는 공조시간대와 비공조 시간대로 나누어 계산한다.

(5) 외기 침입부하

틈새바람에 의한 부하도 단위 공조 면적당의 값으로 표시된다. 이것은, 재실시간에 있어서 4개의 외기온에 대해서 다음과 같이 계산한다.

$$Q_S = \frac{1.10 \times (C_{fm}) \times (T_o - T_i)}{A_f}$$

$$Q_L = \frac{4{,}840 \times (C_{fm}) \times (W_o - W_i)}{A_f}$$

Q_S : 현 열부하

Q_L : 잠열부하

C_{fm} : 공조 및 비공조 시간대에 실내에 유입되는 외기량

T_o : 외기온도(Tpc, Tic, Tph, Tih)

T_i : 실내온도

W_o : 4개 외기온도에 대한 절대습도

W_i : 실내의 절대습도

A_f : 공조면적

겨울철의 잠열부하는 가습이 되지 않는 경우에는 무시할 수 있고, 외기온도가 Tic 와 Tpc 의 사이에 있을 때에는 외기 절대습도를 선형이라고 가정하면 오차가 큰 경우가 있기 때문에 이를 수정해야 한다.

이에 대한 방법으로써는 외기에 의한 잠열부하를 Tic 와 Tpc 구간에서 각 온도마다 계산하는 것이다.

이상에서 설명한 바와 같이 계산된 각각의 요소별 열부하를 합하여 공조 및 비공조시간대로 나누어 열부하를 구할 수 있고 이들 열부하는 시뮬레이션을 통한 각종 시스템의 1차측 및 2차측 에너지량을 산출하기 위한 기본자료로 이용된다.

3-3 HAVC시스템의 성능 계산

(1) 외기 절대습도(*OAW*)

공기선도와 관계식을 이용하여 외기 건구온도와 평균습도 온도 BIN data 로 부터 계산한다.

$$OAW = f(OADB, MCWB)$$

OADB : 외기 건구온도

MCWB : 평균 습구온도 빈

(2) 급기량(VSA)

실내설계온도와 급기온도와의 차(DT)에 대한 외기온도의 함수로 계산한다.

$$\text{외주부}: VSAP = \frac{QTOTP}{1.232 \times DT}$$

QTOTP : 외주부의 총열량

$$\text{내주부}: VSAI = \frac{QTOTI}{1.232 \times DT}$$

QTOTI : 내주부의 총열량

$$VSA = VSAP + VSAI$$

(3) 혼합공기 건구온도(MADB)

외기혼합상자의 에너지 평형식에 의해 구한다.

$$MADB = RADB + (VO/VSA)(OADB - RADB)$$

RADB : 반송 공기건구 온도

VO : 외기도입량

(4) 냉각코일 출구 건구온도(CCLADB)

CCLADB = 급기온도 - Fan 온도상승

(5) 환기의 절대습도(RAW)

$$RAW = \frac{QL}{3012 \times VSA} + CCLAW$$

QL : 총 잠열량

CCLAW : 냉각코일 출구의 절대습도

(6) 혼합공기 절대습도(MAW)

$$MAW = RAW + \frac{VO}{VSA}(OAW - RAW)$$

(7) 냉각코일 부하계산(QCT)

(a) 예열코일 부하(QPHC)

$$QPHC = (1.232 \times VSA)(PHLDB - MADB)$$

(b) 냉각코일 현열부하(QCS)

$$QCS = (1.232 \times VSA)(MADB - CCLADB)$$

(c) 냉각코일 잠열부하

$$QCL = (3012 \times VSA)(MAW - CCLAW)$$

$$QCT = QCS + QCL$$

3-4 에너지소비량 계산

2차측 시스템을 순환하는 열매가 냉・온수 coil, 증기코일 등을 통과해서 열적상태가 변화하면 1차측 설비에 발생하는 부하를 계산하기 위해서는 2차측 시스템의 시뮬레이션이 필요하다. 2차측 시스템의 시뮬레이션은 시스템의 종류와 제어방식에 따라 실시하지만 이들은 종류가 많이 있기 때문에 모든 시스템의 일반식을 모두 나타내는 것은 어렵다. 예를들어 코일의 시뮬레이션은 (1) 코일을 통과하는 공기량 (2) 코일 입구의 공기상태량 (3)코일출구의 공기상태량 등이 구해지면 코일부하는다음과 같이 계산된다.

$$Qcoil = 4.5 \times (cfm) \times (hi - ho)$$

각 온도빈에 대한 코일부하 또는 장치부하가 구해지면 년간 부하는 부하와 그에 대응하는 온도폭의 빈도수의 곱을 합해서 구한다.또한 공조시스템, 공조설비의 에너지소비량을 구하기 위해서는 각 온도빈에서의 에너지소비량을 계산하기 때문에 각 온도빈에서 부분부하 시뮬레이션을 실시하여 에너지값과 빈도수와의 곱을 합하면 공조시스템,공조장치의 연간 에너지소비량이 구해진다.

