

공조부하계산법의 변천

History of Air Conditioning Load Calculation Methods.

이 승 언*
Seung Eon Lee

1. 머리 말

오늘날 거의 모든 상업 및 공공건물들은 실내쾌적도를 유지하기 위해 공조 시스템을 채택하고 있다. 공조부하계산법은 기초학문과 실무기술의 접점으로서 양자의 교량역할을 하며, 공조설비설계 실무의 첫단계가 된다. 따라서 각국에서는 보다 간편하고 정확한 공조부하계산법에 대한 연구가 진행되어 왔다.

본 고에서는 미국 (ASHRAE) 과 일본(공기조화, 위생 공학회)의 부하계산법을 중심으로 공조부하계산법에 대한 연구와 그 변천내용을 살펴봄으로써 현재의 부하계산법에 대한 보다


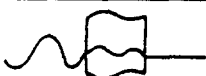
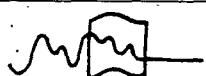
명확한 이해에 도움이 되고자 한다.

2. 공조부하계산법 이론의 변천

2.1 외벽체의 전열이론

외기에 면하는 외벽, 지붕에서의 전열해석은 외기측의 기상조건이 일정하여 변하지 않는다는 “정상”의 경우와 시간에 따라 변한다는 “비정상”의 경우로 나눌 수 있다. 또한 비정상의 경우는 24시간마다 같은 변화가 반복해서 나타나는 “주기정상”과 랜덤하게 변화하는 협의의 “비정상”으로 분류된다. 이러한 해석법을 간단히 나타내면 다음 표와 같다.

표 1. 외벽체의 전열해석

전 열 상태	정 상	비 정 상	
		주 기 정 상	비 정 상(협의)
개 념 도			
적 용	난방용 최대부하	냉방용 최대부하	연간 전시각 부하
설 계 수 단	수 계 산	수계산, P. C 계산	컴 퓨 터
해 석 이 론	$Q=K.A.\Delta T$ 의 정상 열전달 이론	타임랙법 (Time Lag Method), 응답계수법 (R.F.M) 또는 전달계수법 (T.F.C)	가중함수법, 가중계수법 또는 전달함수법 (T.F.M), 유한차분법, 유한요소법

* 정회원, 한국전설기술연구원.

외벽체의 열해석을 위한 이론은 표에서와 같이 많은 방법이 이용되고 있지만, 정확도 및 실용화의 문제에서 많은 어려움이 있다. 본고에서는 미국의 ASHRAE 및 일본을 중심으로 연구, 개발되어 실용화되고 있는 비정상 해석법에 대하여 살펴본다.

1) 주기정상 계산법

(1) 주파수 응답법

어떤 함수가 주기를 갖고 같은 변화를 반복하는 경우, 그 변동곡선을 조화 분석하여 플리에 급수로 나타내어 주파수 응답법으로 계산할 수가 있다. 이것을 건물의 외벽에 적용하여 주기정상법 해석을 한 사람이 일본의 마에다(前田)이다. (1941) 마에다는 실온은 일정, 외기변동의 기본 여진을 $\cos wt$ 로 하여, 외벽내 표면 열류를 $\eta \cos (wt + \mu)$ 의 형으로 나타내어 해석하였다.

미국에서는 이 보다 조금 늦은 1944년 C. O. Mackey와 L. T. Wright가 유사한 계산법을 발표했다. 이들은 외벽의 주기정상전열을 식(1)로 나타내었으며, 외벽의 타임랙과 진폭감쇠에 의한 외벽내외온도차를 Δte 로 나타내었다.

