



열부하계산법





2.1 열부하 계산

2.1.1 최대부하 계산과 연간부하 계산

(1) 최대열부하 계산

- 1) 공조 시스템의 설계를 위한 열부하 계산
- 2) 기상조건은 TAC와 같이 확률적인 위험률을 고려하여 엄격한 기상조건 사용
- 3) 사람, 조명, 기기 등의 발열 등도 고려

(2) 연간 부하 계산

- 1) 설계한 공조 시스템을 다양한 기상조건하에서 운전하는 경우의 기기작동이나 에너지 소비량을 예측하기 위한 계산
- 2) 연평균 표준 기상 데이터를 이용하며 기기의 가동율도 고려

2.1.2 정상 열부하 계산과 비정상 열부하 계산

(1) 정상 열부하 계산

- ✓ 외기온도나 일사량, 재실자, 조명 등의 조건이 일정하며, 열부하의 변화가 없는 상태에서의 열부하를 계산

(2) 비정상 열부하 계산

- ✓ 외기온도나 일사량, 재실자, 조명 등의 조건이 일정치 않으며, 시간에 따라 변화하는 열부하를 계산





2.1.3 실부하, 공조기부하 및 열원부하

(1) 실부하

- ✓ 실내에 침입하는 열량 또는 실내에서 발생하는 열량에 의한 부하—냉방부하/난방부하

(2) 공조기부하

- 1) 공조기 계통에 있는 각 실의 실부하와 외기부하, 팬 발열, 덕트에서의 열취득 또는 열손실의 합
- 2) 공조기 부하에 의해 공조 코일의 용량, 냉온수의 필요유량, 가습장치 등의 용량결정

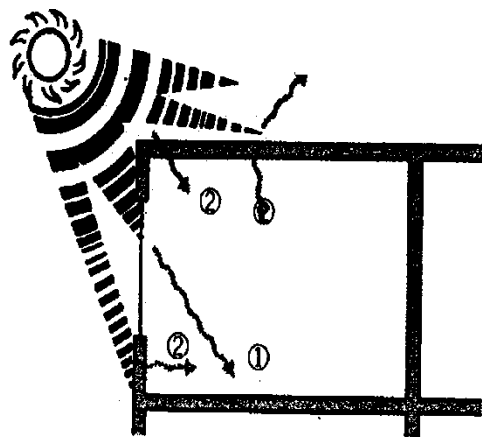
(3) 열원부하

- 1) 공조기 부하와 펌프 발열, 배관으로부터의 열취득 또는 열손실의 합
- 2) 열원부하에 의해 열원기기의 용량이나 대수를 결정

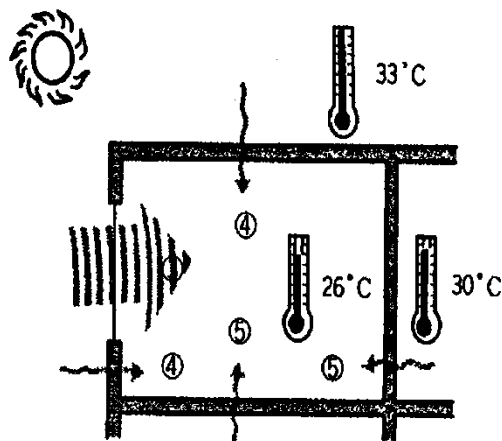


2.1.4 냉방부하 및 난방부하

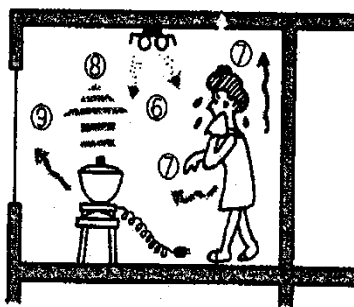
(1) 냉방부하



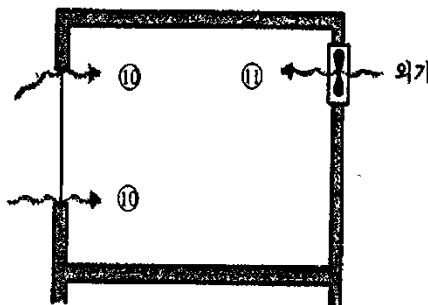
(a) 태양복사



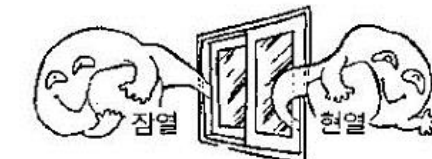
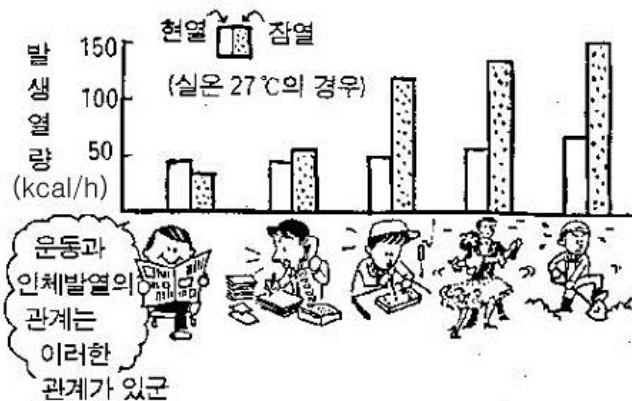
(b) 온도차에 의해 일어나는 전도열



(c) 실내에서 발생하는 열



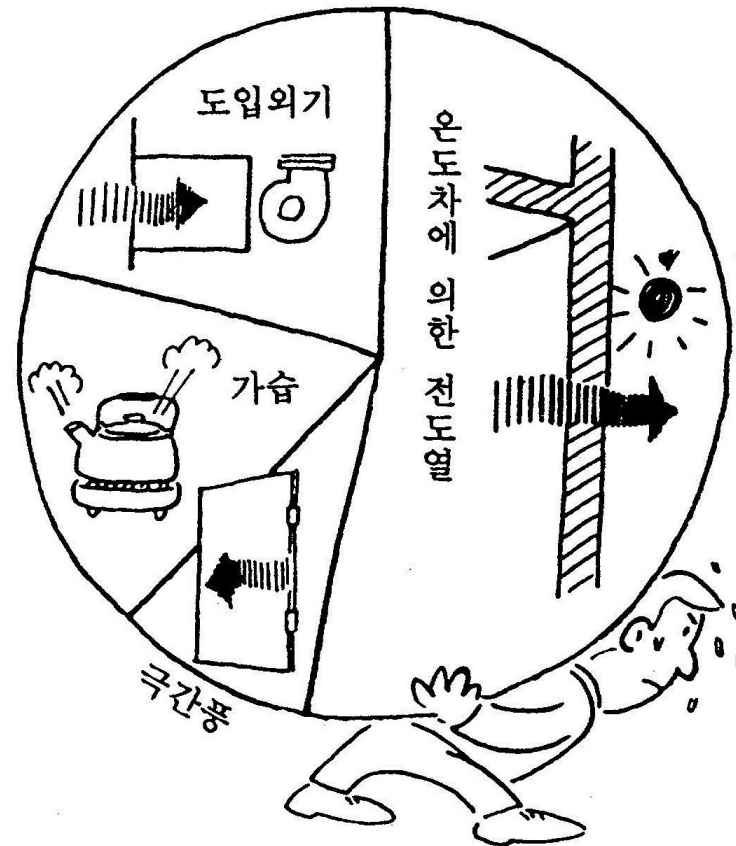
(d) 외기부하
(침입외기, 도입외기)



현열과 잠열을 갖고 침입하는 외기



(2) 난방부하



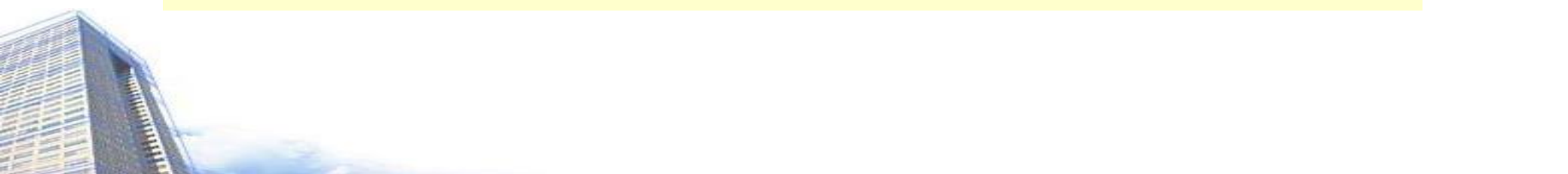


2.1.5 난방부하에 대한 내부발열의 취급

- (1) 최근 OA화에 의한 내부발열의 증가
- (2) 겨울철 실내 과열로 인한 냉방의 소요 제거
- (3) OA화에 의한 발열을 무시하면 난방부하 과대 산정 우려
- (4) 최근 겨울철 실내 발열을 고려하여 난방부하를 산정하는 경우도 있지만 현재 국내에 실내 발열을 고려하는 부하계산 방법은 공인된 바 없으며 설계자가 판단하여 실내발열 고려

2.1.6 간헐공조와 축열부하

- (1) 간헐공조시 비공조시간 동안 실내 온 · 습도가 설정상태에서 벗어날 수 있으며, 건물 구조체에 열이 축열됨.
- (2) 공조를 시작할 때 건물구조체에 축열된 열이 실내측 부하로 나타나게 되며, 이를 축열부하라고 함.





2.1.7 용어

- (1) 열부하 : 부하의 원인이 되는 것. 외기온도, 외기습도, 일사량, 사람, 조명, 기기 등의 발열- 실부하와 동의어로 사용됨
- (2) 열취득 : 유리창, 외벽 등에서 실내로 침입된 열량
(열취득 발생부위에 따라 시간지연 수반)
- (3) 냉방부하 : 취득된 열량이 실내에서 상호방사에 의해 시간지연되어 실내공기의 온습도를 변화시킨 상태에서 냉각시켜야 할 부하
- (4) 난방부하; 열손실에 의해 실내공기의 온습도가 변화되는 상태에서 보충되어야 할 열량
- (5) 제거 열량 : 축열효과 까지 포함하여 공조시스템이 실제로 제거하는 열량



2.2 열부하의 분류

부하구분		부 하 요 소	냉 방 부 하		난 방 부 하		비 고
			현열	잠열	현열	잠열	
	실내 부하	유리창의 전도 열부하	●	-	●	-	● : 있음 ▲ : 경우에 따라 있음 - : 없음
		유리창의 일사 열부하	●	-	-	-	
		외벽/지붕의 열부하	●	-	●	-	
		바닥, 내벽의 열부하	●		●	-	
		지중벽에서의 열부하	-	-	●	-	
		침입외기에 의한 열부하	●	●	●	●	
		재실인원에 의한 열부하	●	●	▲	-	
		조명 발열에 의한 열부하	●	-	▲	-	
		기기 발열에 의한 열부하	●	●	▲	-	
		벽체에서의 투습량	●	●	-	-	
		간헐공조에 의한 축열부하	-	-	●	-	
	공조기 부하	재열 부하	●	-	-	-	
		외기 부하	●	●	●	●	
		Fan의 열취득	●	-	-	-	
		Duct의 열취득 또는 열손실	●	-	●	-	
	열원 부하	펌프에서의 열취득	●	-	-	-	
		배관에서의 열취득 또는 열손실	●	-	●	-	



