

# 태양의 집 원리와 설계 (II)

## Principle and Design of Solar Architecture

이종호·오정무  
by Lee Jong-Ho &  
Oh Jeong Moo

### 2. 자연형 태양열 시스템 (Passive Solar Energy System)

여기서 한 가지 중요한 것은 단열재를 될 수 있는 대로 건물면의 바깥 쪽에 위치시켜야 한다는 것이다. 이것은 왜냐하면 단열재 바깥으로 외부에 노출된 부분은 외부기온과 거의 비슷한 온도를 가지게 되어 건물 자체의 축열용량을 늘이는데 도움이 되지 못하기 때문이다. 실내 온도의 변화폭을 극도로 줄이기 위하여는 건물의 일부가 지표면 밑으로 들어가게 하는 지중식 혹은 반지중식 구조로 시공하는 것이 아주 효과적이다. 다만 이렇게 하기 위하여는 추가의 공사비 부담이 가중되므로 경제성에 대한 세심한 고찰이 뒤따라야 할 것이다.

축열체의 재료로 가장 널리 사용되는 것은 콘크리트, 벽돌 및 물이다. <표 3>에 이들 물질의 비열 및 단위 체적당 열용량을 나타내었다. 축열체 재료로서 갖추어야 할 특성으로는 비열과 체적당 열용량이 클 것과 값이 저렴할 것 등이 요구된다. 이들 조건을 가장 잘 만족시키는 재료는 이 표에서 보면 물이라고 생각될 수 있으나 물은 건물의 하중을 지탱할 수 있는 구조체가 되지 못하며 적당한 용기를 필요로 하므로 일반 주택에 적용하기에는 반드시 좋다고만 볼 수 없다. 온실에는 검은색 계통의 표면 색깔을 가진 물통을 햇볕이 닿는 곳에 쌓아 놓으면 되므로 비교적 적용이 용이하다. 일반 주택에 물을 축열체로 사용하려면 <그림 11>과 같은 방법을 채택하는 것을 생각 해 볼 수 있다.

축열체의 재료로는 앞에서 든 콘크리트, 벽돌, 물 이외에도 상변화물질(Phase Transformation Material)을 이용할 수 있다. 이는 주로 수화염(水化鹽) 계통의 물질이 상변태온도(Phase Transformation Temperature)에서 결정수와 분리 또는 결합하며 열을 흡수·방출하는 현상을 이용한 것인데 적은 부피로도 비교적 낮은 온도에서 큰 열을 저장할 수 있다는 장점이 있다. 잠열 축열체의 필요량은 중량비로 축열체 1에 대

<표 3> 축열재료의 열적 특성

재 료	비열 Kcal/kg·°C	체적당열용량 mcal/m <sup>3</sup> ·°C
콘크리트	0.27	0.61
벽 돌	0.20	0.45
물	1.00	1.00

하여 물 : 5, 암석 : 25, 용적비로 1 : 8 : 17로 계산하고 있다. 그러나 잠열축열체는 이제까지 여러가지 결정에 있어 몇몇 분야를 제외하고는 실용화되지 못하고 있었으나, 프랑스 C, N, R, S에서는 잠열 저장제(CaCl<sub>2</sub>, 6H<sub>2</sub>O : 제설제로 사용)의 가장 큰 취약점인 가역 Cycle의 회수를 5,000회 이상으로 연장할 수 있는 방안을 개발하여 실용화에 성공, 곧 에너지 절약 건자재로서 건축물에 사용될 것으로 보인다.

#### 3) 설계방법

##### (1) 단열설계

건물에서의 열손실은 일반적으로 몇개의 평행한 경로를 통하여 일어나는 것으로 해석한다. 복사열이 통과하지 않는 불투명한 물체의 경우에는 “단열비용”을 다음의 식으로 정의하여 사용한다.

$$COST_i = K_i R_i A_i - C_i \dots\dots\dots(1)$$

여기서 R은 저항값(m<sup>2</sup>·hy·°C/Kcal) A는 면적(m<sup>2</sup>)을 말한다. γ과 C에 관하여는 <그림 12>를 보도록 한다. 그림에 나타난 직선의 기울기, 즉 “R에 대한 비용증분”을 γ이라 칭하고 절편의 값을 -C로 정한다. i는 평행한 여러 열손실 경로, 즉 벽체, 천정 등에 붙인 지수(Index)로서 단열에 드는 총비용은 ΣCOST<sub>i</sub>로 표시된다. 난방부하계수 Li는 면적에 열손실계수 Ui를 곱하여 얻어진다.