이와같은 방법에 의해서 각각의 시스템장치에 대한 값을 모두 합치면 년간 총 에너지소비량을 예측할 수 있다. 본 란에서는 VAV(Variable Air Volume)시스템에 대한 계산을 간단히 설명한다.

(1) 송풍기의 소요에너지(FANEN)

(a) 송풍기의 부분부하비(FNPLR)

FNPLR = VSA / VD

VSA : 공급공기량 VD : 설계공급공기량

(b) 송풍기동력(FNPWR)

FNPWR = DFNPWR × FNPLR / AF

DFNPWR : 송풍기 설계동력

AF : 공조면적

(c) FANEN : FNPWR × FREQ

FREQ : BIN 빈도수

(2) Chiller(pump와 냉각탑)의 소요에너지(CHREN)

(a) Chiller의 부분부하비(CHPLR)

CHPLR = QCT/CHCAP

QCT : 냉각부하

$$CHCAP : \text{Chiller의 용량} = \frac{\text{Chiller설계동력}}{\text{공조면적}}$$

(b) Chiller 동력(CHPWR)

$$FFLP = RPWR_1 + RPWR_2 \times PLR + RPWR_3 \times PLR^2$$

FFLP : 총 부하율

RPWR : part-load-efficiency-ratio

PLR : 부분부하율

CHPWR = FLPR × CHCAP × FFLP

FLPR : 총 부하동력비

(c) 냉각탑동력(CTPWR)

CTPWR = CTPW × CHCAP × CHPLR

CTPW : 냉각탑동력(kw/kw)

(d) Chiller 펌프동력(CPPWR)

CPPWR = CPPW × CHCAP

CPPW : Chiller 펌프동력비(kw/kw)

(e) Chiller 총 에너지량(CHREN)

CHREN = (CHPWR + CTPWR + CPPWR) × FREQ

(3) 보일러에너지(부속펌프 포함)(BLREN)

(a) 보일러의 부분부하율(BOPLR)

$$BOPLR = \frac{QHC}{BCAP}$$

QHC : 난방부하 (W/㎡)

BCAP : 보일러용량(W/㎡)

(b) 보일러동력(BOPWR)

$$BOPWR = (1.368 \times BOPLR - 0.368 \times BOPLR^2) \times \frac{BCAP}{BEFF}$$

BEFF : 보일러효율

(c) 보일러펌프의 동력(BPPWR)

BPPWR = BPPW × BCAP

BPPW : 보일러펌프동력비(kw/kw)

(d) 보일러 총에너지(BLREN)

BLREN = (BOPWR + BPPWR) × FREQ

3-5 에너지해석 프로그램

이상에서 간단히 설명한 계산방법을 이용하여 에너지해석을 하기 위해서는 각 시스템의 특성에 맞추어 필요한 많은 항목을 계산해야 하기 때문에 프로그램을 구성할 필요가 있다. 이에 대한 전체프로그램의 구성도를 나타내면 다음과 같다 (그림 3-2).

한편,이와같은 방법에 의하여 이미 개발된 수정 BIN 프로그램과 대형 전산프로그램들의 정확도를 비교해서 발표한 예를 인용하면 다음표와 같다.

4. 시스템에너지 해석

4-1 에너지해석 예

수정 BIN법에 의해 현재 국내실정에 맞게

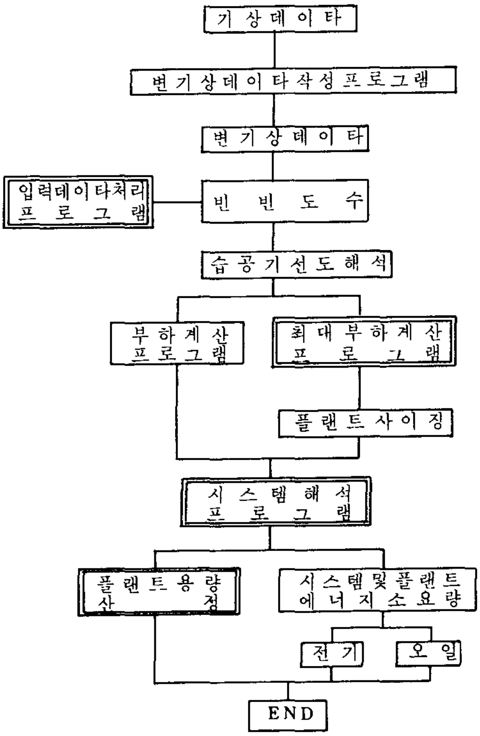


그림 3-2 프로그램구성도

개발된 프로그램을 이용하여 선정된 건물의 에너지해석을 실시한다.