2.3 냉방 실내부하

2.3.1 개요

(1) 냉방 실내부하의 특징

- 1) 냉방 실내부하 성분의 값은 24시간 동안 주기적으로 크게 변화함
- 2) 부하 성분의 주기적인 변화는 위상이 서로 일치하지 않음
- 3) 최대부하 발생일에서 동시에 발생하는 존 부하의 시간적 합계 중 가장 큰 값이 전체 냉방부하 용량으로 산정됨

(2) 냉방 실내부하 계산의 원리

1) 계산의 정밀성

일반적인 건물의 재료와 복합적인 조합에 따른 총괄열전달계수, 건축기술, 공조시스템의 운영방법 등을 모두 고려해야 함

2) 열취득 유형

- 가) 유리 등 투명한 표면을 통한 태양열 복사
- 나) 내부 칸막이 벽과 천장, 바닥을 통한 전도
- 다) 외벽과 지붕을 통한 전도
- 라) 재실인원, 조명, 기기에 의한 공간 내의 발열
- 마) 도입외기와 침입외기에 의한 열취득
- 바) 기타 열취득





2.3.2 부하 계산 방법의 변천

(1) 미국 ASHRAE

1947년 Sol - Air Temp 와 Time Lag가 소개됨

1950년 Total Equivalent Temperature Difference (TETD :상당온도차) 표 등장

1963년 Solar Heat Gain Factor (SGHF) 발표

1967년 Solar Heat Gain Factor (SGHF)와 Total Equivalent Temp Difference (TETD) 를 보완,
Time Averaging Method (TAM : 시 평균법)을 제안

1972년 Transfer Function Method (TFM) 제시, Weighting Factor (가중계수)의 이용

1977년 Simplified Single Step Cooling Load Calculation Procedure
(단과정 냉방 부하계산법)의 제시,

Cooling Load Temperature Difference (CLTD)와 Cooling Load Factor (CLF)의 소개

1979년 ASHRAE : Cooling & Heating Load Calculation Manual 을 출간

- TETD와 TFM 을 효과적으로 접목시킴

- CLF에 의해 구조체의 Time Lag 효과를 반영

1981년 CLTD / CLF 에 약간의 보완

CLTD / CLF 의 가중계수가 실무설계에 충분치 않다는 한계성 언급

1985년 CLTD / CLF 의 한계성이 추가로 언급됨

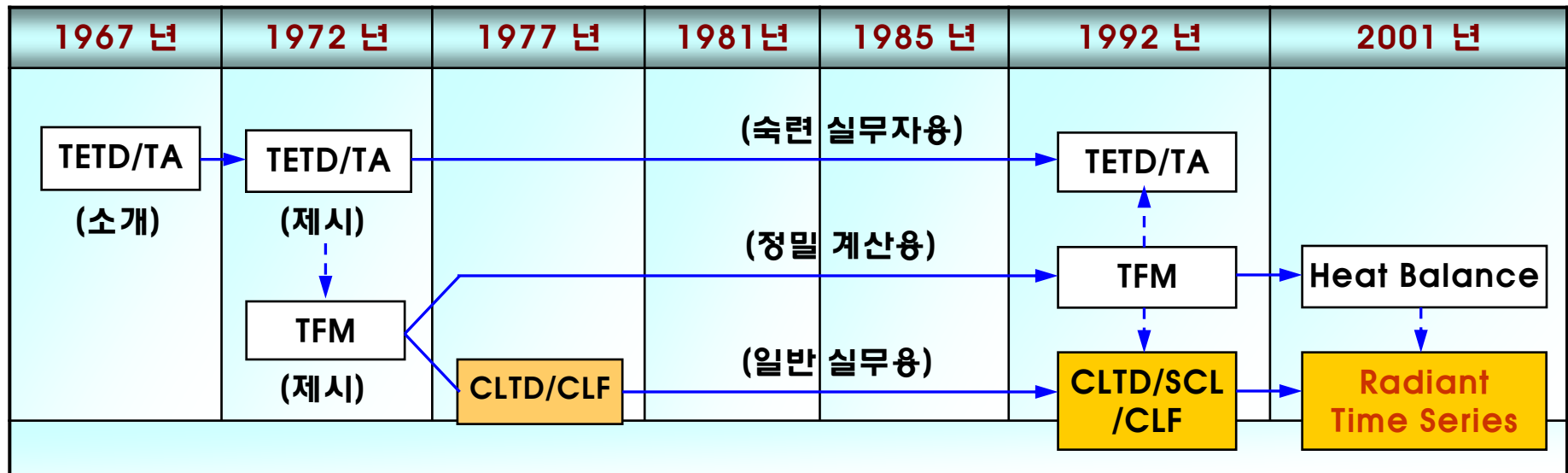
1989년 일반 실무용으로는 CLTD / CLF 방법, 정밀 계산법으로는 TFM법, 숙련된 실무자를 위해서는
TETD / TA법을 제시, 부하계산 방법의 폭 넓은 선택을 가능하게 함

1992년 일사열획득계수 (SCL)를 사용하는 CLTD / SCL / CLF법으로 개량

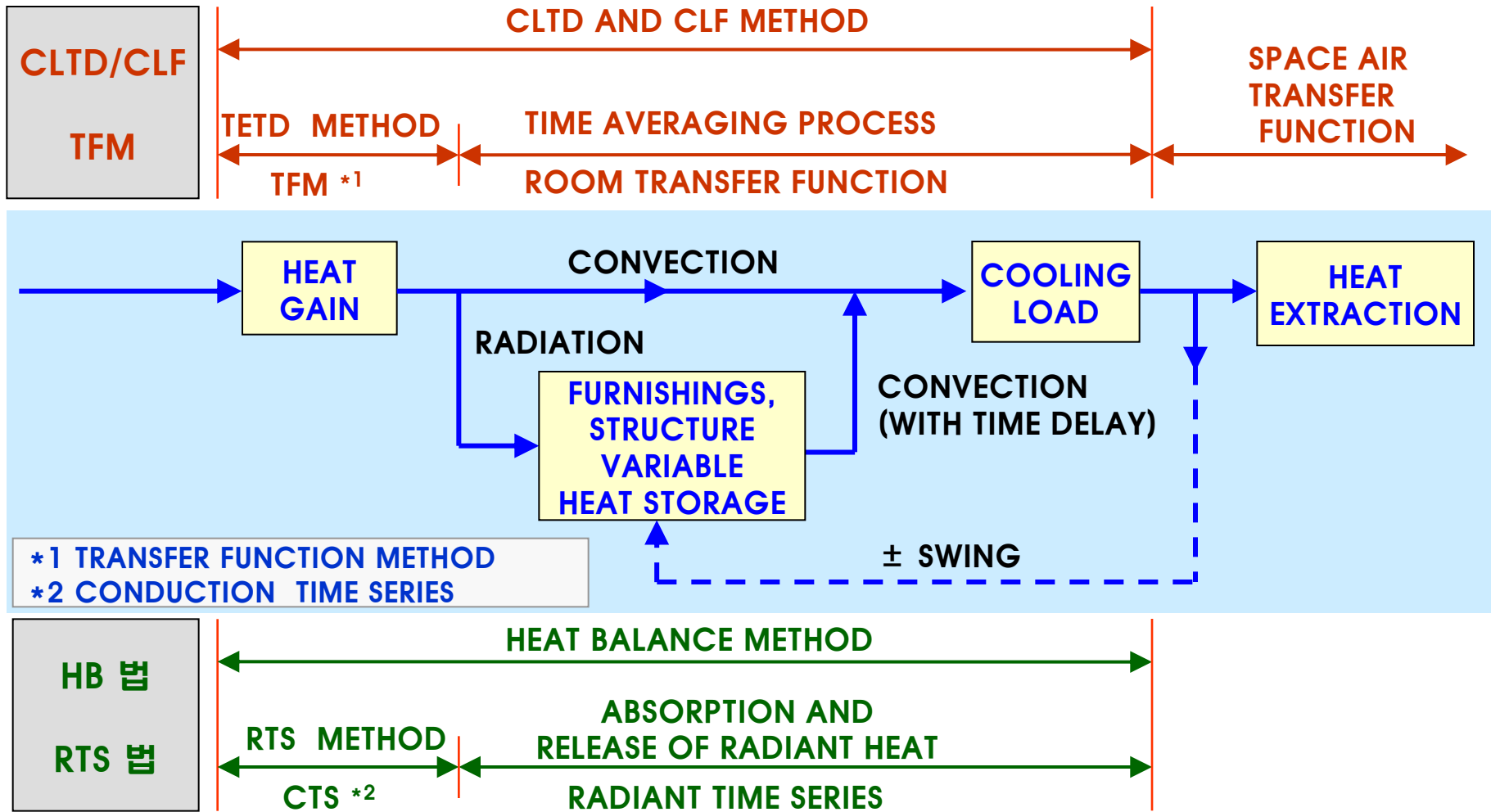




2001년; 각실의 표면간의 전도, 대류, 복사열평형과 실내공기의 열평형계산을 어떠한 열전달 변환과정의 도입없이 직접적으로 적용하는 열평형법(Heat Balance :HB)법을 소개. 이후 열평형방법을 간소화하여 단순하게 계산하기 위해 복사시계열(Radiant Time Series:RTS)법을 소개



ASHRAE 부하 계산법의 개념 비교





(2) 일본

수계산 방법으로 상당온도차 (ETD)와 축열계수법을 사용

1971년 응답계수 (Response Factor) 법에 의한 동작용열부하계산 HASP / ACLD7101 발표

1973년 HASP / ACLD7301 발표

1980년 HASP / ACLD 8001 발표

1982년 MICR -HASP 1982 발표

1985년 HASP / ACLD 8501 발표

HASP / ACSS 8502 발표

(3) 한국에서의 부하계산 방법

- 1) 지금까지 우리나라에서 사용되고 있는 냉난방 부하계산 방법은 일본의 상당 온도차 / 축열계수법과 미국 ASHRAE의 CLTD / CLF 법을 사용한 수계수 방법과 간단한 프로그램에 의한 컴퓨터를 이용한 방법이 주류를 이루어 왔다.
- 2) 한편 건물의 열적인 성능을 평가하거나 시스템의 에너지 성능을 평가하기 위한 기간열 부하계산, 그리고 불규칙하게 변화하는 실제의 기상 데이터에 의한 컴퓨터를 이용한 계산 방법으로는 일본 공기조화위생 공학회의 HASP / ACLD 와 미국 에너지성에서 개발한 DOE-2가 도입되어 활용되고 있다.





- 3) 기간열 부하계산 방법중 HASP / ACLD 나 DOE-2는 연간 부하 계산뿐 아니라 최대 부하 계산 방법으로도 사용 가능한 편리한 프로그램이지만 평균연 기상 자료 등 방대한 데이터가 필요하며, 계산 과정보다 복잡하여 PC를 사용할 경우 계산에 장시간이 소요되므로 적용이 용이하지 않다.
- 4) 미국 ASHRAE의 CLTD / CLF 법은 지금까지 전세계적으로 가장 많이 사용되고 있는 냉난방 부하 계산 방법이며 열 부하계산의 기본은 전달 함수법(TFM)을 근간으로 하고 있다. 그러나 이 방법은 충분치 않다는 한계성이 제기되어 일사열취득계수를 추가한 CLTD/SCL/CLF방법으로 개량하였으며, 최근 2001년 ASHRAE에서 발표한 복사시계열(Radiant Time Series: RTS)법을 소개되었다.
- 5) 대한 설비공학회는 2006년 11월 학회 공인 프로그램으로 **복사시계열(Radiant Time Series: RTS)법**을 기초로 RTS-SAREK을 개발하여 보급중이다.