여기에는 일사의 영향을 고려한 Sol - Air Temperature (SAT, 상당외기온도)가 사용되었다.

$$\Delta te = tsm + \lambda \{ ts(n-\tau) - tsm \} - tr \quad (1)$$

여기서, tsm : 외벽의 1일 평균 SAT [$^{\circ}\text{C}$]

$ts(n-\tau)$: 계산시각 n 보다 τ 시간 전의 SAT [$^{\circ}\text{C}$]

tr : 실내설계온도 [$^{\circ}\text{C}$]

λ : 진폭감소율

τ : 시간지연 (Time Lag) [h]

그 후 J. P. Stewart가 이 Δte 를 Equivalent Temperature Difference (ETD)로 칭하였으며, 각종 복합구조체에 대해서 계산한 Total ETD (TETD)를 산출 발표하였다. (1948년)

(2) Response Factor 법

a. 일본

“주기정상” 계산법의 역사는 1970년초 동

적열부하계산법이 개발되면서 변화가 일어난다. Response Factor (응답계수)를 사용함에 의해 벽체의 비정상 열전도 해석이 전산기의 도움으로 가능하게 되었다.

즉 식(2)에 의해 계산되어진 Δten 은 식(1)의 Mackey Wright법에서의 Δte 와 같은 개념이나 식(1)의 타임랙, 진폭감쇠등의 인자가 Response Factor (ϕ_j)로 바뀌어져 전산기의 이용을 가능하게 하였다. 일본에서는 Δten 을 “실효온도차 (Effective Temp. Diff)”라고 불렀다.

$$\Delta ten = \sum_{j=0}^{23} \left\{ \frac{\phi_j}{K} \right\} \{ ts(n-j) - tr \} \quad (2)$$

여기서,

Δten : 시각 n 에서의 실효온도차 [$^{\circ}\text{C}$]

ϕ_j : 주기정상용의 관류 응답계수
[kcal / m² h $^{\circ}\text{C}$]

K : 벽의 열관류율 [kcal / m² h $^{\circ}\text{C}$]

$ts(n-j)$: n 시각보다 j 시간전의 SAT [$^{\circ}\text{C}$]

tr : 실내설계온도 [$^{\circ}\text{C}$]

식(2)에서 $ts(n-j)$ 는 설계용 기상조건에서, ϕ_j 와 K 는 벽재료의 물성치와 벽구조에서 각각 구해진다. 한편 전산기를 이용하여 벽체타임랙, 방위별, 시각별 실효온도차의 표를 산출함으로써 종래 Mackey. Wright의 상당외기온도차와 교체되어 실무용 자료로 보급되기 시작했다.

b. 미국

실효온도차에서 보다 진보된 방법으로 미국 ASHRAE Handbook (1977년)의 냉방부하 온도차 (CLTD, Cooling Load Temp. Diff.)가 있으며, 이는 실효온도차와 같은 개념이나 실효온도차로 구해진 전열량은 단순히 취득열량 (Heat Gain)인데 반하여 냉방부하 온도차 (CLTD)는 내벽면에서 복사 성분의 축열에 의한 영향을 고려한 것임에 따라 바로 냉방부하가 산출될 수 있는 장점이 있다.

2) 비정상 계산법

(1) 가중함수법 (Weight Function Method)

내벽표면에서 실내로 방출되는 열공급과 실

온과의 관계를 해석하는 것으로, 실내로 공급되는 열의 단위 여진에 대한 실온응답을 함수 $[\phi(\tau)]$ 로 산출하여 이를 이용하여 실온변동을 구하는 방법이다.

실온 산출에는 Duhamel 적분이 이용되며 그 식은 다음과 같다.

$$\theta(t) = \int_0^t H(t-\tau) \cdot \phi(\tau) d\tau \quad (3)$$

여기서,

$\theta(t)$: t 시의 실온 $[^{\circ}\text{C}]$

$H(t-\tau)$: t 시각보다 τ 시간전의 가열량(여진) $[\text{kcal/h}]$

$\phi(\tau)$: 가열량에 대한 실온의 가중함수 $[^{\circ}\text{C/kcal}]$

이 방법은 일본 마에다 교수에 의해 개발된 것으로 간헐(냉) 난방에 의해 실온이 변화할 때의 외벽의 전열량 산출 및 간헐 난방시의 필요공급 열량의 계산에 이용될 수 있다.