$$L_i = 24 A_i \cdot U_i (= 24 A_i / R_i) \dots\dots(2)$$

여기서 24는 Ui의 단위가 Kcal/m<sup>2</sup>·hy·°C이고 Li의 단위는 Kcal/DD이므로 양변의 값을 맞추기 위하여 필요한 상수이다. 이제 24γiAi<sup>2</sup>을 bi로 놓으면 다음과 같이 더욱 간단한 형태로 (1)식을 고쳐 쓸 수 있다.

$$COST_i = b_i / L_i - C_i \dots\dots\dots(3)$$

윗 식에 의하면 단열비용은 난방부하 계

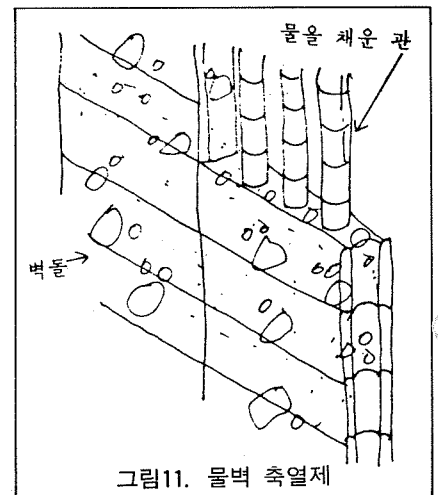


그림 11. 물벽 축열체

이종호 / 한국동력자원연구소 실장·공박  
오정무 / 한국동력자원연구소 부장·공박

수의 변화에 따라 연속적으로 변할수 있도록 되어 있지만 실제로 단열을 시공할 경우에는 난방부하 계수가 연속적인 값을 취할 수 없으므로, 즉 몇개의 옵션 (Option) 중에 하나를 선택하게 되므로 단열비용도 이산적인 (Discrete) 값을 취하게 된다. 열손실의 경로 중에서 극간풍 (Infiltration)에 대하여는  $b_i$  및  $C_i$ 의 값을 정하기가 다른 경로의 경우에서 보다 어렵다. 따라서 이 경우에는 어느 정도의 추정이 불가피할 수도 있다. 어떤 정해진 총난방부하에 해당하는 단열시공을 위하여 필요한 총단열비용  $COST$ 는 열손실의 각 경로에 얼마만큼씩 투자를 배분하느냐에 따라 달라진다. (3)식에서  $b_i$  및  $C_i$ 는 상수이므로 총 단열비용을 최소로 하기 위하여는 각 열손실 경로의  $L_i$ 를 적절하게 선택하여야 할 것이다. 최적  $L_i$ 는 다음의 식으로 정해짐이 알려져 있다.

$$L_i = L \sqrt{b_i / b} \dots\dots\dots(4)$$

여기서  $L = \Sigma L_i$

$$b = (\Sigma \sqrt{b_i})^2$$

이제  $\Sigma C_i$ 를  $C_c$ 로 놓으면 총난방비용은 다음의 식으로 계산된다.

$$COST = b/L - C_c \dots\dots\dots(5)$$

(4)를 (3)에 대입하면 다음의 결과를 얻는다.

$$COST_i = \sqrt{b_i b / L} - C_i \dots\dots\dots(6)$$

이를 다시 (1), (2)식에 대입하면 최적  $R_i$ 는 다음 식으로 표시됨을 알 수 있다.

$$R_i = \sqrt{24b / \gamma_i / L} \dots\dots\dots(7)$$

지금까지 설명한 방법의 이해를 돕기 위하여 계산의 예를 하나 들어 보기로 한다. 지금 난방면적 140m<sup>2</sup>의 어떤 건물에 대한 단열옵션이 <표 4>와 같이 주어졌다고 하자.

\* 기초단열 (Perimeter Insulation)에서의 난방부하계수  $L_p$ 는 다음과 같이 계산한다.

$$L_p = \frac{30.5 \times \text{둘레}}{R + 1.024}$$

\*\* 극간풍에 의한 부하는

$$L_i = \text{체적} \times ACH \times ADR \times 6.920 \text{ 으로 계산한다.}$$

여기서는  $ADR = 0.91$ 로 잡았다.

먼저 벽체에 대해서 이 방법을 적용하여 보자.