대한설비공학회
공조부하계산 표준화프로그램 위원회

ASHRAE Handbook
2005 Fundamentals
Chapter 30
Nonresidential Cooling and Heating Load Calculations





2.3.3 냉방부하계산 알고리즘의 종류 및 비교

	1. 최대부하 계산법	2. 축열계수(SLF)에 의한 계산법	3. TFM (Transfer Function Method)
개요	- 대부분 설계회사에서 가장 많이 사용하는 방법 - 거의 모든 공조관련도서에 소개된 방법	- 1965년 Carrier : Handbook of Air Conditioning System Design에 처음 소개됨 - 축열계수(Storage Load Factor)를 이용하여 축열을 고려함	- 1972년 ASHRAE Handbook of Fundamentals에 처음 소개됨 - CTR 전도전달함수 (Conduction Transfer Function) - RTF (실전달함수 Room Transfer Function)에 기초를 두어 부하를 계산함
사용 program	수계산, excel	수계산, excel	별도의 전산 program 필요
장점	- 계산 방법이 간단 - 시간 및 M/H 절약	- 축열계수 및 최대일사량을 적용 - 최대부하 계산법보다 결과가 비교적 정확 - 계산방법이 간단 - 시간 및 M/H 절약. - 국내에서 많이 사용했던 방법 - 결과에 대한 검증이 용이	- 현재 개발된 부하계산 방법 중 가장 정확한 방법
단점	- 실제로 발생하는 축열을 충분히 고려하지 못함 - 과다설계 가능성 - 정확성이 떨어짐	- 3, 4, 5 방법에 비해 정확성이 떨어짐.	- 계산과정이 복잡함. 특히 iteration methods (Numerical Method)를 적용해야 함. - 계산 program을 개발하는 데 많은 시간 및 M/H를 소요해야 함. - 학문적인 요소가 강하며, 실제 적용시에는 많은 M/H가 소요됨.(계산의 복잡성) - 국내 적용사례가 거의 없어 검증이 필요함





	4. CLTD/SCL/CLF	5. TETD/TA	6. RTS법
개요	- TFM의 Simplified Version으로 1977년 ASHRAE Handbook of Fundamentals 에 처음 소개됨. - CLTD (벽이나 지붕의 냉방부하온도차, Cooling Load Temperature Difference), SCL (창문을 통한 태양열의 취득 : 태양냉방부하계수, Solar Cooling Load), CLF (내부열원 : 냉방부하계수, Cooling Load Factor) - TFM Method의 Computer 계산에 의해 유도된 상기 계수들을 이용하여 냉방부하를 계산함.	- 1967년 TFM의 Simplified Version으로 1977년 ASHRAE Handbook of Fundamentals 에 처음 소개됨. - Total Equivalent Temperature Difference 값과 Time Averaging을 사용하여 냉방부하를 계산함 - 처음 소개된 후, 10년간은 많이 이용되었으나, 복사열의 주관적인 판단을 요구하여, 과학적인 객관성 결여로 사용하지 않다가, 복사취득열을 냉방부하로 변환시켜주는 RTS (Radiant Time Series) Coefficients 개념의 도입으로 다시 연구가 진행되고 있다.	- 2001년 ASHRAE Handbook – Fundamentals 에 처음으로 소개 - RTS (Radiant Time Series)법은 열평형방법인 HB (Heat Balance)법을 간소화하여 설계 냉난방부하를 단순하게 계산하기 위한 방법 - 기본적으로 열취득 계산을 위해서 TFM의 전도전달함수와 유사하게 전도시계열(Conduction Time Series)를 사용하고 TFM의 복사전달함수는 복사시계열(Radiant Time Series)을 사용
사용 program	수계산, Excel	별도의 계산 program	Excel, RTS-SAREK (대한설비공학회, 2006년 개발 보급)
장점	- 비교적 정확한 계산결과를 얻을 수 있음 - TFM에 의해 얻어진 데이터를 적절하게 사용할 경우 상당히 정확한 결과를 얻을 수 있다. - 계산방법이 간단	- 비교적 정확한 계산결과를 얻을 수 있음.	- 정밀하면서도 반복적인 계산을 요구하지 않음 - 각 구성요소가 전체 냉방 부하에 미치는 영향을 정량화하기 위하여 개발
단점	- 1, 2 방법보다는 정확한 결과를 얻을 수 있으나, 3, 5방법에 비해서는 정확성이 다소 떨어짐 - 계산을 통해 얻어진 결과에 대한 신뢰성이 떨어짐. (별도의 계산으로 검증 필요함) - TFM 에 비해 정확성이 떨어짐. (그러나 적절한 데이터를 사용할 경우, 계산결과 는 비슷해짐)	- 계산과정이 복잡함. 특히, iteration methods (Numerical Method)를 적용해야 함. - 국내 적용사례가 없어 검증이 필요함. - 계산 program을 개발하는데 많은 시간 및 M/H를 소요해야 함. (전문 programmer가 개발해야 함) - 학문적인 요소가 강하며, 실제 적용시에는 많은 M/H가 소요됨. (계산의 복잡성) - TFM에 비해 정확성이 다소 떨어짐.	- 현재 국내에 보급중이므로 검증결과는 아직 없음 - 연간에너지 시뮬레이션에 부적합



2.3.4 냉방 실내부하 계산법 (RTS법)

(1) RTS법 개요 및 주요고려 사항

1) 개요

가) 2001년ASHRAE Handbook–Fundamentals에 처음으로 소개

나) RTS (Radiant Time Series)법의 특징

- ✓ 열평형방법인 HB (Heat Balance)법을 간소화하여 설계
- ✓ 냉난방부하를 단순하게 계산하기 위한 방법

다) 최대부하 계산에 적합하지만 연간 에너지 시뮬레이션에는 비경제적임

(※) 열평형방법 (Heat Balance, HB)

가) 2001년ASHRAE Handbook–Fundamentals에 처음으로 소개

나) 각 실의 표면간의 전도, 대류, 복사평형과 실내공기의 열평형을 직접적으로 계산

다) 계산이 매우 복잡하여 단순화된 RTS법으로 대체





2) 주요 고려사항

가) 불투명 중량구조체의 외표면 (외벽, 지붕등)을 통한 전도 열취득의 시간지연효과

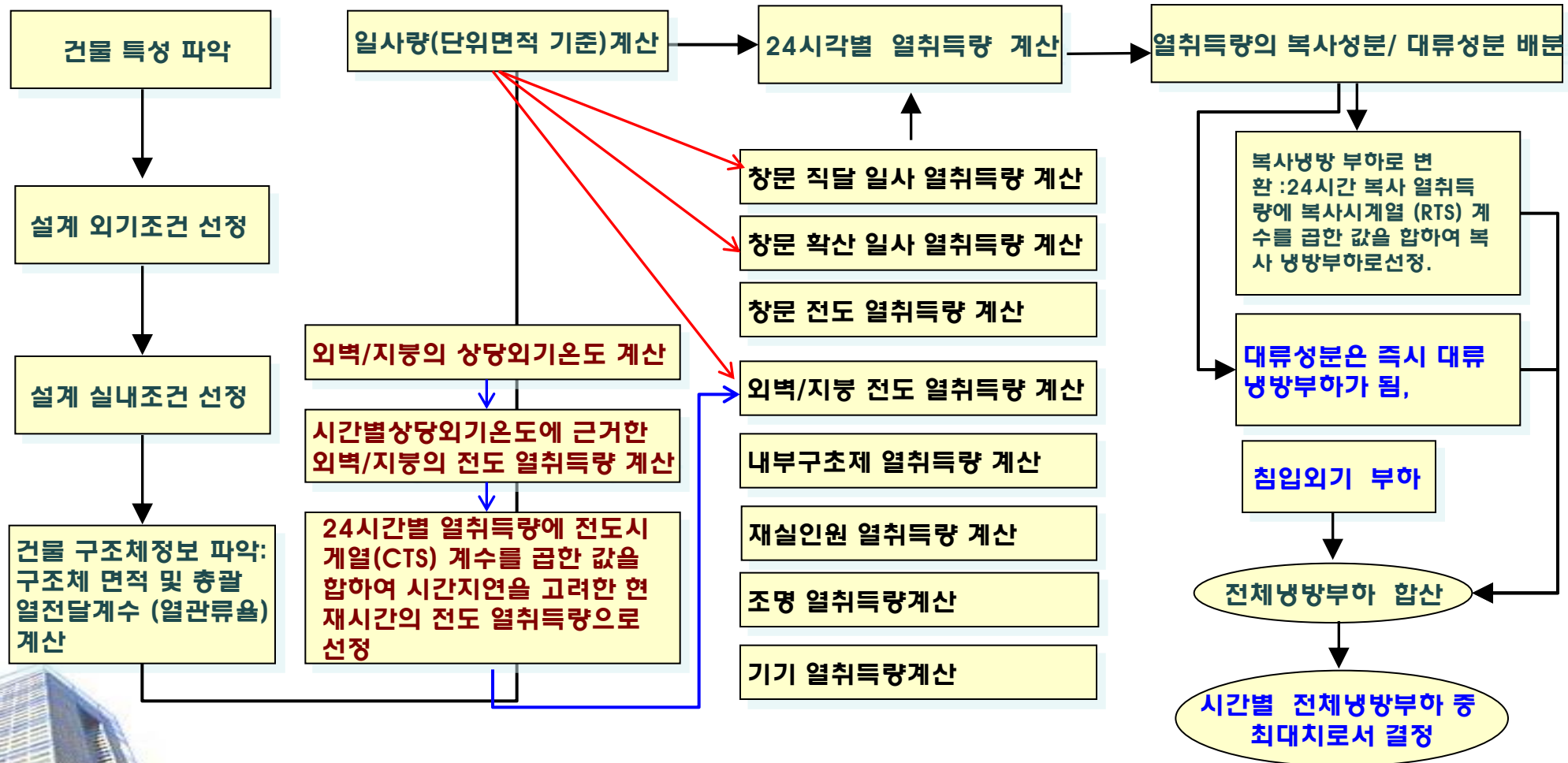
- ✓ 외벽이나 지붕구조체 열취득은 질량과 열용량에 따라 내표면의 열취득으로 변환되는데 상당한 시간지연 발생
- ✓ 시간지연 효과를 고려하기 위해 전도 시계열 (Conduction Time Series, CTS)을 적용

나) 복사열취득에서 냉방부하로의 변환 시간지연 효과

- ✓ 대류성분 열취득은 즉시 냉방부하가 되는 반면 복사성분 열취득은 실내 표면의 마감재와 물건들에 먼저 흡수되어 있다가 대류에 의해 그 표면으로부터 실내공기로 옮겨진 후 냉방부하로 변환되므로 어느 정도 시간지연 발생
- ✓ 시간지연 효과를 고려하기 위해 복사 시계열 (Radiant Time Series, RTS)을 적용
- ✓ 복사 시계열 은 태양열 복사 시계열 (Solar RTS)과 비태양열 복사 시계열 (Nonsolar RTS)로 구분. 태양열 복사 시계열은 직접적으로 전달된 태양 열취득에 적용되고 비태양열 복사 시계열은 기타 복사 (재실인원, 조명, 기기, 벽, 지붕, 바닥)에 의해 취득된 열에 적용