본 예에서는 동일건물에 대해 각종 공조시스템을 적용시킬때 시스템별 년간 에너지소모량에 대한 시뮬레이션의 결과를 보여주는 것이다.

(설계입력 데이타)

1) 하계외부 설계조건 : 32.2c, db, 23.3 wb
2) 실내 설계조건(공조시간) : 23.9c db, 50% rh
3) 일조율(동계 : 0.64, 하계 : 0.44)
4) 공조면적 : 1114.8㎡
5) 내부면적 : 610.9㎡
6) 외주부면적 : 503.9㎡
7) 운전시간 : 07:00-19:00
8) 건물의 방위 : 정 방 위
9) 벽체의 열관류율 : 0.3883 W/㎡.c
10) 지붕의 열관류율 : 0.4581 W/㎡.c
11) 유리창의 열관류율 : 5.507 W/㎡.c
12) 내부부하 데이타
- 조명 : 26.91 W/㎡(월 - 금, 07:00-19:00)
  그 외시간(2.691 W/㎡)

표 3-1 TC 4.7 법의 정도

(kcal /㎡.a)

건 물	S/W 명	조명기기	팬	냉 방	난 방	급 탕
사무실	AXCESS	39, 082	21, 464	23, 512		
	DOE 1	37, 731	22, 324	21, 448		
	BLAST	37, 967	27, 819	23, 243		
	TC 4.7	39, 613	16, 264	26, 170		
병 원	AXCESS	69, 386	162, 303	186, 010	82, 360	7, 495
	DOE 1	55, 693	162, 460	180, 704	141, 034	7, 074
	BLAST	66, 147	169, 491	187, 733	174, 943	7, 614
	TC 4.7	70, 555	180, 344	128, 380	133, 925	7, 926
점 포	AXCESS	57, 898	23, 214	13, 251	5, 317	13, 582
	DOE 1	57, 581	22, 747	10, 199	11, 740	13, 427
	BLAST	58, 086	26, 922	16, 861	4, 416	18, 087
	TC 4.7	56, 784	26, 328	13, 110	448	13, 527
창 고	AXCESS	15, 206	2, 007	1, 953	87, 164	1, 156
	DOE 1	17, 279	3, 852	100	58, 210	1, 118
	BLAST	14, 205	2, 769	933	109, 724	1, 126
	TC 4.7	14, 726	2, 604	1, 606	49, 669	1, 158

자료 : ASHRAE Journal, July, 1982

・기기 : 10.76 W/㎡(월 - 금, 07:00-19:00), 그 외시간(0 W/㎡)

・인체 : 1명 / 9.29㎡(월 - 금, 07:00-19:00), 그 외시간(0명 / ㎡)

13) 벽과 창문의 면적 : ・N(83.6 ㎡)

: ・E(55.7 ㎡)

: ・S(83.6 ㎡)

: ・W(55.7 ㎡)