주어진 4개의 자료 (Data Point), (3.89, 106), (6.35, 281), (12.29, 704)에 대하여 최소 자승법 (Least Squa-

re Method)를 적용하면 식  $COST_i = \gamma_i R_i A_i - C_i$ 에서  $C_i = 172$ ,  $\gamma_i = 0.891$ 이 계산된다. 이와같이 하여 나머지 5개의 경우에 대하여 계산하면 다음의 결과를 얻는다.

$$\bullet COST = \gamma(R + 1.024) \times \text{둘레} - C$$

$$b = (COST + C) \times L_p$$

$$\bullet \bullet COST = \gamma ACH \times \text{부피} - C$$

$$b = (COST + C) \times L_i$$

따라서  $b = 2667^2 = 711.3000$ ,  $C_c = 1976$ 이 된다. 이제 총 난방부하가 3370 Kcal/DD로 주어졌을 때 어떠한 단열옵션을 택해야 하는지를 알아보자.

먼저 벽체에 대해서 계산해 보면  $L_1$ 는 식(4)에 의하여 467.5로 계산되며  $R_1$ 는 식(2)에 의하여 4.1로 계산된다. 그렇다면 <표 4>의 선택방법에서 2번째 방법을 택하여 시공하여야 함을 알 수 있다. 이러한 방식으로 계산해 보면  $R_2, R_3, R_4, R_5, R_6$ 는 각각 5.0, 6.5, 0.90, 1.4, 0.20으로 계산되어, 선택방법안에서 각각 2, 2, 2, 2, 1번째 방법을 택하여 시공하여야 함을 알 수 있다. 이러한 선택은 4<sup>6</sup> = 4096가지의 가능한 방법중에서 총난방부하가 3370 Kcal/DD로 주어졌을 때 가장 경제적으로 시공할 수 있는 방법인 것이다.

## (2) 최적 설계

건물 각 부위의 단열을 어느 정도로 하는 것이 적당한가를 알아내는 방법에 대하여는 앞항에서 설명하였으므로 여기서 총난방부하를 얼마로 하여야 최적 설계인지를 결정하는 방법에 대해 알아보도록 하겠다. 자연형 시스템의 최적설계에는 두 가지 경제조건을 생각할 수 있다.

하나는 투자액이 결정되어 (혹은 제한되어) 있는 경우이고 다른 하나는 투자액을 얼마든지 조달할 수 있는 경우이다. 먼저 투자액이 한정되어 있는 경우의 최적설계 방법에 대하여 알아보면 다음과 같다. 자연형 건물에 있어서 태양열 설비에 소요되는 금액은 집열창의 면적에 대체로 비례한다. 이를 수식으로 표현하면 다음과 같다.

$$COST_{SOLAR} = a \cdot A + C_a \dots\dots\dots(8)$$

여기서  $COST_{SOLAR}$ 는 태양열 설비비용  $a =$  상수

$A =$  집열창 면적

$C_a =$  상수이다.

$a$ 와  $C_a$ 의 값은 채택한 시스템의 유형, 집열창의 재료 등에 따라 달라지므로 기본적인 설계의 방향이 정해진 다음에 값을 구하도록 한다. 태양열 절감율을  $F$ 라고 부하를  $L$ 로 표시하면 보조열원 소모

<표 4> 단열 비용 표

건 물 요 소	선택방법	R (m <sup>2</sup> ·hr·°C/Kcal)	L (Kcal/DD)	비용 (천원)
1. 벽체 (80m <sup>2</sup> )	1	2.42	793	0
	2	3.89	494	106
	3	6.35	302	281
	4	12.29	156	704
2. 천정 (140m <sup>2</sup> )	1	3.28	1024	0
	2	4.51	745	104
	3	7.78	432	383
	4	14.54	231	958
3. 창문 (집열창 제외) (6 m <sup>2</sup> )	1	U = 8.01	1153	- 243
	2	U = 5.27	759	0
	3	U = 4.00	576	236
	4	U = 3.17	456	479
4. 기초단열* (50m)	1	0	1489	0
	2	1.02	746	263
	3	2.04	498	527
	4	3.06	373	791
5. 문 (3.7m <sup>2</sup> )	1	0.20	444	0
	2	1.52	58	23
	3	2.54	35	41
	4	3.56	25	106
6. 극간풍** (340m <sup>2</sup> )	1	0.2 ACH	428	2134
	2	0.4 ACH	856	850
	3	0.7 ACH	1497	229
	4	1.0 ACH	2139	0

량은  $L(1-F)$ 로 표시된다. 태양열 설비 투자액  $COSTSOLAR$ 가 제한되어 있으므로 이제 최적화 문제는  $a \cdot A + Ca + b/L - Cc$ 가 일정한 조건하에서  $L(1-F)$ 가 최소로 되게 하는  $A$  및  $L$ 의 값을 구하는 수학적 문제로 귀착된다.

