

태양의 집 원리와 설계

The Principle and Design of Solar System Architecture

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

I. 서론

산업혁명이후 물질 문명의 발전이 인류에게 안녕과 편리함을 가져다 준 반면에 기계 문명의 발달과 함께 자연은 파괴되어 갔고 태초 이래 조상들이 써 왔던 것보다 더 많은 양의 천연자원을 최근 수백년 동안에 써버려 거의 모든 천연자원이 동이난 상태에 이르고 있다.

한 학자의 보고에 의하면 이러한 현 소비 추세가 계속된다면 화석 연료의 매장량은 2,000년대 까지의 에너지 수요를 충당하기에도 충분치 못하여 정책적으로 화석 연료의 소비를 억제한다해도 2,020년 경이면 실제로 고갈 상태로 들어서리라는 전망이다.

따라서 닥아오는 에너지 위기에 대처할 대체 에너지 및 새로운 에너지 자원의 개발은 그 중요성을 더해 가고 있다. 그중에서도 태양 에너지는 새로운 에너지를 찾는 것이 아니고 지구의 존재와 함께 존재하여 왔고 지구의 모든 생물에 생명을 공급하고 있는 태양을 그대로 또는 변형하여 이용하자는 것이므로 태양은 고갈되지 않는한 무한한 에너지 원인 것이다.

국내에서의 태양 에너지 이용은 1970년대부터 거론되다가 1970년말부터 본격적으로 보급되어 1985년말 현재 전국적으로 약 4,000개소 이상에 다다른다. 그러나 태양전지 사용을 제외한 분야에서는 거의 모두 설비형 태양열 시스템을 이용한 태양의 집에 국한되었다.

설비형 시스템이란 집열기를 건물의 지붕, 벽 혹은 건물과 구분하여 설치하고 이에 부수되는 저장 및 제어시스템을 경비토록 한 것이다. 그러나 태양열을 집열하는 용도의 집열기라는 고가의 기계 일종을 필수적으로 사용하여야 하므로 전반적으로 태양 시스템이라 하면 가격이 비싸고, 시스템 단순화 부족으로 인한 기술적 문제점, 유지 관리 미숙으로 인한 고장 등이 야기되고 또한 건물의 외부, 즉 태양을 많이 받을 수 있도록 집열기가 노출되어야 하므로 상대적으로 건물의 미관을 해치는 문제가 일어났다. 따라서 이러한 문제점들이 원인이 되어 일반인들의 인식이 흐려지게 되었고 자연히 일부 분야를 제외하고는 태양 에너지의 보급이 둔화되었다.

한편 지금까지 건물에서의 에너지 절약 개념은 건물의 지붕 또는 벽에 충분한

한 단열재를 사용하여 실내의 열을 최대한 외부로 손실되는 것을 막아주도록 함으로써 에너지 절약을 도모하였으나 이러한 것은 역으로 생각하면 태양열을 비롯한 외부로부터의 일열의 열을 차단시켜 외부의 열 이용 측면에서는 바람직하지 못하다.

따라서 단열 효과와 병행하여 건물 자체가 집열 역할을 할 수 있는 구조 집열 개념을 도입하여 지붕 및 벽에 쏟아지는 많은 태양열을 실내로 들어 오지 못하게 할 것이 아니라 실내에서 필요하면 실내로 유입, 이용하고 실내에서 필요치 않을 경우는 실내로의 유입을 차단하여 건물 구조체가 다목적으로 이용됨으로 에너지 절약 효과를 기할 수 있다.

본 고에서는 이러한 태양에너지 시스템 도입의 일환으로 건축사들이 손쉽게 설계시 고려할 수 있는 자연형 태양열 시스템에 대하여 중점적으로 기술하고(혹자는 자연형 태양열 시스템을한 시스템으로 보지 않고 건축설계시의 에너지 절약을 위한 고려사항이라고 하기도 함), 이제까지 잘 알려진 설비형 태양열 시스템은 개념만 서술하였다.

II. 태양 에너지 개요

태양의 집에 들어가기 앞서 먼저 그 무한한 에너지원인 태양에 대해 좀 더 자세히 알아 보기로 한다. 은하계의 별 중의 하나인 태양은 거대한 핵 융합 반응로이다. 태양 에너지는 300,000km/초의 속도로 8.3분이 걸려야 지구에 도달할 수 있다. 태양은 그 직경이 1,390,000km이며 지구 크기의 약 백만배나 되는 엄청난 것이다. 광구나 표면의 온도는 약 5,700°C이다. 중심 에너지의 핵 변환은 강렬한 열을 발생하고 매초당 36억kg(약 4백만 톤)의 질량을 소모한다. 태양은 수소 4핵을 하나로 결합시키는 수소 폭탄의 역할을 한다. 그 결과 중심부에서 열을 발산하며 이 열은 복사에 의하여 중심에서 가장 가까운 곳에 전달되고 다시 대류에 의하여 외부로 발산된다. 또한 지구는 태양으로 부터 매우 멀고(1억5천만km) 지구는 태양에 비하여 매우 작으므로 태양 복사는 지구에 평행 광선으로 전해진다고 간주된다.