그러나 이 방법은 실온응답이 함수로 나타나기 때문에 해석이 복잡한 단점이 있다.

(2) 가중계수법 (Weight Factor Method)

앞의 가중함수법의 단점을 해결하여 실용적으로 제시된 방법이 ASHRAE의 가중계수법으로 최근 전산기를 이용한 동적해석 프로그램에 응용되고 있다. 이는 일본의 가중함수법과 같은 개념이나 공급열의 단위 여진에 대한 응답을 함수가 아닌 계수로 나타낸 것이다. 이 계수에는 외벽표면 온도변화에 대한 내벽표면의 열류(응답) 산출을 위한 응답계수와 내벽 열류에 대한 실내 부하를 산출하는 가중계수가 있으며, 이 두가지 계수를 이용하여 실내 열부하를 산출하는 방법을 통합하여 가중계수법이라 한다.

외벽 온도변화에 따른 내벽표면 열류의 산출식은 다음과 같다.

$$Q = \sum_{j=0}^{\infty} W_j H_j n - j \quad (4)$$

여기서,

Q : n 시각의 내표면열류 $[\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h}]$

$H_n - j$: n 시각보다 j 시간전의 표면온도 $[^{\circ}\text{C}]$

W_j : 관류응답계수 $[\text{kcal/m}^2 \cdot \text{h} \cdot ^{\circ}\text{C}]$

2.2 창투과 복사열의 해석

창유리를 투과하는 일사는 실내부하에 가장 큰 영향을 미친다. 투과일사는 열취득과정과 열취득을 냉방부하로 전환시키는 소화단계(digestive process)로 나누어 진다. 여기서 각 단계별로 해석법의 변천을 간단히 살펴본다.

(1) 일사열취득

창유리를 투과한 일사량은 일사량의 입사각, 유리의 종류에 따른 투과율, 흡수율, 반사율 등에 의해 계산되어 진다. 이 때 입사되어진 열량을 열취득(Heat Gain)이라 하며, 이 열취득은 바로 그 전부가 열부하(Heat Load)로 되지는 않는다.

일사열취득에 대해서는 ASHRAE Guide Book의 1938년 판에서 외부일사량과 그것에 대한 유리투과량의 간단한 표가 제시되었으며, 1947년 판에서 방위, 시각별로 구분되어진 투과량 산출표가 나타난다. 이어 1963년 판에서 태양열취득계수(SHGF, Solar Heat Gain Factor)로 명명되어 현재에 이르게 된다.

(2) 냉방부하로의 변환

일사열취득이 냉방부하가 되기에는 시간지연이 발생한다는 것은 오래전부터 알려져 왔으나, 그 계산법이 등장한 것은 1950년에 들어서 부터이다. 1950년판 ASHAE Guide Book은 Time Average(TA)법이라는 간단한 방법을 제안하였다. 이것은 복사열취득이 최고로 되는 시각의 전후에서 최고치를 포함한 수시각분의 각 열취득을 산술평균한 것으로 이것을 그 시각의 냉방부하로 하였다. 이것은 그 후 1967년 판에 경구조건물에서는 2~3 시간 전부터, 중구조건물에서는 6~8 시간전부터가 좋다고 되어 있었으나, 특별한 근거가 제시되고 있지는 않고 있었다.

한편, W. H. Carrier는 "Modern Air Conditioning" 3판(1959년)에 Storage Load Factor(SLF, 축열계수)법을 제시하였으나 계수표의 작성 근거는 제시하지 않았었다. 그러나 이것은 실용지향적인 것으로 널리 이용되었다. SLF법의 특징은 TA법이 일사량과 관류열의 복사성분에 대해서 사용되는데 반해 Carrier의 축열계수는 일사열

외에 인체·조명에 대해서도 다루고 있는 점이다.