여기서  $a \cdot A + Ca$ 는 태양열 설비에 드는 비용  $b/L - Cc$ 는 단열에 드는 비용이다. 이 방식의 해는 Lagrangian Multiplier의 방법에 의하여 다음과 같이 풀린다.

$$L_o = \sqrt{b \cdot LCR / (a \cdot R)} \dots\dots\dots (9)$$

$$A_o = L_o / LCR \dots\dots\dots (10)$$

여기서

$$R = 1 + LCR(1-F)/D \dots\dots\dots (11)$$

$$D = bF \cdot b \cdot (1/LCR) \dots\dots\dots (12)$$

(\* $d$ 는 미분치를 표시한다. 즉  $D$ 는  $F$ 를  $1/LCR$ 에 대하여 미분할 포함수(Derivative)이다.  $LCR$ 은 Load Collector Ratio를 뜻한다,  $L_o$ ,  $A_o$ 가 구하고자 하는 최적치이다.) 최적설계의 궤적(Locus)을 이루는 이 식들을 실제의 문제에 적용하는 방법은 다음과 같다.  $F$ 의 값이 0%, 10%.....90%인 경우에 대하여  $LCR$ ,  $D$ ,  $R$ ,  $A$  및  $A_o$ 를 차례로 계산한 다음 이들 수치로부터 총 투자액  $a \cdot A + Cab/L - Cc$ 를 계산한다. 계산결과로 나온 총투자액 중에서 원래 정해져 있는 투자액과 일치하는 점이 바로 최적 설계점이 된다.

투자액이 한정되어 있지 않은 경우에는 최적투자액을 결정하는 일까지 해야하므로 문제는 더 복잡해진다. 투자액을 한 없이 늘리면 연료비를 얼마든지 줄일 수 있지만 초기투자비가 과대해져서 경제성이 떨어지므로 어떤 적정투자액이 반드시 존재하게 된다. 여기서는 일반물가 상승율, 시장, 할인율, 연료비 상승율 등의 경제성 계수를 동원하는 수명기분석법(life cycle cost analysis method)이 필요하다. 자연형 태양열 시스템의 수명기분석법에 대하여는 <참고문헌2>를 참조하기 바람여 여기서는 본 방법의 핵심만을 간단히 소개하기로 한다. 보조열원 비용은 앞서의 참고문헌에 나타나 있는 방법에 의하여 계산되는 연료비 환산 계수  $h$ 를 이용하면  $h(1-F)L$ 로 표시된다. 이를 이용하면 건물의 난방에 소요되는 총비용은  $a \cdot A + b/L + Ca - Cc + h(1-F)L$ 로 계산되며 이식을 최소화하는 변수들의 값은 다음과 같은 것으로 알려져 있다

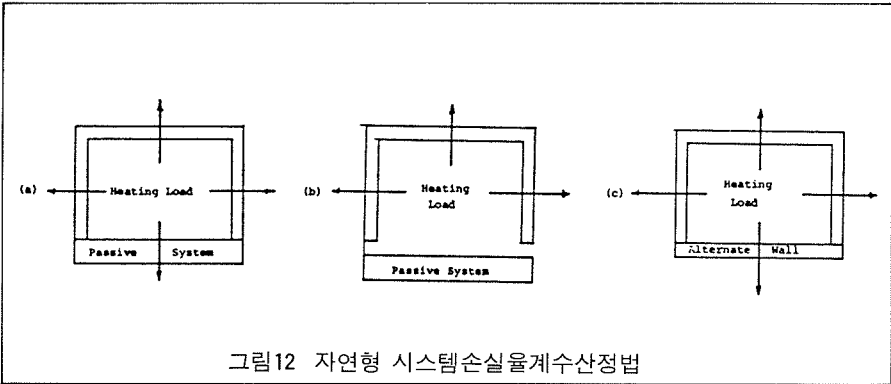


그림12 자연형 시스템손실율계수산정법

$$D = a/h \dots\dots\dots (13)$$

$$L_o = \sqrt{b/(a/LCR + h(1-F))} \dots\dots (14)$$

$$A_o = L_o / LCR \dots\dots\dots (15)$$

식 (9)-(12)의 해가 궤적을 이루는데 반하여 식 (13)-(15)의 해는 하나의 점, 즉 최적 설계점을 이룬다. 여기서 한가지 주목할 것은 식(14)에서 보면  $LCR$ 과  $F$ 의 값이 정해져야만  $L_o$ 의 값이 계산되는데  $LCR$ 은 본래  $A_o/L_o$ 로 계산되는 값이므로 다시 연립방정식을 풀어야 할 것이 요구된다는 것이다. 이런 형태의 방정식을 푸는 별도의 계산법은 없으므로 결국 Iteration 방법을 사용해야 한다. 자연형 시스템의 최적화에 있어서는 최적점이 한 두개의 변수가 변한다고 하여도 그리 많이 이동하지 않으므로, 혹은 수학적으로 말하자면 동일한 순이익을 얻는 투자 방법의 등고선(또는 등고면)이 flat하므로 Iteration은 보통 1~2회로써 충분히 정확한 값을 얻을 수 있다.