(2) 냉방부하 계산 FLOW (RTS법)





(3) 냉방부하 계산방법

1) 건물 특성 파악

가) 건물 도면을 참조하여 구성재료, 크기 및 외피의 색채 등의 특성 파악

나) 건물 도면을 참조하여 건물 위치, 방위 및 외부 음영여부 파악

2) 설계 외기조건 선정

가) 건물이 위치한 지역의 표준기상 데이터를 기준으로 설계 외기조건 선정

나) 국내의 경우 냉·난방장치의 용량계산을 위한 설계 외기온·습도 기준을 건설교통부
고시 제2004-459호 건축물의 에너지절약설계기준 별표6에 제시 (표 2-1K 참조)

3) 설계 실내 조건 선정

가) 건물 실내의 설계 온도 및 습도 조건 선정

나) 국내의 경우 냉·난방장치의 용량계산을 위한 설계 실내 온·습도 기준을 건설교통부
고시 제2004-459호 건축물의 에너지절약설계기준 별표7에 제시 (표 2-2K 참조)





4) 건물 구조체 정보 파악

가) 외벽, 유리창 등 외기에 노출된 구조체와 내벽, 슬라브, 천정 등 비 냉난방 공간과 인접한 구조체의 내측면적을 산출 (건축도면 참조)

나) 외벽, 유리창 등 외기에 노출된 구조체와 내벽, 슬라브, 천장 등 비 냉난방공간과 인접한 구조체의 총괄열전달계수 (또는 열관류율)를 계산 (건축도면 참조)

$$K = 1 / R = 1 / (R_o + d_1/\lambda_1 + d_2/\lambda_2 + d_3/\lambda_3 \cdot \cdot \cdot + R_i) \quad (2-0K)$$

K : 총괄 열전달계수 또는 열관류율 ($W/[m^2 \cdot K]$)

R : 열저항 ($[m^2 \cdot K]/W$)

R_o : 실외 표면 열전달 저항 ($[m^2 \cdot K]/W$), 표2-3K 참조

R_i : 실내 표면 열전달 저항 ($[m^2 \cdot K]/W$), 표2-3K 참조

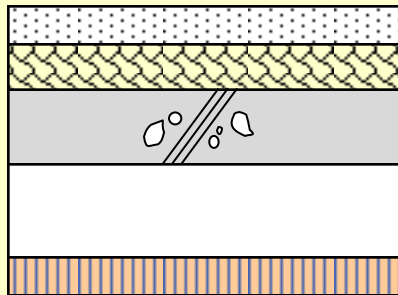
$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$: 재료의 열전도율 ($W/[m \cdot K]$), 표2-5K 참조

d_1, d_2, d_3 : 재료의 두께(m), 건물도면 참조

단, 공기층의 열저항은 표2-4K 참조



(※) 총괄 열전달계수(열관류율) 계산 예



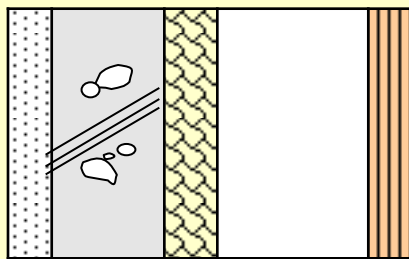
<최상층 지붕>

$$R_o = 0.043 \text{ ([m}^2 \cdot \text{K)]/W)}$$

$$R_i = 0.086 \text{ ([m}^2 \cdot \text{K)]/W)}$$

No.	재료 명칭	d (mm)	λ (W/[m · K])	R(=d/ λ) ([m ² · K]/W)
①	시멘트 모르타르	50	1.4	0.0357
②	폼폴리에틸렌(압축) 단열재	80	0.0372	2.1505
③	콘크리트	150	1.6	0.0938
④	공기층(현장시공)	100		0.0860
⑤	석고 보드	12	0.18	0.0667
	합 계(Σ R)			2.4327

$$\therefore K = 1 / R = 1 / (R_o + \sum R + R_i) = 1 / (0.043 + 2.4327 + 0.086) = 1 / 2.5617 = 0.39 \text{ (W/[m}^2 \cdot \text{K])}$$



<거실 외벽>

$$R_o = 0.043 \text{ ([m}^2 \cdot \text{K)]/W)}$$

$$R_i = 0.11 \text{ ([m}^2 \cdot \text{K)]/W)}$$

No.	재료 명칭	d (mm)	λ (W/[m · K])	R(=d/ λ) ([m ² · K]/W)
①	시멘트 모르타르	24	1.4	0.0171
②	콘크리트	100	1.6	0.0625
③	폼폴리에틸렌(압축) 단열재	65	0.0372	1.7473
④	공기층(현장시공)	50		0.0860
⑤	석고 보드	12	0.18	0.0667
	합 계(Σ R)			1.9796

$$\therefore K = 1 / R = 1 / (R_o + \sum R + R_i) = 1 / (0.043 + 1.9796 + 0.11) = 1 / 2.1326 = 0.47 \text{ (W/[m}^2 \cdot \text{K])}$$

5) 일사량 계산

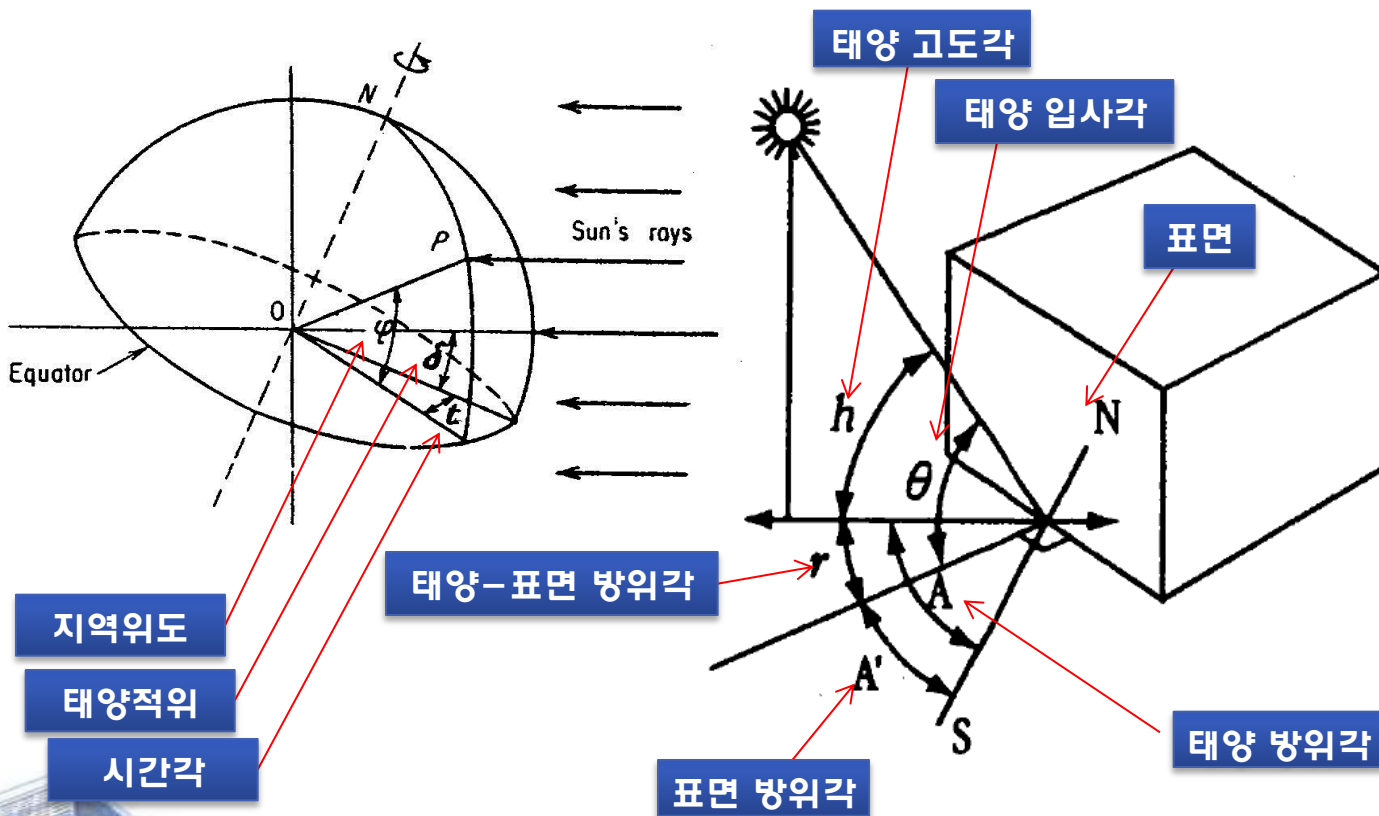


표 A. Solar position data (태양적위)
(2001-F Chapter 31, Table 7-A)

Month	군시차 (Equation of Time; ET) (Min)	태양적위 (Declination, δ) ($^{\circ}$)
Jan	-11.2	-20
Feb	-13.9	-10.8
Mar	-7.5	0.0
Apr	1.1	11.6
May	3.3	20.0
June	-1.4	23.45
July	-6.2	20.6
Aug	-2.4	12.3
Sep	7.5	0.0
Oct	15.4	-10.5
Nov	13.8	-19.8
Dec	1.6	-23.45



가) 태양 입사각 (θ) 계산

✓태양시각

$$AST = LST + ET/60 + (LSM - LON) / 15$$

AST : 태양시각 (Apparent Solar Time, h)
 LST : 지역시각 (Local Standard Time, h)
 ET : 균시차 (Equation of Time, min) (표 A 참조)
 LSM : 지역표준경도 (Local Standard time Meridian, °)
 LON : 지역경도 (LOcal Longitude, °)

✓시간각

$$t = 15 (AST - 12)$$

t : 시간각 (hour angle, °)
 (정오를 0° 로 하고 1시간을 15° 로 함)
 AST : 태양시각 (Apparent Solar Time, h)

✓태양 고도각

$$\sinh = \cos \varphi \cos \delta \cos t + \sin \varphi \sin \delta$$

h : 태양고도각(solar altitude, °)
 φ : 지역위도(latitude, °)
 δ : 태양적위 (solar declination, °, 표 A 참조)
 t : 시간각 (hour angle, °)

태양시각 : 해시계를 이용하여 관측되는 시각이다. 지구의 공전궤도가 타원이고 23.5° 기울어 있어
 각속도와 운동속도가 변한다. 따라서 태양시각의 하루 길이는 언제나 일정하지 않다.

평균태양시각 : 일정하지 않은 태양시각의 길이를 1년 동안 집계하여 평균해서 균일하게 수정한 시각으로
 지역시각은 평균시각체계로 표시된다.