복사열의 냉방부하 변환에 대한 이론적 근거가 마련된 것은 동적열부하계산법의 해법이 등장하고 부터이다. 이것은 앞서 언급된 가중계수(Weighting Factor)를 사용하는 것으로 식(5)의 계산식을 이용한다.

$$Q_n = \sum_{j=0}^{\infty} W_j H_{n-j} \quad (5)$$

여기서,

Q_n : n 시의 냉방부하

H_{n-j} : n 시보다 j 시간전의 열취득

W_j : 열취득에 대한 냉방부하 가중계수

W_j 는 각 열취득월별에 따라 다르게 적용되는데 여기에 대해서는 일본의 기무라, 미국의 D.G.Stephenson 등의 연구가 있다.

ASHRAE Handbook에서는 TA법 제시 이후 별다른 진전이 없다가 1977년 판에 와서 응답계수를 사용해 작성되어진 Cooling Load Factor (CLF)를 발표했다. 이것은 Carrier의 축열계수법과 사용방법은 같은 것이나 CLF는 CLTD와 함께 적용에 한계가 있다는 것이 1985년 판에서 지적되어졌다.

3. ASHRAE의 공조부하계산법의 변천

지금까지는 각 부하계산법의 개념에 대하여 간단히 그 내용을 살펴보았다.

여기서는 ASHRAE의 Guide Book 및 Fundamental을 중심으로 경년에 따른 특징적인 내용변천을 알아본다.

3.1 1945년 이전

냉방부하에 대해서는 최초부터 "Heat Loss from Building"이라는 장이 설정되었지만 냉방에 대해서는 "Air Conditioning"의 설명과 응용만이 계속되어졌으며, 12년후 1934년판에서 "The Cooling Load"라는 장이 설정되었다.

일사에 대해서는 그 영향(Sun effect)은 크다고 서술되고 있었지만 좋은 계산법은 없었으며, 외벽·지붕의 내외 온도차에 "부가하여

야 할 일사에 의한 온도차"의 표나 구조에 따른 전열의 지연(Time Lag)의 계수를 게재하였다.

이러한 '부가하여야 할 일사에 의한 온도차'는 후년의 'Sol-air Temperature(일사온도 또는 상당온도)와 유사한 것이었으나, 그만큼 확실한 것은 아니었으며, 1938년 판에서는 삭제되고, "일사에 의한 침입열량 R"이라는 계산법으로 바뀌었다.

창유리를 투과한 일사에 대해서도 그것이 시간이 흐른 뒤 냉방부하가 되는 것을 기술하고 있지만, 그 계산법은 제시되지 않고 있었으며, 1938년 판에는 창유리의 투과열취득표, 1940년 판은 일사량에 대한 열취득표(%)를 실고 있는 정도이다.

3.2 1945년 이후

1947년: 이전부터 일사열취득과 열부하(냉방부하)의 시간차에 대해서 언급되고 있었지만, 아직 창유리 투과열 취득표 정도만 제시되고 있다.

외벽의 주기정상전열에 대해서 Sol-Air Temperature(상당외기 온도)표와 λ (진폭감쇠율), δ (시간지연, Time Lag)표는 있지만 Total Equivalent Temperature Difference (TETD, 상당외기 온도차)표는 아직 없다.

한편, 이 판에 있었던 창, 문의 극간풍 설계용 수표, 인체 발생열량은 후년까지 거의 변하지 않고 있다.

1950년: 일사의 열부하로의 지연에 대한 계산법은 없으나, 간이법으로 Time Average법(TA법)을 소개하고 있다. 일사 및 외벽 관류열의 복사성분에 대해 최고치를 포함한 수시각분의 열취득을 산술평균한 것을 사용하면 좋다고 하고 있다.

이 판부터 TETD 표가 게재된다.

1963년: Fundamentals편이 된다. 창유리의 투과열취득표를 Solar Heat Gain Factor(SHGF)로서 새로히 정리한다.

1967년: Fundamentals. TETD, SHGF의 표가 약간 새롭게 된다. TA법에서 경구조는 2~3시간전, 중구조에서는 6~8시간전에서

평균치가 좋다고 하고 있다.