4) 시스템의 성능분석 및 효율계산  
태양열시스템의 성능은 시스템의 열부하(Heating load)와 밀접한 관계가 있다. 이 열부하는 지역의 기후조건과 건축의 설계변수 및 건축기술에 따라 크게 달라질 수 있다.

건물의 열부하를 구하는 방법으로 가장 널리 사용되고 있는 것은 난방도일 계산법(Degrr-day method)이다. 그러나 국민학교는 이용시간이 주간으로 한정되어 있으므로 일반적으로 사용되고 있는 난방도일계산법을 그대로 적용 하기에는 부적합한 면이 있다. 따라서 본 연구에서는 시스템의 실이용시간 즉 주간만의 난방도일을 계산하여 교실에서의 열부하를 산정하였다.

(1) 난방부하

난방도일계산법은 난방을 필요로 하는 건물에서의 난방연료 소모량은 실내의 온도차에 비례한다는데 근거를 둔 것으로 주간 실내온도를 적정온도인 22°C로 유

지하는데 필요한 일간 열부하는 다음과 같이 계산된다.

$$Q_{tot} = U_A \cdot \int_{month} DDA, dt = U_A \cdot DD \dots\dots\dots (16)$$

여기서  $U_A$ 는 건물의 열손실율  $DDA$ 는 일별 주간난방도일,  $DD$ 는 일간 난방도일이다.

(2) 건물의 열손실율( $U_A$ )

자연형 태양열시스템에서는 태양열 시스템의 추가로 인하여 건물 열손실율의 변화를 가져오므로 설비형시스템의 경우와는 달리 건물 열손실율을 계산하는 방법을 단일화 하기가 어렵다.

일반적으로 자연형시스템에서의 건물 열손실율을 구하는데는 다음의 3가지 방법이 있다.

제 1방법은 건물 전체를 하나의 정상 전도체로 가정하는 것으로 집열공간 부분을 포함하여 건물 열손실율을 계산하는 것이다. [그림12-a]이 경우

$$Lref = Ltot \dots\dots\dots (17)$$

로 계산된다. 여기서  $Lref$ 는 태양열 절감율(Solar Saving Fraction)을 구하는데 있어서 기준이 되는 열손실 계수이며  $Ltot$ 는 건물 전체의 정상상태에서의 열전도율이다.

제 2의 방법은 집열공간이 [그림12-b]와 같이 단열되어 있다고 가정하여 기타 부분에서의 열손실만을 계산하는 것이다. 이 방법은 집열공간 즉 태양열 시스템을 건물과 독립시켜서 생각하는 것으로 이때  $Lref = Lnet \dots\dots\dots (18)$ 로 표시된다. 여기서  $Lnet$ 는 비집열 공간의 정상상태에서의 열전도율이다.

제 3의 방법(그림12-c)와 같이 집열공간 부분을 태양에너지 효과를 갖지 않는 다른 벽으로 대체하여 계산하는 것이다. 이 경우

$$Lref = Lnef + Lwall \dots\dots\dots (19)$$

로 계산된다. 여기서

$L_{wall}$ 은 대체한 벽의 정상상태에서의 전도율이다. 이 대체벽(alternate Wall)의 열 전도율은 미집열공간 벽들의 평균 전도율로 잡는 것이 합리적이다. 즉

$$L_{wall} = A_{wall} \cdot U_{arg} \dots\dots\dots (20)$$

여기서  $A_{wall}$ 은 대체벽의 면적,  $U_{arg}$ 는 미집열공간의 평균  $U_A$  값이다. 본 연구에서는 3번째 방법을 사용하였다.

(3) 효율계산

자연형 태양열시스템의 성능 평가기준이 되는 가장 중요한 인자는 태양에너지 의존율(Solar Saving Fraction; SSF)이다. SSF는 다음 식으로 정의된다.

$$SSF = \frac{Q_{save}}{L_{ref}} = 1 - \frac{Q_{aux}}{L_{ref}} \dots\dots\dots (21)$$

여기서  $Q_{save}$ 는 태양열 시스템에 의한 에너지절감량이며  $Q_{aux}$ 는 보조열원 사용량이다.  $L_{ref}$ 를 정하는 방법에 따라  $Q_{save}$ 의 정의도 달라지게 된다.