균시차 (Equation of Time, ET) : 태양시각과 평균태양시각의 차이





✓태양 방위각

$$\cos A = (\sinh \sin \phi - \sin \delta) / (\cosh \cos \phi)$$

A : 태양 방위각 (solar azimuth, °)
h : 태양고도각 (solar altitude, °)
 ϕ : 지역 위도 (latitude, °)
 δ : 태양적위 (solar declination, ° 표 A 참조)

✓태양 - 표면 방위각

$$\gamma = A - A'$$

γ : 태양-표면 방위각 (solar-surface azimuth, °)
A : 태양 방위각 (solar azimuth, °)
A' : 표면 방위각 (surface azimuth, °)

✓태양 입사각

$$\cos \theta = \cosh \cos \gamma \sin \Sigma + \sinh \cos \Sigma$$

θ : 태양 입사각 (incident angle °)
 γ : 태양-표면방위각 (solar-surface azimuth, °)
 Σ : 표면 기울기
(surface tilt from horizontal, 수평=0°, 수직=90°)

✓수평면 확산일사에 대한 수직면 확산일사의 비

$$Y = 0.55 + 0.437 \cos \theta + 0.313 \cos^2 \theta$$

(단, $\cos \theta > -0.2$ 인 경우에 적용되고 그외 경우 $Y=0.45$)

Y : 수평면 확산일사에 대한 수직면 확산일사의 비
 θ : 태양 입사각 (incident angle, °)



나) 일사량 계산 (단위면적당 기준임)

✓ 맑은 날의 법선 직달 일사량

$$E_{DN} = [A / \exp(B / \sinh)] \times CN$$

E_{DN} : 맑은 날의 법선 직달 일사량
(Direct normal irradiance, W/m²)

A : 태양정수 (Apparent solar constant, W/m², 표 B 참조)

B : Atmospheric extinction coefficient (표 B 참조)

h : 태양 고도각 (Solar altitude, °)

CN : Clearness Number (0.9~1.15),
맑고 건조한 지역 >1, 흐리고 습한 지역 < 1

✓ 직달 일사량

$$E_D = E_{DN} \cos\theta$$

E_D : 직달 일사량 (Direct irradiance, W/m²)

θ : 태양 입사각(Incident angle, °),
 $\cos \theta > 0$ 이며 입사각이 0보다 작으면 직달일사량은 0 임

표 B. Solar constant data
(2001 – F Chapter 31, Table 7 – B)

Month	A (W/m ²)	B (Dimensionless Ratios)	C
Jan	1230	0.142	0.058
Feb	1215	0.144	0.060
Mar	1186	0.156	0.071
Apr	1136	0.180	0.097
May	1104	0.196	0.121
June	1088	0.205	0.134
July	1094	0.186	0.138
Aug	1107	0.201	0.122
Sep	1151	0.177	0.092
Oct	1192	0.160	0.073
Nov	1221	0.149	0.063
Dec	1233	0.142	0.057

C : 천공 확산 계수(sky diffuse factor)



✓ 확산 일사량

① 수직면인 경우

$$E_d = CY E_{DN}$$

E_d : 확산 일사량 (W/m^2)

C : 천공 확산 계수 (Sky diffuse factor, 표 B 참조)

Y : 수평면 확산일사에 대한 수직면 확산일사의 비

E_{DN} : 맑은 날의 법선 직달 일사량 (W/m^2)

② 수직면이 아닌 경우

$$E_d = C E_{DN} (1 + \cos \Sigma) / 2$$

E_d : 확산 일사량 (Diffuse irradiance, W/m^2)

C : 천공 확산 계수 (Sky diffuse factor, 표 B 참조)

E_{DN} : 맑은 날의 법선 직달 일사량 (W/m^2)

Σ : 표면 기울기 ($^\circ$)

✓ 지면 반사 일사량

$$E_r = E_{DN} (C + \sin h) \rho_g (1 - \cos \Sigma) / 2$$

E_r : 지면 반사 일사량 (Ground-reflected irradiance, W/m^2)

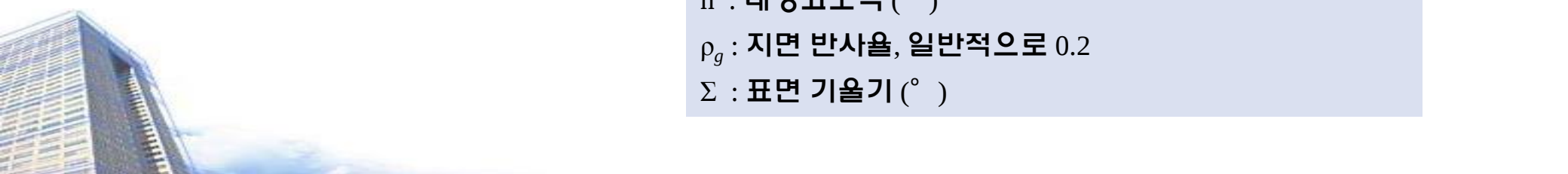
E_{DN} : 맑은 날의 법선 직달 일사량 (W/m^2)

C : 천공 확산 계수 (Sky diffuse factor, 표 B 참조)

h : 태양고도각 ($^\circ$)

ρ_g : 지면 반사율, 일반적으로 0.2

Σ : 표면 기울기 ($^\circ$)





✓ 표면에 입사되는 총 일사량

$$E_t = E_D + E_d + E_r$$

E_t : 표면에 입사되는 총 일사량 (W/m^2)

E_D : 직달 일사량 (W/m^2)

E_d : 확산 일사량 (W/m^2)

E_r : 지면 반사 일사량 (W/m^2)

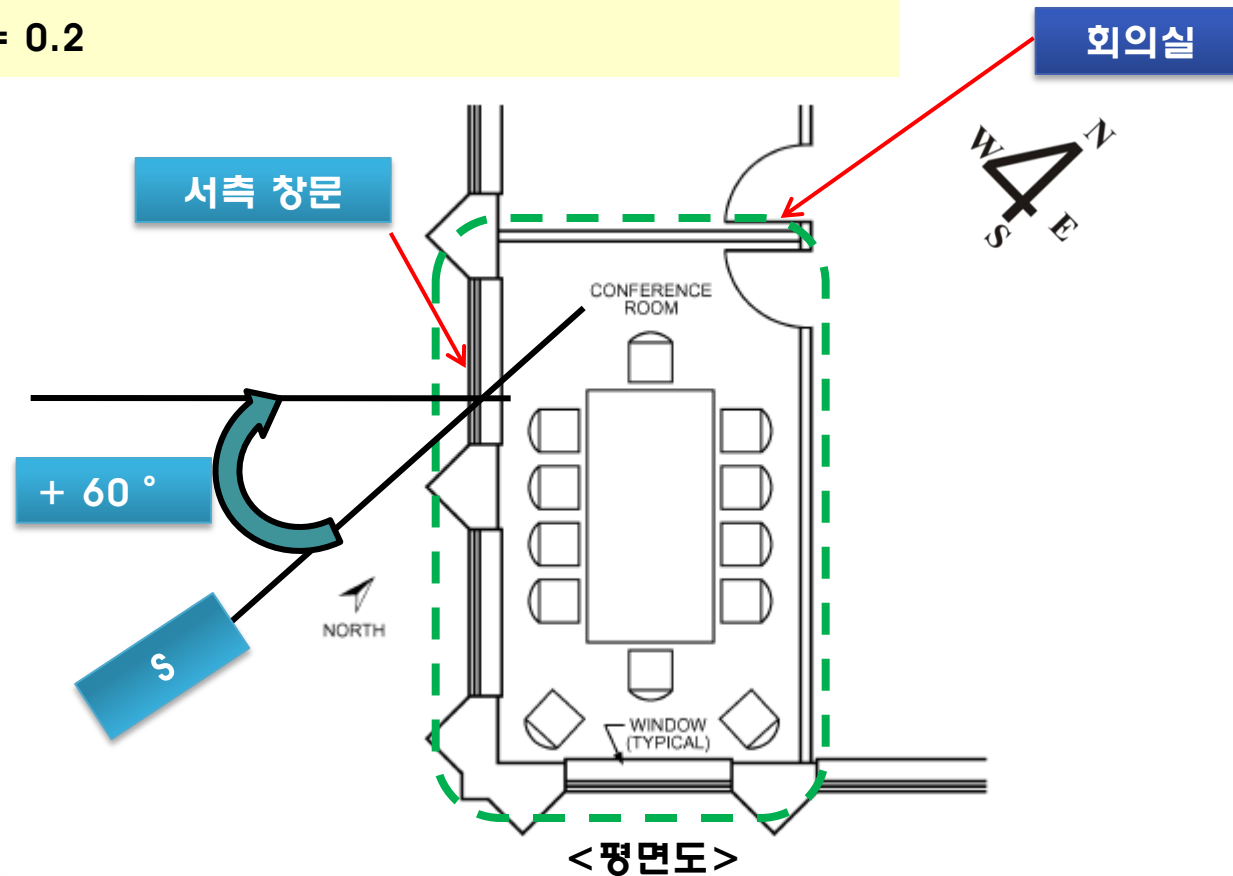
※ 위와 같은 순서로 계산된 24시각별 태양입사각 및 각 일사량은 아래의 조건으로 보정하여 최종 사용한다.

- ✓ 지역시각이 12보다 작으면 태양방위각(Solar Azimuth)은 음의 값 적용
- ✓ 법선 직달 일사량 (E_{DN})은 태양고도각(Solar Altitude)값이 0보다 작으면 0을 적용
- ✓ Y (수평면 확산일사에 대한 수직면 확산일사의 비) 값은 $\cos \theta$, 즉 태양입사각 (Surface Incident Angle)의 코사인값이 -0.2보다 작거나 같은 경우 0.45를 적용
- ✓ 직달 일사량 (E_D)은 $\cos \theta$ 가 0보다 작은 경우 0을 적용
- ✓ 확산 일사량 (E_d) 값이 0보다 적을 경우 0을 적용



(※) 일사량 계산 예 : 8월 21일 오후 4시에 그림과 같은 회의실의 서측 창문 표면으로 입사되는 총 일사량을 계산하라.