1972년 : 종전의 내용에 변화는 없으나, Transfer Function Coefficient (TFC)를 새롭게 게재하고 있다. 이것은 전산기를 이용한 부하계산을 가능하게 하는 응답계수의 일종이었다.

ASHRAE에서는 이것을 사용한 계산법을 TFM (Transfer Function Method)라 불렀다.

1977년 : 1972년판의 TFC를 이용하여 산출한 수계산용의 새로운 수표가 2가지 발표되었다. 한가지는 Cooling Load Temperature Difference (CLTD)이며, 이것은 외벽·지붕에서부터 침입하는 열을 계산할 때 사용되는 온도차로, 그 이전까지의 Total Equivalent Temp. Diff. (TETD, Mackey, Wright 법에 의해서 계산됨)을 대체하게 되었다.

CLTD는 일본의 실효온도차와 유사하나, 내벽면에서의 복사성분의 축열지연효과를 반영한 Single-Step 계산법이라는 것이 차이가 난다.

또 한가지는 Cooling Load Factor (CLF)로서 그 이전까지의 TA (Time Average)법을 대신하게 되는데, 창유리의 투과일사의 냉방부하계산용 수표로 되어 있다. 그의 1972년 판에는 여름의 설계용 외기건구온도(TAC 처리함)와 함께 Mean Coincident Wet-Bulb가 제시되었다. 이것은 설계용 건구온도와 동시에 발생했던 습구온도의 평균치를 나타낸 것으로 종래의 설계용 외기습구온도와 대체됨으로써 냉각탑 선정등에 과용량설계를 줄이는 효과를 가져왔다.

1981년 : 1977년 판에 비해 달라진 것은 없으며, CLTD/CLF 표에 약간의 수정이 있다.

1985년 : 약간 의외이지만, 1985년 판에서는 지금까지의 TFM, 또한 TFM에 의해 만들어진 CLTD, CLF에 대해서 비판이 등장한다. 요약하면, TFM은 정확성은 실험적으로 확인되었지만, 좀 더 조사해 볼 때 CLTD나 CLF가 적용가능한 건물이나 공간에는 한계가 있다는 것이다.

이것은 ASHRAE 연구에 의해 종래의 CLTD/CLF를 결정하는 TFC가 실무설계에서 충분치 않다는 것이 이유였다. 이에 輕, 中, 重 구

조체의 분류와 함께 바닥 매스, 공기유동, 가 구타입, 조명으로 분류되어 사용되고 있었으나 다양한 실내환경에 적용되기에는 미흡하여 각 부하요소에 대처하기 위한 추가의 CLTD/CLF 표가 요구되게 되었다. ASHRAE는 RP-359 프로젝트를 구성하여 다양한 조건에 적용할 수 있도록 보완 연구를 진행했으나 워낙 분류가 복잡하고 다양하여 1985년 HOF에서는 새로운 것을 제시하지 못했다. 단지 1985년 판에는 CLTD/CLF 표에 대한 사용 한계가 추가로 언급되어졌다.

ASHRAE가 1967년에 처음 제안했던 SHGF-TETD/time averaging method는 수계산법의 요구에 밀려 CLTD/CLF method로 바뀌었으나 지금에 와서는 HAVC 분야의 컴퓨터의 비약적인 보급과 함께 보다 실제적인 부하계산을 위한 해석법으로 다시 필요로 하게 되었다. ASHRAE에서는 SHGF-TETD/time averaging method를 새롭게 기용하기 위한 연구가 진행되고 있으며 1985년 판 HOF에서 이를 다시 소개하고 있다.

4. 일본의 공조부하계산법의 변천

일본의 공조부하계산의 역사는 비록 구미에 비해 조금 늦게 출발하였으나 대단히 빠른 속도로 외국의 기법을 도입, 소화하였으며 1920년에는 일본 최초의 공조관련도서인 “난방과 환기”(柳町政之助)가 출간되었다. 일본의 공조부하계산법의 역사는 대체로 다음과 같이 3단계로 구분한다.