태양으로 부터의 에너지 복사는 지구상의 대부분의 에너지에 촉매 작용을 하게 하거나 직접 공급된다. 서로 레벨이

이종호 / 한국동력자원연구소 : 실장, 공박
오정무 / 한국동력자원연구소 : 부장, 공박

다른 많은 에너지는 지구를 향하여 지속적으로 흐르나 이 주파수가 서로 다른 복사 에너지가 전부 대기를 뚫고 지구 표면에 도달되는 것은 아니다. 그것은 대기가 O₂, H₂, N₂ 등 여러가지 다른 물질로 여러 층을 형성하고 있기 때문이다. 가시 광선은 이러한 여러 레벨의 층을 뚫을 수 있는 태양 에너지의 한 부분이다. 반면 자외선 및 적외선 에너지는 대기에 의하여 흡수되거나 반사된다. 대기의 상층부는 위험한 자외선 복사 및 X선을 흡수하는 오존(O₃)을 포함하고 있다.

대기를 뚫는 태양의 복사중 얼마는 지구표면 또는 구름에 의해 반사되며 또 얼마는 대기 하부에 의하여 흡수되는데, 후자는 공기의 온도를 높인다. 이것은 공기의 이동 즉 바람을 일으키는 온도차이를 형성하게 하며, 바람의 주요 흐름과 패턴은 지구의 축을 중심으로 한 회전과 주간 태양에 의한 가열 및 야간의 냉각 순환의 결과이다. 에너지의 막대한 양이 바다, 육지, 식물, 건물등 지구 표면 자체에 흡수된다. 태양에너지가 물을 증발시키고 완전한 물(수리학적) 전환 사이클을 유발시키며, 태양의 주위를 도는 지구의 운동과 함께 물 순환과 바람은 날씨 및 계절의 변화를 제공한다.

지구는 가만히 서 있는 정적인 물체가 아니며 단지 얇은 대기에 쌓여 보호되며 움직이는 동적인 것이다. 지구는 무한의 궤도를 여행하며 태양으로부터 에너지를 얻는 커다란 우주선(Space Ship)인 것

이다. 이와 같이 태양으로부터 지구 표면에 쏟아지는 에너지량은 1.34×10.21 Kcal로서, 이량은 1980년 세계 총 에너지 소비량의 23,500배에 해당하는 막대한 량이다.

태양 에너지 이용 분야는 크게 태양열 이용과 태양광 이용으로 나뉘어 진다. 태양광 이용 분야는 태양 전지를 사용하는 것으로 가까운 손목시계, 전산기 등에 이미 보편적으로 보급되어 있으며, 인공 위성, 우주선 등의 전원으로도 태양전지가 실용화되어 있고 태양광 발전소의 실용화도 추진중에 있다. 태양열 이용은 다시 크게 두 가지로 나뉘어 건물의 냉·난방 및 급탕, 건조 등 태양열을 직접 이용하는 것과 태양열 발전, 해수, 담수화 등 태양열을 간접적으로 이용하는 것으로 분류된다. 그중에서도 건물에 태양열을 직접 이용하여 냉·난방 및 급탕을 하는 것은 쉽게 실용화할 수 있고, 기술적으로 어려운 문제점이 없는 분야로 중점적으로 기술한다.

Ⅲ. 태양 에너지 이용 현황

1. 외국보급 현황

세계적으로 볼 때 신·재생 에너지 개발 현황은 각국의 특성에 따라 다소 차이는 있으나 그중 태양에너지 이용이 가장 활발히 추진되고 있다해도 일부 분야를 제외하고는 경제성 및 기술부족 등으로 총 에너지 수급으로 볼 때는 미미한

비중이며 대규모 이용에도 한계가 있음은 부인할 수 없다. 특히 세계 석유가의 인하 및 선진국 그중에서도 미국 레이건 행정부의 신 에너지 정책 전환(단기적으로는 부존 에너지 자원의 최대 생산 및 활용)과 재정적자 해소를 위한 긴축 정책으로 태양 에너지에 대한 개발이 1973제 1차 에너지 쇼크 당시에 비해서는 다소 느린 감이 있다.

그러나 태양열 건물의 경우만 하더라도 미국의 경우 태양의 집이 6만채 이상, 태양열 급탕 시설이 24만채이며 일본의 경우는 총 3백만채 이상이 태양 에너지를 이용하여 냉·난방 및 급탕을 해결하고 있다. 특히 대형 건물인 경우 고층빌딩이 아니면 태양열을 이용하여 냉·난방을 해결하는 추세이며 일본 총 에너지의 0.2%를 태양 에너지로 해결하고 있다. 이 양을 한국 에너지 소비량으로 환산하면 2.5~3%에 해당하는 막대한 량이다.

독일, 프랑스, 영국 등에서도 각각 5만채 이상이 보급되어 있으며 이스라엘 같은 나라는 1/3 이상의 건물이 태양 에너지를 사용하고 있는 실정이다. 그밖에 식품 가공, 곡물 건조, 축사, 온실등 농업분야, 저온 및 고온열을 이용하는 공정열 시스템이 실용화되어 있고 5~10MW급의 태양열 발전소가 가동중이다. 태양광 발전의 경우 현재 광 전환 효율이 13% 정도인 태양 전지가 W당 10달러로 매우 비싼 편이나 1990~1995년에는 1달러 정도로 감소되어 기존 발전 방식과 경쟁이 가능할것으로 추정하고 있다.