- ✓ 지역 : 한국 서울시
- ✓ 위치 : 표준경도 = 135° 위도 = 37° 경도 = 127°
- ✓ 방위각(남쪽 기준) : 서측 창문 = $+60^{\circ}$
- ✓ $CN=1$, $\rho_g = 0.2$





Solution

✓ 태양시각

$$AST = LST + ET/60 + (LSM - LON) / 15 = 16 + (-2.4/60) + (135 - 127)/15 = 16.493 \text{ h}$$

✓ 시간각

$$t = 15 (AST - 12) = 15(16.493 - 12) = 67.4^\circ$$

✓ 태양 고도각

$$\sinh = \cos \varphi \cos \delta \cos t + \sin \varphi \sin \delta = \cos(37) \cos(12.3) \cos(67.4) + \sin(37) \sin(12.3) = 0.428$$

$$h = \sin^{-1}(0.428) = 25.3^\circ$$

✓ 태양 방위각

$$\cos A = (\sinh \sin \varphi - \sin \delta) / (\cosh \cos \varphi) = [\sin(25.3) \sin(37) - \sin(12.3)] / [\cos(25.3) \cos(37)] = 0.061$$

$$A = \cos^{-1}(0.061) = 86.5^\circ$$

✓ 태양-표면 방위각

$$\gamma = A - A' = 86.5 - 60 = 26.5^\circ$$

✓ 태양 입사각

$$\cos \theta = \cosh \cos \gamma \sin \Sigma + \sinh \cos \Sigma = \cos(25.3) \cos(26.5) \sin(90) + \sin(25.3) \cos(90) = 0.809$$

$$\theta = \cos^{-1}(0.809) = 36.0^\circ$$





✓ 맑은 날의 법선 직달 일사량

$$E_{DN} = [A / \exp(B / \sinh)] \times CN = \{1107 / \exp[0.201 / \sin(25.3)]\} \times 1.0 = 691.6 \text{ W/m}^2$$

✓ 표면 직달 일사량

$$E_D = E_{DN} \cos\theta = 691.6 \times \cos(36) = 691.6 \text{ W/m}^2$$

✓ 수평면 확산일사에 대한 수직면 확산일사의 비

$$Y = 0.55 + 0.437 \cos\theta + 0.313 \cos^2\theta = 0.55 + 0.437 \cos(36) + 0.313 \cos^2(36) = 1.108$$

✓ 확산 일사량

$$E_d = CY E_{DN} = 0.122 \times 1.108 \times 691.6 = 93.5 \text{ W/m}^2$$

✓ 지면 반사 일사량

$$E_r = E_{DN} (C + \sinh) \rho_g (1 - \cos\Sigma)/2 = 691.6 \times [0.122 + \sin(25.3)] \times 0.2 \times [1 - \cos(90)]/2 = 38.0 \text{ W/m}^2$$

✓ 표면에 입사되는 총 일사량

$$E_t = E_D + E_d + E_r = 559.5 + 93.5 + 38.0 = 691 \text{ W/m}^2$$





6) 24시각별 열취득량 계산

가) 창문 직달 일사 열취득량

$$q_{beam, \theta} = A \times E_D \times SHGC(\theta) \times IAC \quad (2-1K)$$

$q_{beam, \theta}$: 창문 직달 일사 열취득량 (Direct beam solar heat gain, W)

A : 창문면적(m^2)

E_D : 직달 일사량 (Surface direct irradiance, W/m^2)

$SHGC(\theta)$: 직달일사 열취득계수 (Direct solar heat gain coefficient)

태양 입사각(θ)의 함수이며 표 2-6K 에서 보간법으로 계산

IAC : 내부통과율 (Inside shading attenuation coefficient)

나) 창문 확산 일사 열취득량

$$q_{diff, \theta} = A \times (E_d + E_r) \times SHGC_D \times IAC \quad (2-2K)$$

$q_{diff, \theta}$: 창문 확산 일사 열취득량 (Diffuse solar heat gain, W)

A : 창문면적 (m^2)

E_d : 확산 일사량 (Diffuse irradiance, W/m^2)

E_r : 지면 반사 일사량 (Diffuse ground-reflected irradiance, W/m^2)

$SHGC_D$: 확산일사 열취득계수 (Diffuse solar heat gain coefficient)

반구 열취득계수라고도 함. 표 2-6K hemisphere 값 적용

IAC : 내부통과율 (Inside shading attenuation coefficient)





다) 창문 전도 열취득량

$$q_{cond,\theta} = UA(T_o - T_i) \quad (2-3K)$$

$q_{cond,\theta}$: 전도 열취득량 (Conductive heat gain, W)

A : 창문면적 (m^2)

T_i : 실내온도 (K)

T_o : 외기온도 (K)

U : 열관류율 ($W/[m^2 \cdot K]$), 표2-7K 참조





라) 외벽/지붕 전도 열취득량

✓ 24시각별 상당외기온도 계산

$$T_{e,\theta} = T_{o,\theta} + \frac{\alpha E_t}{h_o} - \frac{\varepsilon \Delta R}{h_o} \quad (2-4K-A)$$

$T_{e,\theta}$: 상당외기온도 (Sol-Air Temperature, K)

$T_{o,\theta}$: 시각별 외기온도 (K)

α : 표면의 태양복사 흡수율 (Absorptance of surface solar radiation)

E_t : 표면으로 입사되는 총 태양 복사열 (Total solar radiation incident on surface, W/[m²·K])

h_o : 외표면의 장파 복사와 대류에 의한 열 전달 계수 (Coefficient of heat transfer by long-wave radiation and convection at outer surface, W/[m²·K])

ε : 표면의 반구 방사율 (Hemispherical emittance of surface)

ΔR : 천공과 환경으로부터 입사되는 장파장 복사열과 외기온도와 같은 온도를 가진
흑체로부터 방사되는 복사열 사이의 차이값 (W/m²)

(※) 시각별 외기온도 계산 식 (지역의 시각별 외기온도조건이 주어지지 않을 경우)

$$T_{o,\theta} = T_o - D_{Range} \times Th \quad (2-4K-B)$$

$T_{o,\theta}$: 시각별 외기온도 (K 또는 °C)

T_o : 설계외기온도 (K 또는 °C), 표 2-1K 참조

D_{Range} : 일교차 (K 또는 °C), 표 2-1K 참조

Th : 일교차 비율 (%), 표 2-19K 참조





(※) 상당외기온도 관련 변수값 선정법 ((ASHRAE Fundamental 2005, Ch. 30, p.30.22))

✓ ΔR

외벽의 경우 천공분만 아니라 지면과 주변 건물로부터 장파 복사를 받기 때문에 정확한 ΔR 값을 결정하기가 어렵다. 일사량이 많은 경우, 지표면의 물체의 표면은 일반적으로 외기온도보다 높다. 따라서 장파복사에 의해 천공의 낮은 방사율이 어느 정도 보정된다. 그러므로 외벽에 대해서 $\Delta R = 0$ 이라고 가정하는 것이 실제적이다. 따라서 장파에 대한 수정항 ($\varepsilon \Delta R / h_o$)은 0 K이다. 지붕의 경우 장파장의 천공복사만을 받는 수평면이므로 적절한 ΔR 값은 63 W/m^2 , ε 는 수평면이므로 1 이다. $h_o = 17 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$ 라고 하면 장파에 대한 수정항($\varepsilon \Delta R / h_o$)은 약 4 K이다 (Bliss 1961년)

✓ α / h_o

이 값은 외벽/지붕의 표면색에 의해 결정되는 값으로서 일반적으로 밝은색 표면인 경우 0.026 이 적당하며 어두운 색 표면이나 계속 밝은 색으로 유지되지 않는다고 예상할 수 있는 표면인 경우 이 변수의 최대값인 0.052를 적용한다.





✓ 상당외기온도에 근거한 외벽/ 지붕 전도 열취득량

$$q_{i,\theta} = UA(T_{e,\theta} - T_i) \quad (2-5K)$$

$q_{i,\theta}$: 상당외기온도에 근거한 전도 열취득량 (W)
 U : 외벽/지붕 열관류율 (W/[m²·K])
 A : 외벽/지붕면적 (m²)
 $T_{e,\theta}$: 상당 외기온도 (° C)
 T_i : 실내온도 (° C)

✓ 시간지연을 고려한 외벽/지붕 전도 열취득량으로 변환

현재 포함 지난 23시간의 외벽/지붕 전도 열취득량에 전도시계열 (CTS) 계수를 곱하여 시간지연을 고려한 전도 열취득량으로 변환 (이후 냉방부하 산정시 다시 한번 시간지연을 고려함)

$$q_{i-CTS,\theta} = c_0 q_{i,\theta} + c_1 q_{i,\theta-1} + c_2 q_{i,\theta-2} + c_3 q_{i,\theta-3} + \dots + c_{23} q_{i,\theta-23} \quad (2-6K)$$

$q_{i-CTS,\theta}$: 현재시각(θ)의 시간지연을 고려한 외벽/지붕 전도열취득량 (W)
 $q_{i,\theta}$: 현재시각(θ)의 열취득량 (W)
 $q_{i,\theta-n}$: n 시간전의 열취득량 (W)
 $c_0, c_1, \text{etc.}$: 전도 시계열 계수, 외벽/ 지붕의 총 전도 열취득량 대비 현재 시간동안 냉방부하가 되는 전도 열취득량의 백분율을 나타내며 총합은 100%
 외벽 전도 시계열은 표 2-8K 참조, 지붕 전도 시계열은 표 2-9K 참조





마) 내부구조체 열취득량

$$q_{\text{interior}, \theta} = UA(T_b - T_i) \quad (2-7K)$$

$Q_{\text{interior}, \theta}$: 내부구조체 열취득량(W), 내부칸막이, 바닥 등으로부터 열취득량

U : 인접한 공간과 조절된 공간사이의 구조체의 열관류율 ($\text{W}/[\text{m}^2 \cdot \text{K}]$)

A : 두 공간을 분리하는 구조체의 면적 (m^2)

T_b : 인접공간의 실내온도 (K)

T_i : 실내온도 (K)





바) 재실인원 열취득량

$$q_{p,sensible,\theta} = N \times SHG_p \times U_f \quad (2-8K-A)$$

$$q_{p,latent,\theta} = N \times LHG_p \times U_f \quad (2-8K-B)$$

$q_{p,sensible,\theta}$: 재실인원 현열 취득량(W)

$q_{p,latent,\theta}$: 재실인원 잠열 취득량(W)

N : 재실인원수 (인)

SHG_p : 인체 발생 현열 (Sensible heat gain, W), 표 2-11K 참조

LHG_p : 인체 발생 잠열 (Latent heat gain, W), 표 2-11K 참조

U_f : 사용율 또는 재실율 (Usage factor)

(※) 재실인원수 계산 식 (면적당 재실인원값을 이용할 경우)

$$N = A \times D_{occupant} \quad (2-8K-C)$$

N : 재실인원수 (인)

A : 실면적 (m^2)

$D_{occupant}$: 면적당 재실인원 (인/ m^2), 표 2-10K 참조





사) 조명 열취득량

$$q_{light,\theta} = W \times F_{ul} \times F_{sa} \quad (2-9K-A)$$

$q_{light,\theta}$: 조명 열취득량 (W)

W : 전체조명전력 (W)

F_{ul} : 조명점등율 또는 사용율 (Lighting use factor, usage factor)

F_{sa} : 조명부하 특별허용 계수 (Lighting special allowance factor), 안정기 계수라고도 함.