1기 : 大正시대에서 終戰까지 (大正초기~1945년)

2기 : 終戰후 약 20년간 (1945년~1968년)

3기 : 최근 약 20년간 (1969년~현재)

1~2기에 있어서 일본의 공조부하 계산법은 대체로 외국의 기술을 도입하여 일본의 기상조건에 맞게 보완해가는 연구가 대체적이었으나, 마에다(前田)의 비정상 전열이론 등은 독창적인 것으로 평가받고 있으며, 이것은 후에 축열부하 및 실온 변동이론의 기초가 되어 일본 공조계산분야의 독자적 발전에 큰 기여

를 하게 된다.

여기서는 1969년경부터 개발이 시작된 일본의 대표적 동적열부하계산 프로그램인 HASP/ACLD의 개발의 배경에 대해 알아본다.

4.1 동적 열부하계산법 개발

1968년 3월 공기조화, 위생 공학회 공조설비기준위원회(위원장:井上宇市)에 공조부하의 계산기준 작성을 목적으로 제2소위원회가 설치되었다.

처음 목적은 수계산법의 검토가 주목적이었으나 1967년부터 Canada 국립연구소에 유학중이던 木村建一(제2소 위원회 위원)에 의해 미국, 캐나다에서의 부하계산법에 관한 동향을 지득하게 되어 조속한 검토를 향했다.

그것은 1968년에 ASHRAE의 “냉난방의 연간 소요 에너지에 관한 연구위원회”가 제안했던 연간부하계산법이었고, 당시 각 방면에 큰 방향을 불러 일으켰으며, 1971년 ASHRAE의 정식계산법이 되었다.

제안된 연간 부하계산법은 그전에 발표되었던 D. G. Stephenson과 G. P. Mitalas의 고안에 의한 Response Factor(응답계수)법을 채용한 것인데, 전면적으로 전산기를 사용하는 방법이었다.

제2소위원회에서 이러한 문헌을 검토하여 본즉, 그 이론의 기초는 이전 前田이 연구하여, 전후 다른 연구자에 의해 발전되었던 실온변동이론과 유사한 것이었으므로 비교적 단시간내에 그 내용을 소화할 수가 있었다.

즉 종래의 가중함수(Weighting Function)를 사용하는 방법으로는 기온, 일사량등의 외란의 변동이 시간의 함수형태로 되는 것이 필요했지만, 이 방식에서는 외란의 변동은 임의의 랜덤한 것이어도 좋으나 단 일정시간 간격순으로(시계열적인) 그 값이 나타나면 되었다. 따라서 그 응답을 계산하기 위해서 일정시간 간격(시계열)의 계수를 사용하는데, 이것을 가중함수와 구분하여 가중계수(Weighting Factor)라 부른다.

가중계수는 열취득과 냉방부하, 실온변위와 제거열량 등의 상호응답을 계산하기 위해 사

용되는데 특히 외벽등에서 표면온도의 여진과 열류의 응답등에 적용하여 비정상 전열의 계산에 사용된 것을 Response Factor(미국에서는 Thermal Response Factor)라 부른다.

또한 이 가중계수는 실험이나 실측에 의해서 그 정확도가 어느 정도 확인되었으며, 그중에서 Response Factor는 벽구조의 구성과 물성치를 알면 수식에 의해서 계산이 가능하다. 외란이나 가중계수가 시계열표시로 되기 위해서는 전면적으로 전산기의 도움이 필요했다.

그런데 제2소위원회는 1970년 6월에 부하계산법 분과회(주관:松尾陽)를 두어, 이 가중계수 및 Response Factor에 근거하여 일본식 계산시스템의 검토와 공기조화·위생 공학회에서의 계산 프로그램의 작성을 진행했다. 이때 캐나다서 돌아온 기무라(木村)도 여기에 가세하였다.

분과회에서는 ASHRAE의 보고서 “Proposed Procedure for Determining Heating and Cooling Load for Energy Calculation”(1968)도 분석·연구하여 여기에 前田등이 행했던 연구 성과를 더하여 간헐공조에 필요한 예열이나 축열계산을 보완하여 프로그램 작성을 진행하여 1971년 봄에 이것이 완성되었다.