〈표 1〉 우리나라 태양에너지 이용현황

구분	내 용	'83까지	'84보급	계	'85계획
설	주 택	700	22	722	30
	급탕시설	1,275	145	1,420	250
	관 사	7		7	
	골 프 장	3	6	9	10
비	공중목욕탕	24	1	25	
	기타(파출소, 양어장)	64	4	68	10
형	소 계	2,073	178	2,251	300
자 연 형	주 택	36	290	326	230
	교 실	269	133	402	250
	기타(출장소, 군사막 등)	32	2	34	20
	소 계	337	425	762	500
태 양 광	유·무인 등대	263	65	328	80
	전화전원용	185	169	354	200
	우량축정용	78		78	
	소형발전	5	9	14	20
	소 계	531	243	774	300
합	계	2,941	846	3,787	1,100

2. 국내 보급 현황

국내 태양 에너지 보급 현황은 표1과 같다. 그러나 우리나라에서는 태양 에너지 보급 초기에 가동시간이 짧고 비교적 경제성이 적은 설비형 주택만을 위주로 보급이 유도되었기 때문에 다음과 같은 문제점이 대두되었다.

○공급 업체의 기술 부족 및 홍보과다로 인하여 영세 업체들이 난립하여 부실 시공 및 도산으로 시공 후 사후 관리가 부족하였고,

○사용자의 관리 및 운전 미숙으로 인한 고장 등에 능동적으로 대처하지 못하였고,

○시스템의 단순화 결여로 인한 기술적인 문제점과 유지 관리상 문제점이 야기되어 결과적으로 태양 에너지에 대한 일반인들의 인식을 흐리게 하였다.

그러나 정부에서는 이와같은 문제점을 해결하기 위하여

○성실한 업체를 중심으로 제품, 시공, after Service를 일괄 책임하에 수행토록 유도하는 방안으로

-하자보증보험 제도 도입 및 after Service의 보증

-운전 관리 지침 제공

-시공 확인 철저(에너지 관리공단)을 기하였다.

또한 태양 에너지 보급의 보다 근원적인 방안으로 년중 이용도가 높고 경제성이 양호하며 시스템이 단순하여 유지, 관리가 용이한 급탕시설 및 구조집열 시스템으로 설비형 태양열 시스템을 중점적으로 보급하고 축열이 필요없고 주간에만 사용하는 사무실, 학교 등에는 자연형 태양열 시스템 적용을 권장하고 있다.

IV. 태양열 시스템 원리와 설계

태양열 시스템을 설치하여 냉방 및 난방 혹은 급탕을 태양열로 충당할 수 있게 만든 건물을 태양열 건물이라 한다. 여기서 태양열 시스템이라함은 그 구성요소로 집열부(Collector Element), 축열부(Thermal Storage Element) 및 이용부(Use Element)가 모두 갖추어진 시스템을 의미하며 각 구성부간의 열 전달 방법이

○모두 기계적 강제 순환 방식에 의한 때 이를 설비형(Active System) 시스템이라 하고

○모두 비 기계적 자연 순환 방식에 의한 때 이를 자연형(Passive System)이라 하고

○주로 비 기계적 자연 순환 방식에 의한 것이나, 약간의 기계적 강제 순환

도 첨가한 것을 혼합형(Hybrid System) 시스템이라 일컫는다.

여기서 기계적 강제순환 방식이라함은 펌프나 송풍기(FAN)과 같이 외부로부터 타 에너지를 소모하는 기계를 사용하여 열 전달을 시키는 방식을 뜻하며, 반면에 자연순환 방식은 외부로부터 타 에너지의 개입없이 열 전달이 자연적인 현상(전도, 대류 혹은 복사)에 따라 이루어지는 방식을 의미한다. 본고에서는 주로 자연형 시스템(Passive System)에 대하여 기술한다.

1. 설비형 태양열 시스템(Active Solar Energy System)

설비형 태양열 시스템은 크게 집열부, 축열부, 이용부와 기타 순환시설, 보조열원 및 제어장치로 구성되어 있다(그림 1). 일반적으로 집열기로 얻는 열량과 건물의 난방 부하 및 기타 열 부하는 항상 평형 상태를 이루지 못한다. 따라서 이러한 점을 적절히 조절하기 위한 기계적인 장치가 필요하게 된다.

태양열 시스템에서 중심이 되는 것은 축열 장치이다. 축열 장치는 집열기로 얻은 열량을 일단 저장하거나 아니면 직접 사용하고 남은 열량을 저장해서 필요 시 이 열량을 공급한다. 축열조의 열량이 열 부하를 충족시키지 못할 경우에 보조 열원 장치가 작동하여 열을 공급하게 된다. 이러한 작동 원리를 자동적으로 수행하기 위한 장치가 제어 장치이다. 이 태양열 시스템은 작동 및 조절이 용이해야 하고 유지비 및 시설비가 적게 들어야 하며 건물에 거주하는 사람이 원하는 쾌적한 환경을 만들어 줄 수 있어야 한다.

태양열 시스템의 종류는 크게 열 전달 매체에 의해 분류할 수가 있으며(액체식과 공기식) 액체식은 집열부의 동파방지

대책과 걸리는 압력에 따라 다시 분류된다. 이 절에서는 작동 매체에 의한 분류만 논하며 상세한 것은 생략한다. 설비형 시스템에 대하여는 시중에 많은 자료가 있으므로 참조할 수 있다.

1) 액체식 시스템

전형적인 액체식 태양열 시스템은 그림 2와 같다. 이 시스템은 집열 매체로서 물이나 부동액 등의 액체가 사용되고 축열체로서는 물이 사용된다. 집열기에서 집열된 열 에너지는 수조식 축열조에 감지될 수 있는 열의 형태로서 저장되고 난방 및 온수 급탕에 열이 필요할 경우에 공급된다. 태양열 집열기 내의 열 전달 매체가 걸빙기의 야간이나 흐린날 배수되지 않는다면 집열기 동파 방지는 부동액을 열 매체로서 이용하여 해결한다.