제 1 방법에서는  $Q_{save} = Q_{sol}$ , 즉 태양열 취득량 전체를  $Q_{save}$ 로 보게된다.

제 2 방법에서는  $Q_{save} = Q_{sol} - Q_{loss, sol}$ 로 정의된다. 여기서  $Q_{loss, sol}$ 은 집열공간을 통한 열손실이며 집열공간 부분을 건물과 독립된 시스템으로 볼 때는  $Q_{save}$ 를 이렇게 정하는 것이 타당할 것이다.

제 3 방법에서는  $Q_{save} = Q_{sol} - (Q_{loss, sol} - Q_{lass, wall})$ 로 계산된다. 여기서  $Q_{lass, wall}$ 은 대체벽을 통한 열손실을 의미한다.  $Q_{save}$ 를 구하는 방법은 이와 같이 여러 방법이 있는 반면  $Q_{aux}$ 는 어느 방법에서나 그 값이 같게 된다. 즉 제 1 방법에서는

$$Q_{aux} = L_{ref} - Q_{save} = L_{tot} - Q_{sol} \dots\dots\dots (22)$$

이 되며 제 2 방법에서는

$$\begin{aligned} Q_{aux} &= L_{ref} - Q_{save} \\ &= L_{net} - (Q_{sol} - Q_{loss, sol}) \\ &= (L_{net} + Q_{loss, sol}) - Q_{sol} \\ &= L_{lot} - Q_{sol} \dots\dots\dots (23) \end{aligned}$$

그리고 제 3 방법에서는

(표 5) 계산결과

건물요소	$A_i$	$C_i$	$\gamma_i$	$b_i$	$\sqrt{b_i}$
1. 벽체	80	172	0.891	137	370
2. 천정	140	272	0.612	288	537
3. 창문	6	722	637.7	551	742
4. 기초단열·	50	265	5.17	394	628
5. 문	3.7	6	8.45	2.78	52
6. 극간풍·	340	533	533	114	338
합계		1976			2667

$$\begin{aligned} Q_{aux} &= L_{ref} - Q_{save} \\ &= L_{net} + L_{wall} - (Q_{sol} - Q_{loss, sol} + Q_{loss, wall}) \\ &= (L_{net} + Q_{loss, sol}) + (L_{wall} - Q_{loss, wall})^{*1} - Q_{sol} \\ &= L_{tot} - Q_{sol} \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

로 구해진다.

\* 1 주 :  $L_{wall} = Q_{loss, wall}$  본고에서 설명한 에너지 분석방법에 의하여 시간별 일사량, 외기온도, 풍속 등의 기상자료와 집열창 면적, 투과율 등 건물의 설계변수로 부터  $Q_{sol}$ 을 구할 수 있으므로 SSF는 다음과 같이 된다.

$$\begin{aligned} SSF &= 1 - \frac{Q_{aux}}{L_{ref}} \\ &= 1 - \frac{L_{tot} - Q_{sol}}{L_{ns}} \\ &\dots\dots\dots (25) \end{aligned}$$

여기서  $L_{ns}$ 는 비태양열 건물의 난방 부하로서  $L_{ns} = L_{net} + L_{wall}$ (제 3 방법 참조)로 정의된다.

4) 결론

자연형 시스템의 연구는 크게 나누어 일견 상반되는 두가지 방향으로 이루어져야 한다. 그 하나는 시스템 설계의 기본자료인 기상자료, 건물규모, 시스템 유형 및 경제성 자료가 주어지면 하나의 일관된 지침에 의하여 최종 설계도가 자동적으로 나오도록 하는 이른바 “표준화 사업”이며 다른 하나는 설계자가 자기의 의도 혹은 취향대로 표준설계에서 벗어난 설계를 하고자 할때에 최적 자연형 시스템이 갖추어야 할 조건을 위반하지 않도록 하는 “방법론을 제시”하는 것이다. 본고는 후자의 방향에서 가장 기본적인 원칙만을 소개한다는 입장에서 서술하였다.