이어서 분과회에서는 이러한 성과를 정리하여, “동적공조부하계산법”이라는 전산기에 의한 계산체계를 만들었다. 더불어 이것을 근거로 한 수계산에 의한 최대부하계산법을 개발하여, 양자를 병행하여 1971년 11월에 본학회 주최 심포지움에서 발표하여 1972년 3월에는 위원회 보고로서 학회지에 게재되었다.

이 새로운 부하계산법을 “動的”이라고 칭하는 것은 임의의 어떤 기상조건에 대해서도 계산되는 점이 특정의 기상조건만 계산하는 종래의 수계산법과는 다른점이라는 것이 의미가 있다.

더불어 이 계산법에 의하면 창유리·조명등으로부터의 복사열의 취득이 건물에의 축열에 의해서 지연되어 냉방부하로 되는 과정이나, 간헐운전에 있어서 실온변동과 그것에 의한 예열부하(Pickup Load)시의 축열부하등 중

래는 개략의 추정에 의해 계산되던 것에 대해서도 이론적인 상세계산이 가능하게 되었다.

이러한 획기적인 계산체제도, 전산기의 사용이 전체이므로, 이 부하계산법 분과회는 계산 프로그램을 작성했다. 그것은 "HASP/ACLD"라 명명되어 널리 학회원의 사용에 제공되기 위해 일본건축설비사협회에 운용을 위탁해서 서비스 업무를 행하게 하였다.

이 때문에 동협회내에 컴퓨터 프로그램 위원회(위원장:松尾陽)이 설치되어 업무의 운영이나 기술적인 개발을 맡게 되었다. 그 후, 프로그램에 대한 개량이나 신중개발이 진행되어, 그 보급수도 1973년 2월에 서비스 개시 이후 최근까지 400건 가까이 되고 있다.

또한 이 동적부하계산법은 전산기를 사용한 것임에 따라, 그 결과에서 수계산용의 수치표를 얻는 것이 가능하다. 부하계산법 분과회에서는 그것을 "수계산에 의한 최대부하계산법"으로 발표하였다.

이것은 ASHRAE에서 그러한 류의 데이터가 "Hand Book"에 게재되었던 것은 5년 후(1977년판 Fundamentals)이다.

단시일에 부하계산법의 역사에 일선을 그은 동계계산법의 체계가 확립되었으며, 동시에 수계산용 수표도 개발한 것은 대단한 노력의 결과인 것으로, 여기서도 아이디어는 외국, 키우는 것은 일본이라는 일본의 기술 패튼의 일례를 볼 수 있다.

4.2 HASP/ACLD의 개량

HASP/ACLD 프로그램은 임의의 기상조건으로 계산되지만, 여기서 연간부하를 계산하기 위해서는 입력용의 각지의 연간 기상 데이터가 필요하다. 이 기상 데이터의 작성은 막대한 작업량이 필요한데, 그 때문에 제2소위원회에서는 1972년에 표준 기상 데이터 분과회를 두어, 건설성 연구보조금과 업체로부터의 기금에 의해 작성을 진행했다. 동경의 10년간(1960~1969) 관측치에서 대표년(연간부하, 최고 최저부하가 가장 특징적인 실재년, 평균년(부하가 월별로 가장 평균적으로 되도록 연결하여 합한 1년간의 인위적 데이터),

극단년(부하가 가장 크게 되는 실제의 계절)을 만들고, 이어 오오사가 지방의 평균연도만 들어 각각 발표했다.

그 후 일본기상협회가 가세하여 각지의 표준기상데이터가 작성되고, 1987년9월까지 전국 25개 도시에 미쳐, 이것도 프로그램과 함께 일본공조위생설비사협회(전 일본 건축설비사협회)에서 배포하고 있다.