14) 칠러의 용량 : 169.9 KW

15) 보일러의 용량 : 129 KW

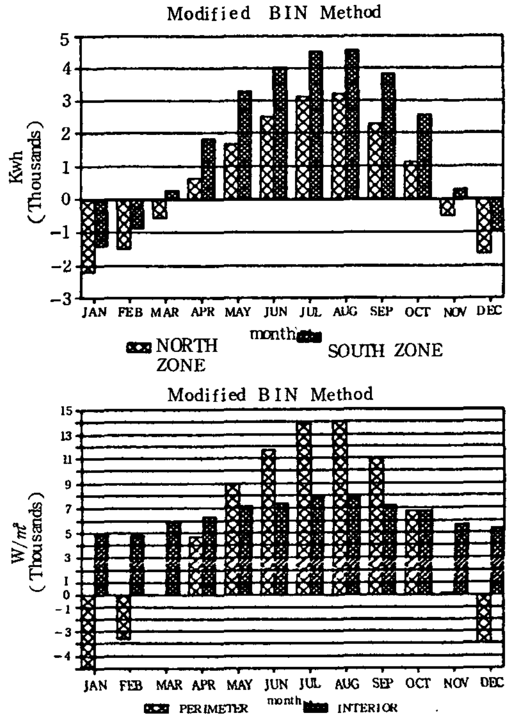


그림 4-1 년간 부하계산 결과

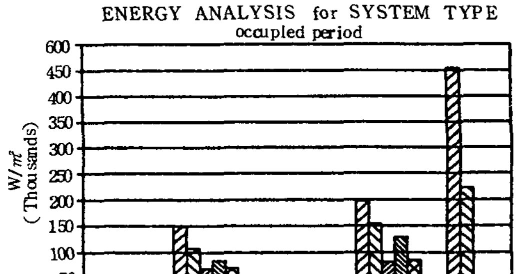


그림 4-2 시스템별 년간 소비에너지(공조시간)

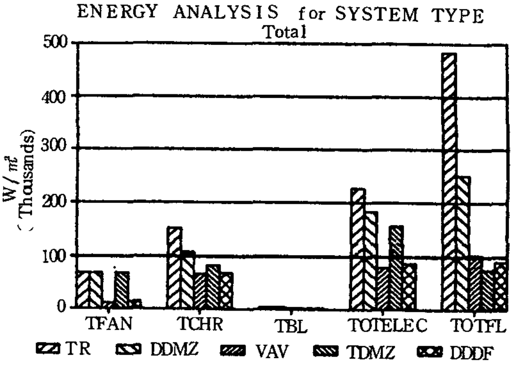


그림 4-3 시스템별 년간 소비에너지 (공조시간 + 비공조시간)

4-2 수정 빈법의 사용한계

수정 빈법은 계산의 단순화를 위하여 개발된 방법이기 때문에, 정상적인 방법에 비해 실용상에 부분적인 제한이 있다. 예를들면 이미 언급된 바와같이 전도부하 일사부하 등을 어느 특정온도를 기준으로 한 외부온도의 함수로 일괄 취급하므로써 발생되는 정도의 저하를 방지하기 위해 보완을 많이하고 있지만 아직 응용에는 다음과 같은 제한이 있다. 따라서 이들에 대한 보완방법이 개발되어야 할 것이다.

1) 시스템의 제어에 대한 동적변화가 고려되지 않았다.

2) 빌딩의 축열을 고려한 시뮬레이션이 불가능하다.

3) Dead band에 대한 시뮬레이션이 불가능하다.

4) 일사부하를 외기온도의 함수로 가정하는 것은 경우에 따라 큰 오차가 발생한다.

5) 기기의 부분부하 특성이 고려되지 않는다.

6) 계산의 복잡성을 피하기 위해서는 건물을 단순화시킬 필요가 있다.

표 4-1 시스템별 년간 소비에너지

(unit : W/㎡)

OCCUPIED PERIOD

SYSTEM		TR	DDMZ	VAV	TDMZ	DDDF
TFAN	I	43, 696	43, 696	12, 279	43, 696	14, 509
TCHR	I	150, 294	107, 087	66, 650	82, 523	69, 831
TBL	I	4, 189	3, 927	1, 061	1, 331	1, 036
TOTELEC	I	198, 179	154, 710	79, 990	127, 550	85, 377
TOTFL	I	454, 464	222, 638	44, 194	47, 930	38, 617

UNOCCUPIED PERIOD

SYSTEM		TR	DDMZ	VAV	TDMZ	DDDF
TFAN	I	26, 241	26, 241	0	26, 241	1, 593
TCHR	I	0	0	0	0	0
TBL	I	1, 538	1, 441	1, 606	1, 441	1, 568
TOTELEC	I	27, 778	27, 682	1, 606	27, 681	3, 161
TOTFL	I	29, 153	29, 101	56, 775	29, 101	52, 873

TOTAL

SYSTEM		TR	DDMZ	VAV	TDMZ	DDDF
TFAN	I	69,937	69, 937	12, 279	69, 937	16, 102
TCHR	I	150, 294	107, 087	66, 650	82, 523	69, 831
TBL	I	5, 727	5, 368	2, 667	2, 772	2, 604
TOTELEC	I	225, 957	182, 392	81, 596	155, 232	88, 538
TOTFL	I	483, 617	251, 739	100, 969	77, 031	91, 490

TR : Terminal Reheat System
DDMZ : Double Duct/Multizone System
VAV : Variable Air Volume System
TDMZ : Three Deck Multizone System
DDDF : Double Duct/Double Fan System
TFAN : Total Fan Energy
TCHR : Total Chiller Energy
TBL : Total Boiler Pump Energy
TOTELEC : Total Electric Energy
TOTEL : Total Fuel Energy