(※) 전체 조명전력 계산 식 (면적당 조명전력값을 이용할 경우)

$$W = A \times SHG_{light} \quad (2-9K-B)$$

W : 전체조명전력(W)

A : 실면적 (m^2)

SHG_{light} : 면적당 조명전력 (W/m^2), 표 2-12K 참조





아) 기기 열취득량

✓ 동력기기 열취득량

$$q_{em, \theta} = (P/E_M) \times F_{UM} \times F_{LM} \quad (2-10K)$$

$Q_{em, \theta}$: 동력기기 열취득량 (W)

P : 전동기 출력 (W)

E_M : 전동기 효율

F_{UM} : 전동기 사용율 (Motor use factor), 일반적 사용시 1.0

F_{LM} : 전동기 부하계수 (Motor load factor)

✓ 사무 자동화(OA)기기 열취득량

$$q_{OA, \theta} = N \times SHG_{OA} \times U_f \quad (2-11K)$$

$q_{OA, \theta}$: OA기기 열취득량 (W)

N : OA기기 수량 (대)

SHG_{OA} : 대당 발열량 (W/대), 표 2-13K 참조

U_f : 사용율

✓ 일반기기 열취득량

$$q_{el, \theta} = A \times SHG_{el} \times U_f \quad (2-12K)$$

$q_{el, \theta}$: 일반기기 열취득량 (W)

A : 면적 (m²)

SHG_{el} : 면적당 기기전력 (W/m²)

U_f : 사용율





자) 침입외기 부하

$$Q_{inf,sensible} = \rho Q C_p (T_o - T_i) \quad (2-13K-A)$$

$$q_{inf,latent} = \rho Q (x_o - x_i) h_{fg} \quad (2-13K-B)$$

$$q_{inf,total} = \rho Q (h_o - h_i) \quad (2-13K-C)$$

$q_{inf,sensible}$: 침입외기 현열취득량 (W)
 $q_{inf,latent}$: 침입외기 잠열취득량 (W)
 $q_{inf,total}$: 침입외기 총 열취득량 (W) (총 열취득량=잠열취득량+현열취득량)
 Q : 침입외기량 (m^3/s)
 ρ : 밀도 (kg/m^3), C_p : 비열 ($J/[Kg \cdot K]$)
 T_o, T_i : 외부 및 실내 공기 온도 (K)
 x_o, x_i : 외부 및 실내 공기 절대습도 (kg/kg)
 h_{fg} : 증발잠열 (J/kg)
 h_o, h_i : 외부 및 실내 공기 엔탈피 (J/kg)

(※) 침입외기량 계산 식

$$Q = n \times A \times H \quad (2-13K-D)$$

Q : 침입외기량 (m^3/s)
 n : 침입외기에 의한 환기횟수 (회/h) (표 2-14K 참조)
 A : 실면적 (m^2), H : 실 천정높이 (m)





7) 열취득량을 복사와 대류 성분으로 배분

가) 열취득량을 표 2-15K를 참조하여 복사와 대류 성분으로 배분

나) 재실인원 열취득량은 표 2-11K를 참조하여 복사와 대류 성분으로 배분

다) 대류성분은 대류부하임

라) 창문의 직달 일사 취득량은 차양장치가 없을 경우 100% 복사부하로 간주

마) 재실인원 잠열취득량, 내부 칸막이 부하는 대류부하로 간주

8) 복사 열취득량을 복사 냉방부하로 변환

현재 포함 지난 23시간의 복사성분 열취득량에 태양열 또는 비태양열 복사시계열 (RTS) 계수를 곱한 값을 합하여 현재의 복사냉방부하로 선정

$$Q_{r,\theta} = r_0 q_{r,\theta} + r_1 q_{r,\theta-1} + r_2 q_{r,\theta-2} + r_3 q_{r,\theta-3} + \dots + r_{23} q_{r,\theta-23}$$

(2-14K)

$Q_{r,\theta}$: 현재시각(θ)의 복사냉방부하(W)

$q_{r,\theta}$: 현재시각(θ)의 복사열취득량 (W)

$q_{r,\theta-n}$: n 시간 전의 복사열취득량 (W)

$r_0, r_1, etc.$: 복사시계열 계수, 총 복사열취득량 대비 현재시간 동안 냉방부하가 되는 복사 열취득량의 백분율을 나타내며 총합은 100%.

비태양열 복사시계열은 표 2-16K, 태양열 복사시계열은 표 2-17K 참조





9) 전체 냉방부하 합산

오후 1시 부터 오후 6시 각각의 대류냉방부하와 복사냉방부하를 합산하여 비교한 후 최대치로써 냉방부하로 정한다. 침입외기가 있을 경우 침입외기 부하를 합한다.

$$Q_{\theta} = Q_{c, \theta} + Q_{r, \theta} + Q_{inf} \quad (2-15K)$$

Q_{θ} : 냉방부하 (W)

$Q_{c, \theta}$: 대류냉방부하 (W)

$Q_{r, \theta}$: 복사냉방부하 (W)

Q_{inf} : 침입외기 부하 (W)



(4) RTS법을 이용한 냉방 부하계산 프로그램 소개 (RTS-SAREK)

□ MAIN PROGRAM

- 용도 : 부하, 장비선정
- 기능 : 냉난방 부하 계산
AHU, FCU 선정
건물 부하 분석
Fan 선정

□ SUB PROGRAM

- 용도 : 설계 초기 부하 분석
- 기능 : 층별/용도별 부하 계산
부하 집계 및 분석

Copyright, 2006 © SAREK



2.4 난방 실내부하

2.4.1 개요

(1) 난방 실내부하의 특징

- ✓ 난방기간 동안 최악의 조건을 만족시키도록 계산 (최대부하 계산법)
- ✓ 일사에 의한 영향과 내부발열에 의한 효과 무시
- ✓ 구조체의 축열 효과 무시

(2) 난방 실내부하의 요소

표 2-1H 난방 실내부하의 요소

난방부하의 요소	난방부하의 내용	비고
전도에 의한 열손실 (Transmission loss)	지붕, 외벽, 유리창, 바닥, 인접공간을 통하여 열관류에 의해서 손실되는 열량	실내의 손실열량 (현열)
침입외기에 의한 난방손실 (Infiltration load)	창문의 틈새나 출입문, 구조체를 통한 침입외기를 실내공기 상태로 가열 및 가습하는데 소요되는 열량	실내의 손실열량 (현열+잠열)





(3) 난방 실내부하의 계산 과정

(24시간별 계산이 아닌 최대부하 1시간 만 계산함-냉방부하계산과 다름)

- ① 외기온도, 풍향, 풍속 등 설계 외기조건을 확인하고 각 존 및 방별 실내온도 조건을 선정
- ② 설계 외기조건에 따른 주차장, 다락 등 인접 비난방공간의 온도를 산정
- ③ 외벽, 유리창 등 외기에 노출된 구조체와 내벽, 슬라브, 천정 등 비 난방 공간과 인접한 구조체의 내측면적을 산출
- ④ 외벽, 유리창 등 외기에 면한 구조체와 내벽, 슬라브, 천장 등 비 난방 공간과 인접한 구조체의 총괄열전달계수 (열관류율이라고도 함)를 계산
- ⑤ 총괄열전달계수와 면적, 온도차를 곱하여 구조체 전도에 의한 열손실을 계산
- ⑥ 지하실 및 지면에 접하는 바닥을 통한 열손실 계산
- ⑦ 창문의 틈새나 출입문, 구조체를 통한 틈새바람에 의한 부하를 계산





2.4.2 난방설계조건

(1) 설계 외기온도

- ✓ 일반적으로 난방장치 용량 산정 시 가장 극심한 기상조건에 충분히 대응할 수 있도록 선정.
- ✓ 극심한 기상조건이 항상 발생하는 것이 아니므로 과도한 설계가 될 수 있으며 비경제적임.
- ✓ 내부 발열량이 다소 존재하며 주간에 주로 사용하는 건물에 대해서는 TAC 1%를 적용하고, 유리창 면적이 적고 기밀성이 높은 건물에 대해서는 TAC 2.5%를 적용하는 것이 타당함
- ✓ **열부하 계산법 표** 중 표 2-1K 냉·난방장치의 용량계산을 위한 설계 외기온 습도 기준 참조

T.A.C ;

- 미국 ASHRAE의 기술자문위원회 (TAC; Technical Advisory Committee) 명칭
- 냉난방장치의 용량을 계산하기 위해 외기온도 조건에서 위험율 (초과 확률) 을 다소 적용하도록 제안

(2) 설계 실내온도

- ✓ **열부하 계산법 표** 중 표 2-2K 냉·난방장치의 용량계산을 위한 설계 실내온 습도 기준 참조





2.4.3 난방부하계산법

(1) 외벽, 지붕, 바닥, 유리창을 통한 열손실

$$q = U A (T_i - T_o) \quad (2-1H)$$

q : 외벽, 지붕, 바닥, 유리창을 통한 열손실 [W]

A : 외벽, 지붕, 바닥, 유리창 등의 면적 [m^2]

U : 총괄열전달계수 (열관류율) [$W/(m^2 \cdot K)$]

T_i : 실내공기 온도 [K]

T_o : 외기온도 [K]

참고;

1kW = 860 kcal/h

1 [$kcal/(h \cdot m^2 \cdot ^\circ C)$] = 1.1628 [$W/(m^2 \cdot K)$]

(2) 간막이벽, 천장, 바닥을 통한 열손실

$$q = U A (T_i - T_b) \quad (2-2H)$$

T_b : 인접실의 온도 [K]

✓ 상시 난방을 하는 건물의 복도 등은 인접실의 온도

$$T_b = T_i - (T_i - T_o) / 4$$





(3) 지면에 접하는 바닥 또는 지중벽을 통한 열손실

① 깊이 2.4m 까지의 지중벽

✓ 지표면 가까이 있는 가열되지 않는 바닥이나 지중벽에서의 열손실은 지표면이나 외기에 면하는 바닥의 둘레를 통해 대기중으로 방사됨

$$q = K_p L_e (T_i - T_o) \quad (2-3H)$$

K_p : 열손실계수 [W/(m·K)] (표 2-2H 참조)

L_e : 바닥면의 주벽 길이 [m]

T_i : 실내온도 [K]

T_o : 외기온도 [K]

표 2-2H 지중벽 · 바닥으로부터의 열손실계수 K_p (설비공학편람 제1권, 1991, pp.2-13)

지표면으로부터의 깊이 [m]	K_p [W/m · K]
+0.6 (지상)	1.34
0 (지표면)	0.89
-0.6 (지하)	1.12
-1.2 (지하)	1.34
-1.8 (지하)	1.56
-2.4 (지하)	1.79





② 깊이 2.4m 이하인 지중벽으로부터의 열손실

$$q = K_w A_w (T_i - T_g) \quad (2-4H)$$

K_w : 지중벽의 열관류율 [$W/(m^2 \cdot K)$]

A_w : 지중벽의 면적 [m^2]

T_i : 실내온도 [K]

T_g : 깊이 3m의 지중온도 [K] (표 2-3H 참조)

③ 깊이 2.4m 이하인 지하층 바닥

$$q = K_F A_F (T_i - T_g) \quad (2-5H)$$

K_F : 지하층 바닥의 열관류율 [$W/(m^2 \cdot K)$]

A_F : 지하층 바닥의 면적 [m^2]

T_i : 실내온도 [K]

T_g : 깊이 3m의 지중온도 [K] (표 2-3H 참조)





표 2-3H 난방설계용 도시별 지중온도[°C] (설비공학편람 제2권, 2001, pp.1.2-5)

도시	깊이에 따른 지중온도 (1 월)			도시	깊이에 따른 지중온도 (1 월)		
	0.5 m	2 m	3 m		0.5 m	2 m	3 m
속초	0.19	6.5	8.6	군산	0.5	7.5	9.9
춘천	-5.3	2.8	5.5	대구	-0.7	6.9	9.4
강릉	0.4	3.9	9.4	전주	-0.6	6.7	9.2
서울	-0.2	5.6	8.1	울산	0.9	7.9	11.0
인천	-1.0	6.0	8.3	광주	0.6	7.8	10.2
울릉도	2.2	8.1	10.1	부산	2.8	9.1	11.2
수원	-4.3	3.7	6.4	충무	1.9	8.5	10.7
서산	-1.7	5.8	8.3	목포	3.5	9.4	11.5
청주	-3.2	4.7	7.4	여수	2.7	9.0	11.1
대전	-2.1	5.6	8.2	제주	5.9	11.6	13.5
추풍령	1.9	5.5	8.0	서귀포	5.8	11.5	13.4
포항	0.9	7.8	13.0	진주	-0.6	6.9	9.4