이 경우에 액체-액체식 열 교환기가 태양열 집열기와 축열조 사이 혹은 축열조내에 설치 되어야 한다. 왜냐하면 축열조로 부동액을 사용하는 것 보다는 열 교환기를 사용하는 것이 경제적이기 때문이다. 액체-공기식 열 교환기는 축열조로 부터 열을 건물내로 공급하는데 즉 난방에 이용된다.

또한 액체-액체식 열 교환기는 축열조의 열을 온수 급탕에 이용하기 위하여 필요하다. 보조 열원은 축열조의 열이 부족할 경우 사용된다. 그밖에 제어장치, 압력 조절밸브, 펌프 및 배관재로서 시스템을 조립한다.

보통 태양열 집열기내 열 매체 설계유량은 집열 면적 1㎡ 당 약 0.015ℓ / 초이다. 축열조 용량은 집열면적 ㎡ 당 50~100ℓ의 수량이다. 태양열 시스템의 성능은 집열기 1㎡ 당 축열 수량이 50ℓ 이상 되는 한 집열 성능이 크게 변하지 않는다. 그러나 축열 수량이 지나치게 클 경우 집열 성능은 향상되나 축열수 온도

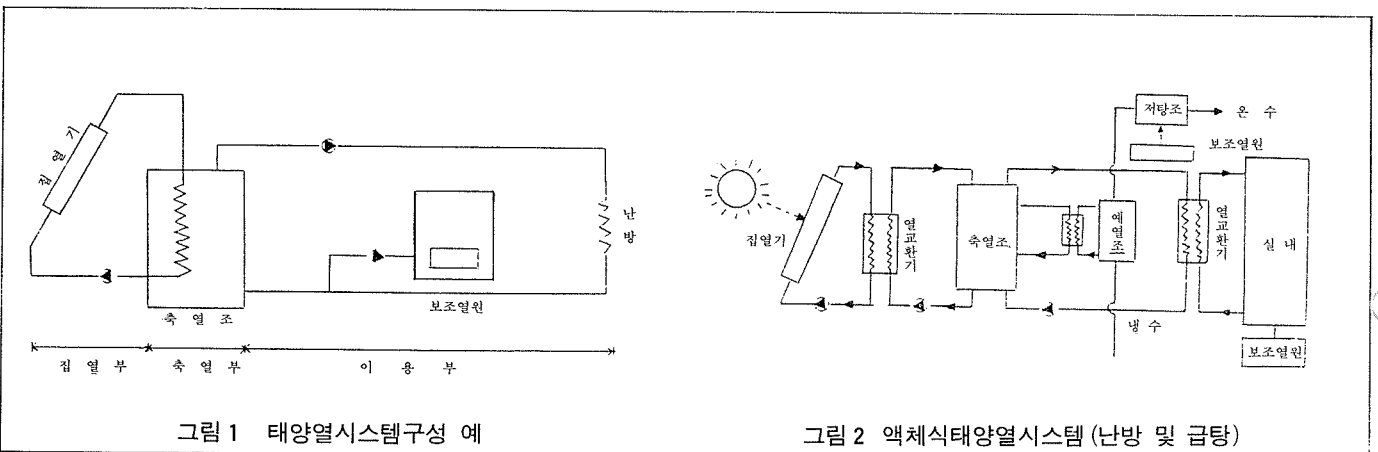


그림 1 태양열시스템구성 예

그림 2 액체식태양열시스템 (난방 및 급탕)

가 낮아 이용 효과가 감소되므로 그 지방의 기후 조건이나 태양열 기기의 특성에 맞게 설계하여야 한다. 일반적으로 추운지방일수록 태양열 집열기가 고온용일수록 축열 용량은 적게하고 더운 지방이거나 저온용 집열기를 사용할 경우에는 축열 용량을 크게 잡는 것이 바람직하다.

축열 난방을 위한 액체-공기식 열 교환기는 태양열 시스템의 성능을 지나치게 저하시키지 않도록 설계되어야 한다. 만일 열 교환기의 용량이 너무 적으면 축열수의 온도가 필요 이상으로 높아야 하므로 태양열 집열 효율을 저하시키게 된다. 즉 태양열로 얻는 온도보다 높은 온도를 필요로 하는 방열기는 태양열 시스템에서는 적합하지 않다.

2) 공기식 시스템

전형적인 공기식 태양열 시스템은 그림 3과 같다. 태양열 집열기로부터 더워진 공기는 실내나 자갈식 축열조로 보내진다. 더워진 공기에 의하여 자갈을 덩그러진 열 에너지로 저장된다. 야간이나 흐린날 난방이 필요할 경우나 혹은 태양열이 불충분한 경우에 데워진 자갈식 축열조로 통하여 공기가 순환되어 실내로 열을 공급하게 된다. 보조 열원은 자갈식 축열조의 열이 불충분할 경우에 사용된다.

온수 급탕에 필요한 열은 집열회수 라인내의 열 교환기에 의한 자연 순환으로 저장조를 데운다. 이것이 불충분하면 보조 열원이 작동하여 요구 온도까지 열원을 공급한다. 여름철에는 난방은 필요없으므로 집열 열량을 축열조에 저장되지 않도록 수동 조절 장치를 설치한다. 태양열 집열기를 송풍하는데 드는 비용을 고려한 가장 경제적인 집열 공기 유량은 집열 면적 m^2 당 5~20 l / 초이다.