1971년에 처음 만들어진 프로그램은 다음과 같이 개량이나 신규개발을 거쳐 현재에 이르고 있다.

1) HASP/ACLD/7101

최초의 것으로 연구적 색채가 짙다.(1971년)

2) HASP/ACLD/7301

상기의 것에 외기부하를 부가하여 출력도 연간의 통계와 러닝코스트의 산출이 편리하게 개정(1973년)

3) HASP/ACLD/8001

사용자로부터의 질의·상담을 근거로 출력형식의 자유도를 크게 변화시키는 등 몇가지의 개량을 추가, 앞의 2가지에 이어 현행의 HASP/ACLD로 사용(1980년)

4) HASP/L

상기 HASP/ACLD/8001에 조명제어의 계산부가(1985년)

5) MICRO-HASP/1982

HASP/ACLD/8001을 마이크로 컴퓨터용으로 만든것. 언어는 Basic(HASP/ACLD는 이머tran) 또는 MICRO-HASP용 각지 기상데이터도 1982년 이후 작성.

6) MICRO-PEAK/1984

상기의 MICRO-HASP를 근거로 마이크로 컴퓨터에 의한 최대부하계산용으로서 여름, 겨울의 각 피크일, 1일분의 계산을 하는 것.(1984년)

7) HASP/ACLD/8501, HASP/ACSS/8502

HASP/ACLD에 수정을 가해 운전시물레이션용 프로그램(HASP/ACSS)과 조합하여, 공조장치의 운전을 연간에 걸쳐 시물레이션하여 소비에너지와 실내환경을 예측하는 것.(1985년)

이러한 프로그램은 배포후 학계·업계에 큰

반향을 불러, 연구용 실무용으로 이용되었고, 일본의 공조기술의 발전에 큰 공헌을 했다. 예를 들면 연구용으로는 이 프로그램에 의한 계산을 근거로 연구발표가 수많이 배출되었고, 실무용에서는 에너지절약 시대에 있어서 대형건물의 계획용으로 위력을 발휘하게 되었다.

5. 맺 음 말

공조설계를 위해서는 우선 최대부하가 필요하다. 따라서 종래는 수계산으로 진행해 왔으나 최근에는 대형 설계사무소를 중심으로 퍼스널 컴퓨터에 의한 계산이 늘어나고 있다.

이것은 시간의 절약, 계산에러의 방지, 표준양식의 작성 등 큰 장점이 있으며, 특히 퍼스널 컴퓨터의 급속한 보급은 이의 보급을 가속시킬 수가 있다.

반면에, 단순히 컴퓨터에 의해서 부하계산을 한다고 해서 공조부하가 정확해질 것이라는 오류에 빠지기가 쉽다. 전술한 바와 같이 아직 부하계산법에서 정립이 되지 않은 부분이 있으며, 또한 통일된 최대부하계산법도 엄밀히는 존재하지 않고 있다. 각 회사, 각 문헌의 계산법도 각각 그 방법이 틀리며, 그 결과도 차이가 나고 있다.

따라서 공조부하계산에 있어서는 주어진 건물의 조건의 파악과 함께 사용하는 계산법, 설계자료에 대한 명확한 이해를 갖는 것이 중요하다. 특히 국내 실정에 맞는 충분한 설계자료가 아직 극히 미비한 우리나라에서는 외국 데이터의 사용에 신중을 기함으로써 보다 정확한 계산을 도모해야 할 것이나, 우선 국내 연구자에 의한 계산법 및 데이터의 확립이 우선 활발히 진행되어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. 高田 俱之, 空調負荷計算法の歴史(1~4), 空氣調和・衛生工學 第62卷 第1~4號, 1988.
2. J. E. Hill, R. R. Furlong, ASHRAE Cooling Load Calculation, ASHRAE Journal, May, 1973.
3. Tseng-Yao Sun, Air-Conditioning Load Calculation, Heating/Piping/Air Conditioning, January, 1986.
4. ASHRAE, ASHRAE Fundamentals, 1967, 1972, 1977, 1981, 1985.