③ 지면에 접하고 있는 바닥을 통한 열손실

$$q = F_2 P (T_i - T_o) \quad (2-6H)$$

q : 외주부를 통한 열손실 [W]

F_2 : 외주부의 단위길이당 열손실계수 [W/(m·K)] (표 2-4H 참조)

P : 외주부 또는 바닥의 노출된 둘레 길이 [m]

T_i : 내부온도 [K]

T_o : 외부온도 [K]

표 2-4H 슬라브층 구조의 열손실계수 F_2 (설비공학편람 제2권, 2001, pp.1.3-6)

구조	단열	난방도일(18°C기준)		
		1640[K · d/yr]	2970[K · d/yr]	4130[K · d/yr]
외부벽돌+200mm 블럭벽	비단열 R=0.95[K · m²/W]	1.07	1.17	1.24
	가장자리로부터 기초까지	0.83	0.86	0.97
외부벽돌+100mm 블럭벽	비단열 R=0.95[K · m²/W]	1.38	1.45	1.61
	가장자리로부터 기초까지	0.81	0.85	0.93
메탈스터드 벽	비단열 R=0.95[K · m²/W]	1.99	2.07	2.32
	가장자리로부터 기초까지	0.88	0.92	1.00
외주부 가까이 덕트가 있는 콘크리트 벽	비단열 R=0.95[K · m²/W]	3.18	3.67	4.72
	가장자리로부터 기초까지	1.11	1.24	1.56



(4) 침입외기에 의한 열손실

① 현열손실

$$q_{inf,sensible} = \rho Q C_p (T_o - T_i) \quad (2-7H)$$

$q_{inf,sensible}$: 침입외기 현열손실량 (W)
 Q : 침입외기량 (m^3/s)
 ρ : 밀도 (kg/m^3)
 C_p : 비열 ($J/[kg \cdot K]$)
 T_o, T_i : 외부 및 실내 공기 온도 (K)

② 잠열손실

$$q_{inf,latent} = \rho Q (x_o - x_i) h_{fg} \quad (2-8H)$$

$q_{inf,sensible}$: 침입외기 잠열손실량 (W)
 Q : 침입외기량 (m^3/s)
 ρ : 밀도 (kg/m^3)
 x_o, x_i : 외부 및 실내 공기 절대습도 (kg/kg)
 h_{fg} : 증발잠열 (J/kg)

(※) 침입외기량 계산 식

$$Q = n \times A \times H$$

Q : 침입외기량 (m^3/s)
 n : 침입외기에 의한 환기횟수 (회/h), **열부하 계산표 중 표 2-14K** 참조
 A : 실면적 (m^2), H : 실천정높이 (m)





전체 난방부하 합산

$$Q_{total} = Q_{(1)} + Q_{(2)} + Q_{(3)} + Q_{(4)}$$

(5) 기타 고려사항

① 외기도입에 의한 난방부하

✓ 3장에서 자세하게 논의

② 안전계수의 적용

✓ 건물의 단열성능이 미약하고 창문의 면적이 넓으며 기밀성이 저하되는 건물에 대하여 10~20%의 배관손실과 10~20%의 예열부하를 반영하는 것이 관례

✓ 최근 단열성능의 강화와 기밀성이 향상되어 안전율을 적용하지 않는 사례 증가

③ 난방기간 중 냉방의 필요성

✓ 사무자동화로 인해 실내 발열이 증가하고 있음

✓ 난방부하 계산 방법 중 실내 발열을 고려하는 방법은 현재까지 개발되지 않음

✓ 기기의 발열량에 따라 냉방이 필요할 경우 설계자의 판단으로 실내 냉방 가능





난방도일, Degree day

표 2-5H 국내 지역별 연간 난방도일 (설비공학편람 제2권, 2001, pp.1.3-7)

지역구분	해당시 · 도	기준연간 난방도일 [K · day/yr]
I 지역	서울, 인천, 경기, 충북, 강원	3250
II 지역	충남, 전북, 전남, 경북, 경남, 대구, 부산	2500
III 지역	제주	1750

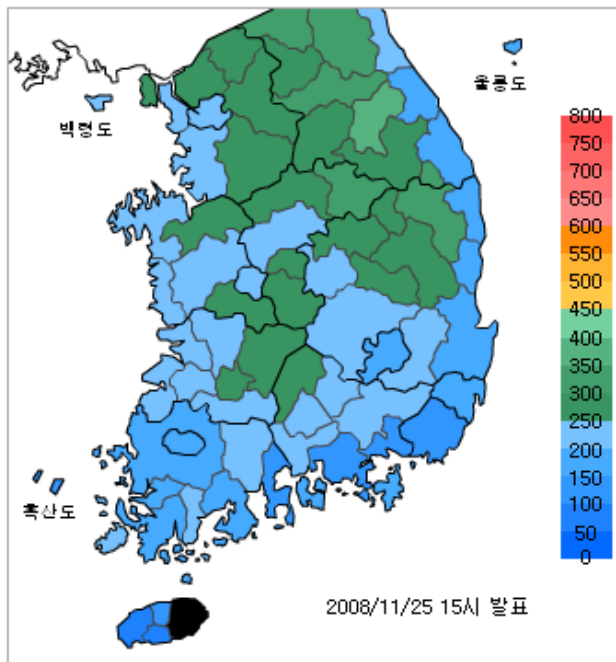
- ✓ 난방도일 (Degree day); 평균 실내 온도와 바깥 온도와의 차를 난방 기간 동안 합산한 량.
- ✓ 일년 혹은 일정기간중 일평균기온이 18℃ 이하의 날만 골라 기준이 되는 18℃의 기온에서 그날의 일평균기온을 뺀값을 일정기간 적산시킨 값 말한다. 이 개념은 일반적으로 일평균 기온이 18℃ 이하가 되면 사람들이 난방을 시작한다는 개념에서 출발하였다.
- ✓ 난방도일 값이 크다는 것은 기후가 춥다는 것과 난방을 위해 연료비가 많이 드는 것을 의미한다. 따라서 산출된 자료는 작년 또는 원하는 기간의 난방도일과 비교하여 겨울철 난방기간 중 난방경비 및 에너지 수급정책 결정시 사용되게 된다.

일평균기온 [daily mean temperature];

하루(00~24시) 중 3시간별로 관측한 8회 관측값(03, 06, 09, 12, 15, 18, 21, 24시)을 평균한 기온을 일평균기온이라고 한다. 우리나라에서는 1997년부터 1일 8회의 평균값을 표준으로 하고 있다.



난방도일분포 예; 2008년 11월 1일 발표한 10월의 난방도일



기상청에서 제공하는 난방도일;
 매월 그날까지의 기온편차를 누적하여 난방도일을 산출하고, 다음달이 되면 자료를 새롭게 갱신하여 자료를 제공한다. 제공되는 난방도일은 매월 단위로 누적된 값으로 매월 1일 새롭게 갱신된다.

난방도일						
광역지역	지점	지수	지점	지수	지점	지수
서울인천경기	서울	236.5	강화	263.4	인천	217.0
	문산	297.9	동두천	280.3	양평	281.4
	수원	243.2	이천	287.4		
서해5도	백령도	217.6				
강원영서	철원	317.2	인제	307.4	홍천	308.4
	춘천	298.5	원주	274.0	영월	290.1
강원영동	대관령	365.0	태백	323.3	속초	201.3
	강릉	166.0	동해	190.8		
충북	충주	278.7	제천	326.2	보은	285.1
	청주	248.4	추풍령	252.1		
대전충남	서산	235.5	보령	209.5	천안	258.8
	대전	232.4	부여	244.8	금산	277.8
전북	부안	210.8	군산	206.0	정읍	204.1
	전주	210.4	장수	294.5	남원	247.8
	임실	267.3				
광주전남	목포	164.3	장흥	208.1	해남	197.8
	완도	169.3	진도	220.9	여수	146.8
	고흥	190.5	광주	177.4	순천	236.6
	흑산도	137.4				
대구경북	영덕	185.8	울진	192.2	포항	164.3
	문경	259.0	상주	248.8	봉화	333.2
	영주	271.8	의성	288.2	안동	263.2
	구미	235.1	영천	236.4	대구	182.0
부산울산경남	울산	170.7	부산	131.1	마산	148.0
	거제	170.4	남해	166.8	통영	134.8
	거창	267.3	합천	232.1	밀양	218.4
	산청	221.4	진주	203.0		
울릉도독도	울릉도	173.8				
제주도	성산	-999.0	제주	104.8	서귀포	79.5
	고산	96.3				



부록

비난방 공간의 온도 산출 방법

① 일반적인 비난방 공간

$$t_u = [t_i (A_1 U_1 + A_2 U_2 + A_3 U_3 + etc.) + t_o (\rho c_p Q_o + A_a U_a + A_b U_b + A_c U_c + etc.)] \div [A_1 U_1 + A_2 U_2 + A_3 U_3 + etc. + \rho c_p Q_o + A_a U_a + A_b U_b + A_c U_c + etc.] \quad (2-1A)$$

ρc_p : 표준상태 공기의 비열에 밀도를 곱한 값 (1.2[kJ/(m³·K)])

t_u : 난방이 되지 않는 방의 온도 [K]

t_i : 난방이 되는 실의 실내 설계 온도 [K]

t_o : 실외 설계 온도 [K]

$A_1, A_2, A_3, etc.$: 난방이 되는 방과 접한 비공조실의 면적 [m²]

$A_a, A_b, A_c, etc.$: 외부에 노출된 비공조실의 표면적 [m²]

$U_1, U_2, U_3, etc.$: $A_1, A_2, A_3, etc.$ 의 총괄열전달계수 [W/(m²·K)]

$U_a, U_b, U_c, etc.$: $A_a, A_b, A_c, etc.$ 의 총괄열전달계수 [W/(m²·K)]

Q_o : 틈새바람 및 환기에 의해 비공조실로 들어오는 외부공기 유입량 [m³/h]





② 다락(attic) 공간

: 천장 (ceiling)과 지붕 사이에 0.3m 이상의 두께를 가진 공간

$$t_u = [A_c U_c t_c + t_o (\rho c_p A_c V_c + A_r U_r + A_w U_w + A_g U_g)] \div [A_c (U_c + \rho c_p V_c) + A_r U_r + A_w U_w + A_g U_g] \quad (2-2A)$$

ρc_p : 표준상태 공기의 비열에 밀도를 곱한 값 (1.2[kJ/(m³·K)])

t_a : 천장 위 공간의 온도 [K]

t_c : 맨 위층 천장부근의 온도 [K]

t_o : 실외온도 [K]

A_c : 천장 (ceiling)의 넓이 [m²]

A_r : 지붕의 넓이 [m²]

A_w : 천장 위 공간에 면하는 벽의 면적 [m²]

A_g : 천장 위 유리의 면적 [m²]

U_c : 표면 컨덕턴스가 12.5W/(m²·K)일 때의 천장의 총괄열전달계수 [W/(m²·K)]

U_r : 표면 컨덕턴스가 12.5W/(m²·K)일 때의 지붕의 총괄열전달계수 [W/(m²·K)]

U_w : 벽 표면의 총괄 열전달계수 [W/(m²·K)]

U_g : 유리의 총괄열전달계수 [W/(m²·K)]

V_c : 단위면적당 환기에 의해 천장으로 들어오는 외부공기 유입비율 [%]