축열조의 용적은 집열면적 m^2 당 0.15~0.35 m^3 이다. 집열 용량을 최대로 하고 송풍기의 용량을 최소화 하기 위하여 자갈의 크기는 지름 1~3 cm 되는 고른 자갈을 사용하는 것이 바람직하며 축열조 내에서의 먼지 발생을 줄이기 위해 강가의 자갈을 사용하고 난방 공급 및 회수구에 반드시 여과기를 설치한다. 공기식 시스템은 액체식 시스템에 비해 결빙 문제가 전혀 없으며 부식이 적고 축열조 자체가 열 교환기 역할을 하며 열풍을 열 교환기 없이 직접 건물에 주입 시킨다는 것이 장점이다. 반면에 온수 생산이나 난방을 할 경우에 공기의 열 전달 계수가

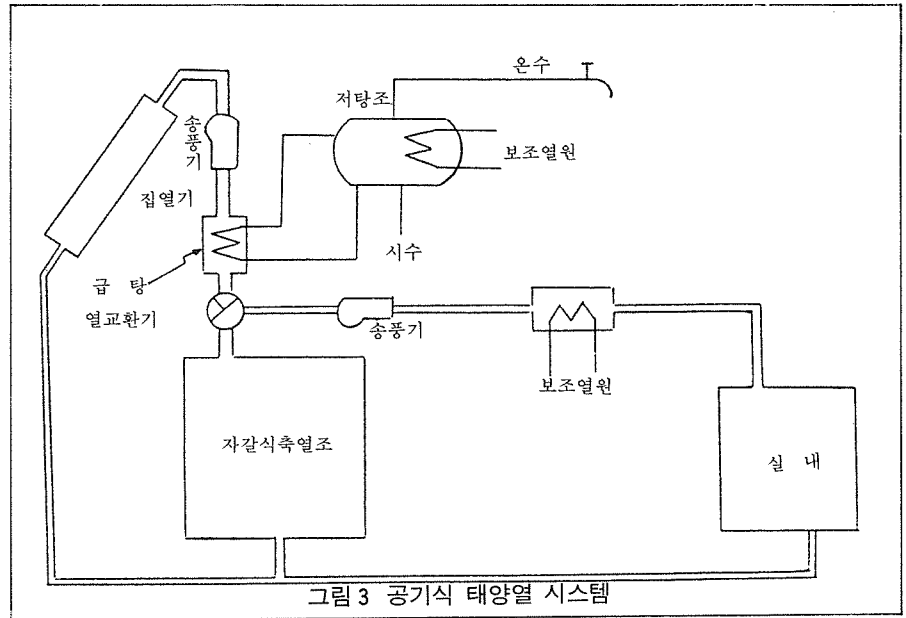


그림 3 공기식 태양열 시스템

작아 열 교환기가 커야 하고 송풍기의 작동시간이 많아 전력 소모가 크며 축열조의 용량이 커야 한다.

2. 자연형 태양열 시스템 (Passive Solar Energy System)

1) 서론

자연형 난방 시스템이란 취득된 태양열이 건물의 내부에서 이동함에 있어 별도의 기계장치나 동력을 필요로 하지 않도록 구성된 태양열 난방 방식을 말한다. 자연형 시스템의 내부에서는 열 혹은 유체의 흐름이 "자연적인 방법"에 의하여 일어난다. 여기서 "자연적인 방법" 이라 함은 복사(Radiation), 전도(Conduction) 및 자연대류(Natural Convection)를 뜻한다. 자연형 시스템에서는 건물에 어떤 난방 시스템을 설치한다는 개념보다는 건물 자체를 하나의 집열·축열 시스템이 되도록 설계·시공한 것으로 보는 것이 타당하다.

건물의 난방에너지를 절감하기 위한 방안으로서의 자연형 시스템은 이제 우리나라에서도 어느 정도 알려져 있기는 하지만 그 개념의 파악에 있어서는 아직 전 반적으로 약간 이해가 부족한 듯하다. 이는 기존의 건물과 태양열 건물은 엄격하게 구분된다는 선입관 때문인 것으로 생각된다. 현재 우리나라에서는 연구소, 대학 등의 여러 연구기관에서의 활발한 연구로 말미암아 개인주택은 물론 연립 주택, 학교건물 등 대형 건물에 대하여도 표준설계도와 설계·시공 지침서가 마련되어 있어 자연형 건물을 설계하는데 있어서 많은 도움을 주고 있다. 하지만 설

계자가 설계·시공지침서에만 의존하여 자연형 건물을 설계할 경우 설계의 경직성이 문제가 된다. 즉 지침서에는 나와 있지않은 인자, 예를 들면 지역 특성에 따른 건축재료, 양식이라든지 경제성에 영향을 미치는 인자들이 변화할 경우에 대한 고려가 불충분하게 될 우려가 있으며, 설계자가 어떤 창의성을 발휘하여 대담하게 새로운 형태의 건물을 짓는 데에도 많은 제한이 가해질 수 있는 것이다.