본고의 전반부에서는 자연형 건물을 단열건물의 진보된 형태로 보고 자연형 건물의 설계시 유념할 사항 및 작동원리를 간략하나마 광범위하게 논하였다. 또한 후반부에서는 경제성에 바탕을 둔 최적설계법을 다루었다. 자연형 건물의 난방에 소요되는 경비는 기존 일반건물에서 필요한 연료비에 단열건물에서 필요한 단열비용이 추가되며 여기에 태양열 설비 투자비가 더 들어간다. 이들 세 부분의 합이 최소가 되게 하는 설계점을 찾는 것이 본 최적설계법의 골자이다. 설계점이란 합은 여러 설계변수들로 이루어진 좌표로 정의된다. 설계변수에는 집열창의 크기, 건물 각 부위의 단열, 축열벽에 선

택흡수 처리를 할 것인지의 여부 등 설계변수는 헤아릴 수 없이 많으나 현재까지 연구된 최적설계법은 이중 가장 중요한 두 인자, 즉 집열면적과 각 부위의 단열을 최적화하는데까지 이르고 있다. 이 들외의 다른 여러 설계변수에 대해서도 본고에서의 같은 방법을 적용할 수 있도록 하는 것이 앞으로의 연구과제라 하겠다.

V. 결론

에너지를 절약할 수 있는 방안으로는 크게

- 불필요하게 낭비, 소모되는 에너지 소비를 억제하고
- 에너지 기자재의 효율을 향상시켜, 단위 이용율을 높이거나
- 단위 이용율은 비록 떨어지지만 보다 많은 부위에 이용될 수 있도록 하는 3 가지로 대분된다.

그러나 첫번째의 에너지 소비를 억제하는 데에는 한계가 있으므로 절대적이 될 수 없고 둘째의 효율이 좋은 기자재를 이용한다는 것은 바람직하나 개발하는데 시간이 많이 걸리고 상대적으로 가격이 비싸지는 단점이 있다. 그러므로 태양 에너지와 같이 취약성을 갖고있는 경우에는 세번째 방법인 비록 효율은 약간 떨어질지 모르지만 많은 부위에 이용될 수 있도록 하여 상대적인 경제성을 높이면서 에너지 절약 효과를 얻도록 하는 것이 바람직하며 건물에 태양 에너지를 이용하는 것도 같은 맥락에서 이루어져야 한다.

특히 일반적으로 에너지 위기는 1973년 중동 산유국의 유가 상승에 의하여 일어났다고 알려져 있으나 세계적으로 볼 때 실은 제 3 차 에너지 위기라 함이 옳다.

제 1 차는 산업혁명 당시 석탄의 수요가 급증하므로 석탄이 고갈될 것에 대비하여 대체 에너지 개발을 서둘러야 하는 뜻에서 태양 에너지 연구에 대한 열이 고조 뉴턴, 라보아제 등 대 학자들이 연구하였으나 경제성이 없어 더 진전을 보지 못하였고,

제 2 차는 1800년말 석유의 실용화가 촉진됨으로 1 차때와 동일한 이유로 태양 에너지 개발 붐이 일어났으나 1910년경 천연가스를 이용할 수 있는 방안이 개발되어 대체 에너지 개발이 위축되었다가 1973년 다시 제 3 차 에너지 위기를 맞게

되었다. 그러나 제3차 위기에는 석탄, 석유 등 화석연료 자체가 모두 고갈된다고 강조하는 것이 특징이다. 그러므로 현재 사용되고 있는 태양 에너지 이용기술은 1970년대 부터 갑자기 개발된 것이 아니라 19세기말 제2차 에너지 위기 때 개발된 것이 대부분이라 해도 과언이 아니다. 자연형 시스템도 이 당시 이미 정립되었고 설비형 시스템중 집광형이 아닌 평판형 집열기가 이 당시 부터 보편화 되었다.

요사이 석유가가 인하되는 등 하여 다소 대체 에너지 개발이 주춤해진 경향이 다소 있다고는 하나 에너지 위기가 근래에 다시 도래할 것이라는 것은 이미 주지의 사실이다.

그러므로 비록 태양에너지 분야는 태양 자체가 간헐적이고 밀도가 희박한 취약성이 있어 기술 개발에도 유한성이 필연적으로 대두되기는 하나 그 중에서도 건물에 태양에너지 이용은 가장 경제성이 있고 또 비교적 단순하므로 보다 많은 사용자를 유도하여 각 건물의 이용도

에 따른 기여도는 비록 작지만 국가적으로 보아 커다란 이용 효과가 있는 방안을 강구하여야 할 것이다.

이에 비추어 건물을 설계하고 시공, 관리에 가장 중추적으로 역할을 하고 있는 건축사들이 설계 개념에 있어 태양 에너지를 이용하여 에너지를 절약하는 방법을 건물의 미, 동선 등과 마찬가지로 고려하여 건물에 있어서 에너지 소비를 근본적으로 절약토록 한다면(우리 나라 총 에너지 소비의 40% 정도를 건물에서 사용하고 있음), 앞으로 도래될 에너지 위기는 슬기롭게 대처될 수 있을 것이다.