실제로 기존건물 혹은 근래에 많이 일반화된 단열건물은 여러 형태로 설계자의 재량에 따라서 외형과 실용성이 뛰어난 건물이 설계되고 있지만, 자연형 건물에 있어서는, 아직 그다지 많이 보급되는 않았지만, 설계에 있어서 확실성이 나타나고 있는 듯하다. 본고의 목적은 설계자마다 설계에 독창성을 부여할 수 있도록 자료를 제공하는 데 있다. 단열건물이란 간단히 얘기하여 건물의 난방하부를 줄이기 위하여 벽체, 천정, 바닥에는 단열재를 사용하고 개구부에는 이중창, 덧문을 사용하여 열의 전도 및 극간풍(Infiltration)에 의한 열손실을 막도록 한 것을 말한다. 또 근래에는 태양의 복사에너지를 이용하고자 하는 방향으로 연구·실용화가 진행되고 있다. 그렇다면 단열건물과 자연형 건물의 차이점은 어디에 있는가 하는 문제가 당연히 대두되는데 이는 한마디로 말하여 예열공간(Preheated Space)의 유무에 있다고 할 것이다. 집열창을 통과한 태양의 복사에너지는 건물 내부 어딘가의 표면에 입사되어 열로 바뀐다. 막연히 이 열이 난방에 이용된다고 보면 이는 단열 건

물의 범주에서 벗어나지 못한 것이지만 축열체를 두어 여분의 열을 저장하고 시스템의 유형(직접 획득형, 간접 획득형, 분리 획득형 등)에 따라 달라지는 집열창과의 위치 형태상의 관계에 의하여 여러 방식으로 열을 흡수, 저장, 방출, 전달 이용하고자 하는 것은 자연형 시스템이라고 할 수 있다. 집열창과 축열체 사이의 공간을 예열공간이라 부르며 시스템의 유형은 곧 예열공간의 유형에 의하여 결정된다. 자연형 시스템의 설계에 있어서는 이 부분의 설계가 가장 중요한 포인트가 된다.

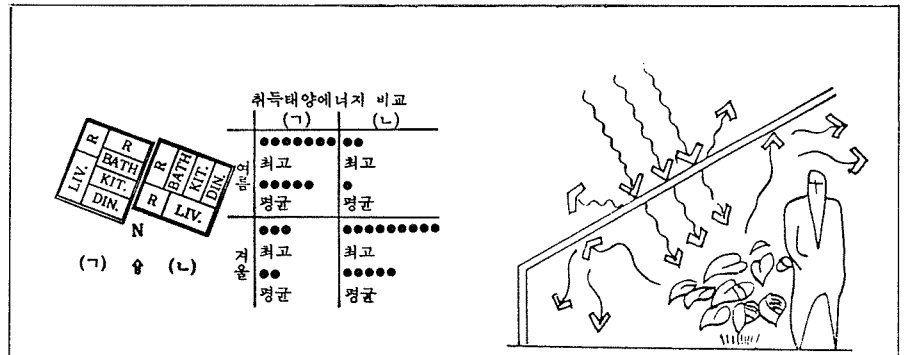
본고는 크게 두 부분으로 나누어 전반부에서는 시스템 설계에서 가장 기본적인 중요 사항을 서술하였으며, 후반부에서는 시스템의 최적 설계란 어떤 각도로 부터 접근하여 이루어지는가 하는 것을 보였다. 지면 관계로 설계의 세부 지침과 최적설계 계산의 실례는 최소한도로 줄였다.

2) 기본 원리

(1) 집열

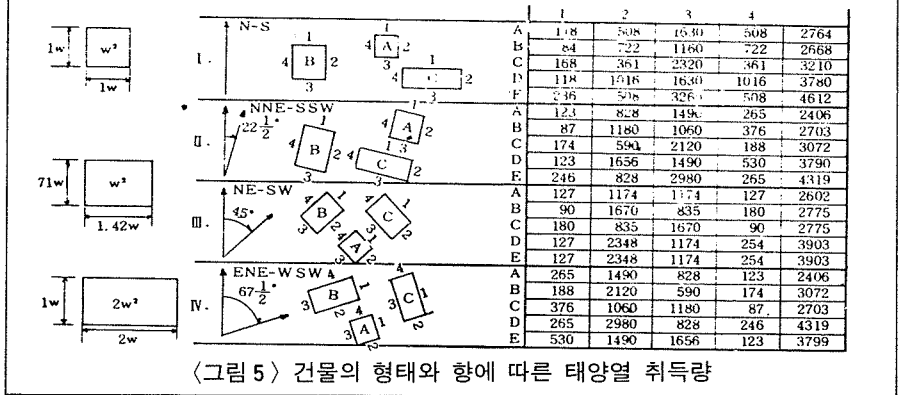
건물의 난방 부하는 태양으로 부터의 일사를 유효하게 취득할 수 있도록 설계함으로써 현저하게 감소시킬 수 있다. 태양의 열에너지는 건물의 천정, 벽체 및 창호를 통하여 흡수된다. 이 중에서 물론 창호가 가장 훌륭한 집열부 구실을 한다. 단열재를 넣어 시공한 천정과 벽체를 통하여는 일단 태양의 복사에너지가 천정 혹은 벽체에 흡수된 후에 그로부터 다시 방출되는 복사열으로써 실내를 덥힐 수 있다. 이 경우에는 표면을 마감한 도료의 색채가 중요한 요소가 된다. 즉 어두운 색일수록 태양열을 잘 흡수하고 밝은 색일수록 그렇지 못하다.

태양광선은 흡수면에 대한 입사각에 따라서 다른 강도로 조사되므로 건물의 향을 동절기에는 태양광선이 강한 강도로 조사되고 하절기에는 약한 강도로 조사될 수 있도록 배치하여야 할 것이다. 일반적으로 가장 좋은 태양열 난방효과를 얻기 위한 건물의 향은 정남향을 원칙으로 하되, 동서로 약 20° 이내에서 편향되는 것은 큰 지장이 없는 것으로 알려져 있다. <그림 4>은 건물의 향과 건물 내에서의 공간의 배치가 태양에너지의 이용이라는 면에서 얼마나 중요한 결과를 미치고 있는지를 보여주고 있다. 제대로 설계된 (L)과 잘못 설계된 (J)은 취득된 태양에너지에 있어 큰 차이를 보여 주고



<그림 4> 건물의 향과 공간배치

<그림 6> 온실효과 개념도



<그림 5> 건물의 형태와 향에 따른 태양열 취득량

있다. 계절에 따른 태양열 취득량의 변화는 동절기에는 태양의 고도가 낮아서 태양광선이 건물면에 수직에 가깝게 조사되고 하절기에는 태양의 고도가 높아서 평행에 가깝게 조사되기 때문이다.

건물의 향과 더불어 중요한 것은 건물의 형태이다. 적정 규모의 차양이 설치된 경우 남측면은 다른 면과 비교할 때 하절기에는 가장 태양광선이 약하게 조사되며 동절기에는 가장 강하게 조사된다. 한편 동·서측면은 이와는 반대로 하절기에 가장 많은 햇볕을 받으며 동절기에는 가장 적은 햇볕을 받는다. 따라서 건물의 형태는 남측면의 면적이 동·서측면의 면적보다 크도록, 즉 동서로 긴 장방형 형태가 바람직하며 정방형이나 남북으로 긴 형태는 바람직하지 못함을 알 수 있다. 건물의 향과 형태가 태양 에너지의 취득량에 미치는 영향을 <그림 5>에 도시하였다. 여기에 나타난 자료는 Ashrae Handbook of Fundamentals, "Solar Heat Gain Factors"에서 인용한 것으로 북위 40°인 지역에서 1월 21 일자를 기준으로 건물에 취득되는 태양 에너지를 Btu/day · ft² 단위로 나타낸 것이다. 수치의 상대적 비교가 목적이므로 굳이 SI 단위로 변환시키지 않았다.

태양열 취득에 있어서 건물의 표면 색

깔, 방향 및 형태보다 더 큰 영향을 미치는 것은 창문이다. 남면에 넓은 창호 면적을 가진 건물이 태양열을 많이 취득할 수 있다는 것은 자명한 일이다. 유리로 밀폐된 공간이 복사열을 받을 때 가열되는 현상은 온실효과(Green House Effect)로 설명된다(<그림 6> 참조).

태양으로 부터의 복사는 그 파장이 대부분 가시광선의 영역에 들어간다. 가시광선은 유리를 쉽게 투과하므로 태양의 복사 에너지는 실내로 전달된다. 한편 가열된 실내의 물체는 역시 복사를 하게 되는데 실내의 온도는 상온보다 크게 더 올라가지는 못하므로 실내로 부터의 복사는 파장이 3μ 이상인 장파복사의 영역에 들어가게 된다. 유리는 그 속성상 장파를 투과시키지 않으므로 일단 들어온 에너지는 밖으로 나가지 않고 내부에 남게되어 결과적으로 실내의 온도를 상승시키게 되는 것이다.

남측에 설치되는 집열창의 면적을 크게 하면 태양열 취득량은 일단 늘어나지만, 다음의 두가지 문제점이 따른다. 하나는 실내온도가 과열될 수 있다는 것이며, 다른 하나는 야간 혹은 흐린날에는 외부로 손실되는 열량이 커진다는 것이다. 첫번째 문제는 적정 규모의 축열체를 설치함으로써 해결할 수 있다. 두 번째 문제에

서 지적되는 이유로 인하여 집열창의 크기는 클수록 좋은 것은 아니며 집열창에 이중 유리를 사용하거나 단열 커튼을 장치할 필요가 생기게 된다. 집열창에서의 열취득 혹은 열손실은 창문의 재료에도 큰 영향을 받는다. <표 2>에 창틀 재료로 알루미늄을 사용할 경우와 목재를 사용할 경우의 차이를 보였다.

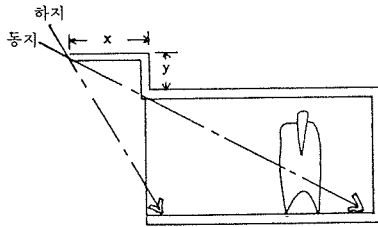
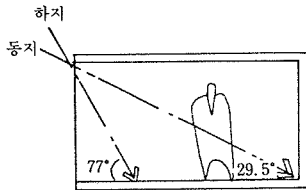
<표 2> 창틀 재료에 따른 열의 출입

재료	여름철 획득열량 Kcal/m ² ·day		겨울철 손실열량 Kcal/m ² ·day	
	알루미늄	목재	알루미늄	목재
동 측	132	53	1253	405
서 측	134	60	1248	434
남 측	103	38	1139	393
북 측	88	33	1275	437