#### ■ 참고문헌

1. 연구보고서, "자연형 태양열 시스템 개발(I)", 1981, "자연형 태양열 시스템 개발(II)", 1982, "자연형 태양열 시스템개발(III)", 1983, "자연형 태양열 시스템 개발(IV)", 1984, "자연형 태양열 시스템 개발(V)", 1985, 한국동력자원연구소
2. 이 중호외, "자연형 태양열 시스템에 의한 학교 교실의 난방에 관한 연구".
3. 오정무외, "태양 에너지 연구 시험 센터 설계 및 효율에 관한 연구", 태양에너지, Vol 2, No.2, 태양에너지학회 1982.
4. 이 중호외, "태양열 투과체 특성에 관한 고찰". 태양에너지, Vol 2, No.2, 태양 에너지학회, 1982.
5. 이 중호외, "태양열 교실의 열적 효율에 관한 연구", 건축, Vol 26, No.109, 건축학회, 1982.
6. 이 중호외, "전산 방법에 의한 자연형 태양열 학교 교실의 효율 및 경제성 연구", 건축, Vol 27, No.1, 건축학회, 1983.
7. 이 중호외, "자연형 태양열 난방시스템의 원리와 설계", 주택, No.45, 대한 주택공사, 1984.
8. 연구 보고서, "설비형 태양열 시스템 개발", 1982, "설비형 태양열 시스템 개발(I)", 1983, "설비형 태양열 시스템 개발(II)", 1984, "설비형 태양열 시스템 개발(III)", 1985, 한국동력자원연구소
9. 연구 보고서, "대전시 공설 운동장 실내 수영장 태양 에너지 이용에 관한 연구", 한국동력자원연구소, 1984.

## 「하와이」 (Hawaii : 신이계시는 곳) 제도와 「진주만」의 유래

김 일 영  
동신건축사사무소 대표

동양과 미대륙을 연결하는 태평양상의 징검다리, 철석이는 은빛 파도와 우거진 야자수 그늘, 열정적인 하와이안댄스— 이 모두가 우리들의 마음을 설레게하는 천혜의 낙원! 이 섬이 바로 「하와이」이다.

「하와이」주는 1959년 미국의 50번째의 주로 편입되었으며 북태평양상의 중앙부에 있는 「하와이」 제도와 미드웨이(Midway)섬 및 존스톤(Johnston)섬 등으로 이루어져 있다.

그중에서 「하와이」 제도는 옛날에 4개의 왕국으로 나누

어져서 늘 서로 싸움을 하고 있었던 관계로 통일된 제도의 명칭이 없었다고 한다.

1778년 영국의 항해가 쿡(Cook, James 1728~1779) 선장이 처음으로 이 섬을 발견하였는데 그 당시의 영국해군총사령관 샌드위치(Sandwich 1718~1792) 백작을 기념하기 위하여 이 제도를 「샌드위치」 제도라고 명명하여 원주민들에게 부르게 하였으나 자연적으로 소멸되었다고 한다.

그 후에 미국의 포경선이 이 섬에 도착하여 여러 섬들 중에서 가장 큰 섬의 이름인

「하와이」를 택하여 제도전체의 명칭으로 부르기 시작하였다. 그런데 이 「하와이」란 말의 뜻은 폴리네시아(Polynesian : 북태평양상의 다도해 사람들의 언어)어로 〈신이계시는 곳〉이란 뜻이라고 한다. 하와이 제도 동남단에 있는 주도(主島) 마우나케아(Mauna Kea 4,217m) 마우나로아(Mauna Loa 4,171m) 및 킬라우에아(Kilauea 1,222m) 화산 등 높고 웅장한 산정에서 뿜어내는 붉은불꽃을 볼 때마다 그 당시 원주민들에게는 큰 두려움의 영산이 되었음이 짐작되고도 남는

다. 그리하여 〈신이계시는 곳〉이란 뜻의 하와이란 말로 불려져 왔던 것이 이 지명의 유래라고 한다.

진주만(眞珠灣)은 하와이 제도중의 하나인 「오하우(Oahu)섬의 만(灣)의 명칭으로서 영어의 Pearl(眞珠)과 Harbor(灣)의 합성어이다. 그옛날 이곳 원주민들 사이에 「이 만에는 진주어가 있었다」고 전하여 내려온 말을 듣고 미국의 포경업자들이 이 만을 「진주만」이라고 부르기 시작한 것이 또한 그 유래라고 한다.

(참고 세계지명의 어원)