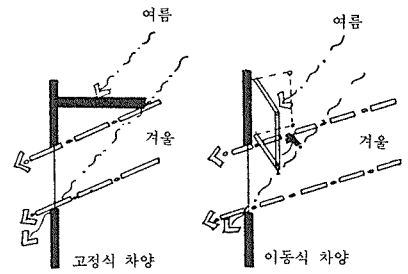
건물의 태양열 취득에 커다란 영향을 미치는 요소로서 차양이 있다. 차양을 설치하는 주된 목적은 여름철의 일사를 차단하여 실내 과열현상을 막기 위한 것이다. <그림 7>에 차양을 설치함으로써 해서 얻어지는 효과를 도시하였다. 그림 (7) (L)에 차양을 설치하지 않은 경우와 설치한 경우에 태양광선이 실내로 들어오는 양상을 보였다. 이 그림은 위도 37°N 인 지역에서 태양이 남중하는 시각을 기준으로 그린 것이다. 차양을 설치한 경우에는 겨울철의 취득 일사량에는 전혀 영향을 미치지 않으면서 여름철의 취득 일사량을 대폭 줄임을 알 수 있다. 우리나라의 각 지역별 적정차양 길이를 선정하기 위하여는 동력자원연구소 연구보고서 KE-82T-30을 참고하면 된다. 이 고정식 차양의 단점을 한 가지 지적하자면 여름철(6월~9월)의 완전 일사차단을 위하여는 차양의 크기가 조금 커져서 불편을 감수하여야 한다는 것이다. 이 단점을 보완하기 위하여는 루우버식 혹은 이동식 차양을 설치하는 것이 바람직하나 이는 한편 동작부위의 고장이 일어나기 쉽다는 것을 단점으로 가진다.

<그림 8>을 보면 고정식 차양을 설치할 때와 동일한 효과를 얻기위한 이동식 차양의 크기는 현저하게 줄어들 수 있다.

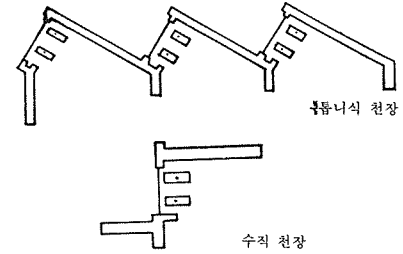
천창 혹은 명창은 원래 채광을 위하여 건물에 설치되던 것이나 이것이 때로는 태양열 취득에 유용하게 이용될 수 있다. 일반적으로 남면에 설치되는 집열창으로서는 건물의 남북 길이가 7~8m 이상이



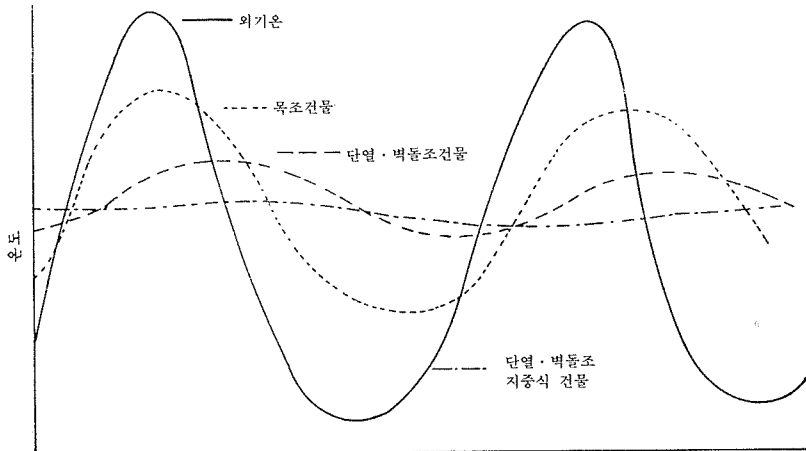
<그림 7> 차양의 효과



<그림 8> 고정식 차양과 이동식 차양



<그림 9> 천창식 집열창



<그림 10> 외부기온의 변화에 따른 실온변화

되면 겨울철의 난방부하를 감당하기 어렵다. 따라서 대형건물의 경우 자연형 시스템을 적용하기 위하여는 남측 집열창 외에도 별도의 집열창이 있어야 한다(물론 태양열감율이 작은 값(40% 미만)을 가지도록 설계하면 되지만 여기서는 일반론을 말하고 있는 것이다). 이 문제는 천정에 집열창을 설치함으로써 쉽게 해결된다(<그림 9> 참조).

(2) 축열

건물의 난방에 적용되는 태양열 시스템에서는 자연형·설비형을 막론하고 축열장치를 갖추어야 한다. 그 이유는 태양 에너지는 공급이 간헐적이므로 축열시스템을 갖추지 않으면 맑은 날에는 실내가 과열되고 흐린 날에는 적정온도 이하로 실온이 떨어지는 경우가 생기게 된다. 따라서 태양열 건물에서는 적정 규모의

축열체를 설치하여 맑은날 태양 광선이 강할 때는 열을 흡수 저장하여 두었다가 흐린날에 서서히 저장된 열을 방출하도록 하여야 한다. 축열체는 보통 바닥, 벽체에 설치하며 때로는 천정에 두기도 한다.

외부의 기온이 변함에 따라 건물의 내부 기온이 변하는 양상을 <그림 10>에 보였다. 그림을 보면 열용량이 적은 목조 건물은 외기온의 변화에 민감하게 반응하여 실온 변화가 크므로, 적어도 열적인 면에서는 거주에 적당하지 못함을 알 수 있다. 쾌적한 주거환경을 조성하기 위하여는 실온의 변화폭이 작을 것이 요구되는데 외부기온의 변화에 따른 실온의 변화가 작기 위하여는 건물의 단열이 잘 되어 있을 것과 건물의 열용량이 클 것 두 가지가 요구된다.